

Concordância e correlação entre três métodos distintos para quantificação da altura do salto vertical

CDD. 20.ed. 796.023
796.325

<http://dx.doi.org/10.1590/1807-55092015000100025>

Felipe Arruda MOURA*
Cesar Alexandre Cardoso JACINTO*
Caroline Tosini FELICISSIMO**
Marcio Vianna PRUDÊNCIO**
Luciano Allegretti MERCADANTE**
Sergio Augusto CUNHA**

*Centro de Educação Física e Esporte, Universidade Estadual de Londrina.

**Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas.

Resumo

O presente estudo teve como objetivo analisar a correlação e concordância entre três diferentes métodos para quantificação da altura do salto vertical: cinta de Abalakov (AB), tapete de contato (TC) e videogrametria (VG). Treze atletas de vôlei do sexo feminino. Realizaram três saltos verticais máximos com contramovimento sem o auxílio dos membros superiores. Os três métodos mediram a altura do salto simultaneamente. Foram realizados os testes de correlação de Pearson (r) entre cada par de métodos (AB x TC, AB x VG e TC x VG). Por fim, a concordância entre cada par de métodos foi avaliada através da análise gráfica de Bland e Altman. A menor correlação encontrada ($r = 0,77$; $p < 0,01$) ocorreu entre os métodos de VG e AB, enquanto que a maior correlação encontrada ($r = 0,92$; $p < 0,01$) ocorreu entre os métodos de VG e TC. Não houve concordância satisfatória entre os valores encontrados para os diferentes métodos, sugerindo que profissionais da área tenham cautela na comparação entre resultados de altura do salto vertical obtidos por diferentes métodos.

PALAVRAS-CHAVE: Voleibol; Abalakov; Tapete de contato; Videogrametria; Teste de potência; Biomecânica.

Introdução

A avaliação de atletas ou qualquer pessoa que se submeta a algum tipo de treinamento é essencial para o acompanhamento de seu desempenho. Especificamente para o esporte, a altura do salto vertical tem sido utilizada como uma medida para estimar a força e potência dos membros inferiores¹⁻⁷. Dado o predomínio da medida do salto vertical na área do treinamento de força e condicionamento físico, se faz necessário que metodologias utilizadas para esta aferição sejam confiáveis^{1,8-9}.

Para a quantificação da altura de saltos verticais, uma série de testes de laboratório e de campo tem sido apresentada na literatura⁸. Em laboratório, a quantificação da altura do salto pode ser realizada com a utilização de plataforma de forças^{1-2,10}. Embora as plataformas de força proporcionem uma medida mais precisa e acurada, elas tendem a ser mais caras e, portanto, de menos acesso para a maioria dos praticantes de esportes⁸.

Deste modo, pesquisadores e profissionais que atuam na área do treinamento e avaliação têm buscado outros métodos, relativamente mais baratos, para estimar a potência dos membros inferiores por meio do salto vertical. Dentre estes métodos, podemos listar o tapete de contato^{1,3,5-7,9}, videogrametria bidimensional², e cinta de Abalakov^{7,9,11}. O tapete de contato é um instrumento que calcula a altura do salto a partir da quantificação do tempo de voo. Já a videogrametria tem como princípio calcular o deslocamento do centro de massa do participante para a obtenção do valor da altura do salto. Por fim, a cinta de abalakov refere-se a um aparato no qual uma fita métrica é fixada em um cinto na cintura do executante. Durante o salto, a fita métrica desliza através de um suporte apoiado no solo e com isto se obtém a medida da altura do salto.

O fato de existir diferentes métodos de quantificação de altura de salto tem como vantagem

possibilitam uma estimativa de potência de membros inferiores a partir dos materiais e recursos que o avaliador tem disponível. No entanto, a comparação dos resultados encontrados com estudos na literatura ou referências que utilizam outros métodos que não seja o mesmo aplicado pelo avaliador pode levar a interpretações enviesadas. Poucos estudos da literatura procuraram analisar os níveis de concordância na quantificação da altura do salto vertical por meio de diferentes métodos. Um estudo recente mostrou baixos índices de concordância entre os métodos de tapete de contato e cinta de Abalokv, embora ambos tenham apresentado altos índices de reprodutibilidade⁷. Por outro lado, a videogrametria bidimensional para o cálculo de centro de massa e seu deslocamento não apresentou valores compatíveis de altura de salto, quando comparados aos dados obtidos por meio de plataforma de força².

Método

Participantes

Participaram desse estudo 13 atletas do sexo feminino componentes de uma equipe de voleibol da cidade de Campinas, São Paulo. Essas atletas possuíam idade média de $15,4 \pm 0,9$ anos, tempo de experiência de $4,96 \pm 1,9$ anos e estatura de $1,75 \pm 0,07$ metros. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade Estadual de Campinas, sob o protocolo n. 854/2008.

Coleta de dados

Neste estudo, analisou-se a altura do salto vertical com contramovimento sem ajuda dos membros superiores. As participantes foram instruídas a colocar as mãos na cintura durante o salto. Exigiu-se das atletas que flexionassem os joelhos até aproximadamente 90° no instante imediato antes do salto, e que saltassem estendendo por completo as articulações dos membros inferiores durante o voo. Por fim, recomendou-se que a aterrissagem fosse realizada com os pés o mais próximo possível do ponto de partida.

Cada participante realizou três saltos consecutivos, com 20 segundos de espera entre eles. A altura de cada salto foi registrada, simultaneamente, por três métodos: cinta de Abalakov (AB), tapete de contato (TC) e videogrametria (VG).

No entanto, há uma escassez de estudos que avaliem não somente as diferenças entre os métodos de quantificação de altura de salto, mas também a correlação e concordância entre eles. Além disso, nos estudos apresentados, a videogrametria 3D (com a apresentação de seus valores de acurácia durante coletas de dados com saltos verticais), não foi levada em consideração. Deste modo, o presente estudo teve como objetivo analisar a correlação e concordância entre três diferentes métodos para quantificação da altura do salto vertical: cinta de abalakov (AB), tapete de contato (TC) e videogrametria (VG). Como hipótese, estabeleceu-se que os mesmos possuem forte correlação e concordância entre si. A confirmação desta hipótese poderá fornecer maior segurança ao avaliador para a utilização de procedimentos relativamente mais baratos, como a cinta de abalakov, e para a comparação dos valores obtidos de altura do salto vertical entre diferentes procedimentos.

Cinta de Abalakov (AB)

Este método consiste em uma fita métrica que é fixada em um cinto, que por sua vez se fixa na cintura do executante deslizando através de um suporte apoiado no solo, entre os pés do executante. Ao saltar, a fita desliza pelo suporte e pode-se observar o deslocamento do salto em centímetros.

Tapete de contato (TC)

O TC (Just Jump®, Probotics Inc., EUA) é composto por circuitos eletrônicos que medem o tempo de voo com precisão de milissegundos. O tapete é conectado por um fio a uma caixa coletora e a altura do salto vertical é calculada internamente através da seguinte fórmula: $h = t^2 \times g \times 8^{-1}$, onde h = altura do salto, t = tempo de voo em segundos, g = aceleração da gravidade, com valor de $9,81 \text{ m/s}^2$ ⁷. Uma vez que o sistema só disponibiliza a informação de altura do salto vertical em polegadas, os valores foram convertidos para centímetros.

Videogrametria (VG)

Foram utilizadas duas câmeras digitais (Panasonic, modelo NV-GS320) fixadas em tripés, que enquadravam todo o ambiente de coleta de dados. As câmeras foram posicionadas à frente do participante,

aproximadamente a três metros de distância e altura de um metro, formando um ângulo de aproximadamente 90° entre elas. Foram tomadas algumas medidas em relação às funções das câmeras para o registro das ações das participantes, como a utilização de uma frequência de aquisição 30 Hz, “shutter” de 1/250 e foco manual.

Após a transferência das filmagens para o computador, através do “software” DVVideo¹² foi realizado o processo de desentrelaçamento das imagens e a medição de pontos anatômicos específicos. O desentrelaçamento das imagens consistiu em separar os campos (“fields”) pares e ímpares, por se tratar de um sistema de reprodução no formato entrelaçado. A sincronização das imagens entre as duas câmeras foi feita a partir da identificação de um ponto comum das imagens, como por exemplo, no “frame” em que o pé das participantes tocava o tapete de contato na aterrissagem.

O processo de medição consistiu na projeção de uma sequência de “frames” na tela do computador, seguido pela identificação manual de todos os pontos de interesse do corpo da atleta avaliada. Para a medição, foram marcados 18 pontos nos seguintes acidentes anatômicos: parte superior do crânio (vértex), sétima vértebra cervical, centro da articulação glenoumeral, centro da articulação do cotovelo, centro da articulação do punho, centro da articulação do quadril, patela, ponto médio entre maléolos, calcâneo e hálux. A partir da identificação desses pontos anatômicos em função do tempo, o corpo foi modelado com 12 segmentos (cabeça, tronco, braços, antebraços, coxas, pernas e pés).

Para a calibração das câmeras, posicionou-se um bastão topográfico nivelado verticalmente em quatro pontos do ambiente de coleta de dados. Este bastão possuía marcações em sua estrutura, cujas medidas de distâncias entre elas eram conhecidas. O sistema

de referência foi então definido a partir da origem da seguinte forma: o eixo z foi determinado como sendo na direção vertical e orientado para cima. O eixo y é ortogonal ao eixo z e direcionado horizontalmente, representando os movimentos no sentido médio-lateral do movimento. O eixo x foi definido pelo produto vetorial de y por z , representando os movimentos no sentido anteroposterior.

A partir das medições e dos parâmetros de calibração, as coordenadas 3D dos pontos foram obtidas pelo método DLT¹³ e suavizadas através da função Loess, uma função não paramétrica, ponderada, local e robusta¹⁴.

Para a determinação da acurácia do estudo, movimentou-se uma haste (com o comprimento, medido por um paquímetro, igual a 28,07cm) com marcadores esféricos nas extremidades. Após a medição desses marcadores ao longo do tempo via “software” DVVideo, calculou-se então o erro sistemático (definido como a média dos valores absolutos da diferença entre o comprimento real da haste e o valor encontrado após cada medição, em cada instante de tempo) e o erro aleatório (definido como o desvio-padrão das medidas de distância entre os marcadores da haste em função do tempo). Por fim, calculou-se a acurácia (definida como a raiz quadrada da soma dos quadrados dos erros) e o valor encontrado foi de 0,45 cm.

Por fim, a partir das coordenadas 3D de cada ponto medido, calculou-se o centro de massa (CM) da participante ao longo do tempo através do software Matlab®, levando-se em consideração os parâmetros inerciais individuais, obtidos segundo DE LEVA¹⁵. Assim, a altura do salto vertical foi quantificada como a diferença entre o valor máximo alcançado pela coordenada vertical do CM e o valor dessa coordenada quando a atleta se encontrava em pé, antes do início do movimento, conforme exemplificado na FIGURA 1.

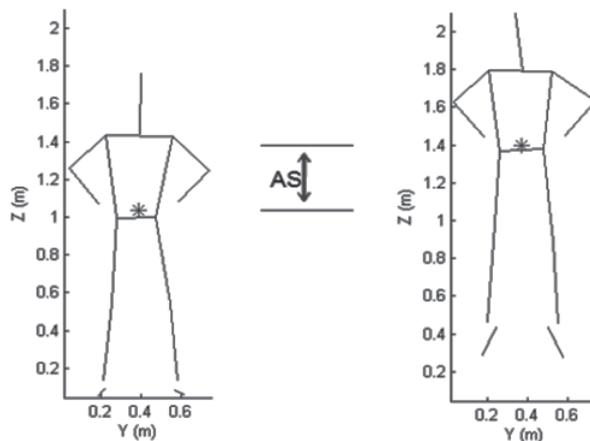


FIGURA 1 - Representação do cálculo da altura do salto (AS), a partir da posição inicial do centro de massa (asterisco) da participante e o seu deslocamento máximo no eixo vertical.

Análises estatísticas

Todos os resultados referentes aos valores de altura máxima saltada, aferidos pelos três métodos do presente estudo, serão apresentados em centímetros. Inicialmente, realizou-se o teste de Lilliefors para analisar a normalidade dos dados e o teste de homocedasticidade de Bartlett para avaliar a igualdade das variâncias entre as amostras, quando necessário. Para a comparação entre os resultados apresentados para cada método, utilizou-se a ANOVA para medidas repetidas. Quando necessária a identificação de diferenças entre os pares de métodos, aplicou-se o teste de “post-hoc” de Tukey-Kramer.

Com o intuito de avaliar a confiabilidade de cada método, calculou-se o coeficiente de correlação intraclasse (CCI) a partir dos três saltos realizados pelas participantes. Adicionalmente, serão apresentados os limites superiores e inferiores do CCI, a partir de um nível de significância de 0,05. Valores de CCI acima de 0,90 foram considerados como alta confiabilidade, de 0,80 a 0,89 foram considerados como confiabilidade moderada e abaixo de 0,80 como baixa confiabilidade¹⁶.

Foram realizados testes paramétricos de correlação de Pearson entre cada par dos métodos utilizados (AB x TC, AB x VG e TC x VG), com o intuito de se verificar uma possível associação entre eles, após a confirmação de normalidade dos resíduos através do teste de Lilliefors. Para a interpretação dos resultados, considerou-se uma correlação forte quando o coeficiente de Pearson (r) variou entre 0,6 e 0,9 e uma correlação muito forte quando r foi maior que 0,9¹⁷. Também se calculou o coeficiente de determinação r^2 para a compreensão de que fração de variabilidade de um método é explicada pelo outro. Em todas estas análises, adotou-se um nível de significância de $p < 0,05$.

A concordância dos valores obtidos entre cada par dos métodos utilizados (AB x TC, AB x VG e TC x VG) foi avaliada através da análise gráfica de Bland e Altman¹⁸. Utilizou-se um limite de concordância (LC) de 95% pela seguinte equação: $LC = (1.96 \times dp) \pm Mdif$; onde dp = desvio padrão e $Mdif$ = média das diferenças. Todos os procedimentos estatísticos foram realizados no “software” Matlab®.

Resultados

Os valores médios (\pm desvio padrão) de altura máxima saltada, em centímetros, quantificados pelos três diferentes métodos do presente estudo, estão presentes na TABELA 1. O método de Abalakov apresentou valores significativamente maiores que os apresentados pelos métodos TC e VG.

A TABELA 2 apresenta os coeficientes de correlação intraclasse (CCI) obtidos para cada método, bem como seus valores de limites superiores e inferiores. Verifica-se que, de acordo com os critérios estabelecidos, os três métodos possuem alta confiabilidade ao apresentarem CCI acima de 0,90.

TABELA 1 - Valores médios do desempenho de atletas de voleibol feminino, durante o salto vertical com contramovimento, quantificados simultaneamente por três métodos distintos.

Método	Cinta de Abalakov	Tapete de Contato	Videogrametria
Média (cm)	36,7*	35,4	34,9
Desvio padrão (cm)	3,9	3,8	3,5

* $p < 0,01$, diferente significativamente dos valores apresentados para os métodos com tapete de contato e videogrametria.

TABELA 2 - Resultados de análise de confiabilidade de cada método de medição de altura do salto vertical, a partir do coeficiente de correlação intraclasse (CCI).

Método	CCI	Limite superior de CCI	Limite inferior de CCI
Abalakov	0,94	0,98	0,85
Tapete	0,97	0,99	0,93
Videogrametria	0,96	0,99	0,89

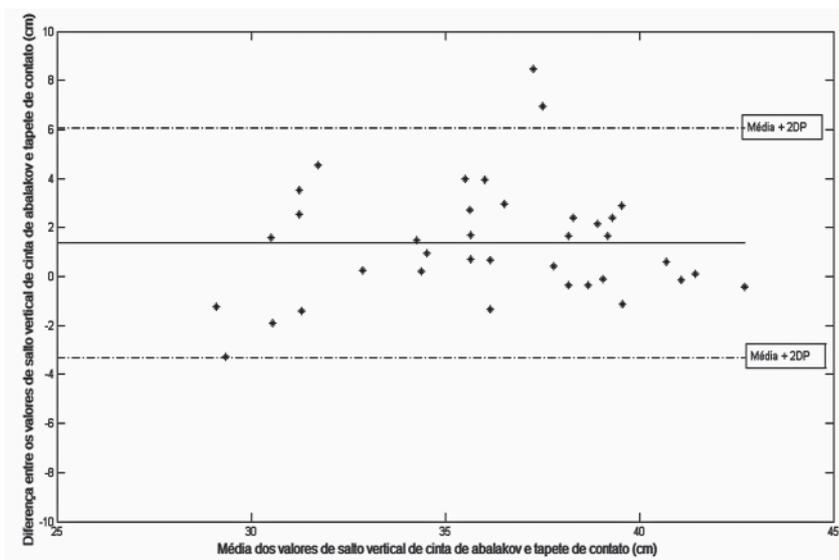
A TABELA 3 apresenta os valores do coeficiente de correlação de Pearson (r) entre cada par dos métodos aferidos e, entre parênteses, os valores do coeficiente de determinação (r^2). De acordo com a classificação sugerida, verificou-se que há uma forte correlação entre os valores de altura do salto vertical entre os métodos AB e TC e entre os métodos AB e VG. Já entre os métodos de TC e VG, os resultados mostraram uma correlação muito forte. Todas as correlações se apresentaram significantes ($p <$

0,01). Ainda, destaca-se na TABELA 3 que o maior coeficiente de determinação encontrado foi entre os métodos de videogrametria e tapete de contato.

Para a verificação de concordância entre os métodos do presente estudo, utilizou-se a análise gráfica de BLAND e ALTMAN¹⁸. As FIGURAS 2, 3 e 4, apresentam essas análises entre os métodos AB e TC, AB e VG, e entre TC e VG, respectivamente. A TABELA 4 resume os resultados encontrados para a análise de concordância entre os métodos.

TABELA 3 - Coeficientes de correlação (e seus respectivos coeficientes de determinação) entre os pares de métodos utilizados para a quantificação de saltos verticais.

Método	Cinta de Abalakov	Tapete de Contato	Videogrametria
Abalakov	-	0,81* (0,66)	0,77* (0,59)
Tapete	0,81* (0,66)	-	0,92* (0,85)
Videogrametria	0,77* (0,59)	0,92* (0,85)	-



*p < 0,01.

FIGURA 2 - Gráfico de BLAND e ALTMAN¹⁸ para comparações entre valores de altura de salto vertical, obtidos através do método de cinta de Abalakov e tapete de contato.

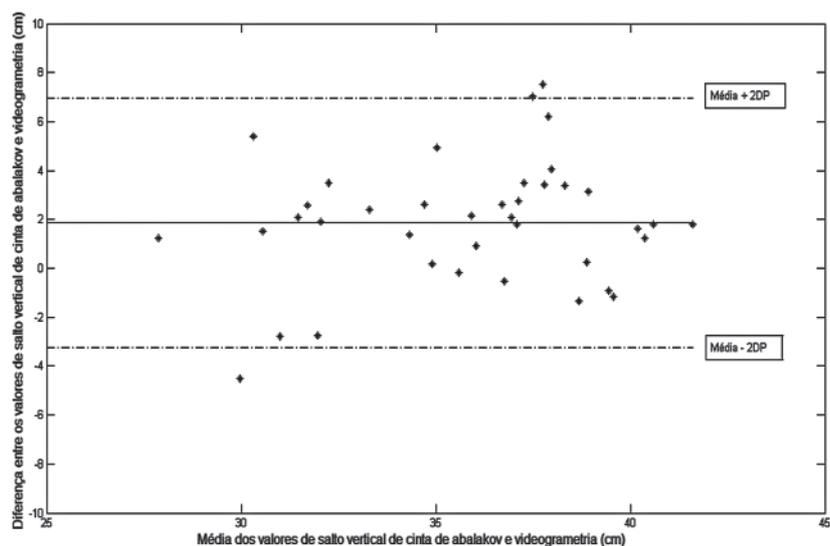


FIGURA 3 - Gráfico de BLAND e ALTMAN¹⁸ para comparações entre valores de altura de salto vertical, obtidos através do método de cinta de Abalakov e videogrametria.

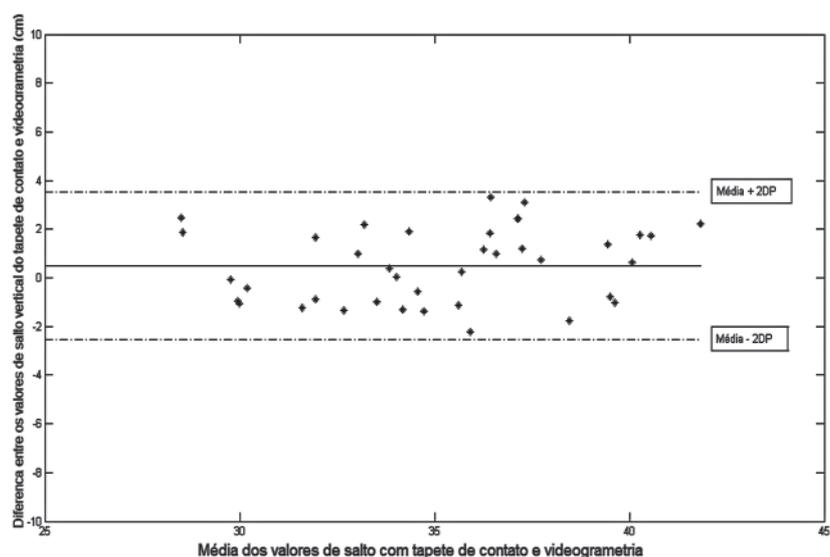


FIGURA 4 - Gráfico de BLAND e ALTMAN¹⁸ para comparações entre valores de altura de salto vertical, obtidos através do método tapete de contato e videogrametria.

TABELA 4 - Resultados de concordância entre pares de métodos para quantificação da altura do salto vertical, a partir do gráfico de BLAND e ALTMAN¹⁸.

AB = abalakov;
TC = tapete de contato;
VG = videogrametria .

Métodos	Média das diferenças (cm)	Limite Superior (cm)	Limite Inferior (cm)
AB X TC	1,36	6,05	-3,32
AB X VG	1,86	6,96	-3,23
TC x VG	0,50	3,54	-2,54

A análise do gráfico de BLAND e ALTMAN¹⁸ da FIGURA 2, que avalia a concordância entre os métodos de AB com o TC, permitiu verificar que a maior parte dos valores se encontra dentro dos limites estabelecidos. No entanto percebe-se que em média há uma diferença de 1,36 cm entre os métodos.

Com relação à mesma análise realizada entre os métodos AB e VG (FIGURA 3), não há boa concordância entre os métodos, uma vez que aproximadamente 8% dos casos se encontram fora dos

limites estabelecidos. Além disso, verificou-se uma diferença média de aproximadamente 1,87 cm entre os métodos.

Por outro lado, a melhor concordância encontrada ocorreu entre os métodos de TC e VG, como pode ser observado na FIGURA 4, onde todos os valores de diferença se encontraram dentro dos limites estabelecidos. A mesma figura mostra também que os valores se distribuem aleatoriamente em torno da média das diferenças, de 0,50 cm.

Discussão

O presente estudo teve como hipótese principal que os métodos de Abalakov, tapete de contato e videogrametria para a quantificação de altura alcançada no salto vertical apresentariam forte correção correlação e concordância entre si. Verificou-se que o coeficiente de correlação se apresentou forte entre os métodos de AB e TC e os métodos de AB e VG e muito forte entre os métodos de TC e VG. Por outro lado, a análise de concordância não apresentou resultados satisfatórios.

A avaliação de atletas ou qualquer pessoa que se submeta a algum tipo de treinamento é essencial para acompanhar seu desempenho⁹. Além disso, essas avaliações também podem ser utilizadas como métodos de seleção de atletas em diferentes modalidades esportivas¹. Portanto, se faz necessário desenvolver e aplicar métodos e testes precisos e confiáveis que realmente avaliem o fenômeno desejado. No que se diz respeito à avaliação de potência de membros inferiores, a altura do salto vertical é um dos parâmetros mais utilizados e possui vários métodos de aferição⁸, dentre eles os métodos utilizados nessa pesquisa.

Se a igualdade, correlação e concordância entre dois métodos distintos são comprovadas, isto pode permitir a comparação de seus resultados, caso haja necessidade. Essa comparação é ainda mais interessante quando se pode escolher o método de maior facilidade de aplicação e custo reduzido. Uma das formas utilizadas pela literatura para se analisar a associação entre métodos é o teste de correlação de Pearson.

BLAND e ALTMAN¹⁸ afirmam que o teste de correlação mede apenas a força da relação entre duas variáveis e não a concordância entre elas. Em outras palavras, o fato do coeficiente de correlação desse estudo ter apresentado um valor alto, significa de uma forma geral que os maiores valores para um

método também serão para o outro, assim como os menores valores. No entanto, além do coeficiente de correlação, foram apresentados os coeficientes de determinação entre os pares de métodos (TABELA 3). O maior coeficiente de determinação encontrado foi de $r^2 = 0,85$ entre os métodos de videogrametria e tapete de contato. Isso significa que, para esta amostra, aproximadamente 15% da variação que se observa na videogrametria não explica a variação dos resultados encontrados utilizando-se o tapete de contato, o que torna, para este caso, um resultado não satisfatório. Para os outros pares de métodos o coeficiente de determinação é ainda menor, o que pode indicar a impossibilidade de substituição e comparação entre os resultados obtidos por instrumentos distintos.

No entanto, apesar da forte correlação encontrada entre os métodos e o fato das médias entre os métodos de TC e VG não serem significativamente diferentes, é preciso se avaliar a concordância entre os métodos. Para que essa afirmação seja confirmada, BLAND e ALTMAN¹⁸ defendem que o coeficiente deva ser um em que as escalas dos dois métodos sejam iguais. Deste modo, para a avaliação de concordância entre os métodos, utilizou-se a análise gráfica de BLAND e ALTMAN¹⁸, onde estão plotadas as diferenças individuais entre os valores revelados a partir dos dois protocolos, em função das médias dos valores obtidos pelos métodos. A concordância é verificada quando na maioria dos casos os valores se apresentam distribuídos aleatoriamente próximos de zero e dentro dos limites superior e inferior. Os resultados do presente estudo mostraram não haver concordância entre os pares de métodos. Ainda que a concordância entre os métodos TC e VG tenha aparentemente apresentado um valor médio reduzido da diferença entre os resultados (0,50 cm), cabe ressaltar que o limite superior chegou a valor

de 3,54 cm, o que pode inviabilizar novamente a comparação e/ou substituição entre os métodos.

O estudo de MOREIRA et al.⁷ também realizou um teste de concordância entre os métodos de TC e AB e os resultados mostraram-se negativos, corroborando assim os deste estudo. É provável que a baixa concordância do método de AB com os outros métodos esteja relacionada à própria complexidade da leitura visual dos valores na fita métrica por parte do avaliador. Portanto, não seria recomendável a substituição de um equipamento pelo outro durante um possível acompanhamento de natureza longitudinal⁷. Da mesma forma, a substituição do método de VG pelo de AB não é recomendável, face à baixa concordância apresentada nesse trabalho.

Por outro lado, cabe aqui ressaltar que a não existência de concordância entre os métodos AB com os outros métodos não significa que suas aplicações devam ser evitadas. No caso da AB e do TC, MOREIRA et al.⁷ e SLINDE et al.⁹ apresentaram que ambos possuem uma alta reprodutibilidade. Além disso, o trabalho de MARKOVIC et al.¹¹ apresentou altos índices de confiança e validade para os métodos AB e TC. Estes estudos corroboram os resultados aqui apresentados que, através do coeficiente de correlação intraclassa, mostraram que os métodos são confiáveis e podem ser utilizados para a obtenção de estimativas de potência dos membros inferiores. Porém, a comparação entre os resultados destes testes deve ser evitada.

Com relação ao TC, alguns detalhes observados durante o registro da altura do salto vertical merecem ser ressaltados. O TC utilizado nessa pesquisa possuía um painel digital que além do valor da altura do salto (em polegadas) do participante, fornecia também o tempo de voo. Verificou-se que, ao se utilizar o valor de tempo de voo na fórmula para o cálculo da altura do salto vertical (em centímetros), há uma pequena diferença entre o resultado obtido e o resultado fornecido pelo painel. Provavelmente essa diferença se dá pelo arredondamento dos valores durante a conversão de polegadas para centímetros por parte do sistema do TC, o que pode provocar uma diminuição na concordância entre esse método com os outros, caso seja utilizada diretamente o valor de altura de salto.

No entanto, apesar de toda a complexidade envolvida no método de VG, um valor de acurácia pode ser estimado, permitindo-se assim ter uma ideia da medida dos erros adquiridos durante todo o processo de coleta de dados. Neste trabalho, o valor de acurácia

foi calculado e o resultado foi de 0,45 cm. Valores encontrados na literatura, para diferentes sistemas de análises cinemáticas, apresentaram acurácia entre 0,5 e 11,6 mm¹⁹. Desta forma, a acurácia do presente estudo pode ser considerada satisfatória, diante das condições de coleta (que envolvia registro de três métodos simultaneamente) e dos dados apresentados na literatura. Ressalta-se que um estudo anterior apresentou que o método de videogrametria não apresentou valores compatíveis de altura de salto, quando comparados aos dados obtidos por meio de plataforma de força². No entanto, as análises foram feitas em apenas duas dimensões, sem apresentação de valores de acurácia, e com a utilização de um modelo corporal diferente do utilizado neste estudo para a obtenção das coordenadas do centro de massa, tornando assim a comparação impossibilitada.

Por fim, os resultados do presente estudo confirmaram parcialmente as hipóteses iniciais estabelecidas, uma vez que foram encontradas fortes correlações entre os métodos de quantificação de altura do salto vertical, porém sem concordância entre si. Os resultados fornecem condições para que profissionais que trabalham na área de avaliação tenham maior embasamento para a escolha do método mais apropriado para a análise de potência dos membros inferiores (de acordo com as condições físicas e financeiras disponíveis) e, principalmente, para que os devidos cuidados sejam tomados em análises comparativas.

Estudos futuros devem procurar realizar testes de concordância entre outros métodos de aferição de saltos verticais, como o saltar e alcançar, com o propósito de se encontrar métodos de fácil aplicação e baixo custo, que podem substituir os métodos mais complexos. Ainda, estudos com plataforma de força podem fornecer dados reais sobre a potência dos atletas e, com isto, seus resultados podem ser comparados com métodos indiretos e precisos como a videogrametria.

O objetivo desse trabalho foi analisar a correlação e concordância entre três métodos distintos para a quantificação da altura do salto vertical: cinta de abalakov, tapete de contato e videogrametria. Os resultados permitiram concluir que não houve concordância satisfatória entre os valores encontrados para os diferentes métodos, sugerindo que profissionais da área tenham cautela na comparação entre resultados de altura do salto vertical obtidos por diferentes métodos.

Abstract

Agreement and correlation among three different methods for the quantification of the vertical jump height

The purpose of the present study was to analyze the association and the agreement among three different methods to quantify of the vertical jump height: abalakov belt (AB), contact mat (TC) and videogrammetry (VG). Thirteen female volleyball players performed three maximal countermovement jumps, without the help of upper limbs. The three methods were used simultaneously to quantify the jump height. The lowest correlation ($r = 0.77$; $p < 0.01$) was found between VG and AB, while the strongest correlation ($r = 0.92$; $p < 0.01$) was found between VG and TC methods. In addition, Bland and Altman plots revealed no satisfactory agreement between the methods. These findings suggest precaution to compare the results of vertical jump height from different methods.

KEY WORDS: Volleyball; Abalakov; Contact mat; Videogrammetry; Power test; Biomechanics.

Referências

1. Nuzzo JL, Anning JH, Scharfenberg JM. The reliability of three devices used for measuring vertical jump height. *J Strength Cond Res.* 2011;25:2580-90.
2. Kibele A. Possibilities and limitations in the biomechanical analysis of countermovement jumps: a methodological study. *J Appl Biomech.* 1998;14:105-17.
3. Carlock JM, Smith SL, Hartman MJ, et al. The relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability: a field-test approach. *J Strength Cond Res.* 2004;18:534-9.
4. Cronin JB, Hing RD, McNair PJ. Reliability and validity of a linear position transducer for measuring jump performance. *J Strength Cond Res.* 2004;18:590-3.
5. Lloyd RS, Oliver JL, Hughes MG, Williams CA. Reliability and validity of field-based measures of leg stiffness and reactive strength index in youths. *J Sports Sci.* 2009;27:1565-73.
6. Scott SL, Docherty D. Acute effects of heavy preloading on vertical and horizontal jump performance. *J Strength Cond Res.* 2004;18:201-5.
7. Moreira A, Maia G, Lizana CR, Martins EA, Oliveira PR. Reprodutibilidade e concordância do teste de salto vertical com contramovimento em futebolistas de elite da categoria sub-21. *Rev Educ Fís/UEM.* 2008;19:413-21.
8. Klavora P. Vertical-jump tests: a critical review. *Strength Cond J.* 2000;22:70-5.
9. Slinde F, Suber C, Suber L, Edwen CE, Svantesson U. Test-retest reliability of three different countermovement jumping tests. *J Strength Cond Res.* 2008;22:640-4.
10. Impellizzeri FM, Rampinini E, Maffiuletti N, Marcora SM. A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:2044-50.
11. Markovic G, Dizdar D, Jukic I, Cardinale M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *J Strength Cond Res.* 2004;18:551-5.
12. Figueroa PJ, Leite NJ, Barros RM. A flexible software for tracking of markers used in human motion analysis. *Comput Methods Programs Biomed.* 2003;72:155-65.
13. Abdel-Aziz YI, Karara HM, editors. Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. *Symposium on Close-Range Photogrammetry 1971; Falls Church, USA: American Society of Photogrammetry; 1971.* p.1-18.
14. Cunha SA, Lima Filho EC. Metodologia para suavização de dados biomecânicos por função não paramétrica ponderada local robusta. *Rev Bras Biomec.* 2003;1:23-8.
15. De Leva P. Adjustments to Zatsiorsky-Seluyanov's segment inertia parameters. *J Biomech.* 1996;29:1223-30.
16. Vincent WJ. *Statistics in kinesiology.* 3rd ed. Champaign: Human Kinetics; 2005.
17. Callegari-Jacques SM. *Bioestatística: princípios e aplicações.* Porto Alegre: Artmed; 2003.
18. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;1:307-10.

19. Chiari L, Della Croce U, Leardini A, Cappozzo A. Human movement analysis using stereophotogrammetry: part 2: instrumental errors. *Gait Posture*. 2005;21:197-211.

ENDEREÇO

Felipe Arruda Moura
Laboratório de Biomecânica Aplicada
Centro de Educação Física e Esporte
Universidade Estadual de Londrina
Rod. Celso Garcia Cid, PR 445, km 380
86057-970 - Londrina - PR - BRASIL
e-mail: felipearrudamoura@gmail.com

Recebido para publicação: 25/02/2013

1a. revisão: 30/11/2013

2a. revisão: 10/06/2014

Aceito: 08/10/2014