

Artigo Original

Respostas neuromusculares dos membros inferiores durante protocolo intermitente de saltos verticais em voleibolistas

Caroline Tosini Felicissimo ¹
José Luiz Dantas ^{1,2}
Melissa Luiza Moura ¹
Antônio Carlos de Moraes ¹

¹ *Laboratório de Estudos Eletromiográficos (LEE), Faculdade de Educação Física, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil.*

² *Grupo de Estudo das Adaptações Fisiológicas ao Treinamento (GEAFIT), Centro de Educação Física e Esportes, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR, Brasil*

Resumo: O objetivo deste estudo foi analisar o desempenho e as respostas eletromiográficas dos músculos Reto Femoral, Bíceps Femoral e Gastrocnêmio Medial durante protocolo de saltos verticais. Participaram 13 voleibolistas do sexo feminino ($15,6 \pm 0,9$ anos). Inicialmente foi realizado um protocolo de potência máxima (três saltos máximos), seguido do protocolo de resistência de saltos (ciclos de três saltos máximos em aproximadamente 10 segundos (s) – um salto a cada três s, com recuperação de 15 s). O tempo de duração do protocolo de resistência foi de 20 minutos. Foi usada a técnica do salto com contramovimento sem ajuda dos braços, sobre tapete de contato. Para tratamento dos dados os saltos foram divididos em quatro períodos com 12 ciclos cada um. Os resultados mostraram queda na altura dos saltos de aproximadamente 1,3cm entre os períodos de 1 a 4, sendo que, essa queda foi mais significativa nos 3º e 4º períodos em comparação ao 1º e 2º. Entretanto, com relação às variáveis RMS e FM, não ocorreu alteração nas respostas eletromiográficas entre músculos e períodos. Concluiu-se, assim, que a fadiga pode depender de variáveis psicofisiológicas, ao nível do SNC, que também influem no desempenho.

Palavras-chave: Voleibol. Eletromiografia. Desempenho esportivo. Tolerância ao exercício. Membros Inferiores.

Neuromuscular responses of the lower limb muscles during vertical jumping in volleyball athletes

Abstract: The purpose of this study was to analyze the performance and the electromyographic responses of the muscles Rectus Femoris, Biceps Femoris and Gastrocnemius Medialis during vertical jumping protocol. Participated 13 female volleyball players ($15,6 \pm 0,9$ years). Initially was performed a protocol of maximum power (three maximum jumps), followed by resistance jumps protocol (cycles of three maximum jumps in about 10 seconds (s) – one jump every three s, with recovery of 15s. The duration of resistance protocol was 20 minutes. Technique used was countermovement jump without the aid of arms on a mat of contact. The data collected during the jumps were divided into four periods containing 12 cycles each. The results showed a decrease in the height of the jumps of about 1,3cm between the periods from 1 to 4, and this decrease was more significant in the 3rd and 4th periods compared with the 1st and 2nd. However, with respect to the variables RMS and FM, a change did not occur in the electromyographic responses between muscles and periods. It was concluded that fatigue may depend of the psychophysiological variables, the level of the CNS, which also influence the performance.

Key words: Volleyball. Electromyography. Athletic Performance. Exercise Tolerance. Lower extremity.

Introdução

No âmbito das práticas esportivas, sobretudo no que diz respeito ao esporte de rendimento, é notável a importância dada ao aperfeiçoamento no condicionamento físico das equipes em virtude da grande competitividade existente. Sendo assim, o desenvolvimento de formas para avaliar o desempenho dos atletas em sua modalidade

específica é fundamental para um bom desempenho do atleta e da equipe.

O voleibol, no que se refere às características inerentes à sua prática, é considerado um esporte altamente dinâmico, de contexto intermitente, no qual as habilidades motoras desenvolvidas se interpolam entre ações ofensivas e defensivas, momentos de atividade muscular intensa com

momentos de certo relaxamento, ou seja, apresenta intensidade alternada, a qual, durante o jogo, varia de submáxima a máxima. ([BARBANTI](#), 1996).

Dentre os elementos que compõem a modalidade, o volume de jogo caracteriza-se pela duração dos *rallys*, com maiores incidências no intervalo de tempo de 0 a 10 segundos (s) ([HESPANHOL](#), 2008), duração média dos sets de 20 minutos (min) ([OLIVEIRA](#), 1998) e duração das partidas para jogos de 3, 4 e 5 sets tempos de 71,6; 74,4 e 105,2 min., respectivamente ([LOPES](#) et al., 2003).

Em termos de intensidade, pode-se verificar a existência de uma média de 250 a 300 ações máximas, dentre as quais os saltos verticais mostram-se predominantes, correspondendo a mais de 50% dessas ações ([IGLESIAS](#), 1994; [HASEGAWA](#) et al., 2004). E no que diz respeito à densidade, referente à relação esforço e pausa, nota-se uma variação dos períodos de pausa entre *rallys* de 10 a 20 s ([LOPES](#) et al., 2003; [HASEGAWA](#) et al., 2004; [BISSOCHI](#), 2005).

O contexto acima demonstra marcante exigência de alta capacidade de saltar verticalmente, caracterizada pela habilidade de suportar grande número de saltos verticais sucessivos ao longo de uma partida e de manter a altura máxima alcançada por maior tempo possível no decorrer da mesma, dos atletas/esportistas que praticam a modalidade ([UGRINOWITSCH](#) et al, 2000; [HESPANHOL](#) et al, 2006), consistindo em dados médios de 117 ([BERRIEL](#) et al., 2004) a 132 saltos por set ([SANTOS](#) et al., 2008).

O salto vertical é um movimento que necessita de rapidez e força, que se enquadra na denominação de um esforço explosivo, potente, em que se tem a ação do chamado Ciclo de Alongamento-Encurtamento (CAE), o qual proporciona um aumento do rendimento motor em movimentos que utilizam ações musculares excêntricas seguidas imediatamente de concêntricas. No caso do salto vertical com contramovimento, a transição rápida da fase descendente para a ascendente permite que os músculos utilizem a energia elástica armazenada na fase excêntrica e liberada sob a forma de energia cinética na fase concêntrica de forma mais eficiente, o que possibilita uma maior produção de força, elevação do centro de gravidade, maior eficiência mecânica e menor

gasto energético ([UGRINOWITSCH](#); [BARBANTI](#), 1998).

Uma alta capacidade de resistência de força explosiva, geralmente expressa pela capacidade do sistema neuromuscular em retardar a queda do desempenho ([KIRKENDALL](#), 2003 *apud* [HESPANHOL](#) et al, 2007), mostra-se importante em atletas de voleibol, uma vez que esse esporte, como já foi dito anteriormente, está associado a movimentos repetitivos e de natureza predominantemente explosiva ([BOMPA](#), 2005).

Por meio de análise cinesiológica, saltar verticalmente envolve a ação de diversos músculos, sobretudo o quadríceps ([ARAGÓN-VARGAS](#); [GROSS](#), 1997), constituído pelos músculos Vasto Lateral (VL), Vasto Medial (VM), Reto Femoral (RF) e Vasto Intermédio (VI), que apresentam determinadas singularidades quanto à arquitetura muscular, tipo de fibras e biomecânica ([LIEBER](#), 1992 *apud* [OKANO](#), 2004), podendo estas diferenças acarretar em diferentes solicitações musculares. Nesta perspectiva sobre o recrutamento muscular, no estudo realizado por [Rodacki](#); [Fowler](#); [Bennett](#) (2002), no qual os autores analisaram o salto vertical com contramovimento sob condição de fadiga e não fadiga encontrou-se que o desempenho nos saltos verticais é afetado pela fadiga dos músculos extensores do joelho, mas não pela dos flexores do joelho.

Sendo assim, convém verificar o comportamento do músculo RF durante o protocolo de saltos verticais, músculo bi – articular do quadríceps que atua na flexão do quadril e na extensão do joelho, e também do BF, outro músculo bi - articular, porém com ação na extensão do quadril e flexão do joelho. Uma comparação entre esses dois músculos poderia mostrar qual deles afeta mais o desempenho do salto vertical, se essa relação entre extensores e flexores do joelho citada por [Rodacki](#); [Fowler](#); [Bennett](#) (2002) ocorre durante o tipo de protocolo aplicado nesse estudo.

Estudos comparativos a respeito do desempenho do salto vertical entre atletas de voleibol feminino, utilizando-se de um protocolo intermitente que se aproxime mais das características do esporte, são escassos, sendo o comportamento das variáveis neuromusculares desconhecido durante execução de saltos verticais neste tipo de protocolo.

Em virtude disso, objetivo do estudo foi analisar o desempenho no salto vertical e as respostas eletromiográficas dos músculos extensores e flexores do joelho, importantes nesta atividade, durante protocolo de resistência de saltos verticais com característica intermitente em jovens atletas de voleibol feminino.

A hipótese era que o protocolo utilizado causaria certo nível de fadiga neuromuscular nas voluntárias, alterando significativamente o comportamento das variáveis EMG dos músculos avaliados e, conseqüentemente, provocando queda no desempenho representada pela diminuição da altura do salto, porém, com uma magnitude de queda de rendimento menor que a de protocolos contínuos até a exaustão.

Métodos

Amostra

Participaram do estudo 13 jogadoras de voleibol, faixa etária entre 15 e 17 (média de 15,4 anos \pm 0,9 anos), massa corporal média de 71,2 kg \pm 13,9 kg, estatura média de 174,7 cm \pm 7,0 cm e tempo de prática na modalidade de 5,3 anos \pm 2,2 anos. As atletas foram selecionadas de uma equipe amadora da cidade de Campinas-SP, tendo disputado jogos de níveis Regional e Estadual representando a cidade. Todas as atletas e seus responsáveis, após estarem cientes dos procedimentos dos testes a serem realizados, dos métodos utilizados para execução destes e dos objetivos da pesquisa, assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido antes da participação no estudo, o qual foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade de Ciências Médicas (FCM) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), conforme protocolo número 854/2008.

Delineamento Experimental

Protocolo de Potência Máxima

As atletas foram familiarizadas com o movimento a ser executado ao realizarem um aquecimento prévio de 10 saltos verticais com altura variável, com um intervalo de descanso de dois minutos antes do início do teste. O protocolo consistiu na realização de três saltos verticais máximos (SV_{Max}), respeitando sempre ao comando verbal.

A técnica aplicada foi a de saltos verticais com contramovimento (*Counter Movement Jump*), sem ajuda dos membros superiores. (Bosco, 2000)

Para o protocolo supracitado a voluntária mantinha as mãos na cintura e tronco ereto, sem exagerada flexão, joelhos em extensão durante a fase aérea e agachamento de aproximadamente 90° de flexão durante a fase de contato. Os saltos foram realizados sobre um tapete de contato (Just Jump®, Probotics Inc., EUA), o qual pode ser utilizado para testes de avaliação de vários parâmetros de força de membros inferiores, como a força explosiva e também resistência de saltos verticais. É possível extrair informações como tempo de vôo e a altura do salto, expressas imediatamente após cada salto através de um computador de mão *Just Jump®* (Probotics Inc., EUA), calculadas em polegadas e posteriormente convertidas em ms e cm, respectivamente. Cada salto se caracteriza desde o momento em que o indivíduo deixa o contato com o tapete até o momento em que retoma a ele. O tapete de contato é recomendado para técnicos de vários níveis de treinamento.

Após realização deste protocolo as atletas descansaram dois minutos e iniciaram a execução do segundo protocolo, o de resistência de saltos verticais, conforme descrito abaixo. Os dados do protocolo de potência máxima foram utilizados como parâmetro para a normalização dos dados do protocolo de resistência de saltos verticais.

Protocolo de resistência de saltos verticais

Consistiu na realização de SV_{Max} , também com a utilização da técnica do contramovimento sem a ajuda dos membros superiores e sobre o tapete de contato, por um período total de 20 minutos. Ao longo desse tempo as atletas realizaram 48 ciclos, cada um com 25s, sendo que, dentro de cada ciclo, executaram 3 SV_{Max} em aproximadamente 10s (1 salto a cada 3s em média, sempre ao comando da avaliadora) com intervalo de 15 s de recuperação. As voluntárias realizaram ao final do protocolo um total de 144 saltos verticais. Segue abaixo, na figura 1, um esquema demonstrativo do referido protocolo.

As voluntárias foram orientadas a não realizarem atividade física intensa 24 horas antes da realização dos testes.

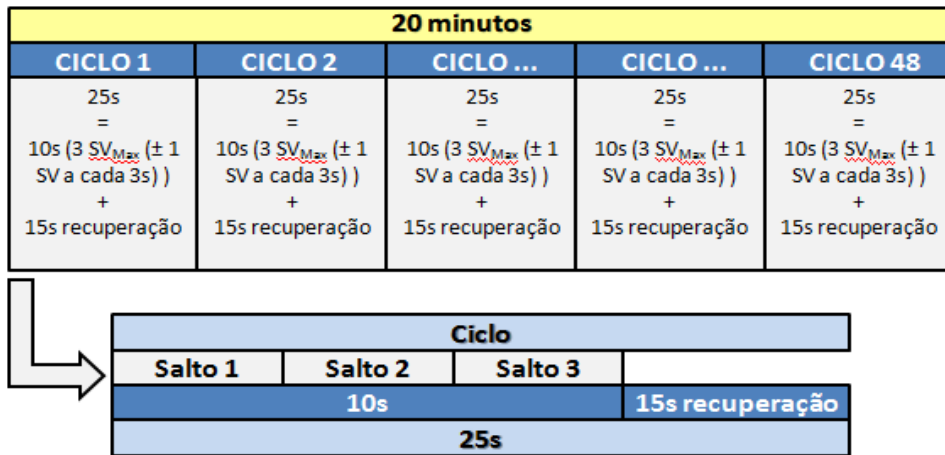


Figura 1. Esquema representativo do Protocolo de Resistência de Saltos Verticais.

Coleta e tratamento dos sinais eletromiográficos

Os testes foram realizados no Laboratório de Estudos Eletromiográficos (LEE) da Faculdade de Educação Física da UNICAMP.

Os músculos selecionados para análise das respostas eletromiográficas (EMG) foram o Reto Femoral (RF), Bíceps Femoral (BF) e Gastrocnêmio Medial (GM). A colocação e localização dos eletrodos a fim de obter os sinais eletromiográficos tiveram como parâmetro de ponto de referência o proposto por SENIAM (*Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles*) (HERMENS et al., 2000), na qual para o músculo Reto Femoral adotou-se o ponto mediano entre a espinha ilíaca ântero-superior e a parte superior da patela, para o músculo Bíceps Femoral, 2/3 da linha da espinha ilíaca ântero-superior à parte lateral da patela e para o músculo Gastrocnêmio Medial, o ponto mais proeminente do músculo. Previamente à colocação dos eletrodos, uma contração dos referidos músculos foi realizada tendo como objetivo a identificação do ventre muscular.

Para a coleta da EMG foi utilizado um eletromiógrafo de 16 canais da marca Biopac (Biopac System, Inc., Santa Barbara, CA, EUA), modelo MP150. Para captação e processamento dos sinais eletromiográficos utilizou-se o software Acqknowledge 3.9.1 (Biopac System, Inc., Santa Barbara, CA, EUA), com a frequência de aquisição dos sinais EMG estabelecida em 2000 Hz e filtro digital do tipo IIR (*Infinite Impulse Response*) passa-banda de 20 – 500 Hz. Foram usados eletrodos ativos e da marca Biopac

(Biopac System, Inc., Santa Barbara, CA, EUA), modelo TSD150 com relação de rejeição do modo comum (CMRR) de >95 dB. Antes da colocação dos eletrodos foi feita tricotomia e assepsia da pele, com álcool e algodão nos locais determinados para a colocação dos eletrodos em cada músculo, visando diminuir a impedância da pele.

Para o tratamento dos dados, no protocolo de potência máxima, o maior salto executado por cada atleta, dentre os três realizados, foi escolhido para normalização dos dados de altura dos saltos. Para análise da EMG obtida do protocolo de resistência de saltos verticais, a quantidade de saltos executados pelas voluntárias foi dividida em quatro períodos P1, P2, P3 e P4, sendo que o 1º período (P1) correspondeu aos ciclos de 1 a 12, o 2º período (P2) de 13 a 24, o 3º período (P3) de 25 a 36 e o 4º período (P4) de 37 a 48, ou seja, em cada período as voluntárias saltaram 36 vezes (12 ciclos de 3 saltos em cada período). Os sinais eletromiográficos brutos foram filtrados e convertidos em *root mean square* (RMS) e em frequência mediana (FM), normalizados pelos dados de EMG obtidos do maior salto do protocolo de potência máxima. O valor encontrado de RMS e FM deste salto foi determinado como 100%. Para obtenção da RMS foi utilizada uma janela móvel de 20 pontos, com médias obtidas a cada período de saltos (P1, P2, P3 e P4). Para obtenção da FM foi utilizada a transformada rápida de Fourier nos mesmos períodos.

Tratamento estatístico

Primeiramente os dados foram submetidos à estatística descritiva, seguido do teste de *Shapiro Wilk* para verificar a normalidade dos dados. Para

os dados de RMS e FM, expressos em *média ± desvio padrão* (Média ± DP), utilizou-se o teste de ANOVA *two way* para medidas repetidas (*período vs músculos*), verificando se existia diferença significativa no comportamento das variáveis eletromiográficas entre os músculos e se havia influência dos períodos em cada músculo. Na presença de diferença significativa, o *post hoc* teste de *Sheffé* foi usado para detecção de possíveis diferenças entre os períodos. Para comparação das alturas dos saltos por período utilizou-se o teste de *Friedman*, usando como *post hoc* o teste de *Wilcoxon*, para detecção de possíveis diferenças. Estes dados foram expressos em *mediana ± semi - amplitude interquartilica* (Mediana ± SAIQ). Para verificar a relação entre a ativação do RF e BF foi utilizado o teste de correlação de *Pearson*. A significância adotada foi de 5% ($p < 0,05$).

Resultados

A Tabela 1 apresenta os valores, em centímetros (cm), referentes ao maior salto de cada atleta durante o protocolo de potência máxima.

Tabela 1- Maior altura alcançada pelas atletas durante Protocolo de Potência Máxima.

Atletas	Altura saltada (cm)
1	35,3
2	39,3
3	34,2
4	38,3
5	29,9
6	38,8
7	42,9
8	40,3
9	35,8
10	35,0
11	38,3
12	29,7
13	36,3

Como forma de análise do rendimento demonstrado pelas voluntárias durante a execução do protocolo de resistência de saltos verticais, tem-se, na Tabela 2, a apresentação dos dados, em cm, referentes à média dos valores encontrados dentre os saltos executados por cada atleta em cada período, e a média da altura dos saltos de todas as atletas em cada período, como um meio de verificar a variação da altura atingida no salto ao longo do teste.

Tabela 2- Média das alturas saltadas (em cm) de cada atleta em cada período do Protocolo de Resistência de Saltos Verticais e média dos saltos em cada período.

Atleta	Período	Período	Período	Período
1	32,7	31,1	29,9	30,4
2	35,6	36,2	36,4	35,8
3	33,9	33,4	32,1	30,8
4	35,8	35,6	35,2	34,9
5	31,0	29,9	29,9	30,0
6	35,9	36,4	34,8	34,2
7	40,1	38,5	37,5	35,8
8	38,2	38,1	36,4	36,8
9	33,1	31,9	30,6	30,7
10	32,6	33,6	33,9	34,1
11	36,1	35,1	34,9	34,6
12	27,0	26,6	26,0	27,1
13	34,8	34,4	33,3	33,8
Média	34,3	33,9	33,1	33

De acordo com os dados demonstrados na tabela 2, observa-se a queda da média da altura dos saltos durante todo o protocolo de resistência de saltos verticais realizados, sendo que durante o período 1 do protocolo a média da altura dos saltos foi de 34,3 cm e no período 4 o valor foi equivalente a 33cm, o que demonstra uma queda de 1,3 cm.

A Figura 2 representa o desempenho das atletas com relação à altura média saltada em cada período, considerando o valor percentual de acordo com a altura máxima atingida no protocolo de potência máxima. Os dados demonstram os seguintes valores: 93,43; 92,86; 91,24 e 91,02%, para 1º, 2º 3º e 4º períodos, respectivamente. O teste ANOVA de *Friedman* demonstrou queda significativa do rendimento das atletas com relação à altura alcançada ($p = 0,004$), e quando contrastados para a par com o teste de *Wilcoxon* apresentou diferença significativa no 3º e 4º períodos em comparação ao 1º e 2º ($p < 0,05$).

Os dados referentes à amplitude do sinal eletromiográfico, expressos pela RMS normalizada em Percentual do máximo valor de RMS encontrado no protocolo de potência máxima, não demonstraram diferenças significativas entre os períodos e entre músculos durante o protocolo de resistência de saltos verticais, conforme mostra a Figura 3 ($p > 0,05$). Em adição, a correlação entre a RMS normalizada do RF e BF foi baixa e não significativa ($r = 0,263$; $R^2 = 0,069$; $p = 0,06$).

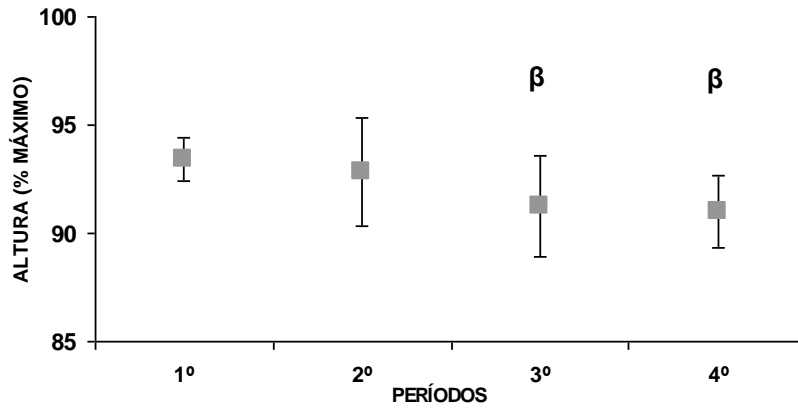


Figura 2- Desempenho normalizado da altura média de salto vertical de cada período durante o protocolo de resistência de saltos verticais. β diferença significativa em relação ao 1º e 2º períodos ($P < 0,05$).

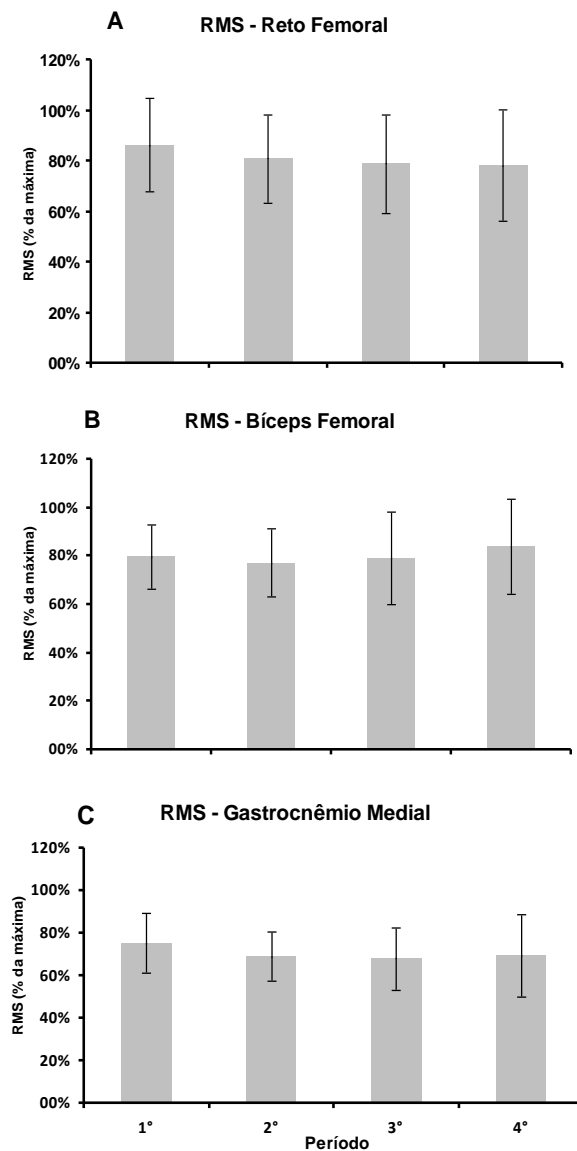


Figura 3- Valores em RMS normalizados dos músculos avaliados durante o protocolo de resistência de saltos verticais: **A)** Reto Femoral; **B)** Bíceps Femoral; **C)** Gastrocnêmio Medial.

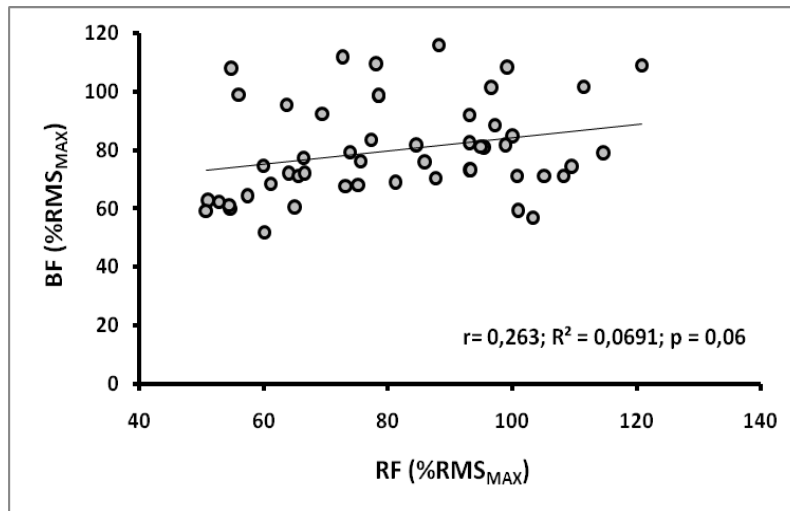


Figura 4- Correlação entre a atividade EMG dos músculos RF e BF de cada sujeito, representada pelos valores médios de RMS de cada período durante o protocolo de saltos.

Este mesmo comportamento foi demonstrado para a FM, normalizada da mesma forma que o RMS, conforme Figura 5.

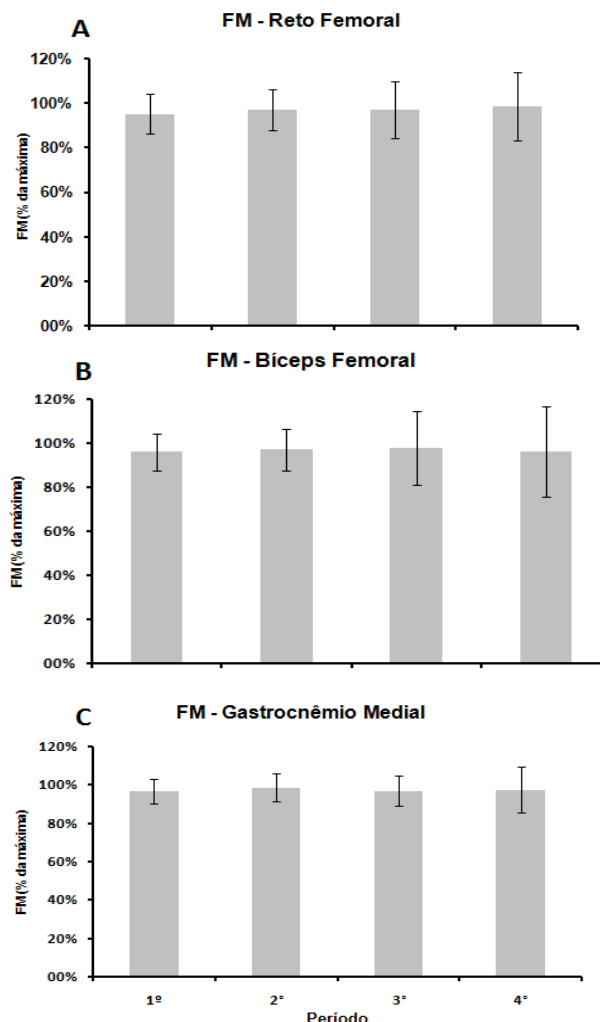


Figura 5- Valores em FM normalizados dos músculos avaliados durante o protocolo de resistência de saltos verticais: **A)** Reto Femoral; **B)** Bíceps Femoral; **C)** Gastrocnêmio Medial.

Discussão

A hipótese inicial desse estudo era que o comportamento do processo de fadiga e as

alterações EMG durante um protocolo intermitente de saltos verticais difeririam das respostas encontradas em protocolos contínuos ([BOSCO](#) et al.,1986; [STROJNIK](#); KOMI, 2000;

[RODACKI](#); FOWLER; BENNETT, 2002; [HESPANHOL](#) et al., 2007; [MCCAULLEY](#) et al., 2007) predominantes no estudo deste gesto desportivo. Entretanto, como a característica do protocolo é bem próxima ao realizado em uma partida de voleibol, era esperado que as atletas não atingissem um estado de exaustão, mesmo diante da grande quantidade de saltos totais executados.

Houve variação da altura saltada pelas atletas ao longo do protocolo de resistência de saltos verticais, manifestada por uma queda constante e significativa no 3º e 4º período, em relação ao 1º e 2º período (Figura 2), demonstrando a capacidade do protocolo em simular uma condição real de jogo. Esse resultado corrobora o que realmente acontece com muitas atletas de equipes de voleibol durante uma partida, sobretudo as mais longas, que perduram por cinco sets, nas quais a solicitação de realização de saltos verticais é muito grande e, dificilmente o atleta consegue manter a altura do salto no máximo ou próximo deste até o final do jogo (FIGUEIRA JÚNIOR et al., 1996 apud [MARQUES JUNIOR](#), 2005).

Apesar do desempenho do salto ter influência de diversos fatores (físico, antropométrico, técnico, tático, ambiental e perceptivo), tem-se sugerido que a capacidade do atleta em saltar verticalmente de forma eficiente está diretamente relacionada com fatores determinantes para as diversas manifestações de força (contribuições do componente contrátil, do sistema de recrutamento, sincronização dos componentes elásticos e do componente elástico reflexo) ([ARRUDA](#); [HESPANHOL](#), 2008). Isso indica que, devido à característica intermitente e explosiva do voleibol ([Maclaren](#), 1997), as alterações mais significativas nos resultados estariam associadas às mudanças na função neuromuscular, como a força máxima, capacidade do CAE e força explosiva ([NEWTON](#) et al., 1999). Entretanto, nossos resultados demonstram que durante um protocolo mais próximo da situação real de jogo, as alterações no comportamento neuromuscular, representadas pelas variáveis EMG, não foram significativas do início ao fim do protocolo. A divergência entre respostas neuromusculares pode estar relacionada com o menor efeito nos componentes contráteis e elásticos que potencializam o desempenho quando o protocolo é intermitente, como já citado na literatura ([HORITA](#) et al., 2002). Nessa perspectiva, a maioria dos estudos consideram somente as

perspectivas neuromusculares e bioenergéticas ao avaliar a causa e o processo de instalação de fadiga na ação do salto vertical, induzidos pelos efeitos de protocolos contínuos e exaustivos ([Bosco](#) et al., 1986; [Horita](#) et al., 1996; [Strojnik](#); Komi, 2000; [Rodacki](#); Fowler; Bennett, 2002; [McCaulley](#) et al., 2007), diferentes da situação real de jogo.

Ao reproduzir um protocolo mais específico à situação de jogo, não foi observada diferença significativa nos valores expressos em RMS e FM (Figura 3 e 5), os quais fornecem informações relacionadas à velocidade de condução do estímulo por parte da fibra muscular e alterações na sincronização e na frequência de disparo das unidades motoras ([Luca](#), 1997), e portanto representam alterações do sistema neuromuscular. Esperava-se que houvesse alteração nos valores de RMS e FM ao longo do teste, conforme evidências presentes na literatura ([MORITANI](#); DEVRIES, 1978; [WRETILING](#) et al., 1997; [SILVA](#); GONÇALVES, 2003; [EBENBICHLER](#) et al., 1998; [Kouzaki](#) et al., 1999). Todavia, a ausência de alterações significativas nos valores de RMS e FM (Figura 3 e 5) nos permitem inferir que a fadiga neuromuscular nos músculos estudados não foi a principal causa da queda do desempenho.

Outra possível relação que poderia ser realizada como forma de compreensão dos resultados obtidos trata-se da coativação ([Weir](#) et al., 1998; [Psek](#); Cafarelli; 1993), a qual consiste na atividade do músculo antagonista durante contração voluntária. A coativação muscular dos flexores do joelho durante fadiga de seus extensores demonstra que um aumento da força dos isquiotibiais pode diminuir a força produzida pelo quadríceps ([WEIR](#) et al., 1998). Esta relação entre coativação e fadiga sugere que o aumento da coativação pode encurtar o tempo em que o atleta consegue manter a intensidade da atividade, contribuindo para o processo de fadiga. Entretanto, a ausência de diferença significativa da atividade EMG entre BF e RF durante execução do protocolo de resistência de saltos verticais rejeita a possibilidade de aumento da coativação.

Ainda, segundo [Psek](#); Cafarelli (1993), a forte correlação da atividade EMG entre o VL e BF durante fadiga é consistente com a noção de um mediador de saída motora central comum para o par agonista-antagonista. Neste estudo, foi

utilizado como representante dos extensores do joelho o músculo RF e como o antagonista o BF. Desta forma, apesar do representante do quadríceps ser diferente entre estudos, mas considerando que RF e BF possuem funções antagônicas durante o gesto de saltar, havia a expectativa de que o comportamento de suas atividades apresentasse correlação devido ao fenômeno de coativação, o que explicaria parcialmente a queda do rendimento. Entretanto, esta hipótese não pode ser afirmada em nosso estudo, uma vez que a correlação entre o RF, que também atua no movimento de extensão da perna, como o VL, e BF foi fraca e não significativa (Fig. 4).

Em estudos com protocolos intermitentes, diferentemente dos estudos com protocolos contínuos, o componente bioenergético não se apresentou como fator determinante da queda de rendimento. Tal fato pode ser verificado em estudo [Gaitanos](#) et al. (1993), quando avaliaram um protocolo no qual os indivíduos teriam que executar 10 *sprints* de 6s em bicicleta ergométrica, com intervalo de recuperação de 30s entre cada um. Em outro estudo, [Hespanhol](#) et al. (2007) aplicaram um protocolo com o objetivo de comparar um teste de saltos verticais que consistia na realização de um esforço de 60s, divididos em 4 séries de 15s e com descanso de 10s, com outro em que os indivíduos teriam que saltar 60s de forma contínua. Observaram que o trabalho intermitente permitiu maiores quantidades de trabalho e menor índice de fadiga do que o contínuo.

Adicionalmente, o teste intermitente, que possui características mais semelhantes às da modalidade em questão, posterga o processo de exaustão, causando menores prejuízos aos componentes da produção de força e utilização de metabolismo compatível aos movimentos do que em protocolos contínuos, sem a necessidade aparente de maiores ajustes neuromusculares e compensação mecânica, enquanto se realizam exercícios de saltos verticais com elevada intensidade ([PEREIRA](#); KOKUBUN, 2005). Assim, apesar do presente estudo não investigar os componentes metabólicos, os resultados encontrados corroboram com o estudo de [Pereira](#) e Kokubun (2005) pelo fato de não ter ocorrido alterações nas variáveis EMG e pela manutenção do esforço durante o tempo solicitado, embora tenha ocorrido uma queda de desempenho da altura do salto ao longo do protocolo, as atletas

não chegaram a um ponto de exaustão, o que pode indicar que o tempo de descanso foi adequado para retardar o processo de depleção das reservas anaeróbias.

Nós sugerimos frente a nossos dados, e corroborando com dados da literatura ([Hespanhol](#) et al., 2007; [Pereira](#); Kokubun, 2005) que a aplicação do teste de natureza intermitente para a avaliação do desempenho de resistência de força explosiva em voleibolistas apresentam resultados diferentes dos encontrados em testes contínuos, podendo estes proporcionar uma inadequada avaliação do desempenho do atleta. Essa colocação também está de acordo com o objetivo do protocolo desenvolvido neste estudo, ou seja, de proporcionar mecanismos de análise de desempenho que se aproximem ao máximo da situação real da modalidade esportiva. Entretanto, seria interessante, em futuros estudos, prolongar a duração do protocolo até a exaustão voluntária e correlacionar o desempenho durante o jogo com os resultados deste protocolo, para verificar a capacidade preditiva do protocolo e se o comportamento das variáveis permanece o mesmo.

Em síntese, nota-se que não houve alteração significativa da solicitação neuromuscular dos músculos RF, BF e GM durante o protocolo de resistência de saltos verticais utilizado neste estudo. Embora tenha ocorrido queda significativa na altura média de salto vertical ao final do protocolo de resistência, a atividade neuromuscular de importantes músculos para esta ação parece não ser o principal limitante do rendimento em protocolos intermitentes. Este contexto nos dá indicativos, sustentados pelos dados deste estudo e outros contidos na literatura ([Ikai](#); Steinhilber, 1961; [Brehm](#); Self, 1989; [Kayser](#), 2003; [Meeusen](#) et al., 2006; [Marcora](#) et al., 2008), de que o processo de instalação da fadiga, na situação de jogo, pode depender de variáveis psicofisiológicas, como, por exemplo, a percepção subjetiva de esforço [Borg](#) (1982) e a motivação do voluntário em manter este nível de esforço ([Marcora](#) et al., 2008).

Adicionalmente, sugerimos que os pesquisadores da modalidade devem se atentar mais a esta vertente em futuros estudos com saltos verticais, com protocolos mais próximos da condição fidedigna de um jogo de voleibol visando encontrar os demais fatores, além dos fisiológicos, que causam a queda do desempenho na modalidade.

Referências

- ARAGÓN-VARGAS, L. F.; GROSS, M. M. Kinesiological factors in vertical jump performance: differences among individuals. **Journal of Applied Biomechanics**, Champaign, v. 13, n. 1, p. 24-44, fev. 1997.
- ARRUDA, M.; HESPANHOL, J. E. **Fisiologia do voleibol**. São Paulo: Phorte, 2008.
- BARBANTI, V. J. **Treinamento físico: bases científicas**. São Paulo: CLR Baleiro, 1996.
- BERRIEL, G. P.; FONTOURA, A.; FOPPA, G. Avaliação quantitativa de saltos verticais em atletas de voleibol masculino na Superliga 2002/2003. **Revista Digital**, Buenos Aires, n.73, jun. 2004. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/efd73/volei.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2010.
- BISSOCHI, M. O. Mudanças temporais de esforço e pausa e número de ocorrências de fundamentos em partidas de voleibol entre as olimpíadas de 1992 e 2004. **Motriz**, Rio Claro, v. 11, n. 1, p. S22-S23, 2005.
- BOMPA, T. O. Treinamento modelo: planejamento e programa. In: BOMPA, T. O. **Treinando atletas de esporte coletivo**. São Paulo: Phorte, 2005. p. 153.
- BORG, G. A. V. Psychophysical bases of perceived exertion. **Medicine And Science In Sports And Exercise**, Estocolmo, v. 14, n. 5, p.377-381, 1982.
- BOSCO, C. et al. The effect of fatigue on store and re-use of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscle. **Acta Physiologica Scandinavica**, Oxford, v. 128, n. 1, p. 109-117, maio 1986.
- BOSCO, C. et. al. Hormonal responses to whole-body vibration in men. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 81, n. 6, p. 449-454, abr. 2000.
- BREHM, J. W.; SELF, E. A. The intensity of motivation. **Annual Review of Psychology**, Palo Alto, v. 40, p. 109-131, 1989.
- EBENBICHLER, G. et al. EMG fatigue patterns accompanying isometric fatiguing knee-extensions are different in mono- and bi-articular muscles. **Electroencephalography and Clinical Neurophysiology**, Amsterdam, v. 109, n. 3, p. 256-262, 1998.
- GAITANOS, G. C. et. al. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. **Journal Of Applied Physiology**, Bethesda, v. 75, n. 2, p. 712-719, 1993.
- HASEGAWA, H. et al. Programas de treinamento periodizados para atletas. In: KRAEMER, W. J.; Hakkinen, K. **Treinamento de força para o esporte**. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- HERMENS, H. J. et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, New York, v. 10, n. 5, p. 361-74, 2000.
- HESPANHOL, J. E.; SILVA NETO, L. G. da; ARRUDA, M. de. Confiabilidade do teste de salto vertical com 4 séries de 15 segundos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 95-98, mar./abr. 2006.
- HESPANHOL, J. E. et al. Avaliação da resistência de força explosiva em voleibolistas através de testes de saltos verticais. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, São Paulo, v. 13, n. 3, p. 181-184, 2007.
- HESPANHOL, J. E. **Mudanças no desempenho da força explosiva durante um ciclo anual em voleibolistas na puberdade**. 2008. 285f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- HORITA, T. et al. Stretch shortening cycle fatigue: interactions among joint stiffness, reflex, and muscle mechanical performance in the drop jump. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology and Occupation Physiology**, Berlin, v. 73, p. 393-403, out. 1996.
- HORITA, T. et al. Exhausting stretch-shortening cycle (SSC) exercise cause greater impairment in SSC performance than in pure concentric performance. **European Journal Of Applied Physiology**, Berlin, v. 88, p. 527-534, nov. 2002.
- IGLESIAS, F. Analisis del esfuerzo en el voleibol. **Stadium**, Buenos Aires, p. 17-23, fev. 1994.
- IKAI, M.; STEINHAUS, A. H. Some factors modifying the expression of human strength. **Journal of Applied Physiology**, Washington, v. 16, p. 157-163, 1961.

- KAYSER, B. Exercise starts and ends in the brain. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 90, n. 3-4, p. 411- 419, 2003.
- KOUZAKI, M. et al. Non-uniform mechanical activity of quadriceps muscle during fatigue by repeated maximal voluntary contraction in humans. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology and Occupation Physiology**, Berlin, v. 80, n. 1, p. 9-15, 1999.
- LOPES, M. R. et al. Análise dos tempos de jogos no voleibol masculino: campeonato Brasileiro infanto-juvenil do ano de 2002. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, 26., 2003, Brasília. **Anais...** Brasília: [S.n], 2003.
- LUCA, C. J. The use of surface electromyography in biomechanics. **Journal of Applied Biomechanics**, Champaign, v. 13, n. 2, p. 135-163, 1997.
- MACLAREN, D. Court games: volleyball and basketball. In: REILLY, T. **Physiology of sports**. London: E & FN Spon, 1997, p. 427-485.
- MARCORA, S. M.; BOSIO, A.; MORREE, H. M. Locomotor muscle fatigue increases cardiorespiratory responses and reduces performance during intense cycling exercise independently from metabolic stress. **The American Journal of Physiology: regulatory, integrative and comparative physiology**, Bethesda, v. 294, n. 3, p. 874–883, 2008.
- MARQUES JUNIOR, N. K. Treino de força para melhorar o salto vertical do atleta de voleibol. **Revista Digital**, Buenos Aires, n. 81, fev. 2004. Disponível em: <<http://www.efdeportes.com/>>. Acesso em: 15 abr. 2010.
- MCCAULLEY, G. O. et. al. Mechanical efficiency during repetitive vertical jumping. **European Journal of Applied Physiology**, Berlin, v. 101, n. 1, 2007.
- MEEUSEN, R. et al. Central fatigue: the serotonin hypothesis and beyond. **Sports Medicine**, Auckland, v. 36, n. 10, p. 881-909, 2006.
- MORITANI, T.; DEVRIES, H. A. Reexamination of the relationship between the surface integrated electromyogram (IEMG) and force of isometric contraction. **American Journal Physical Medicine**, Baltimori, v. 57, n. 6, p. 263-277, 1978.
- NEWTON, R. U. et al. Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 31, n. 2, p. 323-330, 1999.
- OKANO, A. H. **Desempenho físico e respostas eletromiográficas dos músculos vasto lateral, vasto medial e reto femoral durante esforço intermitente anaeróbio em ciclistas**. 2004. 105f. Dissertação (Mestrado) – Univerdidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- OLIVEIRA, P. R. **O efeito posterior duradouro no treinamento (EPDT) das cargas concentradas de força: investigação à partir de ensaio com equipe infanto-juvenil e juvenil de voleibol**. Campinas, 1998. 186p. (Tese Doutorado) - Faculdade de Educação Física da Universidade Estadual de Campinas.
- PEREIRA, G.; KOKUBUN, E. A influência do impulso concêntrico na exaustão de saltos verticais. **Motriz**, Rio Claro, v. 11, 2005.
- PSEK, J. A.; CAFARELLI, E. Behavior of coactive muscles during fatigue. **Journal of Applied Physiology**, Bethesda, v. 74, n. 1, p. 170-175, 1993.
- RODACKI, A. L.; FOWLER, N. E.; BENNETT, S. J. Vertical jump coordination: fatigue effects. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, Madison, v. 34, n. 1, p. 105-116, jan. 2002.
- SANTOS, G. M. et al. Análise da quantificação de saltos verticais na partida final do voleibol feminino entre Brasil e EUA nos jogos olímpicos de 2008. In: CONGRESSO CIENTÍFICO NORTE-NORDESTE, 6., 2008, Fortaleza. **Livro de Memórias...** Disponível em: <http://www.sanny.com.br/pdf_eventos_conaff6/re_sumo09.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2010.
- SILVA, S. R. D.; GONÇALVES, M. Comparação de protocolos para verificação da fadiga muscular pela eletromiografia de superfície. **Motriz**, Rio Claro, v. 9, n. 1, p. 41-46, 2003.
- STROJNIK, V.; KOMI, P. V. Fatigue after submaximal intensive stretch-shortening cycle exercise. **Medicine And Science In Sports And Exercise**, Madison, v. 32, n. 7, p. 1314-1319, jul. 2000.
- UGRINOWITSCH, C.; BARBANTI, V. J. O ciclo de alongamento e encurtamento e a “performance” no salto vertical. **Revista Paulista**

de Educação Física, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 85-94, 1998.

UGRINOWITSCH, C. et al. Capacidade dos testes isocinéticos em prever a “performance” no salto vertical em jogadores de voleibol. **Revista Paulista de Educação Física**, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 172-183, dez. 2000.

WEIR, J. P. et al. Effect of fatigue on hamstring coactivation during isokinetic knee extensions. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology and Occupation Physiology**, Berlin, v. 78, n. 6, p. 555-559, nov.1998.

WRETLING, M. L. et al. Inter-relationship between muscle morphology, mechanical output and electromyographic activity during fatiguing dynamic knee-extensions in untrained females. **European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology and Occupation Physiology**, Berlin, v. 76, n. 6, p. 483-490, 1997.

Endereço:

Caroline Tosini Felicissimo
Rua Joana Lasbino, 585 Vila Formosa
São José do Rio Pardo SP Brasil
13720-000
Telefone: Cel (19) 9280-2388
e-mail: ca_tosini@yahoo.com.br

Recebido em: 11 de dezembro de 2010.

Aceito em: 5 de dezembro de 2011.



Motriz. Revista de Educação Física. UNESP, Rio Claro, SP, Brasil - eISSN: 1980-6574 - está licenciada sob [Creative Commons - Atribuição 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/)