

FRANK DOUGLAS TOURINO

O efeito de 10 semanas de protocolos de treinamento de força,
diferenciados pelas durações das ações musculares, na
resposta EMG das porções do músculo quadríceps

BELO HORIZONTE

Universidade Federal de Minas Gerais

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

2016

FRANK DOUGLAS TOURINO

O efeito de 10 semanas de protocolos de treinamento de força, diferenciados pelas durações das ações musculares, na resposta EMG das porções do músculo quadríceps

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Esporte da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências do Esporte.

Orientador: Prof, Dr. Fernando Vitor Lima

BELO HORIZONTE

Universidade Federal de Minas Gerais

Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional

2016

RESUMO

O presente estudo objetivou investigar o efeito de um período de 10 semanas de treinamento de força baseados em protocolos de séries múltiplas com diferentes durações das ações musculares sobre as ativações do vasto medial (VM), vasto lateral (VL) e reto femoral (RF) e na relação das ativações entre as porções (RAEP) (VM/VL, VM/RF e VL/RF) através da comparação das repetições equivalentes entre o pré e o pós-treinamento. Trinta e seis voluntárias destreinadas, divididas de forma balanceada em três grupos (5:1, 3:3 e 1:5) executaram, no banco extensor de joelhos, de 3 a 5 séries (3 séries para as semanas 1 e 2; 4 séries para as semanas 3 e 4; 5 séries entre as semanas 5 e 10) de 6 repetições à uma intensidade 50% de 1RM, 3 min de pausa entre as séries e uma duração da repetição de 6 s. Os protocolos eram diferenciados apenas pela duração da ação muscular (DA): grupo 5:1 (ação concêntrica (CON) de 5 s e excêntrica (EXC) de 1 s), 3:3 (CON de 3 s e EXC de 3 s) e 1:5 (CON de 1 s e EXC de 5 s). Utilizando o *Root Mean Square* (RMS), as atividades EMG do VM, VL e RF foram registradas em cada repetição das 3 séries da primeira sessão de treinamento (sessão 3) e nas três primeiras séries da última sessão (sessão 33) representando, respectivamente, os testes pré e pós-treinamento. O protocolo praticado pelo grupo 5:1 provocou respostas adaptativas em todas as porções, sendo que o VL e o RF mostraram um número maior de repetições apresentando diferenças. No grupo 3:3 apenas o VM e o RF responderam ao protocolo, com o VM demonstrando diferenças em praticamente todas as repetições pertencentes à metade final das três séries. Nenhuma diferença foi constatada no grupo 1:5. Para a variável RAEP, diferenças foram identificadas apenas no grupo 3:3 e somente nas relações VM/VL e VM/RF. Com relação à variável ativação, o principal achado revelou que o aumento da demanda neuromuscular nas repetições finais durante o treinamento pode ter sido o principal fator promovedor das adaptações. Adicionalmente, concluiu-se que os protocolos de treinamento e seus respectivos testes diagnósticos não foram capazes de detectar diferenças nas RAEP's, provavelmente pelos limitados graus de liberdade permitidos pelo aparelho extensor de joelhos.

Palavras-chave: Eletromiografia, treinamento de força, duração da ação muscular, relação entre ativações, joelho.

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effect of a 10-week period of resistance training based on multiple sets of protocols with different durations of muscle action on the activation of the vastus medialis (VM), vastus lateralis (VL) and rectus femoris (RF) and the ratio of activations among the portions (RAAP) (VM/VL, VM/RF and VL/RF) through the report of equivalent repetitions between pre and post training. Thirty-six untrained volunteers, divided in a balanced way in three groups (5:1, 3:3 and 1:5) performed in the extensor bench knees, 3-5 sets (3 sets for weeks 1 and 2; 4 series for weeks 3 and 4; 5 series between weeks 5 and 10) 6 repetitions at an intensity 50% of 1RM, 3 min rest between sets and a repetition duration of 6 s. The protocols were distinguished only by the duration of the muscle action (AD): group 5:1 (concentric action (CON) of 5 to eccentric (EXC) 1 s), 3:3 (CON 3 s EXC 3 s), and 1:5 (CON 1 s EXC 5 s). Using the Root Mean Square (RMS), the VM, VL and RF EMG activities were recorded in each repetition of the three series of the first training session (session 2) and the first three series of the last session (session 33) representing, respectively, pre and post-training tests. The protocol practiced by the group 5:1 led to adaptive responses in all portions, with the VL and RF showed a greater number of repetitions presenting differences. Group 3:3 only the VM and RF responded to the protocol, with the VM demonstrating differences in almost all repetitions belonging to the latter half of the three series. No difference was found in group 1:5. It was verified that all the differences occurred in the latter half of the series. For the RAEP variable, differences were only identified in the 3:3 group and only in the VM/VL and VM/RF ratios. Regarding the activation variable, the main finding revealed that the increased neuromuscular demand in the final repetitions during training may have been the main factor promoting the adaptations. In addition, it was concluded that the training protocols and their respective diagnostic tests were not able to detect differences in RAEPs, probably because of the limited degrees of freedom allowed by the knee extensor apparatus.

Keywords: Electromyography, resistance training, duration of muscular action, amplitude ratio, knee.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1	Desenho experimental do estudo.....	29
FIGURA 2	a) Banco extensor de joelhos adaptado b) Potenciômetro fixo no eixo de rotação c) Croqui representando o equipamento.....	33
FIGURA 3	Estrutura com o sistema de levante manual para CIVM`s	34
FIGURA 4	Realização da CIVM (à 60°) e o registro da EMG.....	35
FIGURA 5	Limites angulares do equipamento: a) máxima flexão 100° b) limite máximo de extensão (0°) e máxima extensão das voluntárias 30° (ADM = 70°).....	36
GRÁFICO 1	Aumentos médios dos grupos no Teste de 1RM.....	42
GRÁFICO 2	Comparação entre os comportamentos EMG do RF entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 5:1).....	43
GRÁFICO 3	Comparação entre os comportamentos EMG do VL entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 5:1).....	43
GRÁFICO 4	Comparação entre os comportamentos EMG do VM entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 5:1).....	44
GRÁFICO 5	Comparação entre os comportamentos da RAEP VM/RF entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 5:1).....	45
GRÁFICO 6	Comparação entre os comportamentos da RAEP VM/VL entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 5:1).....	45
GRÁFICO 7	Comparação entre os comportamentos da RAEP VL/RF entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 5:1).....	46
GRÁFICO 8	Comparação entre os comportamentos EMG do VM entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 3:3).....	47
GRÁFICO 9	Comparação entre os comportamentos EMG do RF entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 3:3).....	47
GRÁFICO 10	Comparação entre os comportamentos EMG do VL entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 3:3).....	48
GRÁFICO 11	Comparação entre os comportamentos da RAEP VM/VL entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 3:3).....	49

GRÁFICO 12	Comparação entre os comportamentos da RAEP VM/RF entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 3:3).....	49
GRÁFICO 13	Comparação entre os comportamentos da RAEP VL/RF entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 3:3).....	50
GRÁFICO 14	Comparação entre os comportamentos EMG do VM entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 1:5).....	51
GRÁFICO 15	Comparação entre os comportamentos EMG do RF entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 1:5).....	51
GRÁFICO 16	Comparação entre os comportamentos EMG do VL entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 1:5).....	52
GRÁFICO 17	Comparação entre os comportamentos da RAEP VM/VL entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 1:5).....	53
GRÁFICO 18	Comparação entre os comportamentos da RAEP VM/RF entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 1:5).....	53
GRÁFICO 19	Comparação entre os comportamentos da RAEP VL/RF entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 1:5).....	54

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Caracterização da Amostra.....	31
TABELA 2	Configuração dos protocolos de treinamento.....	38
TABELA 3	Dados descritivos do desempenho no teste de 1RM por grupo..	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- 1RM – Uma repetição máxima
- ADM – Amplitude de Movimento
- ANOVA – Análise de Variância
- CIVM – Contração Isométrica Voluntária Máxima
- CON – Concêntrica
- CV – Coeficiente de Variação
- DA – Duração da Ação Muscular
- DP – Desvio Padrão
- DR – Duração da Repetição
- EEFFTO – Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional
- EMG – Eletromiografia
- EXC – Excêntrica
- LAMUSC – Laboratório do Treinamento em Musculação
- RAEP – Relação das Ativações entre Porções
- RF – Reto Femoral
- RMS – raiz quadrada da média da soma dos quadrados
- SDFP – Síndrome da Dor Femoropatelar
- TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
- UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais
- UM – Unidade Motora
- VL – Vasto Lateral
- VLL – Vasto Lateral Longo
- VLO – Vasto Lateral Oblíquo
- VM – Vasto Medial
- VML – Vasto Medial Longo
- VMO – Vasto Medial Oblíquo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Quadríceps: estrutura e função.....	10
1.2	Ativação das porções do quadríceps.....	11
1.3	Duração da Ação muscular (DA).....	15
1.4	Relação das Ativações entre Porções (RAEP).....	18
1.5	Análise da ativação por repetição.....	22
2	JUSTIFICATIVA	25
3	OBJETIVOS	26
4	HIPÓTESES	27
5	MATERIAIS E MÉTODOS	28
5.1	Amostra.....	28
5.2	Procedimentos	28
5.3	Cuidados Éticos.....	32
5.4	Instrumento	32
5.5	Descrição dos procedimentos	35
5.5.1	Sessão de coleta 1- Orientação, TCLE e Medidas Antropométricas.....	35
5.5.2	Sessão de coleta 2 - Familiarização, testes de CIVM e 1RM.....	35
5.5.3	Sessões de coleta 3 à 33 - Treinamento.....	37
5.5.4	Delineamento do processo de aquisição do sinal EMG.....	39
5.6	Análise Estatística.....	39
6	RESULTADOS	41
6.1	Teste de 1RM.....	41
6.2	Grupo 5:1.....	42
6.2.1	Ativação isolada das porções.....	42
6.2.2	Relações das ativações entre as porções (RAEP`s).....	44
6.3	Grupo 3:3.....	46
6.3.1	Ativação isolada das porções.....	46
6.3.2	Relações das ativações entre as porções (RAEP`s).....	48
6.4	Grupo 1:5.....	50
6.4.1	Ativação isolada das porções.....	50

6.4.2	Relações das ativações entre as porções (RAEP`s).....	52
7	DISCUSSÃO	55
7.1	Ativação (EMG).....	55
7.1.1	Grupo 5:1.....	57
7.1.2	Grupo 3:3.....	58
7.1.3	Grupo 1:5.....	61
7.2	Relação entre ativações (RAEP`s).....	62
7.3	Limitações do estudo.....	64
8	Conclusão	66
	REFERÊNCIAS	67

O efeito de 10 semanas de protocolos de treinamento de força, diferenciados pelas durações das ações musculares, na resposta EMG das porções do músculo quadríceps

Frank Douglas Tourino

1. INTRODUÇÃO

1.1 – Quadríceps: estrutura e função

A articulação do joelho é estabilizada por um sistema integrado de estruturas passivas (ligamentos, retináculos, tendões, meniscos, etc) e ativas (músculos), especialmente o músculo quadríceps (KARST; WILLET, 1995). A força que atua na patela durante a extensão do joelho é resultante das magnitudes das forças geradas pelo Vasto Medial (VM), Vasto Lateral (VL), Reto Femoral (RF) e Vasto Intermédio (ZAKARIA; HARBURN; KRAMER, 1997). Por representarem as porções mais superficiais e acessíveis do quadríceps, o VM, VL e RF são as estruturas contráteis mais investigadas na literatura. Além de apresentarem morfologias diferentes (MATHESON *et al.*, 2001; BEVILÁQUA-GROSSI *et al.*, 2004), estas porções não respondem da mesma maneira sob diferentes exigências (DUCHATEAU; SEMMLER; ENOKA, 2006). Embora estejam submetidas à mesma inervação (nervo femoral) (OLSON, 1998), especula-se que diferenças na velocidade de propagação dos impulsos pelos ramos divergentes do nervo femoral podem ocorrer (PINCIVERO; COELHO; CAMPY 2000). Portanto estas porções se diferenciam em suas funções, estruturas e padrões de ativação (PINCIVERO; COELHO; CAMPY 2000; BEVILÁQUA-GROSSI *et al.*, 2004).

Os vastos medial e lateral apresentam distinções entre as arquiteturas de suas regiões proximal e distal. As fibras que compõem a região proximal (vasto medial longo - VML) do VM posicionam-se à aproximadamente 16,8° de inclinação em relação a linha média da patela e a sua região distal (vasto medial oblíquo - VMO) exerce uma tensão lateral a uma angulação próxima de 48,9° (WEINSTABL, SCHARF; FIRBAS, 1989). Um maior ângulo de penação em sua região distal atribui ao VM uma importância maior na estabilização da patela do que na extensão do joelho (NORKIN; LAVANGIE, 1992). Surgindo de uma subdivisão da porção posterior do nervo femoral, dois ramos distintos denominados lateral (curto e delgado) e medial (longo e calibroso) destinam-se à inervação das porções súpero-

lateral e ínfero-medial do VM, respectivamente. O ramo lateral recebe as fibras oriundas das raízes mais baixas (L3 e L4) e, em alguns casos, origina-se de ramificações comuns com o vasto intermédio. Já o ramo medial surge de fibras nervosas de segmentos superiores da coluna vertebral lombar (L1, L2 e L3). Ademais, verifica-se um maior número de neurônios inervando as fibras musculares mais inferiores da porção distal do VM (THIRANAGAMA, 1990).

Assim como o VM, o VL é dividido em duas partes, proximal (vasto lateral longo - VLL) e distal (vasto lateral oblíquo - VLO), separadas por uma fásia constituída por tecido conjuntivo (BEVILÁQUA-GROSSI *et al.*, 2004). A porção proximal do VL tem sua origem no trocânter maior (OLSON, 1998) e exerce uma tensão lateral em uma angulação média $12,5^\circ$ em relação ao eixo do fêmur (WEINSTABL, SCHARF, FIRBAS, 1989). A região distal do VL possui um tendão independente que se origina na linha áspera do fêmur e no septo intermuscular lateral (BEVILÁQUA-GROSSI *et al.*, 2004). A disposição de suas fibras apresenta uma inclinação de 32° em relação à linha média da patela, tracionando-a lateralmente (WEINSTABL, SCHARF, FIRBAS, 1989). Ambas as porções inserem-se na borda súpero-lateral da patela (BEVILÁQUA-GROSSI *et al.*, 2004).

A porção média e superficial do quadríceps é representada pelo RF (OLSON, 1998). Esta porção se origina na espinha ílíaca ântero-inferior e no sulco superior do acetábulo e se insere na base da patela (OLSON, 1998). O RF desempenha as funções de flexor do quadril e extensor do joelho e contribui para a estabilização da patela no eixo crânio-caudal (MATHESON *et al.*, 2001). O nervo motor do RF é oriundo da divisão do nervo femoral, na altura do seu tronco, em dois sub-ramos. Estes ramos inervam as regiões distal e proximal-média desta porção (SUNG *et al.*, 2000). Além disso, o RF apresenta uma área de secção transversa de aproximadamente um terço da área do VL (MATHESON *et al.*, 2001). Estas características estruturais e neuromusculares podem justificar diferenças na contribuição relativa desta porção na ativação total do quadríceps.

1.2 – Ativação das porções do quadríceps

O nível de ativação de um músculo é comumente estimado através da análise do sinal eletromiográfico. A eletromiografia (EMG) permite a análise da atividade elétrica muscular através da somação algébrica dos potenciais de ação

oriundos das membranas excitáveis do músculo esquelético (DE LUCA, 2006; SODERBERG; KNUTSON, 2000). O registro do sinal EMG durante uma atividade é entendido como uma função temporal e pode ser quantificado através de algoritmos matemáticos conhecidos como parâmetros eletromiográficos (ENOKA, 2000). Assim, a descrição e análise dos dados eletromiográficos podem auxiliar no entendimento das alterações das ativações das diferentes porções do quadríceps no decorrer do tempo (PINCIVERO *et al.*, 2006; AHTIAINEN E HÄKKINEN, 2009).

Através do uso do registro do sinal EMG, vários estudos vêm investigando a ativação do músculo quadríceps e suas diferentes porções. Tem sido sugerido na literatura, através de intervenções agudas, que determinados exercícios talvez pudessem promover o fortalecimento seletivo do VM oblíquo (VMO) contribuindo para o adequado alinhamento da patela em quadros diagnosticados como síndrome da dor femoropatelar (SDFP) (SPERANDEI, 2005). Sale (2003) sugere que o aumento da força do quadríceps resultaria em alterações diferenciadas entre as ativações do VM, VL e RF, contribuindo para uma participação proporcional mais estável entre as porções (CERNY, 1995; MATHESON *et al.*, 2001). Adicionalmente, diferentes autores vêm investigando a resposta EMG das porções do quadríceps através da comparação entre sexos (BILODEAU *et al.*, 2003; PINCIVERO *et al.*, 2003; PINCIVERO *et al.*, 2006), exercícios (CHANG *et al.*, 2014), diferentes combinações de movimentos (FERREIRA *et al.*, 2001; HERTEL *et al.*, 2004), ações isométricas (PINCIVERO; COELHO; CAMPY, 2000; HERTEL *et al.*, 2004; KUBO *et al.*, 2006) ou dinâmicas (PINCIVERO *et al.* 2006; SANTTILA; KYROLAINEN; HAKKINEN, 2009; WONG; NG, 2010; HATZEL *et al.*, 2012). Outros trabalhos vêm investigando a resposta EMG em amostras de indivíduos sedentários e/ou treinados (WONG; NG, 2010; SCHOENFELD *et al.*, 2014), saudáveis e/ou acometidos por alguma patologia dos membros inferiores (CERNY, 1995; COWAN *et al.*, 2002; PINCIVERO *et al.*, 2004; CAVAZZUTI, *et al.*, 2010; BLEY; MARCHETTI, 2013) e em estudos de natureza aguda (SCZEPANSKI *et al.*, 1991; RIBEIRO *et al.*, 2005; PINCIVERO *et al.*, 2006; HATZEL *et al.*, 2012) ou crônica (RABITA; PÉROT; LENSEL-CORBEIL, 2000; KUBO *et al.*, 2006; SANTTILA; KYROLAINEN; HAKKINEN, 2009; WONG; NG, 2010). Entretanto, estes estudos revelaram resultados distintos.

Através de uma intervenção aguda, Watanabe e Akima (2010) sugerem que as ativações das porções do quadríceps podem apresentar registros diferenciados à medida que a fadiga se instala. Além disso, há constatações de que o padrão de ativação do RF não siga aqueles apresentados pelos vastos em estudos agudos (PINCIVERO; COELHO; CAMPY 2000; SOTIROPOULOS *et al.*, 2010; FRANKE *et al.*, 2014) e crônicos (RABITA; PÉROT; LENSEL-CORBEIL, 2000; KUBO *et al.*, 2006; SANTTILA; KYROLAINEN; HAKKINEN, 2009). Entretanto, níveis de ativação semelhantes entre estas porções também foram detectadas em pesquisas agudas e crônicas (PINCIVERO *et al.*, 2006; KUBO *et al.*, 2009).

Pincivero *et al.* (2006) investigaram, através de uma intervenção aguda, a atividade EMG do VM, VL e RF no exercício extensor de joelhos a uma intensidade de 50% de 1RM e número máximo de repetições (NMR). Os indivíduos realizaram uma ação isométrica de 2s entre as ações concêntricas e excêntricas que tiveram suas durações monitoradas, tendo sido verificado que os voluntários executaram as ações concêntricas mais rápidas que as excêntricas. A duração total da série foi dividida em 10 janelas temporais de e os intervalos temporais percentuais foram comparados. Não foram identificadas diferenças nas ativações entre as porções durante a ação concêntrica. Na ação isométrica a ativação do VL se mostrou maior que as do VM e RF. Todas as porções apresentaram queda em suas ativações para a ação excêntrica, com o VL demonstrando a maior ativação. Adicionalmente, foi verificado um maior decréscimo da frequência mediana no VL e RF em comparação ao VM, durante as ações isométricas. Estes achados sugerem que um protocolo caracterizado pelo NMR à 50% de 1RM pode provocar respostas EMG distintas de cada porção e estas diferenças dependem da ação muscular analisada.

Protocolos crônicos de treinamento de força podem também revelar respostas neuromusculares diferentes (RABITA; PÉROT; LENSEL-CORBEIL, 2000; KUBO *et al.*, 2006; SANTTILA; KYROLAINEN; HAKKINEN, 2009). Sale (2003) relata que submeter o quadríceps a um treinamento de força crônico pode promover o aumento da atividade EMG máxima das porções desse músculo, mas não necessariamente de todas.

Santtila, Kyrolainen e Hakkinen (2009) compararam a atividade EMG do VM, VL e RF em 3 grupos distintos (NT – Treinamento Militar, ST – Treinamento Militar + Treinamento de Força e ET – Treinamento Militar + Treinamento de

Resistência) durante 8 semanas. O grupo ET realizou vários exercícios de resistência, sendo que cada sessão durava de 60 a 90 minutos. Já o grupo ST foi submetido a 3 sessões semanais de 60 a 90 minutos com as cargas de treinamento progredidas à cada duas ou três semanas com ênfase no aumento da intensidade baseada em testes de 1RM. Cada sessão incluía dois exercícios para o quadríceps. Os grupos ST e ET, além de serem submetidos aos seus treinamentos específicos, executavam um protocolo de treinamento militar que era caracterizado por combate, marcha, treinamento de habilidades, etc. O grupo NT só realizou o protocolo de treinamento militar. Não foram observadas mudanças nas atividades EMG máximas do VM, VL e RF, mensuradas através da contração isométrica voluntária máxima (CIVM), em nenhum dos grupos, entre o pré e o pós-treinamento. Entretanto, foram verificadas diferenças no comportamento da atividade EMG média dos vastos entre indivíduos no grupo ST.

Por outro lado, Rabita, Pérot e Lenseil-Corbeil (2000) investigaram as ativações das porções do quadríceps antes, durante e após um treinamento isométrico de quatro semanas. O grupo experimental foi submetido à três sessões semanais, com 5 séries de 5 extensões isométricas de joelho mantida por 6s a uma angulação de 105° e intensidade de 80% da CIVM e uma pausa de 20s entre as extensões. O intervalo entre as séries foi de 2min. Os testes foram aplicados antes do início do treinamento (T1) e os demais após cada semana (T2, T3, T4, T5). Primeiramente os voluntários realizavam 2 CIVM's de 4s à uma angulação de 105° e em seguida executaram 4 ações isométricas, nesta mesma angulação, promovendo um aumento linear da força até atingir os 100% da CIVM durante um período de 4s. Posteriormente os voluntários executaram duas ações em cada um dos percentuais 20%, 40%, 60% e 80% da CIVM de extensão durante 4s. Somente o RF mostrou uma ativação aumentada para o grupo experimental em comparação ao controle. As outras porções não apresentaram diferenças. Além disso, identificou-se um decréscimo nas ativações do RF para um voluntário, do vasto medial para cinco voluntários e do vasto lateral para dois deles.

Kubo *et al.* (2006), por sua vez, investigaram a atividade EMG do VM, VL e RF em resposta a 12 semanas de treinamento de força isométrico no equipamento *leg press* horizontal. Os voluntários executaram 10 ações isométricas de 15 segundos e um minuto de pausa entre elas e treinaram quatro vezes por semana a

uma intensidade de 70% da CIVM. Esta intensidade também foi reproduzida nos testes de desempenho pré e pós-treino através da CIVM. Embora as atividades EMG médias do VM, VL e RF demonstrassem um aumento significativo após as 12 semanas de treinamento, estes aumentos foram semelhantes para as três porções. O desenho experimental adotado por estes autores foi caracterizado pela padronização das tarefas destinadas aos protocolos de teste e de treinamento.

Embora seja observado nestas três intervenções que diferentes configurações da carga de treinamento promoveriam respostas neuromusculares distintas nas porções do quadríceps, não é possível apontar se os resultados encontrados foram provocados por uma interferência isolada do tipo de exercício, da intensidade, do volume ou da duração do estímulo, já que seus trabalhos não envolviam esse objetivo. Considerando então que diferentes variáveis podem exercer influência sobre a resposta EMG das porções do quadríceps e que a duração das ações musculares pode ser prescrita com diferentes configurações, pode ser sugerido que a manipulação desta variável pode impactar diferentemente o comportamento neuromuscular do VM, RF e VL.

1.3 – Duração da Ação muscular (DA)

O treinamento de força na musculação caracteriza-se pela manipulação de variáveis estruturais que funcionam como elementos integrantes da carga de treinamento (CHAGAS; LIMA, 2015). Dentre estas variáveis, a duração da repetição (DR), definida aqui como a soma das durações das ações musculares concêntrica e excêntrica exerce interferência no estímulo de treinamento. Agudamente, maiores aumentos na concentração de lactato ($[La^+]$), na percepção subjetiva de esforço (PSE) e principalmente na atividade eletromiográfica (EMG) foram identificados em protocolos com menores DR quando os protocolos eram equiparados pelo tempo total da série (Tempo Sob Tensão - TST) (LACERDA *et al.*, 2016) ou quando o nº máximo de repetições era atingido para maiores intensidades (SAKAMOTO; SINCLAIR, 2012). Entretanto, quando os protocolos foram equiparados pelo número de séries e repetições aquele caracterizado por uma maior DR apresentou maiores respostas na EMG, $[La^+]$ e PSE (MARTINS-COSTA *et al.*, 2012; DINIZ *et al.*, 2014). Também respostas neuromusculares advindas da manipulação da duração da ação muscular (DA) vêm sendo investigadas agudamente. Aumentos mais expressivos na

amplitude EMG foram identificados em protocolos com maior DA concêntrica em estudos agudos (COSTA, 2012; CROCE *et al.*, 2012; HATZEL *et al.*, 2012; MACHADO, 2012).

É verificado na literatura que, agudamente, os músculos peitoral maior, deltóide anterior e tríceps braquial apresentam respostas EMG diferentes quando submetidos a diferentes DR e DA no exercício supino (SAKAMOTO; SINCLAIR, 2012; LACERDA *et al.*, 2016). Diferenças também foram identificadas na ativação do bíceps quando a flexão de cotovelo foi executada em velocidades distintas (SAMPSON; DONOHOE; GROELLER, 2014). Contudo, pesquisas envolvendo DA e atividade EMG do VL, RF e VL durante a extensão de joelhos mostram resultados contraditórios.

Diferentes intervenções agudas verificaram tanto um aumento na atividade EMG em resposta a maiores velocidades de execução (CRAMER *et al.*, 2000; COBURN *et al.*, 2005; CROCE *et al.*, 2012; HATZEL *et al.*, 2012; CROCE *et al.*, 2014), quanto redução (CROCE; MILLER, 2006). Entre estes estudos somente Hatzel *et al.* (2012) não utilizaram equipamento isocinético para investigar o impacto da DA sobre a atividade EMG do VM, VL, RF e bíceps femoral. Quinze indivíduos (10 homens e 5 mulheres) foram submetidos a três protocolos de treinamento de força com velocidades diferentes (15°/s, 30°/s e 60°/s) no exercício extensor de joelhos. Todos executaram, de maneira aleatória e balanceada, uma série de 10 repetições com intensidade de 60% de 1RM e pausa de 5min entre os protocolos. Os autores verificaram maiores ativações para todas as porções do quadríceps para o protocolo de maior velocidade (60°/s) comparado com o mais lento (15°/s). Além disso, o VL e o VM apresentaram maiores ativações no protocolo de 60°/s comparado ao de 30°/s. Todas as porções apresentaram maiores ativações durante a ação concêntrica em comparação com a excêntrica para o protocolo de 30°/s. No protocolo de 15°/s foi verificado uma maior ativação do VM na ação concêntrica em relação à excêntrica. Não foram identificadas diferenças nas ativações entre as ações no protocolo de 60°/s. Estes resultados revelaram que para a comparação intramuscular entre os protocolos, o VM e o VL apresentaram maiores ativações nos protocolos de velocidades mais altas (30°/s e 60°/s), ao passo que o RF foi responsivo apenas ao protocolo de maior velocidade. Talvez sua característica biarticular possa ter influenciado na variabilidade da sua ativação entre os

protocolos, já que esta porção se mostrou menos sensível à variação das velocidades de execução. Entretanto, quando as ações musculares foram comparadas dentro dos protocolos, as três porções apresentaram aumento em suas ativações durante a ação concêntrica apenas para o protocolo de velocidade intermediária 30°/s. Além disso, o VM apresentou aumento na sua ativação na ação concêntrica para o protocolo mais lento (15°/s). Não foram encontradas diferenças nas ativações das porções do quadríceps entre as ações musculares para o protocolo de maior velocidade (60°/s). Embora executada de forma aguda, esta intervenção mostrou que protocolos agudos caracterizados por diferentes durações das repetições promovem diferentes respostas entre as porções do quadríceps. Adicionalmente, o impacto que diferentes DA's promovem sobre as ativações do VM, VL e RF em protocolos de treinamento crônicos também apresentam resultados distintos.

Estudos crônicos também apontam respostas eletromiográficas distintas à diferentes velocidades de execução ou durações das ações musculares (NARICI *et al.*, 1996; REMAUD; CORNU; GUÉVEL, 2010; GUILHEM *et al.*, 2013).

Narici *et al.* (1996) submetem sete homens saudáveis e fisicamente ativos a seis meses de treinamento de força com seis séries de oito extensões unilaterais de joelho realizadas separadamente para cada perna com uma intensidade de 80% de 1RM e pausa de três minutos entre as séries. Embora a DA não tenha sido previamente estipulada, ela foi monitorada. Na primeira série a ação concêntrica durou, em média, 1,2 segundos e a ação excêntrica, 1,4 segundos. Na última série a DA concêntrica foi de aproximadamente, 1,3 segundos e a fase excêntrica, de 2,1 segundos. Estes autores não observaram uma atividade eletromiográfica diferente entre o RF e os vastos medial e lateral durante a realização das ações concêntricas. Entretanto, para as ações excêntricas, o reto femoral apresentou uma maior ativação que os vastos. Estes achados não comungam com os resultados encontrados nos estudos agudos acima citados que identificaram situações mais responsivas durante ações concêntricas. Esta informação revela que respostas neuromusculares crônicas não seguem o mesmo padrão do comportamento EMG demonstrado em intervenções agudas. Contudo, vale lembrar que os protocolos de treinamento adotados por Narici *et al.* (1996) apresentaram variações nas DA no decorrer das séries.

Os trabalhos de Remaud, Cornu e Guével (2010) e Guilhem *et al.* (2013) avaliaram em equipamentos isoinerciais e isocinéticos a influência da velocidade angular (30°/s e 180°/s) sobre a ativação do músculo quadríceps. Embora estes equipamentos apresentem características diferentes na resistência externa, ambos promoveram aumentos nas ativações do quadríceps. Entretanto, maiores velocidades de execução resultaram em aumentos mais expressivos nos níveis de ativação dos extensores do joelho. Ademais, os autores destes estudos não investigaram, separadamente, possíveis alterações no comportamento eletromiográfico intra e interporções (VM, VL e RF) tanto entre as velocidades de execução (30°/s e 180°/s) quanto entre os equipamentos isoinerciais e isocinéticos. Assim como constatado nos estudos já citados neste tópico, os resultados dos trabalhos de Remaud, Cornu e Guével (2010) e Guilhem *et al.* (2013) apontam para um perfil mais responsivo por parte das porções do quadríceps à DA's mais baixas. Entretanto, nestes estudos, as ações musculares concêntricas e excêntricas apresentaram a mesma duração. Portanto, ainda não se sabe qual o efeito de protocolos caracterizados por diferentes DA's sobre o comportamento neuromuscular do VM, VL e RF após uma intervenção crônica.

1.4 – Relação das ativações entre porções (RAEP)

O acesso aos dados EMG de uma ou mais porções, isoladamente, fornece informações relevantes sobre o comportamento neuromuscular das estruturas envolvidas, mas não permite compreender se tais alterações também envolveram mudanças na maneira destas porções cooperarem para a realização de uma mesma tarefa no decorrer do tempo. Esta cooperação tem por objetivo tornar o movimento mais eficiente (ENOKA, 2000). Podem ocorrer alterações tanto nas ativações quanto nas RAEP's durante um período de treinamento. Nenhuma diferença em ambas também pode acontecer. Entretanto, duas porções podem apresentar aumentos em suas ativações em uma tarefa e não apresentarem alterações na RAEP (KUSHION *et al.*, 2012). Isto ocorre quando os aumentos nas ativações das duas porções acontecem na mesma proporção indicando que a cooperação entre as porções se manteve inalterada. Por outro lado, a RAEP pode apresentar alterações sem que haja modificações nas ativações de cada porção entre o pré e o pós-treinamento (HERTEL *et al.* 2004). Neste caso, as ativações das

porções não se modificaram à ponto de apresentarem diferenças significantes ao final do treinamento, mas a relação entre as ativações destas porções demonstra diferenças na cooperação entre elas. A RAEP permite estimar o quão semelhantes são os comportamentos EMG entre duas porções e pode auxiliar no diagnóstico da sinergia entre elas. Assim, sob o comando do Sistema Nervoso Central (SNC), a sinergia intermuscular ou a RAEP, refletem o papel que cada músculo desempenha para realizar o movimento de forma eficiente (ENOKA, 2000).

Comumente usada na literatura, a relação VMO/VL representa a medida quantitativa da contribuição do VMO em relação ao VL durante a contração muscular (MCCONNEL, 1996; MATHESON *et al.*, 2001; WONG, NG, 2010; CHOI, 2015) e vários pesquisadores utilizam esta relação para investigar o impacto de diferentes protocolos de treinamento de força sobre as respostas neuromusculares (SCZEPANSKI *et al.*, 1991; MAKHSOUS *et al.*, 2004; RIBEIRO *et al.*, 2005; WONG, NG, 2010; HERTEL *et al.*, 2004). Muitas destas pesquisas objetivam associar a relação VMO/VL com a síndrome da dor femoropatelar (SDFP) possivelmente ligada ao desequilíbrio entre as ativações dos vastos medial e lateral (NG; ZHANG; LI, 2008; WONG; NG, 2010; BHAT; KHAN, 2015; CHANG; HUANG, LAI, 2015). Adicionalmente, RAEP é também utilizada para investigar o impacto da DA sobre o comportamento neuromuscular (SCZEPANSKI *et al.*, 1991; MATHESON *et al.*, 2001; RIBEIRO *et al.*, 2005).

Matheson *et al.* (2001) utilizaram a relação VMO/VL para avaliar a influência aguda de dois protocolos de treinamento, diferenciados pelas velocidades de execução (180°/s e 60°/s), nas respostas neuromusculares a diferentes exercícios utilizando tubos elásticos como resistência externa. Os autores identificaram um maior valor na relação VMO/VL em ações executadas à 180°/s (0,99 – concêntrica e 0,73 – excêntrica) comparadas às execuções à 60°/s (0,67 – concêntrica e 0,61 – excêntrica) e um maior ativação do VL em relação ao VM e RF para a velocidade de 60°/s. Já na velocidade de 180°/s o RF apresentou uma ativação menor que a dos vastos. Este resultado mostra que o VM e o VL respondem diferentemente à velocidades distintas (180°/s e 60°/s). Observou-se também que a ativação do VL se mostrou sempre maior que a do VMO em ambas as velocidades e que o VMO apresentou maior ativação à 180°/s. O estudo de Matheson *et al.* (2001) demonstrou que alterações nas configurações da duração da

repetição podem influenciar as repostas neuromusculares avaliadas pela relação VMO/VL.

O trabalho de Ribeiro *et al.* (2005) objetivou determinar a interferência da velocidade angular e da resistência externa sobre a atividade EMG do VML, VMO, VL, RF e relação VMO/VL durante a extensão do joelho utilizando resistência elástica em uma amostra de homens fisicamente ativos. A resistência foi aplicada de maneira paralela (FP) ou oblíqua à coxa (FO) em duas velocidades distintas, 60°/s (V60) e 120°/s (V120), criando assim quatro condições (FP-V60, FP-V120, FO-V60 e FO-V120). Não foram identificadas diferenças intramusculares entre as condições FO-V60 e FO-V120. Entretanto, as comparações intramusculares para todas as porções evidenciaram aumento nas ativações para a condição FP-120. Quando as situações foram comparadas para uma mesma velocidade, nenhuma diferença foi constatada. Os autores se limitaram a inferir que a relação entre o aumento na ativação do VMO em relação ao VL para velocidades maiores também faria com que o comportamento relativo entre estas porções seguisse este mesmo padrão.

Sczepanski *et al.*, (1991) investigaram os efeitos da velocidade angular sobre a relação VMO/VL em 30 voluntários divididos em dois grupos diferenciados apenas pela velocidade angular (60°/seg e 120°/seg) e que executaram 2 séries, sendo primeira caracterizada por 4 ações submáximas concêntricas seguidas de uma repetição máxima completa e, a segunda, representada por quatro ações submáximas excêntricas seguidas também por uma repetição máxima completa. Um intervalo de 5s foi adotado após cada ação muscular. Um minuto após a realização do protocolo, os dois grupos foram submetidos ao protocolo de teste com 3 ações concêntricas máximas seguidas por 3 ações excêntricas também máximas, separados por 2min de pausa. O protocolo de teste foi dividido em 2 sessões. O grupo que treinou a 60°/s realizou a primeira sessão nesta velocidade e, em seguida, executou a segunda à 120°/s. O grupo que treinou a 120°/s fez o caminho inverso. Nenhuma diferença foi encontrada nas médias das relações VMO/VL entre as ações concêntricas e excêntricas para a velocidade de 60°/s. O mesmo ocorreu quando as ações excêntricas foram comparadas entre 60°/s e 120°/s. Entretanto, a relação VMO/VL foi maior na condição 120°/s comparada com a condição 60°/s para as ações concêntricas. Ainda para a condição 120°/s a relação VMO/VL foi maior nas ações concêntricas que nas excêntricas.

Kushion *et al.*, (2012) observaram diferenças nas ativações do VM e VL em uma posição corporal dentre as quatro investigadas durante a extensão de joelhos para uma mesma DA (1,5 segundos). Entretanto, estes autores não observaram diferenças na relação VMO/VL entre as diferentes tarefas. Os voluntários realizaram as extensões em decúbito dorsal e sem resistência adicional ao movimento. Hertel *et al.* (2004) também não identificaram diferenças na relação VMO/VL entre três variações na execução do exercício de extensão de joelhos (quadril na posição uniplanar, aduzida e abduzida). Quando as ativações do VMO e VL foram analisadas separadamente, verificou-se que estas porções apresentaram uma maior ativação para a extensão de joelhos na posição uniplanar que nas demais condições.

Os resultados destes cinco estudos agudos demonstram que menores durações das ações musculares (maior velocidade de execução) promoveram respostas EMG de maior magnitude nas três porções. Além disso, as ações concêntricas provocaram maiores ativações do VM, VL e RF que as excêntricas e esta influência é otimizada em DA's menores. As maiores ativações do VM foram registradas durante execuções mais rápidas, principalmente nas ações concêntricas. Adicionalmente, as características da tarefa também influenciam nestas respostas. Com relação ao RF, esta porção foi a que apresentou a maior variabilidade de ativação, tanto em relação à natureza da tarefa quanto à velocidade de execução.

Wong e Ng (2010) compararam o impacto de dois protocolos de treinamento sobre as ativações do VMO e VL de 12 mulheres e 36 homens destreinados, ao longo de 8 semanas (3 sessões semanais). Os voluntários foram divididos aleatoriamente em três grupos que realizaram os exercícios agachamento e extensor de joelhos. O grupo H era configurado por 4 séries de 10 repetições máximas (~10RM) e o grupo S era caracterizado por 5 séries de 5 repetições máximas (~5RM) com pausas de 1 minuto e 2 minutos entre as séries para os grupos H e S, respectivamente e a duração da ação concêntrica e excêntrica foi de 1s cada uma, para os dois grupos. O teste de desempenho para ambos os grupos foi caracterizado pela realização de três ações da tarefa "senta-levanta" em uma cadeira. A atividade EMG foi coletada do membro inferior direito dos voluntários. Os resultados demonstraram que a relação VMO/VL apresentou aumentos semelhantes para ambos os grupos no pós-treino. Estes autores apontam para a possibilidade de

alteração no recrutamento de diferentes porções do quadríceps como resposta crônica ao treinamento de força e isto pode ser verificado nas diferenças registradas na relação VMO/VL. O trabalho de Wong e Ng (2010) reforça a importância de se estudar o impacto de diferentes configurações da carga de treinamento sobre as ativações das porções do quadríceps.

1.5 – Análise da ativação por repetição

De acordo com Callegari-Jacques (2003) a utilização da média como medida de tendência central possibilita resumir um conjunto de dados em um valor único representativo. Entretanto, se a variabilidade entre estes dados for alta, o valor médio calculado poderá reduzir o detalhamento no entendimento da magnitude destas variações. A atividade EMG é capaz de estimar quantitativamente a atividade elétrica oriunda da membrana da fibra muscular (ENOKA, 2000). Assim, como os impulsos elétricos na UM modificam-se tanto em função das mudanças na geometria muscular durante o movimento quanto às variações dos potenciais de ação (PA) da membrana da fibra muscular, o sinal EMG segue o mesmo padrão (BASMAJIAN; DE LUCA, 1985, DUCHATEAU, SEMMLER, ENOKA, 2006). Segundo estes autores, a conformidade entre as variações da resposta EMG e do estímulo externo é atribuída às constantes mudanças tanto na taxa de disparo dos potenciais de ação das unidades motoras quanto no recrutamento destas unidades. Assim, a análise EMG de um conjunto de ações musculares concêntricas e excêntricas repetidas ao longo do tempo registraria dados com alta variabilidade já que os diversos mecanismos fisiológicos, mediados pelo comando central, estariam respondendo de maneira diferente a cada repetição considerando também fatores estruturais inerentes à cada uma das porções como a angulação e distância entre os pontos de origem e inserção, a densidade e as características das fibras musculares e a arquitetura. Logo, a utilização de um único valor representativo deste conjunto de dados com alta variabilidade, não é capaz de descrever o comportamento dos eventos neuromusculares que, ao longo do tempo, conduziram o indivíduo à melhoria ou não da sua performance.

De acordo com Duchateau, Semmler e Enoka (2006) a força que um músculo exerce durante uma contração submáxima não é constante. Ao contrário, ela flutua em torno de um valor médio compatível com a exigência mecânica

externa. A amplitude das oscilações é influenciada por fatores tais como o grupo de músculos envolvidos na tarefa, o nível de excitação fisiológica, a quantidade de fadiga e o tipo e a intensidade da contração (CHRISTOU; ZELENT; CARLTON, 2003; RUDROFF *et al.*, 2005). Um resultado funcional destas flutuações é que, quando um indivíduo executa uma tarefa repetidas vezes, as características do desempenho variam de repetição para repetição e esta variação influencia na precisão com a qual a tarefa pode ser realizada (CHRISTOU; ZELENT; CARLTON, 2003; AHTIAINEN E HÄKKINEN, 2009). Isso ocorre em razão da melhora de mecanismos neurais decorrentes do treinamento como o sincronismo do recrutamento, a velocidade de condução dos potenciais de ação das UMs, a relação entre os potenciais excitatórios e inibitórios e a coordenação intramuscular (ENOKA, 2000; NEUMANN, 2006). Pincivero *et al.* (2006), por exemplo, dividiram em dez partes o tempo total gasto para a realização do número máximo de repetições. Este procedimento permitiu aos autores descrever o comportamento das ativações do VM, RF e VL ao longo do tempo. Ahtiainen e Häkkinen (2009) compararam o comportamento da ativação média do quadríceps entre atletas e não atletas durante a execução de dois protocolos de treinamento de força: 1) 12RM e 2) 8 repetições seguidas de 4 repetições assistidas (com auxílio ao executante). Eles calcularam a média das ativações de cada repetição para cada grupo (atletas e não-atletas) e fizeram uma análise temporal do comportamento neuromuscular desempenhado pelo músculo quadríceps ao longo das 12 repetições. Ao confrontarem as atividades EMG das repetições equivalentes, ou seja, repetições de mesma ordenação entre os protocolos 1 e 2 dentro de cada grupo, os autores verificaram maiores quedas nas duas últimas repetições para protocolo 2 no grupo de atletas. Usando esta análise por repetição, Sampson, Donohoe e Groeller (2014) identificaram, durante a ação excêntrica, aumentos significativos na atividade EMG do bíceps braquial tanto nas 3 primeiras repetições como nas repetições finais para DA menores quando comparada com DA maiores no exercício de flexão do cotovelo. Portanto, há indícios de que DA's diferentes podem provocar respostas distintas ao longo das repetições.

Estes estudos apresentaram dados relacionados tanto às respostas neuromusculares relativas às médias do pré e pós-treino, quanto informações detalhadas à respeito do comportamento EMG destas porções no decorrer da realização das repetições. Logo, a comparação entre a média da ativação em cada

repetição na condição pré e sua equivalente na condição pós, permite o acesso às variações neuromusculares temporais detalhadas. Além disso, no caso de protocolos de treinamento caracterizados por séries múltiplas, deve-se levar em consideração a interferência diferenciada da pausa sobre as séries subsequentes, já que a ativação muscular durante a execução de uma série de repetições sofrerá interferências da série anterior à medida que o protocolo é executado. Adicionalmente, a maioria dos estudos que investigaram esta temática avaliou o desempenho de seus voluntários através de testes máximos e/ou utilizaram tarefas diferentes daquela adotada no protocolo de treinamento. Estudos demonstraram que o padrão de recrutamento das unidades motoras depende da tarefa a ser executada (TESCH *et al.*, 2004). Estes autores descrevem que um aumento da atividade EMG é menos provável de ocorrer em tarefas não-específicas. Adicionalmente, respostas EMG obtidas de testes máximos são diferentes daquelas registradas em testes submáximos, embora o significado de ambos possa convergir para interpretações semelhantes. De acordo com Duchateau, Semmler e Enoka (2006), sob exigência máxima de força, após um período de treinamento o aumento na ativação de um músculo é justificado pelo aumento no recrutamento de UM's e na sincronização desses recrutamentos. Entretanto, sob a influência de um mesmo percentual da intensidade (esforço submáximo), tanto um menor recrutamento de UM's quanto a melhora na sua sincronização seriam identificados. Isso ocorre em razão da melhora do drive neural (ajustes crônicos na velocidade de condução, frequência de disparo, etc) e provável hipertrofia muscular que favoreceriam a geração de um mesmo percentual de força no pós-treinamento com um menor número de UM's envolvidas (DUCHATEAU; SEMMLER; ENOKA, 2006). Portanto desenhos experimentais que adotaram tarefas diferentes entre os protocolos de treinamento e de teste podem influenciar os resultados.

Assim, investigar o efeito crônico causado por três protocolos de treinamento de força diferenciados pelas durações das ações musculares sobre o comportamento eletromiográfico do VM, RF e VL, através de uma análise por repetições e utilizando a própria sessão de treinamento como teste diagnóstico, contribuirá para um maior detalhamento das respostas neuromusculares adaptativas destas porções.

2. JUSTIFICATIVA

Considerando que a extensão de joelhos é resultado da ação combinada das porções do quadríceps e que isto é importante tanto para o treinamento como para a reabilitação, a possibilidade de se identificar mudanças nas respostas neuromusculares do VM, VL e RF pode contribuir para o entendimento de como estas porções cooperam entre si para a execução do movimento sob estímulos diversos. Estes estímulos podem ser representados pelas diferentes configurações da carga de treinamento através de manipulações nas variáveis estruturais, em especial, da duração da ação muscular. Embora haja constatação na literatura sobre diferenças nos ajustes das ativações entre as porções do quadríceps em resposta a protocolos de treinamento caracterizados por diferentes durações das ações musculares em intervenções de agudas, estas manipulações em protocolos de treinamento crônicos, vinculadas à equiparação das demais variáveis, pode revelar resultados adaptativos importantes relacionados ao comportamento neuromuscular do VM, VL e RF.

3. OBJETIVOS

* Comparar, em cada par de repetições equivalentes, o efeito de um período de 10 semanas de treinamento baseado em protocolos com diferentes durações das ações musculares na amplitude EMG das porções do quadríceps em protocolos de séries múltiplas.

* Comparar, em cada par de repetições equivalentes, o efeito de um período de 10 semanas de treinamento baseado em protocolos com diferentes durações das ações musculares nas relações de ativação entre as porções do quadríceps em protocolos de séries múltiplas.

4. HIPÓTESES

H₁- A amplitude do sinal EMG de cada porção será diferente para cada repetição e sua equivalente entre as condições pré e pós-treinamento.

H₂- As relações de ativação serão diferentes para cada repetição e sua equivalente entre as condições pré e pós-treinamento.

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 – Amostra

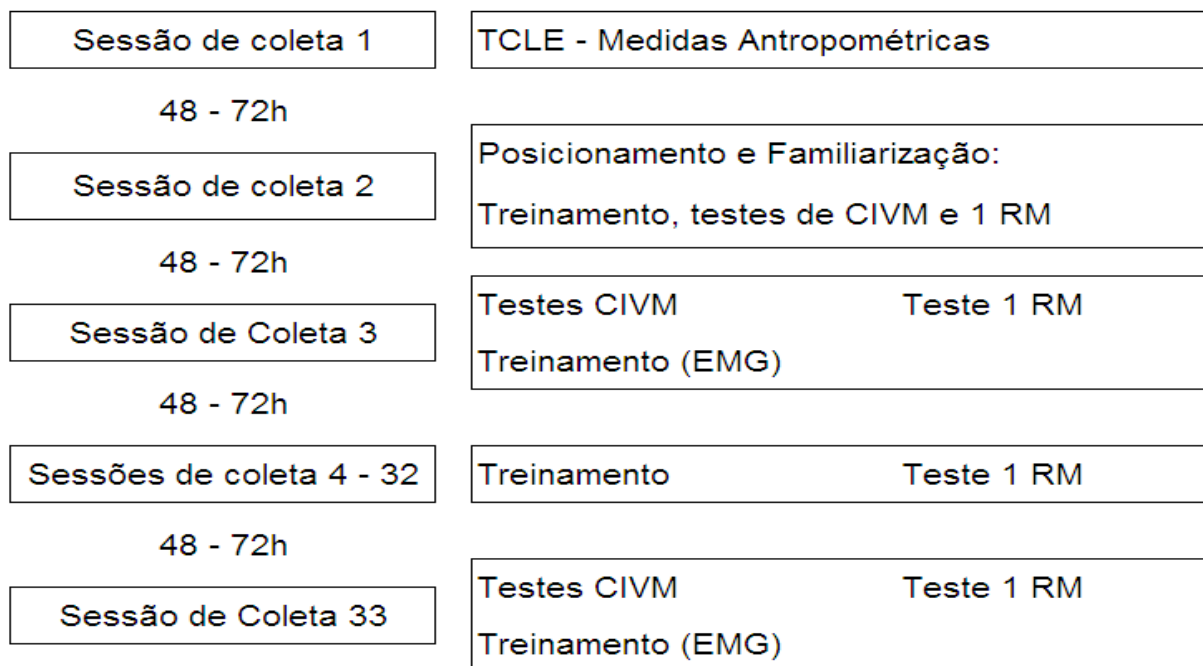
Participaram do estudo 36 indivíduos do sexo feminino, representadas por estudantes da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais e por pessoas da comunidade que atenderam aos seguintes critérios: 1) idade entre 18 e 30 anos; 2) ausência de lesões músculo-esqueléticas nos últimos seis meses nos membros inferiores, coluna e pelve; 3) não estarem participando de qualquer atividade que envolva o treinamento de força para membros inferiores nos últimos seis meses e 4) não possuírem um histórico de treinamento de força para os membros inferiores anterior aos seis meses já citados. As voluntárias foram recrutadas a partir de avisos fixados nos murais da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional (EEFFTO), da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), por meio de informativos eletrônicos corporativos dos colegiados das unidades da UFMG e através de contatos pessoais com as mesmas.

Os critérios de exclusão dos indivíduos foram: 1) não concordância com as disposições contidas no termo consentimento; 2) não comparecer aos locais de coleta no dia e hora programados sucessivamente; 3) apresentar algum tipo de enfermidade e/ou patologia que comprometa a coleta dos dados.

5.2 - Procedimentos

Foi adotado um delineamento de medidas repetidas intra-sujeitos (DANCEY; REIDY, 2006), no qual as 36 voluntárias foram submetidas a diferentes protocolos de treinamento de força durante 10 semanas. As sessões de treinamento e os testes de força utilizaram o exercício extensor de joelhos sentado. As coletas de dados foram realizadas sempre no mesmo horário para cada voluntária. O desenho experimental do estudo pode ser visualizado na FIG.1.

FIGURA 1 – Desenho experimental do estudo



TCLE- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido; CIVM- Contração Isométrica Voluntária Máxima; 1RM- Uma Repetição Máxima; EMG- Eletromiografia

Fonte: Elaboração própria

Na sessão de coleta 1, após assinarem o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), as voluntárias foram submetidas a pesagem e tiveram suas medidas antropométricas registradas. A sessão de coleta 2 foi caracterizada pela realização da familiarização aos testes de contração isométrica voluntária máxima (CIVM), de repetição máxima (1RM) e das durações dos protocolos de treinamento. Durante as sessões de coleta 3 a 33, as voluntárias compareceram a 3 sessões semanais por um período de 10 semanas no Laboratório do Treinamento na Musculação (LAMUSC) para a realização do treinamento de força. Estas sessões eram separadas por um período de 48h ou de 72h.

As 36 voluntárias foram divididas em 3 grupos, de forma balanceada, utilizando o desempenho no teste de 1RM com a finalidade de permitir que o desempenho médio dos grupos no teste de 1RM não fosse diferente.

As voluntárias dos 3 grupos realizaram de 3 a 5 séries (3 séries para as semanas 1 e 2; 4 séries para as semanas 3 e 4; 5 séries entre as semanas 5 e 10) de 6 repetições a 50% de 1RM (sempre relativo ao último teste de 1RM realizado)

com pausa de 3 minutos entre as séries, sendo que os grupos diferiram pelas durações das ações musculares: i) Grupo com duração da ação muscular concêntrica (CON) de 1s e excêntrica (EXC) de 5s (1:5); ii) Grupo com duração da ação muscular CON de 3s e EXC de 3s (3:3) e iii) Grupo com duração da ação muscular CON de 5s e EXC de 1s (5:1). Além de serem submetidas ao teste de 1RM na primeira sessão de treinamento (sessão 3) e na última (sessão 33), as voluntárias repetiam o teste à cada duas semanas no decorrer do treinamento, visando o ajuste do peso para a intensidade relativa (EMA *et al.*, 2013). Dados eletromiográficos foram registrados durante a execução dos protocolos na primeira sessão de treinamento (sessão 3) e na última (sessão 33). Estes registros representaram os testes diagnósticos pré (sessão 3) e pós-treinamento (sessão 33) e foram comparados ao final da intervenção. Os Testes de CIVM, no ângulo de 60°, também foram realizados na primeira e última sessões de treinamento, para serem utilizados na normalização do sinal eletromiográfico coletado durante a realização dos protocolos de treinamento.

Seguindo a orientação do ACSM (2000), a coleta de dados seria interrompida na presença de qualquer um dos seguintes sintomas: início de angina ou sintomas semelhantes à angina; qualquer dor torácica que esteja aumentando; incapacidade da frequência cardíaca de aumentar com o exercício; manifestações físicas ou verbais de fadiga grave; perda da qualidade do movimento; interrupção voluntária e falha do equipamento de teste. As características da amostra estão demonstradas na TAB.1.

Tabela 1 – Caracterização da Amostra

Variável	Grupo	Média ± DP	Min – Max
Idade (anos)	1:5	21,3 ± 1,9	19 – 26
	3:3	21,3 ± 3,5	18 – 27
	5:1	20,8 ± 2,0	18 – 25
Massa (kg)	1:5	59,6 ± 7,7	52,8 – 78,5
	3:3	60,4 ± 8,3	48,2 – 76,4
	5:1	57,3 ± 8,0	43,8 – 69,3
Estatura(cm)	1:5	162,1 ± 5,1	153,0 – 169,0
	3:3	162,9 ± 6,0	155,5 – 171,5
	5:1	160,6 ± 6,0	152,5 – 170,5
Percentual de gordura (%)	1:5	25,7 ± 5,9	19,1 – 39,7
	3:3	25,0 ± 4,7	18,7 – 34,1
	5:1	23,8 ± 4,0	19,2 – 30,8
1RM pré-teste (kg)	1:5	35,6 ± 8,4	26,9 – 53,8
	3:3	34,1 ± 8,0	22,2 – 48,0
	5:1	34,9 ± 7,3	24,0 – 44,7

Desvio padrão (± DP); Min – Mínimo; Max – Máximo; n = 36

Uma voluntária do grupo 1:5 retirou-se do estudo ao relatar dores na coxa após a realização do teste de 1RM na terceira semana de treinamento tendo seus dados desconsiderados da análise. Assim os grupos 5:1, 3:3 e 1:5 foram compostos por 12, 12 e 11 voluntárias respectivamente.

O cálculo amostral foi realizado através do *software GPower* (versão 3.1.7). Neste estudo, foi utilizado o delineamento de medidas repetidas (ANOVA *Repeated measures, within-between interaction*), um erro alfa de 0,05, um poder de 0,9, uma correlação entre as medidas repetidas de 0,50 e uma correção de não esfericidade de 1, considerando os 2 grupos (condições pré e pós-treino) e as 18 repetições (18 repetições nas 3 séries). Um tamanho do efeito de 0,367 foi calculado a partir do valor do $\eta^2 = 0,12$ extraído dos dados das 3 séries da atividade EMG do músculo RF (variável que apresentou maior CV, aproximadamente 32%) dos

voluntários do estudo piloto. Através destas informações o *software* determinou um tamanho da amostra de 8 indivíduos. Considerando uma perda amostral de aproximadamente 30%, a amostra foi composta por 12 voluntárias.

5.3 - Cuidados éticos

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG (parecer CAAE nº 30594714.0.1001) e respeitou todas as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional em Saúde (Resolução 466/2012) envolvendo pesquisas com seres humanos. Antes de iniciarem qualquer atividade neste projeto, as voluntárias receberam todas as informações quanto aos objetivos, ao processo metodológico do projeto, bem como os possíveis riscos e benefícios de participação no estudo. As voluntárias assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e eram sabedoras de que a qualquer momento poderiam deixar de participar da pesquisa. Foram tomadas precauções no intuito de preservar a privacidade das voluntárias, sendo que sua saúde e bem estar estavam acima de qualquer outro interesse.

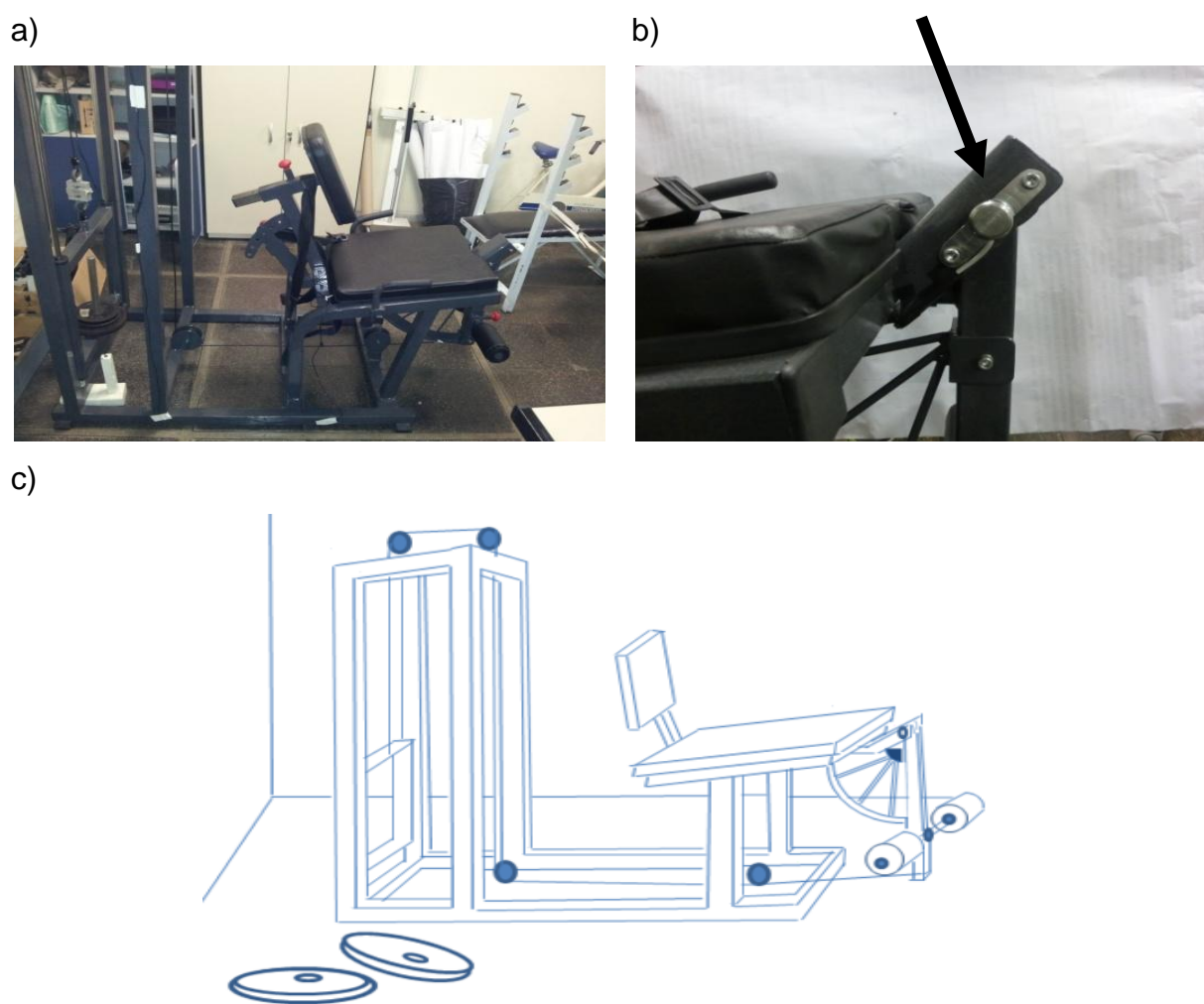
5.4 – Instrumento

Foi utilizado um banco extensor de joelhos da marca ®Master Equipamentos que foi adaptado para permitir a realização do estudo. Este banco extensor possui um braço de resistência decorrente do *camus* variando de 0,504 m a 0,529 m ao longo da amplitude de movimento (ADM) máxima do equipamento que é de 100°. O equipamento do presente estudo é ajustável e possibilitou a manutenção de um ângulo entre o encosto e o banco de 110°. Um cinto foi colocado próximo a crista ilíaca para ajudar as voluntárias a minimizarem os efeitos de movimentos compensatórios no quadril. Era possível fazer ajustes no banco para permitir um deslocamento da voluntária para frente ou para trás e com isto permitir um alinhamento do eixo de rotação dos joelhos com o eixo de rotação do aparelho. Além disto, possui ajustes no ponto de contato distal da perna, permitindo que este ponto ficasse próximo à região do tornozelo. Este ajuste gerava braços de força que variavam em função do tamanho do membro inferior da voluntária. Os valores de comprimento para cada ajuste de 1 a 4 (sentido proximal-distal) foram 0,273m, 0,314m, 0,355m, e 0,392m, respectivamente. Fixo ao eixo de rotação do aparelho, existia um potenciômetro linear de 10 kΩ, com erro de linearidade de 2%, faixa de

tensão de +10V a -10V, que permitia a mensuração dos ângulos no aparelho. A utilização do potenciômetro em aparelhos comerciais tem sido relatada na literatura para medir a ADM (DALLEAU *et al.*, 2010; FOLLAND *et al.*, 2005). O potenciômetro foi calibrado com a ajuda de um goniômetro manual.

O banco extensor de joelhos, o potenciômetro fixo no eixo de rotação e o croqui do equipamento podem ser visualizados na FIG. 2a, b e c respectivamente.

FIGURA 2 – Banco extensor de joelhos adaptado (a); potenciômetro fixo no eixo de rotação indicado pela seta (b) e croqui representando o equipamento (c).



Fonte: Arquivo LAMUSC

Para a realização da CIVM à 60° de extensão de joelhos, foi utilizado um sistema de levante manual (dispositivo de alavanca) que permitiu elevar o suporte com pesos até a altura que correspondia ao ângulo desejado no equipamento (FIG. 3). O ângulo de 60° foi determinado pelo potenciômetro fixado ao eixo de rotação do

braço móvel. Esta angulação foi adotada por possibilitar a maior geração de força isométrica (TIHANYI; APOR; FEKETE, 1982).

FIGURA 3 – Estrutura do dispositivo com o sistema de levante manual para realizar as CIVMs



Fonte: Arquivo do LAMUSC

No suporte de anilhas foi colocada uma massa que as voluntárias não poderiam deslocar. Este procedimento possibilitou colher os dados eletromiográficos que serviram de parâmetro para a normalização dos sinais coletados durante o treinamento. A FIG.4 ilustra a realização da CIVM no ângulo de 60° de flexão de joelhos.

FIGURA 4 – Realização da CIVM (à 60°) e o registro da EMG



Fonte: Arquivo do LAMUSC

5.5 – Descrição dos procedimentos

5.5.1 – Sessão de coleta 1- Orientação, TCLE e Medidas Antropométricas

Na sessão de coleta 1, todas as voluntárias receberam as informações sobre o estudo e deram seu consentimento por escrito, sendo em seguida caracterizadas com relação a sua massa corporal, percentual de gordura e estatura. A massa corporal foi obtida por meio de uma balança digital (FILIZOLA, Brasil) com precisão de 0,1 kg, enquanto a estatura foi registrada por um estadiômetro acoplado, com precisão de 0,5cm (FILIZOLA, Brasil). O percentual de gordura foi calculado de acordo com o protocolo utilizado por Jackson e Pollock (1978).

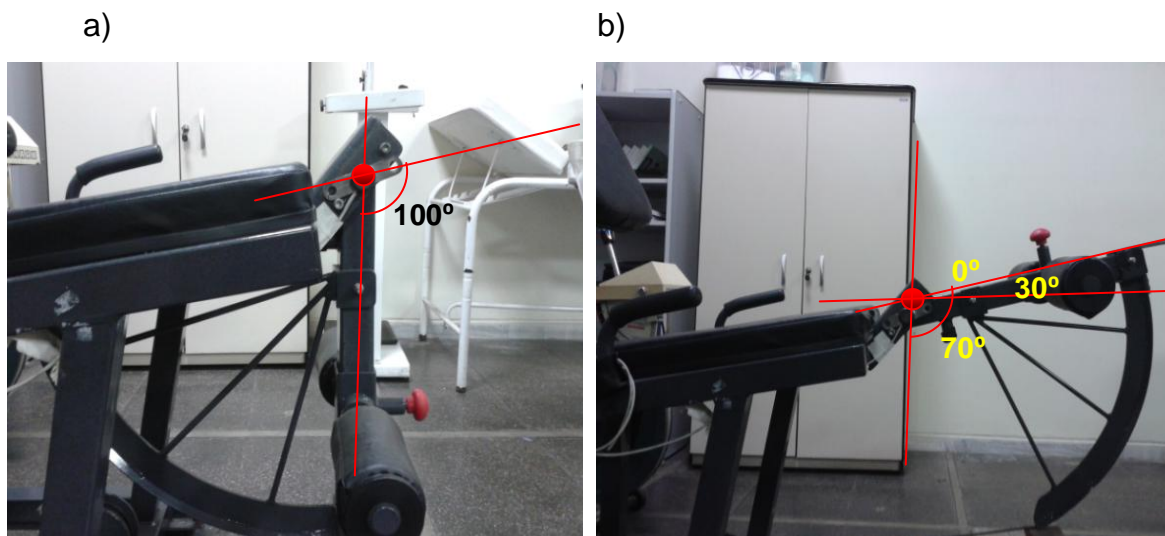
5.5.2 – Sessão de coleta 2 - Familiarização, testes de CIVM e 1RM

Na sessão de coleta 2, as voluntárias foram posicionadas no banco extensor de joelhos de forma a manter o quadril com um ângulo de 110° (ângulo entre uma linha que vai do epicôndilo lateral do fêmur e trocânter maior do fêmur e uma linha que conecta o ponto médio estimado da crista ilíaca até o tubérculo maior do úmero), o epicôndilo lateral do fêmur alinhado com o potenciômetro colocado no eixo de rotação do aparelho e o suporte distal do aparelho posicionado 3cm acima do maléolo medial (ULLRICH *et al.*, 2009). Todos os ajustes foram armazenados e replicados nos procedimentos de coleta posteriores.

Após o posicionamento da voluntária, iniciou-se o procedimento de familiarização ao teste de CIVM. O teste caracterizou-se por duas tentativas no ângulo de 60° de flexão de joelhos (PINCIVERO; COELHO; CAMPY, 2000), tendo como referência o joelho estendido (0°), cada uma com duração de 3s, respeitando uma pausa de 2 min entre cada tentativa. Após dado o sinal verbal pelo pesquisador, a voluntária realizou o máximo de força isométrica contra o suporte do braço do aparelho extensor de joelhos que permanecia fixo. A média entre os valores de pico eletromiográficos de cada tentativa à 60° de flexão foi registrada e armazenada. Os dados foram sincronizados e convertidos em sinais digitais por uma placa A/D (BIOVISION, Alemanha) com 14 bits e faixa de entrada de -5 à +5 volts e direcionadas a um *notebook* alimentado por bateria.

O teste de 1RM foi executado 10 min após os testes de CIVM e seguiu orientações de acordo com DINIZ *et al.* (2014): número máximo de seis tentativas; pausa de cinco minutos; progressão gradual do peso mediante percepção das voluntárias e dos avaliadores. O procedimento iniciou-se com as voluntárias em uma ADM de 100° de flexão de joelhos (FIG. 5a). O peso no aparelho era progressivamente aumentado até que não fosse possível alcançar 30° de flexão de joelhos (0° = joelho estendido) na ação concêntrica. Considerando que o equipamento permitia uma ADM total de 100° , as voluntárias realizaram o exercício em uma ADM de 70° (FIG. 5b).

FIGURA 5 – Limites angulares do equipamento: (a) máxima flexão 100° e (b) limite máximo de extensão 0° e máxima extensão das voluntárias 30° (ADM = 70°)



Desta forma, o valor de 1RM correspondeu ao peso levantado na tentativa anterior. Cada tentativa no teste de 1RM seguiu a mesma sequência: após o posicionamento no equipamento conforme a padronização individual, a voluntária executava uma ação concêntrica até a ADM final (30°) e, em seguida, realizava uma ação excêntrica até a ADM inicial (100°). A ADM prevista é resultado de um estudo piloto que considerou as limitações tanto de flexibilidade dos músculos isquiossurais das voluntárias na posição sentada quanto do eixo do equipamento que não permitia sua manipulação. Verificou-se também na literatura uma variabilidade na escolha ADM adotada nos protocolos de execução em diversos estudos como a de 60° (CHANG *et al.*, 2014), 40° (CROCE *et al.*, 2012) e 110° (EARP *et al.*, 2014) de extensão do joelho. Considerando o desempenho no teste de 1RM como parâmetro de classificação, as 36 voluntárias foram subdivididas de forma balanceada entre os 3 grupos de treinamento. Dez minutos após o teste de 1RM, as voluntárias realizaram o protocolo de treinamento com o objetivo de familiarização com o controle da duração das ações musculares (DINIZ *et al.*, 2014; LACERDA *et al.*, 2016).

5.5.3 - Sessões de coleta 3 à 33 - Testes CIVM, 1RM e Treinamento

Os procedimentos de realização dos testes de CIVM e 1RM foram realizados novamente nas sessões de coleta 3 e 33 (primeira e última sessões de treinamento, respectivamente). Os valores do teste de 1RM encontrados nestas sessões foram utilizados na análise estatística, pois representaram as condições pré e pós-treinamento para o desempenho de força. Após os testes realizados nas sessões 3 e 33, as voluntárias executaram os protocolos de treinamento em seus respectivos grupos experimentais. Durante a execução do protocolo a atividade EMG foi registrada. Este procedimento representou o teste diagnóstico para avaliar o comportamento neuromuscular referente às condições pré e pós-treinamento (sessão 3 e 33). Os Testes de CIVM, no ângulo de 60°, também foram realizados na primeira e última sessões de treinamento, para serem utilizados na normalização do sinal eletromiográfico coletado durante a realização dos protocolos de treinamento. Da sessão 4 à 32 o treinamento ocorreu sem a coleta de dados eletromiográficos. As voluntárias treinaram no exercício extensor de joelhos durante 10 semanas (3 sessões semanais separadas por 48-72h). Todos os grupos foram submetidos a

uma mesma configuração da carga de treinamento à exceção da variável duração da ação muscular que foi específica para cada grupo. Estas durações foram as mesmas investigadas por Goto *et al.*, (2009) e as configurações dos 3 protocolos estão dentro de faixas de valores que são recomendadas para treinamento objetivando hipertrofia muscular (WERNBOM; AUGUSTSSON; THOMEÉ, 2007). As configurações dos protocolos de treinamento correspondentes a cada grupo estão especificadas na TAB.2.

Tabela 2 – Configuração dos protocolos de treinamento

Grupo	DA	DR	Intens.	Séries	Rep.	Pausa
1:5	1 s (CON) 5 s (EXC)	6 s	50% 1RM	3 (Semanas 1 à 2)	6	3 min
3:3	3 s (CON) 3 s (EXC)			4 (Semanas 3 à 4)		
5:1	5 s (CON) 1 s (EXC)			5 (Semanas 5 à 10)		

DA: duração da ação muscular; DR: duração da repetição; Intens.: intensidade; Rep.: nº de repetições; CON: ação muscular concêntrica e EXC: ação muscular excêntrica.

Houve uma progressão no aumento do número de séries no decorrer do período de treinamento, iniciando as duas primeiras semanas com 3 séries, as semanas 3 e 4 com 4 séries e da 5ª a 10ª semanas com 5 séries. Estas configurações da DA estão dentro da faixa de valores que são recomendadas para treinamento da força muscular (BIRD TARPENNING; MARINO, 2005; WERNBOM; AUGUSTSSON; THOMEÉ, 2007; ACSM, 2009). A ADM foi a mesma adotada no teste de 1RM. Um metrônomo foi utilizado para auxiliar as voluntárias na manutenção da duração prescrita e um monitor de computador possibilitava às mesmas acessar, simultaneamente, os dados da duração das ações musculares fornecidas pelo potenciômetro. A série era interrompida caso a voluntária durante duas repetições seguidas não conseguisse manter a duração das ações estabelecidas ou realizasse uma amplitude incompleta de movimento.

5.5.4 – Delineamento do processo de aquisição do sinal EMG

O processo de coleta dos dados eletromiográficos iniciou-se assim que as voluntárias chegavam ao laboratório. Pares de eletrodos de superfície bipolares do tipo Ag/AgCl, com área de captação de aproximadamente 1cm^2 , foram posicionados aos pares a uma distância centro a centro de 2cm na direção das fibras musculares das porções vasto medial, vasto lateral e reto femoral da coxa direita das voluntárias (MERLETTI; PARKER, 2004). Os eletrodos foram conectados a amplificadores com uma configuração de aumento de 1000 vezes. Previamente à colocação dos eletrodos, as áreas da pele foram tricotomizadas e higienizadas. As localizações dos eletrodos e do eletrodo de referência seguiram as recomendações da organização europeia *Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscles* (SENIAM, 2015).

Para a aquisição e tratamento dos sinais coletados, foi utilizado um programa específico (DASYLAB 11.0, Irlanda) com frequência de amostragem de 2000 Hz. Os dados do potenciômetro foram filtrados com um filtro passa-baixa de 10Hz 2ª ordem do tipo *Butterworth*. Todos os dados eletromiográficos coletados nas CIVM's foram submetidos a um filtro passa-faixa (20-500 Hz) de 2ª ordem do tipo *Butterworth* e retificados (*full-wave*). Para a normalização do sinal, os dados de EMG de cada músculo, durante os 3s de cada CIVM, foram inicialmente alisados (*smoothing*) através da média em janelas móveis para cada conjunto de 40 dados (20 ms) (EKSTROM *et al.*, 2012). Em seguida, foi calculado o *Root Mean Square* (RMS) em janela única de 1s, sendo 0,5s antes e após o pico de ativação (ANDERSEN *et al.*, 2006) para cada porção.

5.6 – Análise Estatística

Os dados EMG relativos à primeira sessão de treinamento (sessão de coleta 3), caracterizada por 3 séries de 6 repetições, foram comparados aos dados das 3 primeiras séries da última sessão de treinamento (sessão de coleta 33). Portanto, as duas últimas séries da sessão final foram descartadas para garantir que os protocolos de teste apresentassem a mesma configuração em ambas as condições (pré e pós-treinamento) e possibilitasse a comparação. O sinal EMG foi quantificado utilizando a raiz quadrada da soma da média dos quadrados (*RMS*) para permitir análises da amplitude do sinal no domínio do tempo. Em seguida os

dados EMG quantificados pelo RMS foram normalizados pela CIVM através da média dos picos do sinal das duas tentativas à 60°. Este procedimento possibilitou a comparação das ativações intra-porções entre as condições pré-pós para cada um dos protocolos de treinamento. Então, uma análise descritiva dos dados coletados foi realizada. Posteriormente foi verificada a normalidade da distribuição (Teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (Teste de Levene). Assim, a média dos dados EMG de cada grupo de voluntárias foi calculada para cada repetição, seguindo a ordem de 1 a 18 (total de repetições das 3 séries de 6 repetições), nas condições pré e pós (Ex: $\mu^{1^a}Rep_{pré}$, $\mu^{2^a}Rep_{pré...}$; $\mu^{1^a}Rep_{pós}$, $\mu^{2^a}Rep_{pós...}$). A média de cada repetição na condição pré-treinamento foi comparada à média da sua repetição equivalente na condição pós por meio de uma ANOVA *two-way* com medidas repetidas (fatores: 1- Tempo e 2- Repetição (Ex: Pré-treinamento [1ª repetição - VM - Protocolo 5:1] x Pós-treino [1ª repetição - VM - Protocolo 5:1];... etc).

Em seguida, também por grupo experimental, foi calculada a relação entre os dados EMG das porções (VM/VL; VM/RF e VL/RF) para cada repetição em cada uma das condições pré-pós (Ex: Pré-treino [1ª repetição - VM/VL - Protocolo 5:1] x Pós-treino [1ª repetição - VM/VL - Protocolo 5:1];... etc). A média de cada relação de ativação entre as porções em cada repetição na condição pré-treinamento foi comparada à média da RAEP de sua repetição equivalente na condição pós por meio de um ANOVA *two-way* com medidas repetidas (fatores: 1- Tempo e 2- Repetição) (Ex: Pré-treino [1ª repetição - VM/VL - Protocolo 5:1] x Pós-treino [1ª repetição - VM/VL - Protocolo 5:1];... etc). Para a localização das diferenças entre as repetições equivalentes para as variáveis ativações intra-porções e RAEP`s foi usado o *post hoc* de *Bonferroni*.

Os dados médios dos testes de 1RM calculados antes e após o treinamento foram comparados para cada grupo utilizando o Teste-*t* de *Student*.

Os dados foram expressos em média e desvio padrão. As variáveis ativação e RAEP foram comparadas apenas na situação intra-grupo, ou seja, grupos diferentes não tiveram seus dados confrontados. O nível de significância adotado foi de 0,05 e o pacote estatístico foi o SPSS. 22.0.

6. RESULTADOS

6.1 – Teste de 1RM

Inicialmente uma análise descritiva das variáveis foi realizada. A TAB.3 demonstra os valores de desempenho do teste de 1RM para os três grupos nas condições pré e pós-treinamento.

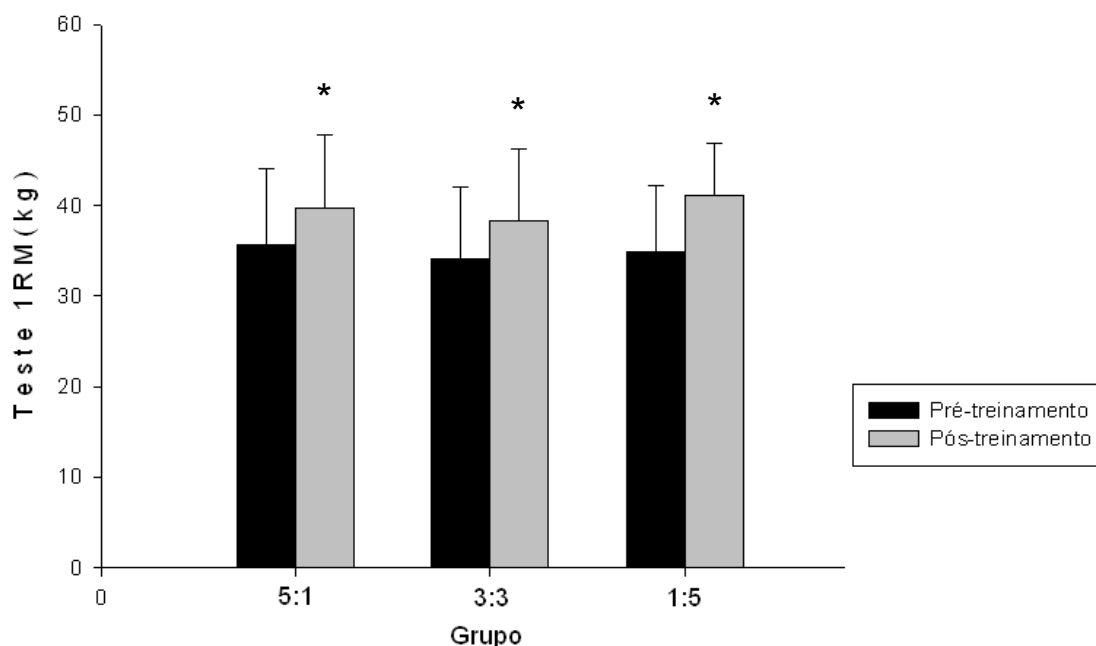
Tabela 3 – Dados descritivos do desempenho no teste de 1RM por grupo

Condição	5:1	3:3	1:5
	Média ± DP (kg) Min – Max (kg)	Média ± DP (kg) Min – Max (kg)	Média ± DP (kg) Min – Max (kg)
PRÉ	35,6 ± 8,4 26,9 – 53,8	34,1 ± 8,0 22,2 – 48,0	34,9 ± 7,3 24,0 – 44,7
PÓS	39,7 ± 8,1 29,0 – 55,9	38,3 ± 7,9 25,2 – 48,7	41,1 ± 5,8 32,2 – 53,2

DP: Desvio padrão; Mín – Máx: Valores mínimos e máximos

O Teste-*t* de *Student* identificou aumentos significantes no desempenho do teste de 1RM para cada grupo após as 10 semanas de treinamento. Os dados médios e seus respectivos desvios padrão estão representados no GRAF. 1.

Gráfico 1 - Testes de 1RM (Médias/DP pré-pós)



DP- Desvio padrão;

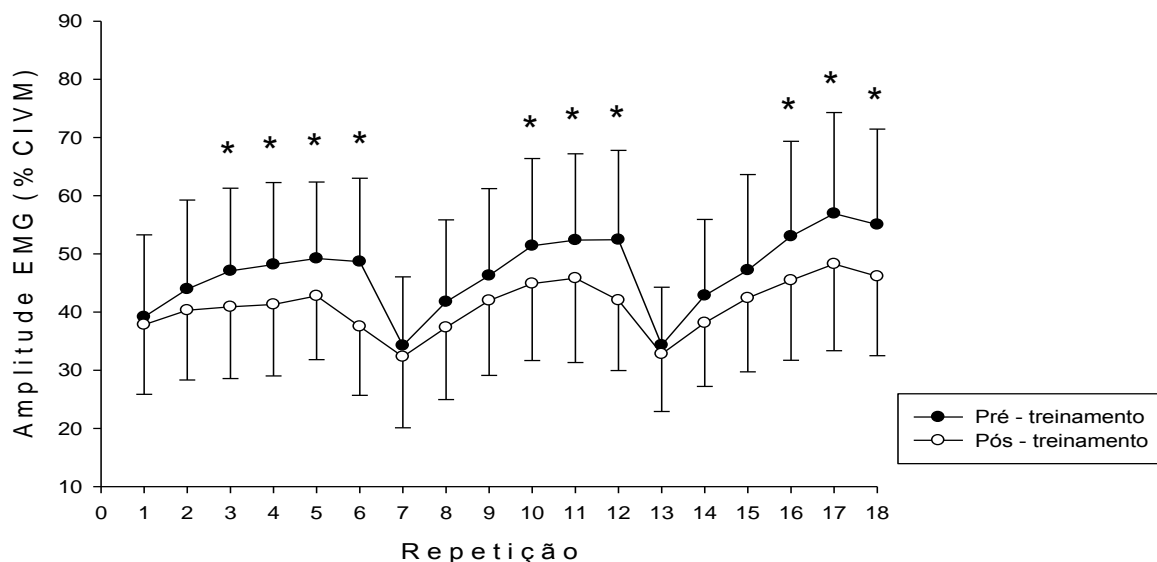
* Média registrada no pós-treinamento é maior que a registrada no pré-treinamento

6.2 – Grupo 5:1

6.2.1 – Ativação isolada das porções

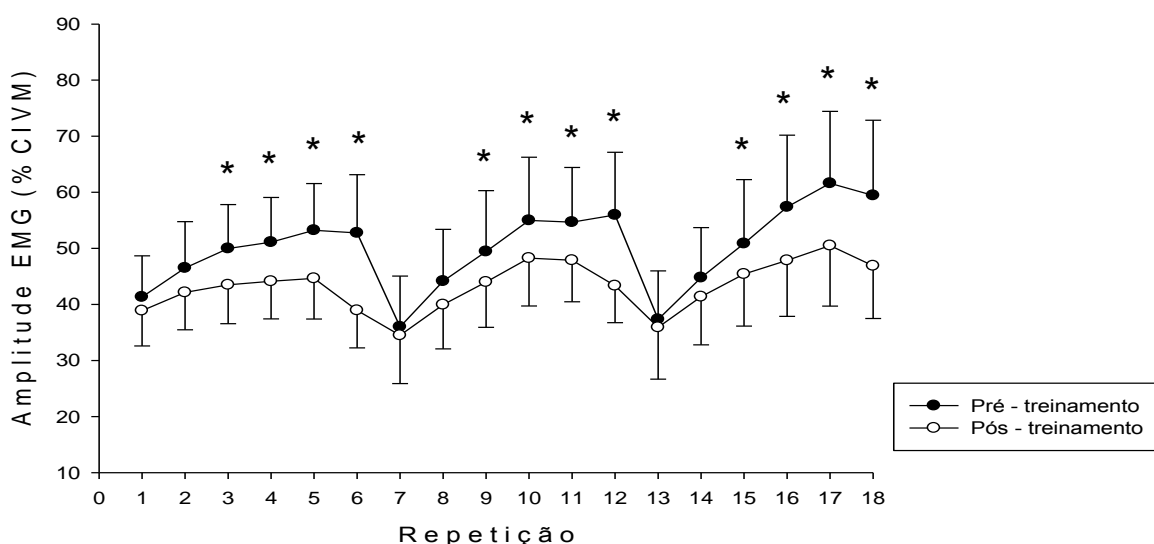
Foram observados efeitos principais de Tempo e Repetição para o VL e de Repetição para o VM e RF. Adicionalmente, a ANOVA *two-way* com medidas repetidas demonstrou efeitos de interação significantes nas ativações para o VM ($F_{1,35} = 4,15$; $W > 0,999$; $\eta^2 = 0,274$; $p = 0,001$), RF ($F_{1,35} = 4,05$; $W = 0,999$; $\eta^2 = 0,269$; $p = 0,001$) e VL ($F_{1,35} = 8,01$; $W = 0,999$; $\eta^2 = 0,421$; $p = 0,001$). A utilização do *post hoc* de *Bonferroni* permitiu observar que as diferenças entre as repetições equivalentes (pré-pós) aconteceram na metade final de cada série para todas as porções. O RF e o VL demonstraram queda em suas ativações em todas as repetições pertencentes à metade final das séries (GRAF. 2 e 3).

Gráfico 2 – Comparação entre os comportamentos EMG do RF entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 5:1)



* Ativação registrada na repetição pós-treinamento é menor que a registrada na repetição equivalente no pré-treinamento

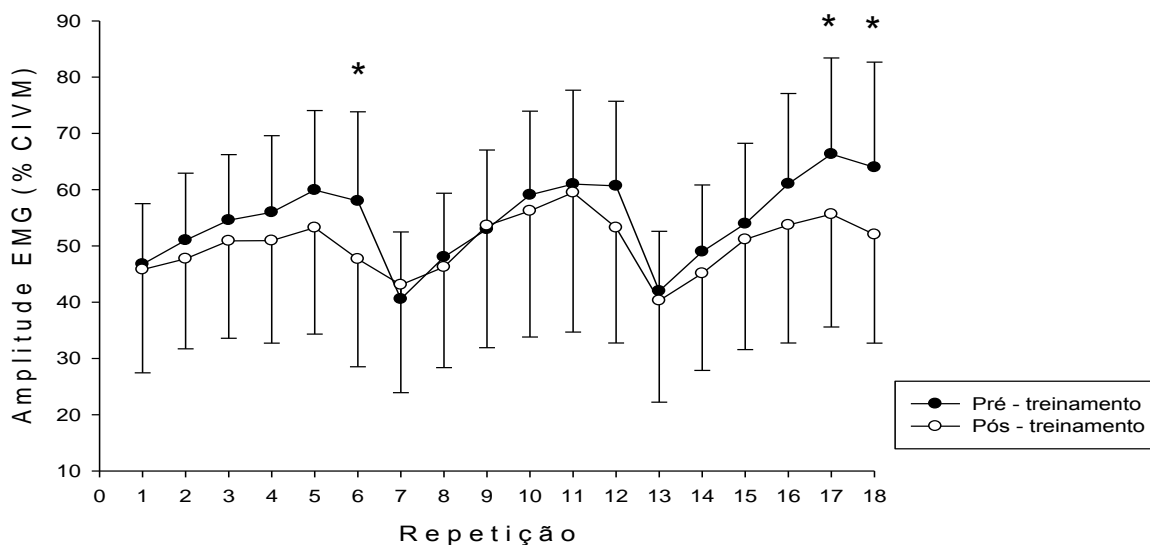
Gráfico 3 – Comparação entre os comportamentos EMG do VL entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 5:1)



* Ativação registrada na repetição pós-treinamento é menor que a registrada na repetição equivalente no pré-treinamento

O VM apresentou diferenças nas ativações entre as repetições equivalentes apenas na sexta repetição da série 1, bem como nas duas últimas repetições da série 3 (GRAF. 4).

Gráfico 4 – Comparação entre os comportamentos EMG do VM entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 5:1)



* Ativação registrada na repetição pós-treinamento é menor que a registrada na repetição equivalente no pré-treinamento

6.2.2 – Relações das ativações entre as porções (RAEP`s)

Foi encontrado efeito principal de Tempo para a relação VL/RF ($F_{1,35} = 6,502$; $W = 0,642$; $\eta^2 = 0,372$; $p = 0,027$), mas não para as relações VM/VL e VM/RF. Além disso, embora o ANOVA *two way* tenha apontado interação significativa (Tempo x Repetição) para a relação VM/RF ($F_{1,35} = 2,186$; $W = 0,981$; $\eta^2 = 0,166$; $p = 0,006$), o *post hoc* de *Bonferroni* não identificou diferenças para os pares de repetições equivalentes (GRAF. 5). Adicionalmente, não foram detectados efeitos de interação para as RAEP`s VM/VL ($F_{1,35} = 1,533$; $W = 0,894$; $\eta^2 = 0,122$; $p = 0,087$) (GRAF. 6) e VL/RF ($F_{1,35} = 1,241$; $W = 0,798$; $\eta^2 = 0,101$; $p = 0,237$) (GRAF. 7).

Gráfico 5 – Comparação entre os comportamentos da RAEP VM/RF entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 5:1)

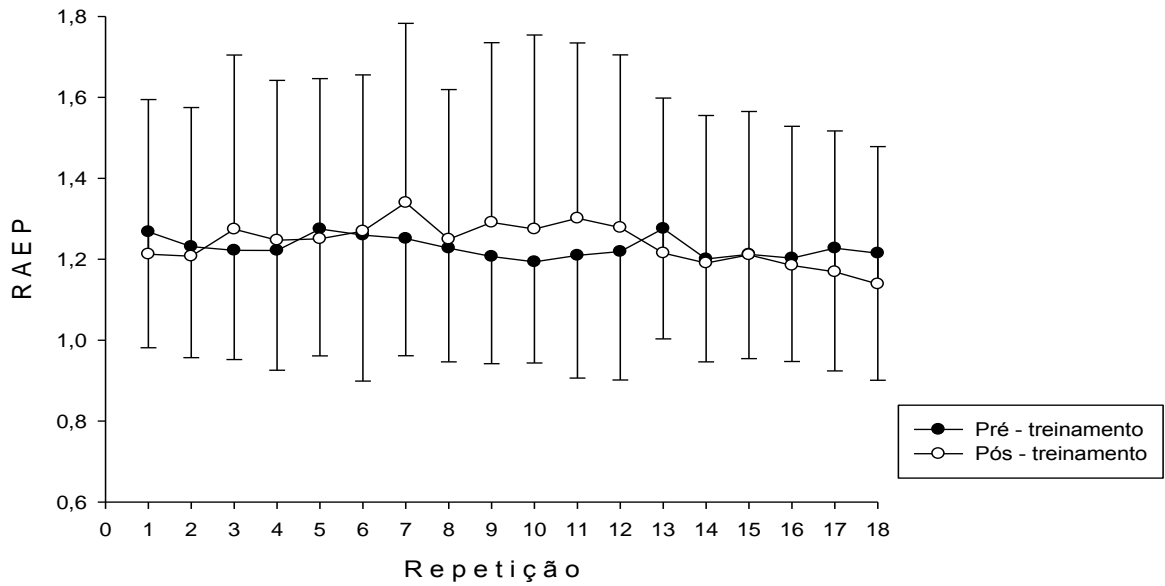


Gráfico 6 – Comparação entre os comportamentos da RAEP VM/VL entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 5:1)

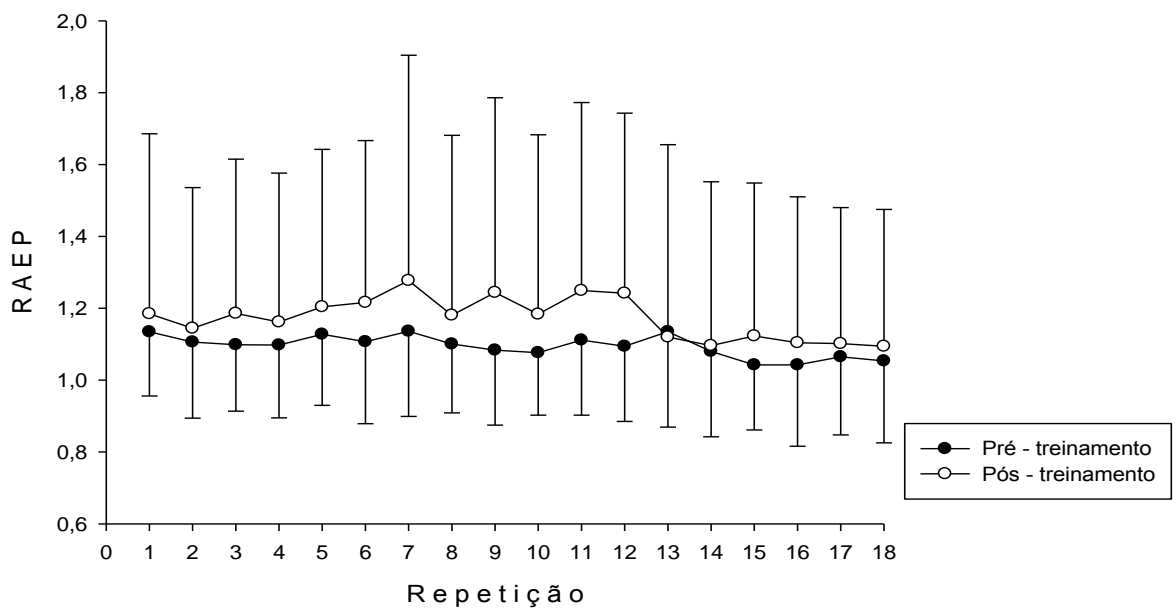
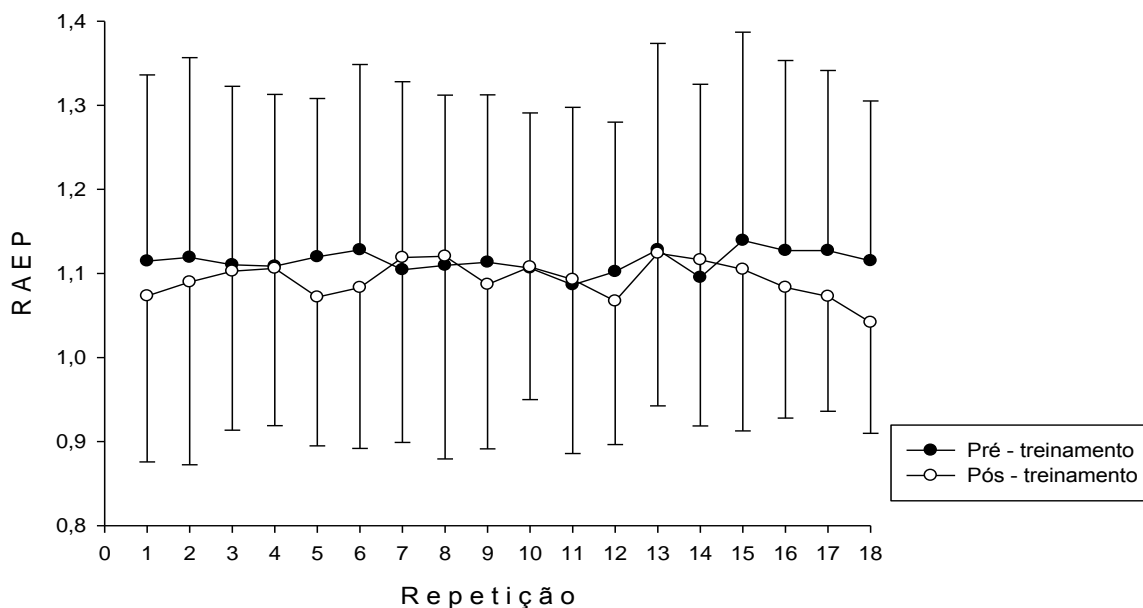


Gráfico 7 – Comparação entre os comportamentos da RAEP VL/RF entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 5:1)

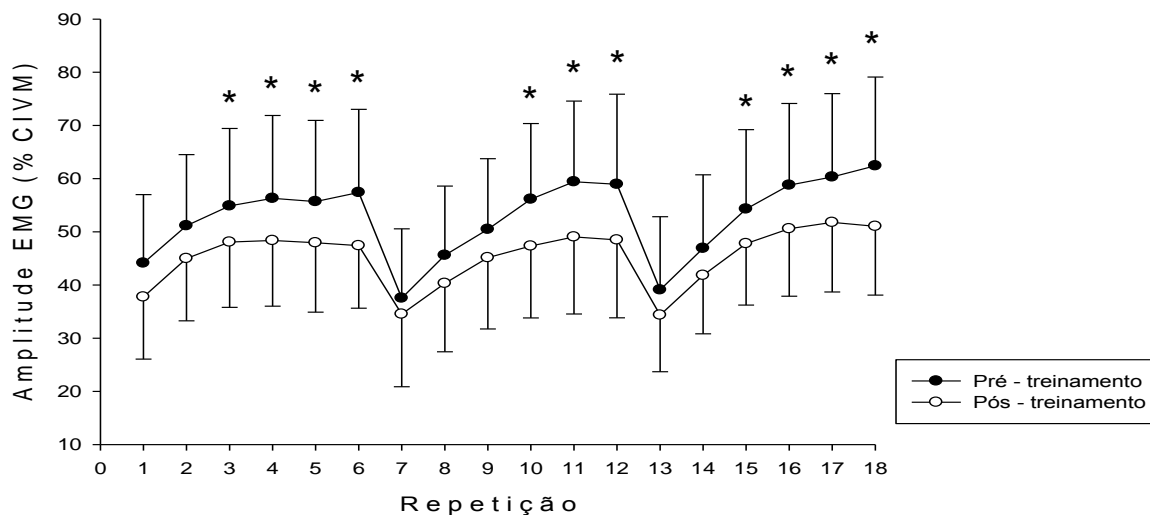


6.3 – Grupo 3:3

6.3.1 – Ativação isolada das porções

Efeitos principais de Tempo e Repetição para o VM e de Repetição para o RF foram encontrados. Além disso, foram observadas interações para o VM ($F_{1,35} = 1,882$; $W = 0,956$; $\eta^2 = 0,146$; $p = 0,022$) e RF ($F_{1,35} = 2,099$; $W = 0,975$; $\eta^2 = 0,160$; $p = 0,009$) através do ANOVA *two-way*. O *post hoc* de *Bonferroni* permitiu observar que as diferenças entre as repetições equivalentes aconteceram na metade final de cada série para o VM e no final da série 3 para o RF, principalmente. Foi identificado efeito principal para o fator Repetição no VL ($F_{1,35} = 56,210$; $W > 0,999$; $\eta^2 = 0,836$; $p = 0,001$) mas não foi observado efeito de interação para esta porção ($F_{1,35} = 1,563$; $W = 0,901$; $\eta^2 = 0,124$; $p = 0,078$). O GRAF. 8 mostra uma queda na atividade EMG do VM em todas as repetições pertencentes à metade final das séries.

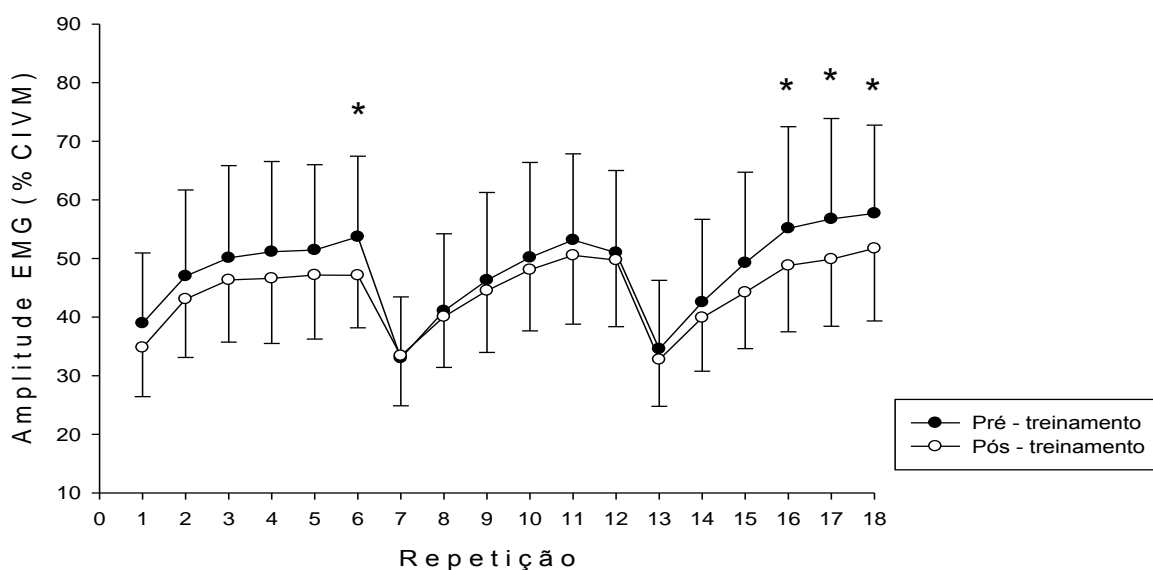
Gráfico 8 – Comparação entre os comportamentos EMG do VM entre o pré e o pós – treinamento (Grupo3:3)



* Ativação registrada na repetição pós-treinamento é menor que a registrada na repetição equivalente no pré-treinamento

Entretanto, o RF mostrou-se mais responsivo ao protocolo 3:3 apenas na última série (GRAF. 9), quando sua ativação reduz significativamente nas três últimas repetições da série 3.

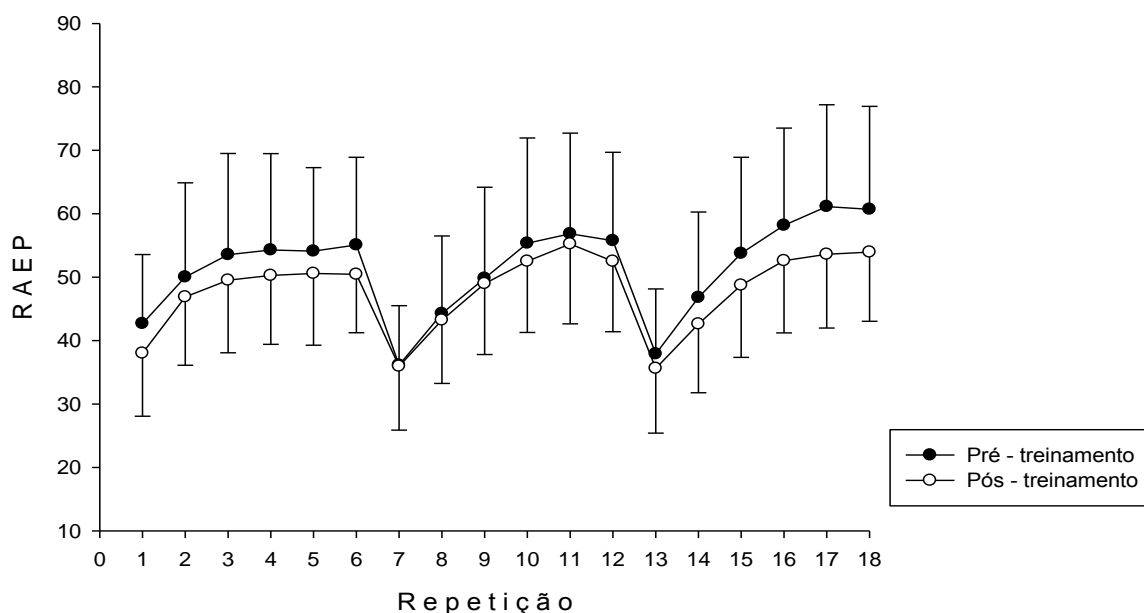
Gráfico 9 – Comparação entre os comportamentos EMG do RF entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 3:3)



* Ativação registrada na repetição pós-treinamento é menor que a registrada na repetição equivalente no pré-treinamento

Não foi observado interação entre os fatores Tempo e Repetição para o VL ($F_{1,35} = 1,563$; $W = 0,901$; $\eta^2 = 0,124$; $p = 0,078$) (GRAF. 10).

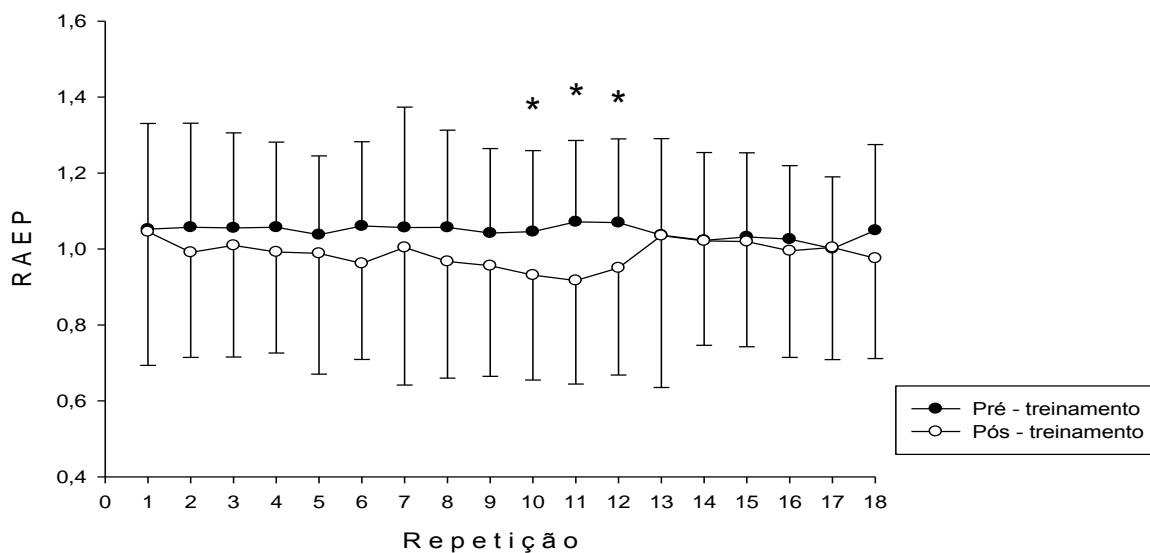
Gráfico 10 – Comparação entre os comportamentos EMG do VL entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 3:3)



6.3.2 – Relações das ativações entre as porções (RAEP`s)

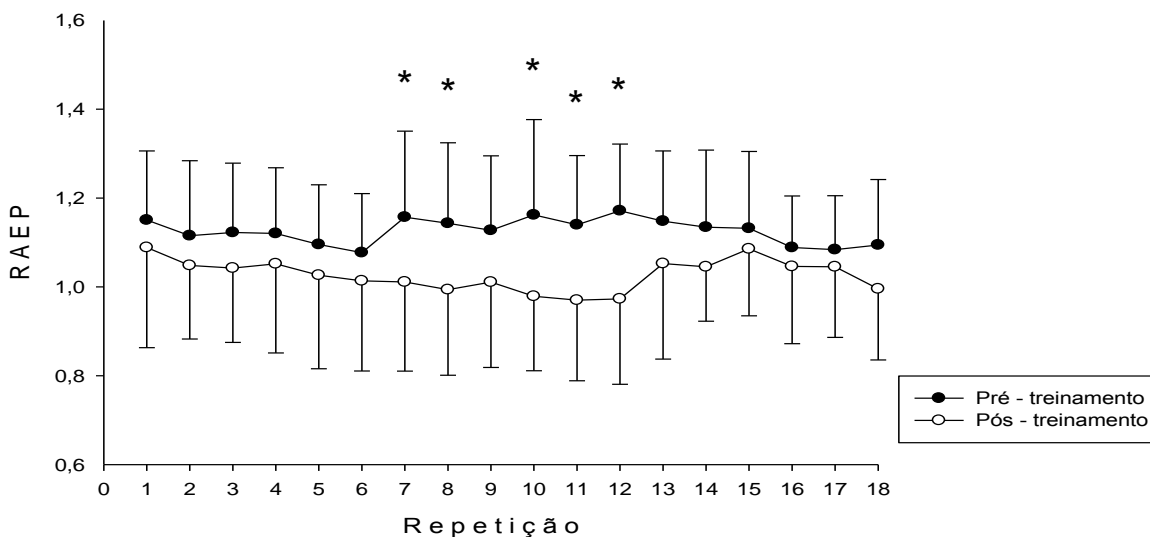
Foi verificado efeito principal para o fator Repetição na RAEP VM/RF. Além disso, o ANOVA *two-way* apontou efeitos de interação significantes (Tempo x Repetição) nas RAEP`s para as relações VM/RF ($F_{1,35} = 2,110$; $W = 0,976$; $\eta^2 = 0,161$; $p = 0,008$) e VM/VL ($F_{1,35} = 2,478$; $W = 0,992$; $\eta^2 = 0,184$; $p = 0,002$). O *post hoc* de *Bonferroni* apontou diferenças na relação VM/VL para os três últimos pares de repetições equivalentes pré-pós da série 2 (GRAF. 11), enquanto que para relação VM/RF as diferenças foram detectadas, praticamente, para todos os pares de repetições equivalentes da série 2 (GRAF. 12).

Gráfico 11 – Comparação entre os comportamentos da RAEP VM/VL entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 3:3)



* Relação entre ativações registrada na repetição pós-treinamento é menor que a registrada na repetição equivalente no pré-treinamento

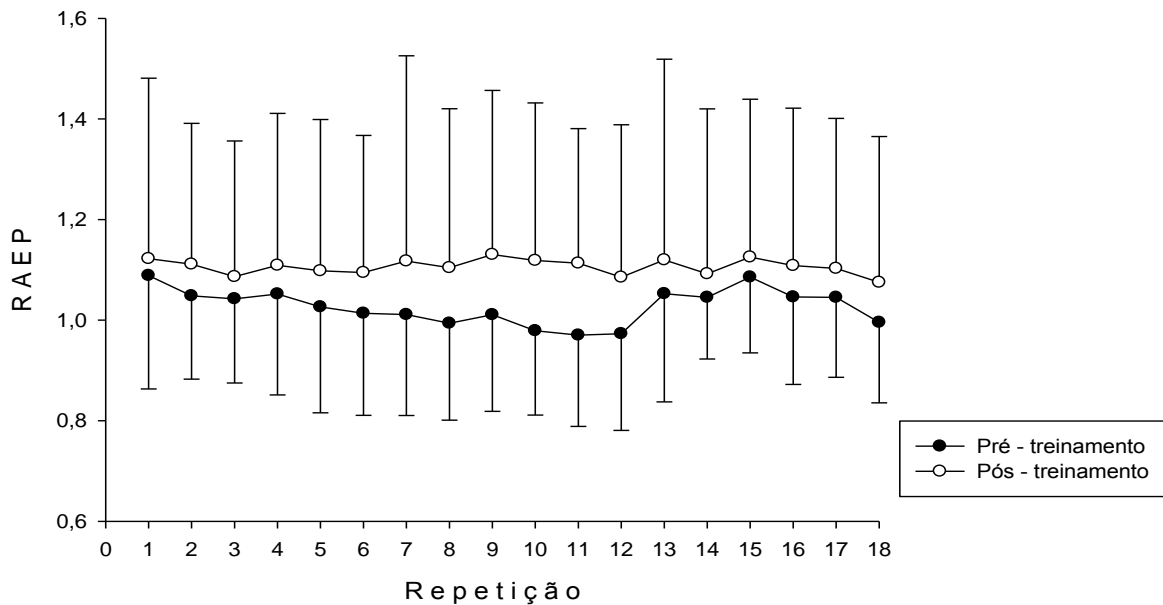
Gráfico 12 – Comparação entre os comportamentos da RAEP VM/RF entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 3:3)



* Relação entre ativações registrada na repetição pós-treinamento é menor que a registrada na repetição equivalente no pré-treinamento

Nenhum efeito de interação foi verificado entre os fatores para o VL/RF ($F_{1,35} = 0,956$; $W = 0,654$; $\eta^2 = 0,080$; $p = 0,510$) (GRAF. 13).

Gráfico 13 – Comparação entre os comportamentos da RAEP VL/RF entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 3:3)



6.4 – Grupo 1:5

6.4.1 – Ativação isolada das porções

O ANOVA *two way* com medidas repetidas detectou efeito principal significativo para o fator Repetição em relação às ativações do VM ($F_{1,35} = 22,103$; $W > 0,999$; $\eta^2 = 0,668$; $p = 0,001$), RF ($F_{1,35} = 27,909$; $W > 0,999$; $\eta^2 = 0,717$; $p = 0,001$) e VL ($F_{1,35} = 27,614$; $W > 0,999$; $\eta^2 = 0,715$; $p = 0,001$). Entretanto não foram identificados efeitos de interação entre os fatores Tempo e Repetição para as variáveis ativação nas três porções: VM ($F_{1,35} = 1,045$; $W = 0,705$; $\eta^2 = 0,087$; $p = 0,412$) (GRAF. 14), RF ($F_{1,35} = 0,392$; $W = 0,260$; $\eta^2 = 0,034$; $p = 0,986$) (GRAF. 15) e VL ($F_{1,35} = 1,231$; $W = 0,794$; $\eta^2 = 0,101$; $p = 0,244$) (GRAF. 16).

Gráfico 14 – Comparação entre os comportamentos EMG do VM entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 1:5)

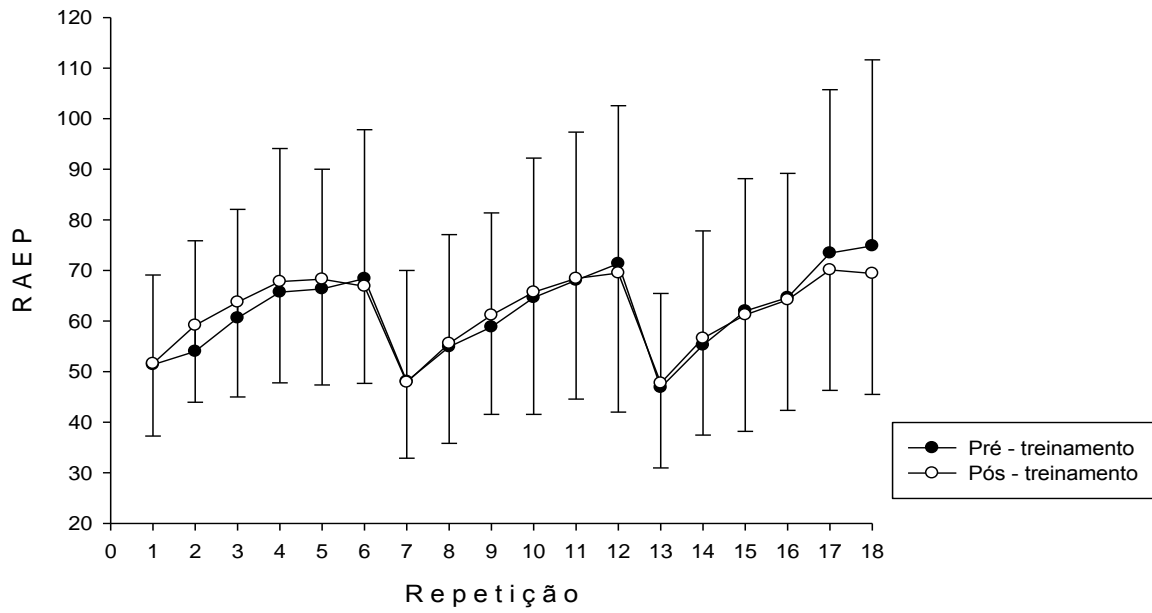


Gráfico 15 – Comparação entre os comportamentos EMG do RF entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 1:5)

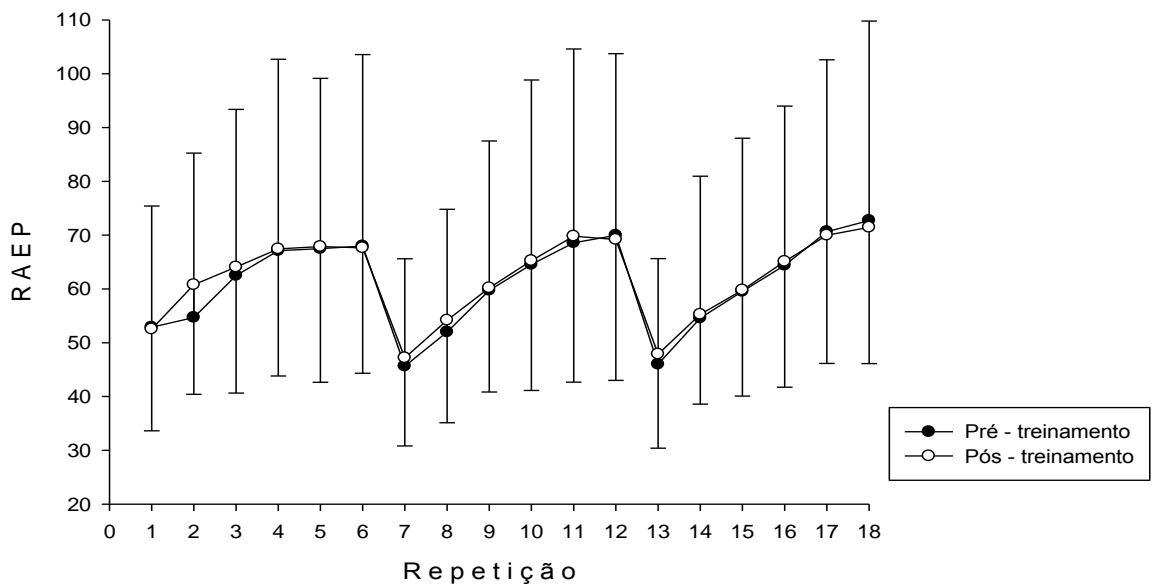
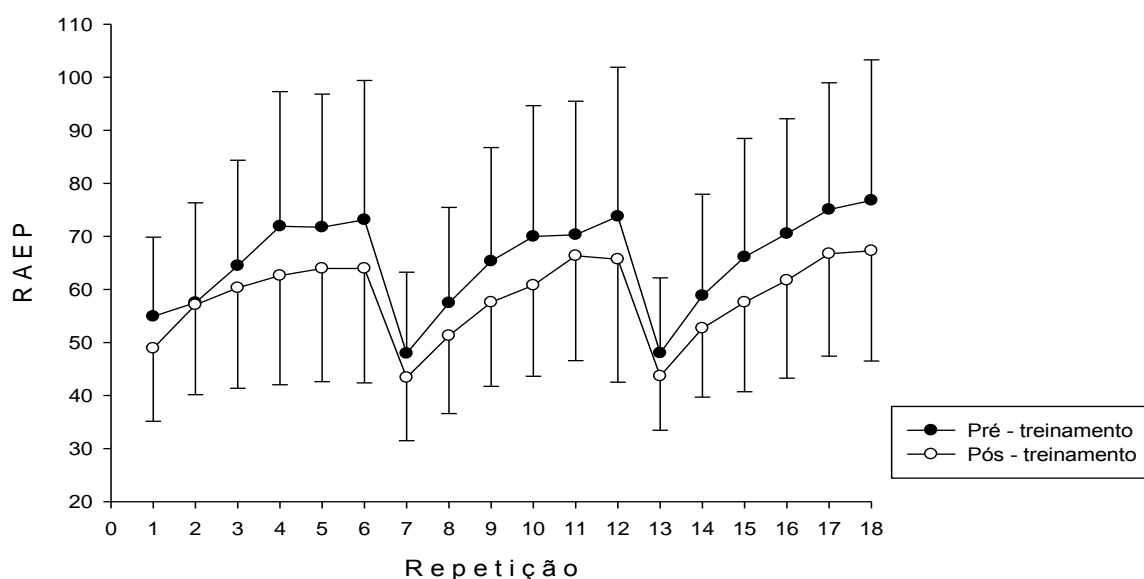


Gráfico 16 – Comparação entre os comportamentos EMG do VL entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 1:5)



6.4.2 – Relações das ativações entre as porções (RAEP`s)

Foi encontrado um efeito principal de Tempo significativa para a RAEP VL/RF ($F_{1,35} = 6,502$; $W = 0,642$; $\eta^2 = 0,372$; $p = 0,027$). Contudo, o ANOVA *two way* com medidas repetidas não identificou interação significativa entre os fatores Tempo e Repetição para nenhuma das RAEP`s: VM/VL ($F_{1,35} = 1,002$; $W = 0,681$; $\eta^2 = 0,083$; $p = 0,458$) (GRAF. 17) , VM/RF ($F_{1,35} = 0,645$; $W = 0,444$; $\eta^2 = 0,055$; $p = 0,852$) (GRAF. 18) e VL/RF ($F_{1,35} = 1,428$; $W = 0,865$; $\eta^2 = 0,115$; $p = 0,127$) (GRAF. 19).

Gráfico 17 – Comparação entre os comportamentos da RAEP VM/VL entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 1:5)

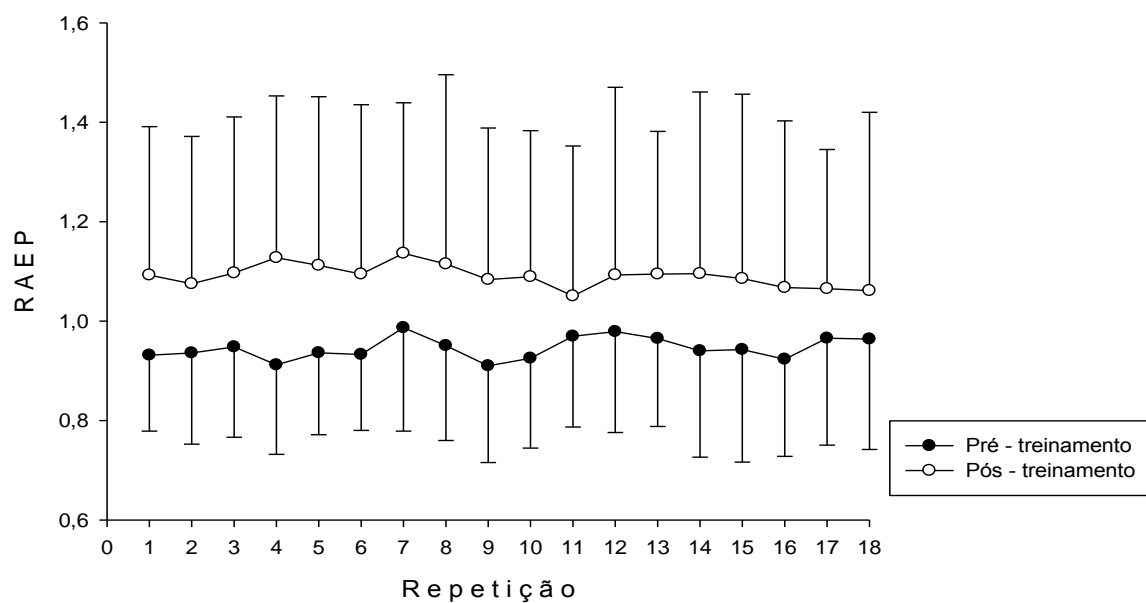


Gráfico 18 – Comparação entre os comportamentos da RAEP VM/RF entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 1:5)

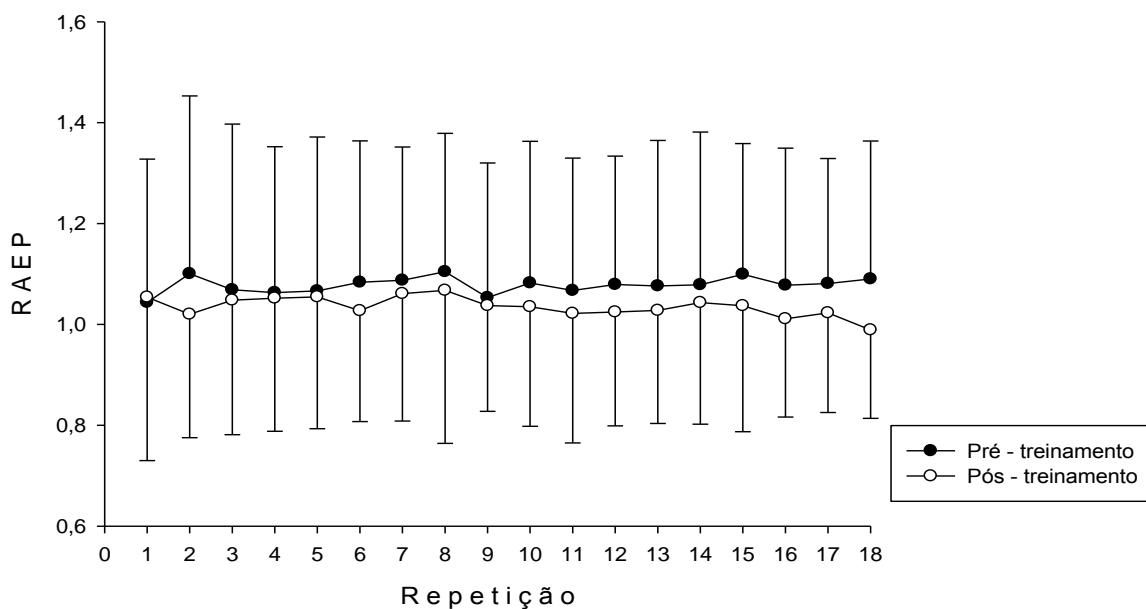
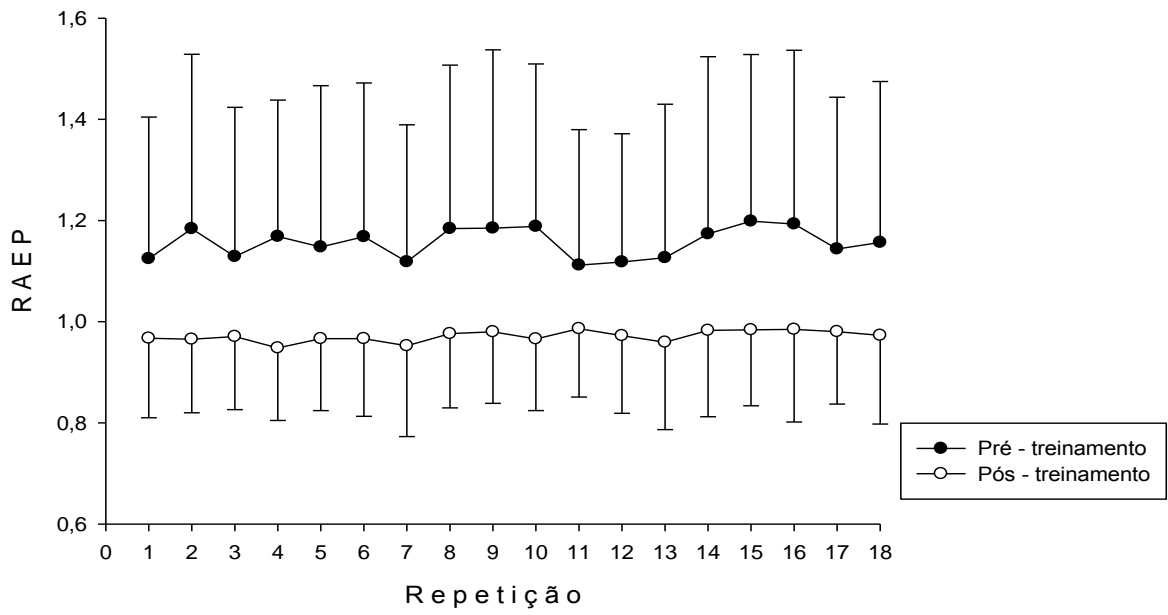


Gráfico 19 – Comparação entre os comportamentos da RAEP VL/RF entre o pré e o pós-treinamento (Grupo 1:5)



7. DISCUSSÃO

7.1 – Ativação (EMG)

Este trabalho objetivou investigar o efeito de 10 semanas de treinamento de força no exercício extensor de joelhos em protocolos diferenciados pela duração das ações musculares (1:5, 3:3 e 5:1), sobre a resposta EMG das porções VM, RF e VL, através da comparação das repetições equivalentes nas três séries entre o pré e o pós-treinamento. Assim, objetivou-se estudar o fenômeno adaptativo de maneira diferente do que vem sendo praticado em outros estudos, já que suas metodologias visam comparar as ativações médias do protocolo antes e após um período de treinamento.

Após a comparação das repetições equivalentes entre o pré e pós-treinamento, o protocolo executado pelo grupo 5:1 resultou na redução da atividade EMG das três porções estudadas, sendo que tanto o VL quanto o RF mostraram um maior número de repetições com quedas em suas ativações. Estas diferenças se concentraram na metade final de cada uma das 3 séries. O VM apresentou queda em sua ativação praticamente nas duas últimas repetições da série 3. Já no protocolo 3:3, o VM apresentou diferenças entre as repetições equivalentes com uma queda em sua ativação nas repetições finais de cada série. O RF apresentou diferenças concentradas apenas na metade final da série 3 e não foram encontradas diferenças para o VL entre as repetições equivalentes quando as condições pré e pós-treino foram comparadas. Nenhuma das porções alterou sua ativação em resposta ao protocolo 1:5.

No presente estudo, a progressão da carga de treinamento foi baseada apenas no aumento do volume por meio do acréscimo no número de séries (1ª e 2ª semanas: 3 séries de 6 repetições; 3ª e 4ª semanas: 4 x 6; 5ª à 10ª semanas: 5 x 6). Porém, sabe-se que indivíduos destreinados suportam e assimilam aumentos concomitantes no volume e na intensidade nos períodos iniciais do treinamento (KRAEMER; RATAMESS, 2004) e isto faz menção a dois princípios do treinamento: o da carga crescente e o da sobrecarga (GROSSER; BRÜGGEMANN; ZINTL, 1989). Este último, de acordo com Enoka (2000), implica na necessidade de se exceder um percentual relativo de força para que uma resposta adaptativa possa ocorrer. Assim, com base nos resultados, mesmo com o ganho de força obtido com

os protocolos adotados no presente estudo (TAB. 3) e, provavelmente, de hipertrofia ao longo das 10 semanas, apenas o aumento do número de séries (de 3 no início para 5 no final) e a concomitante manutenção da intensidade relativa (50% de 1RM), do número de repetições (6 rep) e pausa (3 min), parece sugerir que a demanda da tarefa ao final do período não acompanhou o aprimoramento do estado de treinamento das voluntárias ao longo das sessões, principalmente no protocolo 1:5. Adiciona-se a isto o fato de que foram analisadas somente as 3 séries iniciais no pós-treinamento, quando as voluntárias já realizavam um total de 5 séries, o que pode reforçar a ideia de que o pós-teste foi realizado em uma condição de redução da demanda sobre as voluntárias, conforme exposto anteriormente.

Os testes pré e pós-treinamento foram representados, respectivamente, pela primeira sessão e pelas 3 séries iniciais da última sessão de treinamento. Assim, a manutenção de um mesma configuração da carga de treinamento para ambas as condições de teste, implicou, após as 10 semanas, em um menor recrutamento de unidades motoras (UM`s) e uma concomitante melhora na sincronização deste recrutamento para a geração de uma mesma força relativa após um treinamento crônico (DUCHATEAU; SEMMLER; ENOKA, 2006). Adicionalmente, espera-se que após um treinamento de força de 10 semanas seja identificado hipertrofia das fibras musculares, já que estudos que investigaram essa temática em prazos menores verificaram aumento da área de secção transversa dos músculos envolvidos (EARP *et al.*, 2015). Sendo assim, a queda na atividade EMG na condição pós-treino revelou uma adaptação ao treinamento. Entretanto, a maioria dos estudos utiliza testes com exigências máximas de força em protocolos agudos ou crônicos, como o teste de CIVM, por exemplo. Duchateau, Semmler e Enoka (2006) complementam que sob exigência máxima de força o aumento da amplitude EMG é justificado pelo recrutamento de um maior número de UM`s acompanhado de um aumento na sincronização desses recrutamentos e que se reflete no aumento do desempenho. Assim, tanto a redução da ativação, diagnosticada por um teste caracterizado por uma menor exigência de força, quanto o seu aumento, mensurado por um teste máximo, representam respostas adaptativas ao treinamento. Adicionalmente, a maioria dos trabalhos que investigou esta temática comparou as ativações médias do protocolo entre as condições pré e pós-treino. Logo, pode ser

sugerido que esta análise entre repetições equivalentes pode permitir um detalhamento no registro EMG não identificado na análise por médias do protocolo.

7.1.1 – Grupo 5:1

O protocolo executado pelo grupo 5:1 provocou diminuições nas ativações do VM, RF e VL após as 10 semanas de treinamento quando as repetições equivalentes foram comparadas entre o pré e o pós-treinamento. Estes resultados demonstraram que o VL e o RF apresentaram maiores adaptações ao protocolo que o VM, já que suas ativações sofreram quedas significantes nas repetições pertencentes à segunda metade de cada uma das três séries executadas (GRAF. 3 e 4). Já o VM concentrou a diminuição de sua ativação no final da última série apenas (GRAF. 5).

A identificação das diferenças nas metades finais de cada série pode respaldar a suposição de que as voluntárias foram submetidas a um considerável aumento na demanda de força nas repetições finais. Embora não investigado no presente trabalho, pode ser esperado um aumento no sinal EMG no decorrer das repetições em uma série (PINCIVERO *et al.*, 2006; AHTIAINEN; HÄKKINEN, 2009). Este comportamento pode estar relacionado tanto à diminuição da frequência de disparo dos potenciais de ação das UM`s quanto ao aumento no recrutamento de UM`s que contribuem para o crescimento da amplitude do sinal EMG à medida que a demanda de força aumenta e o desgaste físico se torna cada vez maior no decorrer do tempo (MERLETTI; PARKER, 2004) ou das repetições. Entretanto, a necessidade do aumento no recrutamento destas UM`s na condição pós-treinamento diminui em razão da melhora do drive neural (maior sincronização e frequência de ativação). Assim, a magnitude do crescimento da amplitude do sinal EMG nas repetições equivalentes de cada série no pós-treino é menor que no pré-treino, sugerindo que esta mesma tarefa exigiu menos esforço das voluntárias após as 10 semanas. Assim, no presente estudo pode ser sugerido que, apesar da manutenção da mesma intensidade ao longo do período e da análise das 3 séries iniciais somente, a realização da ação concêntrica em 5s pode ter resultado em uma demanda significativa sobre as voluntárias, conduzindo a efeitos adaptativos ao longo do período de treinamento. Logo, a identificação de quedas na atividade EMG das porções nos finais das três séries, quando as condições pré-pós foram

comparadas, podem indicar sinais desta adaptação à esta maior demanda, uma vez que, para uma mesma intensidade e volume, menor magnitude do sinal EMG foi identificado.

Os resultados de Pincivero *et al.* (2006) mencionados anteriormente identificaram respostas diferenciadas para as ações concêntrica, isométrica e excêntrica entre as porções VM, VL e RF para um protocolo de extensão de joelhos. Porém, este estudo analisou série única e não determinou durações das ações musculares, o que dificulta, em parte, comparações com os resultados do nosso estudo. Contudo, os resultados encontrados por estes autores mostraram algumas diferenças nas respostas entre as porções e o fato destas diferenças terem sido identificadas na metade final de cada série pode ser em razão do aumento da demanda de força nas repetições finais.

7.1.2 – Grupo 3:3

Para o protocolo caracterizado por durações das ações concêntricas e excêntricas semelhantes (3:3), a ativação do VM mostrou quedas significantes nas repetições correspondentes às metades finais de cada série no pós-teste (GRAF. 6), enquanto que o RF apresentou uma diminuição consistente em sua ativação apenas no final da última série (GRAF. 7). O VL, entretanto, não apresentou diferenças nas respostas EMG entre o pré e pós-treinamento entre as repetições equivalentes. Embora as três porções tivessem se submetido às mesmas configurações de volume, intensidade e pausa, parece que os 3s tanto de ação concêntrica quanto da excêntrica fizeram com que o sistema neuromuscular estimulasse respostas específicas de cada porção. A identificação de quedas na atividade EMG em um maior número de repetições para o VM revela que esta porção se mostrou mais adaptável à configuração da carga de treinamento adotada no protocolo 3:3 em comparação às demais porções.

Com relação aos comportamentos do VM e VL, resultados semelhantes (FRANKE *et al.*, 2014) e contraditórios (HATZEL *et al.*, 2012) aos nossos achados são encontrados na literatura. Em um estudo agudo, Hatzel *et al.* (2012) identificaram aumentos na atividade EMG do VM, RF e VL em resposta à um protocolo de treinamento de força que apresentava a mesma DA adotada no presente estudo para o protocolo 3:3 (3s CON e 3s EXC). Seus resultados não

confirmam os nossos achados principalmente pelas respostas apresentadas pelo VL. No trabalho de Hatzel *et al.* (2012), esta porção apresentou aumento em sua ativação, diferentemente do presente estudo. Adicionalmente, a configuração do protocolo adotada por estes autores, que consistia em série única de 10 repetições e uma intensidade de 60% de 1RM, pode ter implicado em ajustes neuromusculares diferentes das 3 séries de 6 repetições à 50% de intensidade adotados no protocolo 3:3. Adicionalmente, além destes autores terem adotado uma intervenção aguda, não analisaram as respostas EMG utilizando comparações pré-pós utilizando as repetições como unidades de medida. Assim, a comparação das médias das respostas EMG antes e depois da execução do protocolo agudo podem não reproduzir as mesmas respostas encontradas em uma análise comparativa de repetições equivalentes entre o pré e o pós-treinamento.

Por outro lado, resultados semelhantes aos do presente estudo foram encontrados por Franke *et al.* (2014). Estes autores, embora tenham comparado as médias gerais das ativações entre o pré e o pós-treinamento, verificaram um aumento na ativação do VM após 12 semanas de treinamento excêntrico isocinético à uma velocidade de movimento de 60°/s (~ 1s). O VL não apresentou diferença em sua atividade EMG. Apesar do protocolo de teste adotado por estes autores ter sido baseado em CIVM's (esforço máximo) e o protocolo de treinamento ser caracterizado por ações isocinéticas excêntricas, seus achados não diferiram, sob o ponto de vista adaptativo, dos resultados apresentados no presente estudo. Isso significa que os protocolos de ambos os estudos promoveram adaptações neuromusculares sobre o VM mas não sobre o VL. De acordo com Duchateau, Semmler e Enoka (2006) sob exigência máxima de força, o aumento da amplitude EMG após um longo período de treinamento é justificado pelo recrutamento de um maior número de UM's rápidas acompanhado de um aumento na sincronização desses recrutamentos. Da mesma forma, sob a influência de um mesmo percentual da intensidade (esforço submáximo), seria identificado um menor recrutamento de UM's atrelado a uma melhora na sincronização deste recrutamento para a geração de uma mesma força relativa no pós-treinamento (DUCHATEAU; SEMMLER; ENOKA, 2006). Portanto, em um estudo crônico, tanto o aumento da atividade EMG do VM constatado por Franke *et al.* (2014) através de um teste de esforço máximo quanto a queda desta ativação em resposta a um teste caracterizado por uma menor

exigência de força, como a identificada no presente trabalho, podem representar adaptações neuromusculares ao treinamento. Entretanto, o fato dos resultados de ambas as intervenções terem apontado efeitos adaptativos para o VM e não para o VL, não significa que os mecanismos neuromusculares foram modulados da mesma maneira nos dois estudos, já que o protocolo 3:3 foi caracterizado por ações musculares mais lentas (3:3), enquanto aquele escolhido por Franke *et al.* (2014) exigia ações excêntricas mais rápidas (~ 1s). Além disso, o protocolo de treinamento adotado por estes autores, quando comparado ao do presente estudo, apresentou maior intensidade relativa (máxima), tarefa diferente (ações excêntricas), uma ação muscular três vezes mais rápida (~ 1s), um maior número de repetições (10) e de semanas de treinamento (12). Contudo, parece que ambos os protocolos crônicos estimularam a melhora na sincronização dos disparos dos potenciais de ação e no recrutamento das UM`s. Além disso, pode ser esperado que tanto um período de 10 quanto um de 12 semanas de treinamento sejam capazes de promover hipertrofia das fibras musculares, já que este tipo de adaptação já fora constatada em períodos menores (EARP *et al.*, 2015). Este fator morfológico pode também ter contribuído para um menor recrutamento de UM`s em resposta a uma mesma exigência de força relativa no pós-treinamento, já que o aumento da secção transversa da fibra muscular implicaria em um aumento na sua capacidade de gerar força (ENOKA, 2000). Contudo, ao investigarmos detalhadamente o comportamento EMG através da análise das repetições equivalentes, permitiu a identificação de diferenças nas últimas repetições, ou seja, as quedas nas ativações foram detectadas nas repetições que representariam um maior desgaste neuromuscular. Entretanto, o fato de Franke *et al.* (2014) não analisarem as respostas EMG dentro de cada repetição impede a possibilidade de sugerirmos que o mecanismo responsável pela adaptação destas mesmas porções tenha sido o mesmo do presente trabalho. Além disso, parece que a capacidade de cada uma das porções em desempenhar mais de uma função (NORKIN; LAVANGIE, 1992; MATHESON *et al.*, 2001; BEVILÁQUA-GROSSI *et al.*, 2004), pode interferir nas respostas à estímulos específicos como este apresentado pelo protocolo executado pelo grupo 3:3.

O presente estudo buscou eliminar movimentos acessórios, como a extensão do quadril, fixando os voluntários no banco com um cinto. Porém, movimentos mínimos indesejados podem acontecer principalmente nas repetições

finais de cada série em razão do aumento do desgaste durante o exercício. De acordo com Yamashita (1988), a capacidade de um músculo biarticular em conectar os movimentos de duas articulações pode provocar uma diminuição na sua atividade EMG e um concomitante aumento da ativação de um sinergista monoarticular. Este autor investigou agudamente as ativações do VM, RF, glúteo máximo e semimembráceo em três exercícios isométricos: 1) extensão de quadril, 2) extensão de joelhos e 3) extensão de quadril + extensão de joelhos. Seus resultados apontaram para uma maior atividade EMG do VM nas extensões isométricas combinadas de joelho e quadril do que durante a extensão isométrica do joelho isoladamente. Já o RF apresentou uma ativação inferior nas extensões isométricas combinadas de joelho e quadril quando comparadas às extensões isoladas do joelho. Estes resultados respaldam nossos achados. Parece que tanto a utilização do cinto fixado ao banco quanto as orientações dadas às voluntárias para manutenção da estabilidade do quadril, não evitaram que um movimento de extensão do quadril, mesmo que mínimo, fosse executado enquanto a ação dinâmica na articulação do joelho era executada. Portanto, parece que o estímulo gerado pelo protocolo praticado pelo grupo 3:3 pode ter exercido influência sobre a combinação entre as ações dinâmicas de extensão de joelhos e as isométricas (ou minimamente dinâmicas) de extensão do quadril promovendo respostas diferenciadas entre o VM e o RF.

7.1.3 – Grupo 1:5

Embora o protocolo praticado pelo grupo 1:5 tenha provocado aumento de força nas voluntárias, não foram detectadas diferenças nas ativações das três porções entre as condições pré e pós-treinamento quando as repetições equivalentes foram comparadas. Se por um lado deve-se considerar que ações concêntricas de 1s se assemelhem às execuções mais espontâneas praticadas diariamente e esta característica poderia ter contribuído para que o sistema nervoso lidasse com um fator já conhecido, eliminando a necessidade de se adaptar à um novo movimento, por outro, o fato da DA concêntrica praticada pelas voluntárias durante o treinamento (1s) ser próxima daquela praticada no teste de 1RM pode ter contribuído para que houvesse um aumento no desempenho de força deste grupo.

Este último fator indica que houve adaptação neuromuscular mas que a análise por repetições equivalentes não foi capaz de detectá-las.

Embora se constate na literatura que movimentos com diferentes velocidades gerem diferentes padrões de recrutamento de UM's nas porções do quadríceps (TRAVNIK; PERNUS; ERZEN, 1995) e ações concêntricas rápidas promoveriam alterações nas ativações do VM, RF e VL (MATHESON *et al.*, 2001; HATZEL *et al.*, 2012), as magnitudes tanto da intensidade quanto do número de repetições adotados nestes trabalhos foram superiores aos executados pelo grupo 1:5. Contudo, sabe-se que para uma mesma exigência de força relativa, a ação excêntrica apresenta maior variabilidade do sinal EMG que a concêntrica (ENOKA, 2000). Assim, o fato da maior parte da duração da repetição se concentrar na ação excêntrica (5s) pode ter representado respostas EMG mais baixas, já que esta ação muscular exige uma menor demanda de força para uma mesma intensidade. Adicionalmente, Goto *et al.* (2009) verificaram que um protocolo caracterizado por uma DA concêntrica de 1s e uma excêntrica de 5s provocou menores concentrações de lactato sanguíneo que outro protocolo que apresentava 5s de ação concêntrica e 1s de excêntrica. Assim, a configuração do protocolo praticado pelo grupo 1:5 não foi capaz de promover adaptações neuromusculares nas porções quando as repetições equivalentes foram comparadas.

7.2- Relação entre ativações (RAEP`s)

Foram constatadas diferenças nas Relações das Ativações entre Porções (RAEP`s) apenas no protocolo 3:3 e tais diferenças aconteceram somente para as relações VM/VL e VM/RF na segunda série, quando as repetições equivalentes foram comparadas (GRAF. 7 e 8) O fato dos protocolos 1:5 e 5:1 não alterarem as RAEP`s revelou que tanto um protocolo capaz de gerar respostas adaptativas específicas em cada uma das porções quanto o outro que não promoveu qualquer diferença entre as repetições equivalentes, não influenciou nas RAEP`s após as 10 semanas de treinamento. As relações nos permitiram inferir como as porções colaboraram sinergicamente para realizar a tarefa. Assim, apesar do comportamento EMG de cada uma das porções ter apresentado diferenças entre as condições pré e pós-treinamento, parece que a sinergia entre suas ativações foi pouco alterada.

A capacidade de contribuição de cada porção depende de vários fatores, como o comprimento no qual o músculo se encontra (ENOKA, 2000), do número de articulações envolvidas no exercício (SIGNORILE *et al.*, 1994; WRIGHT; DELONG; GELSEN, 1999), da configuração da carga de treinamento (MATHESON *et al.*, 2001; Ribeiro *et al.*, 2005; WONG; NG, 2010), da arquitetura muscular (WEINSTABL, SCHARF; FIRBAS, 1989) e do estado de treinamento do sujeito (DUCHATEAU, SEMMLER, ENOKA, 2006). Sob alta exigência de força a demanda sob o sistema neuromuscular exigirá o recrutamento de um número de UM's próximo do máximo. Entretanto, para esforços submáximos, existe a possibilidade de que as sinergias ocorram diferentemente entre situações e até entre indivíduos com o objetivo de manter a eficiência da tarefa (ENOKA, 2000). Assim, embora haja evidências de que exercícios monoarticulares possam resultar em influência limitada sobre o sinergismo entre músculos (MATHESON *et al.*, 2001), outros fatores como as características da carga de treinamento poderiam promover alterações na sinergia muscular mesmo em exercícios desta natureza (SIGNORILE *et al.*, 1994; WRIGHT; DELONG; GELSEN, 1999). Contudo, nossos achados revelam, através da RAEP, que a característica monoarticular do banco extensor de joelhos pode ter sido o principal fator que restringiu mudanças nas RAEP's ao longo do treinamento. As limitações dos graus de liberdade apresentados pelo exercício no banco extensor de joelhos parece ter estabelecido maior influência sobre a sinergia intermuscular do que a combinação entre as configurações dos protocolos de treinamento e a arquitetura de cada uma das porções. Este resultado permite inferir que a cooperação entre as porções para a execução de uma mesma tarefa antes e após 10 semanas de treinamento não foi afetada pelas diferentes durações, sugerindo, através da comparação das repetições equivalentes entre as condições pré-pós, que não houve necessidade de alterações significativas na sinergia entre as porções para a melhora na eficiência da execução do exercício.

As diferenças identificadas no protocolo 3:3 para as relações VM/VL e VM/RF parecem refletir os comportamentos bem distintos apontados pelas três porções após o treinamento. O VM apresentou alta responsividade ao protocolo, o RF mostrou uma resposta EMG moderada e o VL não apresentou adaptabilidade quando as repetições equivalentes foram comparadas. Parece que esta discrepância de comportamentos pode ter influenciado a sinergia entre o VM e as

demais porções. Sabe-se que em indivíduos destreinados o padrão de disparo dos potenciais de ação são assíncronos e a coordenação entre os músculos pode variar no decorrer do tempo (DUCHATEAU; SEMMLER; ENOKA, 2006). O sinal EMG apresenta alta variabilidade pelo fato de ser bastante sensível tanto à mudança do comprimento muscular durante o movimento (BASMAJIAN; DE LUCA, 1985) quanto às variações dos potenciais de ação (DUCHATEAU, SEMMLER, ENOKA, 2006). A relação de causa-efeito entre o estímulo externo e esta variabilidade na resposta EMG é refletida pelas constantes mudanças tanto na taxa de disparo dos potenciais de ação das UM's quanto no recrutamento destas unidades. Assim, acredita-se que a análise EMG de uma sequência de ações musculares concêntricas e excêntricas pode ter registrado dados com considerável variabilidade já que os diversos mecanismos fisiológicos, mediados pelo comando central, estariam respondendo de maneira diferente a cada repetição, principalmente por se tratar de indivíduos destreinados. Entretanto, mesmo com estes argumentos, não parece possível explicar satisfatoriamente o aparecimento das diferenças apenas na série intermediária (série 2) utilizando a metodologia adotada no presente estudo. E diante do volume de dados comparados, estas poucas diferenças podem respaldar a hipótese de que o limitado grau de liberdade oferecido pelo equipamento extensor de joelhos e a moderada carga de treinamento apresentada pelos protocolos investigados contribuíram para que o sinergismo entre as porções não fosse alterado.

7.3- Limitações do estudo

- Cada protocolo de treinamento foi executado por um grupo específico de voluntárias e os testes diagnósticos utilizados para a avaliação do desempenho neuromuscular foram representados pela primeira e última sessões de treinamento de cada protocolo. Este desenho inviabilizou a comparação das respostas entre os grupos.
- Embora os voluntários estivessem fixados ao banco por meio de um cinto, movimentos indesejados de extensão do quadril podem ter ocorrido principalmente nas repetições finais de cada série em razão do aumento do desgaste durante o exercício. Além disso, parece que este fator influenciou diferentemente os grupos experimentais.

- Nossos achados sugerem que não apenas a melhora no *drive-neural* tenha contribuído para a identificação das respostas adaptativas pois é possível também que as fibras musculares tenham hipertrofiado. Entretanto, como a variável hipertrofia não fora investigada neste estudo, não se pode afirmar se o fenômeno ocorrera ou não.

8. CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu concluir que os três protocolos caracterizados por uma mesma configuração da carga de treinamento, mas com diferentes durações das ações musculares, promovem respostas neuromusculares específicas sobre as porções VM, VL e RF através da comparação de repetições equivalentes entre o pré e o pós-treinamento de 10 semanas. A hipótese 1 foi parcialmente confirmada já que as diferenças foram identificadas apenas nas repetições pertencentes à metade final das séries, indicando que o aumento na demanda de força nas repetições finais pode ter representado o principal estímulo para que as adaptações acontecessem. Especificamente, o protocolo praticado pelo grupo 5:1 promoveu respostas adaptativas em todas as porções, sendo que para o VL e o RF foram identificadas quedas nas ativações em um número maior de repetições. O protocolo executado pelo grupo 3:3 promoveu adaptações nas porções VM e RF mas não no VL, com o VM demonstrando diferenças em praticamente todas as repetições pertencentes à metade final das três séries. Nenhuma diferença foi constatada no grupo 1:5 quando as repetições equivalentes foram comparadas. Concluímos também que os protocolos de treinamento e seus respectivos testes diagnósticos não foram capazes de confirmar a hipótese 2, pois os resultados obtidos através do cálculo das Relações das Ativações entre as Porções (RAEP`s) ocorreram apenas na série 2 do grupo 3:3. Adicionalmente, embora os grupos experimentais não fossem comparados neste estudo, há indícios de que os três protocolos promoveriam diferentes adaptações nas porções do quadríceps. Assim, sugere-se que métodos mais adequados à análise desta temática sejam posteriormente empregados em estudos que objetivem investigar a influência de diferentes configurações da carga de treinamento sobre as ativações e RAEP`s utilizando as repetições como unidades de medida.

REFERÊNCIAS

AHTIAINEN, J.P.; HAKKINEN, K. Strength athletes are capable to produce greater muscle activation and neural fatigue during high-intensity resistance exercise than nonathletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, v.23, n.4, p.1129–34, 2009.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM) **ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription**. 6ª edição, Lippincott, Williams & Wilkins: Philadelphia, 2000.

AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (ACSM). Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.41, n.3, p.687-708, 2009.

ANDERSEN, L.L.; MAGNUSSON, S.P.; NIELSEN, M.; HALEEM, J.; POULSEN, K.; AAGAARD, P. Neuromuscular Activation in Conventional Therapeutic Exercises and Heavy Resistance Exercise: Implications for Rehabilitation. **Physical Therapy**, v.86, p. 683-97, 2006.

BASMAJIAN, J.V.; DE LUCA, C.J. *Muscles alive: their functions revealed by electromyography* (5), **Williams and Wilkins**, ISBN 068300414X, Baltimore, 1985.

BEVILAQUA-GROSSI, D.; MONTEIRO-PEDRO, V.; BÉRZIN, F. Functional analysis of the patellar stabilizers. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 12, n. 2, p. 99-104, 2004.

BHATT, A.; Khan, M.H. Preferential vastus medialis oblique activation and its effectiveness in patellofemoral pain syndrome: A review of literature-an update. **Saudi Journal of Sports Medicine**, v. 15, n. 2, p. 117, 2015.

BILODEAU, M. et al. EMG frequency content changes with increasing force and during fatigue in the quadriceps femoris muscle of men and women. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 13, n. 1, p. 83-92, 2003.

BIRD, S.P.; TARPENNING, M.K.; MARINO, F.E. Designing Resistance Training Programmes to Enhance Muscular Fitness: A Review of the Acute Programme Variables. **Sports Medicine**, v.35, n.10, p.841-851, 2005.

BLEY, A.S.; FONSECA, D. B.; DE LOS SANTOS, M. D. P.; RODRIGUES, A. Atividade mioelétrica máxima dos músculos vasto medial oblíquo e vasto lateral em cadeia cinética aberta e fechada. **Ter. Man.**, v.9, n. 43, p. 197-201, 2011.

CAVAZZUTI, L. Merlo, A., Orlandi, F., & Campanini, I. Delayed onset of electromyographic activity of vastusmedialisobliquus relative to vastuslateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome. **Gait&posture**, v. 32, n. 3, p. 290-295, 2010.

CALLEGARI-JACQUES, S. Bioestatística: princípios e aplicações. **Artmed Editora S.A.**, Porto Alegre, Brasil, 2003.

CERNY, K. Vastus medialis oblique/vastus lateralis muscle activity ratios for selected exercises in persons with and without patellofemoral pain syndrome. **Physical Therapy**, v. 75, n. 8, p. 672-683, 1995.

CHAGAS, M.H.; LIMA, F.V. **Musculação: Variáveis Estruturais – Programas de Treinamento – Força Muscular**. Belo Horizonte: Sigla Comunicação, 3ª Ed, 2015.

CHANG, W.; HUANG, W. S.; LEE, C. L.; LIN, H. Y.; LAI, P. T. Effects of open and closed kinetic chains of sling exercise therapy on the muscle activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis. **Journal of physical therapy science**, v. 26, n. 9, p. 1363, 2014.

CHOI, B. Activation of the vastus medialis oblique and vastus lateralis muscles in asymptomatic subjects during the sit-to-stand procedure. **Journal of physical therapy science**, v. 27, n. 3, p. 893-895, 2015.

COBURN, J.W.; HOUSH, T.J.; CRAMER, J.T.; WEIR, J.P.; MILLER, J.M.; BECK, T.W.; MALEK, M.H.; JOHNSON, G.O. Mechanomyographic and electromyographic responses of the vastus medialis muscle during isometric and concentric muscle actions. **J. Strength Cond**, v. 19: 412, 2005.

COSTA, C.G. Efeito de protocolos de treinamento com diferentes durações das ações musculares na resposta eletromiográfica. **Dissertação** (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais, 2012.

COWAN, S.M.; BENNELL, K. L.; HODGES, P. W.; CROSSLEY, K. M.; MCCONNELL, J. Delayed onset of electromyographic activity of vastus medialis obliquus relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 82, n. 2, p. 183-189, 2001.

CRAMER, J.T.; HOUSH, T.J.; JOHNSON, G.O.; EBERSOLE, K.T.; PERRY, S.R.; BULL, A.J. Mechanomyographic and electromyographic response of the superficial muscles of the quadriceps femoris during maximal, concentric isokinetic muscle actions. **Isok. Exerc. Sci**, p. 8:109, 2000.

CROCE, R.V.; MILLER, J.P.; SMITH, W.J.; HORVAT, M. Surface electromyographic alterations of the knee extensor musculature based on contraction intensity and velocity. **Isokinetics and Exercise Science**, v. 20, n. 3, p. 155-165, 2012.

CROCE, R.; MILLER, J.; CHAMBERLIN, K.; FILIPOVIC, D.; SMITH, W. Wavelet analysis of quadriceps power spectra and amplitude under varying levels of contraction intensity and velocity. **Muscle & nerve**, v. 50, n. 5, p. 844-853, 2014.

CROCE, R.V.; MILLER, J.P. Angle-and velocity-specific alterations in moment and semg activity of the quadriceps and hamstrings during isokinetic extension-flexion movements. **Electromyogr. Clin. Neurophysiol**, p. 46-83, 2006.

DALLEAU G.; BARON, B.; BONAZZI, B.; LEROYER, P.; VERSTRAETE, T.; VERKINDT, C. The influence of variable resistance moment arm on knee extensor performance. **Journal of Sports Science**, v.28, n.6, p.657-65, 2010.

DANCEY, C.P.; REIDY, J. *Estatística sem matemática para psicologia*. Porto Alegre: Artmed, 608p, 2006.

De Luca C. Electromyography. In: Webster JG, editor. Encyclopedia of medical devices and instrumentation. Boston (MA): **John Wiley & Sons**, p. 98–109, 2006.

DINIZ, R. C. R.; MARTINS-COSTA, H.C., MACHADO, S. C.; LIMA, F. V.; CHAGAS, M. H. Repetition duration influences ratings of perceived exertion. **Perceptual and Motor Skills**. v.118, n.1, p.261 - 273, 2014.

DUCHATEAU, J.; SEMMLER, J. G.; ENOKA, R. M. Training adaptations in the behavior of human motor units. **Journal of Applied Physiology**, v. 101, n. 6, p. 1766-1775, 2006.

EARP, J.E.; Newton, R.U.; Cormie, P.; Blazevich, A.J. The influence of loading intensity on muscle–tendon unit behavior during maximal knee extensor stretch shortening cycle exercise. **European journal of applied physiology**, v. 114, n. 1, p. 59-69, 2014.

EARP, J. E.; NEWTON, R. U., CORMIE, P.; BLAZEVIK, A. J.. Inhomogeneous Quadriceps Femoris Hypertrophy in Response to Strength and Power Training. **Medicine and science in sports and exercise**, 2015.

EKSTROM, R.A.; OSBORN, R.W.; GOEHNER, H.M.; MOEN, A.C.; OMMEN, B.M.; MEFFERD, M.J.; *et al.* Electromyographic normalization procedures for determining exercise intensity of closed chain exercises for strengthening the quadriceps femoris muscles. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.26, n.3, p. 766–71, 2012.

EMA, R.; WAHAHARA, T.; MIYAMOTO, N.; KANEHISA, H.; KAWAKAMI, Y. Inhomogeneous architectural changes of the quadriceps femoris induced by resistance training. **European Journal of Applied Physiology**, v.113, p.2691-703, 2013.

ENOKA, Roger M. **Bases Neuromecânicas da Cinesiologia**. 2ª ed. São Paulo, Manole, 2000.

FERREIRA, J.J.A.; CARVALHO, L.C.; ALEXANDRIA, K.C.L.; ARAÚJO, Z.T.S. Atividade Eletromiográfica dos Músculos Vasto medial oblíquo e Lateral durante Exercícios de Extensão do joelho. **In Anais**: Congresso Brasileiro de Biomecânica, 2001. Gramado, UFRGS. 1: 221-226, 2001.

FOLLAND, J.P.; HAWKER, K.; LEACH, B.; LITTLE, T.; JONES, D.A. Strength training: Isometric training at a range of joint angles versus dynamic training. *Journal of Sports Sciences*, v.23, n.8, p.817 – 824, 2005.

FRANKE, R.A.; BARONI, B.M.; RODRIGUES, R.; GEREMIA, J. M.; LANFERDINI, F. J.; VAZ, M. A. Neural and morphological adaptations of vastus lateralis and vastus medialis muscles to isokinetic eccentric training. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 20, n. 3, p. 317-324, 2014.

GOTO, K.; ISHII, N.; KIZUKA, T.; KRAEMER, R.R.; HONDA, Y.; TAKAMATSU, K. Hormonal and metabolic responses to slow movement resistance exercise with different durations of concentric and eccentric actions. **European journal of applied physiology**, v. 106, n. 5, p. 731-739, 2009.

GROSSER M.; BRÜGGEMANN, P.; ZINTL, F. **Alto rendimento deportivo. Planificación y desarrollo**. Barcelona. Espanha. Martinez Roca, 1989.

GUILHEM, G.; CORNU, C.; MAFFIULETTI, N.A.; GUEVEL, A. Neuromuscular adaptations to isoload versus isokinetic eccentric resistance training. **Med Sci Sports Exerc**, v. 45, n. 2, p. 326-35, 2013.

HATZEL, Brian M.; GLASS, Stephen C.; JOHNSON, Scott; SJOQUIST. Heather. Effects of Lift Velocity on Muscle Activation During Leg Extension. **The Open Sports Medicine Journal**, n. 6, p. 42-47, 2012.

HERTEL, J.; EARL, J.E., TSANG, K.K.W.; MILLER, S. J. Combining isometric knee extension exercises with hip adduction or abduction does not increase quadriceps EMG activity. **British journal of sports medicine**, v. 38, n. 2, p. 210-213, 2004.

JACKSON, A.S.; POLLOCK, M.L. Generalized equations for predicting body density of men. **British Journal of Nutrition**, v.40, p.497-504, 1978.

KARST, G.M.; JEWETT, P.D. Electromyographic analysis of exercises proposed for differential activation of medial and lateral quadriceps femoris muscle components. **Physical Therapy**, v. 73, n. 5, p. 286-295, 1993.

KARST, G.M.; WILLETT, G.M. Onset timing of electromyographic activity in the vastus medialis oblique and vastus lateralis muscles in subjects with and without patellofemoral pain syndrome. **Physical Therapy**, v. 75, n. 9, p. 813-823, 1995.

KRAEMER, W.J.; RATAMESS, N.A. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. **Medicine and Science in Sports and Exercise**, v.36, p.674-688, 2004.

KUBO, K.; YATA, H.; KANEHISA, H.; FUKUNAGA, T. . Effects of isometric squat training on the tendon stiffness and jump performance. **European journal of applied physiology**, v. 96, n. 3, p. 305-314, 2006.

KUBO, K.; IKEBUKURO, T.; YAESHIMA, K.; YATA, H.; TSUNODA, N.; KANEHISA, H. Effects of static and dynamic training on the stiffness and blood volume of tendon in vivo. **Journal of Applied Physiology**, v. 106, n. 2, p. 412-417, 2009.

KUSHION, D.; RHEAUME, J.; KOPCHITZ, K.; STEPHEN, G.; GORDON, A.; JANN-HUEI, J. EMG activation of the vastus oblique and vastus lateralis during four rehabilitative exercise. **Open Rehabil J**, v. 5, 1–7, 2012.

LACERDA, L.T., MARTINS-CONSTA, H.C.; DINIZ, R.C.R; LIMA, F.V.; ANDRADE, A.G.P, TOURINO, F.D.; BEMBEN, M.G.; CHAGAS, M.H. Variations in repetitions durations and repetitions numbers influence muscular activation and blood lactate response in protocols equalized by time under tension. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 30, p. 251-258, 2016.

LI, Y.; CAO, C.; CHEN, X. Similar electromyographic activities of lower limbs between squatting on a reebok core board and ground. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 27, n. 5, p. 1349-1353, 2013.

MACHADO, S.C. **Musculação e mecanismos de fadiga**. Dissertação de mestrado em Ciências do Esporte. Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional – UFMG, Belo Horizonte, 2012.

MAKHSOUS, M. O. H. S. E. N.; LIN, F. A. N. G.; KOH, J. L.; NUBER, G. R.; ZHANG, L. Q. In vivo and noninvasive load sharing among the vasti in patellar malalignment. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 36, p. 1768-1775, 2004.

MARTINS-COSTA, H.C.; DINIZ, R.C.R.; LIMA, F.V.; MACHADO, S.C.; ALMEIDA, R.S.V.; ANDRADE, A.G.P.; CHAGAS, M.H. Longer repetition duration increases muscle activation and blood lactate response in matched resistance training protocols. **Motriz**, Rio Claro, v. 22, n. 1, p. 35-41, Jan/Mar, 2016

MATHESON, J. W.; Kernozek, T. W.; Fater, D. C.; & Davies, G. J. Electromyographic activity and applied load during seated quadriceps exercises. **Medicine and science in sports and exercise**, v. 33, n. 10, p. 1713-1725, 2001.

MCCONNELL, J. Management of patellofemoral problems. **Manual therapy**, v. 1, n. 2, p. 60-66, 1996.

MERLETTI, R.; PARKER, P.A. **Electromyography: physiology, engineering, and non-invasive applications**. John Wiley & Sons, v. 11, 2004.

MILLER, J.P.; CROCE, R.V.; HUTCHINS, R. Reciprocal coactivation patterns of the medial and lateral quadriceps and hamstrings during slow, medium and high speed isokinetic movements. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 10, n. 4, p. 233-239, 2000.

NARICI, M.V. ; HOPPELER. H. ; KAYSER, B. ; LANDONI, L. ; CLAASSEN, H. ; GAVARDI, C. ; CONTI, M. ; CERRETELLI, P. Human quadriceps cross-sectional area, torque and neural activation during 6 months strength training. **Acta Physiologica Scandinavica**, v.157, p.175-186, 1996.

NEUMANN, D.A. **Cinesiologia do aparelho musculoesquelético: Fundamentos para a reabilitação física**. Rio de Janeiro, Editora Guanabara- Koogan, 2006.

NG, G.Y.F.; ZHANG, A. Q.; LI, C.K. Biofeedback exercise improved the EMG activity ratio of the medial and lateral vasti muscles in subjects with patellofemoral pain syndrome. **Journal of electromyography and kinesiology**, v. 18, n. 1, p. 128-133, 2008.

NORKIN, C.C.; LEVANGIE, P.K.. **Muscle structure and function**. In: NORKIN, C.C., LEVANGIE, P.K.. Joint structure and function: a comprehensive analysis, 1st ed., Philadelphia, Davis Company, 1992, 92-104.

NORRBRAND, L.; TOUS-FAJARDO, J.; VARGAS, R.; TESCH, P. A. Quadriceps muscle use in the flywheel and barbell squat. **Aviation, space, and environmental medicine**, v. 82, n. 1, p. 13-19, 2011.

OLSON, T. R. **Atlas de Anatomia**. Rio de Janeiro. Koogan Larrouse, p. 214, 1998.

Pincivero, D.M.; Dixon, P.T.; Coelho, A.J. Knee extensor torque, work and EMG during subjectively graded dynamic contractions. **Muscle and Nerve** 28, 54–61, 2003.

PINCIVERO, D. M., GANDHI, V., TIMMONS, M.K., COELHO, A.J. Quadriceps femoris electromyogram during concentric, isometric and eccentric phases of fatiguing dynamic knee extensions. **Journal of Biomechanics** 39, 246–254, 2006.

PINCIVERO, D. M., SALFETNIKOV, Y., CAMPY, R. M.; COELHO, A. J.. Angle-and gender-specific quadriceps femoris muscle recruitment and knee extensor torque. **Journal of biomechanics**, v. 37, n. 11, p. 1689-1697, 2004.

PINCIVERO, D. M.; COELHO, A. J.; CAMPY, R. M. Quadriceps Femoris Activation: Influence of Contraction Intensity on Neurobehaviour. **Skeletal Muscle Mechanics: From Mechanisms to Function**. 23, p. 391, 2000.

PORTNEY, L.G.; WATKINS, M.P. **Foundations of Clinical Research: Applications to Practice**. 3rd ed. Prentice Hall, 2008. P. 837-891.

RABITA, G.; PEROT, C.; LENSEL-CORBEIL, G. Differential effect of knee extension isometric training on the different muscles of the quadriceps femoris humans. **European Journal of Applied Physiology**, v.83, p.531-538, 2000.

REMAUD, A.; CORNU, C.; GUÉVEL, A. Neuromuscular adaptations to 8-week strength training: isotonic versus isokinetic mode. **European journal of applied physiology**, v. 108, n. 1, p. 59-69, 2010.

RIBEIRO, D.C.; LOSS, J.F.; CAÑEIRO, J.P.T.; LIMA, C.S.; MARTINEZ, F.G. Electromyographical analysis of the quadriceps during knee extension at different speeds. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 13, n. 4, p. 189-193, 2005.

RUDROFF, T.; POSTON, B.; SHIN, I.S.; BOJSEN-MØLLER, J.; ENOKA, R.M. Net excitation of the motor unit pool varies with load type during fatiguing contractions. **Muscle & nerve**, v. 31, n. 1, p. 78-87, 2005.

SENIAM (Surface Electromyography for the Non-Invasive Assessment of Muscle). Disponível em <<http://www.seniam.org>>. Acesso em: 9 de março de 2015.

SAKAMOTO, A.; SINCLAIR, P.J. Muscle activations under varying lifting speeds and intensities during bench press. **European Journal of Applied Physiology**, v.112, p.1015-25, 2012.

SALE, D.G. Neural adaptation to strength training *In*: **Strength and Power in Sport, Second Edition**, p. 281-314, 2003.

SAMPSON, J. A.; DONOHOE, A.; GROELLER, H. Effect of concentric and eccentric velocity during heavy-load non-ballistic elbow flexion resistance exercise. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v.17, p.306-311, 2014.

SANTTILA, M.; KYRÖLÄINEN, H.; HÄKKINEN, K. Changes in maximal and explosive strength, electromyography, and muscle thickness of lower and upper extremities induced by combined strength and endurance training in soldiers. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 23, n. 4, p. 1300-1308, 2009.

SCHOENFELD, B.J., CONTRERAS, B., WILLARDSON, J. M., FONTANA, F., TIRYAKI-SONMEZ, G. Muscle activation during low- versus high-load resistance training in well-trained men. **European Journal Applied Physiology**, v.114, p.2491-2497, 2014.

SCZEPANSKI, T.L.; GROSS, M.T.; DUNCAN, P.W.; CHANDLER, J.M. Effect of contraction type, angular velocity, and arc of motion on VMO: VL EMG ratio. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 14, n. 6, p. 256-262, 1991.

SIGNORILE, J.F.; WEBER, B.; ROLL, B.; CARUSO, J.F.; LOWENSTEYN, I.; PERRY, A.C. An electromyographical comparison of the squat and knee extension exercises. **Journal of strength and conditioning research**. v.8, n.3, p.178-183, 1994.

SODERBERG, G.L.; KNUTSON, Loretta M.A. guide for use and interpretation of kinesiologic electromyographic data. **Physical therapy**, v. 80, n. 5, p. 485-498, 2000.

SOTIROPOULOS, K.; SMILIOS, I.; CHRISTOU, M.; BARZOUKA, K.; SPAIAS, A.; DOUDA, H.; TOKMAKIDIS, S. P.. Effects of warm-up on vertical jump performance and muscle electrical activity using half-squats at low and moderate intensity. **Journal of Sports Science and Medicine**, v. 9, n. 2, p. 326-331, 2010.

SPERANDEI, Sandro. O mito da ativação seletiva do músculo vasto medial. **Rev Bras Ciencia Mov**, v. 13, n. 1, p. 109-16, 2005.

SUNG, D.H.; BANG, H.J. Motor branch block of the rectus femoris: its effectiveness in stiff-legged gait in spastic paresis. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 81, n. 7, p. 910-915, 2000.

TESCH, P.A.; EKBERG, A.; LINDQUIST, D.M.; TRIESCHMANN, J.T. Muscle hypertrophy following 5-week resistance training using a non-gravity-dependent exercise system. **Acta Physiologica Scandinavica**, v. 180, n. 1, p. 89-98, 2004.

THIRANAGAMA, R. Nerve supply of the human vastus medialis muscle. **Journal of anatomy**, v. 170, p. 193, 1990.

TIHANYI, J.; APOR, P.; FEKETE, G. Y. Force-velocity-power characteristics and fiber composition in human knee extensor muscles. **European journal of applied physiology and occupational physiology**, v. 48, n. 3, p. 331-343, 1982.

TRAVNIK, L.; PERNUS, F.; ERZEN, I. Histochemical and morphometric characteristics of the normal human vastus medialis longus and vastus medialis obliquus muscles. **Journal of anatomy**, v. 187, n. Pt 2, p. 403, 1995.

ULLRICH, B.; KLEINODER, H.; BRÜGGEMANN, G.P. **Moment-knee angle relations after specific exercise.** *International Journal of Sports Medicine*, v.30, p.293–301, 2009.

WATANABE, K.; AKIMA, H. Neuromuscular activation of vastus intermedius muscle during fatiguing exercise. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 20, n. 4, p. 661-666, 2010.

WEINSTABL, R.; SCHARF, W.; FIRBAS, W. **The extensor apparatus of the knee joint and its peripheral vasti: anatomic investigation and clinical relevance.** *Surgical and Radiologic Anatomy*, v. 11, n. 1, p. 17-22, 1989.

WERNBOM, M.; AUGUSTSSON, J.; THOMEÉ, H. **The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans.** *Sports Medicine*, v.37, n.3, p.225-264, 2007.

WONG, Y. M.; NG, G. Resistance training alters the sensorimotor control of vasti muscles. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 20, n. 1, p. 180-184, 2010.

WRIGHT, G.A.; DELONG, T.H.; GEHLSSEN, G. Electromyographic Activity of the Hamstrings During Performance of the Leg Curl, Stiff-Leg Deadlift, and Back Squat Movements. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v. 13, n. 2, p. 168-174, 1999.

ZAKARIA, D.; HARBURN, K.L.; KRAMER, J.F. Preferential activation of the vastus medialis oblique, vastus lateralis, and hip adductor muscles during isometric exercises in females. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**, v. 26, n. 1, p. 23-28, 1997.