

REPETIBILIDADE DE VARIÁVEIS POSTUROGRÁFICAS PARA PACIENTES PÓS AVE: RESULTADOS PRELIMINARES

S. K. Martello*, J. C. Almeida*, K. P. Corrêa*, G. C. Devetak*, R. Fauz** e. E. F. Manffra*

*Programa de Pós Graduação em Tecnologia em Saúde, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brasil

** Laboratório de Marcha do Centro Hospitalar de Reabilitação Ana Carolina Moura Xavier, Curitiba, Brasil

e-mail: kat_pcl@yahoo.com.br

Resumo: O objetivo desse trabalho, cujos resultados preliminares são apresentados, é determinar a repetibilidade *intraday* e a Mínima Mudança Detectável (MMD) da sincronização ântero-posterior (AP) e médio-lateral (ML) do centro de pressão (CP) e da simetria de descarga de peso corporal sobre os membros inferiores (MMII). Seis indivíduos pós acidente vascular encefálico (AVE) realizaram posturografia em dois momentos: teste e reteste, com intervalo de 2 a 7 dias, em quatro condições experimentais, das quais duas foram repetidas 3 vezes, tanto no teste quanto no reteste. O cálculo da repetibilidade *intraday* foi realizado por meio do coeficiente de correlação intraclass (CCI). A determinação da MMD foi feita a partir do CCI do teste e do reteste e do erro padrão da medida (EPM). Os valores de CCI *intraday* e *interday* e MMD apresentaram grande variabilidade nos resultados. Porém, a simetria de descarga de peso corporal entre os MMII apresentou excelente repetibilidade *intraday*, tanto no teste quanto no reteste, assim como para a repetibilidade *interday*, com significância estatística ($p < 0,05$).

Palavras-chave: Repetibilidade, sincronização, centro de pressão, acidente vascular encefálico, posturografia.

Abstract: *The aim of this study, whose preliminary results are presented, is to determine the intraday repeatability and Minimal Detectable Change (MDC) of the anteroposterior and mediolateral synchronization of center of pressure (COP) and stance load symmetry. Six stroke survivors performed posturography in two stages: test and retest, with 2-7 days of interval, in four experimental conditions, two of which were repeated 3 times, both the test and the retest. The calculation of the intraday repeatability was performed by the intraclass correlation coefficient (ICC). The determination of the MDC was taken from the CCI test and retest and standard error of measurement (SEM). The intraday and interday values of ICC and MDC showed great variability in results. However, the stance load symmetry showed excellent intraday repeatability in both the test and the retest, as well as the interday repeatability, with statistical significance ($p < 0.05$).*

Keywords: *Repeatability, synchronization, center of pressure, stroke, posturography.*

Introdução

A investigação do controle postural de indivíduos pós AVE vem despertando interesse não apenas de profissionais da saúde, como também de outras áreas do conhecimento, como a Engenharia e a Física, tornando-se uma abordagem multiprofissional. A posturografia é uma das avaliações utilizadas para este fim, pois permite avaliar de forma quantitativa a oscilação postural por meio da plataforma de força, cuja deformação mecânica é traduzida matematicamente nas coordenadas do CP a partir das componentes da força de reação do solo (FRS) e do momento de força [1].

Ao avaliar indivíduos pós AVE é interessante conhecer a contribuição de cada membro inferior (MI), especialmente o parético, no controle postural, bem como as estratégias utilizadas para isso, como a assimetria de descarga de peso [2]. Isso é possível com a utilização de duas plataformas de força, por meio da análise das flutuações do CP sob cada pé, e da porcentagem de peso corporal depositada sobre cada MI [2, 3].

Indivíduos hígidos apresentam uma correlação positiva entre a flutuação AP dos centros de pressão sob cada MI, e uma correlação negativa entre a flutuação ML, e sem atraso temporal (*lag*), ou seja, o CP de um pé responde instantaneamente à oscilação do CP do outro pé, a fim de manter o equilíbrio. Em indivíduos pós AVE, essa resposta de um CP em relação ao outro costuma ocorrer com atraso temporal [2]. A sincronização das flutuações dos centros de pressões entre os dois pés é definida como o valor máximo da correlação cruzada, e seu cálculo permite conhecer para qual *lag* a correlação foi mais forte [2,4]. A sincronização e o *lag* foram propostos por Mansfield *et al.* (2011) [2] como variáveis biomecânicas com utilidade clínica, potencialmente úteis ao avaliar o equilíbrio de indivíduos pós AVE.

Apesar disso, nas buscas realizadas na literatura, não foram encontrados trabalhos que reportem a repetibilidade e a MMD dessas variáveis. A repetibilidade de uma medição refere-se à sua precisão sob um conjunto de condições de repetibilidade (com o mesmo procedimento e sistema de medição, os mesmos operadores e o mesmo local, repetidas num curto período de tempo) [5]. Já a MMD diz respeito à

magnitude mínima de mudança que deve ocorrer para ser considerada significativa estatisticamente [6]. O objetivo desse estudo foi determinar a repetibilidade *intraday* e a MMD da sincronização AP e ML do CP, *lag* AP e ML de maior sincronização e simetria de descarga de peso entre os MMII, visto que conhecer esses valores é de fundamental importância para determinar a utilidade clínica de tais variáveis.

Materiais e métodos

O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, pelo parecer 256.523.

Amostra – Participaram desta pesquisa 6 pacientes pós AVE (3 homens e 3 mulheres, dos quais 4 com hemiparesia direita e 2 com hemiparesia esquerda), recrutados do Centro Hospitalar de Reabilitação Ana Carolina Moura Xavier, da cidade de Curitiba, Paraná. Os critérios de inclusão foram: ter idade igual ou superior a 18 anos e ser capaz de compreender e executar comandos verbais simples. Os critérios de exclusão foram: apresentar AVE bilateral, diplopia ou visão reduzida não corrigível, índice de massa corporal (IMC) acima de 30 kg/m² e ter realizado aplicação de toxina botulínica do tipo A (TBA) nos últimos 6 meses. Na Tabela 1 são apresentadas as características da amostra.

Tabela 1: Características da amostra

Variável	Mediana (mínimo – máximo)
Idade (anos)	56 (51 – 72)
Tempo pós AVE (meses)	10,5 (9 – 19)
Massa corporal (kg)	60,8 (56,8 – 81,1)
Estatura (m)	1,63 (1,51 – 1,72)
IMC (kg/m ²)	24,35 (27,4 – 22,8)

Procedimentos – A avaliação teste foi realizada por meio da posturografia estática, com a utilização de duas plataformas de força (AMTI, OR6-7-1000) acopladas a um sistema de aquisição. As principais componentes de frequência do sinal do CP estão abaixo de 10Hz [7], logo, uma frequência de aquisição (FA) de 20Hz seria suficiente para respeitar o Teorema da Amostragem e obter uma boa representação do sinal analógico em sequência digital [8]. Mansfield *et al.* (2012) [4], utilizaram uma FA de 256Hz para investigar a sincronização do CP de indivíduos pós AVE. No presente estudo optou-se por uma FA de 300Hz, pois o sistema de aquisição de dados utilizado só permite amostragens em múltiplos de 60Hz. Os dados foram filtrados com um filtro passa-baixa, *dual pass*, do tipo Butterworth de 4^a ordem, com frequência de corte de 10Hz. Foram realizadas quatro condições experimentais. Nas duas primeiras condições (CE1 e CE2) o posicionamento dos pés foi livre. Na CE1 o participante posicionava um pé em cada plataforma e o pesquisador desenhava o contorno dos pés sobre um

papel *kraft*, a fim de utilizar o mesmo posicionamento para a CE2. Na terceira e quarta condições (CE3 e CE4), o posicionamento dos pés foi padronizado: angulados a 14° e com 0,17m de distância entre os centros dos calcâneos [9]. O participante era orientado a permanecer na posição o mais quieto possível, durante 60s. As condições 1 e 3 foram realizadas com o participante olhando para um ponto fixo posicionado na altura dos olhos e distante 1 metro das plataformas, e as condições 2 e 4 foram realizadas de olhos vendados. No intervalo entre as condições, o participante descansava sentado durante 2 minutos. Para avaliar as repetibilidade *intraday* das variáveis, as condições 1 e 3 foram repetidas 3 vezes. De 2 a 7 dias após o teste era realizado o reteste da posturografia, no mesmo período do dia, com os mesmos avaliadores e seguindo o mesmo protocolo descrito, a fim de avaliar a MMD.

Cálculos da sincronização AP e ML do CP e simetria de descarga de peso entre os MMII– Os cálculos da sincronização AP e ML do CP foram feitos por meio da correlação cruzada [2] no *software* Matlab, cujo gráfico é exemplificado na Figura 1. Para calcular a simetria de descarga de peso entre os MMII foi realizada a média da força registrada pela plataforma de força sob o MI parético, e foi expressa como uma porcentagem do peso corporal total [2].

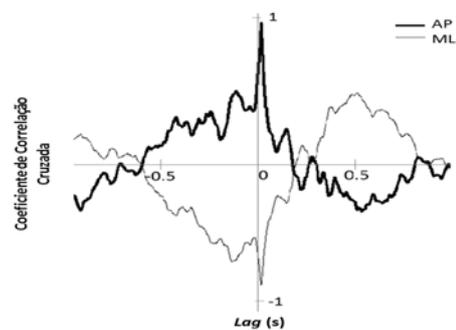


Figura 1: Correlação Cruzada AP e ML de um indivíduo pós AVE.

Determinação da repetibilidade *intraday* – Os dados utilizados para o cálculo da repetibilidade *intraday* (repetibilidade de duas medições realizadas no mesmo dia) são referentes às condições experimentais 1 e 3 da posturografia, que foram repetidas três vezes, no mesmo dia. Para determiná-la é necessário calcular o CCI (*two-way mixed*), cujo cálculo foi feito com auxílio do *software* estatístico SPSS (v 20.0).

Determinação da MMD – A MMD é estimada a partir do CCI *interday* e do erro padrão entre duas medidas (EPM). Neste caso, o CCI foi utilizado para determinar a repetibilidade *interday*, ou seja, entre dias diferentes. Para tanto, foram calculados os valores de CCI entre o teste e o reteste para todas as condições experimentais. Para as condições 1 e 3, foram utilizados os valores médios das três repetições. Após conhecer o valor do CCI de cada variável, este foi aplicado na seguinte expressão para a obtenção do EPM [10]:

$$EPM = \text{desvio padrão}(\sqrt{1 - CCI}) \quad (1)$$

Tabela 2: Valores de mediana, mínimo e máximo de cada variável nas quatro condições experimentais

Variável	Mediana (Mínimo – Máximo)				
	CE1	CE2	CE3	CE4	
T E	Sincronização CP AP	0,58 (0,24 – 0,74)	0,71 (0,71 – 0,78)	2,11 (0,23 – 0,81)	0,75 (0,41 – 0,81)
	Lag AP (s)	0,01 (-0,05 – 14,27)	0,04 (0,00 – 0,04)	0,00 (-13,5 – 15,54)	0,02 (-0,02 – 0,04)
S T	Sincronização CP ML	-0,35 (-0,53 – -0,18)	-0,45 (-0,78 – -0,26)	-0,32 (-0,62 – -0,21)	-0,37 (-0,68 – -0,17)
	Lag ML (s)	3,58 (-14,35 – 16,38)	0,03 (-11,61 – 0,06)	3,12 (-24,82 – 14,25)	-8,44 (-36,53 – 0,03)
E	Simetria de descarga de peso (%)	28,32 (21,30 – 34,24)	28,97 (18,43 – 35,65)	25,69 (20,1 – 32,25)	25,74 (21,57 – 37,86)
R T	Sincronização CP AP	0,6 (0,44 – 0,86)	0,64 (0,52 – 0,80)	0,71 (0,28 – 0,79)	0,64 (0,60 – 0,76)
	Lag AP (s)	0,00 (-0,01 – 15,88)	0,00 (-0,02 – 0,03)	-0,01 (-11,93 – 2,23)	0,01 (-0,01 – 0,07)
S T	Sincronização CP ML	0,37 (-0,57 – -0,21)	-0,42 (-0,55 – -0,19)	-0,36 (-0,48 – -0,23)	-0,26 (-0,40 – -0,20)
	Lag ML (s)	5,48 (-12,1 – 27,08)	0,01 (-0,602 – 0,02)	-4,34 (-19,57 – 2,62)	-0,01 (-21,65 – 35,65)
E	Simetria de descarga de peso (%)	30,82 (22,45 – 38,96)	29,46 (20,53 – 36,25)	28,24 (23,26 – 39,28)	26,22 (21,52 – 37,67)

Por fim, a MMD foi determinada a partir do EPM pelo seguinte cálculo [10]:

$$MMD = 1,96(\sqrt{2 * EPM}) \quad (2)$$

Resultados

Os valores de mediana, mínimo e máximo para cada variável nas quatro condições experimentais, são apresentados na Tabela 2. A CE1 e CE3 apresentam os valores médios de mediana, mínimo e máximo das três repetições.

Os valores de CCI *intraday* obtidos no teste e reteste, assim como os respectivos valores de *p* de cada variável analisada nas condições experimentais 1 e 3, são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3: CCI *intraday* da CE1 e CE3 no teste e reteste

CE	Variável	Teste		Reteste	
		CCI <i>intraday</i>	<i>P</i>	CCI <i>intraday</i>	<i>P</i>
1	Sincronização AP	0,288	0,133	0,817	0
	Lag AP	0,001	0,463	0,013	0,446
	Sincronização ML	0,501	0,029	0,568	0,015
	Lag ML	0,1	0,45	-0,208*	0,782
	Simetria	0,927	0	0,921	0
3	Sincronização AP	0,364	0,084	0,896	0
	Lag AP	-0,464*	0,998	0,214	0,197
	Sincronização ML	0,813	0	0,668	0,005
	Lag ML	0,146	0,27	-0,05*	0,542
	Simetria	0,969	0	0,92	0

* Valores negativos devido a uma covariância média negativa entre itens

A Tabela 4 apresenta os valores de CCI *interday* e MMD de cada variável, calculados com intervalo de 95% de confiança, e respectivos valores de *p*.

Discussão

Para a análise dos dados, valores de CCI < 0,4 foram considerados como indicativos de baixa repetibilidade, entre 0,4 e 0,75 como boa repetibilidade e CCI > 0,75 como indicativos de repetibilidade excelente [11].

A sincronização ML do CP apresentou boa repetibilidade na CE1 do teste e do reteste. O lag AP e

lag ML foram as variáveis com os piores valores de CCI, com valores negativos inclusive, possivelmente devido ao pequeno número de sujeitos, o que impossibilita o uso desses valores como indicativos de repetibilidade. Já a simetria de descarga de peso corporal entre os MMII foi a variável que apresentou os melhores valores de CCI, com repetibilidade excelente em ambas as condições, tanto no teste quanto no reteste.

Ao analisar o CCI *interday*, os valores mais baixos foram encontrados para o lag AP na CE4 e lag ML na CE1 e CE4. As variáveis sincronização AP nas condições 1, 2 e 4 e sincronização ML na CE4 apresentaram boa repetibilidade. Excelente repetibilidade foi verificada para as variáveis sincronização AP na CE3, sincronização ML nas condições 1, 2 e 3, e lag ML na CE3. Assim como na análise da repetibilidade *intraday*, a simetria de descarga de peso apresentou repetibilidade excelente em todas as condições experimentais. As variáveis lag ML na CE2 e lag AP na CE3 apresentaram valores de CCI inválidos, pelas mesmas causas descritas anteriormente. Com relação à MMD, obtiveram-se valores muito distintos para uma mesma variável nas quatro condições.

Tabela 4: CCI *interday* e MMD nas quatro condições

CE	Variável	CCI	<i>P</i>	MMD
1	Sincronização AP	0,552	0,199	0,349
	Lag AP (s)	0,969	0,001	0,062
	Sincronização ML	0,842	0,032	6,986
	Lag ML (s)	0,342	0,329	19,787
	Simetria (%)	0,983	0	3,495
2	Sincronização AP	0,584	0,085	0,3
	Lag AP (s)	0,76	0,024	0,25
	Sincronização ML	0,831	0,01	0,065
	Lag ML (s)	-0,532*	0,89	-
	Simetria (%)	0,954	0	6,089
3	Sincronização AP	0,954	0,002	0,126
	Lag AP (s)	-0,158*	0,562	-
	Sincronização ML	0,935	0,005	2,619
	Lag ML (s)	0,869	0,022	12,579
	Simetria (%)	0,971	0,001	4,701
4	Sincronização AP	0,511	0,121	0,384
	Lag AP (s)	0,022	0,481	0,459
	Sincronização ML	0,542	0,104	4,746
	Lag ML (s)	0,246	0,297	39,149
	Simetria (%)	0,89	0,004	8,912

*Valores negativos devido a uma covariância média negativa entre itens

Essa grande variabilidade de valores entre as condições observada não apenas na MMD, como também nos valores de CCI *intraday* e *interday*, e nos próprios valores de mediana, mínimo e máximo, pode ser devida aos diferentes níveis de dificuldade de realização de cada condição e à variabilidade no tempo pós AVE dos participantes, cujos graus de *déficits* sensoriomotores podem ser diferentes. Não foram calculados os valores de MMD para as variáveis *lag* AP na CE3 e *lag* ML na CE 2 devido aos valores inválidos de CCI encontrados para essas variáveis.

Mudanças no equilíbrio podem ser detectadas também por outras avaliações clínicas, como a Escala do Equilíbrio de Berg (EEB), largamente utilizada para indivíduos pós AVE. Hiengkaew, Jitaree e Chaiyawat (2012) [12] avaliaram a confiabilidade teste-reteste e a MMD desse instrumento de avaliação em indivíduos pós AVE crônico, com diferentes graus de tônus muscular dos plantiflexores, e encontraram valores de CCI entre 0,90 e 0,99, sendo considerada uma medida confiável para detectar alterações de equilíbrio nessa população. Com relação ao presente estudo, acredita-se que os baixos valores de CCI teste e CCI reteste observados em algumas variáveis, assim como a grande variabilidade dos dados, devam-se ao limitado número de sujeitos, pois trata-se apenas de resultados preliminares.

Porém, o pequeno número de sujeitos por si só, não justifica os resultados, pois há estudos sobre a confiabilidade teste-reteste de variáveis tradicionais do CP, como amplitude e área de deslocamento, com número de sujeitos inferior a 10 [13, 14]. Além das variáveis estudadas, a diferença entre os estudos citados e o presente trabalho é que nesse foram avaliados indivíduos pós AVE, enquanto aqueles determinaram a repetibilidade para indivíduos hígidos. Espera-se uma variabilidade maior no comportamento de indivíduos neurologicamente acometidos do que no caso de indivíduos hígidos.

Apesar das limitações apontadas, a simetria de descarga de peso entre os MMII apresentou valores de CCI excelentes em todas as condições, tanto na análise *intraday* quanto *interday*, apontando para um potencial uso clínico dessa variável ao avaliar o equilíbrio de indivíduos pós AVE.

Conclusão

Foram apresentados os resultados preliminares referentes à repetibilidade *intraday* e MMD das variáveis sincronização AP e ML do CP, *lag* AP e ML de maior sincronização e simetria de descarga de peso entre os MMII, cujo trabalho final encontra-se em andamento.

Agradecimentos

Este trabalho teve apoio financeiro da CAPES (PROSUP) e Fundação Araucária (conv.016/2011-p.19076; conv. 07/2012).

Referências

- [1] Barela AMF, Duarte, M. Utilização da plataforma de força para a aquisição de dados cinéticos durante a marcha humana. *Brazilian Journal of Motor Behavior*. 1995; 6:56-61.
- [2] Mansfield A, Dannells CJ, Inness E, Mochizuki G, McIlroy WE. Between-limb synchronization for control of standing balance in individuals with stroke. *Clinical Biomechanics*. 2011; 26:312-317.
- [3] Genthon N, Rougier O, Gissot AS, Froger J, Péllissier J, Pérennou D. Contribution of Each Lower Limb to Upright Standing in Stroke Patients. *Stroke*. 2008; 39:1793-1799.
- [4] Mansfield A, Mochizuki G, Inness EL, McIlroy WE. Clinical correlates of between-limb synchronization of standing balance control and falls during inpatient stroke rehabilitation. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2012; 26(6):627-635.
- [5] 1ª Edição Luso Brasileira do VIM 2012.
- [6] Kesar TM, Binder-Macleod AS, Hicks GE, Reisman DS. Minimal detectable change for gait variables collected during treadmill walking in individuals post-stroke. *Gait and Posture*. 2011; 33(2):314-317.
- [7] Winter, D.A. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait and Posture*. 1995; 3(4):193-214.
- [8] Winter, D.A. Signal Processing. Em: *Biomechanical and Motor Control of Human Movement*. Canada: John Wiley and Sons: Canadá; 2009. p. 14-44.
- [9] McIlroy WE, Maki BE. Preferred placement of the feet during quiet stance: development of a standardized foot placement for balance testing. *Clinical Biomechanics*. 1997; 12:66-70.
- [10] Lu WS, Wang CH, Lin JH, Sheu CF, Hsieh CL. The minimal detectable change of the simplified stroke rehabilitation assessment of movement measure. *J Rehabil Med*. 2008; 40:615-619.
- [11] Fleiss JL. Reliability of Measurement. Em: *The Design and Analysis of Clinical Experiments*. 1ª ed. New York: John Wiley and Sons; 1999. p.1-28.
- [12] Hiengkaew V, Jitaree K, Chaiyawat P. Minimal Detectable Changes of the Berg Balance Scale, Fugl-meyer Assessment Scale, Timed “Up & Go” Test, Gait Speeds and 2-Minute Walk Test in Individuals with Chronic Stroke with different degrees of ankle plantarflexor tone. *Arch Phys Med Rehabil*. 2012; 93:1201-1208.
- [13] Lafond D, Corriveau H, Herbert R, Prince F. Intrasession Reliability of Center of Pressure Measures of postural Steadiness in Healthy Elderly People. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004; 85:896-901.
- [14] Geurts ACH, Nienhuis B, Mulder TW. Intrasubject variability of selected force-platform parameters in the quantification of postural control. *Arch Phys Med Rehabil*. 1993; 74:1144-1150.