RELAÇÃO ENTRE A FORÇA DOS MÚSCULOS EXTENSORES E FLEXORES DE JOELHO E O DESEMPENHO DE SALTOS EM JOGADORES DE VOLEIBOL: UMA REVISÃO

RELATIONSHIP BETWEEN MUSCLE STRENGTH OF THE KNEE EXTENSOR AND FLEXOR AND JUMP PERFORMANCE IN VOLLEYBALL PLAYERS: A REVIEW

Pedro Schons¹, Gabriela Fischer², Rodrigo Gomes da Rosa¹, Guilherme Pereira Berriel¹ e Leonardo Alexandre Peyré-Tartaruga¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS, Brasil.

²Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, Brasil.

RESUMO

Os testes de saltos e as avaliações no dinamômetro isocinético são amplamente utilizados no esporte para a identificação dos parâmetros de desenvolvimento de força e potência. A compreensão da relação entre essas variáveis pode auxiliar nas escolhas de parâmetros mais específicos na avaliação da força dos músculos da articulação do joelho no dinamômetro isocinético para os jogadores de voleibol. O objetivo da presente revisão de literatura foi reunir estudos que analisaram as relações entre o desempenho dos testes de saltos com a capacidade de geração de força em avaliações de dinamometria isocinética de joelho em jogadores de voleibol, além de investigar se os desequilíbrios musculares da articulação do joelho podem interferir no desempenho dos saltos. Os estudos revisados são provenientes da busca realizada nas bases de dados *PubMed* e *Scielo*. Foram encontrados 106 artigos dos quais 6 artigos foram utilizados para a análise final. A capacidade de gerar força nas avaliações de dinamometria isocinética de joelho é relacionada com o desempenho de salto. Os desequilíbrios de força de um membro para outro parecem não interferir no desempenho dos saltos. Os desequilíbrios de força entre os flexores e extensores de joelho podem ter relação com a funcionalidade dos jogadores de voleibol.

Palavras-chave: Pico de torque. Esporte coletivo. Potência muscular. Desequilíbrio de força. Equilíbrio muscular.

ABSTRACT

The jumping tests and the isokinetic dynamometer evaluations are widely used in sport for the identification of parameters of strength and power development. The understanding of the relationship between these variables may help in the selection of more specific parameters in the assessment of the strength of the knee joint muscles in the isokinetic dynamometer for volleyball players. The objective of this literature review was to summarize studies that analyzed the relationship between the performance of the jumping tests with the capacity of force generation in evaluations of isokinetic dynamometry of knee in volleyball players, besides investigating if the muscle imbalances of the joint of the knee can interfere with the performance of the jumps. The reviewed studies come from the search conducted in PubMed and Scielo databases. We found 106 articles of which 6 articles were used for the final analysis. The ability to generate force in the knee isokinetic dynamometry evaluations is related to the jump performance. Strength imbalances from one limb to another do not seem to interfere with jumping performance. The strength imbalances between the flexors and knee extensors may be related to the functionality of the volleyball players.

Keywords: Peak torque. Collective sports. Muscle power. Strength imbalance. Muscle balance.

Introdução

O desempenho do jogador de voleibol é influenciado diretamente pela capacidade de produção de potência. A potência é determinada pelo produto da força pela velocidade, sendo a potência máxima alcançada pela relação ótima entre essas variáveis¹. Logo, o jogador mais potente é aquele que consegue realizar bons níveis de força em um curto espaço de tempo. Uma das principais características do voleibol é a necessidade do jogador saltar grandes

alturas nos movimentos de ataque e bloqueio, assim, é necessária uma grande produção de potência, principalmente dos membros inferiores².

Os testes de saltos e a análise da capacidade de produção de força no dinamômetro isocinético são amplamente utilizados no esporte para a identificação dos parâmetros de desenvolvimento de força e potência de membros inferiores³. Os testes de saltos *Countermovement Jump* (CMJ) e o *Squat Jump* (SJ), por exemplo, possibilitam uma análise mais específica em relação a análise de força realizada no dinamômetro isocinético, uma vez que o gesto motor dos saltos se aproxima das ações de jogo⁴. Entretanto, a análise dos saltos não parece ser suficiente para identificar todos os determinantes de desempenho em jogadores de voleibol. Por sua vez, os dados obtidos no dinamômetro isocinético permitem a observação mais detalhada sobre o funcionamento da musculatura envolvida na flexão e extensão da articulação do joelho³, podendo servir como complemento na determinação de desempenho de jogadores de voleibol.

Tendo em vista que os saltos são movimentos multiarticulares com contribuições de trabalho total na ordem de 49% para os joelhos, 28% para o quadril e 23% para os tornozelos⁵, é possível que um teste realizado no dinamômetro isocinético envolvendo flexão e extensão de joelho possa ter relação com o desempenho de salto de jogadores de voleibol. Hipotetizamos que essas relações possam ser diferentes de acordo com a velocidade de movimento no dinamômetro isocinético, com os diferentes tipos de saltos e com os músculos e contrações musculares analisadas, visto que interferem diretamente na relação entre a produção de força e velocidade¹. Além disso, acreditamos que os desequilíbrios obtidos no dinamômetro isocinético também possam ser relacionados com o desempenho de saltos^{6,7}, pois para o gesto técnico dos saltos é preciso uma ação coordenada das musculaturas extensoras e flexoras do joelho e da ação conjunta entre os membros inferiores⁸. A compreensão da relação entre essas variáveis pode auxiliar nas escolhas de parâmetros mais específicos na avaliação da força dos músculos da articulação do joelho no dinamômetro isocinético para as necessidades dos jogadores de voleibol.

A relação entre capacidade de produção de força no dinamômetro isocinético e desempenho de salto não está clara na literatura. Além disso, não está bem estabelecida a influência do desequilíbrio muscular observado por meio do teste de dinamometria isocinética no desempenho de saltos de jogadores de voleibol. Sendo assim, o objetivo da presente revisão de literatura foi reunir estudos que analisaram as relações entre o desempenho dos testes de saltos com a capacidade de geração de força em avaliações de dinamometria isocinética de joelho em jogadores de voleibol, além de investigar se os desequilíbrios musculares da articulação do joelho podem interferir no desempenho dos saltos.

Métodos

Os estudos revisados são provenientes da busca realizada nas bases de dados *PubMed* e *Scielo*. Foram utilizados termos em inglês e suas respectivas traduções em português na seguinte estratégia de busca: (((("isokinetic" OR "peak torque" OR "strength imbalance" OR "bilateral strength asymmetry" OR "isocinético" OR "pico de torque" OR "desequilíbrio de força" OR "assimetria de força bilateral")))) AND (((("relationship" OR "correlation" OR "association" OR "relação" OR "correlação" OR "associação")))) AND (((("jumping" OR "jump" OR "vertical jump" OR "volleyball" OR "saltando" OR "salto" OR "salto vertical" OR "voleibol")))).

Crítérios de seleção

Os estudos foram incluídos segundo os seguintes critérios de elegibilidade: (a) artigos primários, (b) estudos que incluíam jogadores de voleibol na amostra e (c) estudos que analisavam a relação entre a capacidade de gerar força pelos extensores e flexores de joelho avaliados no dinamômetro isocinético com o desempenho em testes de saltos. De acordo com os critérios de elegibilidade, os artigos foram analisados inicialmente pelo título e resumo. Caso houvesse dúvida sobre o conteúdo do artigo, o mesmo era lido na íntegra.

Dados incluídos nas tabelas

Os dados de caracterização da amostra incluídos na Tabela 1 foram o número de participantes, sexo, nível dos jogadores, esportes praticados pela amostra e alguma condição da amostra que poderia ter interferência nos resultados, como, por exemplo, reconstrução do ligamento cruzado anterior do joelho. Foram incluídas as variáveis analisadas no dinamômetro isocinético, bem como as variáveis analisadas nos diferentes saltos. Os resultados nas Tabelas 2 e 3 apresentam relações significativas ($p < 0,05$) de acordo com os estudos. Os valores de r representam o resultado das correlações e os valores de R^2 representam os valores de coeficiente de regressão.

Resultados

No total, foram encontrados 106 artigos, 105 artigos foram analisados após a exclusão de 1 duplicata. Os artigos foram elegidos na seguinte ordem: artigos primários (101), estudos realizados com jogadores de voleibol (18) e estudos que analisavam a relação entre a capacidade de gerar força pelos extensores e flexores de joelho avaliados no dinamômetro isocinético com o desempenho em testes de saltos (6). A busca foi finalizada no dia 05/01/2018.

Tabela 1. Síntese de características da amostra dos estudos que analisaram a relação entre a força dos músculos extensores e flexores de joelho e seus desequilíbrios avaliados no dinamômetro isocinético e o desempenho de saltos em jogadores de voleibol

Estudos	Amostra (número e sexo; nível e esporte)	Avaliação no dinamômetro isocinético	Avaliação de salto
Bosco et al. ⁹	12 (M); Profissionais (Voleibol)	PT normalizado pela massa corporal CON dos EXT do joelho da perna dominante a 30, 60, 120, 180, 240 e 300°. s ⁻¹	POT Anaeróbica em 15 e 60s de Saltos e ALT do SJ, CMJ e DJ
Yapici et al. ¹⁰	10 (F) e 20 (M); Universitários (Voleibol)	PT e TT CON dos EXT e FLE do joelho da perna dominante a 60, 120 e 240°. s ⁻¹ e EXC dos EXT a 60°. s ⁻¹ #.	POT do SJ e CMJ
Sattler et al. ¹¹	67 (F) e 9 (M); Profissionais (Voleibol)	PT normalizado pela massa corporal CON e excêntrico dos EXT e FLE dos joelhos a 60°. s ⁻¹	ALT do SB e SA
D' Alessandro et al. ¹²	8 (F) e 22 (M); Profissionais (Voleibol)	PT, TT e DC de PT e TT CON dos EXT e FLE dos joelhos a 60 e 300°. s ⁻¹	Distância do salto <i>Hop Test</i> e DC da distância do salto <i>Hop Test</i>
Laudner et al. ¹³	17 (F) e 16 (M); Nível dos participantes não relatado (Voleibol, Basquete e Futebol), com reconstrução do ligamento cruzado anterior do joelho	PT normalizado pela massa corporal e DC CON dos EXT e FLE dos joelhos a 180 e 300°. s ⁻¹	ALT do salto unilateral, salto bilateral e de 4 saltos unilaterais consecutivos. DC no salto unilateral e dos 4 saltos unilaterais consecutivos. Tempo de contato com o solo e proporção do tempo aéreo dividido pelo tempo de contato com o solo nos 4 saltos unilaterais consecutivos
Li et al. ¹⁴	18 (F) e 28 (M); Recreacionais (Voleibol, Basquete, Futebol, Tênis, Tênis de Mesa, Dança e Atletismo), com ruptura completa do ligamento cruzado anterior	Δ POT, Δ POT normalizado pela massa corporal, Δ POT energia de aceleração Δ TT, Δ H:Q e Δ POT média CON dos EXT e FLE dos joelhos a 60 e 180°. s ⁻¹	Δ QF (<i>Modified Cincinnati rating scale tests</i>): Dor, inchaço, persistência nas atividades, nível de atividade geral, caminhar, subir escada, corrida, saltar ou girar

Legenda: F= Feminino, M= Masculino, PT= Pico de torque, TT= Trabalho total, DC= Déficit contralateral H:Q= Razão convencional, CON= Concêntrica, EXC= Excêntrica, POT= Potência, ALT= Altura, SJ= *Squat jump*, CMJ= *Countermovement jump*, DJ= *Drop jump*, SB= Salto de bloqueio, SA= Salto de ataque e QF= Questionário de funcionalidade. # Teste realizado no dinamômetro isocinético de forma EXC dos EXT e CON dos FLE. Δ Os resultados obtidos são relativos a variação das variáveis pré e pós treinamento de força de EXT e FLE do joelho no dinamômetro isocinético.

Fonte: Os autores

Tabela 2. Resumo dos resultados significativos ($p < 0,05$) dos estudos que analisaram a relação entre a força dos músculos extensores e flexores de joelho avaliada no dinamômetro isocinético e o desempenho de saltos em jogadores de voleibol

Estudos	Avaliação no dinamômetro isocinético	Avaliação de salto												4 Saltos Unilaterais Consecutivos ALT (cm)	ΔQF	
		POT Saltos em 15s (W)	POT Saltos em 60s (W)	SJ ALT (cm)	CMJ ALT (cm)	DJ ALT (cm)	SJ POT (W)	CMJ POT (W)	SB ALT (cm)	SA ALT (cm)	Hop Test Perna Direita (cm)	Salto Unilateral ALT (cm)	Salto Bilateral ALT (cm)			
Bosco et al. ⁹	PT 180°.s ⁻¹ (N.m.kg ⁻¹)	(r=0,70) ^{CP}	(r=0,68) ^{CP}													
Bosco et al. ⁹	PT 240°.s ⁻¹ (N.m.kg ⁻¹)			(r=0,71) ^{CP}	(r=0,74) ^{CP}	(r=0,60) ^{CP}										
Yapici et al. ¹⁰	PT CON EXT 60°.s ⁻¹ (N.m)						(r=0,80) ^{CP}	(r=0,82) ^{CP}								
Yapici et al. ¹⁰	PT CON FLE 60°.s ⁻¹ (N.m)						(r=0,74) ^{CP}	(r=0,71) ^{CP}								
Yapici et al. ¹⁰	TT CON EXT 60°.s ⁻¹ (J)						(r=0,78) ^{CP}	(r=0,77) ^{CP}								
Yapici et al. ¹⁰	TT CON FLE 60°.s ⁻¹ (J)						(r=0,67) ^{CP}	(r=0,67) ^{CP}								
Yapici et al. ¹⁰	PT CON EXT 120°.s ⁻¹ (N.m)						(r=0,83) ^{CP}	(r=0,84) ^{CP}								
Yapici et al. ¹⁰	PT CON FLE 120°.s ⁻¹ (N.m)						(r=0,66) ^{CP}	(r=0,64) ^{CP}								
Yapici et al. ¹⁰	TT CON EXT 120°.s ⁻¹ (J)						(r=0,74) ^{CP}	(r=0,74) ^{CP}								
Yapici et al. ¹⁰	TT CON FLE 120°.s ⁻¹ (J)						(r=0,63) ^{CP}	(r=0,60) ^{CP}								
Yapici et al. ¹⁰	PT CON EXT 240°.s ⁻¹ (N.m)						(r=0,87) ^{CP}	(r=0,89) ^{CP}								
Yapici et al. ¹⁰	PT CON FLE 240°.s ⁻¹ (N.m)						(r=0,70) ^{CP}	(r=0,66) ^{CP}								
Yapici et al. ¹⁰	TT CON EXT 240°.s ⁻¹ (J)						(r=0,82) ^{CP}	(r=0,84) ^{CP}								
Yapici et al. ¹⁰	TT CON FLE 240°.s ⁻¹ (J)						(r=0,58) ^{CP}	(r=0,53) ^{CP}								
Yapici et al. ¹⁰	PT EXC EXT 60°.s ⁻¹ (N.m) #						(r=0,50) ^{CP}	(r=0,48) ^{CP}								
Yapici et al. ¹⁰	PT CON FLE 60°.s ⁻¹ (N.m) #						(r=0,54) ^{CP}	(r=0,54) ^{CP}								
Yapici et al. ¹⁰	TT CON FLE 60°.s ⁻¹ (J) #						(r=0,42) ^{CP}	(r=0,43) ^{CP}								
Sattler et al. ¹¹	PT 60°.s ⁻¹ (N.m.kg ⁻¹) - (M)															
Sattler et al. ¹¹	PT 60°.s ⁻¹ (N.m.kg ⁻¹) - (F)															
D' Alessandro et al. ¹²	PT Perna Direita 60°.s ⁻¹ (N.m) - (M)															
D' Alessandro et al. ¹²	TT da Perna Direita 60°.s ⁻¹ (J) - (M)															
D' Alessandro et al. ¹²	PT Perna Direita 60°.s ⁻¹ (N.m) - (F)															
D' Alessandro et al. ¹²	TT da Perna Direita a 60°.s ⁻¹ (J) - (F)															
Laudner et al. ¹³	PT EXT 180°.s ⁻¹ (N.m.kg ⁻¹)															
Laudner et al. ¹³	PT EXT 300°.s ⁻¹ (N.m.kg ⁻¹)															
Laudner et al. ¹³	PT FLE 180°.s ⁻¹ (N.m.kg ⁻¹)															
Laudner et al. ¹³	PT FLE 300°.s ⁻¹ (N.m.kg ⁻¹)															
Li et al. ¹⁴	ΔPT FLE a 30° 180°.s ⁻¹ (N.m)															(r=0,46) ^{CP}
Li et al. ¹⁴	ΔPT FLE 30° 60°.s ⁻¹ (N.m)															(r=0,45) ^{CP}
Li et al. ¹⁴	ΔPT FLE 180°.s ⁻¹ (N.m.kg ⁻¹)															(r=0,42) ^{CP}
Li et al. ¹⁴	ΔPT FLE 60°.s ⁻¹ (N.m)															(r=0,41) ^{CP}
Li et al. ¹⁴	ΔPT FLE 60°.s ⁻¹ (N.m.kg ⁻¹)															(r=0,40) ^{CP}
Li et al. ¹⁴	ΔPT FLE energia de aceleração															(r=0,35) ^{CP}

Legenda: F= Feminino, M= Masculino, PT= Pico de torque, TT= Trabalho total, CON= Concêntrica, EXC= Excêntrica, POT= Potência, ALT= Altura, SJ= Squat jump, CMJ= Countermovement jump, DJ= Drop jump, SB= Salto de bloqueio, SA= Salto de ataque e QF= Questionário de funcionalidade. # Teste realizado no dinamômetro isocinético de forma EXC dos EXT e CON dos FLE. Δ Os resultados obtidos são relativos a variação das variáveis pré e pós treinamento de força de EXT e FLE do joelho no dinamômetro isocinético. Análise estatística utilizada - CP= Correlação de Pearson, RL= Regressão Linear e ARM= Análise de Regressão Múltipla.

Fonte: Os autores

Tabela 3. Resumo dos resultados significativos ($p < 0,05$) dos estudos que analisaram a relação entre os desequilíbrios de força dos músculos do joelho avaliados no dinamômetro isocinético e o desempenho de saltos em jogadores de voleibol

Estudos	Avaliação no dinamômetro isocinético	Avaliação de salto			ΔQF
		DC Hop Test (cm)	Salto Bilateral ALT (cm)	4 Saltos Unilaterais Consecutivos - tempo de contato (s)	
D' Alessandro et al. ¹²	DC PT 60°. s ⁻¹	(r=0,44) ^{CP}			
D' Alessandro et al. ¹²	DC TT 60°. s ⁻¹	(r=0,61) ^{CP}			
Laudner et al. ¹³	DC PT FLE 180°. s ⁻¹		(r=0,39) ^{ARM}		
Laudner et al. ¹³	DC PT FLE 300°. s ⁻¹			(r=0,37) ^{ARM}	
Li et al. ¹⁴	$\Delta H:Q$ a 30° 180°.s ⁻¹				(r=0,62) ^{CP}
Li et al. ¹⁴	$\Delta H:Q$ PT energia de aceleração 180°.s ⁻¹				(r=0,47) ^{CP}
Li et al. ¹⁴	$\Delta H:Q$ PT 180°.s ⁻¹				(r=0,44) ^{CP}
Li et al. ¹⁴	$\Delta H:Q$ TT				(r=0,41) ^{CP}
Li et al. ¹⁴	$\Delta H:Q$ a 30° 60°.s ⁻¹				(r=0,37) ^{CP}
Li et al. ¹⁴	$\Delta H:Q$ PT 180°.s-1				(r=0,37) ^{CP}
Li et al. ¹⁴	$\Delta H:Q$ PT 60°.s-1				(r=0,34) ^{CP}

Legenda: PT= Pico de torque, TT= Trabalho total, DC= Déficit contralateral H:Q= Razão convencional, ALT= Altura e QF= Questionário de funcionalidade. Δ Os resultados obtidos são relativos a variação das variáveis pré e pós treinamento de força de EXT e FLE do joelho no dinamômetro isocinético. Análise estatística utilizada - CP= Correlação de Pearson e ARM= Análise de Regressão Múltipla.

Fonte: Os autores

Discussão

O objetivo da presente revisão de literatura foi reunir estudos que analisaram as relações entre o desempenho dos testes de saltos com a capacidade de geração de força em avaliações de dinamometria isocinética de joelho em jogadores de voleibol, além de investigar se os desequilíbrios musculares da articulação do joelho podem interferir no desempenho dos saltos. Para responder os objetivos do estudo foram selecionados 6 estudos, os resultados desses estudos utilizados para discussão. A discussão foi separada em tópicos de acordo com a proximidade dos resultados obtidos nos estudos analisados.

Relação entre as velocidades na avaliação no dinamômetro isocinético e o desempenho nos saltos

O teste no dinamômetro isocinético envolve a medida de força, torque e potência por meio da realização de movimento articular em velocidade constante¹⁵. Os estudos selecionados escolhem diferentes velocidade de execução no teste de dinamometria isocinética. As velocidades utilizadas em avaliações de dinamometria isocinética com jogadores de voleibol variam de baixas velocidades angulares (30 e 60°.s⁻¹), possibilitando maior produção de torque, até velocidades angulares mais altas, como, por exemplo, a 300°.s⁻¹, com o objetivo de aproximar da velocidade de contração muscular realizada pelos músculos da articulação do joelho na prática esportiva¹².

Dos estudos selecionados para a análise, apenas o estudo de Laudner et al.¹³ não utilizou a dinamometria isocinética em baixa velocidade para avaliar a força dos músculos do joelho. O estudo de Bosco et al.⁹ utilizou a dinamometria isocinética em baixa velocidade, porém não encontrou correlação entre velocidades lentas de contração dos músculos do joelho com o desempenho nos saltos. Nos demais estudos, os autores identificaram correlações positivas de (r= 0,40)¹⁴ a (r= 0,82)¹⁰ entre a avaliação da força dos músculos do joelho realizada em velocidade lenta (60°.s⁻¹) e o desempenho de salto. Nos estudos em que as

avaliações de dinamometria isocinética são aplicadas em mais de uma velocidade, os valores de correlação entre as variáveis analisadas no isocinético e o desempenho nos saltos aumentam conforme as velocidades angulares da dinamometria isocinética de joelho são aumentadas^{9,10,13,14}. Tendo em vista que a potência é determinada pelo produto da força pela velocidade, sendo a potência máxima alcançada pela relação ótima entre essas variáveis¹ e que a altura e potência de salto estão relacionadas com a capacidade de gerar bons níveis de força e velocidade¹⁶, possivelmente velocidades maiores na análise realizada no dinamômetro isocinético permitem que o jogador do voleibol realize ações de força mais próximas das necessidades no movimento de salto, podendo explicar as maiores correlações com o aumento da velocidade. Contudo, a alta velocidade de $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ no dinamometria isocinética não se correlaciona com as variáveis dos saltos de forma igual em todos os estudos. Embora Bosco et al.⁹ tenham encontrado maiores correlações ($r= 0,71$ a $r= 0,74$)⁹ em velocidades mais altas ($240^{\circ} \cdot s^{-1}$), a velocidade de $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ não apresentou nenhuma correlação com a altura dos testes de saltos verticais, colaborando com os achados de D'Alessandro et al.¹², que observaram correlações com a distância de saltos horizontais unilaterais apenas com a velocidade de $60^{\circ} \cdot s^{-1}$ no dinamômetro isocinético ($r= 0,54$ a $r= 0,80$)¹², não identificando correlações com a velocidade de $300^{\circ} \cdot s^{-1}$. Bosco et al.⁹ justificam que velocidades angulares entre 180 e $240^{\circ} \cdot s^{-1}$ possam ter uma relação mais próxima com o desempenho dos saltos, visto que estas velocidades se aproximam mais das velocidades angulares utilizadas nos saltos. De fato, o estudo de Yapici et al.¹⁰ identificou correlações mais fortes ($r= 0,87$ a $r= 0,89$)¹⁰ entre a potência dos saltos e a força de extensores de joelho a uma velocidade de $240^{\circ} \cdot s^{-1}$. Laudner et al.¹³ identificaram a maior correlação ($r= 0,74$)¹³ entre a força de extensores de joelho analisada no dinamômetro isocinético a uma velocidade angular de $300^{\circ} \cdot s^{-1}$ e a altura de saltos unilaterais. O fato do estudo de Laudner et al.¹³ ter incluído jogadores de outros esportes com reconstrução do ligamento cruzado do joelho, pode não refletir o que ocorre na população de jogadores de voleibol não lesionados. Todavia, esse resultado é importante, pois não descarta a utilização dessa velocidade no teste isocinético para quando se objetiva, por exemplo, transferir os ganhos de força obtidos em dinamômetro isocinético para o desempenho de saltos em jogadores de voleibol.

Sendo assim, pelo fato que nem todos os estudos que testaram a correlação entre as variáveis do teste isocinético e o desempenho de saltos em jogadores de voleibol utilizaram a velocidade angular de $300^{\circ} \cdot s^{-1}$, não é possível ter uma conclusão sobre essa variável. Contudo, a análise desses estudos nos permite inferir que a utilização de velocidades angulares intermediárias no teste de dinamometria isocinética possam refletir melhor as necessidades de geração de força dos jogadores de voleibol para realização dos saltos.

Relação entre as variáveis avaliadas no dinamômetro isocinético e os saltos SJ, CMJ, Drop Jump (DJ), salto de bloqueio e salto de ataque

O controle do desempenho da capacidade de saltar é realizado normalmente por meio dos testes de saltos específicos, como o SJ, CMJ e DJ^{9,17} pela semelhança com o gesto motor do salto de ataque e bloqueio⁴, além da utilização dos próprios saltos de ataque e bloqueio para a análise da capacidade de saltar dos jogadores de voleibol^{2,11}. Os diferentes gestos de saltos implicam no uso de mecanismos distintos, modificando a altura e potência gerada em cada ação. Assim, os resultados da relação entre os testes de saltos e o desempenho de força dos músculos da articulação do joelho mensurada no dinamômetro isocinético podem variar conforme o tipo de salto escolhido.

Os estudo de Bosco et al.⁹ utilizou a altura dos saltos SJ, CMJ e DJ como uma das formas de avaliar o desempenho de salto. Em relação a esses três saltos, a maior correlação

encontrada entre a força dos extensores de joelho avaliadas no dinamômetro isocinético ocorreu com o salto CMJ ($r= 0,74$), seguido pelo SJ ($r= 0,71$) e DJ ($r= 0,60$)⁹. Esperávamos que o salto SJ tivesse o maior valor de correlação visto que é um salto realizado por meio de contrações concêntricas dos músculos dos membros inferiores¹⁷, semelhante ao tipo de contração muscular analisada no dinamômetro isocinético nesse estudo⁹, porém o salto CMJ, que utiliza energia do ciclo-alongamento-encurtamento (CAE) como auxiliar à contração muscular¹⁶, apresentou valor de correlação um pouco maior do que o SJ. Em relação ao DJ, os valores menores encontrados na correlação podem ser explicados pelo fato do salto DJ ser realizado com grande contribuição de energia proveniente do CAE, assim as variações de altura entre os jogadores de voleibol são menos relacionadas com a força da contração concêntrica dos extensores de joelho avaliadas no dinamômetro isocinético. O estudo de Yapici et al.¹⁰ também utilizou os testes SJ e CMJ para análise de desempenho de salto, porém o dado de desempenho escolhido foi a potência máxima. Ambos os saltos foram relacionados com os diferentes resultados de desempenho obtidos no dinamômetro isocinético¹⁰ (Tabela 2). Semelhante ao estudo de Bosco et al.⁹ as diferenças entre as correlações dos saltos SJ e CMJ são discretas, não permitindo inferir se os saltos SJ e CMJ apresentam diferentes correlações com a força dos músculos do joelho analisadas no dinamômetro isocinético.

Diferente dos estudos de Bosco et al.⁹ e Yapici et al.¹⁰, Sattler et al.¹¹ utilizaram para a avaliação do desempenho de salto os saltos de bloqueio e o salto de ataque. Para identificar a relação entre as variáveis obtidas no dinamômetro isocinético com os saltos foi utilizado um modelo de regressão para explicar essa relação. O grupo feminino e o grupo masculino apresentaram maiores valores de coeficiente de regressão entre a força dos músculos do joelho obtidos no dinamômetro isocinético e a altura do salto de bloqueio ($R^2= 0,42$ e $R^2= 0,37$, respectivamente) quando comparado ao salto de ataque¹¹ ($R^2= 0,39$ e $R^2= 0,36$, respectivamente). O salto de bloqueio apresenta uma menor complexidade no gesto motor, sendo por vezes semelhantes aos gestos dos saltos CMJ e SJ, com menor utilização dos braços em comparação ao gesto de salto de ataque. Essa menor complexidade do gesto e menor utilização dos braços para impulsão podem ser um fator de explicação para o maior valor de coeficiente de regressão encontrado entre as variáveis analisadas no dinamômetro isocinético e o salto de bloqueio em relação ao salto de ataque. Além disso, semelhante ao salto DJ, o salto de ataque também tem grande contribuição do CAE para realização do movimento, o que também pode explicar esses menores valores de coeficiente de regressão encontrados para o salto de ataque. É válido ressaltar que a diferença entre os valores de coeficiente de regressão para os grupos masculino foi discreta, necessitando de mais estudos para confirmar essa justificativa.

Os saltos SJ e CMJ parecem ter relação semelhante com a força dos músculos do joelho analisada no dinamômetro isocinético. Por sua vez, o salto DJ parece ter uma menor relação com a força dos músculos do joelho analisada no dinamômetro isocinético devido a contribuição de outros fatores para o desempenho desse salto. O salto de bloqueio parece ser mais relacionado com a força dos músculos do joelho analisada no dinamômetro isocinético em relação ao salto de ataque. A menor relação da força muscular de joelho com salto de ataque é devido à maior complexidade do gesto de ataque envolvendo outros mecanismos para a realização do salto, e, portanto diminuindo essa relação.

Relação da força dos músculos extensores e flexores de joelho e diferentes contrações musculares avaliadas no dinamômetro isocinético com o desempenho de saltos

A complexidade dos mecanismos de cada salto se caracteriza pelas diferentes requisições de ativações musculares, além das diferentes formas de contração utilizadas nos

saltos. Os saltos que utilizam a energia mecânica advinda do CAE têm a participação de contrações excêntricas na primeira fase do gesto¹⁸, e, de forma contrária, os saltos que não fazem o uso da energia mecânica do CAE requisitam em grande proporção da energia proveniente das contrações musculares concêntricas¹⁷. Logo, as relações entre a força dos músculos do joelho analisada no dinamômetro isocinético e os saltos não depende apenas das velocidades ou do tipo de saltos, mas também de quais músculos serão analisados na dinamometria isocinética e os tipos de contrações musculares.

A influência da força dos extensores de joelho no desempenho dos saltos é evidenciada ao observarmos os altos valores de correlações encontradas nos estudos com jogadores de voleibol^{9,10,12,13} (Tabela 2). Por outro lado, os músculos flexores de joelho parecem exercer menor influência no desempenho dos saltos. No estudo de Yapici et al.¹⁰, por exemplo, o pico de torque e o trabalho total dos flexores de joelho apresentaram correlações significativas ($r= 0,42$ a $r= 0,74$) com a potência de salto, porém as correlações são menores do que as encontradas com os extensores de joelho analisadas de forma concêntrica. No estudo de Laudner et al.¹³, a correlação do pico de torque dos flexores de joelho normalizado pela massa corporal também apresentou menores valores de correlação ($r= 0,39$ a $r= 0,58$) com a altura dos saltos em comparação com os extensores de joelho que apresentaram maiores valores de correlação ($r= 0,63$ a $r= 0,74$) com a altura do salto unilateral, bilateral e de quatro saltos consecutivos. Esses resultados sugerem que a força dos músculos responsáveis pelo movimento de extensão de joelho tenha maior importância para o desempenho de salto em comparação aos músculos flexores. Esse achado pode ser explicado pelo fato dos músculos extensores estarem trabalhando de forma agonista para a articulação do joelho na fase de impulsão, realizando grande parte da força necessária para alcançar maiores valores de potência e altura nos saltos.

O tipo de contração analisada nas avaliações no dinamômetro isocinético também deve ser levado em conta para entender a relação com as variáveis dos testes de saltos. Saltos como o CMJ e o salto de ataque possuem o início do gesto com a flexão de joelho com posterior extensão dessa articulação para a impulsão^{4,16}, assim ocorrendo uma transição de contrações excêntricas para concêntricas¹⁸. O estudo de Yapici et al.¹⁰ identificou que para a velocidade de $60^{\circ}.s^{-1}$ a potência dos saltos SJ e CMJ apresentaram maiores valores de correlação com o pico de torque concêntrico dos extensores de joelho (SJ – $r= 0,80$ e CMJ – $r= 0,82$) em comparação ao pico de torque excêntrico dos extensores de joelho (SJ – $r= 0,50$ e CMJ – $r= 0,48$), permitindo inferir que a ação concêntrica dos extensores de joelho são mais associadas à geração de potência nos saltos SJ e CMJ. Embora os saltos SJ e CMJ se diferenciem pela utilização de contração excêntrica no movimento, esse estudo mostrou que as correlações do pico de torque concêntrico e excêntrico versus ambos os saltos foram muito próximas, sugerindo que o tipo de contração muscular realizado pelos músculos do joelho não diferem no que diz respeito ao desempenho nos saltos SJ e CMJ.

De acordo com os estudos analisados, as evidências indicam que os valores de pico de torque dos extensores de joelho obtidos na avaliação no dinamômetro isocinético apresentam maiores valores de associação com o desempenho de saltos em jogadores de voleibol quando comparados com o pico de torque dos flexores de joelho. Em relação aos diferentes tipos de contração muscular, a ação concêntrica dos extensores de joelho é mais associada ao desempenho nos saltos SJ e CMJ do que a excêntrica e não há diferença em relação a contribuição das contrações concêntricas e excêntricas para os dois saltos.

Relações entre os desequilíbrios musculares avaliados no dinamômetro isocinético e o desempenho de saltos

Um grande potencial de aplicação dos resultados advindos das avaliações realizadas no dinamômetro isocinético é a identificação de desequilíbrios de torque muscular de um membro para outro e o desequilíbrio de torque dos músculos envolvidos no movimento de determinada articulação⁶. O desequilíbrio muscular de um membro para o outro, chamado de déficit contralateral, é obtido por meio do cálculo da diferença percentual de pico de torque do membro dominante e o não-dominante, no qual o valor de referência para o cálculo percentual é o do membro que apresentou maior valor de pico torque, ou seja, o membro dominante¹⁹. A grande importância dessa análise se dá pelo fato de que valores de déficit contralateral que são superiores a 15% podem representar maior risco de lesão ao sujeito²⁰.

Além do risco de lesão, esses desequilíbrios podem influenciar de forma negativa o desempenho dos jogadores de voleibol^{6,7}, tendo em vista que para o gesto técnico dos saltos é preciso uma ação coordenada das musculaturas extensoras e flexoras do joelho e da ação conjunta entre os membros inferiores⁸. No estudo de D'Alessandro et al.¹² foi analisada a correlação dos dados de déficit contralateral de pico de torque e o trabalho dos extensores e flexores de joelho realizado no isocinético nas velocidades de 60 e 300°.s⁻¹ com o déficit contralateral obtido no *Hop Test* (teste de saltos unilateral que compara a distância saltada entre os membros). Os resultados demonstraram correlações significativas entre os déficits contralaterais de pico de torque e de trabalho a 60°. s⁻¹ com o déficit da distância saltada entre membros inferiores no *Hop Test* ($r= 0,44$ e $r= 0,61$, respectivamente), não encontrando correlações com a velocidade angular mais alta. Porém, a interferência do déficit contralateral na variável de desempenho altura dos saltos não parece estar clara. No estudo de Laudner et al.¹³ com jogadores de voleibol e outros esportistas com reconstrução do ligamento cruzado do joelho foi encontrado apenas uma correlação com o déficit contralateral de pico de torque dos flexores de joelho avaliados no dinamômetro isocinético e a altura do salto bilateral ($r= 0,39$), não refletido na altura dos saltos unilaterais e na altura dos quatro saltos em sequência. O déficit contralateral de pico de torque e de trabalho a 60°.s⁻¹ parece ter relação com o déficit da distância saltada entre membros inferiores no *Hop Test*¹², entretanto medidas de desempenho, como altura de salto, não parecem estar relacionados com o déficit contralateral dos extensores de joelho e apresentam valores pequenos de correlação com déficit contralateral dos flexores de joelho¹³.

A análise dos desequilíbrios das forças musculares envolvidas no movimento de uma única articulação também é de grande importância para a prevenção de lesão. Na articulação do joelho, uma das maneiras de se obter esse resultado é por meio do cálculo da razão convencional. Esse cálculo é feito pela divisão do pico de torque concêntrico dos flexores (isquiotibiais) pelo pico de torque concêntrico dos extensores (quadríceps) de um mesmo membro^{21,22}. O resultado dessa divisão também traz informações relevantes, uma vez que estudos estabelecem um valor normativo de 0,6 como sendo o valor ideal para o equilíbrio articular quando a avaliação isocinética é feita na velocidade de 60°.s⁻¹, levando em conta que sujeitos que apresentam esse valor têm risco diminuído de lesão na articulação do joelho²³. Embora as diferenças de força de um membro para o outro, obtidos no dinamômetro isocinético pareçam não interferir no desempenho dos saltos em jogadores de voleibol, o desequilíbrio entre os flexores e extensores de joelho de uma mesma articulação parecem ter relação com a funcionalidade de jogadores de voleibol e de outros esportes¹⁴. O estudo de Li et al.¹⁴ acabou por identificar que há uma correlação positiva ($r= 0,35$ a $r= 0,62$) entre o aumento do valor da razão convencional e do torque dos flexores de joelho com melhoras na funcionalidade mensurada por meio de um questionário de funcionalidade (capacidade de

saltar, caminhar, etc) em jogadores de voleibol e outros esportistas que realizavam reabilitação de lesão de ligamento cruzado anterior com o treino de força dos músculos flexores e extensores do joelho no dinamômetro isocinético. Mesmo que a pesquisa de Li et al.¹⁴ não tenha analisado o gesto de saltos, esse estudo sugere que o equilíbrio entre o pico de torque dos extensores e flexores da articulação do joelho é importante para a funcionalidade dos jogadores nas atividades esportivas.

Sendo assim, os estudos aqui citados indicam que os valores de desequilíbrios musculares obtidos na dinamometria isocinética de joelho, como o déficit contralateral, não parecem interferir no desempenho dos saltos de jogadores de voleibol. De outro modo, o desequilíbrio analisado por meio do cálculo da razão convencional pode ter relação com a funcionalidade dos jogadores nas atividades esportivas. Devido a carência de estudos sobre a interferência dos desequilíbrios musculares obtidos no dinamômetro isocinético e o desempenho dos saltos, não foi possível obter maiores conclusões. Além disso, estudos da relação entre a razão funcional e desempenho de saltos possam apresentar resultados mais específicos, visto que a razão funcional analisa a relação entre contrações concêntricas dos extensores de joelho e excêntrica dos flexores²³, semelhante ao realizado nas ações de saltos.

Conclusões

A utilização de velocidades angulares intermediárias no dinamômetro isocinético parecem refletir melhor as necessidades de geração de força dos jogadores de voleibol para realização dos saltos. Os saltos SJ e CMJ parecem ter relação semelhante com a força dos músculos do joelho analisada no dinamômetro isocinético, saltos que são realizados com o auxílio de outros componentes, como o CAE e o uso dos braços, parecem ter uma relação menor. O pico de torque dos extensores de joelho são mais associados com o desempenho de saltos do que os flexores. A contração concêntrica dos extensores de joelho é mais associada ao desempenho nos saltos SJ e CMJ do que a excêntrica, não havendo diferença em relação a contribuição das contrações concêntricas e excêntricas para os dois saltos. Os valores de déficit contralateral não parecem interferir no desempenho dos saltos de jogadores de voleibol, por outro lado os valores de razão convencional podem ter relação com a funcionalidade dos jogadores nas atividades esportivas.

Referências

1. Newton RU, Kraemer WJ. Developing explosive muscular power: Implications for a mixed methods training strategy. *J. strength Cond. Res.* 1994;16(5). DOI: 10.1519/1073-6840(1994)016<0020:DEMPIF>2.3.CO;2
2. Sattler T, Sekulic D, Esco MR, Mahmutovic I, Hadzic V. Analysis of the association between isokinetic knee strength with offensive and defensive jumping capacity in high-level female volleyball athletes. *J. Sci. Med. Sport.* 2015 Sep;18(5):613–618. DOI: 10.1016/j.jsams.2014.08.002
3. Iossifidou A, Baltzopoulos V, Giakas G. Isokinetic knee extension and vertical jumping: are they related? *J. Sports Sci.* 2005 Oct;23(10):1121–1127. DOI: 10.1080/02640410500128189
4. Sattler T, Sekulic D, Hadzic V, Uljevic O, Dervisevic E. Vertical jumping tests in volleyball: reliability, validity, and playing-position specifics. *J. strength Cond. Res.* 2012 Jun;26(6):1532–1538. DOI: 10.1519/JSC.0b013e318234e838
5. Hubley CL, Wells RP. A work-energy approach to determine individual joint contributions to vertical jump performance. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 1983;50(2):247–254. DOI: 10.1007/BF00422163
6. Hadzic V, Sattler T, Markovic G, Veselko M, Dervisevic E. The isokinetic strength profile of quadriceps and hamstrings in elite volleyball players. *Isokinet. Exerc. Sci.* 2010;18(1):31–37. DOI: 10.3233/ies-2010-0365
7. Jones PA, Bampouras TM. A comparison of isokinetic and functional methods of assessing bilateral strength imbalance. *J. strength Cond. Res.* 2010;24:1553–1558. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181dc4392

8. Newton RU, Gerber A, Nimphius S, Shim JK, Doan BK, Robertson M, et al. Determination of functional strength imbalance of the lower extremities. *J. strength Cond. Res.* 2006 Nov;20(4):971–977. DOI: 10.1519/R-5050501x.1
9. Bosco C, Mogroni P, Luhtanen P. Relationship between isokinetic performance and ballistic movement. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* 1983;51(3):357–364. DOI: 10.1007/BF00429072
10. Yapici A, Findikoglu G, Dundar U. Does isokinetic angular velocity and contraction types effect predictors of different anaerobic power tests? *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 2014.
11. Sattler T, Sekulic D, Spasic M, Osmankac N, Vicente Joao P, Dervisevic E, et al. Isokinetic knee strength qualities as predictors of jumping performance in high-level volleyball athletes: multiple regression approach. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 2016;56(1-2):60–69.
12. D’Alessandro RL, Silveira EAP, Anjos MTS dos, Silva AA da, Fonseca ST da. Analysis on the association between isokinetic dynamometry of the knee’s articulation and one-leg horizontal jump, hop test, in volleyball athletes. *Rev. Bras. Med. do Esporte.* 2005;11(5):271–275 DOI: 10.1590/S1517-86922005000500005
13. Laudner K, Evans D, Wong R, Allen A, Kirsch T, Long B, et al. Relationship between isokinetic knee strength and jump characteristics following anterior cruciate ligament reconstruction. *Int. J. Sports Phys. Ther.* 2015 Jun;10(3):272–280.
14. Li RC, Maffulli N, Hsu YC, Chan KM. Isokinetic strength of the quadriceps and hamstrings and functional ability of anterior cruciate deficient knees in recreational athletes. *Br. J. Sports Med.* 1996 Jun;30(2):161–164. DOI: 10.1136/bjism.30.2.161
15. Cronin JB, Hansen KT. Strength and power predictors of sports speed. *J. strength Cond. Res.* 2005 May;19(2):349–357. DOI: 10.1519/14323.1
16. Dal Pupo J, Detanico D, Santos SG dos. Parâmetros cinéticos determinantes do desempenho nos saltos verticais. *Rev. Bras. Cineantropom. Desempenho Hum.* 2012;14(1):41–51. DOI: 10.5007/1980-0037.2012v14n1p41
17. Riggs MP, Sheppard JM. The relative importance of strength and power qualities to vertical jump height of elite beach volleyball players during the counter-movement and squat jump *J. Hum. Sport Exerc.* 2009;4(3):221–236. DOI: 10.1519/JSC.0b013e31816a8440
18. Bachele TR, Earle RW. Fundamentos do treinamento de força e do condicionamento. Manole, ed. 3ª, p. 380–381, 2010.
19. Impellizzeri FM, Rampinini E, Maffiuletti N, Marcora SM. A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2007 Nov;39(11):2044–2050. DOI: 10.1249/mss.0b013e31814fb55c
20. Croisier JL, Ganteaume S, Binet J, Genty M, Ferret J-M. Strength imbalances and prevention of hamstring injury in professional soccer players: a prospective study. *Am. J. Sports Med.* 2008 Aug;36(8):1469–1475. DOI: 10.1177/0363546508316764
21. Bittencourt NFN, Amaral GM, Anjos MTS dos, D’Alessandro R, Silva AA, Fonseca ST. Avaliação muscular isocinética da articulação do joelho em atletas das seleções brasileiras infante e juvenil de voleibol masculino. *Rev. Bras. Med. do Esporte.* 2005;11(6):331–336. DOI: 10.1590/S1517-86922005000600005
22. Bamaç B, Çolak T, Özbek A, Çolak S, Cinel Y, Yenigün Ö. Isokinetic performance in elite volleyball and basketball players. *Kinesiology.* 2008;40(2):182–188.
23. Coombs R, Garbutt G. Developments in the use of the hamstring/quadriceps ratio for the assessment of muscle balance. *J. Sports Sci. Med.* 2002 Sep;1(3):56–62.

Recebido em 21/05/16.

Revisado em 13/07/17.

Aceito em 14/10/17.

Endereço para correspondência: Leonardo Alexandre Peyré-Tartaruga. Rua Felizardo, 750, Bairro Jardim Botânico, Porto Alegre-RS, CEP 90690-200. E-mail: leonardo.tartaruga@ufrgs.br