

REPRODUTIBILIDADE DO SINAL DE ACELERAÇÃO DA MARCHA DO SENSOR EMBUTIDO NO DELSYS TRIGNO WIRLESS DE UM ADULTO E DE UM IDOSO

Ana Carolina Passos de Oliveira; Jerusa Petrovna Rezende de Lara; John Jairo Vilarejo Mayor
André Luiz Felix Rodacki

(Universidade Federal do Paraná, cpo.ana@hotmail.com)

Introdução

O processo de envelhecimento ocasiona diversas alterações nos sistemas humanos. Considerando o envelhecimento do ponto de vista biológico, evidencia-se o declínio dos sistemas vestibular, sensorial e motor (1). Em decorrência do declínio dos sistemas biológicos podem ocorrer modificações nos padrões de marcha (2) (DALEY; SPINKS, 2000).

A marcha humana compreende um sistema complexo, apesar de ser compreendida como uma atividade rotineira, esta é composta de uma sequência de movimentos. À medida que o corpo é impulsionado a frente, um membro é utilizado como apoio, enquanto o outro membro move-se até atingir um local de suporte. No momento em que ambos os membros estão em contato com o solo ocorre a transferência de peso, a essa sequência dá-se o nome de ciclo da marcha (2).

Dentre as possíveis alterações no padrão de marcha de idosos ressalta-se a redução da velocidade, alterações na fase de permanência em duplo apoio, redução da cadência e da largura da passada (3,4). Evidencia-se que tais alterações podem levar à redução da funcionalidade impactando fatores físicos, psicológicos e sociais e podendo ainda ser preditor de quedas (5,6). Sendo assim, a avaliação das alterações ocasionadas nos padrões de marcha pode ser empregada para compreensão do estado funcional do indivíduo e para prescrição de intervenções de reabilitação (7).

A avaliação da marcha pode ser realizada por diversas metodologias, entretanto, a maior parte dos métodos utilizados exige grande investimento e restringe as avaliações apenas a ambiente laboratorial (8). Logo, percebe-se que a possibilidade de utilizar metodologias alternativas se torna atrativo, de modo que sejam experimentados equipamentos de mais baixo custo, em comparação com os demais métodos, e que sejam possíveis de serem utilizados para coleta de dados em ambientes de vida cotidiana.

Os acelerômetros vêm sendo utilizados como ferramenta de análise de padrões biomecânicos, sendo um instrumento de baixo custo, se comparado os demais instrumentos e que permite a utilização tanto em ambientes laboratoriais quanto em ambientes da vida cotidiana (9). Em estudos recentes os acelerômetros vem sendo utilizados para mensuração de movimentos normais ou patológicos, demonstrando uma alta precisão do sinal de aceleração. Mercant e Vargas (2014)(10) avaliaram a diferença da aceleração do tronco de idosos frágeis e não frágeis, durante a realização de testes funcionais, a partir da utilização de um acelerômetro triaxial. Wile et al (2014)(11) utilizaram-se do sensor para diferenciar tremores essenciais e

tremores posturais de indivíduos com doença de Parkinson. Ainda, considerando a análise de marcha, o uso de acelerômetros vem sendo empregado em diversos estudos. Por exemplo, Gafurov; Snekkenes; Bours (2007)(12) utilizaram sensores de aceleração para reconhecimento do padrão de marcha de jovens em condição normal e durante o uso de mochilas. Greene et al.(2012)(13) avaliaram o risco de predisposição de quedas em idosos através do sinal de aceleração, em associação a outras metodologias de avaliação como o *Timed Up and Go* (TUG), concluindo que o uso de acelerômetros durante a realização de testes funcionais como o TUG podem fornecer informações mais robustas acerca do risco de quedas. Adicionalmente, Lee et al. (2010)(14) reconheceram os parâmetros espaço temporais da marcha de indivíduos saudáveis através do sinal de aceleração. Como resultado obteve-se 99,15% de exatidão no reconhecimento dos parâmetros analisados.

Entretanto a fim de garantir a confiabilidade dos sinais obtidos é preciso testar a reprodutibilidade dos dados, ou seja, a capacidade de se extrair informação repetível dos dados em diferentes instantes (15). Alguns sistemas baseados em sensores de acelerômetro, apesar de bem estabelecidos, necessitam de aprimoramento para a detecção das individualidades da população idosa (16). A confiabilidade do sinal de aceleração de outros fabricantes de acelerômetros comerciais vem sendo testada, mostrando alta reprodutibilidade dos sinais obtidos (16,17). Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a reprodutibilidade do sinal de aceleração durante a marcha utilizando o acelerômetro embutido no sensor *Trigno Wireless System Delsys*.

Metodologia

Amostra

A amostra foi composta de um sujeito idoso saudável (75 anos, 1,65 m e 65 kg do sexo masculino) e um sujeito adulto saudável (37 anos, 1,70 m e 80 kg do sexo feminino). Os critérios de inclusão foram idade igual ou superior a 60 anos para o sujeito idoso e 18 a 40 anos para o sujeito jovem, não apresentar distúrbios neurológicos, assim como déficit de marcha; déficit cognitivo; não fazer uso de auxílio de prótese/órtese para locomoção ainda não deveriam fazer uso de medicamentos que tenham efeitos comprovados sobre o equilíbrio como anti-depressivos, tranquilizantes, sedativos, anticoagulantes.

Materiais

Para coleta dos foram utilizados dois acelerômetros triaxiais embutidos no sensor *Delsys Trigno™ Wireless System*, com frequência de aquisição de 148 Hz.

Desenho experimental

A coleta dos dados da marcha foi realizada em um único dia, para tanto os acelerômetros foram posicionados no maléolo lateral de ambos os membros, no plano sagital e perpendicular ao pé. Inicialmente foi realizada a adaptação do sujeito ao ambiente, para tanto foi solicitado que o mesmo realizasse uma caminhada em velocidade auto selecionada por uma passarela de 9 m de comprimento. Após a etapa de adaptação, foi solicitado que o sujeito realizasse 100 ciclos de marcha iniciados com o membro direito e 100 ciclos de marcha iniciadas com o membro esquerdo em velocidade auto selecionada, totalizando 200 ciclos da marcha.

Processamento dos dados

O sinal de aceleração adquirido inicialmente passou por uma etapa de processamento, sendo digitalizado e filtrado utilizando um filtro passa baixa de tipo Butterworth de 2ª ordem com frequência de corte de 6 Hz em ambiente Matlab. Após a filtragem dos sinais as séries temporais foram divididas de acordo com as fases da marcha (apoio e balanço).

Análise estatística dos dados

A reprodutibilidade do sinal de aceleração foi testada nos eixos: progressão, médio lateral e vertical. Para tanto foi verificado o coeficiente de correlação intraclasse (ICC) nas 100 tentativas iniciadas com o membro direito e nas 100 tentativas iniciadas com o membro esquerdo, para testar a reprodutibilidade do sinal de aceleração da marcha considerando as saídas com os diferentes membros. Para tanto utilizou-se o software estatístico SPSS 18.0.

A confiabilidade do sinal foi determinada segundo a classificação de Weir (2005) apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores do ICC de acordo com os critérios estabelecidos por Weir (2005)

Valores	Confiabilidade
1,00 a 0,81	Confiabilidade excelente
0,80 a 0,61	Confiabilidade muito boa
0,60 a 0,41	Confiabilidade boa
0,40 a 0,21	Confiabilidade razoável
0,20 a 0,00	Confiabilidade pobre

Resultados e Discussão

Considerando o objetivo do estudo de avaliar a reprodutibilidade do sinal de aceleração durante a marcha utilizando o acelerômetro embutido no sensor Trigno Wireless System Delsys, os resultados obtidos são apresentados a seguir.

Os dados do coeficiente de correlação intraclasse, medidos a partir do sinal de aceleração dos 200 ciclos de marcha de ambos os sujeitos, estão apresentados na Tabela 2. Considerando os parâmetros estabelecidos por Weir (2005), observou-se confiabilidade excelente nos três eixos do movimento (antero posterior, médio lateral e vertical) para os sujeitos jovem e idoso.

Tabela 2- Reprodutibilidade do sinal de aceleração durante o ciclo de marcha

Fase	Ciclo	Eixo	Adulto		Idoso	
			ICC	F	ICC	F
Apoio	Direito	x	0,994	159,43	0,999	817,66
		y	0,994	180,78	0,996	266,29
		z	0,991	106,56	---	---
	Esquerdo	x	0,994	178,43	0,999	870,68
		y	0,995	192,04	0,993	151,90
		z	0,992	117,71	0,997	385,11
Balanço	Direito	x	0,993	134,94	0,966	29,348
		y	0,992	130,03	0,998	633,05
		z	0,994	161,76	---	---
	Esquerdo	x	0,992	128	0,998	524,06
		y	0,989	89,13	0,999	677,14
		z	0,946	18,516	0,998	598,60

Embora o fabricante e modelo do acelerômetro utilizados neste estudo diferissem dos utilizados em estudos anteriores, os achados do presente trabalho estão em consonância com os de outros autores que utilizaram sensores de acelerômetro comerciais para determinação de características espaço temporais da marcha em diferentes condições, como velocidade rápida e diferentes superfícies, demonstrando boa reprodutibilidade do sinal obtido (16–18).

Ainda, é importante ressaltar que os valores de reprodutibilidade obtidos são mensurados a partir de dados de medidas repetidas dos ciclos da marcha. Observa-se que os achados foram semelhantes para ambos os sujeitos. De acordo com Hartmann et al. (2009)(16) a heterogeneidade da amostra pode demonstrar maior exatidão do sinal, pois apesar de haver um padrão de marcha conhecido é preciso considerar as características individuais que podem levar a pequenas diferenças do padrão executado. Desta forma, quanto mais heterogênea a amostra maior é considerada a confiabilidade relativa.

Ressalta-se que a aquisição de parâmetros de reprodutibilidade é essencial para a garantia de que as possíveis diferenças observadas no desempenho da marcha entre as sessões de teste sejam reflexo das mudanças reais na função locomotora, e que não estejam relacionados ao método de mensuração (18).

Considerando a excelente reprodutibilidade do sinal da marcha em velocidade habitual obtida neste trabalho, é importante a realização do teste de reprodutibilidade do acelerômetro em questão em condições desafiadoras, como por exemplo velocidade rápida, caminhada em condição de dupla tarefa e em diferentes superfícies.

Conclusões

A partir dos resultados da análise de reprodutibilidade, a medição dos ciclos de marcha utilizando o sinal de aceleração obtidos através do sensor de acelerômetro embutido no sensor *Trigno Wireless System Delsys*, demonstra que as medidas intra-sujeito tiveram reprodutibilidade excelente. Assim a utilização desta metodologia, fornece dados quantitativos capazes de fornecer a avaliação consistente da marcha.

Referências Bibliográficas

1. Pijnappels M, Reeves ND, Maganaris CN, van Dieën JH. Tripping without falling; lower limb strength, a limitation for balance recovery and a target for training in the elderly. *J Electromyogr Kinesiol*. 2008;18(2):188–96.
2. Daley MJ, Spinks WL. Exercise, mobility and aging. *Sport Med (Auckland, NZ)*(Auckland, NZ). 2000;29(1):1–12.
3. Verlinden VJA, Geest JN Van Der, Hoogendam YY, Hofman A, Breteker MMB, Ikram MA. Gait & Posture Gait patterns in a community-dwelling population aged 50 years and older. *Gait Posture* [Internet]. 2013;37(4):500–5. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.gaitpost.2012.09.005>
4. Frimenko R, Goodyear C, Bruening D. Interactions of sex and aging on spatiotemporal metrics in non-pathological gait : a descriptive meta-analysis. *Physiotherapy* [Internet]. 2015;101(3):266–72. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physio.2015.01.003>
5. Callisaya ML, Blizzard L, Schmidt MD, Mcginley JL, Lord SR, Srikanth VK. A population-based study of sensorimotor factors affecting gait in older people. *Age Ageing*. 2009;38(3):290–5.
6. Gobbens RJJ, van Assen MALM, Luijkx KG, Wijnen-Sponselee MT, Schols JMGA. The tilburg frailty indicator: Psychometric properties. *J Am Med Dir Assoc* [Internet]. 2010;11(5):344–55. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jamda.2009.11.003>

7. Freitas SMSF, Bagesteiro LB, Alouche SR. Gait characteristics of younger-old and older-old adults walking overground and on a compliant surface. 2012;16(5):375–80.
8. Bruxel Y. Sistema para análise de impacto na marcha humana. Univ Fed do Rio Gd do Sul Esc Eng Curso Eng Elétrica [Internet]. 2010;1–86. Available from: <http://hdl.handle.net/10183/61788>
9. Mathie MJ, Coster ACF, Lovell NH. Accelerometry : providing an integrated , practical method for long-term , ambulatory monitoring of human movement. *Physiol Meas*. 2004;25.
10. Mercant A, Cuesta-vargas AI. Differences in trunk accelerometry between frail and non-frail elderly persons in functional tasks. 2014;1–9.
11. Wile DJ, Ranawaya R, Kiss ZHT. Smart watch accelerometry for analysis and diagnosis of tremor. *J Neurosci Methods* [Internet]. 2014;230:1–4. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jneumeth.2014.04.021>
12. Gafurov D, Snekenes E, Bours P. Gait authentication and identification using wearable accelerometer sensor. 2007 IEEE Work Autom Identif Adv Technol - Proc. 2007;220–5.
13. Greene BR, Doheny EP, Walsh C, Cunningham C, Crosby L, Kenny RA. Evaluation of falls risk in community-dwelling older adults using body-worn sensors. *Gerontology*. 2012;58(5):472–80.
14. Lee JA, Cho SH, Lee YJ, Yang HK, Lee JW. Portable activity monitoring system for temporal parameters of gait cycles. *J Med Syst*. 2010;34(5):959–66.
15. Hefherd CAMS, Orgsmiller JAKEAB, Ason MELM, Iner RERR, Illiland LAG, Risewold SHG. FRONT SQUAT DATA REPRODUCIBILITY COLLECTED WITH A TRIPLE-AXIS ACCELEROMETER. 2012;40–6.
16. Hartmann A, Murer K, Bie RA De, Bruin ED De. Reproducibility of spatio-temporal gait parameters under different conditions in older adults using a trunk tri-axial accelerometer system. 2009;30:351–5.
17. Osaka H, Shinkoda K, Watanabe S, Fujita D, Kobara K, Yoshimura Y. Intra-rater and inter-rater reliabilities of real-time acceleration gait analysis system. 2014;1–6.
18. Menz HB, Latt MD, Tiedemann A, Mun M, Kwan S, Lord SR. Reliability of the GAITRite® walkway system for the quantification of temporo-spatial parameters of gait in young and older people. 2004;20:20–5.