

Avaliação dos membros superiores na doença de Parkinson: implicações para a Reabilitação Física

Assessment of upper limbs in Parkinson's disease: implications for Physical Rehabilitation

Thais Vianna Correa¹; Thiago da Silva Rocha Paz¹; Ana Elisa Lemos Silva¹; Gisele de Paula Vieira²; Marco Antonio Araujo Leite²; Silvana Allodi³; Marco Orsini^{4,5,6}; Clynton Lourenço Correa^{1,2}

RESUMO

A doença de Parkinson é uma desordem neurológica com impacto negativo na motricidade e qualidade de vida dos pacientes. O comprometimento motor inclui dificuldades para a marcha, equilíbrio e atividades de vida diária. Contudo, pouca atenção é dada aos aspectos de avaliação e reabilitação física dos membros superiores na doença de Parkinson. Sendo assim, o presente artigo apresenta instrumentos de avaliação no contexto da Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde que são relatados na literatura e que podem servir como desfechos clínicos para verificar a evolução dos pacientes com DP na reabilitação física.

Palavras-chave: Doença de Parkinson; Membros superiores; Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde; Exame físico.

ABSTRACT

Parkinson's disease is a neurological disorder with a negative impact on motor function and quality of life of patients. The motor impairment includes difficulties in walking, balance and daily activities. However, little attention is paid to aspects of evaluation and physical rehabilitation for upper limbs in Parkinson's disease. Therefore, this paper presents assessment tools in the context of the International Classification of Functioning, Disability and Health that are reported in the literature and which can serve as clinical outcomes to verify the evolution of Parkinson's disease patients in physical rehabilitation.

Key words: Parkinson's disease; Upper limbs; International Classification of Functioning, Disability and Health; Physical examination.

¹Programa de Mestrado e Doutorado em Educação Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

²Programa de Mestrado e Doutorado em Neurociências e Neurologia, Universidade Federal Fluminense, Niterói, Brasil.

³Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

⁴Laboratório de Mapeamento Cerebral e EEG, IPUB, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

⁵Centro Universitário Severino Sombra, Vassouras, Rio de Janeiro, Brasil

⁶Programa de Mestrado em Ciências da Reabilitação - UNISUAM

Endereço para correspondência: Clynton Lourenço Corrêa, MSc, PhD, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho, CCS, Laboratório de Neurobiologia Comparativa e do Desenvolvimento, Av. Carlos Chagas Filho, 373 Bloco G, Sala G2-001, CEP21941-902. Email: clyntoncorrea@gmail.com

A Doença de Parkinson (DP) é caracterizada por degeneração progressiva dos neurônios dopaminérgicos na substância negra em sua parte compacta, comprometendo a via nigro-estriatal^{1,2}. Em virtude do comprometimento da via nigro-estriatal, surgem os sinais motores denominados de tétrede parkinsoniana, a saber: rigidez, bradicinesia, tremor de repouso e instabilidade postural. Além disso, outros sinais podem surgir, tais como congelamento e fraqueza muscular^{3,4}.

As dificuldades funcionais progressivas comuns na DP têm impacto negativo na qualidade de vida, comprometendo a independência funcional nas tarefas diárias, de lazer e autocuidado^{1,3,5,6}. As desordens motoras ocasionadas pela DP provocam mudanças no padrão dos movimentos finos das mãos, de tarefas sequenciais e bimanuais^{7,8,9,10}.

Avaliações padronizadas são fundamentais na obtenção de parâmetros para a formulação da melhor conduta terapêutica, além de facilitar o acompanhamento da evolução do tratamento. No campo da pesquisa, observa-se um grande número de estudos de validação de testes que envolvem avaliação da marcha e do equilíbrio em indivíduos com DP^{11,12,13,14,15,16}. Contudo, existe escassez sobre as abordagens, no âmbito de avaliação físico-funcional, relacionadas ao comprometimento dos membros superiores na DP⁶.

A fim de proporcionar uma linguagem unificada e padronizada para a descrição da saúde, além de fornecer uma visão mais ampla sobre a condição de saúde dos indivíduos, a Organização Mundial da Saúde (OMS) criou em 2001 a Classificação Internacional de Funcionalidade, Incapacidade e Saúde (CIF). A CIF descreve a funcionalidade e a incapacidade de acordo com as condições de saúde, identificando as habilidades ou restrições que os indivíduos apresentam em sua vida diária. A CIF possui duas partes, cada uma com dois componentes: Funcionalidade e Incapacidade (Funções e Estruturas do Corpo; Atividades e Participação) e Fatores Contextuais (Fatores Ambientais; Fatores Pessoais)¹⁷. Considerando o modelo de saúde adotado pela OMS, é importante que os profissionais que atuam na reabilitação física de pacientes com DP saibam quais são os instrumentos de avaliação que contemplam os domínios Atividades e Participação. Dessa forma, os profissionais conseguirão eleger instrumentos de avaliação que possam identificar disfunção dos membros superiores, bem como estabelecer um plano de tratamento apropriado. Todavia, muitos dos instrumentos utilizados atualmente

que avaliam os membros superiores na DP abrangem os domínios da CIF “Função e Estrutura do Corpo”. Os instrumentos de avaliação disponíveis para a DP que contemplam os domínios “Atividade e Participação” geralmente avaliam atividade muito específica do membro superior, por exemplo, destreza manual fina (Tabela 1). Assim, torna-se difícil o conhecimento sobre as condições motoras funcionais dos membros superiores destes indivíduos.

Um estudo buscando identificar os instrumentos de avaliação dos membros superiores utilizados por Fisioterapeutas e Terapeutas Ocupacionais através de questionário, constatou que 54% de 191 profissionais avaliaram funcionalmente essa região do corpo, regularmente. A justificativa reportada pelos profissionais que não avaliaram em seus pacientes foi, em sua maioria, porque os indivíduos não relataram queixa funcional relacionada aos membros superiores. A queixa funcional dos pacientes era referente aos membros inferiores e, conseqüentemente, marcha. No mesmo estudo, os pesquisadores identificaram que tremor, bradicinesia e discinesias são os sinais mais avaliados nos membros superiores, porém menos de 25% dos terapeutas utilizaram instrumentos de medidas padronizadas para avaliar estas desordens⁶. A análise observacional foi o método de avaliação mais comumente reportado e a *Unified Parkinson Disease Rate Scale* (UPDRS), a medida padronizada mais comumente reportada pelos terapeutas entrevistados⁶.

A UPDRS é uma escala confiável e válida utilizada para avaliação dos sinais e sintomas da DP na prática clínica e em pesquisa⁸. É, sem dúvida, a escala de avaliação clínica mais conhecida para DP¹⁸. Ela é composta por 42 itens, divididos em quatro partes: I) Estado Mental e Humor, II) Atividades da Vida Diária (AVD's), III) Exame Motor, e IV) Complicações da Terapia⁸. Tem sido testada por sua estrutura e propriedades métricas, sendo demonstrada alta consistência interna e excelente confiabilidade teste-reteste para os domínios AVD's, Exame Motor e escore total⁸. A UPDRS é aplicada no campo clínico da DP para avaliação de sintomas motores e não motores. No entanto, é necessário estabelecer valores mínimos de diferença clinicamente relevantes e definir escores com intervalos de confiança que sejam correlacionados com designações clínicas ajustadas como “leve”, “moderado” e “grave”. A escala pode apresentar um resultado subjetivo, o que pode representar uma limitação quando o objetivo da avaliação é capturar pequenas mudanças durante uma intervenção no campo da reabilitação física terapêutica para verificar se

houve alguma melhora funcional¹⁹.

A utilização de testes motores específicos que possam avaliar a função e permitir o monitoramento da progressão da doença e os efeitos da intervenção terapêutica se faz necessária. A Escala de Hoehn & Yarh (H&Y) (1967) é rápida, prática e indica o estado geral do paciente, podendo ser aplicada com esse intuito¹⁹. O principal indicador de gravidade da doença é a instabilidade postural, não pontuando outros sinais cardinais da DP, nem sinais não-motores. Embora a escala considere os sinais da doença em um membro superior e no dimídio contralateral para efeitos do estadiamento da doença, ela não avalia especificamente nenhum aspecto da funcionalidade dos membros superiores, considerando que os pacientes já podem apresentar algum comprometimento funcional na ocasião do diagnóstico clínico^{20,21,22}.

Através de uma revisão do uso de medidas de resultado e da conduta clínica da função da extremidade superior na DP e na doença de Huntington, foi observada a necessidade de ser destinada maior atenção à abordagem orientada para as tarefas motoras que contemplem as AVD's relacionadas aos membros superiores, pois identificaram escassez de estudos com tal propósito²³. Nesse sentido, apresentaremos a seguir testes funcionais utilizados na avaliação de membros superiores na DP.

O *Nine Hole Peg Test* (9HPT), que em tradução livre para o português significa “teste dos nove pinos e buracos” é um instrumento de baixo custo, rápida administração e utilizado para avaliar a destreza manual. Sua padronização foi estabelecida em 1985²⁴. Composto por nove pinos e uma placa com nove furos, o indivíduo é orientado a pegar um pino de cada vez e inseri-lo nos orifícios contidos na placa e então, posteriormente, deverá retirar os pinos e devolvê-los ao local de origem, sendo o tempo de execução da tarefa cronometrado pelo pesquisador^{22,24}. Considerando que o teste é específico para avaliar a destreza manual, não é possível identificar disfunções relacionadas aos movimentos do ombro, cotovelo e punho com o 9HPT.

O *Purdue Pegboard test* (PPT), que em tradução livre para o português significa “teste da placa perfurada de Purdue” assim como o 9HPT, é utilizado para avaliar a destreza manual fina. Estudos com o PPT foram desenvolvidos na DP para avaliar o efeito de medicações anti-parkinsonianas²⁵, de cirurgias na DP²⁶ e da aplicação concomitante com tarefas concorrentes²⁷. O PPT é composto por uma placa retangular com dois conjuntos de 25 furos

na vertical e quatro círculos côncavos na parte superior. Os pequenos pinos de metal são posicionados no lado do membro superior que será testado. Os pacientes são solicitados a pegar os pinos e colocá-los ordenadamente nos furos na vertical o mais rápido possível. O número de pinos colocados em 30 segundos é computado. Valores normativos e validade foram produzidos em indivíduos com 60 anos ou mais²⁸. Assim como o 9HPT, o PPT não avalia disfunções de todo o membro superior, mas somente a destreza manual.

Testes motores, como 9HPT e PPT foram aplicados, a fim de identificar se tais testes seriam capazes de detectar disfunções motoras sutis, de difícil percepção no exame clínico convencional, em indivíduos em estágio inicial da DP, mesmo que apresentando membros clinicamente não acometidos^{21,22}. Ambos os estudos identificaram serem tais testes satisfatórios na verificação precoce de desordens motoras. Como medidas de desfecho para efeitos de tratamento e estudos, nos quais aplicaram o PPT, também observaram diferenças significativas nos resultados de indivíduos em estágio inicial da DP quando comparados ao grupo controle^{25,27}.

O uso de tarefas com pinça e garra é citado como medida sensível para mensurar prejuízos motores na função da mão²³. Resultados positivos com instrumentos no que se refere a avaliar os movimentos de pinça e garra foram obtidos. No entanto, os autores utilizaram tecnologia com programas de computadores e sensores periféricos que dificultam adoção na prática clínica devido ao alto custo^{9,30,31}.

Validado em 1994 para a população idosa saudável, o *Box and Block Test* (BBT), que em tradução livre para o português significa “teste da caixa e bloco” mensura a destreza manual ampla unilateral. É um instrumento de fácil aplicabilidade e de baixo custo. A tarefa é mover o máximo de blocos possível, um a um, para dentro da caixa, em 60 segundos. A validação e confiabilidade do teste foram estabelecidas em um estudo com 35 sujeitos saudáveis e 34 sujeitos com comprometimento do membro superior. A diferença entre os escores que envolveram o membro superior acometido/dominante e os que envolveram o não acometido/não-dominante foi estatisticamente significativo. O BBT é validado para população idosa saudável e em algumas doenças neurológicas (Acidente Vascular Cerebral (AVC)), porém o teste não tem validação para os pacientes com DP, ainda que seja utilizado por profissionais da reabilitação física. Dessa forma, o teste pode não ser

capaz de identificar as mudanças decorrentes da evolução da doença e/ou das intervenções terapêuticas. Assim como o PPT e 9HPT, o BBT avalia especificamente a função manual e, conseqüentemente, não engloba outros segmentos do membro superior²⁹.

Avaliações do arco de movimento de articulações axiais e apendiculares de pessoas saudáveis e pacientes com DP em atividades de alcance por meio da goniometria encontraram diminuição nos valores médios da amplitude articular no grupo DP em relação ao grupo controle. A mobilidade durante o alcance foi avaliada por um sistema de análise em 3D. Os autores ainda apontaram, como fundamento no próprio estudo, o comprometimento do arco de movimento presente em estágios iniciais da doença. Embora tenham utilizado o goniômetro e encontrado alterações significativas no arco de movimento de indivíduos com DP, o uso desse instrumento de avaliação contempla um aspecto do domínio Função do Corpo da CIF³².

A força muscular tem sido objeto de estudo em diversas pesquisas, nas quais encontramos desfechos que apontam para mudanças no padrão de geração de força, alterações no controle da força e no tempo de relaxamento muscular^{3,9}. A força de preensão palmar pode estar acometida na DP, refletindo em declínios funcionais importantes³³. O instrumento utilizado para avaliar essa valência é o dinamômetro manual, tendo sido o instrumento do fabricante Jamar validado para a população normal³⁴. Assim como o goniômetro, o dinamômetro é um instrumento de avaliação que contempla o domínio da CIF “Função do Corpo”. Na prática da reabilitação física, é importante que seja contemplado o domínio da CIF “Atividade” para identificar a influência das disfunções motoras no aspecto da funcionalidade física.

Confiabilidade, validade e utilidade do acelerômetro triaxial foram avaliadas para medir o nível de atividade física em indivíduos com e sem desordens neurológicas, incluindo a DP³⁵. O acelerômetro é uma medida válida e confiável para mensurar o tremor de repouso^{36,37,38}. A tabela 1 resume os instrumentos adotados para avaliação dos membros superiores de pacientes com DP.

Tabela 1. Instrumentos utilizados para avaliação dos membros superiores na doença de Parkinson

Instrumento	Medida	Domínio da CIF	Uso na DP	Autor
<i>Nine Hole Peg Test</i>	Destreza Manual	Atividade	Sim	Earhart et al., 2011 ²²
<i>Purdue Pegboard test</i>	Destreza Manual	Atividade	Sim	Desrosiers et al., 1995 ²⁸
<i>Block Box Test</i>	Destreza Manual	Atividade	Sim	Desrosiers et al., 1994 ²⁹
Goniometria	Arco de movimento	Estrutura e Função do corpo	Sim	Schenkman et al., 2001 ³²
Dinamometria	Força Manual	Estrutura e Função do corpo	Sim	Bohannon et al., 2006 ³⁴
Acelerômetro	Tremor	Estrutura e Função do corpo	Sim	Potvin et al., 1975 ³⁸

O conhecimento inadequado ou a falta de familiaridade com os instrumentos disponíveis dos fisioterapeutas e terapeutas ocupacionais que atendem à população com DP, foram apontados como fatores que levam ao não acompanhamento dos comprometimentos dos membros superiores. Os profissionais entrevistados utilizaram instrumentos validados para outras condições neurológicas, como instrumentos de desfecho para os membros superiores de pacientes com DP. Os autores enfatizaram a necessidade da elaboração de uma diretriz fornecedora de informações detalhadas, sobre instrumentos específicos de avaliação da evolução, dos pacientes com DP submetidos à intervenção da reabilitação física dos membros superiores⁶.

Algumas vezes um instrumento de avaliação é erroneamente adotado para pacientes com uma doença específica. Foram estudados os efeitos da terapia de restrição de movimentos em pacientes com DP. Para avaliar os efeitos da terapia nos membros superiores dos pacientes, os autores utilizaram a escala Fugl-Meyer. Essa escala foi desenvolvida especificamente para pacientes com hemiparesia devido à lesão cerebral. A escala tem itens específicos para avaliar aspectos como espasticidade e sinergia flexora anormal. É importante notar que nem a espasticidade nem o sinergismo anormal são observados em pacientes com DP. Dessa forma, é claro que a escala de Fugl-Meyer é uma medida inadequada e inapropriada para avaliar membros superiores de pacientes com DP³⁹.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista que os instrumentos disponíveis para avaliar a função dos membros superiores na DP não contemplam uma avaliação de toda a extremidade, é importante esforços para estabelecer um teste que seja válido e confiável para a identificação de disfunção dos membros superiores. Além disso, é importante que a avaliação física dos membros superiores na DP inclua análise de tarefas sequenciais, complexas, uni e bilaterais, focalizando o domínio da CIF “Atividades e Participação” para verificar o impacto dos comprometimentos motores na funcionalidade física dos membros superiores dos pacientes com DP.

CONFLITOS DE INTERESSE

Os autores declaram não haver conflitos de interesse a serem declarados.

REFERÊNCIAS

- Kwakkel G, Goede CJT DE, Van Wegen EEH. Impact of physical therapy for Parkinson's disease: A critical review of the literature. *Parkinsonism and Related Disorders* 2007; 13: 478-487.
- Bleuse S, Cassim F, Blatt JL, Labyt E, Bourriez JL, Derambure P, Destée A, Defebvre L. Anticipatory postural adjustments associated with arm movement in Parkinson's disease: a biomechanical analysis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2008;79(8):881-7.
- Corcos DM, Chen CM, Quinn NP, McAuley J, Rothwell JC. Strength in Parkinson's disease: relationship to rate of force generation and clinical status. *Ann Neurol*. 1996;39(1):79-88.
- Buckley TA, Hass CJ. Reliability in one-repetition maximum performance in people with Parkinson's disease. *Parkinsons Dis*. 2012;2012:928736.
- Lana RC, Álvares LMRS, Nasciutti-Prudente C ET al. Percepção da qualidade de vida de indivíduos com doença de Parkinson através do PDQ-39. *Rev Bras Fisioter* 2007; 11(5): 397-402.
- Proud EL, Miller KJ, Martin CL, Morris ME. Upper-limb assessment in people with Parkinson disease: is it a priority for therapists, and which assessment tools are used? *Physiother Can*. 2013;65(4):309-16.
- Almeida QJ, Wishart LR, Lee TD. Bimanual coordination deficits with Parkinson's disease: the influence of movement speed and external cueing. *Mov Disord*. 2002;17(1):30-7.
- Siderowf A, McDermott M, Kiebertz K, Blindauer K, Plumb S, Shoulson J; Parkinson Study Group. Test-retest reliability of the unified Parkinson's disease rating scale in patients with early Parkinson's disease: results from a multicenter clinical trial. *Mov Disord* 2002;17(4):758-63.
- Oliveira MA, Rodrigues AM, Caballero RM, Petersen RD, Shim JK. Strength and isometric torque control in individuals with Parkinson's disease. *Exp Brain Res*. 2008;184(3):445-50.
- Prodoehl J, Corcos DM, Vaillancourt DE. Basal ganglia mechanisms underlying precision grip force control. *Neurosci Biobehav Rev*. 2009;33(6):900-8.
- Martínez-Martín P, García Urrea D, del Ser Quijano T, Balseiro Gómez J, Gómez Utrero E, Piñeiro R, Andrés MT. A new clinical tool for gait evaluation in Parkinson's disease. *Clin Neuropharmacol*. 1997;20(3):183-94.
- Morris S, Morris ME, Iansel R. Reliability of measurements obtained with the Timed “Up & Go” test in people with Parkinson disease. *Phys Ther*. 2001;81(2):810-8.
- Scalzo PL, Nova IC, Perracini MR, Sacramento DR, Cardoso F, Ferraz HB, Teixeira AL. Validation of the Brazilian version of the Berg balance scale for patients with Parkinson's disease. *Arq Neuropsiquiatr*. 2009;67(3B):831-5.
- Duncan RP, Leddy AL, Earhart GM. Five times sit-to-stand test performance in Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011;92(9):1431-6.
- Baggio JA, Curtarelli MB, Rodrigues GR, Tumas V. Validity of the Brazilian version of the freezing of gait questionnaire. *Arq Neuropsiquiatr*. 2012;70(8):599-603.
- Verheyden G, Kampshoff CS, Burnett ME, Cashell J, Martinelli L, Nicholas A,

- Stack EL, Ashburn A. Psychometric properties of 3 functional mobility tests for people with Parkinson disease. *Phys Ther*. 2014;94(2):230-9.
- Organização mundial da saúde. The WHO family of international classifications. Disponível em; URL [HTTP://www.who.int/classifications/en](http://www.who.int/classifications/en) [2015 May 10].
- Goetz CG, Tilley BC, Shaftman SR, Stebbins GT, Fahn S, Martinez-Martin P, Poewe W, Sampaio C, Stern MB, Dodel R, Dubois B, Holloway R, Jankovic J, Kulisevsky J, Lang AE, Lees A, Leurgans S, LeWitt PA, Nyenhuis D, Olanow CW, Rascol O, Schrag A, Teresi JA, van Hilten JJ, LaPelle N; Movement Disorder Society UPDRS Revision Task Force. Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MD-S-UPDRS): scale presentation and clinimetric testing results. *Mov Disord*. 2008;23(15):2129-70.
- Goetz CG, Poewe W, Rascol O, Sampaio C, Stebbins GT, Counsell C, Giladi N, Holloway RG, Moore CG, Wenning GK, Yahr MD, Seidl L; Movement Disorder Society Task Force on Rating Scales for Parkinson's Disease. Movement Disorder Society Task Force report on the Hoehn and Yahr staging scale: status and recommendations. *Mov Disord*. 2004;19(9):1020-8.
- Ponsen MM, Daffertshofer A, Wolters ECh, Beek PJ, Berendse HW. Impairment of complex upper limb motor function in de novo Parkinson's disease. *Parkinsonism Relat Disord*. 2008;14(3):199-204.
- Haaxma CA, Bloem BR, Overeem S, Borm GF, Horstink MW. Timed motor tests can detect subtle motor dysfunction in early Parkinson's disease. *Mov Disord*. 2010;25(9):1150-6.
- Earhart GM, Cavanaugh JT, Ellis T, Ford MP, Foreman KB, Dibble L. The 9-hole PEG test of upper extremity function: average values, test-retest reliability, and factors contributing to performance in people with Parkinson disease. *J Neurol Phys Ther*. 2011;35(4):157-63.
- Quinn L, Busse M, Dal Bello-Haas V. Management of upper extremity dysfunction in people with Parkinson disease and Huntington disease: facilitating outcomes across the disease lifespan. *J Hand Ther*. 2013;26(2):148-54.
- Mathiowetz V, Weber K, Kashman N, Volland G. Adult Norms for the Nine Hole Peg Test of Finger Dexterity. *Occupational Therapy Journal of Research* 1985; 5(1):24-38.
- Brown RG, Jahanshahi M. An unusual enhancement of motor performance during bimanual movement in Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1998;64(6):813-6.
- Pal PK, Samii A, Kishore A, Schulzer M, Mak E, Yardley S, Turnbull IM, Calne DB. Long term outcome of unilateral pallidotomy: follow up of 15 patients for 3 years. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2000;69(3):337-44.
- Proud EL, Morris ME. Skilled Hand Dexterity in Parkinson's Disease: effects of adding concurrent task. *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91:794-9.
- Desrosiers J, Hébert R, Bravo G, Dutil E. The Purdue Pegboard Test: normative data for people aged 60 and over. *Disabil Rehabil*. 1995;17(5):217-24.
- Desrosiers J, Bravo G, Hébert R, Dutil E, Mercier L. *Arch Phys Med Rehabil* 1994;75(7):751-5.
- Rearick MP, Stelmach GE, Leis B, Santello M. Coordination and control of forces during multifingered grasping in Parkinson's disease. *Exp Neurol*. 2002;177(2):428-42.
- Gorniak SL, Machado AG, Alberts JL. Force coordination during bimanual task performance in Parkinson's disease. *Exp Brain Res*. 2013;229(2):261-71.
- Schenkman ML, Clark K, Xie T, Kuchibhatla M, Shinberg M, Ray L. Spinal movement and performance of a standing reach task in participants with and without Parkinson disease. *Phys Ther*. 2001;81(8):1400-11.
- Fellows SJ, Noth J, Schwarz M. Precision grip and Parkinson's disease. *Brain*. 1998;121 (Pt 9):1771-84.
- Bohannon RW, Peolsson A, Massy-Westropp N, Desrosiers J, Bear-Lehman J. Reference values for adult grip strength measured with a Jamar dynamometer: a descriptive meta-analysis. *Physiotherapy* 2006; 92(1): 11-5.
- Hale LA, Pal J, Becker I. Measuring free-living physical activity in adults with and without neurologic dysfunction with a triaxial accelerometer. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008;89(9):1765-71.
- Stamatakis J, Ambroise J, Crémers J, Sharei H, Delvaux V, Macq B, Garraux G. Finger tapping clinimetric score prediction in Parkinson's disease using low-cost accelerometers. *Comput Intell Neurosci*. 2013;2013:717853.
- Costa J, González HA, Valdeoriola F, Gaig C, Tolosa E, Valls-Solé J. Nonlinear dynamic analysis of oscillatory repetitive movements in Parkinson's disease and essential tremor. *Mov Disord*. 2010;25(15):2577-86.
- Potvin AR, Tourtellotte WW, Snyder DN, Henderson WG, Albers JW. Validity of quantitative tests measuring tremor. *Am J Phys Med*. 1975;54(5):243-52.
- Kyoung SUK, Wan-Hee L, Sujin H. Modified constraint-induced movement therapy improves fine and gross motor performance of the upper limb in Parkinson disease. *Am J Phys Med Rehabil* 2011;90(5):380-6.