

Será que a avaliação da simetria em atletas antes e depois de uma intervenção de manipulação da coluna lombar, é confiável e reprodutível?

Autores

Bruno Araújo Procópio de Alvarenga¹; Jerusa Petrovina Lara²; Filipa Oliveira da Silva João¹;
António Prieto Veloso¹

brunofisioquiro@gmail.com

Resumo

Desenho do Estudo - Foi realizado um estudo de confiabilidade intra-avaliador e teste-reteste da simetria dos testes de desempenho físico em ações estáticas e dinâmicas, antes e depois de uma intervenção terapêutica de manipulação da coluna vertebral lombar em atletas assintomáticos.

Objetivo - O objetivo deste estudo foi avaliar a confiabilidade intra-avaliador e teste e reteste das medidas de simetria dos testes de desempenho físico antes e depois da manipulação da coluna vertebral lombar em atletas.

Estado da Arte - Em contextos clínicos e desportivos, a avaliação da confiabilidade e os erros de medida dos observadores e dos instrumentos biomecânicos de medida, nomeadamente em testes de desempenho físico entre as intervenções terapêuticas da medicina desportiva, são essenciais para a reprodutibilidade e para o estabelecimento de protocolos de reabilitação em termos de assimetria bilateral em atletas.

Métodos - Vinte jovens atletas assintomáticos realizaram testes de simetria, em ações estáticas, dinâmicas e explosivas, nomeadamente na postura estática, no agachamento livre e no salto vertical contramovimento (CMJ), duas vezes (pré e pós) a intervenção de manipulação da coluna lombar. A confiabilidade intra-avaliador e teste-reteste da simetria cinética e cinemática dos testes de desempenho físico foi avaliada por confiabilidade relativa e absoluta em cálculos estatísticos com intervalos de confiança de 95%.

Resultados - A simetria 1, apresentou boa à excelente confiabilidade relativa de acordo com o coeficiente de correlação intra-classe (ICC's .71 a .92). A simetria 2 apresentou aceitável à excelente confiabilidade relativa de acordo com o coeficiente de correlação intra-classe (ICC's

¹ Laboratório de Biomecânica e Morfologia Funcional FMH - Faculdade de Motricidade Humana – Universidade de Lisboa, Portugal.

² Departamento de Biodinâmica, Faculdade de Ciências do Desporto, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Brasil

de 0,61 a 0,93). Os baixos valores de erro das medidas e das mudanças mínimas detectáveis, foram observadas na simetria teste e re-teste (cinética e cinemática). Os limites de concordância entre as medições dos participantes indicaram 62% da proporção de concordância, demonstrando confiabilidade das medidas avaliadas.

Conclusões - Valores aceitáveis de confiabilidade relativa e absoluta foram encontrados pelo avaliador em medidas de simetria teste-reteste em atletas. A simetria dos testes de desempenho físico realizados e demonstraram ser um método confiável e reproduzível em protocolos de avaliação da simetria em atletas, de acordo com os valores suportados na literatura. Ainda assim, são necessários outros estudos de viabilidade e confiabilidade para abordar as limitações desse estudo.

Palavras-chave: ICC, confiabilidade, reprodutibilidade, assimetria bilateral, performance, terapia de manipulação vertebral, reabilitação desportiva

INTRODUÇÃO

Em contextos clínicos e desportivos, a avaliação dos erros de confiabilidade das medidas dos observadores e dos instrumentos biomecânicos em testes físicos são essenciais para o estabelecimento de protocolos de reabilitação, nomeadamente em termos de assimetria bilateral em atletas⁽¹⁻⁴⁾. O foco é melhorar as capacidades individuais em termos de proficiência e consistência de técnicas, especialmente em relação à simetria cinética e cinemática através da avaliação das condições músculo-esqueléticas dos atletas. Esses testes usam uma descrição quantitativa de parâmetros de simetria normais e anormais e estão associados ao desempenho físico e desportivo⁽⁵⁾.

No entanto, muitos dos instrumentos e técnicas de medição relacionados aos testes de desempenho físico não estão completamente estabelecidos e frequentemente foram usados sem validação e estratégias para resolver os possíveis vies⁽¹⁶⁾. Além disso, estudos com grandes erros de medição detectáveis e baixa confiabilidade, particularmente para um contexto de pesquisa clínica e esportiva, podem levar a uma subestimação dos resultados e obscurecer efeitos reais⁽¹⁶⁾. Nesse sentido, a confiabilidade também é essencial para o observador/avaliador, parâmetros biomecânicos medidos e instrumentos, porque se refere à reprodutibilidade e à consistência da precisão em medições.

De acordo com a literatura⁽¹⁷⁾, poucos estudos fizeram comparações entre atletas em relação aos padrões de simetria nos testes físicos, e de acordo com o nosso conhecimento, e nenhum estudo avaliou assimetria e as possíveis estratégias de intervenção terapêutica. Pouco se sabe sobre a confiabilidade intra-avaliador e teste-reteste de simetria entre a intervenção terapêutica de manipulação da coluna vertebral lombar. Até onde sabemos, não há estudo que avalie a confiabilidade dos testes de simetria padronizados, conforme descrito em nosso protocolo e sua aplicação em diferentes contextos e populações. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a confiabilidade e reprodutibilidade da simetria dos testes de desempenho físico entre a manipulação da coluna lombar nos atletas participantes.

MÉTODO

Os participantes foram recrutados por meio de anúncios públicos no Centro de Alto Rendimento (CAR), e na Universidade de Lisboa, Portugal, de acordo com o processo de elegibilidade dos participantes.

Os padrões éticos foram aplicados de acordo com as Declarações de Helsinque e o protocolo de pesquisa foi aprovado pelo Conselho de Ética, Faculdade de Motricidade Humana (FMH), Universidade de Lisboa. Registrado pelo ISRCTN47602572.

Todos os participantes foram informados dos procedimentos e riscos do estudo e assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido antes de sua inscrição no estudo.

Crítérios de elegibilidade

Os participantes eram atletas de ambos os sexos, masculino e feminino com idades entre 18 e 35 anos, assintomáticos e tinham uma avaliação clínica normal^(24, 26–29). Foram excluídos os participantes que sofriam com dores e/ou apresentassem alterações na rotina de treinamento ou competição durante o estudo; participantes com histórico de cirurgia lombar e/ou membros inferiores e que foram tratados com terapia manual a qualquer momento durante o estudo^(27, 28).

Protocolo de estudo

Este estudo consistiu em uma única sessão de captura de coleta de dados com cada um dos 20 indivíduos assintomáticos que realizaram testes de simetria teste-reteste (postura estática, agachamento livre e salto vertebral em contramovimento - CMJ) antes e depois da TMV lombar.

Os participantes receberam 5 minutos de treinamento de tarefas e realizaram testes físicos antes e após a intervenção da TMV lombar.

Sequência dos testes físicos de simetria entre a TMV lombar.

A sequência dos testes de simetria, antes e após a intervenção TMV lombar, como ilustrada na figura 1.

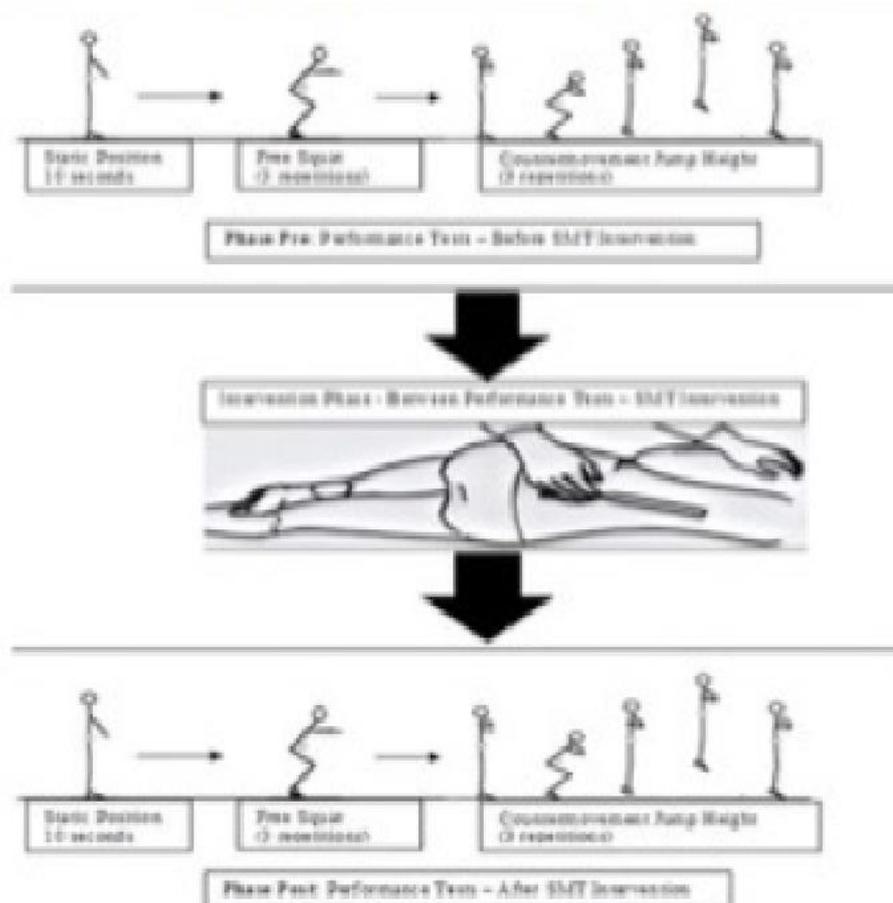


Figura 1 - Sequência dos testes de simetria antes e depois da TMV lombar.

Cada atleta participante realizou 14 tentativas repetidas de simetria nos testes de desempenho físico pré e pós-TMV (2 posições estáticas, 6 agachamentos livres e 6 saltos de contramovimento, CMJ), com um intervalo de 5 minutos entre a intervenção SM lombar, para um total de 280 tentativas.

Intervenção

O protocolo do estudo e a intervenção de manipulação da coluna, TMV lombar foi realizado por um pesquisador doutorado, fisioterapeuta e quiropraxista, com mais de 20 anos de experiência clínica e desportiva.

Terapia de Manipulação Vertebral (TMV)

Essa técnica utiliza movimentos de alta velocidade e baixa amplitude, aplicados no espaço parafisiológico, além da amplitude de movimento articular passiva⁽³⁸⁾. A TMV lombar foi realizada por um doutor na área da saúde nos participantes dos atletas, usando um tipo específico de TMV manual, a técnica “Diversified”, que visa corrigir os segmentos disfuncionais vertebrais lombares ^(24, 25, 34 – 36) identificados em as avaliações específicas.

A TMV foi posteriormente realizada com o atleta deitado de lado enquanto uma correção foi realizada em contato com a lombar, nomeadamente no processo transversal (mamilar) das vértebras lombares, realizando a técnica do rolamento lombar, descrita por Liekens-Gillet e Bergmann ⁽²⁵⁾.

Avaliações biomecânicas

Sobre duas plataformas de forças (esquerda e direita), e com um sistema de captura de movimento equipado com 15 câmeras optoelectrónicas a 240 Hz, os participantes foram colocados de pé no centro do laboratório, para realizar os testes de simetria. Para captura estática e de movimento, as trajetórias dos marcadores foram utilizadas integrando o software Qualisys e Visual 3D, com a utilização de um filtro “butterworth” (passa-baixo), com frequência de corte de 10 Hz. Todo o processamento dos dados e a construção do modelo foram realizados no software Qualisys (C-motion, Gotemburgo, Suécia), integrado ao software Visual 3D - Versão 5.01.18, C-Motion, Inc., Germantown, EUA.

Neste estudo foram aplicados dois índices de simetria para obter valores cinéticos e cinemáticos nos testes de desempenho, pré e pós as intervenções. Através de dos índices de simetria e de cálculos estatísticos aprofundados, a confiabilidade e reprodutibilidade das medidas intra-sessão e teste-re-teste foram avaliados neste estudo.

Simetria 1 (cálculos do índice de simetria, cinética)

Os parâmetros cinéticos são comumente medidos em testes de desempenho físico^(4, 5, 37) em tarefas estáticas e dinâmicas^(38- 42), através de forças de reação do solo (GRF), (N / kg)⁽⁴³⁾ em cálculos de simetria.

O índice de simetria SI%⁽⁹⁾ é o método mais comumente usado em testes de desempenho físico e mais citado em publicações que relatam assimetrias bilaterais^(6, 7).

A medição de simetria é a diferença entre dois lados, conhecida como SI, onde XR é a medida do lado direito e XL é a medição homóloga do lado esquerdo (eq. 1):

$$SI = \frac{XR - XL}{\frac{1}{2}(XR + XL)} \cdot 100\%$$

(eq.1)

Simetria 2 (cálculos lineares do índice de simetria, cinemática)

Os parâmetros cinemáticos foram calculados através do índice de simetria global linear (LGSi), adaptado do Índice Global de Assimetria da Marcha (GGA)⁽¹⁴⁾ para cálculos de simetria durante todos os ciclos de testes de desempenho físico.

O índice foi calculado como descrito por Cabral, S. *et al*⁽³⁹⁾, adaptado do índice LGGA (assimetria linear global da marcha), e é indicado na seguinte equação:

$$LGSi = \sum_{v=v_1}^{v_{15}} \sqrt{\sum_{t=t_1}^{t_{101}} [x_l(t) - x_r(t)]^2}$$

(eq. 2)

Os componentes 3D de cada vetor são a entrada v na equação deste índice, em que v representa as variáveis angulares (todos os três componentes dos ângulos das articulações do quadril, joelho e tornozelo, o ângulo absoluto da pelve e o ângulo do tronco em relação à pelve) , e xl (t) e xr (t) são os valores obtidos para os lados esquerdo e direito, respetivamente, em t (cada percentagem do ciclo de teste de desempenho normalizado no tempo)⁽⁹⁾.

Protocolo Estatístico

A confiabilidade intra-avaliador, intra-sessão e teste-reteste das medidas de simetria do desempenho físico foi integrada para uma análise estatística aprofundada para fornecer consistência dos resultados medidos.

Usando o software SPSS (Versão 24: IBM, Chicago, IL), a distribuição normal ⁽⁵¹⁾ dos dados foi calculada pelo teste de Kolmogorov – Smirnov. A presença ou ausência de heterocedasticidade foi confirmada principalmente pelo protocolo de Bland–Altman ⁽⁵²⁾, com a magnitude da média correlacionada com a diferença absoluta do teste-reteste ⁽¹⁾. Em segundo lugar, a uma distribuição normal foi testada e a heterocedasticidade e a homocedasticidade dos dados foram identificadas. A ANOVA foi realizada; um modelo aleatório bidirecional, concordância e consistência absolutas foram avaliadas quanto à confiabilidade relativa e absoluta. Além disso, o software Microsoft Excel foi usado para todos os dados restantes.

Avaliações de confiabilidade

A confiabilidade pode ser expressa como confiabilidade relativa e absoluta e em nosso protocolo foram realizadas duas variações das avaliações de confiabilidade, que incluem, intra-avaliador (confiabilidade relativa) e teste-reteste (confiabilidade absoluta).

A confiabilidade relativa é obtida calculando o coeficiente de correlação intra-classe (ICC), que indica em que medida medições repetidas revelam pontuações consistentes de indivíduos pelo avaliador dentro de um grupo de participantes ⁽⁴⁵⁾. A confiabilidade relativa foi calculada através do *software* SPSS; um modelo de efeitos aleatórios bidirecional, e foi expresso como ICC 95% (IC) para confiabilidade intra-examinador ⁽⁴⁶⁾, para avaliação dos erros aleatórios, que podem afetar o resultado do teste-reteste intra-sessão ⁽¹⁾.

A confiabilidade absoluta foi determinada pelo erro padrão das medidas (SEM), que indica a variabilidade nas pontuações após testes repetidos ⁽¹⁾ e quantifica o erro de medição nas mesmas unidades que a medida original ⁽⁴⁷⁾, e foi incluída e calculada conforme descrito na equação 3.

$$\text{SEM} = \text{SD} \sqrt{1 - \text{ICC}}$$

(eq. 3)

Vários pesquisadores também concordaram com o uso do SEM para diferenciar entre mudanças reais individuais e aquelas causadas por erro de medição⁽⁴⁸⁾.

A confiabilidade absoluta de concordância com 95% (IC), comumente usada para investigar diferentes fontes de testes individuais intra-sessão de variação individual ou variação de erro de medição, foi utilizada de acordo com o protocolo de Bland–Altman, para estimar a concordância entre classificações, magnitude do viés e a possibilidade de variação do erro de medida de simetria de acordo com os escores.

A concordância é apresentada como uma percentagem da pontuação média, entre os limites inferior e superior dentro dos 95% de limite de concordância (LOA), descritos abaixo nas equações 4 e 5, respetivamente. A média é a média de todas as medidas para o teste e re-teste.

$$\text{Limite inferior IC95\%} = \text{média} - (\text{DP} \times 1,96) \text{ (eq.4)}$$

$$\text{Limite superior IC95\%} = (\text{DP} \times 1,96 + \text{média}) \text{ (eq.5)}$$

Os limites de concordância de 95% foram calculados como a diferença média $\pm 1,96$ DP das diferenças. Os limites foram analisados por meio da proporção de concordância entre dois períodos de avaliação (pré e pós) da simetria dos testes de desempenho físico (entre TMV lombar).

Referente as mudanças mínimas detectáveis, o MDC representa a magnitude da mudança necessária para exceder o erro de medição de duas medidas repetidas em um intervalo de confiança especificado. É interpretado como a menor quantidade de alteração necessária para designar uma alteração como real e além dos limites do erro de medição [50]. Assim, em nosso estudo, O MDC foi calculado aplicando-se a equação abaixo, com IC de 95%, pois 1,96 é o valor z de frente e verso para o IC de 95% e $\sqrt{2}$ é usado para explicar a variância da equação de duas medidas ⁽⁴⁾.

$$\text{MDC} = \text{SEM} \times 1,96 \times \sqrt{2}$$

(eq.6)

RESULTADOS

Características dos participantes

Com base nas características dos participantes, todos os atletas participantes foram semelhantes em relação às condições assintomáticas, características antropométricas e em relação aos valores de assimetria bilateral (anterior à intervenção terapêutica), de acordo com a literatura.

Os dados antropométricos dos participantes foram calculados e apresentaram a média (M) e o desvio padrão (DP) de 25 anos; $\pm 5,3$, massa corporal de 68; $\pm 3,9$ e altura de 1,70; $\pm 0,16$, respetivamente.

Em relação a confiabilidade relativa e absoluta das medidas dos testes de simetria foram avaliadas a Simetria 1 e 2, através do ICCs, SEM, SEMdiff, LOA e MDC, e os resultados foram apresentados nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Simetria 1: Confiabilidade estatísticas intra-avaliador, intra-sessão, teste-reteste (ICCs), limite de concordância (LOA), erro de medida padrão (SEM) e alterações mínimas detectáveis (MDC).

Simetria 1	ICC (95% CI)	Pre Post Diff	SEM	LOA (95% CI) Lower-Upper Limits	SEM diff	MDC
Static position	0.92 (0.82-0.97)	12.5	3.08	(12.5 - 32.5)	6.16	8.5
Squat	0.77 (0.41-0.90)	-0.9	3.10	(2.9 - 22.5)	6.22	8.7
CMJ	0.71 (0.26-0.88)	-0.6	4.31	(2.7 - 28.7)	8.62	9.1

Abreviações: AB1: ICC, coeficiente de correlação intra-classe; AB2: SEM, erro padrão de medição; AB3: LOA, limite de concordância; AB4: SEMdiff, erro padrão das diferenças; AB5: MDC, mudanças mínimas detectáveis; AB6: CMJ, salto de contramovimento; AB7: IC, intervalo de confiança.

Tabela 2: Simetria 2: Confiabilidade estatísticas intra-avaliador, intra-sessão, teste-reteste (ICCs), limite de concordância (LOA), erro de medida padrão (SEM) e alterações mínimas detectáveis (MDC).

Simetria 2	ICC (95% CI)	Pre Post Diff	SEM	LOA (95% CI) lower-upper Limits	SEM diff	MDC
Static Position	0.78 (0.46 – 0.91)	0.081	0.20	(-0.59 – 2.3)	0.40	3.8
Squat	0.61 (0.005 – 0.84)	0.04	0.28	(0.94 – 2.7)	0.56	4.2
CMJ	0.93 (0.76 – 0.97)	0.13	0.12	(-0.9 – 2.8)	0.24	1.7

Abreviações: AB1: ICC, coeficiente de correlação intra-classe; AB2: SEM, erro padrão de medição; AB3: LOA, limite de concordância; AB4: SEMdiff, erro padrão das diferenças; AB5: MDC, mudanças mínimas detectáveis; AB6: CMJ, salto de contramovimento; AB7: IC, intervalo de confiança. Confiabilidade relativa

A confiabilidade estatística relativa com 95% de intervalo de confiança foi avaliada intra-avaliador, teste e re-teste de simetria. O ICC variou de aceitável à excelente (ICC = 0,61 - 0,93) nas duas medidas de simetria.

Os maiores valores de ICCs encontrados foram para os ensaios na postura estática (ICC = 0,92) e o no salto vertical contramovimento CMJ, (ICC = 0,93) das medidas de simetria cinética e cinemática, respetivamente.

A confiabilidade estatística absoluta com 95% de intervalo de confiança foi avaliada intra-avaliador, teste e re-teste obtidas para concordância intra-sessão. A simetria 1 apresentou menores escores de SEMs do teste-reteste (estático, agachamento e CMJ) de (3.0), (3.1) a (4.3), respetivamente, indicando baixos níveis de erros durante os testes. A simetria cinemática (2) também exibiu escores SEMs mais baixos do teste-reteste, variando de (0,1 a 0,3).

As diferenças de SEM com 95% (IC) variaram de (0,24) a (8,62). Na amostra total, antes e depois dos ensaios, o SEM variou de (0,12 - 4,3%) para a simetria 1 e 2 intra-sessão.

DISCUSSÃO

A confiabilidade estatística relativa com 95% de intervalo de confiança foi avaliada intra-avaliador, teste e re-teste de simetria. Ambas as medidas de simetria apresentaram ICC variando de aceitável a excelente confiabilidade relativa em 90% das variáveis de simetria (ICC = 0,61 - 0,93).

De acordo com a literatura, a confiabilidade dos avaliadores⁽¹²⁾, instrumentos⁽¹⁾ e testes de desempenho, valores de ICC = 0,41 a 0,96 indicavam confiabilidade de pequena a grande; um ICC superior a (0,90) indicou excelente confiabilidade^(1,53,54), particularmente para medições desportivas e clínicas, com participantes sintomáticos e suas condições de saúde^(1, 53, 55).

A confiabilidade absoluta descreve a variabilidade dos atletas participantes, que são atribuíveis às avaliações das medidas de simetria, repetidas durante a mesma sessão. Esse método estatístico estabelecido é comumente usado em medicina desportiva, fisioterapia e ciências do desporto^(1, 42, 56, 57).

Vários pesquisadores também concordaram com o uso do SEM para diferenciar as mudanças reais individuais e as devidas a erros de medição [48]. Além disso, a confiabilidade absoluta de concordância com 95% IC é também comumente usada para investigar diferentes fontes de variação individual ou testes intra-sessão de variação de erro de medição.

O SEM% variou apenas 12% para todas as variáveis (menos de 5%). Em 100% das variáveis, o SEM foi obtido em até 5%. O grande número de variáveis abaixo do limite de 5% de SEM, confirmando os 95% (IC) intra-avaliador. Thomas e Nelson [60], relataram que um reteste imediato realizado em uma sessão reflete a consistência interna, e seus resultados referentes à confiabilidade são maiores do que no caso do reteste entre sessões.

Em relação à confiabilidade, de acordo com a literatura os valores aceitáveis da confiabilidade para esta medida geralmente são 60% para a proporção de concordância que coeficiente que ajusta a estimativa de confiabilidade para concordância casual (0,50) a (0,80) para o coeficiente e ($p < 0,05$) para os testes em associação entre o pré e o pós-teste.

Os limites de concordância (LOA) foram calculados e os resultados indicaram uma proporção de 62% de concordância das diferenças pre e pós entre as medidas

dos participantes; o que era esperado em um intervalo de confiança de 95%, variando entre (0,5 - 39%), com intervalo de 38%, e é conhecido como limite de desacordo.

Em relação ao MDC, no nosso estudo, 90% da maioria das variáveis de simetria em testes físicos apresentaram valores menores de 10 pontos.

Em 90% de todas as variáveis do estudo, os resultados apresentaram boa e excelente confiabilidade absoluta e relativa, e uma pequena manifestação dos erros das medidas.

A principal limitação deste estudo, se deve ao fato que não foram realizadas análises de confiabilidade entre avaliadores e entre sessões, por ser incompatível com nosso protocolo. No entanto, sugerimos abordar essas limitações em estudos futuros.

CONCLUSÃO

Consistente com as investigações clínicas e desportivas com intervalo de confiança de 95%, foram realizados cálculos estatísticos para avaliar a confiabilidade intra-avaliador e teste-re-teste das medidas de simetria. Os resultados apontaram que os valores de confiabilidade relativa e absoluta foram consideradas de aceitáveis à excelente, de acordo com a literatura. Portanto, a avaliação da simetria em ações estáticas e dinâmicas, demonstrou ser um método confiável para avaliar a simetria em atletas antes e depois da TMV lombar, e parece ser confiável e reproduzível, podendo servir como uma ferramenta útil e confiável na reabilitação desportiva, nomeadamente na avaliação da simetria de atletas, relevante no contexto clínico, desportivo

BIBLIOGRAFIA

1. G. Atkinson and A. Nevill, Statistical Methods for Assessing Measurement Error (Reliability) in Variables Relevant to Sports Medicine. *Sport. Med.* 26:4, pp. 217–238; 1998.
2. W. G. Hopkins, Measures of reliability in sports medicine and science. *Sport. Med.* 30:1, pp. 1–15; 2000.
3. Cleland J.A., Fritz J.M., Whitman J.M et al. The use of a lumbar spine manipulation technique by physical therapists in patients who satisfy a clinical prediction rule: A case series. *J Orthop Sport. Phys Ther.* 2006; 36(4), pp. 209–14.

4. Menzel HJ, Andrade AP, Bertú F, et al. Reliability of symmetry differences of dynamic variables during countermovement jump. 30th Annu. Conf. Biomech. Sport. 2012; 94; pp. 188–191.
5. Washburn RA, Heath GW, Jackson AW. Reliability and validity issues concerning large-scale surveillance of physical activity. Res.Q.Exerc.Sport. 2000; 71: pp. 104–113.
6. Vienneau J, Quantifying Gait Symmetry use of force platform variables to quantify the effects of chiropractic manipulation on gait symmetry. J. Manip. Physiol. Ther. 1989; 21:4, pp. 110–114.
7. VanZant RS, McPoil TG, Cornwall MW. Symmetry of Plantar Pressures and Vertical Forces in Healthy Subjects During Walking. J. Am. Podiatr. Med. Assoc. 2001; 91:7, pp. 337–342.
8. Almeida PDO, Prudente GFG, De Sá FE, et al. Postural and Load Distribution Asymmetries in Preschoolers, Motricidade. 2016; 11:4, pp. 58.
9. Burnett DR, Campbell K, Naira H, et al. Symmetry of ground reaction forces and muscle activity in asymptomatic subjects during walking, sit-to-stand, and stand-to-sit tasks. J. Electromyogr. Kinesiol. 2011; 21: 4, pp. 610–5.
10. H. Tsushima, M. E. Morris, J. Mcginley. Test-retest reliability and inter-tester reliability of kinematic data from a three-dimensional gait analysis system. J. Japanese Phys. Ther. Assoc. 2003; 6:1, pp. 9–17.
11. Impellizzeri NA, Bizzini FM., Rampinini E, et al. Reliability of isokinetic strength imbalance ratios measured using the Cybex NORM dynamometer. Clin. Physiol. Funct. Imaging. 2008; pp. 113–119.
12. Fairus FZ, Joseph LH, Omar B, et al. Intra-rater reliability and minimal detectable change of vertical ground reaction force measurement during gait and half-squat tasks on healthy male adults. Malaysian J. Med. Sci. 2016; 23:2, pp. 21–27.
13. C. M. Kim, J. J. Eng, Symmetry in vertical ground reaction force is accompanied by symmetry in temporal but not distance variables of gait in persons with stroke. Gait Posture. 2003; 18:1, pp. 23–28.
14. Cabral S, Fernandes R, Selbie WS, et al. Inter-session agreement and reliability of the Global Gait Asymmetry index in healthy adults, Gait Posture. 2017, pp. 20–24.

15. O. E. Herzog W, Nigg BM, Read LJ. Asymmetries in ground reaction force patterns in normal human gait. *Med Sci Sport. Exerc.* 1989; 21(1), pp. 110–4.
16. J. L. McGinley, R. Baker, R. Wolfe, M. E. Morris. The reliability of three-dimensional kinematic gait measurements: A systematic review. *Gait Posture.* 2009; 29: 3, p. 360–369.
17. Mullineaux DR, Bartlett RM, Bennett S. Research design and statistics in biomechanics and motor control. *J. Sports Sci.* 2001; 19:10, pp. 739–760.
18. Kraemer HC, Blasey C. *How Many Subjects?* 2nd ed. New York (NY): SAGE Publications. 24; 2016.
19. Erdfelder E, Faul F, Buchner A, GPOWER: A general power analysis program. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers.* 1996; 28:1, pp. 1–11.
20. Boutron RP, Altman DG, Moher D, Schulz KF. CONSORT Statement for Randomized Trials of Nonpharmacologic Treatments: A 2017 Update and a CONSORT Extension for Nonpharmacologic Trial Abstracts. *Ann. Intern. Med.* 2017; 4;167:1, pp. 40–7.
21. World Health Organization. WHO guidelines on basic training and safety in chiropractic. 2005; 1, pp. 1699.
22. Globe GA, Morris CE, Whalen WM, et al. Chiropractic management of low back disorders: report from a consensus process. *J. Manipulative Physiol. Ther.* 2008, 31:9, p. 651–8.
23. Haldeman S, Chapman-Smith D, Petersen DJ, et al. *Guidelines for chiropractic quality assurance and practice parameters.* Gaithersburg, MD: Aspen Publishers. 1993.
24. Peterson DH, Bergmann TF. Joint anatomy and basic biomechanics. In: *Chiropractic technique: principles and procedures.* 2nd ed. Mosb ed; pp. 11–38; 2002.
25. Bergmann TF, Peterson DH, Lawrence. *Chiropractic Technique-Principles and Procedures.* New York, (NY): Churchill Livingstone Inc. 1993.
26. S. Taimela, M. Kankaanpää, S. Luoto. The effect of lumbar fatigue on the ability to sense a change in lumbar position. A controlled study. *Spine.* 1999: 1;24(13); pp.1322-7.
27. Kirkaldy-Willis TN, Bernard, T.N. 1999. *Managing Low Back Pain.* 4th ed. New York: Churchill Livingstone. 1999.

28. Bertilson BC, Bring J, Sjöblom A, K. et al. Inter-examiner reliability in the assessment of low back pain (LBP) using the Kirkaldy-Willis classification (KWC), *Eur. Spine J.* 2006; 15:11, pp. 1695–1703.
29. Kirkaldy-Willis, W.H, Burton. *Managing Low Back Pain*. 4rd ed. New York, USA: Churchill Livingstone Inc. 1999.
30. Marshall B, Franklyn-Miller A, Moran K, et al. Biomechanical symmetry in elite rugby union players during dynamic tasks: an investigation using discrete and continuous data analysis techniques. *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.* 2015; 19;7:13.
31. Seay J, Selbie WS, Hamill J. In vivo lumbo-sacral forces and moments during constant speed running at different stride lengths. *J Sports Sci.* 2008; 26:14, p. 1519-1529.
32. Cappozzo A, Catani F, Leardini A, et al. Position and orientation in space of bones during movement: Experimental artefacts. *Clin. Biomech.* 1996. 11: 2, pp. 90–100.
33. Cappozzo A, Catani F, Crocel D, et al. Position and orientation in space of bones during movement: Anatomical frame definition and determination. *Clin. Biomech.* 1995. 10:4, pp. 171–178.
34. Clijsters M, Fronzoni F, Jenkins H. Chiropractic treatment approaches for spinal musculoskeletal conditions: a cross-sectional survey. *Chiropr. Man. Therap* 2014; 22:1, pp. 33.
35. WHO World Health Organization. *Guidelines on basic training and safety in chiropractic*. 2005; 1, pp. 1699.
36. Schafer LJ, Faye, L.J. *Motion palpation and Chiropractic Technique: Principles of dynamic Chiropractic*. 2nd edition. California (U.S.A.): The motion palpation Institute. 1990.
37. Impellizzeri FM, Rampinini E, Maffiuletti N, et al. A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2007; 39:11, pp. 2044–2050.
38. Paço M, Cruz EB. 'Fiabilidade Intra-Observador, Erro de Medida e Mudança Mínima Detectável do Weight-Bearing Lunge-Test e do Teste de Deslizamento Posterior do Astrágalo em Indivíduos com História de Entorse do Tornozelo. *Fisioonline.*' 2011; 2, pp. 25–31.

39. Fousekis K, Tsepis E, Vagenas G. Lower limb strength in professional soccer players: Profile, asymmetry, and training age. *J. Sport. Sci. Med.* 2010; 9:3, pp. 364–373.
40. Linthorne NP. Analysis of standing vertical jumps using a force platform, *Am. J. Physiol.* 2001; 69:11, pp. 1198–1204.
41. McGrath TM, Waddington G, Scarvell JM, et al., The effect of limb dominance on lower limb functional performance – a systematic review. *J. Sports Sci.* 2015, pp. 1–14.
42. Wagner JM, Rhodes JA, Patten C. Reproducibility and Minimal Detectable Change of Three-Dimensional Kinematic Analysis of Reaching Tasks in People With Hemiparesis After Stroke, *Phys. Ther.* 2008; 88:5, pp. 652–663.
43. Cordova ML, Armstrong CW. Reliability of ground reaction forces during a vertical jump: Implications for functional strength assessment. *J. Athl. Train.* 1996; 31:4, pp. 342–345.
44. Robinson RO, Herzog W, Nigg BM. Use of force platform variables to quantify the effects of chiropractic manipulation on gait symmetry. *J. Manipulative Physiol. Ther.* 1987; 10, pp. 172–176.
45. Domholdt E. *Rehabilitation research: Principles and applications.* St. Louis, Mo: Elsevier Saunders. 2005.
46. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychol. Bull.* 1979; 86:2, pp. 420–428.
47. Baumgartner TA, Jackson AS, Mahar MT, et al. *Measurement Theory and Practice in Kinesiology.* 7th ed, Boston, McGraw Hill. 2003.
48. Eliasziw M, Young SL, Woodbury MG et al. Statistical Methodology for the Concurrent Assessment of Interrater and Intrarater Reliability: Using Goniometric Measurements as an Example. *Phys. Ther.* 1994; 74:8, pp. 777–788.
49. Goldberg A, Casby A, Wasielewski M. Minimum detectable change for single-leg-stance-time in older adults. *Gait Posture.* 2011; 33:4, pp. 737–9.
50. Hollman JH, Beckman BA, Brandt RA, et al. Minimum detectable change in gait velocity during acute rehabilitation following hip fracture. *J. Geriatr. Phys. Ther.* 2008; 31:2, pp. 53–56.

51. Gordon S. The normal distribution, Mathematic learning centre NSW. University of Sidney. 2003.
52. Bland JM, Altman DG. Bland-Altman Plot and Analysis. NCSS Stat. Softw. Guid. 1999; pp. 204–1.
53. Lohr KN, Aaronson NK, Alonso J, et al. Evaluating quality-of-life and health status instruments: Development of scientific review criteria. Clin. Ther. 1996; 18:5, pp. 979–92.
54. Segura-Ortí E, Martínez-Olmos FJ. Test-Retest Reliability and Minimal Detectable Change Scores for Sit-to-Stand-to-Sit Tests, the Six-Minute Walk Test, the One-Leg Heel-Rise Test, and Handgrip Strength in People Undergoing Hemodialysis. Phys. Ther. 2011; 91:8, pp. 1244–1252.
55. Schwenk M, Gogulla S, Englert S, et al. Test–retest reliability and minimal detectable change of repeated sit-to-stand analysis using one body fixed sensor in geriatric patients. Physiol. Meas. 2012; 33:11, pp. 1931–1946.
56. Haley SM, Fragala-Pinkham MA. Interpreting change scores of tests and measures used in physical therapy. Phys. Ther. 2006; 86:5, pp. 735–743.
57. Bialocerkowski AE, Bragge P. Measurement error and reliability testing: Application to rehabilitation. Int. J. Ther. Rehabil. 2013; 17:3, pp. 114–121.
58. Downhama DY, Holmbäck AM, Lexell J. Reliability of measurements in medical research and clinical practice. Stud. multidiciplinary. 2005; pp. 147-163.
59. Quails-Payne AL. A Comparison of Score Level Estimates of the Standard Error of Measurement. J. Educ. Meas. 1992; 29:3, pp. 213–225.
60. Nelson JK, Silverman SJ, Thomas J. 7th ed. Research methods in physical activity. 2015.