

## COMPARAÇÃO ENTRE DOIS MÉTODOS PARA DETERMINAÇÃO DE POTÊNCIA MECÂNICA EM SALTOS VERTICAIS

### COMPARISON BETWEEN TWO METHODS FOR DETERMINATION OF MECHANICAL POWER IN VERTICAL JUMPING

Jorge Luiz Lopes Storniolo Junior\*  
Gabriela Fischer\*\*  
Leonardo Alexandre Peyré-Tartaruga\*\*\*

#### RESUMO

O objetivo do estudo foi comparar valores de potência mecânica de saltos verticais obtidos através do teste de BOSCO (potência teórica, *PT*) com valores de potência mecânica registrados por uma plataforma de força (potência experimental, *PE*) e verificar a concordância entre os dois métodos. Onze corredores recreacionais realizaram saltos contínuos máximos durante 60 segundos. Foram utilizados a plataforma de força 3D e o sistema de cinemática 2D para cálculo da *PT* e *PE*, respectivamente. A partir da análise cinemática (*Dvideow 5.0*) foram obtidos o tempo de voo e o número de saltos. Utilizou-se o teste de *Bland e Altman* para a análise de concordância entre os métodos. Os valores médios de *PT* e *PE* foram de  $15,6 \pm 2,4 \text{ W.kg}^{-1}$  e  $20,8 \pm 3,2 \text{ W.kg}^{-1}$ , respectivamente, situando-se entre os limites de concordância de  $\pm 2dp$ . Concluiu-se que a equação de *PT* é um método conveniente para determinação da potência mecânica durante saltos verticais contínuos.

**Palavras-chave:** Potência mecânica. Salto vertical. Fadiga.

#### INTRODUÇÃO

A potência mecânica é caracterizada como a quantidade de trabalho por unidade de tempo, ou como a variação de energia mecânica produzida por unidade de tempo (CHELLY; DENIS, 2001; KYRÖLÄINEN et al., 2004; MARKOVIC; JARIC, 2007). Essa capacidade permite ao sistema neuromuscular dominar resistências com a maior velocidade de contração possível (MARKOVIC; JARIC, 2007), e seu treinamento tem sido considerado de grande importância para os campos do desempenho esportivo (KIRKENDALL; STREET, 1986; MALISOUX et al., 2006) e da saúde (CASEROTTI et al., 2008). Dessa forma, diferentes métodos de avaliação da potência mecânica têm sido propostos na literatura específica, com o objetivo de validá-los (MARGARIA et al., 1966; FOX; MATHEWS, 1974; BOSCO, 1983a; HARMAN et al., 1991; SAYERS et al.,

1999). Testes que requerem poucas variáveis e materiais de simples execução se destacam entre os demais. Assim, o ramo desportivo e funcional consegue se beneficiar da facilidade e simplicidade que caracterizam esse método de avaliação.

A utilização de saltos verticais é uma forma simples e precisa de quantificar a potência mecânica (BOSCO, 1983a; SAYERS et al., 1999). A habilidade de executar essa prova pode ainda ajudar na avaliação do estado de progressão de um atleta ou na determinação de um programa de treinamento efetivo (SAYERS et al., 1999). Sua realização se caracteriza pela ativação do sistema de ciclo alongamento-encurtamento muscular, quando executado com contramovimento ou com o salto partindo de determinada altura (MALISOUX et al., 2006), evidenciando sua importância nos diferentes movimentos balísticos do cotidiano, como caminhada e corrida (ARAMPATZIS et al., 2000).

\* Licenciado em Educação Física. Mestrando da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, Brasil.

\*\* Mestre. Doutoranda da Faculdade de Exercício e Ciência do Esporte da Universidade de Verona, Verona, Itália.

\*\*\* Doutor. Professor da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, Brasil.

Não obstante, a maioria dos métodos que se utilizam de saltos verticais para mensuração de potência mecânica requer equipamentos de difícil acessibilidade a treinadores e desportistas (SAYERS et al., 1999). Os materiais comumente utilizados são a plataforma de força e o tapete de contato, que indicam, respectivamente, dados das componentes de força de reação do solo e altura de voo durante os saltos verticais. Dessa forma, a avaliação torna-se dispendiosa, pois utiliza predominantemente recursos de laboratório, limitando o acesso à comunidade esportiva em geral.

Em virtude disso, Bosco et al. (1983a), por meio de um teste máximo de saltos verticais contínuos, construiu uma equação de potência mecânica. Em seu método teórico são necessários somente as variáveis de tempo total de voo ( $T_v$ ) e o número de saltos realizados ( $n$ ).

Na validação de seu método, durante a pesquisa, Bosco et al. (1983a) encontraram alta correlação entre os resultados do teste - com respostas de potência mecânica advindas do Teste de Wingate ( $r = 0,87$ ) (BAR-OR, 1980) - e os índices de tempo em corrida realizada em velocidade máxima, num percurso de sessenta metros ( $r = 0,84$ ); porém ainda não há conhecimento sobre a relação destes resultados com respostas da própria potência mecânica obtida através da equação baseada nas leis fundamentais da física. Por isso, o objetivo do estudo foi comparar e correlacionar os valores de potência mecânica de saltos verticais obtidos por meio do teste de Bosco et al. (1983a) (Potência Teórica, *PT*), analisados através de cinemática, com valores de potência mecânica registrados por uma plataforma de força (Potência Experimental, *PE*), para verificar a concordância entre os dois métodos e deste modo, validar a utilização e eficiência de um teste prático e de fácil acesso como forma de avaliar a potência mecânica durante saltos verticais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Sujeitos

Foram selecionados para participar do estudo onze corredores recreacionais, com frequência semanal de treinamento de no

mínimo três vezes por semana e experiência mínima de um ano em competições de cinco a dez quilômetros sem apresentar nenhuma lesão musculoesquelética. Todos os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, que continha informações pertinentes ao experimento e assegurava sua privacidade. O estudo está registrado (número 2008025) no Comitê de Ética e Pesquisa da Pró-reitoria da Pesquisa na UFRGS aprovado em 09/04/2009, reunião n.º 47 e ata n.º 127.

### Desenho experimental

A coleta dos dados ocorreu no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O teste para mensuração de potência mecânica baseava-se no protocolo adotado por Bosco et al. (1983a). A equação 1 ilustra o método criado pelos autores, servindo como referência à *PT* do presente estudo. O teste foi baseado na realização de saltos verticais subsequentes de forma máxima durante 60 segundos. Os saltos foram classificados como *Counter Movement Jump* (CMJ), pois havia a presença de contramovimento em sua execução. O teste ocorreu sob uma plataforma de força *AMTI*, modelo OR6-5, com frequência de amostragem de 500 Hz. Perpendicularmente ao seu eixo sagital, a uma distância de aproximadamente dois metros, encontrava-se uma câmera de vídeo (JVC GR-DVL 9800 – *JVC Company of America, Wayne, New Jersey, USA*) com frequência de amostragem de 50 Hz. Além disso, um calibrador 2D, com medidas lineares conhecidas, foi utilizado como referência para a reconstrução dos dados em ambos os eixos, o vertical e o horizontal.

Após aquecimento por cinco minutos em corrida de baixa intensidade, os sujeitos realizaram cinco saltos, para familiarização. Durante o teste eles recebiam motivação verbal no sentido de manter o esforço máximo que o protocolo requeria. Durante os saltos os sujeitos deveriam manter as mãos nos quadris, flexionar os joelhos até aproximadamente 90° e saltar sobre a plataforma de força, no tempo de 60 segundos. Caso isso não ocorresse, o teste seria anulado. Assumiu-se que tanto as variáveis

cinéticas como as cinemáticas representariam o corpo humano por meio do centro de massa corporal localizado aproximadamente no quadril, através de marcador reflexivo (BOSCO; KOMI, 1979).

$$\text{Equação 1 - } \bar{W} = \frac{g^2 \cdot Tv \cdot 60}{4n \cdot (60 - Tv)}$$

onde  $g$  representa aceleração gravitacional ( $\approx 9,8 \text{ m.s}^{-1}$ ),  $Tv$ , o tempo de voo total, e  $n$ , o número de saltos realizados durante o teste.

### Procedimentos

#### Potência Experimental

Através da plataforma de força foram obtidos dados das forças de reação do solo (FRS). Apenas o sentido vertical da força foi utilizado para análise. Com isso, para encontrar a força resultante ( $Fr$ ), necessitava-se diminuir a FRS pela força peso ( $Fp$ ) (equação 2). Assim, conseguia-se suprir a equação do método experimental com dados de força aplicados pelo sujeito durante o teste. Os sinais de FRS foram processados em rotinas matemáticas criadas no programa LABVIEW 8.5, para construção das equações de ambos os métodos, o teórico e o experimental. Anteriormente a isso, os arquivos de FRS foram analisados através do programa SAD32.

$$\text{Equação 2 - } Fr = FRS - Fp$$

A partir das imagens de vídeo e da análise cinética foi possível calcular a aceleração do centro de massa corporal do sujeito:

$$\text{Equação 3 - } a = \frac{FRS}{m}$$

Obtendo essa variável e aplicando-a num cálculo de integral foi possível obter dados de velocidade:

$$\text{Equação 4 - } v(t) = v_0 + \int_{t_0}^t a(t') dt'$$

Expressão da integral, do instante  $t_0$  ao instante  $t$ , da função aceleração, denotada por  $a(t)$ , e  $t'$  é a variável de integração.

Assim, a equação do método experimental foi aplicada:

$$\text{Equação 5 - } \bar{W} = F \cdot V$$

#### Potência Teórica

Os vídeos foram digitalizados com o programa *Dvideow* (*Digital Video for Biomechanics for Windows*, Unicamp, Campinas, Brasil). Assumindo o ponto do quadril (trocâter maior) como centro de massa corporal do sujeito, ele foi digitalizado para determinar a aceleração, e, após isso, a velocidade. Para aquisição do  $Tv$ , foram somados os quadros das imagens no momento em que nenhum dos pés do indivíduo estivesse em contato com o solo ( $ta$ ). Esse valor era multiplicado pela variação de tempo que cada quadro representava ( $dt = 0,02$ ):

$$\text{Equação 6 } Tv = ta \cdot 0,02$$

#### Tratamento estatístico

Utilizou-se estatística descritiva e inferencial para a análise dos dados. O programa usado para o tratamento estatístico foi *SPSS* versão 13.0. A análise exploratória indicou normalidade dos dados pelo teste de *Shapiro Wilk*. Uma vez observada uma distribuição normal ( $p > 0,05$ ), foram utilizadas média, desvio padrão e valores percentuais para os resultados. Para tratamento dos dados obtidos, em ambos os métodos, o teórico e o experimental, utilizou-se o teste de *Bland e Altman* para verificar a concordância entre os dois modelos. Dessa forma, os dois desvios - padrão - para cima e para baixo - sobre a média da diferença entre os valores gerados de um método pelo outro serviram como limites de concordância estabelecidos pela estatística. Com isso, somente foi aceito semelhanças entre os valores, quando a média da soma entre os modelos estiver entre as linhas de confiança. De outro modo, eles não apresentam concordância. Assim, o método teórico poderia ser interpretado como ineficaz para estimar a potência mecânica no teste de saltos verticais, pois se assume que o

método experimental seja considerado como “padrão ouro”, por representar uma equação advinda das leis fundamentais da física.

Além disso, o teste de ANOVA 3x2 com medidas repetidas foi aplicado para comparação entre as médias das quedas percentuais das potências (PT e PE) nos diferentes períodos de tempo analisados (15-30s, 15-45s, 15-60s). Com os dados apresentando interação, utilizou-se o teste-t pareado para verificar a diferença entre os métodos. Concomitantemente o teste *post hoc* de Bonferroni foi utilizado para encontrar as diferenças entre os períodos de tempo, controlando o efeito do erro de tipo I.

O Teste de correlação produto momento de Pearson foi realizado para determinar a relação existente entre PT e PE. O nível de significância adotado para as análises foi de 5%.

## RESULTADOS

A Tabela 1 indica as características da amostra apresentadas através da média e desvio-padrão.

**Tabela 1** - Características da amostra apresentada em média e desvio padrão (DP).

| Variáveis                              | Média  | DP      |
|--|--------|---------|
| Idade (anos)                           | 29,43  | ± 4,88  |
| Estatura (m)                           | 1,72   | ± 7,89  |
| Massa corporal (kg)                    | 70,55  | ± 11,30 |
| Comprimento de MI (cm)*                | 87,75  | ± 4,54  |
| Percentual de gordura (%)              | 16,46  | ± 8,14  |
| FC <sub>max</sub> (bpm)                | 188,58 | ± 6,46  |
| Treinamento (km.semana <sup>-1</sup> ) | 34,4   | ± 13,23 |

\* Membro inferior

A Tabela 2 informa os resultados das potências calculadas pelos métodos teórico e experimental relativizadas pelo peso corporal de cada sujeito (W.kg<sup>-1</sup>). Diante disso, as médias da soma de ambos os resultados encontraram-se

nos limites de concordância impostos pela estatística de dois desvios-padrão para cima e para baixo ( $\pm 2dp$ ), com os limites superior e inferior de valor 9,07 e 1,51 W.kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Figura 1).

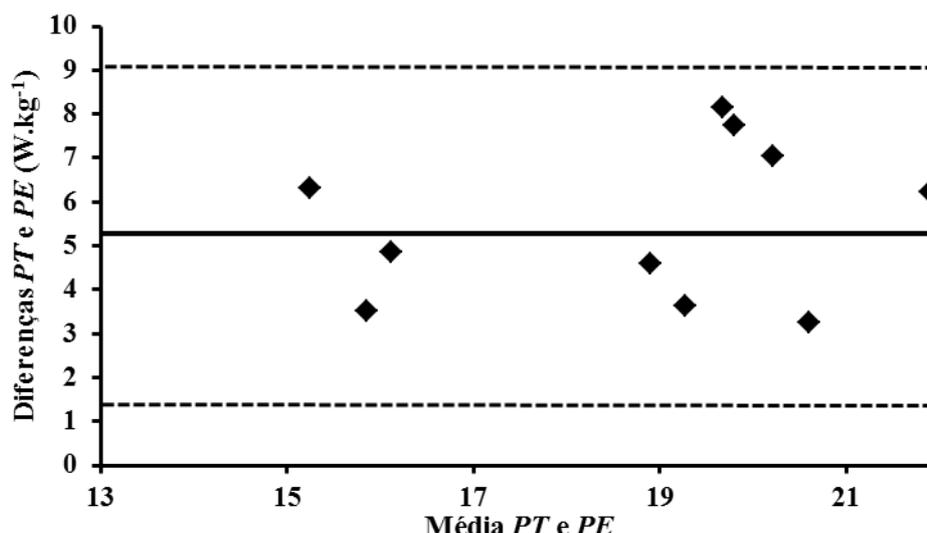
A Tabela 3 apresenta os valores de concordância de Bland Altman em relação à PT e PE.

**Tabela 3** - Potências experimental e teórica de cada sujeito relativizada pelo peso corporal (W.kg<sup>-1</sup>), com suas respectivas médias e desvio-padrão (D.P.). \* representa diferença significativa entre os métodos ( $p < 0,0001$ )

| Potência Experimental (W.Kg <sup>-1</sup> ) | Potência Teórica (W.Kg <sup>-1</sup> ) |       |
|---|--|-------|
| 18,8  | 25                                     |       |
| 12,1  | 18,4                                   |       |
| 16,7  | 23,7                                   |       |
| 19  | 22,2                                   |       |
| 15,9  | 23,7                                   |       |
| 15,6  | 23,8                                   |       |
| 11,3  | 14,1                                   |       |
| 14,1  | 17,6                                   |       |
| 16,6  | 21,2                                   |       |
| 17,5  | 21,1                                   |       |
| 20,9  | 18,5                                   |       |
| Média                                       | 16,2                                   | 20,8* |
| D.P.  | ±2,9                                   | ±3,34 |

**Tabela 4** - Média das diferenças, erro-padrão (EP), desvio-padrão (DP) e intervalo de concordância da diferença média. Limites de concordância representados por dois desvios-padrão (2DP), positivo e negativo.

| Média das diferenças | EP   | DP   | Intervalo | Limites de concordância |      |
|----------------------|------|------|-----------|-------------------------|------|
| 5,29                 | 1,79 | 1,89 | 7,58      | +2DP                    | -2DP |
|                      |      |      |           | 9,08                    | 1,50 |



**Figura 1** - Gráfico de *Bland e Altman* ilustrando a diferença média de *PT* e *PE* no eixo *x*, pelas diferenças entre *PT* e *PE* no eixo *y*. Nota-se que os losangos estão entre os limites de confiança impostos pela estatística de  $\pm 2$  dp acima e abaixo (9,07 e 1,51) da linha média (linha escura) representados pelas linhas tracejadas.

Além desses valores, a *PT* obtida durante cada quize segundos de teste demonstrou queda

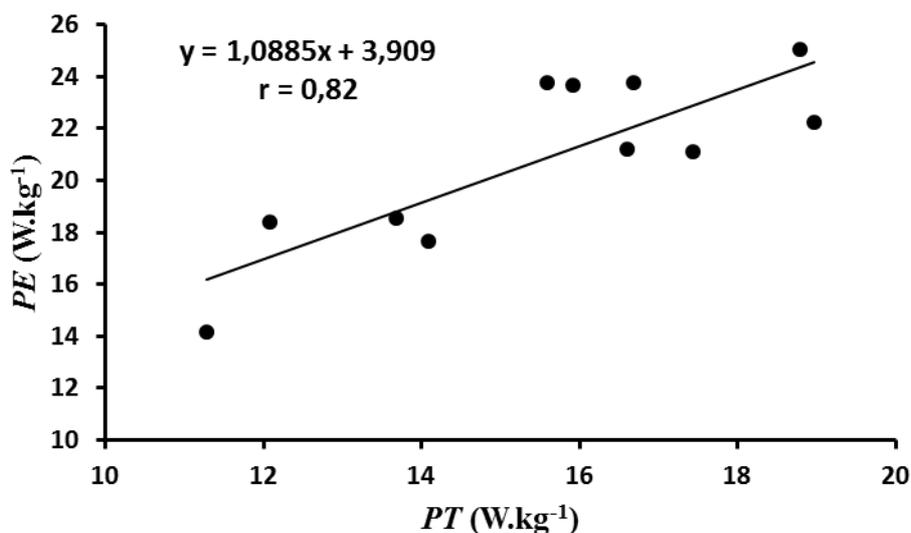
em seus níveis do primeiro até o último quarto de tempo, assim como a *PE* (Tabela 3).

**Tabela 5** - *PT* média expressa por cada um dos sujeitos durante os primeiros e últimos quinze segundos do teste, com percentual de redução calculado na última coluna.

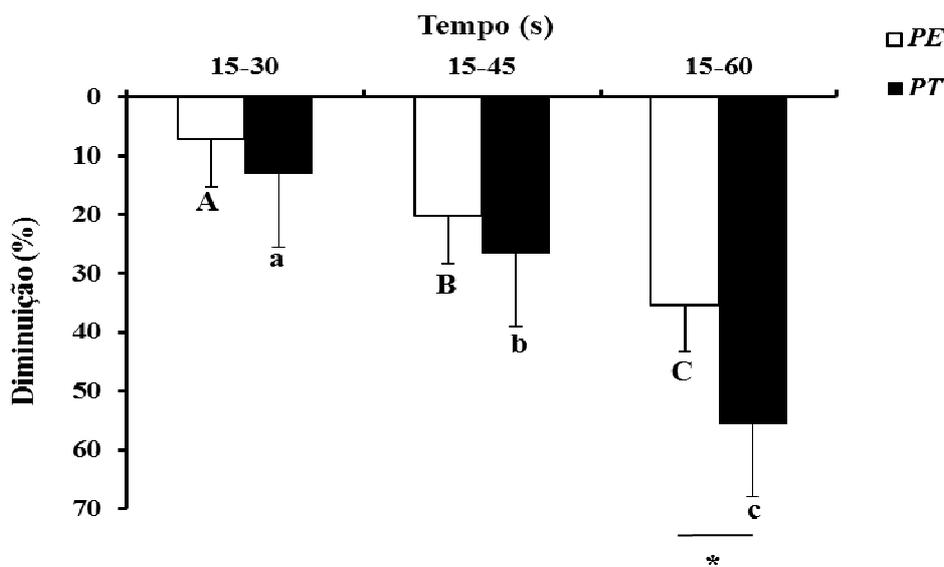
| Sujeitos     | <i>PT</i> (W.kg <sup>-1</sup> ) (0-15s) | <i>PT</i> (W.kg <sup>-1</sup> ) (45-60s) | Percentual de redução (%) | <i>PE</i> (W.kg <sup>-1</sup> ) (0-15s) | <i>PE</i> (W.kg <sup>-1</sup> ) (45-60s) | Percentual de redução (%) |
|--------------|---|--|---------------------------|---|--|---------------------------|
| 1            | 23,9                                    | 12,0                                     | 50,2                      | 31,1                                    | 15,8                                     | 49,1                      |
| 2            | 14,9                                    | 9,4                                      | 63,1                      | 22,5                                    | 15,2                                     | 32,0                      |
| 3            | 22,5                                    | 9,8                                      | 43,5                      | 27,2                                    | 20,0                                     | 26,4                      |
| 4            | 23,3                                    | 14,4                                     | 61,8                      | 25,2                                    | 17,5                                     | 30,1                      |
| 5            | 19,1                                    | 12,0                                     | 63,0                      | 25,7                                    | 21,1                                     | 17,5                      |
| 6            | 22,7                                    | 8,5                                      | 37,5                      | 27,6                                    | 15,1                                     | 45,5                      |
| 7            | 14,5                                    | 7,5                                      | 51,7                      | 17,2                                    | 11,1                                     | 35,4                      |
| 8            | 16,3                                    | 11,2                                     | 68,8                      | 20,9                                    | 14,1                                     | 32,6                      |
| 9            | 19,7                                    | 12,7                                     | 64,7                      | 26,9                                    | 15,9                                     | 40,6                      |
| 10           | 23,5                                    | 11,7                                     | 49,7                      | 26,0                                    | 14,0                                     | 46,0                      |
| 11           | 17,5                                    | 9,7                                      | 55,5                      | 21,3                                    | 14,5                                     | 32,0                      |
| <b>Média</b> | 17,1                                    | 10,8                                     | 55,4                      | 24,7                                    | 15,9                                     | 35,2                      |
| <b>D.P.</b>  | $\pm 3,5$                               | $\pm 2,0$                                | $\pm 9,8$                 | $\pm 3,8$                               | $\pm 2,8$                                | $\pm 9,4$                 |

Esses dados, representados graficamente com a *PE*, apresentaram comportamento similar (Figura 3). Enquanto isso, uma correlação

realizada entre as duas potências apresentou uma alta correlação ( $r = 0,82$ ).



**Figura 2** - Gráfico de correlação produto momento de *Pearson* ilustrando linearidade positiva entre *PE* e *PT*, indicado pela linha de tendência e o valor de  $r = 0,82$  através da equação.



**Figura 3** - Gráfico ilustrando a diminuição (%) de ambas as potências (*PT* e *PE*) dos 15 aos 60s. Os valores estão em média e  $\pm$  D.P.; as letras minúsculas indicam diferenças entre os períodos para o *PT*; e as letras maiúsculas representam diferenças entre os períodos para *PE* ( $p < 0,001$ ) e \* indica diferença entre os métodos ( $p < 0,05$ ).

## DISCUSSÃO

O principal resultado deste estudo indicou semelhança entre os valores de *PT* e os de *PE*. Ambos os resultados encontravam-se entre os limites de confiança impostos pelo teste de *Bland e Altman* (Figura 1).

Os dados concordam com os de Samozino et al. (2008), que, similarmente ao estudo de Bosco et al. (1983b), criaram um método para avaliar potência mecânica, força e velocidade a partir de um teste de saltos do tipo *squat jump*; contudo, para validação do modelo, os autores utilizaram-se de dinamometria através de plataforma de

força para obtenção das forças de reação do solo, enquanto Bosco et al. (1983a) obtiveram variáveis para seus cálculos a partir do uso do tapete de contato para mensuração de tempo de voo durante os saltos. O método para determinação da *PE* utilizado no presente estudo, assim como o de Samozino et al. (2008), foi baseado em um método direto, utilizando dados de forças de reação do solo.

Utilizando outro protocolo, Sayers et al. (1999) validaram duas conhecidas equações de potência mecânica, para o desenvolvimento de uma terceira, com a intenção de abranger uma maior população para aplicação do cálculo a partir do teste realizado. A metodologia do estudo consistiu na realização de testes do tipo *squat jump* e *CMJ* comparados com o teste de pular-e-alcançar. Seus resultados demonstraram que a equação proposta obteve maior precisão para saltos do tipo *squat jump*, além de substituir os outros dois modelos propostos devido à simplicidade de seu uso. Os autores justificam os resultados pela pouca variação presente na técnica do salto, diferentemente do *CMJ*, que pode variar em altura, deslocamento da articulação do joelho e velocidade de execução (SAYERS et al., 1999).

A presença de cinemetria (câmera de vídeo) e dinamometria (plataforma de força) tem sido cada vez mais constante na literatura para efetiva utilização dos cálculos oriundos das leis da física (SAYERS et al., 1999, SAMOZINO et al., 2008), porém a diversidade nos deslocamentos de centro de massa corporal durante os diferentes métodos tem sido questionada por influenciar os resultados das capacidades mensuradas (RANAVOLO et al., 2008). O presente estudo caracterizou-se por um teste de saltos contínuos, do tipo *CMJ*, realizado durante 60 segundos, com uso de plataforma de força. Ranavolo et al. (2008) encontraram uma significativa interação entre a frequência do salto e o método da dinamometria. Eles afirmaram que quanto maior a frequência de saltos, em qualquer método para avaliação, menor será a diferença entre os valores de deslocamento do centro de massa entre eles. Assim, diminui-se a possibilidade de dispersão nos valores de potência mecânica quando confrontados os métodos cinemático e cinético; porém, com a frequência de saltos diminuída (i.e.: entre 1,2 e

1,6 Hz), esses resultados encontram-se com menor proximidade. Isto é corroborado pelos resultados do presente estudo, pois durante o período inicial do teste (primeiros 15 segundos) os valores de *PT* e *PE* encontram-se mais próximos, muito provavelmente pela maior frequência de salto imposta. Enquanto isso, no último quarto de teste percebe-se maior diferença nos resultados obtidos nos dois cálculos, diante da menor frequência aplicada, consequência do processo de fadiga estabelecido nos momentos finais (BOSCO et al., 1983b).

A dinamometria, apresentando dados das forças de reação do solo (FRS), tem sido precisa para determinar a potência mecânica em suas diferentes formas de manifestação. Ela tem recebido destaque, pois apresenta alta relação em seus valores com o aumento de velocidade e frequência imposto em determinados testes de corrida, ou saltos (ARAMPATZIS et al., 2000, SAMOZINO et al., 2008).

Arampatzis et al. (2000), ao compararem quatro métodos diferentes para cálculo de potência mecânica durante a corrida, examinaram a linearidade da relação entre o resultado da equação e a velocidade da corrida. Dois desses métodos representavam o movimento dos segmentos (cinemetria) e os outros dois ilustravam o trabalho realizado pelo centro de massa corporal (cinética). Os autores afirmaram que o método cinemático para obtenção de valores de potência mecânica em relação ao incremento na velocidade de corrida não correspondiam de forma fidedigna, ao passo que a dinamometria obteve alto coeficiente de determinação com a velocidade ( $r^2 = 0,92$ ;  $r^2 = 0,84$ ). Eles não encontraram diferenças entre as potências mecânicas em determinados incrementos na velocidade da corrida durante o teste, embora as velocidades demonstrassem diferença significativa entre elas. Além disso, o aumento de potência com a velocidade não era contínuo como nos métodos cinéticos. O estudo justifica essa instabilidade pelos valores de potência baseados em cálculos cinemáticos por diferentes motivos: (a) acelerações extremas não podem ser identificadas pela cinemetria; (b) a escolha de filtros de rotina e frequência de corte pode influenciar os resultados; (c) as características do modelo que representa o ser humano como um multicorpo rígido também

causa imprecisões. Apesar desses resultados, o presente estudo, através da *PT* (método cinemático), apresentou valores entre os mesmos limites de concordância da *PE*. Uma das causas desse resultado pode estar vinculada à velocidade em cada teste. Enquanto Arampatzis et al. (2000) executaram em seus testes velocidades de corrida a partir de  $2,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , nosso estudo realizou testes de saltos contínuos do tipo *CMJ*, uma de cujas principais características, em comparação aos demais, é a velocidade intermediária de execução com a qual ele é realizado (KYROLÄINEN et al., 2004; MALISOUX et al., 2006). Assim, a gravação dos testes seria influenciada pela velocidade da imagem e os resultados advindos de *PT* poderiam estar em concordância com os de *PE*.

Ambas as potências, *PT* e *PE*, apresentaram valores com disparidade entre os sujeitos (Tabela 3). Talvez isto se deva à diferença no histórico de treinamento de cada um deles, uma vez que sujeitos com maior tempo de treinamento estariam com aumentados níveis de potência, tanto em *PT* quanto em *PE* (CASEROTTI et al., 2008). Outro fator que poderia influenciar esses resultados seria a falta de habilidade para a execução de saltos do tipo *CMJ*, já que o teste imprimia precisão para acerto do contato do pé com a plataforma, além do posicionamento dos braços fixos à cintura e da utilização de um ângulo de aproximadamente 90 graus para os joelhos a cada salto realizado durante todo o tempo (BOSCO et al., 1983b; SAYERS et al., 1999). Sabe-se que um padrão diferente destes citados, como o balanceio dos braços, afetaria o desempenho durante o teste (HARA et al., 2006). Embora tenha havido diferença ( $p < 0,0001$ ) entre as potências, um comportamento linear positivo foi constatado entre os métodos, com alto coeficiente de correlação ( $r = 0,82$ ) (Figura 2), o que confirma a relação tanto de aumento quanto de diminuição entre os métodos de análise.

Além dessas características, o salto do tipo *CMJ* se destaca pela presença do ciclo alongamento-encurtamento (CAE) (GUGLIELMO et al., 2009; TAIPALE et al., 2010). Este comportamento também se encontra durante a corrida humana, já que ela é

considerada uma sucessão de pequenos saltos (CAVAGNA et al., 1988; BLICKHAN, 1989). Ele atua no alongamento da musculatura agonista antes do encurtamento, e dessa forma ocorre o armazenamento de energia elástica. Após isso, durante o subsequente encurtamento, o músculo reaproveita a energia elástica armazenada e a utiliza como energia mecânica para o movimento (KOMI et al., 2000; NICOL et al., 2006; CAVAGNA, 2010). Diante disso, a equação de Bosco et al. (1983a) torna-se um importante método para avaliação de atletas e praticantes de atividade física com relação aos esportes que envolvam atividades predominantemente anaeróbias, como atletismo e esportes coletivos terrestres.

Outro interessante resultado de nosso estudo foram as quedas nos níveis de ambas as potências durante o tempo total do teste (Figura 3). Esse comportamento se assemelha com os resultados de Bosco et al. (1983), que encontraram uma diminuição nos valores de potência mecânica com o método *PT*: enquanto os primeiros quinze segundos indicaram  $26,7 \pm 3,0 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ , os últimos quinze não ultrapassaram  $16,7 \pm 2,4 \text{ W}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Devido a isso, o teste se caracteriza como um protocolo de fadiga, visto que a diminuição do desempenho é notada durante toda a sua execução, como se vê na Tabela 5 (BOSCO et al., 1983b).

Diante disto, os resultados de potência advindos do teste foram considerados válidos quando comparados de forma direta, o que contribui para a praticidade de sua utilização durante as avaliações físicas.

## CONCLUSÃO

Concluindo, a *PT* proposta por Bosco (1983a) como método de avaliação durante teste de 60 segundos realizado em saltos verticais é validada ao se compararem seus valores com os da *PE* advinda dos dados da plataforma de força, visto que este último método é considerado o padrão ouro para cálculo de medida em potência mecânica. O teste de Bosco se destaca pela facilidade de aplicação e importância para avaliação da potência muscular no campo do desempenho esportivo.

---

**COMPARISON BETWEEN TWO METHODS FOR DETERMINATION OF MECHANICAL POWER IN VERTICAL JUMPING**
**ABSTRACT**

The aim of this study was to compare the mechanical power values of vertical jumps measured by BOSCO test (Theoretical Power, *PT*) with mechanical power values registered by force plate (Experimental Power, *PE*) and verify the agreement between the two methods. Eleven recreational runners performed continuous maximal jumps for 60 seconds. Force platform 3D and 2D kinematics system were used for calculation of *PT* and *PE*, respectively. Data about flight time and number of hops were obtained from the kinematic analysis (*Dvideow* 5.0). We used *Bland & Altman* for agreement between the methods. The average values of *PT* and *PE* were  $15.6 \pm 2.4 \text{ W.kg}^{-1}$  and  $20.8 \pm 3.2 \text{ W.kg}^{-1}$ , respectively, ranging from the agreement limits  $\pm 2$  s.d. Therefore, the equation of the *PT* is a convenient method for determining the mechanical power during continuous vertical jumps.

**Keywords:** Mechanical power. Vertical jump. Fatigue.

---

**REFERÊNCIAS**

- ARAMPATZIS, A. et al. Mechanical power in running: a comparison of different approaches. **Journal of Biomechanics**, New York, v. 33, no. 4, p. 457-463, Apr. 2000.
- BAR-OR, O. et al. Anaerobic capacity and muscle fiber type distribution in man. **International Journal of Sports and Medicine**, Stuttgart, v. 1, p. 82-85, 1980.
- BLICKHAN, R. The spring-mass model for running and hopping. **Journal of Biomechanics**, New York, v. 22, p. 1217-1227, 1989.
- BOSCO, C. et al. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 50, p. 273-282, 1983a.
- BOSCO, C. et al. Mechanical Power Test and Fiber Composition of Human Leg Extensor Muscles. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 51, p. 129-135, 1983b.
- BOSCO, C.; KOMI, P. V. Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscles. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 41, p. 275-284, 1979.
- CASEROTTI, P. et al. Changes in power and force generation during coupled eccentric-concentric versus concentric muscle contraction with training and aging. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 18, no. 6, p. 773-82, 2008.
- CAVAGNA, G. A. et al. The determinants of the step frequency in running, trotting and hopping in man and other vertebrates. **Journal of Physiology**, Paris, v. 399, p. 81-92, 1988.
- CAVAGNA, G. Symmetry and asymmetry in bouncing gaits. **Symmetry**, Milan, v. 2, p. 1270-1321, 2010.
- CHELLY, S. M.; DENIS, C. Leg power and hopping stiffness: relationship with sprint running performance. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v. 33, no. 2, p. 326-333, 2001.
- FOX, E. L.; MATHEWS, D. K. **The interval training: conditioning for sports and general fitness**. Philadelphia: Saunders, 1974.
- GUGLIELMO, L. G. et al. Effects of strength training on running economy. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 30, p. 27-32, 2009.
- HARA, M. et al. The effect of arm swing on lower extremities in vertical jumping. **Journal of Biomechanics**, New York, v. 39, p. 2503-2511, 2006.
- HARMAN, E. et al. Estimation of human power output from vertical jump. **Journal of Applied Sport Science Research**, v. 5, p. 116-120, 1991.
- KIRKENDALL, D. T.; STREET, G. M. Mechanical jumping power in athletes. **British Journal of Sports and Medicine**, Loughborough, v. 20, p. 163-164, 1986.
- KOMI, P. V. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. **Journal of Biomechanics**, New York, v. 33, p. 1197-1206, 2000.
- KYRÖLÄINEN, H. et al. Effects of power training on mechanical efficiency in jumping. **European Journal of Applied Physiology**, Heidelberg, v. 91, p. 133-159, 2004.
- MALISOUX, L. et al. Stretch-shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 100, p. 771-779, 2006.
- MARGARIA, R. et al. Measurement of muscular power (anaerobic) in man. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 21, p. 1662-1664, 1966.
- MARKOVIC, G.; JARIC S. Positive and negative loading and mechanical output in maximum vertical jumping. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v. 39, no. 10, p. 1757-1764, 2007.
- NICOL, C. et al. The stretch-shortening cycle: a model to study naturally occurring neuromuscular fatigue. **Sports and Medicine**, Auckland, v. 36, no. 11, p. 977-999, 2006.
- RANAVOLO, A. et al. Comparison between kinematic and kinetic method for computing the vertical displacement of the center of mass during human hopping at different frequencies. **Journal of Applied Biomechanics**, Cambridge, v. 24, p. 271-279, 2008.
- SAMOZINO, P. et al. A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. **Journal of Biomechanics**, New York, v. 41, p. 2940-2945, 2008.

SANDS, W. A. et al. Comparison of the Wingate and Bosco anaerobic tests. **Journal of Strength and Conditioning Research**, Champaign, v. 18, p. 810–815, 2004.

SAYERS, S.P. et al. Cross-validation of three jump power equations. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Hagerstown, v. 31, no. 4, p. 572-577, 1999.

TAIPALE, R. S. et al. Strength training in endurance runners. **International Journal of Sports Medicine**, Stuttgart, v. 31, p. 468-476, 2010.

Recebido em 11/10/2011

Revisado em 29/09/2011

Aceito em 24/02/2012

---

**Endereço para correspondência:** Jorge Luiz Lopes Storniolo Junior, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Educação Física, Departamento de Educação Física. Rua Felizardo, 750, Jardim Botânico, CEP 90690-200, Porto Alegre-RS, Brasil.  
E-mail: jorge.storniolo@gmail.com