

Efeito agudo de saltos intermitentes na arquitetura muscular do Vasto Lateral em atletas de voleibol

Acute effect of intermittent jumps on the Vastus Lateralis muscle architecture in volleyball players

LIMA, K M M; VALENTE, A M S; AVANCINI, C S; OLIVEIRA L F. Efeito agudo de saltos intermitente na arquitetura muscular do Vasto Lateral em atletas de voleibol. **R. bras. Ci. e Mov** 2015;23(2):51-58.

RESUMO: O aumento do ângulo de penação de fibras musculares durante contração causa uma redução da geração de força do músculo. O objetivo deste estudo foi verificar a relação entre o ângulo de penação do músculo Vasto lateral (VL) com o rendimento em um teste de saltos verticais intermitentes. Foi testado um grupo de 18 atletas do sexo masculino da Confederação Brasileira de voleibol do Exército Brasileiro. Duas imagens longitudinais do VL, a 50% do comprimento da coxa, foram adquiridas com um Ultrassom modo-B. Posteriormente, os indivíduos realizaram um teste único do tipo *Counter Movement Jump* para avaliar a altura máxima do salto vertical. A tarefa de saltos verticais intermitentes compreendeu quatro séries de 15 segundos de saltos máximos. Imediatamente após a tarefa, duas imagens do ângulo de penação foram novamente adquiridas na mesma região. Duas medidas do ângulo de penação foram feitas em cada imagem, totalizando oito medições por indivíduo. Os resultados mostraram que houve redução significativa da altura dos saltos no decorrer da tarefa ($35,77 \pm 4,67$ cm; $31,94 \pm 4,51$ cm; $27,04 \pm 3,93$ cm e $22,60 \pm 3,66$ cm para os intervalos de 0-15 s, 15-30 s, 30-45 s e 45-60 s, respectivamente). O ângulo de penação do VL não apresentou diferença significativa antes e após a realização da tarefa ($12,72 \pm 2,26^\circ$ e $13,71 \pm 3,40^\circ$, respectivamente). A correlação de Pearson entre as medidas do ângulo de penação no pré e pós teste intermitente e entre as alturas em todos os intervalos foram fracas ($0,034 < r < 0,253$) e não significativas. Conclui-se que a queda do rendimento do teste de saltos intermitentes não pode ser associada à alteração do ângulo de penação das fibras do VL. Estudos futuros com monitoramento de outras variáveis da arquitetura, como o comprimento da fibra muscular e também da rigidez do tendão, podem elucidar o papel destes factores mecânicos na redução das alturas de saltos intermitentes.

Palavras-chave: Arquitetura muscular; Ultrassonografia; Teste de Saltos Verticais.

ABSTRACT: Increased pennation angle of the muscle fibers during contraction causes a reduced muscle force generation. The aim of this study was to investigate the relationship between the pennation angle of the vastus lateralis muscle (VL) with the performance of an intermittent vertical jumps test. We tested a group of 18 male athletes of the Brazilian Army Confederation of Volleyball. Two longitudinal images of the VL, at 50% of thigh length were acquired with a B-mode ultrasound. Soon after, subjects performed a Counter Movement Jump test to evaluate the maximum vertical jump height. The intermittent vertical jumps test comprised four sets of 15 s maximum jumps. Immediately after, the two images of the pennation angle were again obtained in the same region. Two pennation angle measurements were made in each image, totaling eight measurements per individual. The results of this study showed that there was a significant reduction of the jumps heights (35.77 ± 4.67 cm; 31.94 ± 4.51 cm; 27.04 ± 3.93 cm and 22.60 ± 3.66 cm intervals for 0-15 s, 15-30 s, 30-45 s and 45-60 s, respectively). The VL pennation angle did not present a significant difference before and after the test ($12.72 \pm 2.26^\circ$ and $13.71 \pm 3.40^\circ$ respectively). The Pearson correlation between the pennation angle measurements before and after the intermittent test and among the heights in all intervals were weak ($0.034 < r < 0.253$) and not significant. We conclude that the fall of the test performance of intermittent jumps can not be associated with altered pennation angle of VL fibers. Future studies monitoring other variables of the muscle architecture as fiber length and also the tendon stiffness, may elucidate the role of these mechanical factors in the decrease of intermittent jumps heights.

Key words: Muscle Architecture; Ultrasonography; Vertical Jump Test.

Kelly Mônica Marinho e Lima¹
Antônio Márcio dos Santos
Valente²
Carolina da Silva Avancini¹
Liliani Fernandes de Oliveira¹

¹Universidade Federal do Rio de Janeiro

²Escola de Educação Física do Exército (RJ)

Recebido: 01/07/2014

Aceito: 07/04/2015

Contato: Kelly Mônica Marinho e Lima - kellymmlima@yahoo.com.br

Introdução

O arranjo estrutural das fibras musculares é denominado arquitetura muscular e é um importante fator para o entendimento da função dos músculos esqueléticos, pois determina a capacidade de produção de força e velocidade de contração muscular^{1,2}. A ultrassonografia tem sido utilizada para estudar os parâmetros de arquitetura muscular em repouso e monitorar as alterações durante a contração muscular^{1,3,4}.

O ângulo de penação (AP) é uma variável da arquitetura muscular que apresenta influência nas características funcionais do músculo esquelético³. A maioria dos músculos dos membros superiores e inferiores apresenta uma disposição penada das fibras, o que permite maior armazenamento de material contrátil em paralelo, e, assim, maior potencial de produção de força, quando comparados a músculos não penados⁴.

Durante uma contração muscular, seja isométrica ou dinâmica, acontece a rotação das fibras musculares em torno do ponto de inserção na aponeurose profunda, aumentando o AP. O aumento do AP, durante a contração, apresenta uma desvantagem mecânica pela redução da componente efetiva da força na direção do encurtamento do músculo e pode ser uma causa mecânica da queda do rendimento. Este fato está bem demonstrado para o músculo Gastrocnêmio medial^{3,5}. Já para o VL, Reeves *et al.*⁶ demonstraram um aumento do AP do repouso à contração voluntária máxima (CVM) nos períodos de pré e pós treinamento de resistência do quadríceps de idosos.

O aumento do AP após a realização de exercícios isométricos sustentados e dinâmicos controlados tem sido considerado um efeito agudo que contribui na queda de produção de força. Estudos verificaram aumento do AP dos músculos Braquial e VL e queda do torque isométrico de flexão de cotovelo e extensão de joelho, respectivamente^{7,8}. Para o músculo VL de homens jovens, Csapo *et al.*⁹ observaram um aumento significativo do AP logo após repetidas contrações musculares dinâmicas (em *leg press*). Já para movimentos mais complexos, como a pedalagem, Brancaccio *et al.*¹⁰ relataram um aumento de 12,5% do AP do VL após um ciclo de teste no cicloergômetro até a exaustão e concomitante elevação dos níveis de creatinoquinase total e lactato sanguíneo porém, sem correlação significativa.

Estudos dessa natureza em relação ao salto vertical são escassos. Este movimento funcional, multiarticular, envolve contrações do tipo ciclo alongamento-encurtamento dos músculos dos membros inferiores e estratégias de absorção de energia no impacto. Kurokama *et al.*¹¹ analisaram as variações do AP e CF do Gastrocnêmio medial durante somente a fase concêntrica do salto vertical e demonstraram um aumento significativo do AP e redução do CF durante a primeira fase do salto. A fase excêntrica, no entanto, não foi avaliada. Seiberl *et al.*¹² avaliaram o VL durante a contração excêntrica e observaram um aumento do comprimento do músculo e consequentemente, um aumento do CF e redução do AP.

Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi investigar as alterações agudas no AP do músculo VL após uma tarefa de saltos verticais intermitentes em atletas de voleibol. Nossa hipótese é que, em indivíduos habilitados na biomecânica do salto, a queda do rendimento (altura) após movimentos consecutivos não apresenta relação com o AP do VL pela alternância das direções das tensões aplicadas na fibra muscular nas fases excêntrica/concêntrica de saltos repetidos.

Materiais e Métodos

A amostra foi composta por 18 indivíduos ($28,38 \pm 4,00$ anos; $1,92 \pm 6,62$ m e $91,41 \pm 8,34$ Kg), do sexo masculino e atletas da Confederação Brasileira de Voleibol, pertencentes à equipe do Exército Brasileiro. Os indivíduos foram esclarecidos sobre a pesquisa e, em seguida, assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido. Além disso, foram orientados a não praticar nenhum tipo de atividade física vigorosa dos membros inferiores anteriormente aos testes. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa do Hospital Universitário Clementino Fraga Filho, com o CAAE (Certificado de Apresentação para Apreciação Ética) número 13511513.0.0000.5257 e protocolo 127/13.

As coletas de dados e análises das imagens foram realizadas por um mesmo examinador experiente e treinado. A confiabilidade para as medidas do AP do VL foi verificada em fase anterior, com uma amostra de 15 indivíduos saudáveis. Os resultados indicaram alta confiabilidade, com valores do coeficiente de correlação intraclasse (CCI) variando entre 0,83

a 0,90; o coeficiente de variação (CV) entre 3,68 a 6,34% e o erro típico da medida (ETM) 1,03 a 1,66¹³.

Os indivíduos realizaram os testes em um dia. A coleta das imagens do músculo VL ocorreu antes e imediatamente após uma tarefa de saltos verticais intermitentes descrito por Hespanhol *et al.*¹⁴. Inicialmente, foi marcada a região correspondente a 50% do comprimento de coxa direita (distância entre o trocânter maior e interlinha articular do joelho). Após a marcação, os indivíduos adotaram o decúbito dorsal e mantiveram os membros inferiores em posição neutra e relaxados por aproximadamente 10 minutos para a reacomodação de fluidos corporais.

Foram adquiridas, em decúbito dorsal, duas imagens do VL ao nível da marca anterior, com um aparelho de Ultrassom modelo EUB-405 (Hitachi, Japão), com transdutor linear de 80mm, matriz de 512 elementos e a frequência de excitação de 7,5 MHz. O transdutor foi posicionado longitudinalmente ao membro e permaneceu sob a pele com o mínimo de pressão possível, evitando a compressão do tecido. Para o acoplamento acústico do transdutor, foi utilizado gel condutor (Ultrax-gel, Farmativa Indústria e Comércio Ltda., BRASIL). O posicionamento do transdutor sobre o VL foi marcado na pele de cada indivíduo, a fim de assegurar a análise da mesma região muscular no pós-teste.

Após a aquisição das imagens da arquitetura muscular do VL, os indivíduos realizaram um teste único para avaliar a altura máxima do salto vertical do tipo *Counter Movement Jump* (CMJ), segundo o protocolo de Bosco *et al.*¹⁵. Partindo da posição de pé, o salto era realizado por livre flexão de joelho para impulso, sem utilização dos membros superiores. O teste foi realizado duas vezes, com intervalo de 45 s. O indivíduo foi posicionado no tapete de contato (Cefise, Nova Odessa, SP, aplicativo *Jump System Test* 1.0), que calcula as alturas dos saltos a partir dos tempos de vôo¹⁶. Para análise, foi considerado o salto com maior altura.

Após 3 minutos, foi realizado o teste de saltos verticais intermitentes (TSVI) que compreendia quatro séries de 15 s de saltos máximos com contramovimento e sem auxílio dos membros superiores, com intervalos de 10 segundos entre as séries¹⁴. Os três primeiros saltos da série deveriam ser superiores a 95% da altura máxima alcançada no teste de salto

máximo. Caso contrário, o teste era refeito após um minuto. Os indivíduos foram orientados a manter o tronco na vertical durante os saltos e os joelhos em extensão durante a fase de voo. As alturas máximas alcançadas por indivíduo, em cada intervalo, foram registradas para análise do rendimento. Após o fim da tarefa, os indivíduos se dirigiram imediatamente à maca para coleta de duas imagens do AP do VL consecutivas. As imagens foram processadas com o aplicativo *ImageJ* (National Institute of Health, versão 1.42, Bethesda, Maryland, USA), livre e amplamente utilizado para este fim. O AP foi obtido pelo ângulo agudo formado entre a aponeurose profunda e uma fibra muscular, como observado na figura 1.

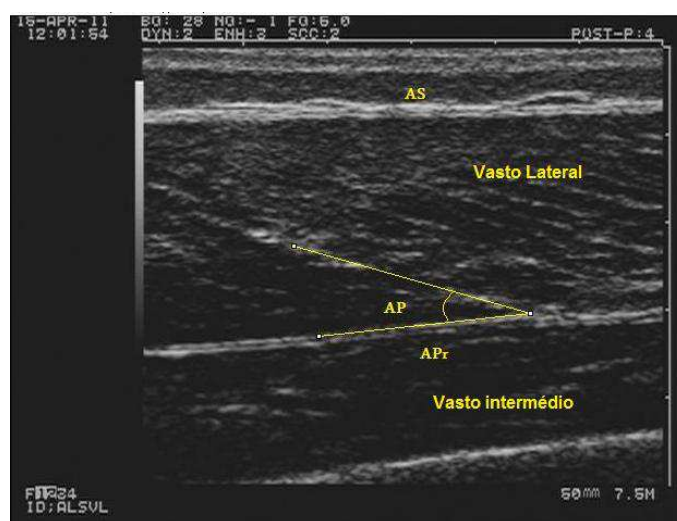


Figura 1. Medida do AP. Na imagem, aponeuroses profunda (APr) e superficial (AS)

A distribuição normal dos dados de AP do VL foi verificada pelo teste D'Agostino & Pearson. Para diferença de médias entre o pré e pós-tarefa, foi aplicado o teste-t de *Student* pareado. A ANOVA para medidas repetidas foi aplicada para identificar diferenças nas alturas dos saltos nos quatro intervalos. O teste *post hoc* de Tukey foi utilizado para identificar as diferenças estatísticas. O teste de correlação de Pearson foi aplicado entre o AP pré e pós-teste de saltos e as alturas a cada intervalo do teste. O índice de significância adotado foi de $p < 0,05$. As análises estatísticas foram realizadas com o aplicativo *Statistica* (Statsoft, Inc., Tulsa, OK), versão 7.0.

Resultados

A figura 2 apresenta os valores do AP do músculo VL pré e pós-tarefa de saltos, com médias $12,80 \pm 2,31^\circ$ e $13,71 \pm 3,40^\circ$, respectivamente. Os valores são similares ($p=0,100$).

As médias das alturas dos saltos intermitentes foram de $35,77 \pm 4,67$ cm; $31,94 \pm 4,51$ cm; $27,04 \pm 3,93$ cm e $22,60 \pm 3,66$ cm para os intervalos de 0-15 s, 15-30 s, 30-45 s e

45-60 s, respectivamente (figura 3). Houve redução significativa dos valores das alturas no decorrer dos testes ($p<0,001$).

As correlações entre as medidas do AP no pré e pós-teste intermitente e as alturas em todos os intervalos foram fracas ($0,034<r<0,253$) e não significativas.

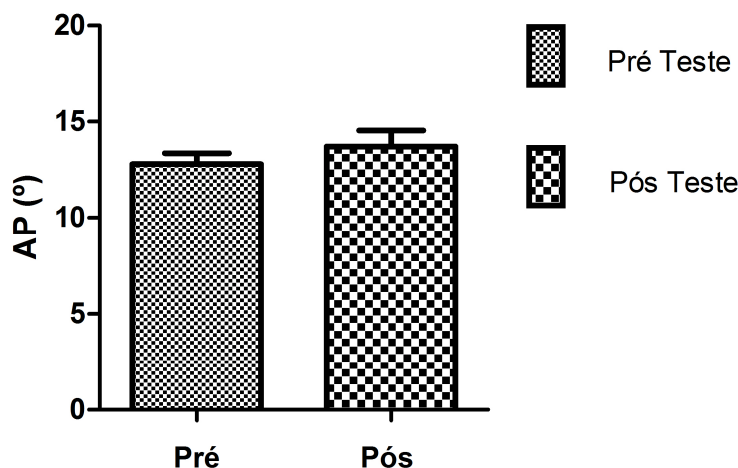


Figura 2. Gráfico das medidas do AP, em graus, no pré e pós-tarefa de saltos

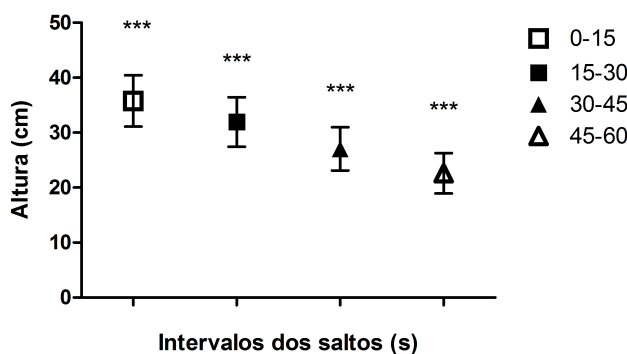


Figura 3. Gráfico das médias (desvio padrão) de altura (cm) nos intervalos de tempo (s) *** ($p<0,001$)

Discussão

O salto vertical é um gesto comumente executado durante as partidas de voleibol, principalmente em ações como saque, bloqueio, finta, ataque e levantamento. De acordo com Kollath¹⁷, em cada set de uma partida de voleibol são realizados em média 170 a 190 saltos. Um bom desempenho e manutenção da qualidade dos saltos de um atleta, durante a partida, são importantes para a pontuação e vitória em uma competição. Adicionalmente, a mecânica do salto vertical é

complexa e requer um período de aprendizagem¹⁸. Como este estudo objetivou analisar a associação entre um parâmetro de arquitetura muscular e o desempenho no salto vertical, foi selecionada uma amostra de atletas onde a técnica de salto vertical já está sedimentada, dispensando período de aprendizagem.

A relação do aumento do AP com a redução do torque após a realização de contrações isométricas sustentadas já está discutida na literatura para o tríceps sural⁵ e músculo braquial⁸.

Kubo *et al.*⁷ observaram um aumento significativo do AP do VL ($18,2 \pm 1,2^\circ$ a $19,2 \pm 1,1^\circ$) e uma redução do torque isométrico máximo após uma série isométrica exaustiva de extensão do joelho em seis homens jovens. Adicionalmente à desvantagem mecânica causada pela redução da componente efetiva na direção da força produzida, os autores explicaram esta queda do torque pelo aumento da complacência das aponeuroses e tendão e redução do comprimento de fibra que, de acordo com a relação comprimento-tensão, menores comprimentos tem potencial reduzido para a produção de força.

As alterações da arquitetura muscular do VL em condições dinâmicas até a exaustão têm sido estudadas em movimentos uniarticulares, como a extensão de joelho no aparelho *leg-press*⁹, bem como em movimentos mais complexos como o teste ergométrico¹⁰. Csapo *et al.*⁹, ao estudarem os efeitos agudos de exercícios repetitivos de *leg press* sobre o AP do VL, observaram um aumento significativo do AP ($22,3 \pm 3,6^\circ$ a $24,6 \pm 3,8^\circ$) logo após a realização dos exercícios. Estas alterações foram justificadas por um aumento na complacência do tendão e das aponeuroses, que provocariam maior encurtamento da fibra (associado a um aumento do AP) para produzir um dado nível de força muscular. Brancaccio *et al.*¹⁰ avaliaram o AP do VL de atletas, antes e após um ciclo de teste no cicloergômetro até a exaustão, e relataram um aumento do AP do VL em 12,5%.

A relação do AP do VL com o rendimento em saltos verticais é pouco estudada e se restringe a testes de saltos máximos. Alegre *et al.*¹⁹ não obtiveram correlação significativa entre a altura do salto vertical máximo com os valores do AP do VL de dez homens ativos. Da mesma forma, Mangine *et al.*²⁰ não encontraram correlação entre as medidas de potência de um salto vertical máximo com o AP do VL de 28 indivíduos ativos. Nos dois estudos, as imagens de US e o teste de salto foram realizados em dias diferentes, o que impede uma análise causa/efeito da arquitetura no desempenho do salto.

Reardon *et al.*²¹, utilizando o mesmo protocolo de salto máximo do estudo anterior²⁰, avaliaram o efeito agudo do exercício de agachamento em três intensidades no desempenho subsequente do salto vertical máximo e no AP do VL em onze homens ativos. Neste caso, as imagens foram adquiridas antes e após 8 e 20 minutos do protocolo (agachamento + salto). Os

autores encontraram uma correlação negativa baixa, mas significativa entre o AP do VL antes e após 8 minutos do teste de salto precedido de agachamento em média e alta intensidade ($r=-0,35$; $p < 0.018$), demonstrando que maiores ângulos de penação estavam associados a menores valores de potência média do salto vertical. Contudo, este efeito não foi verificado quando o salto não era precedido de agachamento, demonstrando que as alterações na arquitetura foram provocadas pelo exercício de agachamento e não pelo salto subsequente.

Este estudo parece ser pioneiro na análise do comportamento do AP de VL após saltos verticais consecutivos. Nossos resultados não demonstraram associação do AP com a queda do rendimento no teste de saltos, que foi de aproximadamente 36%. Durante o salto vertical, os grupamentos musculares dos membros inferiores realizam contração do tipo ciclo alongamento-encurtamento da musculatura extensora de tornozelo, joelho e quadril. Dentre os músculos do quadríceps femoral, o VL se destaca pelo potencial de produção de força pela disposição penada das fibras e grande área de secção transversa fisiológica². Além disso, é um músculo superficial e de arquitetura facilmente identificada no ultrassom²². No salto vertical, a participação na fase excêntrica é fundamental, pois o músculo sofre um alongamento enquanto em intensa contração, na fase de amortecimento, assumindo menores valores de AP. A fase excêntrica poderia então compensar o aumento do AP resultante da fase concêntrica durante a impulsão anterior.

Essas suposições poderão ser comprovadas futuramente com aquisições de imagens do VL durante a execução do salto. Estudos com protocolos diferenciados com monitoramento de outras variáveis de arquitetura muscular como comprimento de fibra e deformação do tendão, durante a execução do movimento, poderão elucidar as implicações das alterações da arquitetura muscular na redução da produção de força e queda do rendimento do salto vertical.

Conclusões

Não foram observadas mudanças significativas no AP do músculo VL, imediatamente após o teste de saltos verticais

intermitentes, em atletas de voleibol. Este fato demonstra que as alterações nesta variável da arquitetura muscular não contribuem para a queda do rendimento verificada neste teste.

Agradecimentos

Os autores agradecem a CAPES, a FAPERJ, o CNPq, a Secretaria Nacional de Esportes de Alto Rendimento e o Departamento de Educação e Cultura do Exército pelo apoio financeiro.

Referências

1. Fukunaga T, Ichinose Y, Ito M, Kawakami Y, Fukashiro S. Determination of fascicle length and pennation in a contracting human muscle in vivo. **J Appl Physiol** 1997;82(1):354-358.
2. Lieber R. **Skeletal Muscle, Structure, Function, And Plasticity: The Physiological Basis of Rehabilitation**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
3. Maganaris CN, Baltzopoulos V, Sargeant AJ. Repeated contractions alter the geometry of human skeletal muscle. **J Appl Physiol** 2002;93(6):2089-2094.
4. Aagaard P, *et al.* A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture. **J Physiol** 2001;534(Pt.2):613-623.
5. Mademli L, Arampatzis A. Behaviour of the human gastrocnemius muscle architecture during submaximal isometric fatigue. **Eur J Appl Physiol** 2005;94(5-6):611-617.
6. Reeves ND, Narici MV, Maganaris CN. In vivo human muscle structure and function: adaptations to resistance training in old age. **Exp Physiol** 2004;89(6):675-689.
7. Kubo K, Kanehisa H, Kawakami Y, Fukunaga T. Influences of repetitive muscle contractions with different modes on tendon elasticity in vivo. **J Appl Physiol** 2001;91(1):277-282.
8. Rudroff T, Staudenmann D, Enoka RM. Electromyographic measures of muscle activation and changes in muscle architecture of human elbow flexors during fatiguing contraction. **J Appl Physiol** 2008;104(6):1720-1726.
9. Csapo R, Alegre LM, Baron R. Time kinetics of acute changes in muscle architecture in response to resistance exercise. **J Sci Med Sport** 2011;14(3):270-274.
10. Brancaccio P, Limongellia FM, D'Aponte A, Narici M, Maffulli N. Changes in skeletal muscle architecture following a cycloergometer test to exhaustion in athletes. **J Sci Med Sport** 2008;11(6):538-541.
11. Kurokawa S, Fukunaga T, Fukashiro S. Behavior of fascicles and tendinous structures of humangastrocnemius during vertical jumping. **J Appl Physiol** 2001;90(4):1349-1358.
12. Seiberl W, Hahn D, Kreuzpointner F, Schwirtz A, Gastmann U. Force Enhancement of Quadriceps Femoris in Vivo and Its Dependence on Stretch-Induced. Muscle Architectural Changes. **J Appl Biomech** 2010; 26(3):256-264.
13. Lima KMM, Oliveira LF. Confiabilidade das medidas de arquitetura do músculo Vasto Lateral pela ultrassonografia. **Motriz** 2013;19(1):217-223.
14. Hespanhol J, Net L, Arruda M. Confiabilidade do teste de salto vertical com 4 séries de 15 segundos. **Rev Bras Med Esporte** 2005;12(2):95-98.
15. Bosco C, Piterra C, Rahkila P, Luthanen P, Ito A, Droghetti P. New tests for the measurement of anaerobic capacity in jumping and leg extensor muscle elasticity. **Volleyball IFVB** 1981;1:22-30.
16. Oliveira L, Garcia M, Massimiliani R. Influência de Uma e Duas Passadas de Aproximação no Desempenho do Salto Vertical, Medido Através da Plataforma de Salto. **Rev Bras Ciên e Mov** 1993;7(1):18-24.
17. Kollath E. **Bewegungsanalyse in den sportspielen**. Köln (Deutschland): Sport & Buch straub; 1996.
18. Hespanhol JE, Neto LGS, Arruda M. Confiabilidade do teste de salto vertical com 4 séries de 15 segundos. **Rev Bras Med Esporte** 2006;12(2):95-98.
19. Alegre LM, Aznar D, Delgado T, Jimenez F, Aguado X. Architectural characteristics of vastus lateralis muscle and jump performance in Young men. **J Hum Mov Studies** 2005;48(2):109-123.
20. Mangine GT *et al.* Influence of Gender and Muscle Architecture Asymmetry on Jump and Sprint Performance. **J Sports Sci Med** 2014;13(4):904-911.
21. Reardon D *et al.* Do changes in muscle architecture affect post-activation potentiation? **J Sports Sci Med** 2014;13(3):483-492.

22. Blazeovich AJ, Cannavan D, Coleman DR, Horne S. Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles. **J Appl Physiol** 2007;103(5):1565-1575.