

## Características cinemáticas e cinéticas do salto vertical: comparação entre jogadores de futebol e basquetebol

*Kinematic and kinetic characteristics of vertical jump: Comparison between soccer and basketball players*

Matheus Machado Gomes<sup>1,2</sup>

Gleber Pereira<sup>3</sup>

Paulo Barbosa de Freitas<sup>4</sup>

José Angelo Barela<sup>1,5</sup>

1 Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Departamento de Educação Física, Laboratório para Estudos do Movimento, Rio Claro, São Paulo, Brasil.

2 Associação de Ensino de Botucatu, Faculdade de Educação Física, Botucatu, São Paulo, Brasil.

3 Universidade Positivo, Núcleo de Ciências Biológicas e da Saúde, Curitiba, Paraná, Brasil.

4 University of Delaware, Department of Health, Nutrition and Exercise Sciences, Newark, Delaware, Estados Unidos.

5 Universidade Cruzeiro do Sul, Instituto de Ciências da Atividade Física e Esportes, São Paulo, São Paulo, Brasil.

Recebido em 31/07/08

Revisado em 22/12/08

Aprovado em 18/05/09

**Resumo** – O objetivo do estudo foi comparar o desempenho e as características cinéticas e cinemáticas do salto vertical com (CBB) e sem (SBB) balanço dos braços, entre jogadores de futebol e basquetebol. Nove jogadores de basquetebol ( $21,2 \pm 2,9$  anos;  $101,64 \pm 14,58$  Kg;  $1,95 \pm 0,06$  m) e nove jogadores de futebol ( $18,2 \pm 0,7$  anos;  $77,4 \pm 7,58$  Kg;  $1,81 \pm 0,07$  m) realizaram 12 saltos verticais máximos, utilizando a técnica do contramovimento, sendo 06 saltos CBB e seis SBB. Os saltos foram realizados sobre uma plataforma de força que registrou as forças de reação do solo (FRS). A altura do salto vertical, as variáveis cinemáticas (duração da fase excêntrica, duração da fase concêntrica e máximo deslocamento para baixo do centro de massa) e cinéticas (potência média na fase excêntrica, potência média na fase concêntrica, pico de potência e pico de força) foram calculadas a partir do componente vertical da FRS. Os resultados não revelaram diferenças entre o grupo de jogadores de basquetebol e o grupo de jogadores de futebol, na altura máxima do salto vertical nem nas variáveis cinemáticas e cinéticas. Os participantes de ambos os grupos obtiveram maior altura do salto vertical no CBB (0,41m) do que SBB (0,36m). Isto foi alcançado devido a um maior pico de potência (CBB= $276,8\text{W}/\text{Kg}^{0,67}$  vs. SBB= $241,3\text{W}/\text{Kg}^{0,67}$ ) e uma maior duração da fase concêntrica (CBB= $0,20\text{s}/\text{m}^{0,5}$  vs. SBB= $0,19\text{s}/\text{m}^{0,5}$ ) no salto CBB do que no SBB. Estes resultados indicam que os jogadores de futebol e basquetebol, avaliados no presente estudo, possuem desempenho e características cinemáticas e cinéticas similares, independente do tipo de salto vertical realizado. Entretanto, o uso dos braços durante o salto vertical melhora o desempenho, sendo que a utilização do braço parece influenciar jogadores de futebol e basquetebol na mesma proporção.

**Palavras-chave:** Desempenho psicomotor; Biomecânica; Tamanho corporal.

**Abstract** – The aim of this study was to compare jump height and kinetic and kinematic components of countermovement vertical jumps between soccer and basketball players performed in two different arm swing conditions: with arm swing (WAS) and without arm swing (NAS). Nine basketball players ( $21.2 \pm 2.9$  years;  $101.64 \pm 14.58$  kg;  $1.95 \pm 0.06$  m) and nine soccer players ( $18.2 \pm 0.7$  years;  $77.4 \pm 7.58$  kg;  $1.81 \pm 0.07$  m) performed 12 maximal countermovement vertical jumps, including 6 WAS jumps and 6 NAS jumps, on a force platform that recorded the ground reaction force (GRF). The vertical component of the GRF was used to estimate jump height and to calculate the kinematic (duration of eccentric phase, duration of concentric phase, and maximal downward displacement of center of mass) and kinetic variables (mean power during the eccentric phase, mean power during the concentric, peak power, and peak force). The results showed no differences in jump height or in kinematic or kinetic variables between basketball and soccer players. In addition, the results showed that the participants of the two groups jumped higher in the WAS condition (0.41 m) than in the NAS condition (0.36 m) because of a higher peak power (WAS= $276.8 \text{ W}/\text{kg}^{0.67}$  and NAS= $241.3 \text{ W}/\text{kg}^{0.67}$ ) and a longer concentric phase duration (WAS= $0.20 \text{ s}/\text{m}^{0.5}$  and NAS= $0.19 \text{ s}/\text{m}^{0.5}$ ) during WAS jump. These results indicate that the basketball and soccer players studied here showed similar performance and the same kinematic and kinetic pattern in maximal vertical jumps and were comparably affected by the use of arm swing.

**Key words:** Psychomotor performance; Biomechanic; Body size.

## INTRODUÇÃO

O máximo desempenho em salto vertical é imprescindível para o sucesso de atletas em diversas modalidades esportivas como o futebol e o basquetebol. Vários estudos analisaram as interações cinéticas e cinemáticas, que podem influenciar no desempenho do salto vertical<sup>1-4</sup>. Porém, poucos estudos analisaram essas interações comparando diferentes modalidades esportivas<sup>3,5-7</sup>.

Recentemente, foi observado que atletas treinados em atividades que envolvem potência muscular (saltos e corridas de velocidade) obtiveram melhor desempenho no salto vertical, quando comparados a levantadores de peso e indivíduos fisicamente ativos<sup>5</sup>. O melhor desempenho destes grupos deveu-se a uma maior duração da fase concêntrica do movimento<sup>5</sup>. Outro estudo comparou a altura do salto vertical realizado por jogadores de voleibol e basquetebol e os resultados indicaram que os jogadores de voleibol atingiram maior altura do salto vertical que os jogadores de basquetebol, porém, não foram realizadas análises dos componentes cinéticos e cinemáticos do salto vertical que explicassem tais diferenças<sup>3</sup>. Outro aspecto importante está relacionado à capacidade física exigida nos treinamentos e na prática da modalidade esportiva. Por exemplo, no futebol e basquetebol a potência de membros inferiores é bastante exigida, porém com objetivos diferentes. No futebol, dá-se prioridade às saídas em altas velocidades e corridas, e no basquetebol prioriza-se as saídas em alta velocidade e saltos verticais e horizontais máximos ou próximos do máximo. Assim, a especificidade do treinamento de diferentes modalidades esportivas pode influenciar as características de execução e de desempenho em saltos verticais.

O futebol e o basquetebol apresentam diferenças na quantidade de saltos verticais realizados por partida e, conseqüentemente, nos treinamentos. Enquanto um jogador de basquetebol realiza em média 65 saltos por partida, jogadores de futebol realizam apenas 9 saltos<sup>7,9</sup>. Outra consideração importante é que muitos dos saltos verticais realizados no basquetebol são combinados com o balanço e a elevação dos braços acima da cabeça, na fase final do salto, como no rebote, na enterrada e no bloqueio<sup>10</sup>. Por outro lado, no futebol, esta associação entre salto vertical e elevação do braço acima da cabeça raramente acontece, exceto para o goleiro. Com base nestas características e considerando a influência do balanço dos braços, em particular na fase final do salto vertical<sup>2</sup>, parece oportuno analisar não somente o padrão cinético e cinemá-

tico do salto vertical nessas duas modalidades, mas também a influência da utilização do balanço dos braços no salto vertical.

Diante do exposto, o objetivo do presente estudo foi comparar a altura do salto vertical e os componentes cinéticos (potência e força) e cinemáticos (duração das fases excêntrica e concêntrica, e máximo deslocamento para baixo do centro de massa no final da fase excêntrica) dos saltos verticais realizados por jogadores de basquetebol e futebol com e sem balanço dos braços. Tendo em vista a maior exigência de saltos verticais na modalidade basquetebol, hipotetizamos que os jogadores de basquetebol teriam maior altura de salto vertical que os jogadores de futebol. Ainda, que as diferenças no desempenho seriam decorrentes de diferenças nos componentes cinéticos e cinemáticos do salto vertical. Por fim, hipotetizamos que ambos os grupos diminuiriam a altura máxima dos saltos verticais quando estes fossem realizados sem balanço dos braços, porém, a diminuição da altura seria mais acentuada em jogadores de basquetebol devido à maior utilização do balanço dos braços em saltos verticais durante a prática desta modalidade esportiva.

## PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

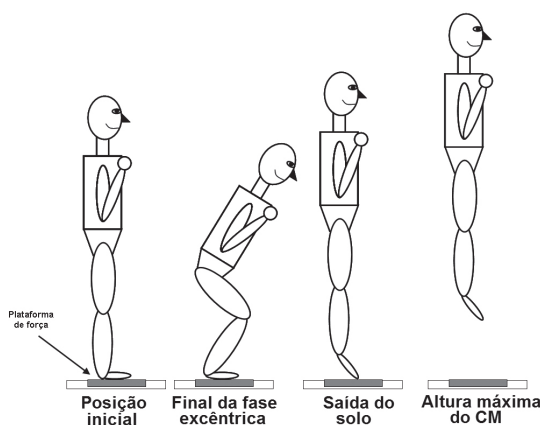
### Sujeitos

Participaram do estudo 18 indivíduos adultos do gênero masculino, sendo 9 atletas profissionais de basquetebol (21,2 ± 2,9 anos; 101,64 ± 14,58 Kg; 1,95 ± 0,06 m) e 9 atletas profissionais de futebol (18,2 ± 0,7 anos; 77,4 ± 7,58 Kg; 1,81 ± 0,07 m). Os participantes não apresentavam nenhum comprometimento músculo-esquelético que pudesse interferir no desempenho de saltos verticais. Eles foram randomicamente selecionados dentro do grupo de jogadores de basquetebol da equipe de Rio Claro (9 entre 15 jogadores foram selecionados) e de futebol da equipe sub-20 da cidade de Rio Claro (9 entre 22 jogadores foram selecionados). Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa para Seres Humanos da Universidade Estadual Paulista (Processo nº 3825) e todos os participantes foram informados sobre os procedimentos e riscos inerentes aos testes antes de assinarem o termo de consentimento.

### Procedimentos

Os participantes foram trazidos ao Laboratório para Estudos do Movimento para uma sessão única de testes, realizada em julho de 2006. Neste período, os atletas encontravam-se na fase preparatória de treinamento. O procedimento de coleta de dados

teve início pela aferição da massa corporal e estatura. Cada participante realizou um aquecimento de cinco minutos constituído de exercícios de alongamento e corridas leves. Após o aquecimento, o participante foi orientado sobre os procedimentos de coleta e instruído sobre a técnica de salto e sobre as condições em que estes deveriam ser executados. O participante foi então instruído a realizar saltos verticais, utilizando a técnica contramovimento (countermovement jump - CMJ) que consiste na execução de flexões das articulações do tornozelo, joelho e quadril e consequente deslocamento vertical do centro de massa (CM), para baixo, seguido de imediata extensão destas articulações e geração de força propulsiva responsável pela saída do corpo do solo e elevação do CM (figura 1) (para descrição detalhada da técnica CMJ ver Linthorne<sup>1</sup> e Ugrinowitsch e Barbanti<sup>11</sup>). Os CMJs foram realizados em duas condições: com (CBB) e sem balanço dos braços (SBB). Na condição SBB, os participantes foram orientados a manter as mãos e braços cruzados em frente ao peito durante todas as fases do salto. Na condição CBB, foi permitido aos participantes realizarem balanço dos braços.



**Figura 1.** Sequência de um salto vertical realizado com a técnica contramovimento (countermovement jump - CMJ) sem o balanço dos braços.

Após essas instruções, cada participante executou 10 CMJs, variando entre alturas máximas e submáximas em cada condição, para familiarização com os procedimentos experimentais. Em seguida, os participantes executaram os saltos verticais CBB e SBB em dois blocos de 6 saltos, e em cada um dos blocos os saltos verticais foram da mesma categoria (CBB ou SBB). Com o objetivo de evitar efeito da ordem dos saltos verticais, metade do número de participantes realizou saltos verticais CBB, no primeiro bloco e SBB no segundo, e vice-versa. Um intervalo de 3 minutos foi dado entre os dois blocos e de 30

segundos entre cada salto vertical. Os participantes foram instruídos a saltarem o mais alto possível. Apenas o salto vertical com a maior altura, em cada condição, foi utilizado nas análises posteriores.

### Tratamento e análise dos dados

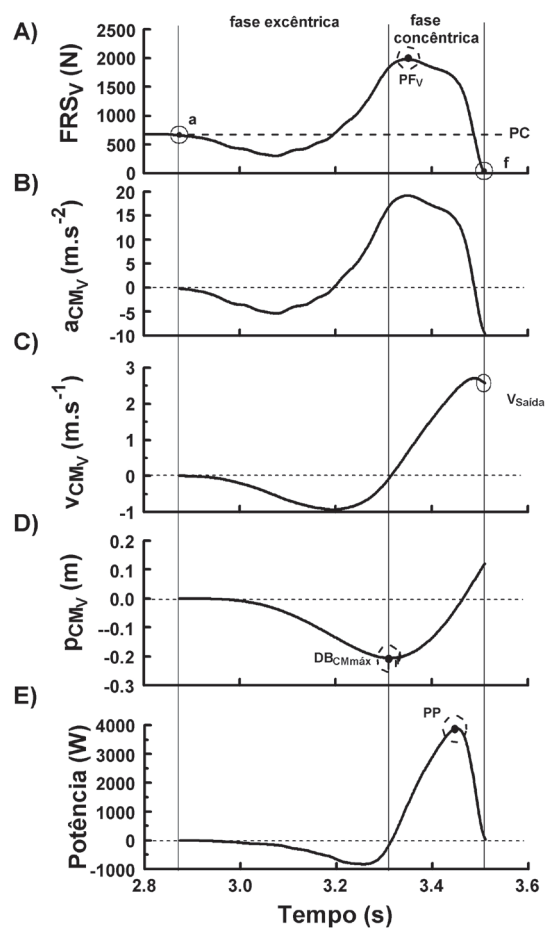
Os participantes realizaram todos os saltos verticais sobre uma plataforma de força (Kistler – modelo 9286-A), a qual foi usada para o registro das forças de reação do solo (FRS) com frequência de aquisição de 1000 Hz. Os dados de FRS foram adquiridos por meio de uma placa conversora analógica-digital (PCI-MIO-16E-4) de 32 canais e 16 bits de resolução e armazenados para análise posterior. Utilizando uma rotina do programa LabView (Versão 8.0, National Instruments, Austin, TX, USA), os dados referentes ao componente vertical da FRS ( $FRS_v$ ) foram filtrados por meio de um filtro digital Butterworth de passa baixa, 2ª ordem e com frequência de corte de 20 Hz. A  $FRS_v$  resultante foi utilizada para determinar os pontos de início do movimento para o salto vertical (a) e saída do solo (f) (Figura 2, painel A). O ponto “a” (início do movimento) foi determinado quando a  $FRS_v$  apresentou uma redução de 2% em relação ao peso corporal do participante. O ponto “f” (instante de saída do solo) foi determinado quando a  $FRS_v$  foi menor que 1% do peso corporal do participante.

A partir dos dados de  $FRS_v$  (figura 2, painel A), as variáveis de desempenho (altura máxima do salto), cinemáticas (duração das fases excêntrica e concêntrica e máximo deslocamento para baixo do centro de massa (CM)) e cinéticas (potência média durante as fases excêntrica e concêntrica, pico de potência e pico de força vertical) foram calculadas. Para determinar essas variáveis, primeiramente, o peso corporal (PC), medido durante a fase em que o participante permaneceu estático sobre a plataforma de força antes de iniciar o movimento de salto vertical, foi subtraído da  $FRS_v$  do intervalo entre os pontos “a” e “f”. O resultado foi dividido pela massa corporal (MC), para que a série temporal da aceleração do componente vertical do CM fosse estimada [ $a_{CMv} = (FRS_v - PC)/MC$ ] (Figura 2, painel B). Em seguida, as séries temporais da velocidade ( $v_{CMv}$ ) (Figura 2, painel C) e da posição ( $p_{CMv}$ ) (Figura 2, painel D) do componente vertical do CM foram estimadas por meio da integração da  $a_{CMv}$  e da  $v_{CMv}$ , respectivamente.

A altura máxima do salto vertical foi determinada por meio da equação de Torricelli [ $h_{máx} = v_{saída}^2 / (2 * g)$ ], onde  $h_{máx}$  (m) é a altura máxima do salto,  $v_{saída}$  é a velocidade ( $m.s^{-1}$ ) do componente vertical

do CM no instante de saída do solo, determinada pela  $v_{CMv}$  no ponto “f”, e  $g$  é a aceleração devido a ação da gravidade ( $g=9,81 \text{ m.s}^{-2}$ ). A duração da fase excêntrica (DFE) foi determinada, subtraindo o valor do instante  $t$ , onde a  $v_{CMv}$  passa de negativa para positiva ( $v_{CMv} \approx 0$ ), do valor do instante  $t$  do ponto “a”. A duração da fase concêntrica (DFC) foi determinada pela subtração da duração total do movimento (instante do ponto “f” – instante do ponto “a”) pela DFE. O máximo deslocamento para baixo do CM ( $DB_{CMm\acute{a}x}$ ), que marca o final da fase excêntrica, foi estimado pelo mínimo valor do deslocamento do CM observado entre o ponto “a” e “f”. A série temporal da potência entre os pontos “a” e “f” (Figura 2, painel E) foi obtida, multiplicando a  $FRS_v$  pela  $v_{CMv}$  ( $P = FRS_v \cdot v_{CMv}$ ) e a potência média durante a fase excêntrica ( $PM_{EX}$ ) e durante a fase concêntrica ( $PM_{CO}$ ) foi estimada, além do pico de potência (PP). Por fim, o pico de força vertical ( $PF_v$ ) foi estimado como o máximo valor da  $FRS_v$  no intervalo entre o ponto “a” e “f”. Uma rotina do software LabView foi desenvolvida para a determinação de todas as variáveis supracitadas.

As variáveis cinéticas ( $PM_{EX}$ ,  $PM_{CO}$ , PP e  $PF_v$ ) foram normalizadas pela massa corporal elevada à potência 0,67 ( $m^{0,67}$ ) e as variáveis cinemáticas foram normalizadas pela estatura (i.e., variável deslocamento do CM para baixo) ou pela estatura elevada à potência 0,5 (i.e., durações das fases excêntrica e concêntrica) para cada participante. Isso se deve em função do teste t para amostras independentes ter mostrado que os jogadores de basquetebol eram, em média, mais altos [ $t_{(16)}=4,91$ ,  $p<0,001$ ] e possuíam maior massa corporal [ $t_{(16)}=4,51$ ,  $p<0,001$ ] do que os jogadores de futebol, e do conhecido efeito do tamanho corporal em variáveis associadas ao desempenho do salto vertical (i.e. força e potência muscular)<sup>12-14</sup>. A normalização das variáveis dependentes pela massa corporal (m) ou pela estatura elevadas às determinadas potências está de acordo com a premissa que os seres humanos são similares com relação à forma e se diferem em tamanho (princípio da similaridade geométrica)<sup>15,16</sup>. Baseado neste princípio, pode-se afirmar que estatura e comprimento dos segmentos corporais estão relacionadas às medidas de comprimento (l); a área transversal dos músculos é proporcional às medidas de comprimento (estatura e comprimento dos segmentos) elevada ao quadrado (l<sup>2</sup>); e massa e peso corporal, relacionadas ao volume corporal, são proporcionais às medidas de comprimento elevada ao cubo (l<sup>3</sup>). Portanto, se assumirmos que a força muscular é proporcional à área de secção transversa



**Figura 2.** Séries temporais (A) do componente vertical da força de reação do solo ( $FRS_v$ ) com indicações dos pontos “a” e “f”, do pico de força vertical ( $PF_v$ ) e do peso corporal (PC) do participante (linha horizontal tracejada); (B) da aceleração do componente vertical do centro de massa ( $a_{CMv}$ ); (C) da velocidade do componente vertical do CM ( $v_{CMv}$ ) e indicação do ponto onde foi determinado a velocidade de saída do solo ( $V_{saída}$ ); (D) da posição do componente vertical do CM ( $p_{CMv}$ ) e indicação do máximo deslocamento para baixo do CM ( $DB_{CMm\acute{a}x}$ ); e (E) da potência com indicação da localização do pico de potência (PP). As três linhas verticais ao longo dos eixos “Y” delimitam as fases excêntrica e concêntrica do salto vertical

(l<sup>2</sup>) e massa corporal é proporcional ao volume corporal (l<sup>3</sup>), podemos usar esta relação e afirmar que força muscular é proporcional à massa elevada à potência 2/3 ( $m^{0,67}$ ). Conseqüentemente, é mais correto normalizar a força vertical, gerada por ações musculares, por  $m^{0,67}$  do que simplesmente por m. O mesmo raciocínio é válido para a potência média e para o pico de potência, uma vez que a velocidade não é dependente do tamanho corporal<sup>13,14,17,18</sup>.

Com relação às variáveis cinemáticas, se assumirmos que os segmentos corporais funcionam como pêndulos, a posição do CM de um indivíduo é proporcional, entre outras coisas, ao comprimento (l) de cada um dos segmentos e que a somatória do comprimento dos segmentos é proporcional à altura

do indivíduo ( $h=\Sigma l$ ), podemos assumir também que o deslocamento vertical do CM, enquanto o indivíduo está sobre a plataforma de força, é proporcional à altura deste. Desta forma, o máximo deslocamento vertical do CM para baixo foi normalizado pela estatura do indivíduo ( $h$ ). Já a duração das fases excêntrica e concêntrica foi normalizada pela  $h^{0.5}$ , pois o período de oscilação de um pêndulo ( $T$ ) é proporcional ao comprimento do pêndulo elevado à potência 0,5 ( $l^{0.5}$ ). Estes procedimentos de normalização estão de acordo com as fórmulas adotadas em estudos anteriores<sup>14,19</sup>.

### Análise Estatística

Por meio do uso dos testes de normalidade Shapiro-Willks e de homogeneidade de variância de Levene, foi observado que o conjunto das médias dos participantes em todas as variáveis apresentava normalidade e homogeneidade de variância. Deste modo, para testar os efeitos de grupo e do tipo de salto, na altura máxima do salto vertical e nas variáveis cinemáticas e cinéticas normalizadas, foram utilizadas uma ANOVA 2x2 (grupo vs. tipo de salto vertical) e duas MANOVAs 2x2 (grupo vs. tipo de salto vertical), respectivamente. O fator tipo de salto vertical foi tratado como medida repetida. O valor de alfa adotado foi menor que 0,05.

## RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta os resultados referentes à altura máxima de salto vertical realizado com e sem balanço dos braços por jogadores de futebol e basquetebol e, as variáveis cinemáticas e cinéticas normalizadas e não normalizadas. Embora apenas os resultados normalizados tenham sido utilizados nas análises estatísticas, os resultados não normalizados são apresentados para possibilitar comparações com resultados de estudos anteriores nos quais o processo de normalização adotado por este estudo não foi realizado.

### Altura máxima do salto vertical

A ANOVA não revelou efeito de grupo [ $F_{(1,16)}=0,2$ ,  $p>0,05$ ,  $\eta^2=0,01$ ] e interação entre grupo e tipo de salto vertical [ $F_{(1,16)}=1,2$ ,  $p>0,05$ ,  $\eta^2=0,07$ ], mas revelou que a altura máxima do salto vertical foi maior quando realizado com balanço do que sem balanço dos braços [ $F_{(1,16)}=142$ ,  $p<0,001$ ,  $\eta^2=0,90$ ].

### Variáveis cinemáticas

A MANOVA, incluindo as três variáveis cinemáticas, não revelou efeito de grupo [Wilks' Lambda=0,8,  $F_{(3,14)}=1,2$ ,  $p>0,05$ ,  $\eta^2=0,21$ ] e interação entre grupo e tipo de salto vertical [Wilks' Lambda=

**Tabela 1.** Médias ( $\pm$  DP) dos dados não normalizados e normalizados pelo tamanho corporal nos saltos verticais sem (SBB) e com (CBB) balanço dos braços em jogadores de futebol e basquetebol.

		SBB		CBB	
		Futebol	Basquetebol	Futebol	Basquetebol
Dados Não Normalizados	$H_{\text{máx}}$ (m)	0,35 $\pm$ 0,03	0,36 $\pm$ 0,03	0,41 $\pm$ 0,04*	0,41 $\pm$ 0,05*
	DFE (s)	0,46 $\pm$ 0,08	0,52 $\pm$ 0,12	0,52 $\pm$ 0,09	0,50 $\pm$ 0,11
	DFC (s)	0,23 $\pm$ 0,03	0,27 $\pm$ 0,03	0,25 $\pm$ 0,04	0,28 $\pm$ 0,05
	$DB_{\text{CMmáx}}$ (m)	0,265 $\pm$ 0,049	0,297 $\pm$ 0,071	0,241 $\pm$ 0,041	0,282 $\pm$ 0,042
	$PM_{\text{EX}}$ (W)	436,7 $\pm$ 65,3	602,7 $\pm$ 170,3	366,2 $\pm$ 102,5	572,5 $\pm$ 178,7
	$PM_{\text{CO}}$ (W)	2471,3 $\pm$ 153	3084,5 $\pm$ 329,8	2540,9 $\pm$ 246	3123,1 $\pm$ 407,5
	PP (W)	4235,2 $\pm$ 291,1	5498,4 $\pm$ 640,6	4904 $\pm$ 272,2	6209,4 $\pm$ 626,3
	$PF_{\text{V}}$ (N)	2101,9 $\pm$ 132,7	2505,9 $\pm$ 330,7	2089,2 $\pm$ 112,3	2585,3 $\pm$ 360,6
Dados Normalizados	DFE ( $s/m^{0.5}$ )	0,33 $\pm$ 0,06	0,37 $\pm$ 0,09	0,38 $\pm$ 0,06	0,36 $\pm$ 0,8
	DFC ( $s/m^{0.5}$ )	0,17 $\pm$ 0,02	0,20 $\pm$ 0,02	0,19 $\pm$ 0,03*	0,20 $\pm$ 0,03*
	$DB_{\text{CMmáx}}$	14,63 $\pm$ 2,24	15,26 $\pm$ 3,7	13,76 $\pm$ 2,41	14,50 $\pm$ 2,3
	$PM_{\text{EX}}$ ( $W/kg^{0.67}$ )	24,3 $\pm$ 3,17	27,1 $\pm$ 6,7	20,5 $\pm$ 5,14	25,9 $\pm$ 5,7
	$PM_{\text{CO}}$ ( $W/kg^{0.67}$ )	136,2 $\pm$ 8,9	139,2 $\pm$ 7,8	138,5 $\pm$ 12,2	141,7 $\pm$ 16,5
	PP ( $W/kg^{0.67}$ )	233,7 $\pm$ 14,8	248,9 $\pm$ 15,5	271,7 $\pm$ 18,3*	281,9 $\pm$ 22,4*
	$PF_{\text{V}}$ ( $N/kg^{0.67}$ )	115,2 $\pm$ 8,17	113,5 $\pm$ 11,72	114,2 $\pm$ 5,5	117 $\pm$ 11,05

\* Significativamente diferente de SBB.  $H_{\text{máx}}$  - altura máxima do salto vertical; DFE - duração da fase excêntrica; DFC - duração da fase concêntrica;  $DB_{\text{CMmáx}}$  - máximo deslocamento para baixo do CM;  $PM_{\text{EX}}$  - potência média durante a fase excêntrica;  $PM_{\text{CO}}$  - potência média durante a fase concêntrica; PP - pico de potência;  $PF_{\text{V}}$  - pico de força.

0,76,  $F_{(3,14)}=1,5$ ,  $p>0,05$ ,  $\eta^2=0,24$ ], mas revelou efeito do tipo de salto vertical [Wilks' Lambda= 0,58,  $F_{(3,14)}=3,37$ ,  $p<0,05$ ,  $\eta^2=0,42$ ]. Análises univariadas revelaram efeito do tipo de salto vertical apenas para a duração da fase concêntrica [ $F_{(1,16)}=9,7$ ,  $p<0,01$ ,  $\eta^2=0,38$ ]. A duração da fase concêntrica foi maior durante o salto CBB quando comparado ao SBB. Com relação ao deslocamento para baixo do CM e da duração da fase excêntrica, análises univariadas não revelaram efeito do tipo de salto vertical [ $F_{(1,16)}=1,8$ ,  $p>0,05$ ,  $\eta^2=0,10$  e  $F_{(1,16)}=1,6$ ,  $p>0,05$ ,  $\eta^2=0,09$ , respectivamente].

### Variáveis cinéticas

A MANOVA não revelou efeito de grupo [Wilks' Lambda= 0,63,  $F_{(4,14)}=1,94$ ,  $p>0,05$ ,  $\eta^2=0,37$ ] e interação entre grupo e tipo de salto vertical [Wilks' Lambda= 0,84,  $F_{(4,14)}=0,6$ ,  $p>0,05$ ,  $\eta^2=0,16$ ], mas revelou efeito do tipo de salto vertical [Wilks' Lambda= 0,21,  $F_{(4,14)}=12,4$ ,  $p<0,001$ ,  $\eta^2=0,79$ ]. Análises univariadas revelaram efeito do tipo de salto vertical apenas para o pico de potência [ $F_{(1,16)}=41,9$ ,  $p<0,001$ ,  $\eta^2=0,72$ ]. O pico de potência foi maior durante o salto CBB quando comparado ao salto SBB. Com relação às potências médias durante as fases excêntrica e concêntrica e o pico de força vertical, análises univariadas não revelaram efeito do tipo de salto vertical [ $F_{(1,16)}=3,9$ ,  $p>0,05$ ,  $\eta^2=0,20$ ;  $F_{(1,16)}=0,54$ ,  $p>0,05$ ,  $\eta^2=0,03$  e  $F_{(1,16)}=0,22$ ,  $p>0,05$ ,  $\eta^2=0,01$ , respectivamente].

## DISCUSSÃO

Os resultados do presente estudo não revelaram diferenças entre os grupos formados por jogadores de basquetebol e de futebol na altura máxima do salto vertical e nas variáveis cinemáticas e cinéticas, quando estas foram normalizadas por medidas de tamanho corporal (estatura e massa corporal, respectivamente). Além disso, os resultados revelaram que quando auxiliado pelo balanço dos braços, os participantes conseguiram saltar mais alto do que quando movimentos dos braços não foram permitidos. Isto ocorreu devido a um maior pico de potência e uma maior duração da fase concêntrica.

Se por um lado estes resultados rejeitam nossa hipótese de que os jogadores de basquetebol saltariam mais alto que os jogadores de futebol; por outro eles suportam a hipótese de que saltos verticais realizados CBB seriam mais altos quando comparados aos saltos SBB. A hipótese de que o uso do balanço dos braços iria interferir diferentemente nos jogadores de basquetebol e futebol também

foi rejeitada de acordo com os resultados encontrados. Em conjunto, estes resultados indicam que outros aspectos parecem exercer maior influência sobre o desempenho e as características cinéticas e cinemáticas do salto vertical do que simplesmente a prática em determinada modalidade esportiva.

### Efeito da modalidade esportiva no desempenho de saltos verticais

Em nossa hipótese inicial, os jogadores de basquetebol apresentariam melhor desempenho no salto vertical que os jogadores de futebol em função da maior exigência desta habilidade motora, tanto em volume (número de saltos verticais) quanto em intensidade (altura dos saltos verticais) na modalidade basquetebol. Acreditávamos que a dinâmica do jogo e a especificidade do treinamento de salto vertical, inerente ao basquetebol, desenvolveriam nesses atletas uma melhor capacidade de gerar potência muscular e conseqüentemente, maior altura no salto vertical. Estudos prévios têm indicado que a velocidade de saída do solo é o fator determinante para a altura do salto e que esta velocidade depende, sobretudo, da potência muscular<sup>2,5</sup>. Tricoli et al.<sup>3</sup> revelaram correlação significativa entre potência muscular e desempenho do salto vertical, indicando que conforme a capacidade de gerar potência muscular a altura do salto vertical também aumenta. Embora jogadores de futebol realizem menos saltos verticais durante jogos e treinamentos que os jogadores de basquetebol<sup>7-9</sup>, a potência muscular é uma qualidade física muito trabalhada neste esporte, principalmente, sob as formas de corridas curtas, chutes e deslocamentos laterais<sup>19,21</sup>. Tendo em vista que a potência muscular é um fator determinante no desempenho do salto vertical, é possível que jogadores de futebol e basquetebol detenham a mesma capacidade para gerar potência muscular durante o salto, independentemente da forma de treinamento (ex. saltos, corridas curtas, deslocamentos laterais) e por isso, demonstrem desempenho similar no salto vertical.

Considerando as semelhanças cinéticas e cinemáticas observadas no presente estudo, poderíamos sugerir que jogadores de futebol e basquetebol utilizem estratégias similares de movimento na busca do melhor desempenho em saltos verticais. Entretanto, outras investigações que incluam análises das interações entre as articulações e músculos envolvidos durante os saltos e que considerem o tempo de experiência no esporte, são necessárias para conclusões mais apropriadas com relação ao uso de diferentes padrões coordenativos por atletas de diferentes modalidades esportivas.

### Efeitos do balanço dos braços no desempenho de saltos verticais

Com relação à utilização do balanço dos braços durante o salto vertical, os resultados indicaram que o balanço dos braços propicia melhor desempenho no salto vertical, corroborando resultados de estudos prévios<sup>2,4,20,22,23</sup>. O salto vertical CBB aumentou em cerca de 15% o desempenho, quando comparado com a condição SBB. Essa melhora está dentro da amplitude (10% a 20%) reportada em outros estudos<sup>2,4,20,22,23</sup>. O melhor desempenho do salto vertical na condição CBB ocorreu devido à maior duração da fase concêntrica e ao maior pico de potência produzida nesta situação. Diversos estudos têm buscado entender como o balanço do braço aumenta o desempenho do salto vertical<sup>2,4,22-24</sup>. De maneira geral, têm-se apenas sugerido, e não comprovado, que a energia cinética desenvolvida pelos braços é utilizada para aumentar a energia potencial no instante de saída do solo, além de aumentar o armazenamento e o retorno de energia dos membros inferiores para “empurrar” o resto do corpo para cima<sup>24</sup>.

Embora o entendimento de como o balanço do braço contribui para o desempenho do salto vertical seja um assunto relevante, o foco do presente estudo não foi esclarecer este mecanismo e sim obter informações sobre as possíveis interações entre a prática em determinada modalidade esportiva e a utilização do balanço do braço no salto vertical. Tendo em vista que, na modalidade basquetebol os saltos verticais frequentemente são acompanhados do balanço e da elevação dos braços acima da cabeça e no futebol isto dificilmente acontece, hipotetizamos que os jogadores de basquetebol estariam mais aptos a utilizar e se beneficiar do balanço dos braços que os jogadores de futebol. Entretanto, nossa hipótese não foi confirmada. Os jogadores de futebol e de basquetebol foram similarmente influenciados pelo balanço dos braços. Isto ficou evidente tanto no desempenho quanto nas características cinéticas e cinemáticas do salto vertical. Assim, podemos dizer que tanto os jogadores de basquetebol quanto os jogadores de futebol foram hábeis em utilizar o balanço dos braços para melhorar o desempenho no salto vertical.

Apesar destes importantes achados, há limitações, no presente estudo, que justificam uma interpretação cautelosa destes resultados. A primeira é que não levamos em consideração a posição e a função tática dos jogadores nas equipes de futebol e basquetebol. Não sabemos como a função de cada jogador poderia influenciar nas características e no

desempenho dos saltos verticais. Outra limitação do estudo é que não foram acompanhados os treinamentos prévios das equipes. Levantamentos sobre a periodização na intensidade e tipo de treinamento empregado poderiam contribuir para o esclarecimento destes resultados. Além disso, a avaliação do padrão de ativação muscular e a coordenação entre os segmentos não foi realizada no presente estudo. Assim, a utilização de outros instrumentos, como eletromiografia e cinemetria, para aquisição de outras variáveis biomecânicas, poderia fornecer informações complementares ao estudo.

### CONCLUSÃO

Os resultados do estudo revelaram que os jogadores de futebol e basquetebol não apresentaram diferenças na altura de saltos verticais máximos e nas variáveis cinéticas e cinemáticas analisadas. Além disso, os resultados indicaram que a utilização do balanço dos braços alterou positivamente o desempenho do salto vertical (maior altura máxima e pico de potência), e que ambos os grupos de atletas realizaram saltos verticais similares, independente da condição do salto vertical (com ou sem balanço dos braços). Com base nesses resultados, podemos concluir que a especificidade de treinamento de ambas as modalidades pode não ser suficiente para alterar o desempenho em saltos verticais. Além disso, o balanço dos braços proporciona um aumento da altura máxima dos saltos verticais, devido a maior duração da fase concêntrica e ao aumento do pico de potência durante a realização dos mesmos. É importante salientar que outros fatores como a experiência no desporto e a função tática (posição) de cada jogador poderiam influenciar nos resultados. Assim, estudos futuros poderiam considerar estes aspectos.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Linthorne NP. Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *Am J Phys* 2001;69(11):1198-1204.
2. Lees A, Vanrenterghem J, De Clercq D. Understanding how an arm swing enhances performance in the vertical jump. *J Biomech* 2004;37(12):1929-1940.
3. Tricoli VAA, Barbanti VJ, Shinzato GT. Potência muscular em jogadores de basquetebol e voleibol: relação entre dinamometria isocinética e salto vertical. *Rev Paul Educ Fís* 1994;8(2):14-27.
4. Vanezis A, Lees A. A biomechanical analysis of good and poor performers of the vertical jump. *Ergonomics* 2005;48(11-14):1594-1603.
5. Ugrinowitsh C, Tricoli V, Rodacki ALF, Batista M, Ricardo MD. Influence of training background on jumping height. *J Strength Cond Res* 2007;21(3):848-852.

6. Cowley HR, Ford KR, Myer GD, Kernozek TW, Hewett TE. Differences in neuromuscular strategies between landing and cutting tasks in female basketball and soccer athletes. *J Athl Train* 2006;41(1):67-73.
7. Da Rocha CM, Ugrinowitsh C, Barbanti VJ. A especificidade do treinamento e a habilidade de saltar verticalmente. Um estudo com jogadores de basquetebol e voleibol de diferentes categorias. *Lecturas EF y Deportes* 2005;10(84).
8. Luhtanen P. Biomechanical aspects. In: Ekblom B, organizador. *Football (Soccer) Handbook of Sports Medicine and Science Oxford*. Blackwell Scientific Publications; 1994. p. 59-76.
9. Godik MA. Futebol: preparação dos futebolistas de alto nível. Rio de Janeiro: Grupo Palestra Sport; 1996.
10. Coleman B, Ray P. Basquetebol. São Paulo: Europa-América; 1976.
11. Ugrinowitsh C, Barbanti VJ. O ciclo de alongamento e encurtamento e a "performance" no salto vertical. *Rev Paul Educ Fís* 1998;12(1):85-94.
12. Jaric S, Ugarkovic D, Kukolj M. Evaluation of methods for normalizing muscle strength in elite and young athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 2002;42(2):141-151.
13. Jaric S. Role of body size in the relation between muscle strength and movement performance. *Exerc Sport Sci Rev* 2003;31(1):8-12.
14. Markovic G, Jaric S. Is vertical jump height a body size-independent measure of muscle power? *J Sports Sci* 2007;25(12):1355-1363.
15. McMahon TA. *Muscles, reflexes and locomotion*. Princeton: Princeton Press; 1984.
16. Åstrand PO, Rodahl K. *Textbook of work physiology*. New York: McGraw-Hill; 1986.
17. Jaric S. Muscle strength testing: use of normalisation for body size. *Sports Med* 2002;32(10):615-631.
18. Markovic G, Jaric S. Movement performance and body size: the relationship for different groups of tests. *Eur J Appl Physiol* 2004;92(1-2):139-149.
19. Wisloff U, Castagna C, Helgerud J, Jones R, Hoff J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *J Sports Med* 2004;38(3):285-288.
20. Silva P, Oliveira G. Análise biomecânica e neuromuscular da musculatura extensora do trem inferior no salto de impulsão vertical. *Lecturas EF y Deportes* 2003;9(67).
21. Souza P, Garganta J, Garganta R. Estatuto posicional, força explosiva dos membros inferiores e velocidade imprimida à bola no remate em Futebol. Um estudo com jovens praticantes do escalão sub-17. *Rev Port Ciênc Desporto* 2003;3(3):27-35.
22. Feltner ME, Bishop EJ, Perez CM. Segmental and kinetic contributions in vertical jumps performed with and without an arm swing. *Res Q Exerc Sport* 2004;75(3):216-230.
23. Hara M, Shibayama A, Takeshita D, Fukashiro S. The effect of arm swing on lower extremities in vertical jumping. *J Biomech* 2006;39(13):2503-2511.
24. Lees A, Vanrenterghem J, De Clercq D. The energetics and benefit of an arm swing in submaximal and maximal vertical jump performance. *J Sports Sci* 2006;24(1):51-57.

---

#### Endereço para correspondência

Matheus Machado Gomes  
 FMRP/USP – Laboratório de Bioengenharia  
 14049-900 – Ribeirão Preto, SP, Brasil  
 E-mail: theusgomes@yahoo.com.br