
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA MOTRICIDADE

Efeito imediato e contínuo da informação somatossensorial adicional na sensibilidade plantar e nos parâmetros do andar de indivíduos com doença de Parkinson

ELLEN LIRANI SILVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Motricidade, área de concentração em Biodinâmica da Motricidade Humana, como requisito para a obtenção do grau de mestre.

Dezembro - 2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE RIO CLARO
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS

**Efeito imediato e contínuo da informação somatossensorial
adicional na sensibilidade plantar e nos parâmetros do andar
de indivíduos com doença de Parkinson**

Ellen Lirani Silva

Orientadora: Profa. Dra. Lilian Teresa Bucken Gobbi

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Ciências da
Motricidade, área de concentração em
Biodinâmica da Motricidade Humana,
como requisito para a obtenção do grau
de mestre.

Dezembro/2012

796.19 Lirani-Silva, Ellen
L768e Efeito imediato e contínuo da informação somatossensorial adicional na sensibilidade plantar e nos parâmetros do andar de indivíduos com doença de Parkinson / Ellen Lirani-Silva. - Rio Claro : [s.n.], 2012
92 f. : il., figs., gráfs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Rio Claro
Orientador: Lilian Teresa Bucken Gobbi

1. Educação física adaptada. 2. Controle motor. 3. Doença de Parkinson. 4. Marcha. 5. Palmilhas facilitadoras. 6. Cinemática. 7. Cinética. 8. Desordem do movimento. I. Título.

*Dedico este trabalho aos meus pais, irmã,
noivinho e Nani, por me apoiarem
incondicionalmente em toda caminhada.*

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas fizeram parte desta etapa tão importante de minha vida, sendo difícil lembrar-me de todas individualmente. Sendo assim, peço desculpas aqueles que não foram diretamente aqui citados, mas deixo registrada minha profunda gratidão.

À minha família (mãe, pai e irmã), por me apoiarem em todas as decisões e se manterem presentes em todos os momentos. Com certeza tudo que alcancei até hoje foi graças a vocês. Aos meus pais, obrigada por todo ensinamento ao longo da vida e pela construção de valores não aprendidos academicamente, mas especialmente obrigada por todo amor. A minha irmã, obrigada por ser a melhor amiga, a melhor conselheira ou simplesmente a melhor companhia. Amo vocês acima de tudo e de todos.

Ao meu namorado, amigo, companheiro de trabalho, mas especialmente no último ano: NOIVINHO. Rodrigo Vitória, com certeza grande parte de minha formação é graças a seus ensinamentos, ajudas e principalmente paciência. Não tenho palavras pra expressar minha gratidão e admiração por você. A única coisa que sei é que quero passar com você o resto de minha vida! Creio que a melhor forma e mais simples de expressar tudo que eu sinto seja dizendo: *Te amo!* Obrigada por tudo. Aproveito para agradecer a família Vitória (Crauda, Seu Carlos, Dona Nena, Seu Nelo, Juninho e Nina), por me receberem de braços abertos nesta bela família.

À professora, orientadora, amiga e mãe Lilian Gobbi por todo ensinamento acadêmico e pela confiança em meu potencial. Obrigada por me tornar pesquisadora, por me tornar líder, por me tornar noiva, por me tornar profissional. Meu carinho por você extrapola qualquer âmbito acadêmico. Agradeço também ao professor Sebastião Gobbi que, com seu jeito de me “odiar”, me proporcionou grandes ensinamentos e com certeza uma grande admiração. Obrigada família Gobbi.

Às minhas amigas/irmãs: Rep Trakinas, Clara Nascimento, Mayarona e Mayarinha, por me proporcionarem os melhores momentos em casa e fora dela. Com vocês aprendi muito com a convivência e, com certeza, levarei isso por toda vida. Obrigada!

Aos irmãos que escolhi: Ricardão e Fabinho. Com vocês tive a oportunidade de ter um irmão mais velho, que cuida, que briga, que abraça quando mais se precisa. Obrigada por estarem sempre ao meu lado em todo o percurso, terei vocês comigo para sempre!

Aos Brows (André, PC, Jet, Luquinhas e Kavaco), pela amizade de todos os dias e por provarem que amizade entre homem e mulher existe sim!! Ainda, muito obrigada por toda ajuda na produção deste trabalho, mas especialmente obrigada pelas quartas da alegria, praias e sinucas.

Aos membros do LEPLO, por toda troca de conhecimento e por tornarem o ambiente de trabalho um local mais divertido. Em especial, agradeço ao Rodrigo, Fabinho, PC, Jet, Luquinhas e André por toda ajuda durante o mestrado e a Claudinha, por ter empenhado da melhor maneira o papel de mãe, amiga, colega de trabalho e confidente! Ainda, agradeço os ex-LEPLO, Carol e Iko por receberem e acolherem eu e o Rodrigo em nossa estadia no Canadá!

Às atletas e comissão do time de Handebol da UNESP de Rio Claro, em especial o time de 2011/2012. Com vocês não tive o prazer de conseguir um título, mas com certeza consegui algo maior, a formação de uma equipe. Com vocês me sinto todos os dias campeã! Em especial agradeço ao Inútil por exercer de forma magistral o papel de técnico, mas com certeza por ter se tornado um grande amigo. Também agradeço ao Fabinho e Paulinho, sem vocês nada do que foi alcançado seria possível!

À todos os integrantes que passaram pela Cia Éxciton entre os anos de 2006 e 2012. Com vocês pude manter minha maior paixão: a Dança. Obrigado por manterem minha alma viva! Em especial, agradeço à Prof. Cátia Mary Volp (*in memoria*) e a Prof. Silvia Deutsche, por confiarem em mim ao ponto de me tornarem líder e, em alguns casos, “semi-coordenadora” deste projeto tão importante em minha formação. Ainda, agradeço a ambas pelo sorriso e calma nos dias de desespero.

Às minhas queridas amigas de Caieiras: Nath e Audrey. Por estarem ao meu lado desde sempre! Vocês foram essenciais em todo caminho traçado até hoje!

Ao BLEF 06, em especial as minhas amigas Marília, Luiza e Guébs, pela bela amizade traçada e aos meninos: Pilla, Xandão, Julian, André, Andrei e Jamal por tornarem meus dias em Rio Claro sempre mais felizes.

Aos professores Renato Moraes e Florindo Stella, membros da banca do Exame Geral de Qualificação e da Defesa de Mestrado, pelo conhecimento transmitido e pelas contribuições com o presente estudo.

Ao PROPARKI e ao PROFIT/LAFE, por permitirem a seleção de participantes para o estudo desta dissertação de mestrado.

À FAPESP pelo apoio financeiro na forma de bolsas de mestrado.

À Podaly pela confecção de todas as palmilhas do presente estudo.

RESUMO

Introdução: A doença de Parkinson (DP) afeta diretamente a locomoção dos pacientes, o que gera prejuízos na qualidade de vida. Além de comprometimentos locomotores, pacientes com DP apresentam déficits no processamento de informações sensoriais como, por exemplo, as provenientes do sistema somatossensorial. A fim de minimizar esse déficit sensorial, o paradigma da informação somatossensorial adicional tem apontado melhoras significativas no comportamento locomotor e no controle postural dos pacientes. Entretanto, a comparação entre diferentes informações somatossensoriais adicionais, seus efeitos imediato e contínuo e os prováveis benefícios após um período subsequente sem o uso das palmilhas ainda não foram reportados nos parâmetros do andar desta população. **Objetivo:** verificar o efeito imediato (Estudo 1) e contínuo (Estudo 2) do uso da informação somatossensorial adicional na sensibilidade plantar e no andar de idosos saudáveis e com DP, bem como a retenção dos benefícios após um período subsequente (*follow up*) sem o uso das palmilhas (Estudo 2). **Método:** O Estudo 1 contou com a participação de 19 indivíduos com DP e 19 indivíduos neurologicamente saudáveis. Após avaliação clínica, o comportamento locomotor dos participantes, com o uso de palmilhas facilitadoras (efeito imediato), foi analisado por meio de ferramentas cinemática e cinética. Ainda, a sensibilidade plantar de todos os participantes foi avaliada antes e após o protocolo de avaliação do andar. O Estudo 2 contou com a participação de 19 indivíduos com DP e 18 idosos saudáveis distribuídos em 4 grupos: GDP1 - 10 pacientes com DP que utilizaram a palmilha com semiesferas; GDP2 - 9 pacientes com DP que utilizaram a palmilha convencional; GC1 - 9 idosos saudáveis que utilizaram a palmilha de semiesfera; GC2 - 9 idosos saudáveis que utilizaram a palmilha convencional. A sensibilidade plantar e o comportamento locomotor dos participantes foram avaliados antes e após o período de uma semana utilizando as palmilhas e, após uma semana sem o uso, os mesmos foram reavaliados a fim de verificar possíveis retenções dos benefícios (*follow up*). **Resultados:** Não foram verificados benefícios imediatos dos diferentes tipos de palmilhas facilitadoras tanto para pacientes com DP como para idosos saudáveis. Após uma semana de uso das palmilhas facilitadoras, os pacientes com DP foram beneficiados da informação somatossensorial adicional tanto na sensibilidade plantar como no andar, especificamente no comprimento da passada. Após o período subsequente de uma semana sem o uso das palmilhas, apenas os benefícios na sensibilidade plantar foram mantidos. Não foram observados benefícios para os idosos saudáveis. **Conclusão:** A informação somatossensorial adicional não é capaz de promover benefícios imediatos no andar e na sensibilidade plantar de idosos com DP e saudáveis. Após o uso contínuo de uma semana, apenas os pacientes com DP são beneficiados do uso das palmilhas facilitadoras, apresentando melhoras na sensibilidade plantar e aumento do comprimento da passada. Esses benefícios são alcançados devido ao aumento do *input* sensorial e a consequente melhora do *output* motor.

Palavras chave: doença de Parkinson, informação somatossensorial adicional, andar, palmilhas facilitadoras, cinemática, cinética.

ABSTRACT

Introduction: Parkinson's disease (PD) affects directly the walking ability of patients, which leads to deficits in quality of life. Besides locomotor impairments, PD patients have deficits in processing somatosensory information. To minimize this sensory deficit, the increased plantar cutaneous stimulation has been shown to improve locomotor behavior and postural control of PD patients. However, the effects (short and long-term) of different kinds of facilitatory insoles have not been tested. Also, likely benefits after a subsequent period without the use of insoles have not been reported. **Objective:** to address the immediate (Study 1) and continuous effect (Study 2) of the increased plantar cutaneous stimulation on plantar sensation and gait parameters in PD patients and healthy elderly, as well as the retention of benefits after a subsequent period (follow up) without the use the insole (Study 2). **Methods:** Study 1 involved the participation of 19 individuals with PD and 19 neurologically healthy individuals. After clinical assessment, the locomotor behavior of the participants, with the use of facilitatory insoles (immediate effect), was assessed by kinematics and kinetics tools. Also, plantar sensation of all participants was assessed before and after the walking task protocol. Study 2 involved the participation of 19 individuals with PD and 18 healthy elderly, which were allocated in 4 groups: PDG1 - 10 PD patients who used the insole with half-spheres; PDG2 - 9 PD patients who used conventional insole; HG1 - 9 healthy elderly individuals who used the insole with half-spheres; HG2 - 9 healthy elderly individuals who used the conventional insole. The plantar sensation and locomotor behavior of the participants were assessed before and after the period of one week using the insoles and after a week without use. They were reassessed to verify possible maintenance of benefits (follow up). **Results:** There were no immediate benefits of different kinds of facilitatory insoles for both PD patients and healthy elderly. After a week of using the facilitatory insoles, patients with PD have benefited from increased plantar cutaneous stimulation both in plantar sensation and locomotor behavior, specifically for stride length. After a subsequent period of one week without the use of insoles, only benefits to plantar sensation were maintained. There were no benefits for the healthy elderly individuals. **Conclusion:** Current results suggest that the increased plantar cutaneous stimulation was not able to promote immediate benefits on the locomotor behavior and plantar sensation of PD patients and healthy elderly individuals. After continuous use during a week, only PD patients were benefited from the use of facilitatory insoles: PD patients showed improved plantar sensation and locomotor behavior. These benefits were achieved due to increased input to the sensory system, which results in an improved motor output.

Keywords: Parkinson's disease, somatosensory information, gait, facilitatory insoles, kinematics, kinetics.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS	xi
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1. Aspectos gerais da doença de Parkinson	18
2.2. Características do andar na doença de Parkinson	21
2.3. Características do sistema somatossensorial da sola do pé e benefícios da informação somatossensorial adicional no andar de indivíduos saudáveis.....	26
2.4. Características do sistema somatossensorial da sola do pé e benefícios da informação somatossensorial na doença de Parkinson	30
3. OBJETIVO	34
3.1. Objetivos específicos	34
4. ESTUDO 1: Efeito imediato de diferentes tipos de informação somatossensorial adicional externa no andar de indivíduos saudáveis e com doença de Parkinson	35
4.1. Introdução	35
4.2. Objetivo	38
4.2.1. Objetivos específicos	38
4.3. Materiais e método.....	38
4.3.1. Participantes.....	38
4.3.2. Procedimentos experimentais	39
4.3.3. Coleta e análise dos dados	44
4.3.4. Variáveis dependentes	44
4.3.5. Análise estatística	47
4.4. Resultados.....	48
4.4.1. Avaliação da sensibilidade plantar: Estesiômetro.....	49
4.4.2. Variáveis Cinemáticas	50
4.4.3. Variáveis Cinéticas	51

4.5. Discussão	53
4.6. Conclusão.....	58
5. ESTUDO 2: Efeito do uso contínuo de palmilhas facilitadoras no andar de indivíduos saudáveis e com doença de Parkinson.	59
5.1. Introdução	59
5.2 Objetivo	60
5.2.1. Objetivos específicos	60
5.3. Materiais e método.....	61
5.3.1. Participantes.....	61
5.3.2. Procedimentos experimentais	61
5.3.3. Coleta e análise dos dados	63
5.3.4. Variáveis dependentes	63
5.3.5. Análise estatística	63
5.4. Resultados.....	65
5.4.1. Avaliação da sensibilidade plantar: Estesiômetro.....	68
5.4.2. Variáveis Cinemáticas	71
5.4.3. Variáveis Cinéticas	73
5.5. Discussão	76
5.6. Conclusão.....	82
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
8. ANEXO – Parecer do Comitê de Ética	92

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. Fotos das palmilhas utilizadas em estudos envolvendo pacientes com DP. 15
- FIGURA 2. Representação esquemática da circuitaria dos núcleos da base com o córtex motor (adaptado de OBESO et al., 2000). O esquema A representa a circuitaria com seu funcionamento normal e o esquema B a circuitaria comprometida devido a DP. Linhas tracejadas indicam projeções inibitórias e linhas cheias projeções excitatórias. SNc: *substância nigra pars compacta*; GPe: globo pálido externo; NST: núcleo subtalâmico; GPi: globo pálido interno; SNr: *substancia nigra pars reticulada*; NPP: núcleo pedunculopontino; TA: tálamo..... 20
- FIGURA 3. Distribuição dos receptores na sola do pé – adaptado de Kennedy & Inglis (2002): adaptação lenta do tipo I (ALI), adaptação lenta do tipo II (ALII), adaptação rápida do tipo I (ARI) e adaptação rápida do tipo II (ARII)..... 28
- FIGURA 4. Palmilhas confeccionadas para o presente estudo (A – PSE e B – PEE)... 43
- FIGURA 5. Representação gráfica dos impulsos de frenagem e de propulsão para as componentes de força horizontal ântero-posterior (A) e vertical (B) – adaptado de Moraes, Allard & Patla (2007). 46
- FIGURA 6. Valores médios e desvios padrão das variáveis cinemáticas que apresentaram efeito de grupo. DP=grupo de pacientes com doença de Parkinson; GC=grupo de indivíduos neurologicamente sadios (* p<0,05)..... 51
- FIGURA 7. Valores médios e desvios padrão da variável cinética impulso de propulsão horizontal. DP=grupo de pacientes com doença de Parkinson; GC=grupo de indivíduos neurologicamente sadios (* p<0,05)..... 52
- FIGURA 8. Ilustração do desenho experimental do Estudo 2. 62
- FIGURA 9. Valores médios e desvios padrão da pontuação total do pé esquerdo na avaliação da sensibilidade plantar, dos grupos GDP1 (pacientes que utilizaram a PSE) e GDP2 (pacientes que utilizaram a PC), nos momentos PRÉ (antes do uso das palmilhas), PÓS I (após uma semana de uso) e PÓS II (após o período de uma semana sem utilizar as palmilhas – *follow up*). 69
- FIGURA 10. Valores médios e desvios padrão do comprimento da passada dos grupos GDP1 (pacientes que utilizaram a PSE) e GDP2 (pacientes que utilizaram e PC), nos momentos PRÉ (antes do uso das palmilhas), PÓS I (após uma semana de uso) e PÓS II (após o período de uma semana sem utilizar as palmilhas – *follow up*)..... 72

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Médias e Desvios Padrão dos dados de caracterização dos grupos DP e GC (MEEM = Mini Exame do Estado Mental; H&Y = escala de Hohen e Yahr; UPDRS = Unified Parkinson's Disease Rating Scale, com as sub-escalas: I – Estado mental, humor e comportamento; II – Atividades da vida diária; III – Exame da motricidade; UPDRS total: score total da soma das três sub-escalas da UPDRS).....	48
TABELA 2. Valores médios e desvios padrão da pontuação obtida por pacientes com DP e idosos neurologicamente sadios (GC) antes (PRÉ) e após (PÓS) o uso de diferentes tipos de palmilha.....	49
TABELA 3. Valores médios e desvios padrão das variáveis dependentes cinemáticas dos idosos com DP e idosos neurologicamente sadios (GC), nas diferentes condições do uso de palmilhas: palmilha convencional (PC), palmilha com elevação externa (PEE) e palmilha com semiesferas (PSE).....	50
TABELA 4. Valores médios e desvios padrão das variáveis dependentes cinéticas dos idosos com DP e idosos neurologicamente sadios (GC), nas diferentes condições do uso de palmilhas: palmilha convencional (PC), palmilha com elevação externa (PEE) e palmilha com semiesferas (PSE).....	51
TABELA 5. Médias e desvios padrão dos dados de caracterização dos grupos GDP1 (pacientes que utilizaram a PSE) e GDP2 (pacientes que utilizaram a PC). H&Y = escala de Hohen e Yahr; MEEM = Mini Exame do Estado Mental; UPDRS = Unified Parkinson's Disease Rating Scale, com as sub-escalas: I – Estado mental, humor e comportamento; II – Atividades da vida diária; III – Exame da motricidade; UPDRS total: score total da soma das três subescalas da UPDRS.....	65
TABELA 6. Médias e desvios padrão dos dados de caracterização dos grupos GC1 (idosos neurologicamente sadios que utilizaram a PSE) e GC2 (idosos neurologicamente sadios que utilizaram a PC). MEEM = Mini Exame do Estado Mental.....	66
TABELA 7. Médias e desvios padrão do número de passos realizados pelo GDP1 (pacientes que utilizaram a PSE) e GDP2 (pacientes que utilizaram a PC), nos momentos PÓS I (após uma semana de uso) e PÓS II (após o período de uma semana sem utilizar as palmilhas – <i>follow up</i>).....	67
TABELA 8. Médias e desvios padrão do número de passos realizados pelo GC1 (idosos neurologicamente sadios que utilizaram a PSE) e GC2 (idosos neurologicamente sadios que utilizaram e PC), nos momentos PÓS I (após uma semana de uso) e PÓS II (após o período de uma semana sem utilizar as palmilhas – <i>follow up</i>).....	67
TABELA 9. Valores médios e desvios padrão da pontuação total obtida na avaliação da sensibilidade plantar, pelos grupos GDP1 (pacientes que utilizaram a PSE) e GDP2 (pacientes que utilizaram a PC), nos momentos PRÉ (antes do uso das palmilhas), PÓS I (após uma semana de uso) e PÓS II (após o período de uma semana sem utilizar as palmilhas – <i>follow up</i>).....	68

TABELA 10. Valores médios e desvios padrão da pontuação total obtida na avaliação da sensibilidade plantar, pelos grupos GC1 (pacientes que utilizaram a PSE) e GC2 (pacientes que utilizaram a PC), nos momentos PRÉ (antes do uso das palmilhas), PÓS I (após uma semana de uso) e PÓS II (após o período de uma semana sem utilizar as palmilhas – *follow up*). 70

TABELA 11. Valores médios e desvios padrão das variáveis dependentes cinemáticas (comprimento, duração e velocidade da passada, cadência, largura do passo, porcentagem do suporte simples e duplo suporte) dos pacientes dos grupos GDP1 (pacientes que utilizaram a PSE) e GDP2 (pacientes que utilizaram a PC), nos momentos PRÉ (antes do uso das palmilhas), PÓS I (após o uso contínuo de uma semana das palmilhas) e PÓS II (após uma semana sem o uso das palmilhas – *follow up*). 71

TABELA 12. Valores médios e desvios padrão das variáveis dependentes cinemáticas (comprimento, duração e velocidade da passada, cadência, largura do passo, porcentagem do suporte simples e duplo suporte) dos idosos neurologicamente sadios dos grupos GC1 (idosos que utilizaram a PSE) e GC2 (idosos que utilizaram a PC), nos momentos PRÉ (antes do uso das palmilhas), PÓS I (após o uso contínuo de uma semana das palmilhas) e PÓS II (após uma semana sem o uso das palmilhas – *follow up*). 73

TABELA 13. Valores médios e desvios padrão das variáveis dependentes cinéticas (forças verticais e horizontais máximas 1° e 2° Picos, força vertical mínima e impulsos de frenagem e propulsão verticais e horizontais) dos pacientes dos grupos GDP1 (pacientes que utilizaram a PSE) e GDP2 (pacientes que utilizaram a PC), nos momentos PRÉ (antes do uso das palmilhas), PÓS I (após o uso contínuo de uma semana das palmilhas) e PÓS II (após uma semana sem o uso das palmilhas – *follow up*). 74

TABELA 14. Valores médios e desvios padrão das variáveis dependentes cinéticas (forças verticais e horizontais máximas 1° e 2° Picos, força vertical mínima e impulsos de frenagem e propulsão verticais e horizontais) dos idosos neurologicamente sadios dos grupos GC1 (idosos que utilizaram a PSE) e GC2 (idosos que utilizaram a PC), nos momentos PRÉ (antes do uso das palmilhas), PÓS I (após o uso contínuo de uma semana das palmilhas) e PÓS II (após uma semana sem o uso das palmilhas – *follow up*). 75

1. INTRODUÇÃO

Estima-se que a doença de Parkinson (DP) tenha uma prevalência de 100 a 200 casos por 100.000 habitantes no mundo (TANNER et al., 1996), afetando principalmente adultos acima dos 50 anos (VAN DEN EEDEN et al., 2003). Estudos recentes mostram que a DP acomete 3,3% da população brasileira acima dos 64 anos (BARBOSA et al., 2006). Tais dados ressaltam a relevância social de estudos envolvendo pacientes com DP, uma vez que o número de idosos vem crescendo em todo o mundo (LUTZ et al., 2001).

A DP é uma enfermidade crônica e degenerativa, caracterizada pela progressiva morte dos neurônios dopaminérgicos da substância negra parte compacta, que produz a dopamina, um neurotransmissor que, dentre outras funções, regula a atividade do córtex motor (GUYTON, 1993; SAITO et al., 2000; SHUMWAY-COOK & WOOLLACOTT, 2003). Decorrente da diminuição da dopamina, ocorre desequilíbrio dos sinais inibitórios e/ou excitatórios que são enviados pelos núcleos da base ao córtex motor (BLANDINI et al., 2000), levando a diversos comprometimentos motores (BLIN et al., 1991), que podem se manifestar na forma dos seguintes sinais e sintomas: rigidez muscular, tremor de repouso, instabilidade postural, movimentos involuntários (discinesia), dificuldade para iniciar um movimento (acinesia), lentidão e diminuição na amplitude dos movimentos (bradicinesia e hipometria, respectivamente) e alterações na marcha (BLIN et al., 1990; NUTT, 2001; MORRIS et al., 2001; FERNÁNDEZ-DEL OLMO et al., 2004; YANG et al., 2008).

Os comprometimentos da marcha afetam diretamente a qualidade de vida de pacientes com DP (MORRIS et al., 2001), provocando diminuição da mobilidade e do nível de independência e aumento do risco de quedas (CHU, CHI & CHIU, 2005).

Estudos envolvendo o andar de pacientes com DP em ambientes de baixa complexidade têm sido amplamente descritos e evidenciam que, quando comparados com indivíduos neurologicamente saudáveis, os pacientes com DP apresentam instabilidade postural e diminuição no comprimento e na velocidade da passada (MORRIS et al., 2001; PIERUCCINI-FARIA et al., 2006; YANG et al., 2008; VITÓRIO et al., 2010). Infelizmente, as alterações da marcha são pouco influenciadas pelo tratamento farmacológico específico da DP (Levodopa), principalmente no que se refere à instabilidade postural (SCHAAFSMA et al., 2003). Assim, estudos recentes têm investigado o efeito de outras estratégias de intervenção sobre os parâmetros locomotores de pacientes com DP, dentre as quais se destaca a utilização de dicas sensoriais adicionais externas (AZULAY et al., 1999; ROCHESTER et al., 2005; JENKINS et al., 2009).

Tal estratégia se baseia no fato de que além de comprometimentos motores, pacientes com DP apresentam déficits no processamento e na integração das informações sensoriais (ABBRUZZESE & BERARDELLI, 2003; RUIZ-SANCHEZ DE LEON & FERNÁNDEZ-GUINEA, 2005) como, por exemplo, das informações somatossensoriais (PRÄTORIUS, KIMMESKAMP & MILANI, 2003). Comprometimentos do sistema sensorial podem resultar em informações aferentes pobres e conseqüente diminuição na estabilidade postural durante o andar (PRÄTORIUS, KIMMESKAMP & MILANI, 2003; JENKINS et al., 2009). Mecanismos de fornecimento de “dicas internas” no processo de planejamento e execução de ações motoras são insuficientes na DP, o que gera a necessidade do paciente utilizar “dicas externas” para o adequado desencadeamento de determinados movimentos (CUNNINGTON et al., 1996). O uso de dicas adicionais externas tem apontado melhoras nos parâmetros do andar de pacientes com DP, principalmente com

o uso de dicas verbais (BEHRMAN et al., 1998), rítmicas (ROCHESTER et al., 2005) e visuais (AZULAY et al., 1999). Entretanto, poucos estudos têm investigado a influência de informações somatossensoriais adicionais nessa população (JENKINS et al., 2009). Mais precisamente, foram encontrados dois estudos envolvendo o uso de palmilhas como informação somatossensorial adicional (FIGURA 1): i) Jenkins et al. (2009) observaram melhora (efeito imediato) da estabilidade do andar com o uso de palmilhas com elevações na parte lateral e posterior da superfície do pé; ii) Hamanaka (2008) observou melhora no controle do equilíbrio estático com o uso de palmilhas com semi-esferas distribuídas em pontos específicos da superfície plantar.

FIGURA 1. Fotos das palmilhas utilizadas em estudos envolvendo pacientes com DP.



(Hamanaka, 2008)



(Jenkins et al., 2009)

Considerando que pacientes com DP apresentam inclinação do tronco à frente (*stooped posture*) e maior pressão plantar na região anterior do pé durante o andar (KIMMESKAMP & HENNIG, 2001), a presente dissertação adaptou a palmilha do estudo de Jenkins et al. (2009) através da inserção de elevação na região anterior do pé. Assim, a palmilha forneceu informação sobre os limites de estabilidade da base de suporte em todas as direções. Além disso, é importante destacar que as palmilhas dos estudos de Jenkins et al. (2009) e Hamanaka (2008) ainda não haviam sido testadas quanto ao seu efeito contínuo e ao período subsequente (*follow up*) de uma semana sem

o uso das palmilhas em pacientes com DP. Outro aspecto relevante é o fato de que não foram encontrados estudos que compararam diferentes tipos de palmilhas facilitadoras durante o andar de pacientes com DP.

Com base nos estudos de Jenkins et al. (2009) e Hamanaka (2008), a presente dissertação comparou o efeito imediato de diferentes tipos de palmilhas e investigou os efeitos do uso contínuo deste tipo de informação adicional durante o andar de pacientes com DP. Ainda, foi verificada a retenção dos benefícios após o período subsequente de uma semana sem o uso das palmilhas. Essas características reforçam o ineditismo e a importância clínica e terapêutica do presente estudo.

Assim, a fim de aprofundar a discussão na literatura sobre os efeitos da informação somatossensorial adicional no andar de pacientes com DP, questiona-se: A informação somatossensorial adicional fornecida pelas palmilhas pode trazer benefícios para o andar de pacientes com DP? Esses benefícios são suficientes para equiparar os parâmetros espaciais e temporais do andar dos pacientes com indivíduos neurologicamente saudáveis? Ainda, com o uso contínuo de palmilhas facilitadoras, os pacientes podem se beneficiar ainda mais do que seu uso imediato? Sem a verificação de efeitos imediatos, eles podem surgir com o uso contínuo de palmilhas facilitadoras? Considerando os efeitos com o uso contínuo, eles podem ser mantidos no período subsequente de uma semana sem o uso das palmilhas?

Neste contexto, o presente trabalho propõe a realização de dois estudos. O Estudo 1 teve como objetivo identificar o tipo de palmilha (informação somatossensorial adicional) que apresentasse maiores benefícios na sensibilidade plantar e na marcha de pacientes com DP. O Estudo 2 objetivou verificar os efeitos do uso contínuo de palmilhas facilitadoras na sensibilidade plantar e nos parâmetros do andar de indivíduos com DP e indivíduos neurologicamente saudáveis e, ainda, se os

benefícios persistiram após um período subsequente (uma semana) sem o uso da palmilha. Para uma análise minuciosa das mudanças nos parâmetros do andar dos participantes, ferramentas sofisticadas foram utilizadas para a avaliação cinemática e cinética.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A fim de evidenciar a importância de estudos em pacientes com doença de Parkinson e fundamentar os procedimentos metodológicos escolhidos para o presente estudo, esta revisão de literatura aborda aspectos gerais da patofisiologia na DP e seus principais sinais e sintomas, com maior enfoque em alterações da marcha. Em seguida, são apresentadas características do sistema somatossensorial da sola do pé e os principais benefícios da informação somatossensorial adicional no andar de indivíduos saudáveis e com DP.

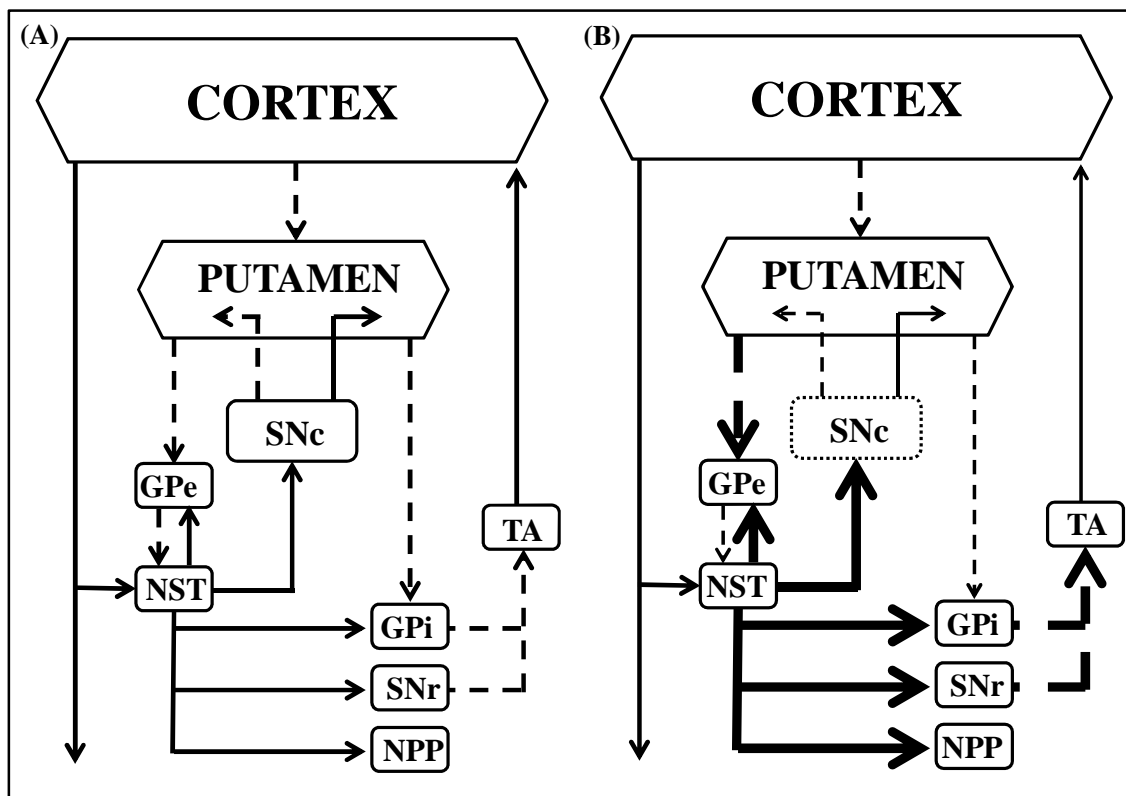
2.1. Aspectos gerais da doença de Parkinson

A DP, tipo de Parkinsonismo mais comumente identificado (BARBOSA et al., 2006), é considerada a 2ª desordem degenerativa mais frequente (NICITA-MAURO et al., 2002; DE LAU & BRETELER, 2006), representando cerca de 3% das enfermidades neurológicas conhecidas (MOGHAL et al., 1994). Estudos epidemiológicos apontam que a DP acomete aproximadamente 0,3% da população geral e 2,0% da população acima dos 60 anos ao redor do mundo ((TUNNER & HUBBLE, 1996; DE LAU & BRETELER, 2006). No Brasil, foi observada uma taxa de prevalência de 3,3% em uma amostra de idosos de Bambuí-SC (BARBOSA et al., 2006). Estas taxas apresentam um aumento considerável no número de casos a partir dos 70 anos (VAN DEN EEDEN et al., 2003). Assim, considerando-se o aumento da população idosa no mundo (LUTZ et al., 2001) e a maior prevalência da DP em idosos, é razoável esperar que o número de pacientes também aumente, o que evidencia a relevância social de estudos sobre a doença e de mecanismos adjacentes que promovam melhora na qualidade de vida nesta população.

A principal característica patofisiológica da DP é a morte progressiva dos neurônios dopaminérgicos contidos na *substantia nigra pars compacta* (SAITO et al., 2000), que são responsáveis pela produção de dopamina, um neurotransmissor que, dentre outras funções, é responsável pela regulação da atividade neuronal do córtex motor. Por consequência desta degeneração, diminuição na produção da dopamina é ocasionada, o que leva ao desequilíbrio da atividade inibitória/excitatória das vias diretas e indiretas da circuitaria entre os núcleos da base e o córtex motor (BLIN et al., 1991; GUYTON, 1993; SAITO et al., 2000; SHUMUAY-COOK & WOOLLACOTT, 2003).

Mais especificamente, na DP ocorre um aumento da atividade neuronal dos núcleos de resposta (globo pálido interno e *substantia nigra pars reticulada*), o que leva a uma excessiva inibição dos sistemas motores tálamo-cortical e tronco-encefálico (OBESO et al., 2000; 2008). De acordo com Obeso e colaboradores (2000), a diminuição de dopamina circulante resulta em inibição reduzida da via indireta (o que gera aumento da inibição do globo pálido externo), desinibição do núcleo subtalâmico e aumento na excitação dos neurônios do globo pálido interno e *substantia nigra pars reticulada*. Por outro lado, a via direta tem sua ativação diminuída, acarretando na redução de sua ação inibitória sobre o globo pálido interno e *substantia nigra pars reticulada*. Decorrente deste desequilíbrio da atividade neuronal, tanto a ativação nos núcleos de resposta dos neurônios dos núcleos da base como a inibição dos sistemas motores são aumentadas (FIGURA 2).

FIGURA 2. Representação esquemática da circuitaria dos núcleos da base com o córtex motor (adaptado de OBESO et al., 2000). O esquema A representa a circuitaria com seu funcionamento normal e o esquema B a circuitaria comprometida devido a DP. Linhas tracejadas indicam projeções inibitórias e linhas cheias projeções excitatórias. SNc: *substância nigra pars compacta*; GPe: globo pálido externo; NST: núcleo subtalâmico; GPi: globo pálido interno; SNr: *substancia nigra pars reticulada*; NPP: núcleo pedunculopontino; TA: tálamo.



Este desequilíbrio é manifestado através de características motoras particulares da DP que são expressas em sinais e sintomas, tais como: rigidez muscular, tremor de repouso, instabilidade postural, movimentos involuntários (discinesia), dificuldade para iniciar um movimento (acinesia), lentidão e diminuição na amplitude dos movimentos (bradicinesia e hipometria, respectivamente) e alterações nas respostas posturais e na marcha (MORRIS et al., 2001; NUTT, 2001; FERNÁNDEZ-DEL OLMO, ARIAS & CUDEIRO-MAZAIARA, 2004; PIERUCCINI-FARIA et al., 2006; VITÓRIO et al., 2010; 2012). Tais sinais e sintomas tendem a se agravar com a progressão da doença, o

que interfere diretamente em movimentos simples e sequenciais (FERNÁNDEZ- DEL OLMO, ARIAS & CUDEIRO-MAZAIIRA, 2004).

A fim de amenizar tais sinais e sintomas, a Levodopa, um precursor sintético da dopamina, tem sido o principal e mais comum medicamento utilizado no tratamento da DP (KALINDERI et al., 2011). Administrada por via oral, a Levodopa é capaz de atravessar a barreira hematoencefálica e ser convertida em dopamina, o que aumenta os níveis dopaminérgicos na região do *striatum* (WATERS, 2008; ANDRADE et al., 1999). De maneira geral, a Levodopa é eficiente em atenuar parte dos sintomas da DP como hipocinesia, bradicinesia e rigidez (NUTT, 2001). No entanto, sintomas como tremor e instabilidade postural apresentam pouca ou nenhuma resposta ao medicamento (SCHAAFSMA et al., 2003; BLIN et al., 1990).

Em relação às mudanças nos parâmetros do andar dos pacientes, a resposta a Levodopa se apresenta de maneira diversa, sendo alguns deles resistentes e outros sensíveis ao tratamento farmacológico (BLIN et al., 1991; GOBBI et al., 2006; PIERUCCINI-FARIA et al., 2006). Mudanças na marcha de pacientes com DP são amplamente descritas na literatura e suas características serão apresentadas no tópico a seguir.

2.2. Características do andar na doença de Parkinson

Decorrente do processo de envelhecimento, indivíduos sadios apresentam algumas alterações nos padrões do andar, sendo essas mais acentuadas a partir da sexta década de vida (BARAK, WAGENAAR & HOLT, 2006). Estudos realizados com idosos acima dos 60 anos indicam uma diminuição de 12% a 16% na velocidade do andar por década (JUDGE, DAVIS & OUNPUU, 1996; KREBS, JETTE & ASSMAN,

1998). Também é observada a diminuição da cadência – expressa em passos por minuto – e do comprimento da passada (WINTER et al., 1990; JUDGE, DAVIS & OUNPUU, 1996). Ainda, idosos apresentam maior duração do duplo suporte no ciclo total da marcha do que adultos jovens – 26% e 18%, respectivamente (JUDGE, DAVIS & OUNPUU, 1996; PAVOL et al., 1999; MCGIBBON, KREBS & PUNIELLO, 2001).

Tais alterações são mais acentuadas na presença de algumas patologias, como no caso da DP (TAKAKUSAKI et al., 2004), gerando um padrão locomotor com características próprias do envelhecimento acrescidas dos distúrbios locomotores consequentes da doença. As alterações da marcha na DP podem ser explicadas como resultado do desequilíbrio na circuitaria dos núcleos da base, fato que explica a perda da característica automática da marcha dos indivíduos (SOFUWA et al., 2005).

Desordens na marcha são características marcantes nos sintomas da DP, tendo grande importância no diagnóstico clínico da doença (CARPINELLA et al., 2007; RAO et al., 2003). Devido a essa importância, um grande número de trabalhos tem buscado descrever parâmetros cinemáticos da marcha dos pacientes com DP (FERRARIN et al., 2002; MORRIS et al., 2005, CARPINELLA et al., 2007; VITÓRIO et al., 2010; 2012).

As primeiras alterações na marcha podem ser observadas logo no início da doença, em estágios caracterizados por comprometimentos unilaterais ou bilaterais com pouca ou nenhuma incapacidade. Carpinella e colaboradores (2007) objetivaram descrever quantitativamente os principais sintomas locomotores presentes em pacientes com DP leve. Os resultados mostraram que, quando em estágios iniciais (Hoehn & Yahr 1 e 2), os pacientes apresentam tendência bradicinética na marcha, evidenciada pela diminuição na velocidade e cadência. Entretanto, alterações tipicamente observadas em estágios mais avançados, como a redução do comprimento do passo e o aumento do tempo em duplo suporte, não apresentaram diferenças em relação a idosos saudáveis.

Em estágios mais avançados da DP, as alterações na marcha passam a ser mais evidentes, o que ocasiona perda considerável da independência dos pacientes (MORRIS et al., 1994b). O andar dos pacientes pode apresentar as seguintes características: diminuição no comprimento da passada, aumento do duplo suporte (MORRIS et al., 1994; 1996; 2001; FERRARIN et al., 2002; PIERUCCINI-FARIA et al., 2006; VITÓRIO et al., 2010), redução na velocidade (MORRIS et al., 1994b, SOFUWA et al., 2005, FERRARIN et al., 2006; PIERUCCINI-FARIA et al., 2006; VITÓRIO et al., 2010), diminuição na amplitude articular e no balanço dos braços (FERRARIN et al., 2005; MORRIS et al., 2005) e tronco flexionado à frente (*stooped posture* - KIMMESKAMP & HENNIG, 2001; BENATRU, VAUGOYEAU & AZULAY, 2008). Apesar da literatura ainda apresentar algumas controvérsias, a cadência parece estar preservada nos pacientes com DP (MORRIS et al., 1994b; 2005). Especificamente em relação ao comprimento da passada, sua diminuição é considerada uma das principais mudanças na marcha de pacientes com DP (SOFWUA et al., 2005) e sua regulação representa um déficit chave da marcha hipocinética (MORRIS et al., 1994b).

Além de mudanças nos parâmetros cinemáticos da marcha, alterações nos padrões de força de reação do solo são observadas em pacientes com DP. Em estudo de Nieuwboer e colaboradores (1999), os pacientes com DP apresentaram menores picos de força relativa, tanto no momento do contato do calcanhar como na retirada do pé do solo, quando comparados com controles. Ainda, foi encontrado um aumento das forças aplicadas na fase média de suporte, evidenciando um padrão de marcha com pé plano. Estas alterações podem prever um aumento do risco de tropeços (MORRIS et al., 2001). Em outro estudo com dados cinéticos, Vitória e colaboradores (2012) observaram diminuição nos impulsos de frenagem e propulsão no componente de direção ântero-posterior. Os autores sugerem que esses achados condizem com o fato dos pacientes

andarem mais lentamente e com um menor comprimento do passo quando comparados com indivíduos controles.

O efeito da Levodopa na marcha de pacientes com DP também tem sido investigado, mostrando benefícios quando os indivíduos se apresentam sob efeito do medicamento (BLIN et al., 1991; MORRIS et al, 2001; PIERUCCINI-FARIA et al., 2006; MOORE et al., 2008). Quando em estado “on”, os pacientes apresentam aumento na velocidade e no comprimento da passada. De acordo com Blin e colaboradores (1991), o benefício da Levodopa pronunciado no comprimento da passada pode estar relacionado com melhorias na modulação muscular para a produção de força e com a diminuição da postura inclinada para frente (*stooped posture*).

Apesar da Levodopa beneficiar o andar dos pacientes com DP, parâmetros como a duração da passada e da fase de balanço são dopa-resistentes, ou seja, não são observadas mudanças com o uso do medicamento (BLIN et al. 1991). Além disso, a instabilidade postural apresenta pouca ou nenhuma resposta à Levodopa (SCHAAFSMA et al., 2003), o que poderia influenciar negativamente em fases do andar mais instáveis, como é o caso do tempo em suporte simples. Assim, estudos têm investigado outras intervenções que possam beneficiar os pacientes com DP, como é o caso das dicas sensoriais adicionais externas (ROCHESTER et al., 2005; AZULAY, MESURE & BLIN., 2006; JENKINS et al., 2009).

Devido aos déficits nos núcleos da base, mecanismos de produção de “dicas internas” são ineficientes em pacientes com DP. Decorrente disso, os pacientes tornam-se dependentes do uso de informações sensoriais externas para a adequada produção de determinados movimentos (MARCHESE et al., 2000). As dicas externas fornecem estímulos espaciais ou temporais associados com a iniciação e o processo de facilitação

das atividades motoras, como no caso da marcha (LIM et al., 2005; VAN WEGEN et al., 2006).

Quanto à natureza das dicas sensoriais adicionais externas, estudos envolvendo melhorias dos parâmetros do andar em pacientes com DP têm utilizado principalmente dicas visuais (AZULAY et al., 1999; AZULAY, MESURE & BLIN, 2006), verbais (BEHRMAN et al., 1998) e rítmicas (SUTEERAWATTANANON et al., 2004; ROCHESTER et al., 2005; VAN WEGEN et al., 2006). Suteerawattananon e colaboradores (2004) verificaram os efeitos de dicas adicionais externas auditivas e visuais, utilizadas concomitantemente e separadamente, no andar de pacientes com DP. Os autores encontraram diferenças significativas na velocidade do andar, cadência e comprimento da passada. A dica auditiva foi capaz de melhorar em 16% a velocidade do andar e o uso concomitante das dicas em 13% quando comparados ao andar sem dica. Em relação à cadência, houve diferença de comportamento dependendo da dica utilizada, sendo a cadência diminuída em 9% com a dica visual e aumentada em 12% com a dica auditiva. Apenas a dica visual foi capaz de modificar o comprimento da passada, provocando um aumento de 18% em relação ao andar sem dicas. Com esses resultados, os autores concluem que as dicas devem ser utilizadas para minimizar déficits na marcha consequentes da DP.

Apesar de diversos estudos apontarem benefícios à marcha de pacientes com DP a partir do uso dicas sensoriais externas, poucos têm investigado o efeito de dicas somatossensoriais externas nesta população (HAMANAKA, 2008; JENKINS et al., 2009). No entanto, em maior proporção, a estimulação sensorial da superfície da sola do pé de indivíduos sadios tem apontado benefícios no equilíbrio e na marcha (NURSE et al., 2005). Assim, para um melhor esclarecimento acerca destes benefícios, o tópico seguinte trará algumas características importantes do sistema somatossensorial, em

especial da sola do pé, e os benefícios da informação somatossensorial adicional no andar de indivíduos saudáveis.

2.3. Características do sistema somatossensorial da sola do pé e benefícios da informação somatossensorial adicional no andar de indivíduos saudáveis

As informações do sistema somatossensorial são originárias de uma variedade de receptores distribuídos pelo corpo. Esses receptores apresentam 4 modalidades principais: tato discriminativo, propriocepção, nocicepção e sensação térmica (RIEMANN & LEPHART, 2002). As sensações provenientes do sistema somatossensorial podem ser diferenciadas em dois tipos: sensações epicríticas, que envolvem o tato fino, ou seja, mais apurado; e sensações protopáticas, que envolvem sensações de dor e mudanças térmicas (GARDNER, MARTIN & JESSELL, 2000).

O tato, modalidade sensorial de interesse deste trabalho, é mediado por receptores chamados de mecanoreceptores. Esses receptores são estimulados pela deformação da pele ou pela movimentação de um estímulo sobre ela e podem se localizar em camadas mais superficiais da pele ou em regiões mais profundas – subcutâneas (GARDNER, MARTIN & JESSELL, 2000). Nas camadas mais superficiais da pele, são encontrados dois principais mecanoreceptores: os Corpúsculos de Meissner – responsáveis pela sensibilidade mecânica apurada – e os Discos Receptores de Merkel – importante papel na sustentação de respostas. Já nas camadas subcutâneas, os principais mecanoreceptores encontrados são: os Corpúsculos de Pacini – sensíveis à vibração – e as Terminações de Ruffini – sensíveis a estímulos de compressão de seus terminais nervosos (NOBACK, STROMINGER & DEMAREST, 1999; GARDNER, MARTIN & JESSELL, 2000). Ainda, tais receptores podem ser classificados de acordo

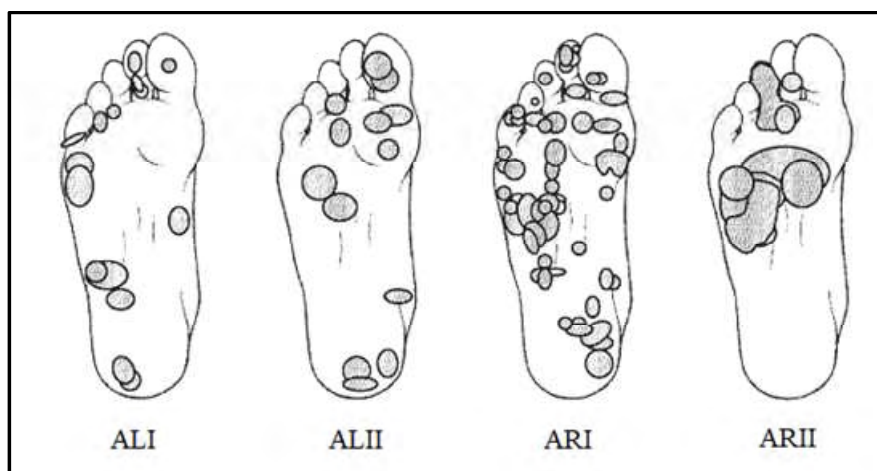
com sua adaptação, apresentando duas distinções: receptores de adaptação lenta, que respondem a estimulação prolongada e constante e são capazes de sinalizar a magnitude de um estímulo por alguns minutos; e de adaptação rápida, que são sensíveis à movimentação de objetos sobre a pele e cessam sua resposta quando o estímulo apresenta amplitude constante (GARDNER & MARTIN, 2000).

Tais receptores estão presentes em diversas partes do corpo, dentre elas na região da sola do pé. Os receptores da sola do pé fornecem informações importantes para o controle da postura e da locomoção (KENNEDY & INGLIS, 2002; NURSE et al., 2005). Assim, considerando que o presente estudo pretende manipular esses receptores, faz-se importante um aprofundamento acerca da distribuição e dos mecanismos de ação dos receptores plantares. Os mecanoreceptores da sola dos pés são sensíveis a pressões de contato, sendo capazes de detectar estímulos táteis que fornecem ao Sistema Nervoso Central informações sobre possíveis mudanças na distribuição de pressão que, muitas vezes, estão relacionadas com uma mudança na posição vertical (KENNEDY & INGLIS, 2002; HIJMANS et al., 2007).

A partir de uma análise da distribuição e atividade dos mecanoreceptores da sola do pé de adultos saudáveis, Kennedy & Inglis (2002) detectaram a presença de 104 mecanoreceptores específicos da pele glabra (região sem pelos). De acordo com o tamanho do campo receptivo e a resposta ao estímulo dado, os 104 mecanoreceptores encontrados foram classificados da seguinte forma: 14,4% de adaptação lenta e do tipo I (ALI); 15,4% de adaptação lenta e do tipo II (ALII); 56,7% de adaptação rápida e do tipo I (ARI); e 13,5% de adaptação rápida e do tipo II (ARII). Os receptores ALI e ARI apresentam pequenos campos com inúmeros pontos receptivos, já os receptores ALII e ARII apresentam grandes campos com um único ponto receptivo, sendo o ALII mais sensível ao estiramento da pele e o ARII à vibração. Os receptores foram encontrados

de forma dispersa por toda a sola do pé (FIGURA 3), o que assegura que os mesmos sejam capazes de codificar as pressões de contato, reconhecendo a posição do pé com o solo.

FIGURA 3. Distribuição dos receptores na sola do pé – adaptado de Kennedy & Inglis (2002): adaptação lenta do tipo I (ALI), adaptação lenta do tipo II (ALII), adaptação rápida do tipo I (ARI) e adaptação rápida do tipo II (ARII).



A sensação plantar fornecida por esses receptores apresenta grande importância no controle do equilíbrio, do passo compensatório e da marcha (PERRY, MCILROY & MAKI, 2000; NURSE et al., 2005; HIJMANS et al., 2007). Essa importância pode ser explicada devido ao fato do pé ser, normalmente, a única parte do corpo que está em contato direto com o ambiente (EILS et al., 2004). A partir deste contato, os mecanorreceptores são capazes de perceber detalhes referentes a informações temporais e espaciais de contato de pressão dos pés, podendo fornecer diversas informações que facilitem o controle de reações compensatórias (PERRY, MCILROY & MAKI, 2000).

A fim de evidenciar o papel dos receptores plantares, alguns estudos têm utilizado a redução e o aumento do feedback plantar em indivíduos saudáveis ou com alguma patologia periférica (PERRY, MCILROY & MAKI, 2000; EILS et al., 2004;

NURSE et al., 2005; HIJMANS et al., 2007). Eils e colaboradores (2004) investigaram os efeitos da redução da informação cutânea plantar, através da imersão em gelo, nos padrões do andar descalço. Em condição de redução de sensibilidade, os participantes apresentaram uma estratégia de andar mais cautelosa, principalmente em aspectos do contato e retirada do pé do solo. Foi verificada uma diminuição na flexão de tornozelo no início do contato do pé com o solo e da flexão de joelho no fim do contato do pé com o solo. Ainda, foi verificado um aumento na flexão de tornozelo no final do contato do pé com o solo, e um aumento na flexão de quadril no final do contato e na retirada do pé com o solo. Já quando o feedback sensorial é aumentado, Nurse e colaboradores (2005) observaram que o uso de calçados com textura – palmilha de semiesferas com 3 mm – foi eficaz em promover mudanças na marcha de indivíduos saudáveis, refletidas nos parâmetros eletromiográficos e de força de reação do solo. Em relação aos parâmetros eletromiográficos, foi verificada uma diminuição na ativação dos músculos sóleo, reto femoral e gastrocnêmio parte medial. Já para a força de reação do solo, quando usando as palmilhas, foi verificado um aumento no tempo até o pico da força de impacto. De acordo com os autores, essas mudanças são decorrentes de modificações no feedback sensorial da superfície plantar, suportando a teoria de que esse feedback é importante em determinar estratégias de movimento durante a locomoção.

Como evidenciado pelos estudos apresentados, a integridade da informação somatossensorial da sola do pé apresenta relevante importância no controle da marcha (EILS et al., 2004; NURSE et al., 2005). Entretanto, essa informação se apresenta prejudicada em indivíduos idosos. Com o avanço da idade, há uma diminuição no número total de receptores, com distribuição irregular dos que restam. Além disso, a própria pele passa por mudanças, se tornando mais fina e com uma quantidade menor de elastina e colágeno, influenciando diretamente na resposta dos receptores (WELLS et

al., 2003). Adicionado a isto, o sistema nervoso central de indivíduos idosos passa a ter dificuldades em integrar as informações sensoriais provenientes dos sistemas (MATSUMURA & AMBROSE, 2006). Decorrente dessas mudanças, há um declínio na capacidade de detectar estímulos de vibração e toque em várias regiões da superfície plantar (PERRY, 2006).

Considerando que a DP atinge principalmente idosos, alterações similares seriam esperadas nesta população. No entanto, estudos apontam que pacientes com DP apresentam déficits mais pronunciados na integração sensorial motora e na função sensorial periférica do que idosos sadios (PRÄTORIUS, KIMMESKAMP & MILANI, 2003; ALMEIDA et al., 2005). Por outro lado, mesmo apresentando tais déficits, pacientes com DP são capazes de utilizar informações somatossensoriais adicionais para beneficiar a marcha (JENKINS et al., 2009) e, conseqüentemente, diminuir o risco de prováveis quedas e melhorar a qualidade de vida. Assim, o próximo tópico busca esclarecer alguns aspectos da informação sensorial plantar de indivíduos com DP e benefícios da informação somatossensorial adicional.

2.4. Características do sistema somatossensorial da sola do pé e benefícios da informação somatossensorial na doença de Parkinson

Indivíduos com DP apresentam sintomas que são geralmente relacionados aos comprometimentos nos núcleos da base e córtex motor. Entretanto, disfunções sensoriais têm indicado papel importante no surgimento desses sintomas (JENKINS et al., 2009). Pacientes com DP apresentam déficits na função sensorial periférica (PRÄTORIUS, KIMMESKAMP & MILANI, 2003) e na integração sensório-motora (ABBRUZZESE & BERARDELLI, 2003), o que resulta na diminuição do feedback

para o sistema motor. Ainda, alguns estudos verificaram que os pacientes apresentam diminuição da capacidade de discriminar dois pontos, no senso de posição articular estática e na percepção de movimento (ABBRUZZESE & BERARDELLI, 2003).

Considerando os déficits sensoriais encontrados na DP e suas consequências, Prätorius, Kimmeskamp & Milani (2003) examinaram o sistema sensorial plantar dos pacientes e verificaram que os pacientes com DP apresentam limiares de sensibilidade maiores do que os indivíduos neurologicamente sadios. Exceto no calcanhar, todos os locais apresentaram limiares duas vezes maiores. Ainda, o estudo verificou correlação entre o sistema motor e somatossensorial: pacientes com maiores comprometimentos motores, revelados por maiores pontuações na Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS), apresentaram maiores limiares de sensibilidade. Os autores sugerem que a sensibilidade plantar comprometida dos pacientes pode afetar de forma decisiva o controle do equilíbrio e que, em estágios mais avançados, isso passa a ser mais evidenciado.

Decorrente dos comprometimentos no processamento e integração sensorial, os pacientes com DP dependem de dicas sensoriais externas para a realização de movimentos de iniciação e execução sequencial (ABBRUZZESE & BERARDELLI, 2003). A fim de suprir essa necessidade, o uso de dicas externas tem apontado significativa melhora em características bradicinéticas do andar dos pacientes (AZULAY, MESURE & BLIN, 2006; VAN WEGEN et al., 2006; JENKINS et al., 2009). No entanto, poucos estudos têm verificado o papel de dicas somatossensoriais externas nessa população. Mais especificamente, foram encontrados dois estudos que utilizaram palmilhas facilitadoras como informação adicional somatossensorial (HAMANAKA, 2008; JENKINS et al., 2009).

Hamanaka (2008) buscou verificar os efeitos da informação somatossensorial adicional no controle postural (postura ereta estática) de adultos jovens, idosos saudáveis e idosos com DP. Para a informação somatossensorial adicional, foram projetadas palmilhas com elevações em semiesferas. Os resultados mostraram que, independente de grupo, a palmilha proporcionou benefícios posturais e que a informação adicional foi utilizada, principalmente, para reduzir oscilações no plano frontal. Com base nos achados, a autora sugere que estudos devem ser realizados com situações mais desafiadoras, como o andar, e com o uso prolongado das palmilhas.

Especificamente sobre os benefícios de palmilhas facilitadoras no andar de pacientes com DP, apenas um estudo foi encontrado (JENKINS et al., 2009). Neste estudo, os autores verificaram o efeito da sensação cutânea plantar aumentada nos parâmetros do andar em indivíduos com DP. Para o aumento da sensação plantar, foi utilizada uma palmilha facilitadora com uma borda posicionada na parte lateral da superfície plantar do pé. Com o uso da palmilha, houve melhora significativa no tempo em suporte simples dos pacientes, e essa melhora foi mais pronunciada tentativa por tentativa (total de 5 tentativas). Os autores apontam que a melhora no tempo em suporte simples reflete em melhoria na estabilidade global dos pacientes. O tempo em que o indivíduo permanece em suporte simples demonstra-se especialmente afetado em situações onde há perturbações do equilíbrio (MORRIS et al., 2001). Assim, Jenkins e colaboradores (2009) sugerem que os resultados encontrados no estudo suportam a hipótese que o *input* aumentado do sistema sensorial resulta em melhorias no *output* motor do andar, o que poderia ser traduzido para um melhor equilíbrio. Assim como Hamanaka (2008), os autores sugeriram verificar os efeitos do uso contínuo das palmilhas facilitadoras.

Com base no exposto, o uso da informação somatossensorial adicional no andar de pacientes com DP pode desempenhar um importante papel em estratégias de reabilitação. Ainda, alguns sintomas resistentes à terapia medicamentosa poderiam se beneficiar de intervenções mecânicas, como o uso das palmilhas. Mais informações a respeito do comportamento do andar de indivíduos com DP na disponibilidade de informação somatossensorial adicional poderão auxiliar no delineamento de estratégias que melhorem a mobilidade dos pacientes, refletindo, por exemplo, na prevenção de quedas. Assim, os objetivos do presente estudo são apresentados a seguir.

3. OBJETIVO

Verificar o efeito do uso da informação somatossensorial adicional na sensibilidade plantar e no andar de idosos saudáveis e com DP.

3.1. Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram: i) comparar o efeito do uso de diferentes tipos de palmilhas facilitadoras em indivíduos com DP e indivíduos controle; ii) verificar se existe um tipo específico de palmilha que apresente maiores benefícios aos indivíduos com DP; iii) verificar se os efeitos do uso imediato são mantidos com o uso contínuo (uma semana); iv) verificar se os efeitos do uso contínuo das palmilhas facilitadoras nos pacientes com DP são os mesmos nos idosos neurologicamente saudáveis; v) verificar se os benefícios são mantidos após um período subsequente de uma semana sem o uso da palmilha.

4. ESTUDO 1: Efeito imediato de diferentes tipos de informação somatossensorial adicional externa no andar de indivíduos sadios e com doença de Parkinson

4.1. Introdução

Com o surgimento da DP e a conseqüente degeneração ocorrida, parâmetros espaciais e temporais do andar são diretamente afetados e caracterizados pela diminuição na velocidade e no comprimento da passada, aumento da fase de duplo suporte e grande variabilidade no comprimento do passo e da passada (MORRIS et al., 1994; MORRIS et al., 1996; VIEREGGE et al., 1997; FERRARIN et al., 2002). Quanto aos parâmetros cinéticos, mudanças significativas nas forças de reação do solo de pacientes com DP quando comparados com sujeitos controle têm sido observadas: menores valores de pico de força relativa, tanto no contato do calcanhar como na retirada do pé do chão, e aumento do peso na fase média do suporte (NIEUWBOER et al., 1999). Uma interpretação para esses dados é o fato dos pacientes estarem andando com pé plano (*flat-footed*) e com redução na amplitude de movimento de flexão plantar e dorsiflexão do tornozelo (MORRIS et al., 2001).

Em relação às informações sensoriais adicionais, o paradigma da dica externa tem sido utilizado com o objetivo de melhorar o comportamento motor em alguma determinada tarefa. Em estudo envolvendo dica externa somatossensorial, Hamanaka (2008) observou benefícios da estimulação sensorial por meio de palmilhas com semi-esferas no controle postural de pacientes com DP. Durante a tarefa de permanecer na postura em pé estática, os pacientes com DP diminuíram a oscilação corporal. Em outro estudo, que envolveu o uso de palmilhas com elevações laterais e posterior, Jenkins e colaboradores (2009) encontraram melhoras significativas na estabilidade do andar de pacientes com DP. Estes dois estudos suportam a hipótese de que o *input* aumentado do

sistema sensorial resulta em melhor *output* motor para a postura e o andar. Entretanto, os dois estudos compararam cada tipo de palmilha com uma condição sem informação adicional, o que revelou a necessidade de comparar o efeito imediato de diferentes tipos de palmilhas nos parâmetros do andar de indivíduos com DP. Com base nesta comparação, é possível inferir qual a localização dos receptores que, quando estimulados, podem proporcionar maiores benefícios para os pacientes e controles: os receptores da superfície mais externa do pé (borda) ou a informação dos vários campos receptivos espalhados pela sola do pé. Ainda, apesar de significativa, as melhoras encontrados por Jenkins e colaboradores (2009) foram pequenas, em torno de 2%, fato que evidencia a necessidade de uma maior investigação sobre os benefícios da informação somatossensorial adicional no andar de idosos saudáveis e com DP.

Diante do exposto, o principal questionamento que norteia este estudo é: qual o efeito do uso de diferentes tipos de palmilhas facilitadoras sobre a sensibilidade plantar e os parâmetros do andar de indivíduos com DP e indivíduos neurologicamente saudáveis? Mais especificamente: i) os efeitos do uso das palmilhas são similares em indivíduos com DP e indivíduos saudáveis? ii) existe um tipo específico de palmilha que apresente melhores benefícios para indivíduos com DP? Baseado nos achados da literatura e considerando que existe uma lacuna no entendimento de qual palmilha facilitadora promove os maiores benefícios nos parâmetros do andar de pacientes com DP, o presente estudo propõe a comparação de dois tipos de palmilhas facilitadoras apresentadas em estudos anteriores: i) adaptação da palmilha de Jenkins et al. (2009) e ii) similar a do estudo de Hamanaka (2008). Com base nos achados da literatura, esperava-se que, a partir do uso das palmilhas facilitadoras, benefícios no andar de ambos os grupos fossem encontrados, principalmente nas variáveis cinemáticas do andar que representam estabilidade: porcentagem do tempo em suporte simples e duplo

suporte. Ainda, esperava-se que a palmilha proposta por Hamanaka promovesse mais benefícios que a de Jenkins e colaboradores, uma vez que um maior número de receptores por toda sola do pé é estimulado.

4.2. Objetivo

Verificar o efeito imediato do uso de diferentes tipos de palmilhas facilitadoras sobre a sensibilidade plantar e os parâmetros do andar de indivíduos com DP e indivíduos neurologicamente saudáveis.

4.2.1. Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram: i) comparar o efeito do uso de diferentes tipos de palmilhas em indivíduos com DP e indivíduos controle; ii) verificar se existe um tipo específico de palmilha que apresente maiores benefícios aos indivíduos com DP.

4.3. Materiais e método

A presente pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, campus Rio Claro (Protocolo nº 3590, datado de 18 de Maio de 2010).

4.3.1. Participantes

Participaram do presente estudo 40 sujeitos da cidade de Rio Claro e que foram distribuídos em dois grupos: o grupo de pacientes com DP (GDP) foi selecionado por meio do banco de dados do Programa de Atividade Física para pacientes com doença de Parkinson (PROPARKI); e o grupo controle (GC) foi composto por idosos participantes do Programa de Atividade Física para a Terceira Idade (PROFIT). O GDP foi formado por pacientes com diagnóstico de DP idiopática, realizado por um médico

neuropsiquiatra. Ainda, foram incluídos na amostra pacientes entre os Estágios 1 e 3 da escala de Hoehn & Yahr (uma vez que pacientes acima do estágio 3 apresentam dificuldades de locomoção, o que impossibilitaria o sucesso no protocolo experimental proposto) e que utilizavam regularmente medicamento específico para a doença. Para a composição do GC, foram recrutados indivíduos neurologicamente saudáveis, com mesmas características de idade, gênero, massa corporal e estatura que os participantes do GDP.

4.3.2. Procedimentos experimentais

Todos os procedimentos do estudo foram realizados no Laboratório de Estudos da Postura e da Locomoção (LEPLO), no Departamento de Educação Física do Instituto de Biociências da UNESP/Rio Claro.

Os pacientes encaminhados para o estudo, após consentimento de participação, foram submetidos a uma avaliação clínica mais detalhada, realizada por um avaliador treinado por um médico neuropsiquiatra, para conhecimento da gravidade da doença e condições cognitivas. A escala de Hoehn & Yahr (H&Y – HOEHN & YAHR, 1967; Versão adaptada por SCHENKMAN et al., 2001) foi aplicada para avaliar o estágio de evolução da doença. De acordo com ela, o paciente pode ser classificado nos seguintes estágios: estágio 1: doença unilateral; estágio 1,5: Envolvimento axial e unilateral; estágio 2: Doença bilateral sem alterações do equilíbrio; estágio 2,5: Doença bilateral com recuperação nos testes que envolvam equilíbrio; estágio 3: Doença leve e moderada bilateral, alguma instabilidade postural e independência física; estágio 4: Incapacidade grave; ainda capaz de andar e levantar sem ajuda; estágio 5: Cadeira de rodas. Ainda, foi aplicada a Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS – FAHN & ELTON, 1987) para avaliar o nível de comprometimento da DP. Ela é subdividida em três subescalas: I – Estado mental, humor e comportamento; II – Atividades da vida diária;

III – Exame da motricidade. Também foram aplicados, em todos os participantes, o Mini-Exame do Estado Mental (MEEM), com a finalidade de realizar um rastreio das funções cognitivas dos participantes (BRUCKI et al., 2003), e uma anamnese, para verificar o enquadramento dos indivíduos aos critérios de inclusão/exclusão.

Para ambos os grupos, as seguintes características foram estabelecidas como critérios de exclusão: déficits cognitivos que prejudicassem o entendimento da tarefa, patologias que envolvessem séria perda da sensibilidade da sola dos pés (ex: diabetes) ou outra patologia que impossibilitasse o participante de executar a tarefa com êxito.

Após a avaliação clínica e anamnese, a sensibilidade plantar de todos os participantes foi avaliada por meio de um estesiômetro composto por monofilamentos de Semmes-Weinstein (BELL-KROTOSKI & TOMANCIK, 1987). Esses monofilamentos são utilizados para classificar a sensibilidade da sola dos pés ou palmas das mãos. O teste de sensibilidade plantar foi aplicado em ambos os pés, com o participante deitado confortavelmente em uma maca e com a perna a ser avaliada apoiada em travesseiro. Os pontos testados foram: falange distal do hálux, falanges distais e cabeça do 3º e 5º artelhos, cabeça da articulação metatarsofalangeana do hálux e porção média do calcanhar. Durante a realização do teste, os participantes utilizaram uma venda que impossibilitou a visão dos pontos testados. Cada ponto testado recebeu um *score* de 1 a 7, sendo que a pontuação total de cada pé, direito e esquerdo, foi obtida a partir da soma dos *scores* dos pontos testados em cada pé. A pontuação mínima possível obtida foi 7 e a máxima 49. Quanto maior a pontuação total, mais déficits na sensibilidade plantar os participantes tinham. De acordo com a pontuação final, os participantes foram classificados da seguinte forma (LEHMAN et al., 1997):

- Nível 1 (*Pontuações de 1 a 14*): Sensibilidade normal. Sensação de postura e cinestesia conservadas;

- Nível 2 (*Pontuações de 15 a 21*): Sensibilidade diminuída, com dificuldade quanto à discriminação fina. Cinestesia conservada;

- Nível 3 (*Pontuações de 22 a 28*): Perda leve na sensibilidade protetora. Dificuldades na discriminação de formas, temperatura ou textura. Cinestesia conservada;

- Nível 4 (*Pontuações de 29 a 35*): Perda da sensação protetora, podendo ainda sentir pressão profunda e dor. Cinestesia conservada;

- Nível 5 (*Pontuações de 36 a 42*): Presença apenas da sensibilidade à pressão profunda podendo ainda sentir dor. Déficits na cinestesia;

- Nível 6 (*Pontuações de 43 a 49*): Perda de sensibilidade à pressão profunda. Pode ou não sentir dor. Déficits mais pronunciados na cinestesia, podendo algumas vezes não estar presente.

Em seguida, medidas antropométricas dos participantes foram obtidas. A massa corporal, a estatura e o comprimento do membro inferior (distância entre o trocânter maior do fêmur e o solo) foram coletados para caracterizar os participantes. Considerando que a análise tridimensional foi realizada no plano sagital direito, apenas o membro inferior direito foi mensurado.

Cada participante foi, então, convidado a percorrer, andando em sua velocidade preferida, uma passarela que consiste em um corredor livre de madeira, recoberto por um tapete de borracha preta de 8 m de comprimento e 1,40 m de largura. A fim de registrar as forças de reação do solo durante a execução da tarefa, duas plataformas de força (AccuGait Advanced Mechanical Technologies, Boston, MA) - 50cm x 50cm - foram posicionadas no meio da passarela (aproximadamente a 4 m do início da mesma). Três condições experimentais, que manipulam a informação somatossensorial adicional

por meio de diferentes tipos de palmilhas facilitadoras, foram apresentadas aos participantes:

- i) Palmilha convencional (PC): palmilhas de formato similar às que são utilizadas em calçados convencionais e com superfície lisa, sem qualquer tipo de informação somatossensorial adicional;
- ii) Palmilha com semi-esferas (PSE – FIGURA 4A): possuem elevações em forma de semi-esferas com diâmetro de 9mm (atendendo aos tamanhos dos campos receptivos da sola dos pés, determinada entre 5-20mm). As elevações, de aproximadamente 4,5mm de altura, se concentram nas seguintes regiões: falange distal do hálux, cabeças das articulações metatarsofalangeanas e calcanhar. Tais regiões foram selecionadas em função de serem os pontos de apoio mais utilizados durante a oscilação corporal e, também, por conter o maior número de receptores de adaptação lenta (HAMANAKA, 2008);
- iii) Palmilha com elevação externa (PEE – FIGURA 4B): possuem uma saliência (em formato de crista), com aproximadamente 3 mm de altura, que atinge a parte mais externa de toda a superfície do pé (lateral, anterior e posterior). Esta palmilha é uma adaptação daquelas utilizadas por Jenkins e colaboradores (2009), que já mostraram benefícios no controle do equilíbrio dinâmico e boa tolerância do uso por pacientes com DP.

FIGURA 4. Palmilhas confeccionadas para o presente estudo (A – PSE e B – PEE).



Todas as palmilhas foram confeccionadas em Etileno Acetato de Vinila (E.V.A.), com base de 2 mm e dureza média. Cada participante utilizou palmilhas com numeração personalizada. Para que não houvesse interferência do calçado utilizado durante a avaliação, todos os participantes utilizaram uma sapatilha padrão e compatível com a numeração de seu calçado convencional. Foram realizadas 15 tentativas, sendo 5 para cada condição experimental. As condições foram apresentadas em blocos, sendo o primeiro bloco com o uso das PC e os outros dois blocos escolhidos de forma randômica entre as PSE e as PEE. Não foi indicado aos participantes a ordem estabelecida e, sempre que solicitado, um intervalo de descanso foi realizado entre as tentativas.

Após a avaliação do andar, a avaliação da sensibilidade plantar foi novamente realizada. Os mesmos procedimentos anteriormente realizados foram aplicados nesta segunda avaliação.

4.3.3. Coleta e análise dos dados

Para registro cinemático dos dados, 4 emissores infravermelhos (IREDs) foram afixados no plano sagital direito dos membros inferiores, nos seguintes pontos anatômicos: i) membro inferior direito: quinto metatarso e face lateral do calcâneo; ii) membro inferior esquerdo: primeiro metatarso e face medial do calcâneo. Os deslocamentos dos IREDs foram captados por um sistema de análise do movimento (OPTOTRAK Certus – 3D Motion Measurement System, NDI), com frequência de amostragem de 100 Hz e posicionado no plano sagital direito. Os dados foram analisados através de uma rotina escrita em linguagem Matlab (Versão 7.0 – Math works, Inc.) e filtrados com um filtro do tipo passa-baixa, Butterworth, com frequência de corte definida por meio de análise residual.

Para a análise cinética, a frequência de amostragem dos dados foi de 200Hz. A magnitude da força de reação do solo foi normalizada pelo peso corporal de cada participante, registrado na posição em pé parado. Para a aquisição dos dados digitais das plataformas, o software AMTI NetForce foi utilizado. O tratamento dos dados e o cálculo das variáveis cinéticas foram realizados através de rotina escrita em linguagem Matlab (Versão 7.0 – Math Works, Inc.).

4.3.4. Variáveis dependentes

A fim de anular os efeitos de aceleração e desaceleração do início e fim do andar, as variáveis dependentes obtidas para a análise cinemática foram calculadas na passada mais centralizada da perna direita na passarela (aproximadamente 4m do ponto de início). As variáveis dependentes analisadas foram:

- **Comprimento da passada:** calculado pela subtração dos valores dos IREDs no eixo X (horizontal no sentido ântero-posterior do movimento), que indicam a distância entre os subsequentes contatos dos IREDs do calcâneo (pé direito) com o solo. Expressa em centímetros (cm);
- **Duração da passada:** tempo entre o primeiro contato com o solo do IRED do calcâneo direito e o segundo contato do mesmo. Foi calculada a partir da diferença temporal entre os dois instantes e expressa em segundos (s);
- **Velocidade da passada:** calculada através da divisão do comprimento da passada pela duração da passada e expressa em centímetros por segundo (cm/s);
- **Cadência:** número de passos em um minuto (passos/min). Foi calculada a partir da duração média dos passos realizados na passada mais centralizada;
- **Porcentagem da fase de duplo suporte:** porcentagem de tempo de uma passada em que o participante permaneceu com apoio de ambos os pés no chão. Foi calculada com base na duração da passada;
- **Porcentagem da fase de suporte simples:** porcentagem de tempo de uma passada em que o participante permaneceu somente com o apoio do pé direito no chão. Foi calculada a partir da diferença temporal entre a perda de contato com o solo do IRED posicionado no 1º metatarso do pé esquerdo e o quadro imediatamente anterior ao contato inicial do mesmo pé com o solo.

Estudos recentes têm mostrado que estas variáveis dependentes são importantes ferramentas para a análise do andar em pacientes com DP (CAETANO et al., 2009; VITÓRIO et al., 2010; 2011).

As variáveis dependentes cinéticas foram obtidas a partir das curvas força-tempo normalizadas. Foram calculadas as seguintes variáveis:

- Componente vertical da força de reação de solo:

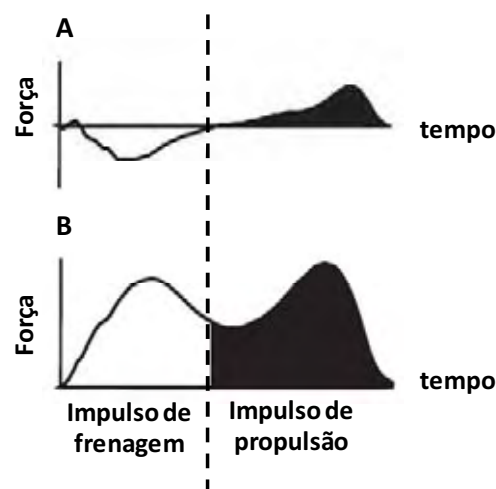
- Máxima magnitude da força vertical após o contato do pé com o solo (1º pico) e antes da retirada do pé do solo (2º pico);
- Mínima magnitude de força vertical entre o 1º e 2º pico (vale);

- Componente horizontal da força de reação do solo:

- Máxima magnitude da força horizontal após o contato do pé com o solo (1º pico) e antes da retirada do pé do solo (2º pico).

Ainda, foram calculados os impulsos de frenagem e propulsão para o componente vertical e horizontal da força de reação do solo. O corte entre frenagem e propulsão foi definido como o momento em que a força horizontal cruzar o zero (MORAES, ALLARD & PATLA, 2007 – FIGURA 5). Os impulsos foram calculados como a área da curva de força pelo tempo de apoio e foram expressas em peso corporal segundos (PC.s).

FIGURA 5. Representação gráfica dos impulsos de frenagem e de propulsão para as componentes de força horizontal ântero-posterior (A) e vertical (B) – adaptado de Moraes, Allard & Patla (2007).



4.3.5. Análise estatística

Inicialmente, a estatística descritiva (média e desvio padrão) foi empregada para a apresentação dos resultados. Como os dados apresentaram distribuição normal e variâncias homogêneas, a estatística paramétrica foi empregada. Testes t de *Student* foram empregados para verificar possíveis diferenças entre os grupos para idade, massa corporal, estatura e MEEM.

Para a pontuação total de cada pé no teste de sensibilidade plantar, foram empregadas ANOVAs com dois fatores (2 grupo X 2 momento), com medidas repetidas no último fator.

As variáveis dependentes cinemáticas e cinéticas foram analisadas por meio de ANOVAs com três fatores (2 grupo X 3 condição X 5 tentativa), com medidas repetidas nos últimos dois fatores. Esta análise evidenciou efeito principal de tentativa, revelando que, independente de grupo e da condição experimental, as tentativas 1 e 2 diferiam das demais. Assim, a fim de eliminar possíveis efeitos de adaptação ao teste, as tentativas 1 e 2 de todos os participantes foram excluídas e os dados foram reanalisados com apenas três níveis para o fator tentativa.

O nível de significância de 0,05 foi mantido em todas as análises e o programa SPSS 15.0 (SPSS, Inc.) foi utilizado para o tratamento estatístico.

4.4. Resultados

Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos para idade ($t_{36}=0,047$; $p=0,963$), estatura ($t_{36}=-0,239$; $p=0,813$), massa corporal ($t_{36}=-1,607$; $p=0,117$) e MEEM ($t_{36}=-1,303$; $p=0,201$). A TABELA 1 apresenta os dados de caracterização dos pacientes com DP e GC. É possível observar que os pacientes estavam nos estágios iniciais da doença, bem como apresentavam acometimento geral leve/moderado. Ainda, eles estavam com as condições cognitivas preservadas, considerando notas de corte de acordo com a escolaridade (BRUCKI et al., 2003).

TABELA 1. Médias e Desvios Padrão dos dados de caracterização dos grupos DP e GC (MEEM = Mini Exame do Estado Mental; H&Y = escala de Hohen e Yahr; UPDRS = Unified Parkinson's Disease Rating Scale, com as sub-escalas: I – Estado mental, humor e comportamento; II – Atividades da vida diária; III – Exame da motricidade; UPDRS total: score total da soma das três sub-escalas da UPDRS).

Variáveis	DP	GC
Idade (anos)	71,84±7,12	71,73±6,64
Massa Corporal (Kg)	65,6±11,4	72±13,07
Estatura (cm)	160,62±8,75	161,24±7,2
MEEM (pontos)	27,52±2,31	28,42±2
H&Y (estágio)	1,95±0,44	--
UPDRS I (pontos)	3,42±2	--
UPDRS II (pontos)	15±5,35	--
UPDRS III (pontos)	28,1±8,7	--
UPDRS total (pontos)	46,53±13,71	--

Para facilitar a apresentação dos dados, os próximos resultados são apresentados em três subtópicos: 1- Avaliação da sensibilidade plantar: Estesiômetro; 2- Variáveis Cinemáticas; 3- Variáveis Cinéticas.

4.4.1. Avaliação da sensibilidade plantar: Estesiômetro

A TABELA 2 apresenta os valores médios e desvios padrão das pontuações totais dos pés direito e esquerdo, separadamente, obtidas na avaliação da sensibilidade plantar pelos grupos DP e GC, antes e após o uso de diferentes tipos de palmilhas (PC, PEE, PSE).

TABELA 2. Valores médios e desvios padrão da pontuação obtida por pacientes com DP e idosos neurologicamente saudáveis (GC) antes (PRÉ) e após (PÓS) o uso de diferentes tipos de palmilha.

Variáveis	DP		GC	
	PRÉ	PÓS	PRÉ	PÓS
Pontuação total Pé direito	22,54±3,9	22,18±5,4	21,1±7,7	21±8,5
Pontuação total Pé esquerdo	23,18±4,7	21,9±5,13	20±6,9	21±7,04

Para a avaliação da sensibilidade plantar, a ANOVA não evidenciou interação entre os fatores grupo e momento (pontuação total pé direito: $F_{1,20}=0,053$ e $p=0,820$; pontuação total pé esquerdo: $F_{1,20}=2,49$ e $p=0,130$), efeito principal de grupo (pontuação total pé direito: $F_{1,20}=0,227$; $p=0,639$; pontuação total pé esquerdo: $F_{1,20}=0,686$; $p=0,417$) e efeito principal de momento (pontuação total pé direito: $F_{1,20}=0,148$; $p=0,704$; pontuação total pé esquerdo: $F_{1,20}=0,036$; $p=0,852$).

4.4.2. Variáveis Cinemáticas

A TABELA 3 apresenta os valores médios e desvios padrão das variáveis dependentes cinemáticas, para os grupos DP e GC nas condições de uso de diferentes tipos de palmilhas (PC, PEE e PSE).

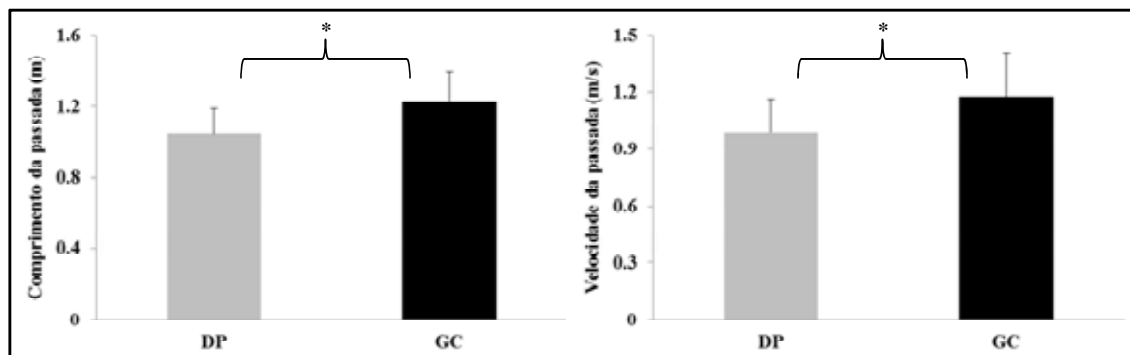
TABELA 3. Valores médios e desvios padrão das variáveis dependentes cinemáticas dos idosos com DP e idosos neurologicamente sadios (GC), nas diferentes condições do uso de palmilhas: palmilha convencional (PC), palmilha com elevação externa (PEE) e palmilha com semiesferas (PSE).

Variáveis	DP			GC		
	PC	PEE	PSE	PC	PEE	PSE
Comprimento da passada (m)	1,06±0,14	1,05±0,14	1,04±0,14	1,23±0,17	1,22±0,16	1,22±0,16
Duração da passada (s)	1,08±0,11	1,07±0,12	1,08±0,13	1,06±0,13	1,06±0,13	1,07±0,14
Velocidade (m/s)	0,99±0,18	0,99±0,18	0,98±0,18	1,18±0,25	1,18±0,23	1,17±0,23
Cadência (passadas/min)	56,05±5,86	56,9±6,46	56,36±6,73	57,25±7,19	57,34±6,89	57,19±7,19
Largura do passo (cm)	12,7±4,78	13,49±4,28	13,79±4,4	12,49±3,53	13,21±4,01	11,94±3,18
Suporte simples (%)	40,61±4,53	40,03±3,85	39,79±4	40,46±5,24	40,62±4,89	40,02±5,04
Duplo suporte (%)	23,99±3,79	24,05±3,67	24,19±4,12	22,15±5,06	22,24±4,44	23,08±5,20

Para as variáveis dependentes cinemáticas, a ANOVA não identificou interação entre os fatores. Ainda, não foram identificados efeitos principais de condição e tentativa. As análises univariadas revelaram efeito principal de grupo para comprimento da passada ($F_{1,36}=12,985$; $p=0,001$) e velocidade da passada ($F_{1,36}=7,688$; $p=0,009$).

Efeito principal de grupo (FIGURA 6): Quando comparados ao grupo controle e independente do tipo de palmilha utilizada, os pacientes com DP apresentaram menor comprimento e velocidade da passada.

FIGURA 6. Valores médios e desvios padrão das variáveis cinemáticas que apresentaram efeito de grupo. DP=grupo de pacientes com doença de Parkinson; GC=grupo de indivíduos neurologicamente saudáveis (* $p<0,05$).



4.4.3. Variáveis Cinéticas

A TABELA 4 apresenta os valores médios e desvios padrão das variáveis dependentes cinéticas, para os grupos DP e GC nas condições de uso de diferentes tipos de palmilhas (PC, PEE e PSE).

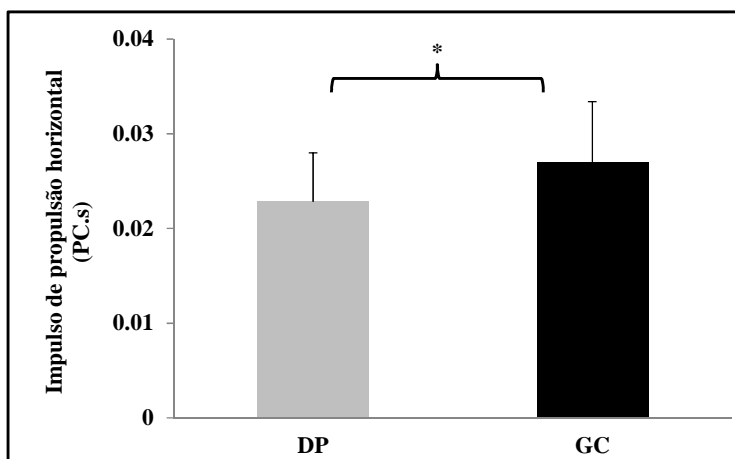
TABELA 4. Valores médios e desvios padrão das variáveis dependentes cinéticas dos idosos com DP e idosos neurologicamente saudáveis (GC), nas diferentes condições do uso de palmilhas: palmilha convencional (PC), palmilha com elevação externa (PEE) e palmilha com semiesferas (PSE).

Variáveis	DP			GC		
	PC	PEE	PSE	PC	PEE	PSE
Força vertical máxima 1° Pico (PC)	1,07±0,08	1,06±0,09	1,07±0,09	1,09±0,1	1,08±0,09	1,08±0,1
Força vertical mínima (PC)	0,83±0,08	0,84±0,09	0,84±0,08	0,79±0,09	0,78±0,08	0,78±0,08
Força vertical máxima 2° Pico (PC)	1,02±0,06	1,01±0,07	1,01±0,06	1,05±0,06	1,05±0,07	1,06±0,07
Impulso de frenagem vertical (PC.s)	0,28±0,05	0,27±0,06	0,28±0,05	0,27±0,04	0,27±0,04	0,27±0,04
Impulso de propulsão vertical (PC.s)	0,27±0,06	0,28±0,08	0,28±0,06	0,28±0,06	0,27±0,05	0,28±0,06
Força horizontal máxima 1° Pico (PC)	-0,13±0,04	-0,12±0,04	-0,12±0,04	-0,15±0,05	-0,14±0,04	-0,14±0,04
Força horizontal máxima 2° Pico (PC)	0,15±0,03	0,14±0,04	0,15±0,03	0,17±0,04	0,17±0,04	0,17±0,04
Impulso de frenagem horizontal (PC.s)	-0,02±0,01	-0,02±0,01	-0,02±0,01	-0,02±0,01	-0,02±0,01	-0,02±0,01
Impulso de propulsão horizontal (PC.s)	0,02±0	0,02±0,01	0,02±0	0,03±0,01	0,03±0,01	0,03±0,01

Para as variáveis dependentes cinéticas, a ANOVA não identificou interação entre os fatores. Ainda, não foram identificados efeitos principais de condição e tentativa. Análises univariadas apontaram efeito principal de grupo para o impulso de propulsão horizontal ($F_{1,35}=5,063$; $p=0,031$).

Efeito principal de grupo (FIGURA 7): Quando comparados ao grupo controle e independente do tipo de palmilha utilizada, os pacientes com DP apresentaram menor impulso de propulsão horizontal.

FIGURA 7. Valores médios e desvios padrão da variável cinética impulso de propulsão horizontal. DP=grupo de pacientes com doença de Parkinson; GC=grupo de indivíduos neurologicamente saudáveis (* $p<0,05$).



4.5. Discussão

O presente estudo analisou o papel da informação somatossensorial adicional no andar de pacientes com doença de Parkinson e idosos saudáveis. Mais especificamente, buscou-se comparar diferentes tipos de palmilhas facilitadoras a fim de verificar se existe um tipo de palmilha específico que traga mais benefícios aos pacientes e se, com o uso imediato, parâmetros do andar de pacientes com DP podem ser beneficiados ou, até mesmo, equiparados aos de indivíduos saudáveis.

Independente da condição de palmilha utilizada, os achados do presente estudo reforçam os resultados apontados na literatura acerca dos efeitos da DP no andar (MORRIS et al., 1994; 1994b; 2001; FERRARIN et al., 2002; 2006; VITÓRIO et al., 2010). Os pacientes com DP apresentaram características de hipometria e bradicinesia no andar, evidenciadas pela diminuição no comprimento e velocidade da passada. Especificamente em relação ao comprimento da passada, pacientes com DP apresentam dificuldade em seu adequado ajuste motor. A dificuldade em modular o comprimento da passada é determinante nas características hipocinéticas do andar dos pacientes (MORRIS et al., 1994b; 1996). A redução no comprimento da passada pode explicar a diminuição na velocidade da passada dos pacientes com DP, uma vez que mudanças na duração da passada não foram observadas. Ainda, em relação às variáveis cinéticas, foi verificada uma redução no impulso de propulsão horizontal dos pacientes quando comparados aos controles. Este achado confirma parcialmente os resultados encontrados por Vitório e colaboradores (2012), que observaram redução nos impulsos de frenagem e propulsão no componente de direção ântero-posterior. Assim como sugerido pelos autores, os achados de ambos os estudos condizem com o fato dos pacientes

apresentarem um menor comprimento do passo e andarem mais lentamente do que os idosos neurologicamente saudáveis.

Apesar das diferenças encontradas entre os grupos nas variáveis cinemáticas e cinéticas do andar, o presente estudo não identificou diferenças significativas na sensibilidade plantar dos pacientes com DP e de idosos saudáveis. Ambos os grupos do presente estudo apresentaram valores que os caracterizaram com perdas leves na sensibilidade plantar. Os pacientes com DP foram classificados no nível 3 de sensibilidade plantar. Este nível de classificação apresenta uma pequena redução na sensibilidade protetora e na discriminação de formas, temperatura e textura. Os idosos controles apresentaram pontuações bem próximas dos pacientes, deixando-os na transição do nível 2 para o 3. Este nível de classificação apresenta dificuldades quanto à discriminação fina. É importante destacar que, para ambos os grupos, as características de cinestesia estavam preservadas. A não observação de diferença significativa entre os grupos no presente estudo é contraditória com o estudo de Prätorius, Kimmeskamp & Milani (2003), que verificaram que pacientes com DP apresentaram limiares de sensibilidade plantar maiores do que idosos controles. No entanto, assim como no presente estudo, Hamanaka (2008) não verificou diferenças na sensibilidade plantar entre idosos com DP e idosos controle. Em acordo com achados de Hamanaka (2008), é possível afirmar que os pacientes com DP do presente estudo não apresentavam déficits mais pronunciados na função sensorial periférica do que os idosos saudáveis. É válido apontar que o presente estudo contou com uma amostra de pacientes em estágios iniciais da doença e que, por esse motivo, podem não apresentar déficits sensoriais periféricos tão pronunciados e, apenas, modificações decorrentes do processo natural de envelhecimento (WELLS et al., 2003; MATSUMURA & AMBROSE, 2006).

Em relação aos benefícios imediatos das palmilhas facilitadoras durante o andar, de maneira geral, era esperado que tanto os pacientes com DP como os idosos do grupo controle se beneficiassem em algum dos parâmetros cinemáticos ou cinéticos a partir de seu uso. No entanto, os resultados do presente estudo não apontaram nenhum benefício do uso das palmilhas facilitadoras, tanto para os pacientes com DP como para idosos saudáveis. Estes achados são contraditórios com os encontrados na literatura, uma vez que Jenkins e colaboradores (2009) verificaram que, a partir do uso de palmilhas com elevações laterais, pacientes com DP apresentaram aumento no tempo em suporte simples. Este achado foi interpretado como melhora na estabilidade global durante o andar. Apesar de significativa, esta melhora observada pelos autores no tempo em suporte simples entre a primeira e a quinta tentativa foi muito pequena, em torno de 2%, o que não caracteriza uma mudança clinicamente relevante.

Também não foram evidenciados benefícios imediatos da palmilha na sensibilidade plantar de ambos os grupos do presente estudo. Este achado pode explicar a ausência de mudanças nos parâmetros cinemáticos e cinéticos do andar a partir do uso de diferentes palmilhas. Jenkins e colaboradores (2009) sugerem que, devido ao *input* aumentado do sistema sensorial através do uso das palmilhas facilitadoras, melhorias no *output* motor do andar puderam ser observadas. No entanto, como no presente estudo benefícios da sensibilidade plantar não foram verificadas, é possível especular que, apesar do aumento do fluxo sensorial gerado pelas palmilhas facilitadoras, a informação somatossensorial adicional disponível na sola dos pés não foi suficiente para promover aumento relevante no *input* do sistema sensorial e, conseqüentemente, não promoveu benefícios nos parâmetros cinemáticos e cinéticos do andar. A ausência de melhoria no *input* sensorial pode ser explicada pelas mudanças na integração da informação somatossensorial decorrentes do processo de envelhecimento. A amostra do presente

estudo foi composta integralmente por indivíduos idosos que, decorrente do envelhecimento, apresentam prejuízos tanto a nível periférico – diminuição no número total e distribuição irregular de receptores, mudanças estruturais da pele (WELLS et al., 2003) – como a nível central – dificuldades em integrar as informações sensoriais (MATSUMURA & AMBROSE, 2006). Decorrente destes prejuízos, os idosos apresentam um declínio na capacidade de detectar o toque em algumas regiões do pé (PERRY, 2006). Assim, é possível afirmar que a quantidade de informação somatossensorial adicional disponibilizada para ambos os grupos não foi suficiente para suprir a ineficiência do sistema sensorial e, conseqüentemente, beneficiar o andar.

Diante dos resultados obtidos no presente estudo, não foram observados benefícios dos diferentes tipos de palmilhas facilitadoras no andar e na sensibilidade plantar para nenhum dos grupos (pacientes com DP e idosos saudáveis). Este achado vai contra as hipóteses do estudo, uma vez que era esperado que, além do benefício imediato das palmilhas facilitadoras, maiores benefícios fossem observados com o uso da PSE. Decorrente da ausência de benefícios, não foi possível realizar a escolha da palmilha utilizada no Estudo 2 com base nos resultados encontrados, uma vez que, o principal critério adotado para a escolha da palmilha seria a melhora nas variáveis dependentes relacionadas com as principais alterações da marcha na DP (bradicinesia, hipometria e instabilidade). Assim, para a escolha da palmilha, o presente estudo se baseou em achados da literatura sobre a distribuição e importância dos receptores da sola do pé, bem como a lacuna existente acerca dos benefícios da informação somatossensorial adicional no andar de pacientes com DP.

Kennedy & Inglis (2002) realizaram um estudo com adultos saudáveis a fim de mapear a localização e distribuição dos mecanorreceptores, bem como verificar a adaptação a resposta de determinados estímulos na região da sola do pé. Os autores

encontraram uma dispersa distribuição dos receptores, fato que assegura que eles sejam capazes de codificar as pressões de contato com grande detalhamento, possibilitando o reconhecimento da posição do pé com o solo. Considerando o grande número de receptores distribuídos por toda sola do pé e a importância do detalhamento por eles fornecido, seria interessante que a palmilha escolhida para o Estudo 2 abrangesse um grande número de receptores (a maior área da sola do pé), proporcionando a estimulação de diferentes tipos de mecanorreceptores e um melhor detalhamento. No caso específico de idosos saudáveis e pacientes com DP, a estimulação de diferentes regiões e de um maior número de receptores passa a ser ainda mais importante, uma vez que ambos os grupos apresentam déficits na integração sensorial periférica (PRÄTORIUS, KIMMESKAMP & MILANI, 2003; MATSUMURA & AMBROSE, 2006) e podem necessitar de um maior número de estímulos. Com base no exposto, considera-se que a palmilha de semiesfera (PSE) possa oferecer aos idosos com DP e saudáveis uma maior estimulação dos receptores da sola do pé. É válido citar que este é o primeiro estudo que utiliza este tipo de informação somatossensorial adicional fornecida pelas PSE no andar de pacientes com DP e idosos neurologicamente saudáveis. Anteriormente, apenas Hamanaka (2008) havia utilizado este tipo de informação somatossensorial adicional. No entanto, a autora investigou a influência da PSE na postura em pé parada de adultos jovens, idosos saudáveis e idosos com DP. Assim, a palmilha de semiesfera (PSE) foi selecionada para o Estudo 2.

4.6. Conclusão

Com base nos resultados encontrados pode-se concluir que:

- Independente do uso de diferentes tipos de palmilhas, os idosos com DP apresentaram o andar diferente dos idosos neurologicamente saudáveis. Os idosos com DP apresentaram características hipocinéticas no andar, evidenciadas pela diminuição no comprimento e velocidade da passada e impulso de propulsão horizontal;
- Idosos com DP não se diferem de idosos saudáveis na sensibilidade plantar, provavelmente pelo fato dos pacientes do presente estudo estarem em estágios iniciais da doença e não apresentarem déficits sensoriais mais pronunciados do que idosos neurologicamente saudáveis;
- As palmilhas facilitadoras não promoveram benefícios imediatos nas variáveis cinemáticas e cinéticas do andar, bem como na sensibilidade plantar de idosos com DP e idosos neurologicamente saudáveis. É possível que a informação somatossensorial adicional na sola dos pés não foi o suficiente para promover relevante *input* do sistema sensorial e, conseqüentemente, não promoveu benefícios nos parâmetros do andar e sensibilidade plantar.

5. ESTUDO 2: Efeito do uso contínuo de palmilhas facilitadoras no andar de indivíduos saudáveis e com doença de Parkinson.

5.1. Introdução

Uma vez selecionada a PSE no Estudo 1, o Estudo 2 buscou verificar os efeitos do uso contínuo de palmilhas facilitadoras nos parâmetros do andar destes indivíduos. A ideia para este estudo surgiu com base nos achados de Jenkins et al. (2009). Estes autores observaram que a sensação cutânea plantar aumentada (uso de palmilha facilitadora) foi eficaz em promover uma pequena melhora na estabilidade global do andar de pacientes com DP – houve aumento da duração da fase de suporte simples. Ainda, houve melhora deste parâmetro ao longo do experimento (a cada tentativa realizada), o que sugere haver benefícios ainda maiores com o uso contínuo das palmilhas, como indicado pelos próprios autores.

Outros estudos fornecem suporte a tal possibilidade. Lehman et al. (2005) observaram, após cinco dias consecutivos de intervenção com dicas verbais, aumento do comprimento do passo de pacientes com DP. Ainda, Al-Abdulwahab & Al-Khatrawi (2009) mostraram que um protocolo de estimulação neuromuscular de uma semana de duração foi capaz de promover benefícios em parâmetros da marcha de indivíduos com problemas locomotores (paralisia cerebral). Assim, considerando que intervenções de curta duração podem apresentar benefícios para a marcha de indivíduos com problemas locomotores (como pacientes com DP) e visando abranger toda a rotina semanal dos pacientes, o período de uma semana foi previsto para o uso contínuo da PSE. Também, com base nos estudos de Sidaway et al. (2006) e Mak & Hui-Chan (2008), foi observado o período subsequente de uma semana sem o uso das palmilhas.

Uma vez que não foram encontrados, no Estudo 1, benefícios imediatos de palmilhas facilitadoras, espera-se que, com uso contínuo das palmilhas e a constante estimulação dos mecanorreceptores plantares, benefícios na sensibilidade plantar e no andar de idosos saudáveis e com DP sejam observados. Assim, questiona-se: O uso contínuo de palmilhas facilitadoras pode promover benefícios no andar de pacientes com DP e idosos saudáveis? Este uso contínuo apresentará diferentes efeitos aos pacientes com DP e aos indivíduos controle? Os benefícios serão mantidos após um período subsequente de uma semana sem o uso da palmilha? Espera-se encontrar melhoras significativas na marcha dos pacientes após o uso contínuo, uma vez que Jenkins e colaboradores (2009) encontraram efeito de tentativa (melhora) nos parâmetros do andar em apenas cinco tentativas. Além disso, é esperado observar manutenção desses benefícios após o período subsequente de uma semana sem o uso das palmilhas, uma vez que estudos têm apontado que os benefícios de dicas externas (auditivas e visuais) persistem entre 2 e 4 semanas (SIDAWAY et al., 2006; MAK & HUI-CHAN, 2008).

5.2 Objetivo

Verificar o efeito contínuo de palmilhas facilitadoras na sensibilidade plantar e no andar de idosos saudáveis e com DP.

5.2.1. Objetivos específicos

Os objetivos específicos foram: i) verificar se o uso contínuo (uma semana) pode beneficiar igualmente pacientes com DP e idosos controle; ii) verificar se os benefícios são mantidos após um período subsequente de uma semana sem o uso das palmilhas.

5.3. Materiais e método

5.3.1. Participantes

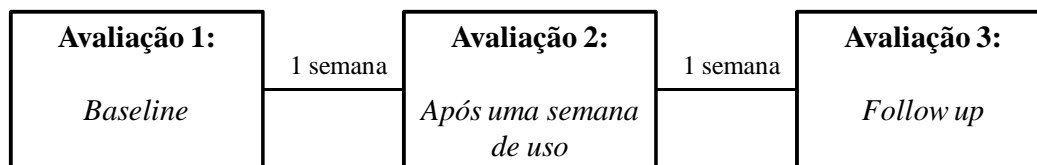
Os mesmos participantes envolvidos no Estudo 1 participaram deste estudo e foram distribuídos da seguinte forma: i) GDP1: pacientes com DP idiopática e que utilizaram a PSE; ii) GDP2: pacientes com DP idiopática e que utilizaram a palmilha convencional sem informação somatossensorial adicional; iii) GC1: indivíduos neurologicamente saudáveis e que utilizaram a PSE; iv) GC2: indivíduos neurologicamente saudáveis e que utilizaram a palmilha convencional sem informação somatossensorial adicional. Dos participantes do Estudo 1, apenas 1 idoso saudável não pode participar do Estudo 2 devido a uma fratura no pé. Dessa forma, o GDP1 foi composto por 10 idosos com DP e o GDP2 por 9 pacientes. Ambos os grupos de idosos saudáveis, GC1 e GC2, foram compostos por 9 participantes. A distribuição dos participantes nos grupos foi realizada de forma randômica.

5.3.2. Procedimentos experimentais

O Estudo 2 foi conduzido após um intervalo de 3 meses do Estudo 1. Neste período as análises do Estudo 1 foram realizadas, com o intuito de identificar o melhor tipo de palmilha facilitadora para os pacientes com DP. Em relação ao protocolo descrito no Estudo 1, os mesmos procedimentos foram adotados para o Estudo 2, com algumas características distintas.

O desenho experimental (FIGURA 8) do Estudo 2 incluiu avaliações em três momentos (*baseline*, após uma semana de uso e *follow up*) com intervalo de uma semana entre elas.

FIGURA 8. Ilustração do desenho experimental do Estudo 2.



1) *Palmilhas facilitadoras*: Com base na localização e tamanho dos campos receptivos da sola do pé e visando uma maior estimulação dos mecanorreceptores plantares, a PSE foi selecionada para este estudo .

2) *Tarefa*: Assim como no Estudo 1, os participantes foram inicialmente avaliados quanto à sensibilidade plantar, seguindo o mesmo protocolo proposto anteriormente. Em seguida, eles foram convidados a percorrer andando uma distância de 8 metros, em velocidade preferida. Foram realizadas 5 tentativas, com o mesmo calçado utilizado no Estudo 1, sem nenhum tipo de palmilha. Após a realização da tarefa em ambiente laboratorial, os participantes foram instruídos a utilizar a palmilha atribuída a cada grupo durante o período de uma semana. Todos os participantes receberam a instrução de utilizar a palmilha durante a maior parte do dia, dentro do calçado de uso convencional, sem mudança de seus hábitos cotidianos. Ainda, a fim de controlar o uso das palmilhas, os participantes receberam um pedômetro e foram instruídos a utilizá-lo somente durante o período de utilização das palmilhas. O pedômetro é um instrumento que mensura o número total de passos durante o período avaliado e a distância caminhada a partir das oscilações verticais do corpo (DIJKSTRA et al., 2008).

Posteriormente ao período de intervenção (uso das palmilhas), os dados do pedômetro foram recolhidos e os participantes realizaram novamente os protocolos de avaliação da sensibilidade plantar e do andar (Avaliação 2). Após a avaliação, os participantes passaram por um período de uma semana sem a utilização das palmilhas.

Passada esta uma semana, eles foram reavaliados (Avaliação 3) a fim de detectar a retenção dos efeitos após o período subsequente (*follow up*) de uma semana sem o uso das palmilhas. Na semana entre as avaliações 2 e 3, os participantes utilizaram novamente os pedômetros.

5.3.3. Coleta e análise dos dados

Os procedimentos para registro cinemático e cinético foram similares aos descritos no Estudo 1.

5.3.4. Variáveis dependentes

Foram consideradas, para análise, as mesmas variáveis dependentes do Estudo 1.

5.3.5. Análise estatística

As análises do presente estudo foram realizadas separadamente para pacientes com DP (GDP1 X GDP2) e idosos saudáveis (GC1 X GC2). Inicialmente, a estatística descritiva (média e desvio padrão) foi empregada para a apresentação dos resultados. Como os dados apresentaram distribuição normal e variâncias homogêneas, a estatística paramétrica foi empregada. Testes *t* de *Student* foram empregados para verificar possíveis diferenças entre os grupos de pacientes (GDP1 X GDP2) para idade, massa corporal, estatura, MEEM, H&Y e UPDRS I, II, III e total; e entre os grupos de idosos saudáveis (GC1 X GC2) para idade, massa corporal, estatura e MEEM.

Para o número de passos realizados durante o período de uso das palmilhas e na semana de *follow up*, foram empregadas ANOVAs com dois fatores (2 grupo X 2 momento), com medidas repetidas no último fator.

Para a pontuação total de cada pé no teste de sensibilidade plantar, foram empregadas ANOVAs com dois fatores (2 grupo X 3 momento), com medidas repetidas no último fator. Testes *post hoc* de Tukey foram empregados quando interações entre os fatores foram reveladas. Testes *post hoc* de Bonferroni foram empregados quando efeito principal de momento foi revelado. O nível de significância foi ajustado de acordo com a correção de Bonferroni.

As variáveis dependentes cinemáticas e cinéticas foram analisadas por meio de ANOVAs com dois fatores (2 grupo X 3 momento), com medidas repetidas no último fator. Testes *post hoc* de Tukey foram empregados quando interações entre os fatores foram reveladas.

O nível de significância de 0,05 foi mantido em todas as análises e o programa SPSS 15.0 (SPSS, Inc.) foi utilizado para o tratamento estatístico.

5.4. Resultados

Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos GDP1 e GDP2 para idade ($t_{17}=-0,532$; $p=0,602$), estatura ($t_{17}=-0,514$; $p=0,614$), massa corporal ($t_{17}=-0,300$; $p=0,768$), escala de H&Y ($t_{17}=0,542$; $p=0,595$), MEEM ($t_{17}=-0,369$; $p=0,716$), UPDRS I ($t_{17}=-0,284$; $p=0,780$), UPDRS II ($t_{17}=1,090$; $p=0,291$), UPDRS III ($t_{17}=1,554$; $p=0,138$) e UPDRS total ($t_{17}=1,381$; $p=0,185$). A TABELA 5 apresenta os dados de caracterização dos pacientes de ambos os grupos. É possível observar que os pacientes estavam nos estágios iniciais da doença, bem como apresentavam acometimento geral leve/moderado e condições cognitivas preservadas.

TABELA 5. Médias e desvios padrão dos dados de caracterização dos grupos GDP1 (pacientes que utilizaram a PSE) e GDP2 (pacientes que utilizaram a PC). H&Y = escala de Hohen e Yahr; MEEM = Mini Exame do Estado Mental; UPDRS = Unified Parkinson's Disease Rating Scale, com as sub-escalas: I – Estado mental, humor e comportamento; II – Atividades da vida diária; III – Exame da motricidade; UPDRS total: score total da soma das três subescalas da UPDRS.

Variáveis	GDP1	GDP2
Idade (anos)	70,4±6,87	72±6,2
Estatura (cm)	159,2±11	161,3±6
Massa corporal (Kg)	65±14,5	66,5±7,42
H&Y (estágios)	2±0,5	1,9±0,4
MEEM (pontos)	27,6±2,11	28±2,6
UPDRS I (pontos)	3,2±1,81	3,44±1,94
UPDRS II (pontos)	15,9±4,9	13,33±5,4
UPDRS III (pontos)	29,5±6,05	24,7±7,5
UPDRS total (pontos)	48,6±10,92	41,5±11,7

Não foram encontradas diferenças significativas entre os grupos GC1 e GC2 para idade ($t_{16}=-0,408$; $p=0,689$), estatura ($t_{16}=-0,774$; $p=0,450$), massa ($t_{16}=0,174$; $p=0,864$) e MEEM ($t_{16}=-1,771$; $p=0,096$). A TABELA 6 apresenta os dados de caracterização dos grupos GC1 e GC2.

TABELA 6. Médias e desvios padrão dos dados de caracterização dos grupos GC1 (idosos neurologicamente sadios que utilizaram a PSE) e GC2 (idosos neurologicamente sadios que utilizaram a PC). MEEM = Mini Exame do Estado Mental.

Variáveis	GC1	GC2
Idade (anos)	70,8±7,06	72±5,57
Estatura (cm)	159,24±8,8	161,85±5,01
Massa corporal (Kg)	74,37±16,6	73,24±10,33
MEEM (pontos)	27,7±2,5	29,2±0,83

Para o número de passos realizados pelos pacientes dos grupos GDP1 e GDP2 na semana de utilização das palmilhas e na semana sem o uso (*follow up*), a ANOVA não identificou interação entre os fatores momento e grupo ($F_{1,17}=1,787$; $p=0,199$). Ainda, as análises univariadas não apontaram efeito principal de momento ($F_{1,17}=3,902$; $p=0,065$) e grupo ($F_{1,17}=0,414$; $p=0,528$). A TABELA 7 apresenta os valores médios e desvios padrão do número de passos realizados pelos pacientes do GDP1 e GDP2, na semana de uso contínuo das palmilhas e no período subsequente de uma semana sem o uso (*follow up*).

TABELA 7. Médias e desvios padrão do número de passos realizados pelo GDP1 (pacientes que utilizaram a PSE) e GDP2 (pacientes que utilizaram a PC), nos momentos PÓS I (após uma semana de uso) e PÓS II (após o período de uma semana sem utilizar as palmilhas – *follow up*).

Grupo	PÓS I	PÓS II
GDP1	21139,4±13046,43	22632,9±15328,23
GDP2	23723,4±18624,32	31470,8±29862,62

Para o número de passos realizados pelos idosos neurologicamente sadios dos grupos GC1 e GC2 na semana de utilização das palmilhas e na semana sem o uso (*follow up*), a ANOVA não identificou interação entre os fatores momento e grupo ($F_{1,16}=0,159$; $p=0,695$). Ainda, as análises univariadas não apontaram efeito principal de momento ($F_{1,16}=3,255$; $p=0,90$) e grupo ($F_{1,16}=0,333$; $p=0,572$). A TABELA 8 apresenta os valores médios e desvios padrão do número de passos realizados pelos idosos do GC1 e GC2, na semana de uso contínuo das palmilhas e no período subsequente de uma semana sem o uso (*follow up*).

TABELA 8. Médias e desvios padrão do número de passos realizados pelo GC1 (idosos neurologicamente sadios que utilizaram a PSE) e GC2 (idosos neurologicamente sadios que utilizaram a PC), nos momentos PÓS I (após uma semana de uso) e PÓS II (após o período de uma semana sem utilizar as palmilhas – *follow up*).

Grupo	PÓS I	PÓS II
GC1	25293,67±22729,91	29760,9±21867,83
GC2	28455,44±7685,9	35462,56±13815,95

Para facilitar a apresentação dos dados, os próximos resultados são apresentados em três tópicos: 1- Avaliação da sensibilidade plantar: Estesiômetro; 2- Variáveis Cinemáticas; 3- Variáveis Cinéticas. Em cada tópico, são apresentados os dados referentes aos grupos de pacientes com DP e de idosos neurologicamente saudáveis, separadamente.

5.4.1. Avaliação da sensibilidade plantar: Estesiômetro

A TABELA 9 apresenta os valores médios e desvios padrão das pontuações totais do pé direito e esquerdo, obtidas na avaliação da sensibilidade plantar pelos grupos GDP1 e GDP2, antes do uso das palmilhas, imediatamente após o uso contínuo de uma semana e após o período subsequente de uma semana sem o uso (*follow up*).

TABELA 9. Valores médios e desvios padrão da pontuação total obtida na avaliação da sensibilidade plantar, pelos grupos GDP1 (pacientes que utilizaram a PSE) e GDP2 (pacientes que utilizaram a PC), nos momentos PRÉ (antes do uso das palmilhas), PÓS I (após uma semana de uso) e PÓS II (após o período de uma semana sem utilizar as palmilhas – *follow up*).

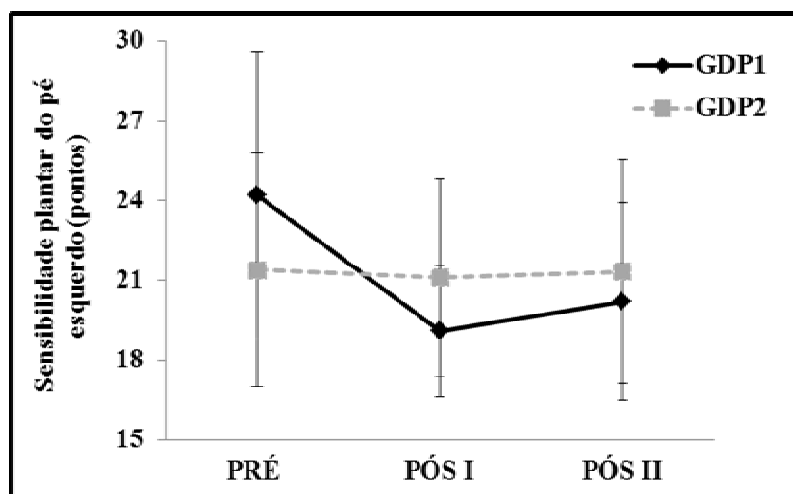
Variáveis	PRÉ		PÓS I		PÓS II	
	GDP1	GDP2	GDP1	GDP2	GDP1	GDP2
Pontuação total pé direito	23,6±4,5	21,8±3,3	20,4±1,6	21,22±2,9	20±4,05	20,9±3,85
Pontuação total pé esquerdo	24,2±5,4	21,4±4,4	19,1±2,5	21,1±3,72	20,2±3,73	21,33±4,21

Para a pontuação total obtida na avaliação da sensibilidade plantar pelos pacientes dos grupos GDP1 e GDP2 nos momentos PRÉ, PÓS I e PÓS II, a ANOVA identificou interação entre os fatores momento e grupo para a pontuação total do pé

esquerdo ($F_{2,34}=4,767$; $p=0,015$), confirmada por testes *post hoc* de Tukey. Para a pontuação total do pé direito, não foi identificada interação significativa entre os fatores momento e grupo ($F_{2,34}=2,065$; $p=0,142$). As análises univariadas apontaram efeito principal de momento para a pontuação total obtida nos pés direito ($F_{2,34}=5,007$; $p=0,012$) e esquerdo ($F_{2,34}=5,947$; $p=0,006$). No entanto, testes *post hoc* de Bonferroni não confirmaram este efeito. Não foi identificado efeito principal de grupo (pontuação total do pé direito: $F_{1,17}=0,001$ e $p=0,978$; pontuação total do pé esquerdo: $F_{1,17}=0,006$ e $p=0,937$).

Interação momento e grupo (FIGURA 9): Testes *post hoc* de Tukey apontaram que o GDP1 (pacientes que utilizaram a PSE) apresentou maior valor médio da pontuação total do pé esquerdo no PRÉ do que nos momentos PÓS I e PÓS II. O GDP2 (pacientes que utilizaram a PC) não apresentou diferença entre os três momentos.

FIGURA 9. Valores médios e desvios padrão da pontuação total do pé esquerdo na avaliação da sensibilidade plantar, dos grupos GDP1 (pacientes que utilizaram a PSE) e GDP2 (pacientes que utilizaram a PC), nos momentos PRÉ (antes do uso das palmilhas), PÓS I (após uma semana de uso) e PÓS II (após o período de uma semana sem utilizar as palmilhas – *follow up*).



A TABELA 10 apresenta os valores médios e desvios padrão das pontuações totais do pé direito e esquerdo, obtidas na avaliação da sensibilidade plantar pelos grupos GC1 e GC2, antes do uso das palmilhas, imediatamente após o uso contínuo de uma semana e após o período subsequente de uma semana sem o uso (*follow up*).

TABELA 10. Valores médios e desvios padrão da pontuação total obtida na avaliação da sensibilidade plantar, pelos grupos GC1 (pacientes que utilizaram a PSE) e GC2 (pacientes que utilizaram a PC), nos momentos PRÉ (antes do uso das palmilhas), PÓS I (após uma semana de uso) e PÓS II (após o período de uma semana sem utilizar as palmilhas – *follow up*).

Variáveis	PRÉ		PÓS I		PÓS II	
	GC1	GC2	GC1	GC2	GC1	GC2
Pontuação total pé direito	21,9±7,72	16,33±3,57	22±7,05	17,66±3,27	21,55±8,29	17,11±3,33
Pontuação total pé esquerdo	22,3±5,34	15,22±3,63	22,11±7,73	17,44±4,03	21,66±7,9	18,33±3,31

Para a pontuação total obtida na avaliação da sensibilidade plantar pelos idosos neurologicamente sadios dos grupos GC1 e GC2 nos momentos PRÉ, PÓS I e PÓS II, a ANOVA identificou interação entre os fatores momento e grupo para a pontuação total do pé esquerdo ($F_{2,32}=4,273$; $p=0,023$). No entanto, testes *post hoc* de Tukey não confirmaram essa interação. Para a pontuação total do pé direito, não foi identificada interação significativa entre os fatores momento e grupo ($F_{2,32}=0,589$; $p=0,561$). Análises univariadas não identificaram efeito principal de momento (pontuação total do pé direito: $F_{2,32}=0,706$ e $p=0,501$; pontuação total do pé esquerdo: $F_{2,32}=1,974$ e $p=0,156$) e de grupo (pontuação total do pé direito: $F_{1,16}=3,100$ e $p=0,097$; pontuação total do pé esquerdo: $F_{1,16}=3,895$ e $p=0,070$).

5.4.2. Variáveis Cinemáticas

A TABELA 11 apresenta os valores médios e desvios padrão das variáveis dependentes cinemáticas, para o grupo GDP1 e GDP2 antes do uso das palmilhas, imediatamente após o uso contínuo de uma semana e após o período subsequente de uma semana sem o uso (*follow up*).

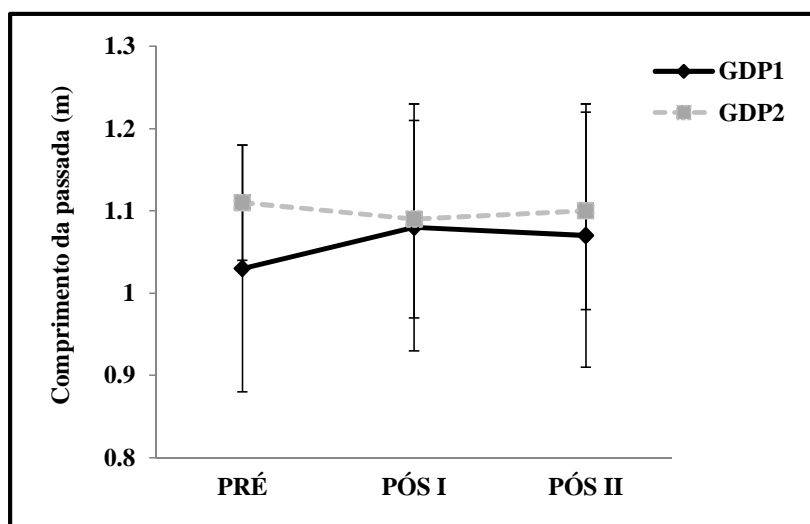
TABELA 11. Valores médios e desvios padrão das variáveis dependentes cinemáticas (comprimento, duração e velocidade da passada, cadência, largura do passo, porcentagem do suporte simples e duplo suporte) dos pacientes dos grupos GDP1 (pacientes que utilizaram a PSE) e GDP2 (pacientes que utilizaram a PC), nos momentos PRÉ (antes do uso das palmilhas), PÓS I (após o uso contínuo de uma semana das palmilhas) e PÓS II (após uma semana sem o uso das palmilhas – *follow up*).

Variáveis	PRÉ		PÓS I		PÓS II	
	GDP1	GDP2	GDP1	GDP2	GDP1	GDP2
Comprimento da passada (m)	1,03±0,15	1,11±0,07	1,08±0,15	1,09±0,12	1,07±0,16	1,10±0,12
Duração da passada (s)	1,06±0,12	1,06±0,10	1,01±0,09	1,03±0,10	1,03±0,13	1,03±0,10
Velocidade (m/s)	0,99±0,19	1,06±0,12	1,08±0,19	1,07±0,17	1,06±0,22	1,09±0,18
Cadência (passadas/min)	56,99±5,86	57,15±5,63	59,76±5,44	58,86±5,82	58,94±6,78	58,92±5,54
Largura do passo (cm)	14,67±3,65	12,19±3,8	14,19±3,03	12,42±4,3	14,44±3,13	12,18±3,47
Suporte simples (%)	37,02±4,15	40,39±4,07	34,62±3,18	35,61±2,19	35,37±3,66	35,05±2,35
Duplo suporte (%)	23,45±5,36	23,07±3,98	21,58±4,98	21,26±2,61	21,05±4,98	21,46±2,93

Para as variáveis dependentes cinemáticas dos pacientes dos grupos GDP1 e GDP2 nos momentos PRÉ, PÓS I e PÓS II, a ANOVA identificou interação apenas entre os fatores momento e grupo para o comprimento da passada ($F_{2,34}=3,685$; $p=0,036$). Ainda, a ANOVA não identificou efeitos principais de grupo e momento para nenhuma das variáveis dependentes cinemáticas.

Interação momento e grupo (FIGURA 10): Testes *post hoc* de Tukey apontaram que os grupos GDP1 (pacientes que utilizaram a PSE) e GDP2 (pacientes que utilizaram a PC) se diferem no momento PRÉ, sendo que GDP1 apresenta menores valores médios de comprimento da passada do que GDP2. No entanto, essa diferença não foi encontrada nos momentos PÓS I e PÓS II. Ainda, o grupo GDP1 apresentou maiores valores de comprimento da passada no momento PÓS I do que no momento PRÉ.

FIGURA 10. Valores médios e desvios padrão do comprimento da passada dos grupos GDP1 (pacientes que utilizaram a PSE) e GDP2 (pacientes que utilizaram a PC), nos momentos PRÉ (antes do uso das palmilhas), PÓS I (após uma semana de uso) e PÓS II (após o período de uma semana sem utilizar as palmilhas – *follow up*).



A TABELA 12 apresenta os valores médios e desvios padrão das variáveis dependentes cinemáticas, para o grupo GC1 e GC2 antes do uso das palmilhas, imediatamente após o uso contínuo de uma semana e após o período subsequente de uma semana sem o uso (*follow up*).

TABELA 12. Valores médios e desvios padrão das variáveis dependentes cinemáticas (comprimento, duração e velocidade da passada, cadência, largura do passo, porcentagem do suporte simples e duplo suporte) dos idosos neurologicamente sadios dos grupos GC1 (idosos que utilizaram a PSE) e GC2 (idosos que utilizaram a PC), nos momentos PRÉ (antes do uso das palmilhas), PÓS I (após o uso contínuo de uma semana das palmilhas) e PÓS II (após uma semana sem o uso das palmilhas – *follow up*).

Variáveis	PRÉ		PÓS I		PÓS II	
	GC1	GC2	GC1	GC2	GC1	GC2
Comprimento da passada (m)	1,17±0,22	1,25±0,09	1,15±0,20	1,25±0,08	1,14±0,21	1,27±0,09
Duração da passada (s)	1,08±0,12	1,06±0,12	1,03±0,07	1,05±0,11	1,05±0,06	1,04±0,12
Velocidade (m/s)	1,10±0,25	1,19±0,16	1,12±0,20	1,21±0,15	1,09±0,19	1,24±0,17
Cadência (passadas/min)	56,42±6,36	57,21±6,33	58,59±4,08	58,05±6,24	57,48±3,02	58,35±6,51
Largura do passo (cm)	12,21±3,80	12,10±4,70	12,81±5,20	12,07±4,05	12,58±4,77	12,38±4,05
Suporte simples (%)	39,12±5,30	37,88±3,17	33,87±3,24	34,43±2,69	34,38±4,18	34,76±2,85
Duplo suporte (%)	22,35±5,72	21,46±4,06	22,53±5,26	21,89±4,15	21,99±5,24	21,32±4,88

Para as variáveis dependentes cinemáticas dos idosos neurologicamente sadios dos grupos GC1 e GC2 nos momentos PRÉ, PÓS I e PÓS II, a ANOVA não identificou interação entre os fatores. Ainda, a ANOVA não identificou efeitos principais de grupo e momento para nenhuma das variáveis dependentes cinemáticas.

5.4.3. Variáveis Cinéticas

A TABELA 13 apresenta os valores médios e desvios padrão das variáveis dependentes cinéticas, para os grupos GDP1 e GDP2 antes do uso das palmilhas, imediatamente após o uso contínuo de uma semana e após o período subsequente de uma semana sem o uso (*follow up*).

TABELA 13. Valores médios e desvios padrão das variáveis dependentes cinéticas (forças verticais e horizontais máximas 1° e 2° Picos, força vertical mínima e impulsos de frenagem e propulsão verticais e horizontais) dos pacientes dos grupos GDP1 (pacientes que utilizaram a PSE) e GDP2 (pacientes que utilizaram a PC), nos momentos PRÉ (antes do uso das palmilhas), PÓS I (após o uso contínuo de uma semana das palmilhas) e PÓS II (após uma semana sem o uso das palmilhas – *follow up*).

Variáveis	PRÉ		PÓS I		PÓS II	
	GDP1	GDP2	GDP1	GDP2	GDP1	GDP2
Força vertical máxima 1° Pico (PC)	1,06±0,07	1,08±0,09	1,09±0,08	1,08±0,12	1,10±0,10	1,09±0,12
Força vertical mínima (PC)	0,85±0,06	0,81±0,09	0,84±0,08	0,81±0,09	0,83±0,07	0,80±0,09
Força vertical máxima 2° Pico (PC)	1,01±0,06	1,03±0,06	1,02±0,10	1,02±0,04	1,03±0,10	1,01±0,06
Impulso de frenagem vertical (PC.s)	0,26±0,05	0,27±0,05	0,26±0,05	0,26±0,05	0,28±0,05	0,27±0,04
Impulso de propulsão vertical (PC.s)	0,28±0,08	0,27±0,05	0,26±0,08	0,27±0,06	0,26±0,08	0,26±0,05
Força horizontal máxima 1° Pico (PC)	-0,10±0,04	-0,14±0,03	-0,11±0,04	-0,13±0,04	-0,12±0,04	-0,14±0,03
Força horizontal máxima 2° Pico (PC)	0,14±0,04	0,16±0,03	0,15±0,04	0,16±0,03	0,15±0,04	0,16±0,04
Impulso de frenagem horizontal (PC.s)	-0,02±0,01	-0,02±0,01	-0,02±0,01	-0,02±0,01	-0,02±0,01	-0,02±0,00
Impulso de propulsão horizontal (PC.s)	0,02±0,01	0,02±0,01	0,02±0,01	0,02±0,00	0,02±0,01	0,02±0,01

Para as variáveis dependentes cinéticas dos pacientes dos grupos GDP1 e GDP2 nos momentos PRÉ, PÓS I e PÓS II, a ANOVA identificou interação entre os fatores momento e grupo para a força horizontal máxima 1° pico ($F_{2,34}=3,727$; $p=0,034$). No entanto, testes *post hoc* de Tukey não confirmaram esta interação. A ANOVA não identificou efeitos principais de grupo e momento para nenhuma das variáveis dependentes cinéticas.

A TABELA 14 apresenta os valores médios e desvios padrão das variáveis dependentes cinéticas, para os grupos GC1 e GC2 antes do uso das palmilhas, imediatamente após o uso contínuo de uma semana e após o período subsequente de uma semana sem o uso (*follow up*).

TABELA 14. Valores médios e desvios padrão das variáveis dependentes cinéticas (forças verticais e horizontais máximas 1° e 2° Picos, força vertical mínima e impulsos de frenagem e propulsão verticais e horizontais) dos idosos neurologicamente sadios dos grupos GC1 (idosos que utilizaram a PSE) e GC2 (idosos que utilizaram a PC), nos momentos PRÉ (antes do uso das palmilhas), PÓS I (após o uso contínuo de uma semana das palmilhas) e PÓS II (após uma semana sem o uso das palmilhas – *follow up*).

Variáveis	PRÉ		PÓS I		PÓS II	
	GC1	GC2	GC1	GC2	GC1	GC2
Força vertical máxima 1° Pico (PC)	1,05±0,09	1,07±0,12	1,06±0,11	1,09±0,10	1,06±0,13	1,11±0,10
Força vertical mínima (PC)	0,83±0,07	0,79±0,06	0,08±0,08	0,17±0,05	0,82±0,07	0,77±0,06
Força vertical máxima 2° Pico (PC)	0,99±0,10	1,05±0,04	1,03±0,05	1,06±0,05	1,02±0,06	1,06±0,06
Impulso de frenagem vertical (PC.s)	0,27±0,04	0,27±0,05	0,27±0,03	0,28±0,05	0,27±0,04	0,28±0,04
Impulso de propulsão vertical (PC.s)	0,28±0,06	0,27±0,05	0,27±0,05	0,26±0,03	0,28±0,04	0,25±0,04
Força horizontal máxima 1° Pico (PC)	-0,13±0,05	-0,15±0,03	-0,13±0,04	-0,16±0,03	-0,13±0,05	-0,17±0,03
Força horizontal máxima 2° Pico (PC)	0,14±0,04	0,18±0,03	0,16±0,04	0,18±0,02	0,15±0,04	0,19±0,02
Impulso de frenagem horizontal (PC.s)	-0,02±0,01	-0,02±0,01	-0,02±0,01	-0,03±0,01	-0,02±0,01	-0,03±0,01
Impulso de propulsão horizontal (PC.s)	0,02±0,01	0,03±0,01	0,03±0,01	0,03±0,01	0,03±0,01	0,03±0,01

Para as variáveis dependentes cinéticas dos idosos dos grupos GC1 e GC2 nos momentos PRÉ, PÓS I e PÓS II, a ANOVA não identificou interação entre os fatores. Ainda, não foram identificados efeitos principais de grupo e momento para nenhuma das variáveis dependentes cinéticas.

5.5. Discussão

O presente estudo analisou o efeito contínuo da informação somatossensorial adicional, bem como as retenções deste efeito no andar e na sensibilidade plantar de pacientes com DP e idosos saudáveis. Mais especificamente, buscou-se verificar se o uso contínuo (uma semana) pode beneficiar igualmente pacientes com DP e idosos controle.

Foram observados benefícios do uso contínuo de informação somatossensorial adicional nos pacientes com DP. Os pacientes que utilizaram a PSE (GDP1) apresentaram melhora na sensibilidade plantar e no andar, especificamente, no comprimento da passada. O grupo que utilizou a palmilha convencional (GDP2) não apresentou mudanças na sensibilidade plantar ou no andar ao longo das três avaliações do Estudo 2. Para os grupos de idosos saudáveis, nenhum benefício na sensibilidade plantar ou no andar foram observados. É válido ressaltar que os mesmos participantes do Estudo 1 (pacientes e idosos saudáveis) fizeram parte do Estudo 2. No Estudo 1, não foram reveladas diferenças entre os grupos (pacientes com DP e idosos saudáveis) para a sensibilidade plantar; apenas diferenças nas variáveis do andar foram detectadas.

Após o uso de uma semana das palmilhas facilitadoras, foram observados benefícios da informação somatossensorial adicional na sensibilidade plantar para idosos com DP, mas não para idosos saudáveis. Os pacientes do GDP1 foram classificados no nível 3 no momento PRÉ, apresentando perda leve na sensibilidade protetora, dificuldades na discriminação de formas, temperatura e textura, com cinestesia conservada. No entanto, nos momentos PÓS I e PÓS II, apesar da sensibilidade ainda diminuída, eles foram classificados no nível 2, onde a sensibilidade protetora passa a ser considerada normal, com alguma dificuldade na discriminação do tato fino e cinestesia preservada. O GDP2 foi classificado no nível 3 nos três momentos de

avaliação, apresentando as mesmas características que o GDP1 no momento PRÉ. Para os idosos saudáveis, ambos os grupos apresentaram as mesmas características nos três momentos. O GC1 apresentou perda leve na sensibilidade protetora, dificuldades na discriminação de formas, temperatura ou textura, com sinestesia conservada (nível 3). Já o GC2 apresentou sensibilidade diminuída, com dificuldade na discriminação fina e cinestesia preservada (nível 2).

É possível supor que a melhora da sensibilidade plantar alcançada foi decorrente da estimulação contínua dos mecanorreceptores da sola do pé. Normalmente, a sola do pé é a única parte do corpo que está em contato direto com o ambiente durante o andar (EILS et al., 2004). A integridade desta região é de extrema importância, uma vez que seus receptores são capazes de obter informações importantes em relação ao posicionamento do pé no solo (PERRY, MCILROY & MAKI, 2000). No entanto, independente da presença de patologias associadas, o processo de envelhecimento provoca mudanças tanto na sensibilidade periférica como na integração sensorial (MATSUMURA & AMBROSE, 2006). Apesar do Estudo 1 não ter apontado diferenças na sensibilidade plantar entre idosos com DP e idosos saudáveis, é possível que, para a amostra do presente estudo, diferenças de integração sejam percebidas somente quando os pacientes passam a lidar com uma informação somatossensorial adicional contínua (1 semana). É possível especular que, diferentemente de outras dicas externas que apresentam benefício imediato (BEHRMAN et al., 1998; AZULAY et al., 1999; ROCHESTER et al., 2005) e dos achados de Jenkins e colaboradores (2009) e Hamanaka (2008) que observaram benefício imediato a partir do uso de palmilhas facilitadoras, no presente estudo, a informação somatossensorial adicional foi benéfica para os pacientes com DP somente após a contínua estimulação dos receptores da sola do pé. Devido aos déficits de processamento interno causados especificamente pela redução dopaminérgica nos

núcleos da base (CUNNINGTON et al., 1996), a informação somatossensorial adicional parece ter mais relevância a longo prazo apenas na presença da DP e não no processo natural de envelhecimento. Assim, essa relevância e necessidade de informação externa mais evidenciada para os pacientes com DP do que para os controles poderia responder ao fato dos idosos saudáveis não terem se beneficiado da informação somatossensorial adicional contínua (tanto na sensibilidade plantar como nas variáveis do andar). Essa interpretação concorda com achados de Vitório e colaboradores (2012b), que observaram maior número de erros na realização da tarefa de ultrapassar um obstáculo pelos pacientes com DP do que pelos idosos sadios somente quando o fluxo óptico foi anulado. Estes autores não observaram diferenças entre os grupos no número de erros realizados em condição de informação visual normal. O maior número de erros em uma condição de informação visual restrita evidencia a maior dependência do uso de informações sensoriais de pacientes com DP para o controle do ato motor. Apesar das especulações, os achados do presente estudo devem ser interpretados com cautela, uma vez que nenhuma medida utilizada consegue afirmar que os pacientes que utilizaram a PSE melhoraram seu processamento central e/ou periférico.

Alterações na representação de áreas corticais poderiam explicar os benefícios da informação somatossensorial adicional contínua aos pacientes. Em estudo realizado em indivíduos com lesões cerebrais crônicas, foi verificado que após um protocolo de estimulação sensorial periférica elétrica de 8, 36 e 76 semanas, os pacientes apresentaram melhora substancial na percepção tátil, independente do período de intervenção (KATTENSTROTH et al., 2012). Resultados similares foram observados em períodos menores de intervenção: uma única sessão de 2 horas (WU, 2005) e 3 vezes por semana durante 1 mês (CONFORTO et al., 2010). O aumento do *input* somatossensorial promove mudanças de representação no córtex somatossensorial

primário e maior excitabilidade do córtex motor, ocasionando melhoras na codificação motora (HAMDY et al., 1998; WU, 2005). Essas mudanças estão de acordo com estudos em leitores de Braille, que apresentam uma expansão da representação cortical sensório motora e melhor capacidade de percepção de estímulo tátil decorrente da ativação constante dos receptores envolvidos neste tipo de leitura (PASCUAL-LEONE & TORRES, 1993). Ainda, o grupo de pacientes com DP que utilizaram a PSE tiveram a manutenção dos benefícios alcançados na sensibilidade plantar após o período de uma semana sem o uso (*follow up*). Estes resultados podem ser explicados pelo fato do estímulo sensorial promover uma expansão da representação cortical somatossensorial e, conseqüentemente, manter a melhor percepção tátil (PASCUAL-LEONE & TORRES, 1993; WU, 2005).

A informação somatossensorial adicional foi capaz de promover alterações no andar de pacientes com DP. Enquanto os pacientes que utilizaram a PC não apresentaram alterações, os que utilizaram a PSE apresentaram aumento no comprimento da passada após uma semana de uso das palmilhas. Modificações no *feedback* sensorial na região dos pés, seja por diminuição ou aumento da sensibilidade plantar, suportam a teoria de que o *feedback* sensorial plantar é importante em determinar estratégias de movimento durante a locomoção (EILS et al., 2004; NURSE et al.; 2005). Assim, os achados do presente estudo suportam a hipótese de que o *input* aumentado do sistema sensorial pode promover melhorias no *output* motor (JENKINS et al., 2009).

Parte dos *inputs* sensoriais é decodificada nos Núcleos da Base (NB). Os NB são responsáveis por associar sinais sensoriais a comandos motores, reforçando padrões de atividade cortical na preparação e execução dos movimentos. A partir da integração dos *inputs* sensoriais, o núcleo de resposta, especificamente o globo pálido interno, gera um

output para o adequado controle dos movimentos, especialmente na modulação da amplitude e da velocidade (BROWN, SCHNEIDER & LIDSKY, 1997; TURNER et al., 1997; PASQUEREAU et al., 2007). Decorrente da DP, os pacientes apresentam déficits na decodificação e integração dos *inputs* sensoriais e, conseqüentemente, uma disfunção no *output* gerado pelo globo pálido interno (ABRUZZESE & BERARDELLI, 2003; LEWIS & BYBLOW, 2002). Com base nos achados do presente estudo e considerando o papel fundamental dos NB no controle do movimento, é possível sugerir que, a partir da maior estimulação dos receptores somatossensoriais da sola do pé, houve um aumento do *input* sensorial. Como consequência, os NB foram capazes de melhor associar os sinais sensoriais e gerar uma resposta motora mais adequada. Esta explicação é particularmente possível, uma vez que os benefícios observados pelo uso das palmilhas facilitadoras ocorreram no comprimento da passada e o globo pálido interno apresenta função específica na modulação da amplitude dos movimentos (TURNER et al., 1997; PASQUEREAU et al., 2007). É válido ressaltar a importância do presente achado, uma vez que, em pacientes com DP, a regulação do comprimento da passada é considerada um déficit chave da marcha hipocinética (MORRIS et al., 1994b; SOFWUA et al., 2005). No entanto, apesar do benefício alcançado após o período do uso de uma semana das palmilhas facilitadoras, esses benefícios não foram mantidos após uma semana sem o uso (*follow up*). Como os benefícios em relação à sensibilidade plantar foram mantidos, é possível especular que os pacientes necessitam da informação somatossensorial adicional de forma contínua, e que o não uso por um período prolongado pode acarretar na perda dos benefícios alcançados no andar.

Não foram verificadas diferenças significativas nas forças de reação do solo para os pacientes com DP. Apesar da informação somatossensorial adicional beneficiar a sensibilidade plantar e, conseqüentemente, promover o aumento do comprimento da

passada, é possível que essa informação não seja suficiente para promover mudanças nos padrões de força de reação do solo.

Os benefícios encontrados a partir do uso contínuo das palmilhas facilitadoras são bastante animadores, indicando uma estratégia de intervenção para os pacientes. É válido lembrar que, apesar de diferenças significativas terem sido observadas, as variáveis cinéticas não foram beneficiadas, o que revela a necessidade de maior investigação acerca dos benefícios das palmilhas facilitadoras em outras variáveis, como, por exemplo, nos padrões de força de reação do solo. Para tanto, novos estudos devem propor períodos mais longos de intervenção, a fim de verificar possíveis benefícios ou efeitos adaptativos ao uso das palmilhas. Como forma de uma intervenção mais completa, seria interessante que futuras investigações verificassem os benefícios do uso de palmilhas facilitadoras juntamente com um protocolo sistematizado de exercício físico.

5.6. Conclusão

Com base nos resultados encontrados pode-se concluir que:

- O uso contínuo da palmilha de semiesfera foi capaz de promover benefícios na sensibilidade plantar e no andar de idosos com DP, mas não de idosos sadios;
- Os idosos com DP que utilizaram a palmilha de semiesfera tiveram melhora da sensibilidade plantar e aumento do comprimento da passada após o uso das palmilhas. Nenhum benefício nas variáveis de força de reação do solo foi observado. Os benefícios alcançados foram decorrentes da melhora no *input* sensorial, com conseqüente melhora o *output* motor;
- Idosos sadios não foram beneficiados pelo uso contínuo das palmilhas facilitadoras. É possível que isso tenha ocorrido devido ao fato dos idosos sadios não dependerem do uso de informações sensoriais como os pacientes com DP. Assim, os idosos sadios podem não necessitar do tipo de informação sensorial proposto (somatossensorial adicional) para ajustes corretos do movimento, como os idosos com DP, e assim, não foram beneficiados de seu uso contínuo;
- Os benefícios na sensibilidade plantar foram mantidos para o período após uma semana sem o uso das palmilhas (*follow up*).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados encontrados nos Estudos 2, é possível concluir que a informação somatossensorial adicional apresenta um efeito positivo no andar dos pacientes com DP, mas não para idosos neurologicamente saudáveis. No entanto, diferentemente de outros tipos de dicas externas (por exemplo, visual), os benefícios da informação somatossensorial adicional foram observados apenas após uso contínuo, não sendo verificado nenhum benefício imediato (Estudo 1). O presente estudo reforça os achados na literatura sobre a capacidade dos pacientes com DP em utilizar a informação adicional para benefício do andar. No caso específico da informação somatossensorial adicional, esse benefício é alcançado devido à melhora no *input* sensorial, promovendo assim, benefícios no *output* motor.

Futuros estudos devem investigar os mecanismos envolvidos nos benefícios promovidos pelo uso da informação somatossensorial adicional, a fim de esclarecer os processos de percepção e integração do estímulo sensorial. Em relação ao tratamento específico da DP, a informação somatossensorial adicional poderia ser utilizada para complementar a terapia física. Assim, sugere-se que programas de exercícios físicos sistematizados utilizem, além de dicas visuais e auditivas, a informação somatossensorial adicional.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBRUZZESE, G.; BERARDELLI, A. Sensorimotor integration in movement disorders. **Movement Disorders**, New York, v.18, n.3, p.231-240, 2003.

AL-ABDULWAHAB, S.S; AL-KHATRAWI, W.M. Neuromuscular electrical stimulation of the gluteus medius improves the gait of children with cerebral palsy. **NeuroRehabilitation**, Reading, v.24, n.3, p.209-217, 2009.

ALMEIDA, O. Mini exame do estado mental e o diagnóstico de demência no Brasil. **Arquivos de Neuropsiquiatria**, São Paulo, v.56, p.605-612, 1998.

ALMEIDA, Q.J.; FRANK, J.S.; ROY, E.A.; JENKINS, M.E.; SPAULDING, S.; PATLA, A.E.; JOG, M.S. An evaluation of sensorimotor integration during locomotion toward a target in Parkinson's disease. **Neuroscience**, Oxford, v.134, p. 283–293, 2005.

ANDRADE, L.A.F.; BARBOSA, E.R.; CARDOSO, F.; TEIVE, H. A.G. **Doença de Parkinson: estratégias atuais de tratamento**, São Paulo: Lemos-Editorial, cap.II, p.21-32, 1999.

AZULAY, J.P.; MESURE, S.; AMBLARD, B.; BLIN, O.; SANGLA, I.; POUGET, J. Visual control of locomotion in Parkinson's disease. **Brain**, London, v.122, p.111-120, 1999.

AZULAY, J.P.; MESURE, S.; BLIN, O. Influence of visual cues on gait in Parkinson's disease: Contribution to attention or sensory dependence? **Journal of the Neurological Sciences**, Amsterdam, v.248, p.192-195, 2006

BARAK, Y.; WAGENAAR, R.C.; HOLT, K.G. Characteristics of elderly people with a history of falls: A dynamic approach. **Physical Therapy**, New York, v.86, n.11, p.1501-1510, 2006.

BARBOSA, M.T.; CAMELLI, P.; MAIA, D.P.; CUNNINGHAM, M.C.Q.; GUERRA, H.L.; LIMA-COSTA, M.F.; CARDOSO, F. Parkinsonism and Parkinson's disease in the elderly: A community-based survey in Brazil (the Bambuí Study). **Movement Disorders**, New York, v.21, n.6, p. 800-808, 2006.

BEHRMAN, A.; TEITELBAUM, P.; CAURAUGH, J. H. Verbal instructional sets to normalize the temporal and spatial gait variables in Parkinson's disease. **Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry**, London, v.65, p.580-582, 1998.

BELL-KROTOSKI, J.; TOMANCIK, E. The repeatability of testing with Semmes-Wein/stein monofilaments. **The Journal of Hand Surgery**, Philadelphia, v.12, n.1, p.155-161, 1987.

BENATRU, I.; VAUGOYEAU, M.; AZULAY, J.P. Postural disorders in Parkinson's disease. **Clinical Neurophysiology**, Limerick, v.38, n.6, p.459-465, 2008.

BLANDINI, F.; NAPPI, G.; TASSORELLI, C.; MARTIGNONI, E. Functional changes of the basal ganglia circuitry in Parkinson's disease. **Progress in Neurobiology**, Oxford, v.62, n.1, p. 63-68, 2000.

BLIN, O; FERRANDEZ, A.M; SERRATRICE, G. Quantitative analysis of gait in Parkinson's patients: increased variability in stride length. **Journal of the Neurological Sciences**, Amsterdam, v.98, p.91-97, 1990.

BLIN, O.; FERRANDEZ, A.M.; PAILHOUS, J.; SERRATRICE, G. Dopa-sensitive and Dopa resistant gait parameters in Parkinson's disease. **Journal of Neurological Sciences**, Amsterdam , v.103, p.1-54, 1991.

BROWN, L.L.; SCHNEIDER, J.S.; LIDSKY, T. Sensory and cognitive functions of the basal ganglia. **Current Opinion in Neurobiology**, London, v.7, p.157-163, 1997.

BRUCKI, S. M. D.; NITRINI, R.; CARAMELLI, BERTOLUCCI, P. H. F.; OKAMOTO, I. H. Sugestões para o uso do mini-exame do estado mental no Brasil. **Arquivos de Neuropsiquiatria**, São Paulo, v.61, n.3-B, p. 777-781, 2003.

CAETANO. M.J.D.; GOBBI, L.T.B.; SÁCHEZ-ARIAS, M.R.; STELLA, F.; GOBBI, S. Effects of postural threat on walking features of Parkinson's disease patients. **Neuroscience Letters**, Amsterdam, v.452, n.2, p.136-40, 2009.

CARPINELLA, I.; CRENNNA, P.; CALABRESE, E.; RABUFFETTI, M.; MAZZOLENI, P.; NEMNI, R.; FERRARIN, M. Locomotor function in the early stage of Parkinson's disease. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, Piscataway, v.15, n.4, 2007.

CHU, L. W.; CHI, I.; CHIU, A. Y. Y. Incidence and predictors of falls in the Chinese elderly. **Annals Academy of Medicine Singapore**, Singapore, v.34, p.60-72, 2005.

CONFORTO, A.B.; FERREIRO, K.N.; TOMASI, C.; DOS SANTOS, R.L.; MOREIRA, V.L.; MARIE, S.K.; BALTIERI, S.C.; SCAFF, M.; COHEN, L.G. Effects of somatosensory stimulation on motor function after subacute stroke. **Neurorehabilitation and neural repair**, New York, v.24, p.263-272, 2010.

CUNNINGTON, R.; BRADSHAW, J. L.; IANSEK, R. The role of the supplementary motor area in the control of voluntary movement. **Human Movement Science**, Amsterdam, v.15, p.627-647, 1996.

DE LAU, L.M.L.; BRETELER, M.M.B. Epidemiology of Parkinson's disease. **Lancet Neurology**, London, v.5, n.6, p.525-535, 2006.

DIJKSTRA, B.; ZIJLSTRA, W.; SCHERDER, E.; KAMSMA, Y. Detection of walking periods and number of steps in older adults and patients with Parkinson's disease: accuracy of a pedometer and an accelerometry-based method. **Age and Ageing**, London, v.37, n.4, p.436-441, 2008.

EILS, E.; BEHRENS, S.; MERS, O.; THORWESTEN, L.; VÖLKER, K.; ROSENBAUMA, D. Reduced plantar sensation causes a cautious walking pattern. **Gait & Posture**, Oxford, v.20, p.54-60, 2004.

FAHN, S.; ELTON, R. Members of the UPDRS. Development Comitee. The Unified Parkinson's disease rating scale. In: FAHN, S.; MARSDEN, C.D.; CALNE, D.B.; GOLDSTEIN M. **Recent Developments in Parkinson's Disease**, v.2, Florham Park NJ: Mcmellam Health Care Information, p.153-163, 1987.

FERNÁNDEZ-DEL OLMO, M.; ARIAS, P.; CUDEIRO-MAZAIIRA, F.J. Facilitación de la actividad motora por estímulos sensoriales en la enfermedad de Parkinson. **Revista de Neurología**, Santiago, v.39, n.9, p.841-847, 2004.

FERRARIN, M.; LOPIANO, L.; RIZZONE, M.; LANOTTE, M.; BERGAMASCO, B.; RECALCATI, M.; PEDOTTI, A. Quantitative analysis of gait in Parkinson's disease: A pilot study on the effects of bilateral sub-thalamic stimulation, **Gait & Posture**, Oxford, v.16, n.2, p.135-148, 2002.

FERRARIN, M.; CARPINELLA, I.; RABUFFETTI, M.; CALABRESE, E.; MAZZOLENI, P.; NEMNI, R. Locomotor Disorders in Patients at Early Stages of Parkinson's Disease: a Quantitative Analysis. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, Piscataway, v.1, p.1224-1227, 2006.

GARDNER, E.P.; MARTIN, J.H. Coding of Sensory Information. In: KANDEL, E.; SCHWARTZ, J.; JESSELL T. **Principles of Neural Science**. 4ª edição. United States of America: McGraw-Hill, cap. 21, p.412-429, 2000.

GARDNER, E.P.; MARTIN, J.H., JESSELL, T.M. The Bodily Sences. In: KANDEL, E.; SCHWARTZ, J.; JESSELL T. **Principles of Neural Science**. 4ª edição. United States of America: McGraw-Hill, cap. 22, p.431-451, 2000.

GOBBI, L.T.B.; PIERUCCINI-FARIA, F.; SILVEIRA, C.R.A.; CAETANO, M.J.D. Núcleos da base e controle locomotor: aspectos neurofisiológicos e evidências experimentais. **Revista Brasileira de Educação Física e Esporte**, São Paulo, v.20, p.97-101, 2006.

GUYTON, A. C. **Neurociência básica: anatomia e fisiologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1993.

HAMANAKA, A. Y. Y. **Efeito de uma informação somatossensorial no controle postural: envelhecimento e doença de Parkinson**. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2008.

HAMDY, S.; ROTHWELL, J.C.; AZIZ, Q.; SINGH, K.D.; THOMPSON, D.G. Long term reorganization of human motor cortex driven by short-term sensory stimulation. **Nature Neuroscience**, v.1, p.64-68, 1998.

HIJMANS, J.M.; GEERTZEN, J.H.B.; DIJKSTRA, P.U.; POSTEMA, K. A systematic review of the effects of shoes and other ankle or foot appliances on balance in older people and people with peripheral nervous system disorders. **Gait & Posture**, Oxford, v.25, p.316-323, 2007.

HOEHN, M.M.; YAHR, M.D. Parkinsonism: onset, progression and mortality. **Neurology**, New York, v.17, p.573-581, 1967.

JENKINS, M.E; ALMEIDA, Q.J.; SPAULDING, S.J.; VAN OOSTVEEN, R.B.; HOLMES, J.D.; JOHNSON, A.M.; PERRY, S.D. Plantar cutaneous sensory stimulation improves single-limb support time, and EMG activation patterns among individuals with Parkinson's disease. **Parkinsonism and Related Disorders**, Kidlington, v.15, n.9, p.697-702, 2009.

JUDGE, J.O.; DAVIS, R.B.III; OUNPUU, S. Step length reductions in advanced age: the role of ankle and hip kinetics. **The Journals of Gerontology, Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, Oxford, v.51, p.M303-M312, 1996.

KALINDERI, K.; FIDANI, L.; KATSAROU, Z.; BOSTANTJOPOULOU, S. Pharmacological treatment and the prospect of pharmacogenetics in Parkinson's disease. **International Journal of Clinical Practice**, Surrey, v.65,n.12 ,p.1289-1294, 2011.

KATTENSTROTH, J.; KALISCH, T.; PETERS, S.; TEGENTHOFF, M.; DINSE, H.R. Long-term sensory stimulation therapy improves hand function and restores cortical responsiveness in patients with chronic cerebral lesions. Three single case studies. **Frontiers in Human Neuroscience**, Lausanne, v.6, p.244-256, 2012.

KENNEDY, P.M.; INGLIS, J.T. Distribution and behavior of glabrous cutaneous receptors in the human foot sole. **Journal of Physiology**, London, v.538, p.995-1002, 2002.

KIMMESKAMP, S.; HENNIG, E.M. Heel to toe motion characteristics in Parkinson patients during free walking. **Clinical Biomechanics**, Oxford, v.16, p.806–12, 2001.

KREBS, D.E.; JETTE, A.J.; ASSMAN, S.F. Moderate exercise improves gait stability in disabled elders. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, Chicago, v.79, p.1489 –1495, 1998.

LEHMAN, L.F.; ORSINI, M.B.P.; FUZIKAWA, P.L.; LIMA, R.C.; GONÇALVES, S.D. **Avaliação Neurológica Simplificada**. Belo Horizonte: ALM International, 1997.

LEHMAN, D.A.; TOOLE, T.; LOFALD, D.; HIRSCH, M.A. Training with verbal instructional cues results in near-term improvement of gait in people with Parkinson disease. **Journal of Neurologic Physical Therapy**, New York, v.29, n.1, p.2-8, 2005.

LEWIS, G.N.; BYBLOW, W.D. Altered sensorimotor integration in Parkinson's disease. **Brain**, London, v.125, p.2089–2099, 2002.

LIM, I.; VAN WEGEN, E.; DE GOEDE, C.; DEUTEKOM, M.; NIEUWBOER, A.; WILLEMS, A.; JONES, D.; ROCHESTER, L.; KWAKKEL, G. Effects of external rhythmical cueing on gait in patients with Parkinson's disease: a systematic review. **Clinical Rehabilitation**, London, v.19, n.7, p.695 –713, 2005.

LUTZ, W.; SANDERSON, W; SCHERBOV, S. The end of world population growth. **Nature**, London, v.412, n.6846, p.543-545, 2001.

MAK, M.K.Y.; HUI-CHAN, C.W.Y. Cued task-specific training is better than exercise in improving sit-to-stand in patients with Parkinson's disease: a randomised controlled trial. **Movement Disorders**, New York, v.23, n.4, p.501–509, 2008.

MAKI, B.E.; McILROY, W.E. Postural control in the older adult. **Clinics in Geriatric Medicine**, Philadelphia, v.12, p.635-58, 1996.

MARCHESE, R.; DIVERIO, M.; ZUCCHI, F; LENTINO, C.; ABBRUZZESE, G. The Role of Sensory Cues in the Rehabilitation of Parkinsonian Patients: A Comparison of

Two Physical Therapy Protocols. **Movement Disorders**, New York, v. 15, n. 5, p. 879–883, 2000.

MATSUMURA, B.A.; AMBROSE, A.F. Balance in the elderly. **Clinics in Geriatric Medicine**, Philadelphia, v.22, p.395-412, 2006.

MCGIBBON, C.A.; KREBS, D.E.; PUNIELLO, M.S. Mechanical energy analysis identifies compensatory strategies in disabled elders' gait. **Journal of Biomechanics**, Elmsford, v.34, p.481– 490, 2001.

MOGHAL, S.; RAJPUT, A.H.; D'ARCY, C.; RAJPUT, R. Prevalence of movement disorders in elderly community residents. **Neuroepidemiology**, Basel, v.13, n.4, p.175-178, 1994.

MOORE, S.T.; MACDOUGALL, H.G.; GRACIES, J.M.; ONDO, W.G. Locomotor response to levodopa in fluctuating Parkinson's disease. **Experimental Brain Research**, Berlin, v.184, p.469-478, 2008.

MORAES, R.; ALLARD, F.; PATLA, A. E. Validating determinants for an alternate foot placement selection algorithm during human locomotion in cluttered terrain. **Journal of Neurophysiology**, Bethesda, v.98, p.1928-1940, 2007.

MORRIS, M. E.; IANSEK, R.; MATYAS, T. A.; SUMMERS, J. J. The pathogenesis of gait hypokinesia in Parkinson's disease. **Brain**, v.117, p.1169-1181, 1994.

MORRIS, M.E.; IANSEK, R.; MATYAS, T.A.; SUMMERS, J.J. Ability to modulate walking cadence remains intact in Parkinson's disease. **Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry**, vol. 57, no. 12, pp. 1532–1534, 1994b.

MORRIS, M.E.; IANSEK, R.; MATYAS, T.A.; SUMMERS, J.J. Stride length regulation in Parkinson's disease: normalization strategies and underlying mechanisms. **Brain**, London, v.119, p.551-568, 1996.

MORRIS, E.M.; HUXHAM, F.; MCGINLEY, J.; DODD, K.; IANSEK, R. The biomechanics and motor control of gait in Parkinson disease. **Clinical Biomechanics**, Oxford, v.16, p.459-470, 2001.

NICITA-MAURO, V.; BASILE, G.; MENTO, A.; EPIFANIO, A.; MARTINO, G.; MORGANTE, L. Parkinson's disease, Parkinsonism, and Aging. **Archives of Gerontology and Geriatrics**, Amsterdam, v.8, p. 225-238, 2002.

NIEUWBOER, A.; DE WEERDT, W.; DOM, R.; PEERAER, L.; LESAFFRE, E.; HILDE, F.; BAUNACH, B. Plantar force distribution in Parkinsonian gait: a comparison between patients and age-matched control subjects. **Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine**, Stockholm, v.31, n.3, p.185-192, 1999.

NOBACK, C.R.; STROMINGER, N.L. DEMAREST, R.J. **Neuroanatomia: estrutura e função do sistema nervoso humano**. 5ª edição. São Paulo: Editorial Premier, 1999.

NURSE, M.A.; HULLIGER, M.; WAKELING, J.M.; NIGG, B.M; STEFANYSHYN, D.J. Changing the texture of footwear can alter gait patterns. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, New York, v.15, p.496–506, 2005.

NUTT, G.J. Motor fluctuations and dyskinesia in Parkinson's disease. **Parkinsonism and Related Disorders**, Kidlington, v.8, p.101-108, 2001.

OBESO J.A.; RODRIGUEZ-OROZ M.; LANCIEGO J.L.; ARTIEDA J.; GONZALO N.; OLANOW W. Pathophysiology of the basal ganglia in Parkinson's disease. **Trends in Neurosciences**, Cambridge, v.23, n.10, Suppl, p.S8-S19, 2000.

OBESO, J.A.; MARIN, C.; RODRIGUEZ-OROZ, C.; BLESÁ, J.; BENITEZ-TEMIÑO, B.; MENA-SEGOVIA, J.; RODRÍGUEZ, M.; OLANOW, C.W. The basal ganglia in Parkinson's disease: current concepts and unexplained observations. **Annals of Neurology**, Boston, v.64, Suppl.2, p.S30-S46, 2008.

PASCUAL-LEONE, A.; TORRES, F. Plasticity of the sensorimotor cortex representation of the reading finger in Braille readers. **Brain**, London, v.116, p.39-52, 1993.

PAVOL, M.J.; OWINGS, T.M.; FOLEY, K.T.; GRABINER, M.D. Gait characteristics as risk factors for falling from trips induced in older adults. **The Journals of Gerontology, Series A, Biological Sciences and Medical Sciences**, Oxford, v.54, p.M583-M590, 1999.

PERRY, S.D.; WILLIAM E. MCILROY, W.E.; MAKIA, B.E. The role of plantar cutaneous mechanoreceptors in the control of compensatory stepping reactions evoked by unpredictable, multi-directional perturbation. **Brain Research**, Amsterdam, v.877, p.401-406, 2000.

PERRY, S.D.; RADTKE, A.; MCILROY W.E.; FERNIE, G.R.; MAKI, B.E. Efficacy and effectiveness of a balance-enhancing insole. **The Journals of Gerontology. Series A, Biological sciences and medical Sciences**, Oxford, v.63, p.595-602, 2008.

PIERUCCINI-FARIA, F.; MENUCHI, M.R.T.P.; VITÓRIO, R.; GOBBI, L.T.B.; STELLA, F.; GOBBI, S. Parâmetros cinemáticos da marcha com obstáculos em idosos com doença de Parkinson, com e sem efeito da Levodopa: um estudo piloto. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v.10, n.2, p. 243-249, 2006.

PRÄTORIUS, B.; KIMMESKAMP, S.; MILANI, T.L. The sensitivity of the sole of the foot in patients with Morbus Parkinson. **Neuroscience Letters**, Amsterdam, v.346, p.173-6, 2003.

RAO, G.; FISCH, L.; SRINIVASAN, S.; D'AMICO, F.; OKADA, T.; EATON, C.; ROBBINS, C. Does this patient have Parkinson disease? **The Journal of the American Medical Association**, Chicago, v.289, n.3, p.347-353, 2003.

RIEMANN, B.L.; LEPHART, S.M. The sensorimotor system, part I: the physiologic basis of functional joint stability. **Journal of Athletic Training**, Dallas, v.37, p.71-9, 2002.

ROCHESTER, L.; HETHERINGTON, V.; JONES, R.; NIEUWBOER, A.; WILLEMS, A.M.; KWAKKEL, G.; VAN WEGEN, E. The effect of external rhythmic cues (auditory and visual) on walking during a functional task in homes of people with Parkinson's disease. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, Chicago, v.86, p. 999-1006, 2005.

RUIZ-SANCHEZ DE LEON, J.M.; FERNÁNDEZ-GUINEA S. Proceso visuoperceptivo en la enfermedad de Parkinson: de la retina a la corteza frontal. **Revista de Neurología**, Santiago, v. 40, n.9, p. 557-562, 2005.

SAITO, M.; MARAYUAMA, M.; IKEUCHI, K.; KONDO, H.; ISHIKAWA, A.; YUASA, T.; TSUJI, S. Autosomal recessive juvenile parkinsonism. **Brain & Development**, Tokyo, v.22, p.S115-S117, 2000.

SCHAAFSMA, J.D.; GILADI, N.; BALASH, Y.; BARTELS, A.L.; GUREVICH, T.; HAUSDORFF, J.M. Gait dynamics in Parkinson's disease: relationship to Parkinsonian features, falls and response to levodopa. **Journal of the Neurological Sciences**, Amsterdam, v.212, p.47-53, 2003.

SCHENKMAN, M.L. et al. Spinal movement and performance of standing reach task in participants with and without Parkinson's disease. **Physical Therapy**, New York, v.81, n.8, p.1400-11, 2001.

SHUMWAY-COOK, A.; WOOLLACOTT, M.H. **Controle Motor: teoria e aplicações práticas**. Barueri, SP: Manole, 2003.

SIDAWAY, B.; ANDERSON, J.; DANIELSON, G.; MARTIN, L.; SMITH, G. Effects of long-term gait training using visual cues in an individual with Parkinson's disease. **Physical Therapy**, New York, v.86, n.2, p.186-194, 2006.

SOFUWA, O.; NIEUWBOER, A.; DESLOOVERE, K.; WILLEMS, A.M.; CHAVRET, F.; JONKERS, I. Quantitative gait analysis in Parkinson's disease: Comparison with a healthy control group. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, Chicago, v.86, n.5, p.1007-1013, 2005.

SUTEERAWATTANANON, M.; MORRIS, G.S.; ETNYRE, B.R.; JANKOVIC, J.; PROTAS, E.J. Effects of visual and auditory cues on gait in individuals with Parkinson's disease. **Journal of the Neurological Sciences**, Amsterdam, v.219, p.63-69, 2004.

TAKAKUSAKI, K.; SAITO, H.K.; HARADA, H.; KASHIWAYANAGI, M. Role of basal ganglia-brainstem pathways in the control of motor behaviors. **Neuroscience Research**, Limerick, v.50, p.203-235, 1996.

TANNER C, HUBBLE J, CHAN P. Epidemiology and genetics of Parkinson's disease. In: Watts RL, Koller WC, eds. **Movement Disorders: Neurologic principles and Practice**, New York, p. 137-152. 1996

VAN DEN EEDEN, S.K.; TANNER, C.M.; BERNSTEIN, A.L.; FROSS, R.D.; LEIMPETER, A.; BLOCH, D.A.; NELSON, L.M. Incidence of Parkinson's disease: Variation by age, gender, and race/ethnicity. **American Journal of Epidemiology**, Baltimore, v.157, n.11, p.1015-1022, 2003.

VAN WEGEN, E.; DE GOEDE, C.; LIM, I.; RIETBERG, M.; NIEUWBOER, A.; WILLEMS, A.; JONES, D.; ROCHESTER, L.; HETHERINGTON, V.; BERENDSE, H.; ZIJLMANS, J.; WOLTERS, E.; KWAKKEL, G. The effect of rhythmic somatosensory cueing on gait in patients with Parkinson's disease. **Journal of the Neurological Sciences**, Amsterdam, v.248, p.210 - 214, 2006.

VIEREGGE, P.; STOLZE, H.; KLEIN, C.; HEBERLEIN, I. Gait quantitation in Parkinson's disease – locomotor disability and correlation to clinical rating scales. **Journal of Neural Transmission**, Wien, v. 104, n.2, p. 337-248, 1997.

VITÓRIO, R.; PIERUCCINI-FARIA, F.; STELLA, F.; GOBBI, S.; GOBBI, L.T.B. Effects of obstacle height on obstacle crossing in mild Parkinson's disease. **Gait & Posture**, v.31, p.143-146, 2010.

VITÓRIO, R.; LIRANI-SILVA, E.; BARBIERI, F.A.; RAILE, V.; BATISTELA, R.A.; STELLA, F.; GOBBI, L.T.B. The role of vision in Parkinson's disease locomotion control: Free walking task. **Gait & Posture**, Oxford, v.35, p.175-179, 2012.

VITÓRIO, R.; LIRANI-SILVA, E.; BARBIERI, F.A.; RAILE, V.; STELLA, F.; GOBBI, L.T.B. Influence of visual feedback sampling on obstacle crossing behavior in people with Parkinson's disease. **Gait & Posture**, Oxford, 2012b (*in press*).

WATERS, C.H. **Diagnosis and Management of Parkinson's Disease**, Oklahoma: Professional Communications, 2008.

WELLS, C.; WARD, L.M.; CHUA, R.; INGLIS, J.T. Regional Variation and Changes With Ageing in Vibrotactile Sensitivity in the Human Footsole. **Journal of Gerontology: Biological Sciences**, Washington, v. 58A, n.8, p.680–686, 2003.

WINTER, D.A.; PATLA, A.E.; FRANK, J.S.; WALT, S.E. Biomechanical walking pattern changes in the fit and healthy elderly. **Physical Therapy**, New York, v.70, n.6, p.340-348, 1990.

WU, C.W.U. Peripheral Somatosensory Stimulation Induced Cortical Plasticity and its Clinical Application on Functional Restoration in Chronic Stroke. **Annual Conference in Engineering in Medicine and Biology**, Shanghai, p.1-4, 2005

YANG, Y.R.; LEE, Y.Y.; CHENG, S.J.; LIN, P.Y.; WANG, R.Y. Relationships between gait and dynamic balance in early Parkinson's disease. **Gait & Posture**, Oxford, v.27, p.611-615, 2008.

8. ANEXO – Parecer do Comitê de Ética



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Rio Claro



DECISÃO CEP Nº 051/2010

Instituição: UNESP – IB – CRC	Departamento: Educação Física
Protocolo nº: 3590 de 18.05.2010	DATA DE REGISTRO NO CEP: 24.05.2010
Projeto de Pesquisa: "Efeitos agudo e crônico de dicas somatossensoriais adicionais nos parâmetros do andar de indivíduos com doença de Parkinson"	

Pesquisa Individual	Pesquisador Responsável: -,-
---------------------	------------------------------

Pesquisa Alunos de Graduação	Pesquisador Responsável: -,-
	Orientando(a): -,-

Pesquisa Alunos de Pós-Graduação	Pesquisador Responsável: Ellen Lirani Silva
	Orientador(a): Profa. Dra. Lilian Teresa Bucken Gobbi

Objetivo Acadêmico:	<input type="checkbox"/> TCC
	<input checked="" type="checkbox"/> Mestrado
	<input type="checkbox"/> Doutorado
	<input type="checkbox"/> Outros (especificar) –

O Comitê de Ética em Pesquisa do Instituto de Biociências da UNESP – Campus de Rio Claro, em sua 9ª reunião extraordinária, realizada em 29/06/2010.	
<input checked="" type="checkbox"/>	Aprovou o Projeto de Pesquisa acima citado, ratificando o parecer emitido pelo relator.
<input type="checkbox"/>	Aprovou desde que atendidas as pendências apontadas na reunião (vide anexo), aprova o Projeto de Pesquisa acima citado.
<input type="checkbox"/>	Referendou o Projeto de Pesquisa acima citado, ratificando o parecer emitido pelo relator.
<input type="checkbox"/>	Aprovou retornar ao interessado para atendimento das pendências encontradas (prazo máximo de 60 dias):
<input type="checkbox"/>	Não Aprovou.
<input type="checkbox"/>	Retirou , devido à permanência das pendências.
<input type="checkbox"/>	Aprovou o Projeto de Pesquisa acima citado e o encaminha , com o devido parecer, para apreciação da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa- CONEP/MS , por se tratar de um dos casos previstos no capítulo VIII, item 4.c.

→ "Formulário para Acompanhamento dos Protocolos de Pesquisa Aprovados"
Data de Entrega: **Julho/2012**

Rio Claro, 30 de Junho de 2010.

Profa. Dra. Maria Izabel Souza Camargo
Coordenadora do CEP