

CONFIABILIDADE ENTRE SESSÕES DE AVALIAÇÃO DE EQUILÍBRIO COM TOBTRAINER^{MR}



ARTIGO ORIGINAL

INTER-SESSION RELIABILITY OF BALANCE ASSESSMENT WITH TOBTRAINER^{MR}

Claudio Oyarzo Mauricio
(Fisioterapeuta)¹
Mercedes Schmitt Rungue
(Fisioterapeuta)¹
Roberto Larraguibel
(Cientista da computação)²
Daniel Rojano Ortega (Físico)³
Francisco José Berral de la Rosa
(Médico)³

1. Universidade Finis Terrae, Santiago, Chile.
2. ARTOficio, Santiago, Chile.
3. Universidade Pablo de Olavide, Sevilha, Espanha.

Correspondência:

Daniel Rojano Ortega
Universidade Pablo de Olavide,
Sevilha, Espanha.
c/ María Fulmen,
Edifício Los Granados, bloco 2 1º E
41019-Sevilla, Espanha.
E-mail: drojor@upo.es

RESUMO

Introdução: Um novo dispositivo para a avaliação e equilíbrio dinâmico de formação, o TOBtrainer^{MR}, foi recentemente desenvolvido. **Objetivo:** Avaliar a confiabilidade entre sessões de avaliação de equilíbrio usando o TOBtrainer^{MR}. O estudo também tem a finalidade de dar contagens de erro para que verdadeiras mudanças no desempenho possam ser identificadas. **Métodos:** Trinta indivíduos sedentários saudáveis (nove homens, 21 mulheres com idade de $27,9 \pm 2,9$ anos) participaram deste estudo. O TOBtrainer^{MR} foi usado para avaliar o equilíbrio no plano medial-lateral com os olhos abertos (MLOA) e com os olhos fechados (MLOF) e no plano anteroposterior com os olhos abertos (APOA) e com os olhos fechados (APOF). Os indivíduos foram instruídos para estar em posição ereta com braços ao longo do corpo e mãos lateralmente tentando manter a estabilidade da plataforma. Todos os dados foram registrados com o *software* TOBT. **Resultados:** As amostras foram relacionadas, testes *t* avaliados, efeitos de aprendizagem e coeficientes de correlação intraclassa avaliados na sua confiabilidade. Erros padrão de medição e menores diferenças detectáveis foram calculadas para avaliar o erro de medição. Não foram encontradas diferenças significativas de medição entre a primeira e a segunda sessão. Os coeficientes de correlação intraclassa, os erros padrão de medição e as menores diferenças detectáveis para as quatro modalidades medidas variavam de 0,71, 0,83, 0,32° a 0,80° e 0,90° a 2,22°, respectivamente. **Conclusões:** A confiabilidade entre sessões para avaliação de equilíbrio utilizando o TOBtrainer^{MR} foi boa. Futuros investigadores têm agora dados de referência para avaliar se as diferenças de duas diferentes pontuações são reais ou se devem ao erro de medição e que mudanças são necessárias na pontuação do sujeito para se ter certeza de que ocorreu uma mudança real.

Palavras-chave: equilíbrio, controle postural, confiabilidade.

ABSTRACT

Introduction: A new device for assessing and training dynamic balance, the TOBtrainer^{MR}, has been recently developed. **Objective:** To assess the inter-session reliability of balance assessment using the TOBtrainer^{MR}. The study has also the purpose of giving error scores so that true changes in performance can be identified. **Methods:** Thirty healthy sedentary subjects (nine males, 21 females, age = 27.9 ± 2.9 years) participated in this study. The TOBtrainer^{MR} was used to assess balance in the medial-lateral plane with eyes open (MLEO) and with eyes closed (MLEC), and in the anterior-posterior plane with eyes open (APEO) and with eyes closed (APEC). Subjects were instructed to be in a double-limb standing position with the hands at their sides trying to maintain platform stability. All the data were registered with the TOBT software. **Results:** The samples were correlated, t-Tests assessed, learning effects and Intraclass Correlation Coefficients assessed in their reliability. Standard Errors of Measurement and Smallest Detectable Differences were calculated to assess measurement error. No significant differences between the first and the second session measurements were found. The Intraclass Correlation Coefficients, the Standard Errors of Measurement and the Smallest Detectable Differences for the four modalities measured ranged from 0.71 to 0.83, 0.32° to 0.80° and 0.90° to 2.22°, respectively. **Conclusions:** Inter-session reliability for balance assessment using the TOBtrainer^{MR} was good. Future researchers have now reference data to evaluate whether differences in two different scores are real or due to measurement error and what changes are needed in a subject's score to be sure that a real change has occurred.

Keywords: balance, postural control, intraclass correlation coefficient.

Artigo recebido em 06/06/2012, aprovado em 07/12/2012.

INTRODUÇÃO

Equilíbrio é uma necessidade básica humana que permite manter o centro do peso corporal sobre a base de apoio¹⁻³. O controle de equilíbrio é geralmente definido como uma habilidade motora complexa que envolve a integração de informações sensoriais, a elaboração de uma resposta do sistema nervoso central e a capacidade motora de executar essa resposta para que objetivos posturais sejam alcançados^{1,3}. Distúrbios de equilíbrio em idosos têm sido amplamente estudados¹⁻⁸. Além disso,

existem vários estudos sobre equilíbrio na população ativa e esportiva que estabeleçam relações com prevenção e recuperação de lesões⁹⁻¹².

Estaticamente falando, equilíbrio pode ser definido como a habilidade de manter uma base de apoio com movimento mínimo e dinamicamente, como a habilidade de executar uma tarefa durante a manutenção de uma posição estável^{13,14}. Vários testes foram desenvolvidos para avaliar equilíbrio estático e dinâmico. Alguns deles são especialmente utilizados com idosos e provaram ser úteis na predição

de quedas. Exemplos desses tipos de testes são o teste de Romberg, o teste de Tinetti, o teste de Levantar e Correr, o teste de Alcance Funcional e o teste de Bestest¹⁵⁻²⁰. Alguns outros como o teste de Equilíbrio da Estrela^{12,16} são utilizados com uma população mais ativa. Existem também sistemas mais sofisticados que avaliam equilíbrio quantitativa e qualitativamente, como o *AMTI AccuSway Plus* Plataforma de Força, o NeuroCom Equiteste, o Biodex Sistema de Estabilidade, o Habilidade Cinestética Trainer 2000 e o Balance Master²⁰⁻²⁶.

Com a utilização de alguns desses sistemas, como o Sistema de Estabilidade Biodex, condições de equilíbrio dinâmico foram investigadas, gerando instabilidade através do instrumento em si¹³. Seguindo tal linha de pensamento, um novo instrumento para avaliação e treinamento de equilíbrio dinâmico, o TOBtrainer^{MR} foi desenvolvido e patenteado por Pablo de Olavide na Universidade de Sevilha, Espanha. O TOBtrainer^{MR} é pelo menos três vezes menos caro do que a maioria dos instrumentos mencionados acima, além de ser de fácil transporte (somente 7 kg de peso).

O objetivo do presente estudo é avaliar a confiabilidade entre sessões de avaliação de equilíbrio utilizando o TOBtrainer^{MR}. A participação do avaliador se limitou ao fornecimento de instruções aos sujeitos, o que torna a avaliação quase independente do avaliador. Além disso, os autores têm o objetivo de oferecer escores de erros para que verdadeiras alterações em desempenho possam ser identificadas.

MÉTODOS

Sujeitos

Trinta sujeitos saudáveis (nove homens, 21 mulheres, idade = 27,9 ± 2,9 anos) sem envolvimento em atividade física mais do que duas vezes por semana e nunca tendo sido considerados atletas de elite, participaram deste estudo. Nenhum deles havia reportado lesão de extremidade inferior ou coluna vertebral nos seis meses anteriores. Nenhum deles havia sofrido disfunção do sistema nervoso central, nem visual ou vestibular ou havia consumido alguma droga que poderia alterar o equilíbrio. Todos os sujeitos forneceram consentimento escrito para participar do estudo, de acordo com a Declaração de Helsinki Revisada em 2008.

Instrumentos

O TOBtrainer^{MR} é uma plataforma de fibra de vidro de 40 cm por 40 cm com 12 níveis de inclinação unidirecional, que pode ser medial-lateral um (ML) ou anteroposterior um (AP), dependendo da posição do sujeito sobre a plataforma. Ela possui três raios de curvatura (25 cm, 15 cm e 10 cm) para aumento do nível de dificuldade e pode ainda avaliar o equilíbrio em qualquer posição.

O TOBtrainer^{MR} possui um acelerômetro (ADXL105) o qual pode ser conectado a dois microcontroladores, PIC16F877A ou PIC16F876A. O primeiro possui uma taxa de amostragem de 20 Hz, é utilizado sem computador, possui duas modalidades (avaliação e treinamento) e apresenta as informações no mostrador do instrumento (figura 1). O segundo é somente utilizado para avaliações, possui uma taxa de amostragem de 40 Hz e necessita de um computador acoplado a ele. Ambos os microcontroladores podem ser utilizados com uma referência visual para auxiliar o sujeito a melhorar seu equilíbrio.

Procedimento de testagem

O protocolo de teste consistiu de duas sessões, separadas por um intervalo de tempo de três semanas. Cada sessão consistia de três testes de 20 segundos para cada modalidade, utilizando o rádio de curvatura de 15 cm (nível de dificuldade médio). As quatro modalidades eram medial-lateral com olhos abertos (MLOA), medial-lateral com



Figura 1. TOBtrainer^{MR} utilizado sem computador.

olhos fechados (MLOF), anteroposterior com olhos abertos (APOA) e anteroposterior com olhos fechados (APOF). Os testes foram executados na seguinte ordem: MLOA, MLOF, APOA e APOF.

Todos os testes foram executados em uma sala fechada com boa iluminação. Não havia distrações visuais ou sonoras. Os sujeitos eram então instruídos a ficarem em posição de pé sobre os dois membros com as mãos ao lado tentando manter estabilidade na plataforma. Para tal, eles eram auxiliados por uma referência visual que consistia em um sinal luminoso que permanecia no meio da tela quando a plataforma ficava no plano horizontal. Caso os sujeitos não conseguissem manter posição bilateral na plataforma, a tentativa era descartada.

Antes do início dos testes, o protocolo de teste era explicado para todos os sujeitos e os mesmos executavam um teste de familiarização de 20 segundos imediatamente antes do teste de cada modalidade.

Um microcontrolador PIC16F876 foi utilizado para que a taxa de amostragem fosse de 40 Hz. Todos os dados foram registrados com o *software* TOBT. O valor médio do desvio angular foi admitido para cada teste e para cada modalidade o melhor resultado dos três testes foi utilizado. Um intervalo de 60 segundos foi feito entre os testes, enquanto um intervalo de cinco minutos foi feito entre as modalidades.

Análise estatística

A análise estatística foi feita com o programa SPSS para *Windows*, versão 17.0. As médias e desvios padrão de todas as variáveis foram medidos. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado para verificar normalidade de todas as variáveis, e como esta condição era sempre verificada, teste *t* de amostras pareadas foi utilizado para comparação da primeira com a segunda medida com o objetivo de descartar quaisquer diferenças sistemáticas devido aos efeitos de aprendizagem. O nível de significância dos testes foi estabelecido em $p < 0,05$. Um modelo de coeficiente de correlação intraclasse de duas vias (2,1) (CCI) foi utilizado para avaliar a confiabilidade. Os seguintes critérios foram estabelecidos para os valores de CCI²⁷:

- Ruim: $CCI < 0,40$;
- Regular: $0,40 \leq CCI < 0,70$;
- Bom: $0,70 \leq CCI < 0,90$;
- Excelente: $CCI \geq 0,90$.

A partir dos valores de CCI, calculamos o erro padrão de medida (EPM) e menor diferença detectável (MDD) através das seguintes fórmulas²⁸:

$$\begin{aligned} \text{EPM} &= \text{DP} \sqrt{1 - \text{CCI}} \\ \text{MDD} &= \text{EPM} \cdot 1,96 \cdot \sqrt{2} \end{aligned}$$

Onde DP é o desvio padrão dos escores de todos os sujeitos.

RESULTADOS

A tabela 1 apresenta a média e o desvio padrão para as quatro modalidades em ambas as sessões. Os testes *t* de amostras relacionadas não revelaram diferenças entre as medidas da primeira e da segunda sessão ($p < 0,01$), evidenciando que não houve diferenças entre ambas as sessões devido aos efeitos de aprendizado. Os valores de CCI para avaliação de confiabilidade entre as sessões 1 e 2 variaram entre 0,71 (para MLOF) e 0,83 (para MLOA). A tabela 2 apresenta os valores de CCI, EPM e MDD para todas as variáveis medidas.

Tabela 1. Média e desvio padrão para as quatro modalidades nas sessões 1 e 2.

Modalidades	Sessão 1	Sessão 2
	Média ± desvio padrão	Média ± desvio padrão
MLOA	2,81 ± 0,74	2,81 ± 0,84
MLOF	9,31 ± 1,60	9,17 ± 1,39
APOA	2,67 ± 0,94	2,58 ± 0,77
APOF	8,80 ± 1,49	8,52 ± 1,45

MLOA: medial-lateral olhos abertos; MLOF: medial-lateral olhos fechados; APOA: anterior-posterior olhos abertos; APOF: anterior-posterior olhos fechados.

Tabela 2. Confiabilidade e medida de erro para as quatro modalidades.

Modalidades	CCI	EPM	MDD
MLOA	0,83	0,32	0,90
MLOF	0,71	0,80	2,22
APOA	0,82	0,36	1,01
APOF	0,76	0,72	1,99

CCI: coeficiente de correlação intra-classe; EPM: erro padrão de medida; MDD: menor diferença detectável; MLOA: medial-lateral olhos abertos; MLOF: medial-lateral olhos fechados; APOA: anterior-posterior olhos abertos; APOF: anterior-posterior olhos fechados.

DISCUSSÃO

Em relação à nossa avaliação de equilíbrio dinâmico, os valores de CCI encontrados para MLOA, MLOF, APOA e APOF variaram entre 0,71 e 0,83, o que significa que a confiabilidade após três semanas de intervalo foi boa. Tais resultados estão de acordo com os encontrados por Mattacola *et al.*²⁴, que obtiveram um CCI de 0,78 para o protocolo dinâmico de dois membros com olhos abertos e 0,84 para o protocolo dinâmico de dois membros com olhos fechados utilizando o Sistema de Equilíbrio Chattecx. O EPM descreve dentro de qual variação o escore

verdadeiro de um sujeito mentirá como resultado de uma impossibilidade de confiança da avaliação. A MDD é um índice que mostra a diferença necessária entre escores separados de um sujeito para que a diferença nesses escores seja considerada real. O CCI é sem unidade, mas o EPM e a MDD apresentam as mesmas unidades da medida de interesse, e acreditamos que esses sejam mais úteis do que o próprio CCI. Uma limitação importante de nosso estudo é que a quantidade de condições testadas foi bem pequena. Avaliações de equilíbrio devem também considerar a forma como as estratégias de equilíbrio modificam com alterações no apoio, nas condições sensoriais e nas limitações da tarefa. Além disso, esses resultados foram obtidos de uma população saudável e jovem e não é claro se os resultados teriam sido semelhantes com uma população mais velha ou uma população com distúrbios de equilíbrio. Outra possível limitação é a escolha do rádio de curvatura para o ajuste do nível de dificuldade. Nossos sujeitos não estavam envolvidos em atividade física mais extensa do que duas vezes por semana, logo, teria sido possível encontrar valores de CCI mais altos utilizando um rádio de curvatura de 25 cm. Alguns autores^{29,30} relataram boa confiabilidade quando utilizaram um nível de estabilidade estável com o Biodex, mas Pereira *et al.*²⁵ afirmam que o protocolo de estabilidade decrescente poderia ser uma melhor escolha para sujeitos que participam de esportes, uma vez que é difícil escolher qual nível de estabilidade melhor representa sua realidade. A utilização de um protocolo semelhante com o TOBTrainer^{MR} poderia também ser a melhor maneira de avaliar o equilíbrio em populações esportivas.

CONCLUSÃO

Apesar da existência de certa variabilidade na avaliação de equilíbrio utilizando o TOBTrainer^{MR}, os valores de CCI encontrados em nosso estudo apresentam boa confiabilidade. Uma vez que não existem estudos anteriores com o TOBTrainer^{MR}, não há também valores do EPM e MDD prévios. Pesquisadores futuros terão, de hoje em diante, dados de referência para avaliar dentro de qual variação um escore real de um sujeito mentirá e se diferenças em dois escores são reais ou devido a um erro de medição.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.

REFERÊNCIAS

- Horak F. Clinical assessment of balance disorders. *Gait Posture* 1997;6:76-84.
- Peterka R, Loughlin P. Dynamic Regulation of Sensorimotor Integration in Human Postural Control. *J Neurophysiol* 2004;91:410-23.
- Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture* 1995;3:193-214.
- Castillo A, D'Andréa J, Camanho, G. Evaluating the Center of Gravity of Dislocations in Soccer Players With and Without Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament using a Balance Platform. *Clinics* 2009;64:163-70.
- Gribble PA, Hertel J, Denegar CR, Buckley WE. The Effects of Fatigue and Chronic Ankle Instability on Dynamic Postural Control. *J Athl Train* 2004;39:321-9.
- Luoto BM. One-footed and externally disturbed two-footed postural control in patients with chronic low back pain and healthy control subjects. *Spine* 1998;23:2081-9.
- Mok NW, Brauer SG, Hodges PW. Hip strategy for balance control in quiet standing is reduced in people with low back pain. *Spine* 2004;11:107-12.
- Prioli A, Freitas Júnior P, Barela J. Physical Activity and Postural Control in the Elderly: Coupling between Visual Information and Body Sway. *Gerontology* 2005;51:145-8.
- Emery CA, Meeuwisse WH. The effectiveness of a neuromuscular prevention strategy to reduce injuries in youth soccer: a cluster-randomised controlled trial. *Br J Sports Med* 2010;44:555-62.
- McGuide T, Keene J. The Effect of a Balance Training Program on the Risk of Ankle Sprains in High School Athletes. *Am J Sports Med* 2006;34:1003-111.
- Pasanen K, Parkkari J, Pasanen M, Hiioloskorpi H, Mäkinen T, Järvinen M, *et al.* Neuromuscular training and the risk of leg injuries in female floorball players: cluster randomised controlled study. *Br J Sports Med* 2008;42:802-6.
- Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, Underwood FB. Star Excursion Balance Test as a Predictor of Lower Extremity Injury in High School Basketball Players. *J Orthop Sports Phys Ther* 2006;36:911-9.
- Ricotti L. Static and dynamic balance in young athletes. *J Hum Sport Exerc* 2011;6:16-28.
- Winter DA, Patla AE, Frank JS. Assessment of balance control in humans. *Med Prog Technol* 1990;16:31-51.
- Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, Studenski S. Functional Reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol* 1990;45:192-7.
- Gribble P, Hertel J. Considerations for Normalizing Measures of the Star Excursion Balance Test. *Meas Phys Educ Exerc Sci* 2003;7:89-100.
- Horak FB, Wrisley DM, Frank J. The Balance Evaluation System Test (BESTest) to differentiate balance deficits. *Phys Ther* 2009;89:484-98.
- Tinetti ME. Performance-oriented assessment of mobility problems in elderly patients. *J Am Geriatr Soc* 1986;24:119-26.
- Whitney J, Lord S, Close J. Streamlined assessment and intervention in a falls clinic using the Timed Up and Go Test and Physiological Profile Assessment. *Age Ageing* 2005;34:567-71.
- Yim-Chiplins P, Talbot L. Defining and Measuring Balance in Adults. *Biol Res Nurs* 2000;1:321-31.
- Arnold BL, Schmitz RJ. Examination of Balance Measures Produced by Biodex Stability System. *J Athl Train* 1998;33:323-7.
- Artuso A, Garozzo A, Contucci A, Frenguelli A, Di Girolamo S. Role of dynamic posturography (Equietest) in the identification of feigned balance disturbances. *Acta Otorhinolaryngol Ital* 2004;24:8-12.
- Ekdahl C, Jarnlo GB, Andersson SI. Standing balance in healthy subjects. Evaluation of a quantitative test battery on a force platform. *Scand J Rehabil Med* 1989;21:187-95.
- Mattacola CG, Lebsack DA, Perrin DH. Intertester Reliability of Assessing Postural Sway Using the Chattecx Balance System. *J Athl Train* 1995;30:237-42.
- Pereira HM, De Campos TF, Santos MB, Cardoso JR, Garcia MC, Cohen M. Influence of knee position on the postural stability index registered by the Biodex Stability System. *Gait Posture* 2008;28:668-72.
- Walker C, Brouwer B, Gulham E. Use of Visual Feedback in Retraining Balance Following acute Stroke. *Phys Ther* 2000;80:886-95.
- Munro AG, Herrington LC. Between-session reliability of the star excursion balance test. *Phys Ther Sport* 2010;11:128-32.
- Weir JP. Quantifying Test-Retest Reliability Using the Intraclass Correlation Coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res* 2005;19:231-40.
- Cachupe W, Shifflett B, Kahanov L, Wulghalter E. Reliability of biodex balance system measures. *Meas Phys Educ Exerc Sci* 2001;9:240-52.
- Pincivero D, Lephart SM, Henry TJ. Learning effects and reliability of the biodex stability system. *J Athl Train* 1995;30:535.

ERRATA

Na RBME, volume 19, nº 5, setembro/outubro de 2013, página 376 - "Confiabilidade entre sessões de avaliação de equilíbrio com TOBTrainer^{MR}", o nome do autor Francisco José Berral de la Rosa (Médico)³, deverá ser incluído e a formação do autor Daniel Rojano Ortega deverá ser modificada para (Físico). Ficando os autores da seguinte forma e ordem:

Claudio Oyarzo Maurício (Fisioterapeuta)¹, Mercedes Schmitt Rungue (Fisioterapeuta)¹, Roberto Larraguibel (Cientista da computação)², Daniel Rojano Ortega (Físico)³, Francisco José Berral de la Rosa (Médico)³