

Parâmetros cinéticos determinantes do desempenho nos saltos verticais

Kinetic parameters as determinants of vertical jump performance

Juliano Dal Pupo¹
Daniele Detanico¹
Saray Giovana dos Santos¹

Resumo – Este estudo objetivou identificar parâmetros de força e velocidade relacionados com o desempenho nos saltos verticais (SV) *Counter Movement Jump* (CMJ) e *Squat Jump* (SJ); comparar estes parâmetros entre corredores velocistas e voleibolistas. Participaram 24 atletas do sexo masculino (12 velocistas de nível estadual/nacional e 12 voleibolistas de nível nacional). Os atletas realizaram os SV CMJ e SJ sobre uma plataforma de força, sendo analisadas variáveis de desempenho (altura do salto e potência), pico de velocidade (PV), força máxima (Fmax) absoluta e relativa, taxa de desenvolvimento de força (TDF) e tempo para atingir a força máxima (TFmax). No CMJ, a altura correlacionou-se com o PV ($r=0,97$) e com a Fmax normalizada ($r=0,47$), enquanto que a potência relacionou-se com todas as variáveis, exceto com a Fmax absoluta ($r=0,12$). No SJ, o PV e a Fmax normalizada correlacionaram-se com a altura obtida ($r=0,95$; $r=0,51$, respectivamente) e com a potência ($r=0,80$; $r=0,87$, respectivamente). Além disso, a TFmax também correlacionou-se com a potência ($r=-0,49$). Os velocistas apresentaram valores superiores nas variáveis de desempenho do salto (altura e potência), na Fmax e no PV, tanto no SJ como CMJ. Conclui-se que o pico de velocidade e a força máxima normalizada foram os principais determinantes da altura e da potência obtida em ambos os SV. Contudo, a força explosiva (TDF e TFmax) também mostrou-se importante na produção de potência nos SV. Por fim, os velocistas apresentaram melhor desempenho nos SV em relação às voleibolistas.

Palavras-chave: Força; Potência; Performance.

Abstract – This study evaluated force and velocity parameters of vertical jump performance in countermovement jump (CMJ) and squat jump (SJ) and compared results for sprint runners and volleyball players. Twenty-four male athletes (12 regional/national-level sprint runners and 12 national-level volleyball players) performed CMJ and SJ on a force platform. The following variables were analyzed: jump performance (jump height and power), peak velocity (PV), absolute and relative maximum force (MF), rate of force development (RFD,) and time to reach maximum force (TMF). In CMJ, jump height was correlated with PV ($r=0.97$) and normalized MF ($r=0.47$), whereas jump power was significantly correlated with all variables, except MF ($r=0.12$). In SJ, PV and normalized MF were significantly correlated with jump height ($r=0.95$ and $r=0.51$) and power ($r=0.80$ and $r=0.87$). In addition, TMF was inversely correlated with power ($r=-0.49$). Runners had higher performance variables (height and power), normalized MF and PV than volleyball players in both CMJ and SJ. Velocity and maximum force were the main determinants of height and power in the two types of vertical jumps. However, explosive force (RFD and TMF) was also important for power production in vertical jumps. Runners had a better vertical jump performance than volleyball players.

Key words: Force; Performance; Power.

1. Universidade Federal de Santa Catarina. Laboratório de Biomecânica. Florianópolis, SC, Brasil.

Recebido em 31/08/10
Revisado em 14/02/11
Aprovado em 02/05/11



Licença
Creative Commons

INTRODUÇÃO

O desempenho nos saltos verticais (SV) é considerado um dos melhores indicadores dos níveis de potência muscular produzido pelos músculos dos membros inferiores¹. Nesse sentido, o SV é um importante preditor de desempenho em vários esportes que exigem ações explosivas, tais como as corridas de velocidade e o voleibol²⁻⁵.

Do ponto de vista biomecânico, a potência é caracterizada como a taxa de realização de trabalho por unidade de tempo, mais especificamente, o produto da força pela velocidade. Conforme evidenciado por Hill⁶, existe uma relação hiperbólica entre tais variáveis, necessitando, assim, uma combinação ótima de aplicação de força e velocidade para otimizar a potência produzida. A oscilação desta combinação de cargas dependerá das características do desportista e do tipo de treino realizado, no qual indivíduos mais fortes e/ou mais lentos geralmente conseguem a sua potência máxima em velocidade menor do que os mais rápidos⁷.

Em relação à força, estudos têm mostrado que muitas de suas características como o nível de força máxima (Fmax), o tempo para atingir a força máxima (TFmax) e a taxa de desenvolvimento de força (TDF) estão relacionados com o desempenho nos SV⁸⁻¹⁰. A TDF, definida como a taxa de aumento de força em um dado intervalo de tempo, é considerada um importante parâmetro para mensurar o desempenho neuromuscular em atletas de modalidades que utilizam contrações musculares explosivas^{8,11}. No âmbito esportivo, existem muitas modalidades ou, mais especificamente, componentes técnicos que não utilizam em seus movimentos todo o potencial de força, sendo esta taxa de variação de força, conhecida como força explosiva, considerada mais importante¹¹.

Os parâmetros de força determinantes da potência de membros inferiores têm sido relacionados com a performance nos SV, especialmente no *Counter Movement Jump* (CMJ) e no *Squat Jump* (SJ)^{5,10}. No primeiro, ocorre um movimento excêntrico dos músculos agonistas seguido de um concêntrico, no qual o desempenho no salto é atribuído, em grande parte, ao aproveitamento da energia elástica produzida no ciclo alongamento-encurtamento (CAE), enquanto que, no segundo, há apenas a fase de trabalho concêntrico, sendo o desempenho atribuído basicamente à capacidade de recrutamento neural do atleta¹. Em função de tais características do CMJ e SJ, nos quais possivelmente os parâmetros de força e velocidade são solicitados de forma diferenciada, ocorre uma diferença na altura de salto na ordem de 2-4 cm¹².

Outro aspecto importante é o fato de que os parâmetros de força e velocidade determinantes da potência podem apresentar características diferenciadas de acordo com a ação desenvolvida na modalidade, a exemplo dos corredores que necessitam de potência para deslocar-se no menor tempo possível e os voleibolistas que utilizam a potência para saltar. A identificação destes aspectos podem ser úteis ao considerar a especificidade do treinamento em modalidades que utilizam ações explosivas, porém

com gestos motores diferenciados. Baseado nesses aspectos, este estudo teve como objetivos: i) identificar os parâmetros de força e velocidade relacionados com o desempenho no CMJ e SJ; ii) comparar estes parâmetros entre corredores de velocidade e voleibolistas.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Sujeitos

Participaram deste estudo 24 atletas do sexo masculino, sendo 12 corredores de velocidade (idade: $21,2 \pm 3,3$ anos; massa corporal: $69,0 \pm 5,6$ kg; estatura: $175,5 \pm 6,5$ cm; gordura: $8,3 \pm 1,8\%$) e 12 voleibolistas (idade: $23,6 \pm 4,1$ anos; massa corporal: $85,5 \pm 16,2$ kg; estatura: $196,7 \pm 12,8$ cm; gordura: $9,9 \pm 2,8\%$). Os corredores eram atletas federados no estado Santa Catarina, participantes de competições de nível estadual e nacional e os voleibolistas faziam parte de uma equipe profissional que participava da Super Liga Nacional de Voleibol.

Os atletas que participaram do estudo foram esclarecidos sobre os objetivos e os métodos da pesquisa, para então assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. O presente estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos Universidade Federal de Santa Catarina, processo 073/2007.

Instrumentos e Procedimentos

Previamente à coleta de dados, os atletas realizaram um breve alongamento e aquecimento, seguido de um treinamento técnico específico para os SV, a fim de garantir a padronização do protocolo. Essa etapa compreendeu a realização de aproximadamente 5 a 6 CMJ e SJ, com intervalos de aproximadamente 1 min, sendo que a quantidade de saltos realizados dependeu do padrão motor (técnica do movimento) que cada sujeito apresentava. Na sequência, os atletas realizaram três tentativas dos saltos verticais CMJ e posteriormente três tentativas do SJ, com intervalo recuperativo de 2 min entre elas. Os SV foram realizados sobre uma plataforma de força piezo-elétrica (Kistler®, Quattro Jump, 9290AD, Winterthur, Switzerland), que mensura o componente vertical da força de reação do solo (FRS) em uma frequência de 500 Hz.

Protocolo do CMJ e SJ

Para execução do CMJ, o atleta partiu de uma posição estática em pé, com as mãos na cintura, executando o salto precedido por um contra-movimento, que consistiu em uma aceleração para baixo do centro de gravidade, flexionando os joelhos até próximo aos 90° , sendo esta angulação observada e controlada visualmente pelo avaliador. Durante o salto, o tronco foi mantido o mais vertical possível, sendo o sujeito instruído a saltar na maior velocidade possível, o mais alto que puder. Neste protocolo, os músculos agonistas são alongados durante a descida, na qual as estruturas elásticas são alongadas, ocorrendo acúmulo de energia elástica que poderá ser reu-

tilizada na subida (fase concêntrica). No SJ, o atleta realizou o salto a partir de uma posição estática com o ângulo do joelho em aproximadamente 90°, com o tronco o mais vertical possível e as mãos na cintura. O salto foi executado sem contra-movimento, ocorrendo somente a ação concêntrica dos músculos agonistas do movimento.

Análise dos dados

Os dados de FRS mensurados pela plataforma foram adquiridos por meio do software *Quattro Jump*, Kistler. Na figura 1, estão ilustradas as curvas de FRS, aceleração, velocidade e posição obtidas no CMJ. Estas mesmas curvas foram obtidas para o SJ, podendo também ser visualizadas pela figura 1, no entanto, o início do SJ deve ser considerado no instante “c”, devido a inexistência da fase excêntrica que antecede a concêntrica.

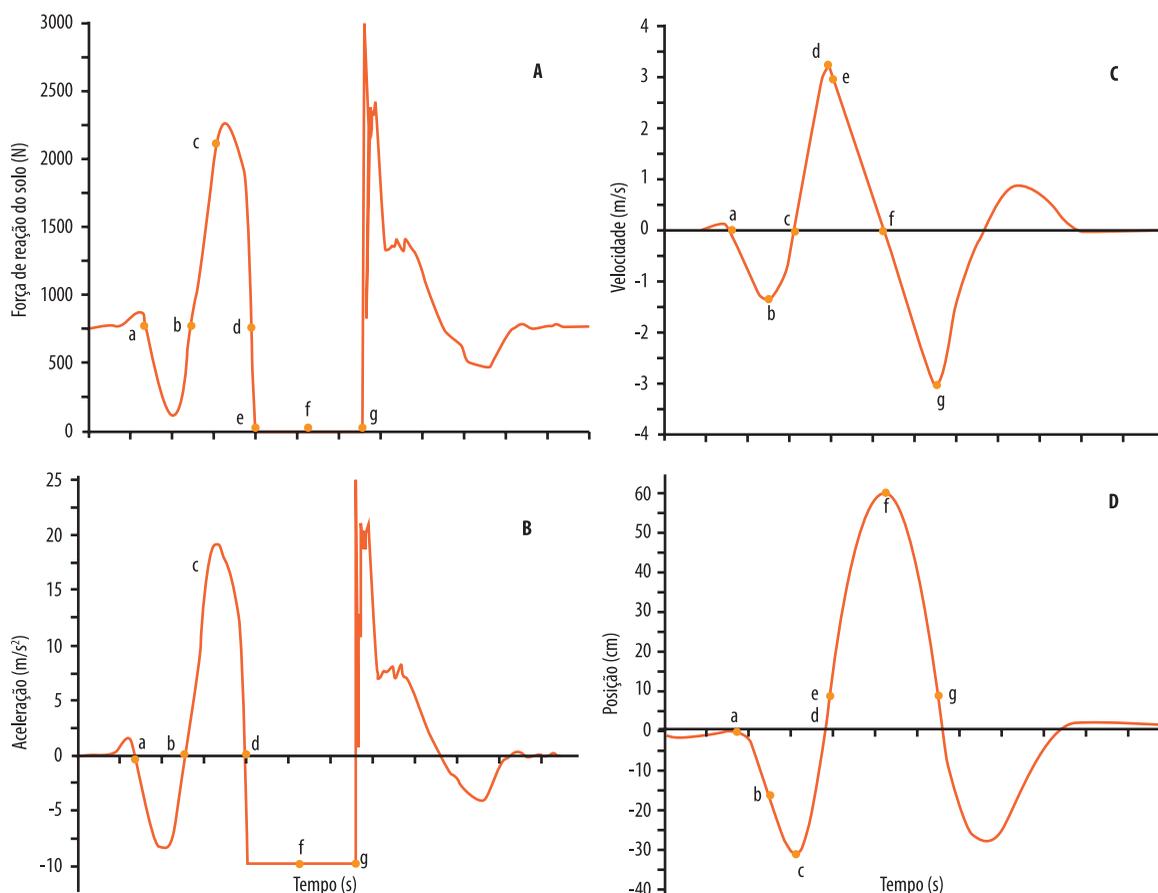


Figura 1. Representação dos parâmetros cinéticos obtidos no CMJ. (a) início do salto; (b) ponto em que a FRS é igual à força peso, neste instante a aceleração é zero e marca o ponto em que o saltador começa a acelerar para cima; (c) início da fase concêntrica, caracterizada pelo momento em que a velocidade torna-se positiva; (d) a FRS é igual a força peso e o saltador obtém a máxima velocidade de subida; (e) instante de impulsão, a FRS é igual a zero; (f) o saltador está na altura máxima do salto, neste instante a velocidade é zero; (g) momento da aterrissagem (Adaptado de Linthorne¹³).

A partir dos dados obtidos, foram determinadas e identificadas as seguintes variáveis:

- a) Altura do salto: foi calculada usando o software *Quattro Jump* por meio do método da dupla integração da força. Neste método matemático,

inicialmente, a curva de aceleração foi obtida (figura 1 - B) dividindo os valores de FRS pela massa corporal dos sujeitos, mensurada na própria plataforma. Subsequentemente, realizou-se uma integração trapezoidal da curva de aceleração obtendo-se a curva de velocidade (figura 1 - C). Esta última foi novamente integrada para obter o deslocamento do CM em cada instante do movimento, sendo o maior deslocamento vertical (figura 1 - D, instante f) considerado a altura de salto.

- b) Potência: obtida a partir da multiplicação da FRS pela velocidade na fase concêntrica do salto (c-e), sendo considerado para análise o valor médio da curva. O início da fase concêntrica foi identificado, tanto no CMJ quanto no SJ, no momento em que a velocidade tornava-se positiva (figura 1 - C, instante c).
- c) Força máxima (Fmax): identificado como o maior valor obtido na fase concêntrica do salto, expresso em termos absolutos (N) e normalizados pela massa corporal elevada à potência $0,67 (m^{0,67})^{14}$.
- d) Tempo para atingir a força máxima (TFmax), analisada na fase concêntrica (c-e).
- e) Taxa de desenvolvimento de força (TDF): foi considerada como a inclinação média da curva força-tempo no intervalo de tempo de 0-30 ms relativos ao início da fase concêntrica (c).
- f) Pico de velocidade (PV): o maior valor identificado na curva C (instante d), que ocorreu imediatamente antes da perda de contato do pé com o solo (e).

Tratamento Estatístico

Para análise dos dados, foi utilizada estatística descritiva e o teste de *Shapiro-Wilk* para verificar a normalidade dos dados, os quais foram considerados com distribuição normal para todas as variáveis. Além disso, a partir do teste de Levene verificou-se que os grupos possuem homogeneidade das variâncias para todas as variáveis analisadas, permitindo, assim, a utilização de estatística paramétrica. Posteriormente foi aplicado o teste “t” de *Student* para amostras independentes para comparar as variáveis entre os velocistas e voleibolistas e a correlação de Pearson para relacionar as variáveis obtidas nos SV. Adotou-se um nível de significância com $p < 0,05$.

RESULTADOS

Na tabela 1, estão apresentadas as relações dos parâmetros de desempenho no salto vertical (altura e potência) com as variáveis de força e velocidade obtidas no SJ e CMJ.

Conforme observado na tabela 1, a altura no CMJ foi fortemente correlacionada com o PV, enquanto que a potência média obtida no CMJ mostrou-se relacionada com todas as variáveis, exceto com a Fmax absoluta. No SJ, o PV e a Fmax normalizada determinaram a altura obtida, sendo estas mesmas variáveis, juntamente com a TFmax, relacionadas com a potência obtida no referido salto.

Na tabela 2, está apresentada a comparação das variáveis obtidas nos saltos verticais entre corredores de velocidade e voleibolistas.

Tabela 1. Correlação da altura do salto e potência com variáveis de força e velocidade no SJ e CMJ.

	CMJ		SJ	
	Altura	Potência	Altura	Potência
TDF	0,13	0,44 *	-0,04	0,34
Fmax	0,05	0,12	0,06	0,02
Fmax normalizada	0,47 *	0,88 **	0,52 **	0,76 **
TFmax	-0,07	-0,46 *	-0,07	-0,49 *
PV	0,97 **	0,75 **	0,95 **	0,80 **

TDF: taxa de desenvolvimento de força; Fmax: força máxima; TFmax: tempo para atingir a força máxima; PV: pico de velocidade.
* p<0,05; ** p<0,01

Tabela 2. Valores descritivos (média ± DP) dos parâmetros obtidos nos saltos verticais CMJ e SJ em corredores velocistas (COR) e voleibolistas (VOL).

	CMJ		SJ	
	COR	VOL	COR	VOL
Altura (cm)	54,72 ± 5,46 *	48,38 ± 3,96	51,93 ± 4,81 †	45,30 ± 4,07
Potência (W.kg ⁻¹)	33,31 ± 4,99 *	27,95 ± 2,93	27,63 ± 3,28 †	22,59 ± 2,88
Fmax (N)	1842,49 ± 211,24	2045,15 ± 320,54	1806,48 ± 255,12	2032,23 ± 326,53
Fmax (N.kg ^{-0,67})	24,67 ± 2,47 *	22,50 ± 2,33	25,49 ± 2,28 †	22,28 ± 1,71
TFmax (ms)	75 ± 40	79 ± 41	170 ± 70	202 ± 70
TDF (N.s ⁻¹)	2863,81 ± 2021,14	2880,56 ± 1212,01	5447,61 ± 2009,74	5311,11 ± 1669,79
PV (m.s ⁻¹)	3,04 ± 0,15 *	2,85 ± 0,13	2,93 ± 0,13 †	2,74 ± 0,14

TDF: taxa de desenvolvimento de força; Fmax: força máxima; TFmax: tempo para atingir a força máxima; PV: pico de velocidade,
* diferença significativa das variáveis do CMJ entre os corredores e voleibolistas (p<0,05)
† diferença significativa das variáveis do SJ entre os corredores e voleibolistas (p<0,05)

De acordo com os resultados apresentados na tabela 2, verificou-se que o desempenho (altura do salto e potência) tanto no CMJ quanto no SJ foram superiores nos velocistas em comparação aos voleibolistas. Dentre os parâmetros explicativos de força e velocidade, a Fmax relativa e o PV também mostraram-se superiores nos corredores de velocidade, em ambos SV analisados.

DISCUSSÃO

Referindo-se, inicialmente, ao primeiro objetivo deste estudo, verificou-se que a altura do salto no CMJ e no SJ, considerada a principal indicadora de desempenho, foi relacionada com o PV e com Fmax normalizada. Em estudos prévios com outras modalidades esportivas, já havia sido evidenciado que a Fmax é determinante na altura do SJ e CMJ^{5,9,10,15} assim como o PV no CMJ¹⁶.

O fato do PV no presente estudo ser determinante da altura no CMJ, possivelmente, deve-se à existência de um contra-movimento ou aceleração para baixo do CG (fase excêntrica) antes da fase de propulsão (concêntrica), permitindo a perda de contato do solo com grande velocidade. Um importante mecanismo que ocorre neste tipo de movimento excêntrico-

-concêntrico é o ciclo alongamento-encurtamento. Neste, as estruturas elásticas dos músculos agonistas no CMJ são alongadas durante a fase de descida, ocorrendo acúmulo de energia elástica que poderá ser reutilizada na subida (fase concêntrica)¹⁷, contribuindo para o desempenho no SV. Segundo Ugrinowitsch et al.¹⁵, a amplitude do contra-movimento utilizada pelo atleta é determinante para a eficiência do ciclo alongamento-encurtamento e, conseqüentemente, na altura do CMJ.

Além da energia elástica, outros mecanismos ocorridos com o contra-movimento podem estar contribuindo para que o PV e a Fmax sejam os principais determinantes da altura obtida no CMJ. Conforme descrito por Bobbert e Casius¹², o alongamento muscular na fase excêntrica ativa as respostas neurais, aumentando a estimulação muscular na fase concêntrica. Isso permite aos músculos construir um estado ativo de pré-contração, no qual há uma alta fração de pontes cruzadas formadas e possibilita uma relação comprimento-tensão adequada para geração de impulso. Além disso, uma rápida transição entre as fases concêntrica-excêntrica¹⁸ e o *stiffness* tendíneo¹⁹ podem contribuir para gerar velocidade e conseqüentemente, para o desempenho no CMJ.

A altura obtida no SJ também foi relacionada com o PV, no entanto, neste salto não ocorre contra-movimento ou fase excêntrica, somente a ação muscular da fase concêntrica do movimento¹. Nesse sentido, a velocidade gerada e, conseqüentemente, a altura obtida é atribuída basicamente à capacidade de recrutamento neural do atleta²⁰, sem a contribuição dos mecanismos descritos acima que se fazem presentes em movimentos com fase excêntrica. No entanto, a Fmax normalizada também foi correlacionada com a altura no SJ, o que indica que neste salto o desempenho foi determinado tanto pela velocidade quanto pela força máxima. O fato da Fmax ser determinante neste tipo de movimento pode ser explicado em função do indivíduo partir de uma posição estática e semiagachada, sendo necessário aplicar mais força para poder acelerar o corpo. Esse achado corrobora os resultados de estudos prévios que verificaram relações entre força isométrica máxima e dinâmica com o desempenho no SJ^{8,5,10}, mostrando que atletas com maiores níveis de força máxima apresentam desempenhos superiores no SJ.

Em relação à potência obtida nos SV, considerada como outro indicador de desempenho, a mesma é determinada pela razão do trabalho realizado e o tempo em que é executado o movimento ($P=W.t^{-1}$). Se o trabalho é igual ao produto da força pela distância e o quociente da distância pelo tempo é a velocidade, então, pode-se resumir que a potência é igual ao produto da força pela velocidade ($P=F.V$), ou seja, a força que um segmento do corpo pode produzir pela velocidade desse segmento⁷. No presente estudo, este fato pode ser ratificado a partir das correlações significativas encontradas da força normalizada e da velocidade com a potência no CMJ e SJ.

O nível de potência produzida é dependente da relação entre força-velocidade, evidenciada a partir das investigações realizadas por Hill⁶, que observou que o comportamento mecânico do músculo possui uma relação hiperbólica entre velocidade de contração e tensão desenvolvida. Com base

nessa teoria, quanto mais elevada é a carga a vencer, mais força tem que ser produzida pelos componentes contráteis dos músculos e menor será a velocidade de encurtamento destas estruturas e do segmento a ser movido. De acordo com Bosco²¹, a razão primária para tal fenômeno parece ser a perda da tensão no momento em que as pontes de actina-miosina se rompem no interior do componente contrátil, reconstituindo-se em condições de repouso. O segundo motivo é constituído pela viscosidade presente tanto no componente contrátil quanto no tecido conjuntivo.

A potência nos SV não depende apenas da Fmax, mas também de outras características associadas com a força, como a TDF e o TFmax, conforme resultados observados no presente estudo. Nesse sentido, verifica-se que o tempo para atingir a força máxima e a taxa de desenvolvimento de força são importantes aspectos para produção de potência^{5,22}. A TDF tem sido um dos índices mais utilizados para representar a força explosiva, sendo calculado pela inclinação média da curva força-tempo¹¹. Este índice apresentou correlação significativa apenas com a potência obtida no CMJ, onde houve maior inclinação da curva força-tempo quando comparada à curva do SJ. Segundo Corvino et al.¹¹, esta relação é mais evidente em condições de contra-movimento, onde ocorre o CAE, possibilitando maior velocidade e variação de força em um menor espaço de tempo. Por outro lado, o TFmax, também considerado um indicador de força explosiva, foi correlacionado tanto com o CMJ quanto com o SJ, o que indica que atletas que atingem a força máxima antes apresentam maior potência nos SV, independente da fase excêntrica.

Apesar de realizarem ações motoras diferentes, tanto os velocistas quanto os voleibolistas necessitam de altos níveis de potência, o que permitirá aos primeiros deslocarem-se no menor tempo possível até o final de uma corrida, enquanto que para o segundo grupo o importante é o deslocamento vertical para realizar ações de jogo como ataques e bloqueios. Nesse sentido, o segundo objetivo deste estudo foi comparar o desempenho e os parâmetros de força e velocidade obtidos nos saltos SJ e CMJ entre corredores de velocidade e voleibolistas. Foi observado que o desempenho (altura do salto e potência) em ambos os saltos foi maior nos corredores. Entre as variáveis explicativas do desempenho analisadas, observou-se que os velocistas apresentaram valores superiores de força máxima normalizada e no pico de velocidade, tanto no CMJ quanto no SJ.

Os resultados do presente estudo corroboram, em partes, os achados de Kollias et al.²³, que verificaram que corredores de velocidade apresentaram maiores valores de força máxima e velocidade nos SV quando comparados com voleibolistas, futebolistas e jogadores de basquete. Contudo, ao contrário do presente estudo, Kollias et al.²³ também verificaram que os corredores apresentam valores superiores nos parâmetros de força explosiva (taxa de desenvolvimento de força e tempo para alcançar a força máxima) em relação aos demais esportes. Em adição, Ugrinowitsch et al.¹⁵ mostraram que corredores de velocidade obtiveram melhor desempenho no CMJ em relação aos atletas de demais esportes avaliados, devido a geração de maior impulso e aceleração na fase concêntrica do salto pelos velocistas.

Tais parâmetros de força e velocidade determinantes nos SV são dependentes de fatores de natureza estrutural, mecânica e funcional^{19,24}. Um destes fatores que pode explicar, em parte, as diferenças entre tais atletas é a carga genética, mais especificamente, a composição das fibras musculares. Isso foi evidenciado a partir de um estudo²⁴ em que foi analisado o desempenho no SJ em um grupo de indivíduos com percentual de fibras rápidas >60% e em outro <40%, quantificado por meio de análise histológica do músculo vasto lateral. Verificou-se que a altura no SJ do primeiro grupo (36,7 cm) foi superior ao segundo (33,8 cm) e, além disso, o grupo com maior percentual de fibras rápidas conseguiu aplicar mais força em menor espaço de tempo, o que possibilitou gerar maiores níveis de potência. A influência da composição das fibras no desempenho nos SV também foi evidenciada a partir de resultados de demais estudos^{25,26} que relataram que indivíduos com maior proporção de fibras rápidas têm a capacidade de gerar maiores níveis de força em um curto espaço de tempo na fase excêntrica dos movimentos, a exemplo do CMJ.

As características do treinamento de tais esportes também podem explicar as diferenças encontradas²³. O modo de exercício utilizado por corredores velocistas para fins neuromusculares é realizado tanto na forma de *sprints* curtos quanto multi-saltos (geralmente pliométricos), sendo ambos considerados eficientes para o aumento nos níveis de potência²⁷. Tendo em vista que voleibolistas utilizam basicamente treinamento com multi-saltos para potência muscular²⁸, dessa forma, os *sprints* poderiam ser os determinantes para gerar maior força, velocidade e conseqüentemente, maior desempenho nos SV²⁹. Kollias et al.²³ também atribuíram ao treinamento específico de *sprints* curtos (10-30 m) a maior força e potência de velocistas nos saltos verticais quando comparados a atletas de demais esportes avaliados. Ainda, está descrito que a combinação da pliometria com treinamento de força é mais efetivo para o desempenho nos SV quando comparado com o treinamento pliométrico isolado¹⁵. Com base nestes dados, pode-se sugerir aos preparadores físicos da modalidade voleibol que sejam contempladas sessões de *sprints* em combinação com os multi-saltos e pliometria, a fim de aumentar o desempenho nos SV.

Uma das principais limitações deste estudo foi a falta de controle da carga genética dos atletas, mais especificamente, no tipo de fibra muscular, tendo em vista que interfere diretamente no desempenho dos SV³⁰. Além disso, a utilização de outros métodos biomecânicos como a cinemetria e a eletromiografia poderia fornecer informações complementares neste estudo.

CONCLUSÃO

Conclui-se que o pico de velocidade e a força máxima normalizada foram os principais determinantes da altura e da potência obtida em ambos os SV. Contudo, os resultados deste estudo também sugerem a importância da TDF e TFmax na produção de potência, indicando que os atletas com maior força explosiva são os que apresentam maiores níveis de potência

nos SV. Por fim, velocistas apresentaram melhor desempenho nos SV em relação à voleibolistas, possivelmente, em função de influência das características do treinamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bosco C. A. Força Muscular. São Paulo: Phorte; 2007.
2. Hennessy L, Kilty J. Relationship of the stretch-shortening cycle to sprint performance in trained female athletes. *J Strength Cond Res* 2001;15(3):326-31.
3. Harrinson AJ, Keane SP, Coglan J. Force-velocity relationship and stretch-shortening cycle function in sprint and endurance athletes. *J Strength Cond Res* 2004;18(3):473-9.
4. Smirniotou A, Katsikas C, Paradisi G, Argeitaki P, Zacharogiannis E, Tziortzis S. Strength-power parameters as predictors of sprinting performance. *J Sports Med Phys Fitness* 2008;48(4):447-54.
5. Kraska JM, Ramsey MW, Haff GG, Fethke N, Sands WA, Stone ME, et al. Relationship Between Strength characteristics and Unweighted and weighted vertical jump height. *Int J Sports Physiol Performance* 2009;4:461-73.
6. Hill AV. The heat of shortening and the dynamic constants of the muscle. *Proceedings of the Royal Society* 1938;126(843):136-95.
7. Carvalho C, Carvalho A. Não se deve identificar força explosiva com potência muscular, ainda que existam algumas relações entre ambas. *Rev Port Cien Desp* 2006;6(2):241-8.
8. Stone MH, O'Bryant HS, McCoy L, Coglianesi R, Lehmkuhl M, Schilling B. Power, and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *J Strength Cond Res* 2003;17:140-7.
9. Peterson MD, Alvar BA, Rhea MR. The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. *J Strength Cond Res* 2006;20:867-3.
10. McLellan CP, Lovell DI, Gass GC. The role of rate of force development on vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 2011;25(2):379-85.
11. Corvino RB, Caputo F, Oliveira AC, Greco CC, Denadai BS. Taxa de desenvolvimento de força em diferentes velocidades de contrações musculares. *Rev Bras Med Esporte* 2009; 15(6):428-31.
12. Bobbert MF, Casius LJR. Is the Effect of a counter-movement on Jump Height due to Active State Development? *Med Sci Sports Exerc* 2005;37(3):440-6.
13. Linthorne NP. Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *Am J Phys* 2001;69(11):1198-204.
14. Gomes MM, Pereira G, Freitas PB, Barela JA. Características cinemáticas e cinéticas do salto vertical: comparação entre jogadores de futebol e basquetebol. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2009;11(4):392-9.
15. Ugrinowitsch C, Tricoli V, Rodacki ALF, Batista M, Ricard MD. Influence of training background on jumping height. *J Strength Cond Res* 2007;21(3):848-52.
16. Yamauchi J, Ishii N. Relations between force-velocity characteristics of the knee-hip extension movement and vertical jump performance. *J Strength Cond Res* 2007;21(3): 703-9.
17. Komi PV. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *J Biomech* 2000;33:1197-206.
18. Komi PV, Gollhofer A. Stretch reflex can have an important role in force enhancement during SSC-exercise. *J Appl Biomech* 1997;13:451-60.
19. Kubo K, Morimoto M, Komuro T, Tsunoda N, Kanehisa H, Fukunaga T. Influences of tendon stiffness, joint stiffness, and electromyographic activity on jump performances using single joint. *Eur J Appl Physiol* 2006;99:235-43.
20. Bosco C, Komi PV, Ito A. Pre-stretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta Physiol Scand* 1981;111(2):135-40.

21. Bosco C. Adaptative response of human skeletal muscle to simulated hipergravity condition. *Acta Physiol Scand* 1985;124(4):507-13.
22. Aagaard P, Simonsen EB, Andersen JL, Magnusson P, Dyhre-Poulsen P. Increased rate of force development and neural drive of human skeletal muscle following resistance training. *J Appl Physiol* 2002;93:1318-26.
23. Kollias I, Hatzitaki V, Papaiaikovou G, Giatsis G. Using principal components analysis to identify individual differences in vertical jump performance. *Res Q Exerc Sport* 2001; 72(1):63-7.
24. Bosco C, Komi PV. Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscle. *Eur J Appl Physiol* 1979;41:275-84.
25. Burke RE. Motor unit properties and selective involvement in movement. *Exerc Sport Sci Rev* 1975;3:31-81.
26. Kraemer WJ, Fleck SJ, Evans WJ. Strength and power training: Physiological mechanisms of adaptation. *Exerc Sport Sci Rev* 1996;24:363-97.
27. Markovic G, Jukic I, Milanovic D, Metikos D. Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *J Strength Cond Res* 2007;1(2):543-9.
28. Fatouros GI, Jamurtas D, Leontsini K, Taxildaris N, Aggelousis P, Kostopoulos N, et al. Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *J Strength Cond Res* 2000;14(4):470-6.
29. Dal Pupo J, Almeida CMP, Detanico D, Silva JF, Guglielmo LGA, Santos SG. Potência muscular e capacidade de sprints repetidos em jogadores de futebol. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum* 2010;12(4):255-61.
30. Bosco C, Komi PV. Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscle. *Eur J Appl Physiol* 1979;41:275-84.

Endereço para correspondência

Saray Giovana dos Santos
Universidade Federal de Santa Catarina
Centro de Desportos
Programa de Pós-Graduação em
Educação Física.
88040-900 – Florianópolis, SC, Brasil
E-mail: saray@cds.ufsc.br