

JOÃO GOLINO PIMENTA VIEIRA

**COMPARAÇÃO DA ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA DO MÚSCULO
PEITORAL MAIOR EM UM PROTOCOLO DE TREINAMENTO DE FORÇA
UTILIZANDO DIFERENTES PROCEDIMENTOS DE NORMALIZAÇÃO**

BELO HORIZONTE

2015

JOÃO GOLINO PIMENTA VIEIRA

**COMPARAÇÃO DA ATIVIDADE ELETROMIOGRÁFICA DO MÚSCULO
PEITORAL MAIOR EM UM PROTOCOLO DE TREINAMENTO DE FORÇA
UTILIZANDO DIFERENTES PROCEDIMENTOS DE NORMALIZAÇÃO**

Monografia apresentada ao curso de Graduação em Educação Física da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Heleno Chagas
Coorientador: Prof. Ms. Lucas Túlio de Lacerda

BELO HORIZONTE

2015

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha mãe, Margareth Golino, que sempre me motivou a fazer o que eu gostava, acima de qualquer outra coisa e sempre esteve ao meu lado me ajudando com meus apertados compromissos diários ao longo dessa trajetória, em todos os momentos difíceis que passei.

Agradeço à compreensão da minha namorada, Flávia, que sempre esteve ao meu lado me motivando, entendendo minha ausência nos momentos de estudo e nos momentos de descontração.

Ao Marcus Hoffman Jardim por ter dado minha primeira oportunidade de emprego e de aprendizado na área de treinamento. Ao Bruno Scott por ter me ensinado como ser um bom profissional dentro de qualquer ambiente de trabalho, de como lidar com pessoas, com clientes e como resolver situações inesperadas dentro do trabalho (que se transfeririam para questões cotidianas).

À Celina Toledo que me mostrou um lado completamente diferente na área de treinamento que eu não conhecia antes e ter aberto minha mente para novas oportunidades na área.

Ao Carlos Eduardo Guedes Vidal, ao Leonardo de Pádua e ao Luiz Mello por terem me dado a oportunidade de ingressar na CrossFit BH e trabalhar com o treinamento esportivo da forma que sempre quis, em um lugar onde aprendi e ainda aprendo diariamente como ser um melhor profissional em todos os aspectos.

Ao meu orientador Mauro Heleno Chagas por ter confiado a mim esse trabalho, me orientado e ter auxiliado imensamente no desenvolvimento do meu senso crítico científico e prático no treinamento esportivo.

Ao Lucas Túlio de Lacerda por fornecer as informações de sua dissertação de Mestrado, além de sua atenção e orientação para que eu pudesse realizar meu trabalho de forma adequada.

Aos amigos e familiares que me deram apoio ao longo dessa trajetória, muito obrigado!

RESUMO

Existem diferentes tipos de normalização em eletromiografia e uma discussão sobre qual procedimento de normalização seria o mais adequado para ser utilizado tem sido verificada na literatura científica. Procedimentos utilizando a contração isométrica voluntária máxima (CIVM) podem apresentar diferentes respostas eletromiográficas se comparado com procedimentos de contração submáxima, mas não se sabe até que ponto essa diferença pode interferir na interpretação de dados e na comparação entre os resultados de estudos que utilizaram diferentes procedimentos de normalização. O objetivo do presente estudo é comparar a atividade eletromiográfica entre as séries realizadas em um protocolo de treinamento de força utilizando diferentes procedimentos de normalização. Vinte e dois (22) voluntários do sexo masculino treinados em musculação, realizaram um protocolo de treinamento de força, com 3 séries de 6 repetições a 60% de uma repetição máxima (1 R.M.) de supino, com pausa de 3 minutos, e duração da repetição de 6s. Foi registrada a ativação do músculo peitoral maior durante o protocolo e foi calculada para cada série a *root mean square* da amplitude do sinal eletromiográfico (EMG_{RMS}) normalizada por contração isométrica voluntária máxima (CIVM) e por contração submáxima. Os resultados mostraram que a ativação do peitoral maior aumentou ao longo das séries do protocolo de treinamento, em ambos os procedimentos de normalização, em todas as séries, mas com maiores valores médios percentuais para a normalização por contração submáxima. Os dados mostram que independente do processo de normalização utilizado, a dinâmica da resposta eletromiográfica foi a mesma, porém com diferentes magnitudes. Assim, é possível que se possa comparar diferentes procedimentos de normalização para protocolos de treinamento de força, quando o objetivo é avaliar a dinâmica da resposta eletromiográfica, sem considerar a magnitude.

Palavras-chave: Eletromiografia. Procedimentos de Normalização. Treinamento de força. CIVM. Contração submáxima.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 MATERIAIS E MÉTODOS	9
2.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL, PROCEDIMENTOS E COLETA DE DADOS	9
2.2 CUIDADOS ÉTICOS E AMOSTRA	9
2.4 PROCEDIMENTOS E COLETA DE DADOS.....	12
2.4.1 <i>Sessões de coleta 1 e 2: Padronizações do equipamento, teste de 1RM e familiarização com o uso do metrônomo.....</i>	<i>12</i>
2.4.1.1 Padronização da posição para realização do exercício.....	13
2.4.1.2 Teste de 1RM.....	13
2.4.1.3 Familiarização ao controle da duração das ações musculares.....	14
2.4.2.1 Posicionamentos dos eletrodos para captação do sinal eletromiográfico.....	15
2.4.2.2 Procedimentos de Normalização.....	17
2.5 VARIÁVEIS MENSURADAS	18
2.5.1 <i>Duração da repetição.....</i>	<i>18</i>
2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA	19
3 RESULTADOS.....	20
4 DISCUSSÃO	22
5 CONCLUSÃO	24
REFERÊNCIAS.....	25

1 INTRODUÇÃO

A eletromiografia (EMG) é uma técnica experimental que tem como objetivo o desenvolvimento, o registro e a análise de sinais mioelétricos, que são formados por variações fisiológicas no estado das membranas das fibras musculares, que são responsáveis pela produção de força e movimento (DE LUCA, 1997). Ela é usada como uma ferramenta de avaliação em diversos campos como reabilitação (BIAÝOSZEWSKI *et al.*, 2014), treinamento de força (WATANABE *et al.*, 2014) e análises biomecânicas (SIGNORILE *et al.*, 1995) por exemplo, além de ser uma técnica que é utilizada concomitantemente com as ações musculares em diversos estudos (PIITULAINEN *et al.*, 2013; BALSHAW; HUNTER, 2011; MCCAW; MELROSE, 1999; PAOLI *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2010; RATAMESS *et al.*, 2009; SCHWANBECK *et al.*, 2009; SIGNORILE *et al.*, 1995; WRIGHT *et al.*, 1999). Essa técnica tem sido utilizada em diversas pesquisas para comparar diferenças na ativação muscular entre diferentes protocolos de treinamento de força (BURD *et al.*, 2012; LACERDA *et al.*, 2015; MCBRIDE *et al.* 2003; MCCAW; MELROSE, 1999; PAOLI *et al.*, 2009; SCHOENFELD *et al.*, 2014; TRAN *et al.*, 2006). Lacerda *et al.* (2015) buscou investigar o efeito de diferentes configurações da carga de treinamento de força para o exercício supino, na resposta eletromiográfica dos músculos peitoral maior, tríceps braquial e deltóide anterior. Um dos protocolos consistia na realização de 3 séries de 6 repetições, a 60% do R.M., com uma duração de 3:3 (ação concêntrica : ação excêntrica) e pausa de 3 minutos entre as séries. O outro consistia na realização de 3 séries de 12 repetições com o mesmo percentual do R.M., com uma duração de 1,5 : 1,5 (ação concêntrica : ação excêntrica) e pausa de 3 minutos entre as séries. Foi encontrado um aumento da atividade eletromiográfica ao longo das séries de ambos os protocolos de treinamento, com o protocolo de menor duração da repetição apresentando maior ativação para todos os músculos em todas as séries se comparado ao protocolo de maior duração da repetição, corroborando com os resultados encontrados nos estudos de Watanabe *et al.* (2014) e Walker *et al.* (2012) que reforçam a expectativa de um aumento do sinal no decorrer das séries.

Quando o objetivo é mensurar uma atividade muscular, a raiz quadrada da soma da média dos quadrados (*root mean square*) do sinal eletromiográfico (EMG_{RMS}) pode ser utilizada (BURDEN; BARTLETT, 1999). Segundo esses autores, o sinal eletromiográfico é sensível a diversas variações internas e externas, como o estado físico em que o sujeito se encontra, a posição do eletrodo na pele do indivíduo, ruídos externos do próprio ambiente, espessura da pele e estrutura das fibras musculares. Burden e Bartlett (1999) sugerem que para que seja possível comparar sinais eletromiográficos entre diferentes músculos, sujeitos ou tentativas, minimizando a interferência desses fatores extrínsecos e intrínsecos citados anteriormente (DE LUCA, 1997; LEHMAN; MCGILL, 1999), é recomendada a normalização dos dados de EMG encontrados, como uma forma de relativizar os valores encontrados em relação a um valor de referência, como foi feito no estudo de Lacerda *et al.* (2015), que utilizou um protocolo de normalização, por contração submáxima, do sinal eletromiográfico, para que fosse possível comparar os sinais de dois protocolos de treinamento distintos.

Existem diferentes tipos de normalização em EMG como a normalização por Contração Isométrica Voluntária Máxima (CIVM), na qual é feita a medida dos sinais durante uma contração máxima contra uma resistência estática, em um determinado ângulo do movimento e a normalização por contração submáxima na qual é feita a medida dos sinais em uma ação muscular dinâmica, com um percentual predeterminado de uma ação muscular específica, como no estudo de Lacerda *et al.* (2015). Há uma discussão sobre qual tipo de normalização em EMG é mais adequado para obter resultados mais fidedignos para interpretação (BURDEN, 2010). Alguns autores criticam o uso da normalização dos sinais eletromiográficos através da CIVM, uma vez que podem existir percentuais de ativação acima de 100% (CLARYS, 2000; CLARYS; CABRI, 1993) como visto no estudo de Jobe *et al.* (1984) com o músculo serrátil anterior. Isso pode ocorrer, pois, não necessariamente, o músculo estará na melhor posição da curva comprimento-tensão para gerar sua maior ativação durante a medida, podendo fazer com que os 100% encontrados sejam inferiores ao real 100% reais de uma ação muscular específica. Clarys (2000) sugere que os valores encontrados por uma CIVM não sejam utilizados para normalizar ações dinâmicas, uma vez que em ações dinâmicas a

curva de comprimento-tensão é diferente do que em ações isométricas e sugerem normalizações submáximas por serem mais confiáveis.

Existe uma discussão sobre o uso de diferentes procedimentos de normalização em EMG, mas não há uma conclusão de que um método é mais confiável do que outro, uma vez que ambos os demonstraram ser (BURDEN, 2010).

Lacerda *et al.* (2015) encontraram um padrão de ativação muscular, que indica um aumento crescente ao longo das séries de diferentes protocolos de treinamento, utilizando a normalização por contração submáxima para análise do sinal eletromiográfico. O aumento crescente ao longo das séries pode ter ocorrido independente do

A normalização por contração submáxima pode apresentar valores de ativação diferentes da normalização por CIVM, uma vez que o tipo de contração e recrutamento de unidades motoras é diferente para essas ações musculares. No entanto, até que ponto essa diferença entre valores obtidos por meio de diferentes procedimentos de normalização pode interferir na interpretação de dados e na comparação entre diferentes procedimentos de normalização?

1.1 Objetivo

Comparar a atividade eletromiográfica entre as séries realizadas em um protocolo de treinamento de força utilizando diferentes procedimentos de normalização.

1.2 Hipóteses

H1 . A amplitude do sinal eletromiográfico aumentará significativamente no decorrer das séries, em ambos os procedimentos de normalização.

H2 . Os valores médios percentuais do sinal eletromiográfico serão menores no procedimento de normalização envolvendo a contração isométrica voluntária máxima (CIVM) do que a contração submáxima.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Delineamento experimental, Procedimentos e Coleta de dados

No presente estudo foi utilizado um delineamento experimental de medidas repetidas (PORTNEY; WATKINS, 2008). Todas as coletas ocorreram no Laboratório do Treinamento na Musculação (LAMUSC) e cada voluntário compareceu em 4 dias diferentes (sessões de 1 a 4), separados por um período de 48 ou 72 horas. As coletas foram realizadas no mesmo horário para um determinado voluntário, com o objetivo de padronizar as influências do ritmo circadiano no desempenho de força, de forma constante durante as sessões de coleta (DRUST *et al.*, 2005 *apud* LACERDA *et al.*, 2015). Os voluntários foram orientados a seguir uma rotina de treinamento adaptada pelos responsáveis pela coleta, para que não realizassem exercícios com o peitoral maior, deltóide anterior e tríceps braquial 24 horas antes de qualquer sessão de coleta. Nas sessões 1 e 2 foram realizados testes de uma repetição máxima (1RM) para o exercício supino guiado e familiarização ao controle da duração das ações musculares. Nas sessões 3 e 4 foram executados testes para posterior normalização dos dados eletromiográficos (testes de normalização). O protocolo de treinamento de força no supino guiado com o registro da atividade eletromiográfica do músculo peitoral maior foi realizado na sessão 4.

2.2 Cuidados Éticos e Amostra

Participaram do estudo 28 voluntários, do sexo masculino com idade entre 18 e 30 anos, estudantes da escola de educação física, fisioterapia e terapia ocupacional da universidade federal de minas gerais, praticantes de musculação há pelo menos seis meses ininterruptamente, que fossem capazes de levantar no teste de 1 R.M. de supino, um peso maior que a sua própria massa corporal (KEOGH *et al.*, 1999; MARTINS-COSTA *et al.*, 2012) e que não possuíssem histórico de lesões musculotendíneas nas articulações do ombro, cotovelo e punho. Os voluntários eram participantes dos projetos de extensão dessa instituição, além de profissionais de educação física. O voluntário poderia ser excluído da amostra por: livre e espontânea vontade; por não ter comparecido aos locais de coleta no dia e hora

programados; ter praticado exercícios de musculação que envolvessem peitoral maior, tríceps braquial e deltoide anterior no dia anterior a cada sessão de coleta; ter descumprido as normas de duração da repetição e ações musculares estipuladas para o estudo; ter descumprido as orientações de manutenção das marcas para posicionamento dos eletrodos e do eletrogoniômetro ou por não ter conseguido realizar o número de repetições estabelecido. Seis (6) voluntários foram excluídos da amostra, totalizando 22 voluntários para a análise de dados. Os voluntários foram informados sobre os objetivos e procedimentos do estudo, além dos riscos e benefícios relacionados à sua participação nos experimentos. Todos assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido após as explicações, estando cientes de que poderiam deixar de participar do estudo a qualquer momento sem necessidade de justificativa. Este estudo respeitou as normas estabelecidas pelo Conselho Nacional da Saúde (Resolução 196/96) envolvendo pesquisas com seres humanos e foi aprovado pelo colegiado de Pós-Graduação da Escola de Educação Física, Fisioterapia e Terapia Ocupacional, uma vez que fez parte do estudo de Lacerda *et al.* (2015) para sua Dissertação de Mestrado, e do Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais (CAAE 23032213.1.0000.5149).

2.3 Instrumentos

Todas as sessões de coleta foram realizadas em um equipamento de musculação constituído de uma barra guiada (massa de 20 kg) e um banco de posicionamento ajustável (FIG.1). Para o ajuste da resistência externa a ser vencida pelos voluntários, foram utilizadas anilhas de massas conhecidas, sendo a massa de todas aferida em uma balança digital com precisão de 0,01kg. Estas anilhas, juntamente com a barra (massa de 20kg), representam uma carga mecânica que se opõe ao movimento dos segmentos corporais, sendo $\% \text{peso}$ o termo genérico utilizado para definir as resistências mecânicas no treinamento na musculação.

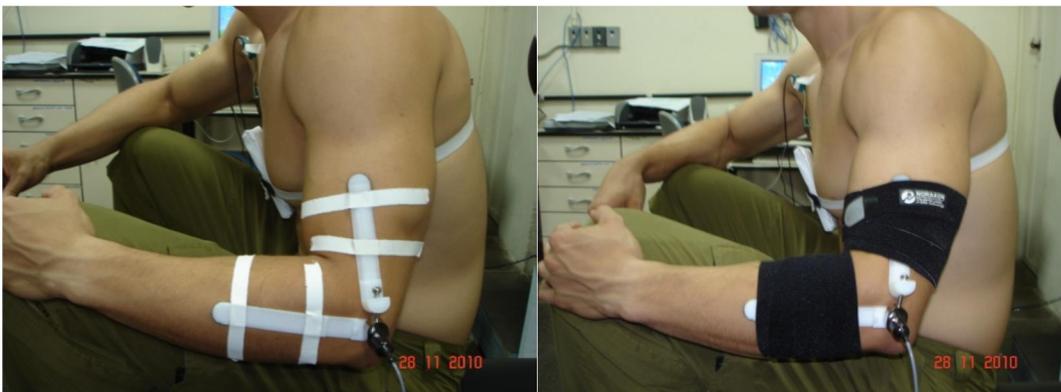
FIGURA 1 . Equipamento de musculação a ser utilizado no estudo (barra guiada com banco ajustável e anilhas).



Fonte: Arquivo de fotos do LAMUSC.

Foi utilizado um metrônomo (Noraxon, Estados Unidos) para auxiliar na manutenção das durações da repetição e um eletrogoniômetro, fixado no cotovelo dos voluntários, para o registro da amplitude de movimento articular e o posterior cálculo das durações da repetição (FIG.2). Os locais de fixação dos eletrodos e do eletrogoniômetro foram marcados por caneta tipo hidrocor de longa duração (nos contornos da fixação). Essas marcas deveriam ser mantidas ao longo de todo o período de coleta e retocadas sempre que houvesse necessidade.

FIGURA 2 - Posicionamento do eletrogoniômetro.



Fonte: Arquivo de fotos do LAMUSC.

A atividade elétrica dos músculos deltoide anterior, peitoral maior e tríceps braquial, foi registrada por meio de um equipamento de eletromiografia de superfície (Biovision, Alemanha), com os eletrodos configurados com um ganho de 500 vezes (FIG. 3). Contudo para este estudo será utilizado apenas o registro da atividade eletromiográfica do músculo peitoral maior. Este músculo apresenta uma menor variabilidade das medidas em um estudo que analisou a confiabilidade das medidas de EMG (KEOGH *et al.*, 1999). As informações do eletromiógrafo e do eletrogoniômetro foram sincronizadas e convertidas em sinais digitais por uma placa A/D (Biovision, Alemanha) com faixa de entrada de -5 à +5 Volts e direcionadas a um computador *laptop* (Dell, Estados Unidos) alimentado por bateria. Para a aquisição e tratamento dos sinais, foi utilizado um programa específico (Dasylab 11.0, Irlanda, *Dasytech Laboratories*, 12 bits), calibrado com frequência de amostragem de 1000 Hz.

Durante a realização dos protocolos de familiarização (sessões 1 e 2) e de coleta de dados (sessões 3 e 4), um metrônomo, ajustado para fornecer um sinal sonoro (bipe) a cada um (1) segundo, foi utilizado para ajudar os voluntários a controlarem as durações das ações musculares. A duração de cada ação muscular foi de 3 s, sendo a duração da repetição de 6 s. No início de cada série, uma contagem verbal era feita por um dos pesquisadores com o objetivo de sincronizar o início do movimento com o sinal do metrônomo. Dessa forma, os voluntários eram instruídos para que, ao longo da série, mantivessem o movimento da barra sincronizado com os sinais do metrônomo. Adicionalmente, quando a duração da ação muscular excedia ou ficava abaixo 0,2s dos valores estabelecidos (3s), era fornecido um *feedback* auditivo pelo pesquisador para auxiliar no reajuste da ação muscular subsequente.

2.4 Procedimentos e Coleta de dados

2.4.1 Sessões de coleta 1 e 2: Padronizações do equipamento, teste de 1RM e familiarização com o uso do metrônomo

Na primeira sessão de coleta, após explicação de todo o procedimento ao voluntário, foi solicitado que ele assinasse o termo de consentimento livre e esclarecido. Em seguida, os voluntários responderam a uma anamnese constituída por questões referentes ao treinamento (frequência semanal, duração e particularidades do treinamento atual, em especial, as relacionadas ao exercício supino) e dados pessoais. Posteriormente, foi realizada uma padronização do voluntário aos equipamentos, seguida pela familiarização ao teste de 1RM e às durações das ações musculares.

2.4.1.1 Padronização da posição para realização do exercício

Em todos os dias de coleta, os critérios de amplitude de movimento da barra e posicionamento das mãos dos voluntários na barra, do corpo no banco e do banco em relação à estrutura fixa do equipamento foram controlados para garantir a padronização individual. O indivíduo se posicionou da maneira mais confortável e mais próxima à sua rotina de treinamento com o exercício supino guiado e realizou 10 repetições sem peso adicional à barra. A amplitude de movimento foi determinada por meio da trajetória da barra do limite superior até o limite inferior. O limite superior foi indicado pela extensão completa dos cotovelos sem a realização de abdução da escápula, podendo ser visualizado pelo voluntário por meio de uma régua metálica ajustável posicionada acima da barra. Já o limite inferior foi indicado por um anteparo de borracha (12 x 6 x 1cm) posicionado no peito, acima do osso esterno. A posição das mãos na barra e do corpo do voluntário no banco foi marcada com fita adesiva no próprio aparelho.

2.4.1.2 Teste de 1RM

Após a execução dos procedimentos da padronização, foi realizado o primeiro teste de 1RM, objetivando familiarizar os voluntários com o protocolo. O teste de 1RM foi constituído por no máximo 6 tentativas (MARTINS-COSTA *et al.*, 2012), com pausa de 5 minutos e a progressão do peso foi gradual em função da percepção subjetiva dos voluntários e dos avaliadores. Foram utilizadas as seguintes orientações para a aplicação do teste de 1RM (MARTINS-COSTA *et al.*, 2012):

- Número máximo de seis tentativas, sendo que, nas sessões 1 e 2 foram necessárias, em média, $4,43 \pm 1,04$ e $3,61 \pm 0,84$ tentativas para se determinar o 1RM, respectivamente;
- Duração da pausa de cinco minutos.

Todos os voluntários realizaram pelo menos uma repetição com um peso maior que o valor verificado no teste 1RM em aproximadamente 2kg (valor do menor aumento realizado). Este procedimento foi adotado como uma forma de certificar que o voluntário realmente alcançou o peso máximo que ele poderia deslocar (MARTINS-COSTA *et al.*, 2012).

O mesmo protocolo e as recomendações já utilizados na familiarização ao teste (sessão 1) foram também adotados na sessão 2. Cada tentativa do teste de 1RM foi constituída da seguinte sequência: após a execução de 10 repetições sem peso adicional à barra, dois avaliadores levantaram a barra para o voluntário até que este possa estender os cotovelos. Ao sinal do voluntário, os avaliadores soltaram a barra gradualmente. O voluntário realizou uma ação muscular excêntrica descendo com a barra até o limite inferior e posteriormente realizou uma ação muscular concêntrica até estender novamente os cotovelos, quando os avaliadores seguraram novamente a barra. O peso na barra era progressivamente aumentado até que o voluntário não conseguisse finalizar a ação muscular concêntrica. Desta forma, o valor de 1RM correspondeu ao peso levantado na tentativa anterior.

2.4.1.3 Familiarização ao controle da duração das ações musculares

Após dez minutos da determinação do valor de 1RM, os voluntários realizaram a familiarização ao protocolo de treinamento por meio da execução do exercício supino guiado (3 séries de 6 repetições com uma intensidade de 60% de 1RM, pausa de 3 minutos, e utilizando uma duração de repetição de 6 segundos). O objetivo deste procedimento é que os voluntários estivessem familiarizados com o controle das durações das ações musculares para que elas fossem executadas adequadamente nas sessões 3 e 4.

Após 10 minutos, foi realizado o posicionamento do eletrogoniômetro no cotovelo esquerdo do voluntário, utilizando fitas adesivas de dupla face e faixas elásticas (FIG. 2), observando as seguintes orientações:

- a) Braço distal do eletrogoniômetro: direcionado a um ponto na metade da distância entre os processos estiloides da ulna e do rádio;
- b) Eixo de rotação do eletrogoniômetro: posicionado na projeção do epicôndilo lateral do úmero;
- c) Braço proximal do eletrogoniômetro: direcionado ao eixo de rotação da cabeça do úmero.

2.4.2 Sessões de coleta 3 e 4: Testes de normalização e protocolo de treinamento

Na terceira e quarta sessões de coleta, foram realizados os procedimentos de normalização e o protocolo de treinamento no exercício supino guiado. Todas as padronizações relativas ao posicionamento do voluntário, do eletrogoniômetro e a amplitude de deslocamento da barra utilizadas nos testes de 1RM foram mantidas para a execução do protocolo de treinamento. Durante as sessões de coleta, foram realizados os seguintes procedimentos em ordem cronológica:

1. Posicionamento do eletrogoniômetro e dos eletrodos de superfície para captação do sinal eletromiográfico.
2. Realização de 10 repetições com a barra sem peso adicional para a familiarização com as durações da repetição utilizadas no protocolo de treinamento daquele dia de coleta.
3. Teste de normalização (Teste CIVM ou Teste Submáximo)

Os itens a seguir foram realizados apenas na sessão 4:

4. Período de recuperação de 10 minutos, após teste de normalização.
5. Execução do protocolo de treinamento.

2.4.2.1 Posicionamentos dos eletrodos para captação do sinal eletromiográfico.

Eletrodos de superfície do tipo Ag/AgCl (Kobme Bio Protec, Korea), com área de captação de aproximadamente 1cm², foram posicionados na direção das fibras musculares do peitoral maior (porção esternal) no lado direito do voluntário. Previamente à colocação dos eletrodos, a área da pele foi tricotomizada, higienizada com álcool e algodão (PINCIVERO *et al.*, 2006). Os eletrodos foram posicionados aos pares com uma distância centro a centro de 2 cm. No músculo peitoral maior (FIG. 3A), foi identificado o ponto de maior ventre muscular enquanto o voluntário mantivesse o braço próximo ao tronco, como já realizado em outros estudos (KEOGH *et al.*, 1999). Em seguida, os eletrodos foram posicionados buscando fixá-los no mesmo sentido das fibras. Quando necessário, ajustes foram realizados para que os eletrodos permanecessem posicionados sobre a área do maior ventre muscular. O eletrodo terra foi fixado no olécrano (FIG. 3B). Assim como realizado para o eletrogoniômetro, foram feitas marcações com caneta semipermanente ao redor dos eletrodos, de forma que eles pudessem ser fixados no mesmo local nos dois dias da realização do protocolo de treinamento.

FIG. 3 . A: Posicionamento dos eletrodos de superfície no peitoral maior (porção esternal). B: Eletrodos Fixados no tríceps braquial (porção longa) e no olécrano (terra).



A



B

Fonte: Arquivos de fotos do LAMUSC

2.4.2.2 Procedimentos de Normalização

Nas sessões de coleta 3 e 4, os indivíduos realizaram um dos procedimentos de normalização. A ordem de realização dos testes foi balanceada.

O procedimento de contração isométrica voluntária máxima foi constituído por três tentativas, cada uma com duração de cinco segundos, respeitando uma pausa de dois minutos entre as tentativas. Em cada tentativa, o voluntário se posicionava para a realização do exercício supino guiado, mantendo o tronco e as mãos de acordo com as padronizações previamente estabelecidas para o presente estudo. O cotovelo permaneceu flexionado à aproximadamente 90° , sendo este ângulo determinado pelo eletrogoniômetro. Após dado o sinal verbal pelo pesquisador, o voluntário realizou o máximo de força contra a barra guiada, que foi fixada para que não houvesse a possibilidade de ser movimentada.

O procedimento de normalização submáximo (Teste Submáximo) foi constituído por duas (2) repetições dinâmicas no exercício supino guiado (60% de 1 RM), cada uma com duração de 4s (2s concêntrica : 2s excêntrica). Este procedimento é semelhante ao realizado por Sakamoto e Sinclair (2012), considerando os mesmos grupos musculares. Para realização do teste, o voluntário se posicionava para a execução do exercício supino guiado, mantendo o tronco e as mãos de acordo com as padronizações previamente estabelecidas para o presente estudo. Após a sinalização verbal pelo pesquisador, o voluntário realizou as duas repetições no exercício supino guiado, seguindo os mesmos procedimentos que seriam adotados durante a execução dos protocolos.

Em ambos os procedimentos foram calculadas a *root mean square* (RMS) da amplitude do sinal eletromiográfico (EMG_{RMS}). Utilizou-se para normalização da EMG_{RMS} o valor médio das duas ações concêntricas e excêntricas realizadas no teste de normalização submáximo. Os dados da EMG_{RMS} registrados nesse procedimento foram usados como referência para as medidas realizadas durante o protocolo de treinamento.

Os voluntários foram orientados a evitar alterações bruscas na velocidade da barra durante a realização dos protocolos de treinamento, principalmente no momento da transição entre as ações musculares excêntricas e concêntricas. Durante a execução dos protocolos de treinamento a série foi interrompida e a sessão de coleta desconsiderada, se o voluntário, durante duas repetições seguidas: não conseguisse manter a duração estabelecida para cada ação muscular; realizasse uma amplitude de movimento incompleta (não estender os cotovelos e/ ou não encostar a barra no anteparo de borracha posicionado sob o esterno); ou algum tipo de movimento acessório que pudesse ocasionar algum risco de lesão.

2.5 Variáveis mensuradas

Durante a realização do protocolo de treinamento de força (sessão 4) foram mensuradas a duração da repetição e a amplitude do sinal eletromiográfico do músculo peitoral maior, e posteriormente normalizada.

2.5.1 Duração da repetição

Para mensuração da duração da repetição foi utilizado um eletrogoniômetro com o centro afixado à articulação do cotovelo do indivíduo. Anteriormente às coletas, este equipamento foi calibrado utilizando-se um goniômetro manual, sendo armazenado esse valor de correção da calibragem para posteriores análises.

Após ter sido armazenado, o dado bruto do eletrogoniômetro foi convertido em deslocamento angular e filtrado por meio de um filtro de 4ª ordem do tipo Butterworth, passa-baixa com frequência de corte de 10Hz. Através do registro do tempo de deslocamento angular realizado pelo eletrogoniômetro foram determinadas a duração das ações musculares excêntricas e concêntricas e duração da repetição. Assim, permitiu-se quantificar o tempo despendido durante a realização dos movimentos de flexão (período compreendido entre as posições angulares mínima e máxima) e extensão do cotovelo (período compreendido entre as posições angulares máxima e mínima) que correspondeu às durações das ações musculares

excêntricas e concêntricas, respectivamente. O registro do eletrogoniômetro ocorreu constantemente durante a coleta dos dados.

2.5.2 Amplitude do sinal eletromiográfico normalizada

A amplitude do sinal eletromiográfico (EMG_{RMS}) do músculo peitoral maior foi registrada durante a realização dos protocolos de treinamento (sessão 3 e 4). Depois de armazenados, todos os dados foram filtrados com filtro passa-faixa (20-500 Hz) de 2ª ordem do tipo Butterworth, retificados (full-wave) e separados para cada ação muscular. Para normalização dos dados foi calculada a EMG_{RMS} para cada ação concêntrica (PINCIVERO *et al.*, 2006) e a média das duas ações concêntricas, para o músculo analisado. Este procedimento também está de acordo com recomendações de Allison, Marshall e Singer (1993) para ações dinâmicas. Em seguida, foram calculadas as EMG_{RMS} médias para as ações musculares concêntricas obtidas nas três (3) séries durante a realização do protocolo de treinamento. Por fim, estes valores foram divididos pelo respectivo valor de referência, para as ações concêntricas, descrito acima, gerando a EMG_{RMS} normalizada por série.

2.6 Análise Estatística

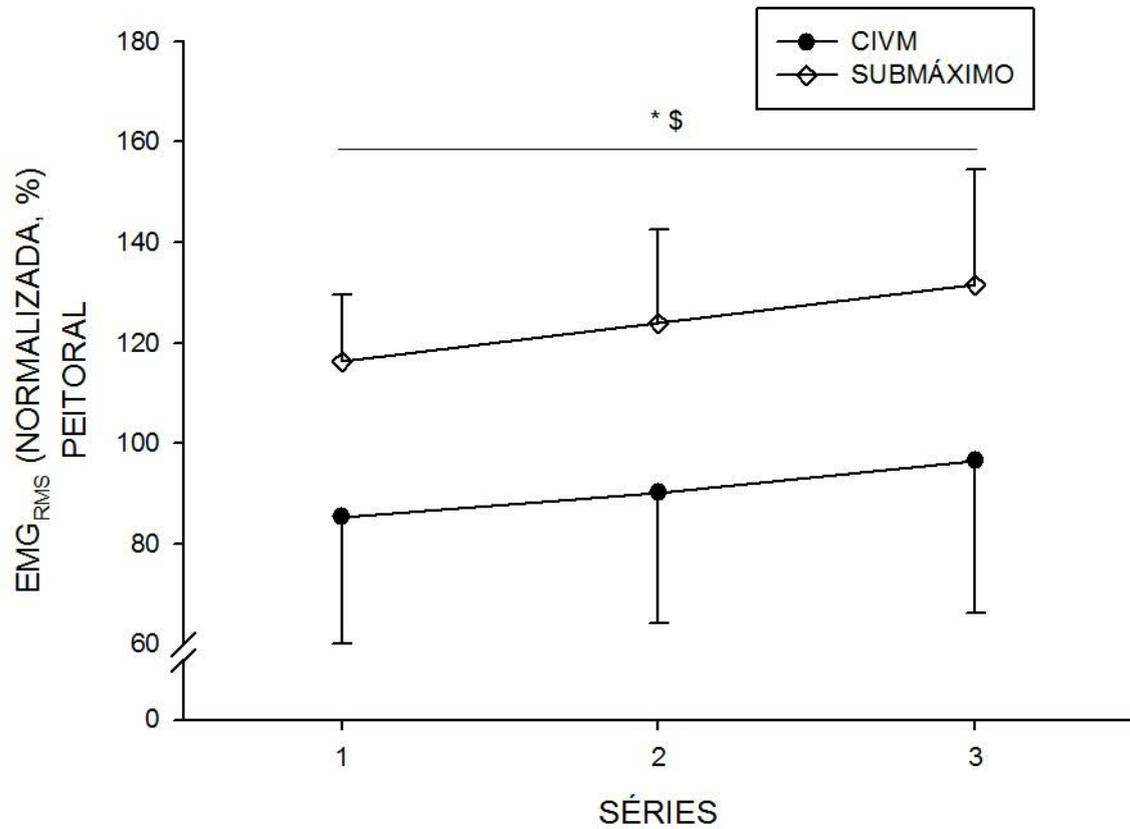
A normalidade e homogeneidade das variâncias foram verificadas usando os testes de Shapiro-Wilks e Levene, respectivamente. Estes testes foram realizados usando o *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS 20.0), e a EMG_{RMS} normalizada não apresentou desvios significantes da normalidade. Um procedimento paramétrico (*ANOVA two-way*) foi usado para checar a resposta da EMG_{RMS} normalizada durante o protocolo de treinamento nos diferentes processos de normalização, para os efeitos principais (Fator 1 - Procedimentos de normalização e Fator 2 - Séries), bem como interações entre estes fatores. A *ANOVA two-way* foi realizada usando o pacote nparLD no software R. Quando necessário, um post hoc de Duncan foi usado para identificar as diferenças reportadas no procedimento não paramétrico. Este procedimento foi realizado usando o software R. O nível de significância adotado para as análises foi de $\alpha = 5\%$.

3 RESULTADOS

Todos os voluntários foram capazes de levantar um peso maior que a sua própria massa corporal no teste de 1 R.M no exercício supino, confirmando um dos critérios de inclusão que também é adotado na literatura (KEOGH *et al.*, 1999).

O GRAF.1 mostra o comportamento da EMG_{RMS} normalizada das ações concêntricas do músculo peitoral maior através de dois procedimentos diferentes de normalização: por contração isométrica voluntária máxima (CIVM) e por contração dinâmica submáxima (SUBMÁXIMO), no decorrer das séries do protocolo de treinamento. A ANOVA *two-way* (Procedimento de normalização e Séries) encontrou uma interação significativa entre as variáveis ($p < 0,001$). Através de um teste post-hoc de Duncan, foi possível observar diferenças significativas ($p < 0,0001$) entre séries e protocolos de normalização, como está ilustrado no gráfico abaixo. Houve um aumento na EMG_{RMS} normalizada no decorrer das séries do protocolo de treinamento, independente do processo de normalização utilizado, sendo maior na 3ª série do que na 2ª e na 1ª séries e maior na 2ª série do que na 1ª. Além disso, todas as séries do processo SUBMÁXIMO apresentaram maiores valores percentuais da EMG_{RMS} normalizada, do que todas as séries do processo por CIVM.

GRÁFICO 1 . Resposta da EMG_{RMS} normalizada do peitoral maior nas séries do protocolo de treinamento.



* Valores médios da normalização por contração isométrica voluntária máxima (CIVM) diferem significativamente dos valores da normalização por contração submáxima (SUBMÁXIMO) (efeito principal). \$ Valores médios da ativação eletromiográfica diferem significativamente entre 1^a, 2^a e 3^a séries. EMG_{RMS} : *root mean square* da amplitude do sinal eletromiográfico.

4 DISCUSSÃO

O protocolo de treinamento de força adotado neste estudo foi capaz de proporcionar um aumento da EMG_{RMS} normalizada das ações musculares concêntricas no decorrer das séries para o músculo peitoral maior, corroborando com a expectativa de um aumento no decorrer das séries como foi encontrado em outros estudos (LACERDA *et al.*, 2015; WATANABE *et al.* 2014; WALKER *et al.*, 2012). Watanabe *et al.* (2014) relataram um aumento da atividade eletromiográfica ao longo das séries durante um protocolo de treinamento com duração da repetição de 7s, quando comparadas a primeira repetição da primeira série e última repetição da terceira série. Enquanto Walker *et al.* (2012) mostraram aumento da atividade eletromiográfica durante a realização de um protocolo com 5 séries, 10 repetições à 80% de 1 R.M quando as séries 4 e 5 foram comparadas com a série 1, assim como, um aumento da atividade EMG_{RMS} normalizada dentro de cada série quando a 8ª repetição foi comparada com a 2ª repetição. O aumento da EMG_{RMS} , no presente estudo, ocorreu em todas as 3 séries do protocolo, tanto no processo de normalização SUBMÁXIMO, quanto no processo por CIVM, confirmando a hipótese 1. Considerando os resultados, é esperado que ao final das séries de um protocolo de treinamento que possui as características de carga de treinamento estabelecidas neste estudo, haja um aumento da ativação muscular. Isso pode ocorrer, pois mesmo que a pausa determinada para este estudo tenha seguido recomendações para treinamento de força com objetivo de hipertrofia muscular, talvez ela não tenha sido suficiente para que houvesse uma recuperação completa das unidades motoras fadigadas ao longo da série.

Apesar de se ter encontrado um aumento da atividade eletromiográfica ao longo das séries, em ambos os procedimentos de normalização, houve uma diferença entre os valores percentuais médios da EMG_{RMS} normalizada por CIVM e por contração submáxima, para o músculo peitoral maior. A normalização por contração submáxima apresentou maiores valores percentuais médios em todas as séries se comparados aos da normalização por CIVM. No entanto, o padrão da resposta eletromiográfica foi o mesmo para ambos, de aumento da atividade eletromiográfica ao decorrer das séries. A alteração nos valores médios percentuais está relacionada com o procedimento de normalização utilizado. Enquanto na CIVM espera-se

encontrar a maior capacidade de ativação do músculo para aquela tarefa específica (ALLISON *et al.*, 1993), na normalização por contração submáxima o percentual relativo ao máximo já é definido previamente (ex: 60% de 1 R.M. que foi usado neste estudo), o que pode gerar uma menor magnitude de resposta. Isso pode ocorrer já que a frequência de estimulação necessária para o recrutamento de unidades motoras, em uma contração com 60% do 1 R.M., pode ser menor do que a frequência necessária para uma contração isométrica voluntária máxima (100% 1 R.M.), já que espera-se uma maior ativação de unidades motoras na última situação. Com isso, o valor do denominador no procedimento de normalização por CIVM pode ser maior do que no procedimento de normalização por contração submáxima, fazendo com que o valor médio da EMG_{RMS} encontrado seja maior no procedimento de normalização por contração submáxima do que no por CIVM.

Esses resultados não podem ser generalizados, uma vez que a resposta da EMG, frente a outros protocolos de treinamento de força e procedimentos de normalização, pode ser diferente. Por este motivo, estudos futuros deveriam ser realizados considerando estes aspectos para reforçar ou não os resultados encontrados no presente estudo.

O estudo apresenta limitações a respeito da amostra utilizada, uma vez que a mesma foi composta por indivíduos treinados. Considerando a expectativa de que estes sujeitos treinados poderiam apresentar uma menor variabilidade nas suas respostas, ter uma expectativa de que os resultados do presente estudo possam ser aplicados em outras populações não pode ser sustentada.

Sugere-se, ainda, que sejam feitas futuras avaliações com outros grupos musculares que apresentem maior variabilidade do que o peitoral maior, para sustentar ainda mais esses resultados.

5 CONCLUSÃO

Apesar dos valores médios percentuais encontrados serem diferentes entre os diferentes procedimentos de normalização, a dinâmica da resposta se manteve a mesma em ambos: um aumento da ativação ao longo das séries de um protocolo de treinamento de força. Dessa forma, é possível comparar protocolos de treinamento que foram normalizados de formas diferentes, desde que o objetivo seja avaliar a dinâmica da resposta eletromiográfica e não a magnitude da mesma. Isso pode facilitar a comparação entre estudos que utilizaram diferentes formas de normalização.

REFERÊNCIAS

- BIAŁOSZEWSKI D.; BEBELSKI M.; LEWANDOWSKA M.; SÝUPIK A. Utility of craniosacral therapy in treatment of patients with non-specific low back pain: Preliminary report. **Ortopedia**, Traumatologia, Rehabilitacja, 2014.
- BECK, T.W. The importance of a priori sample size estimation in strength and conditioning research. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.27, p. 2323-2337, 2013.
- BURDEN, A.; BARTLETT, R. Normalisation of EMG amplitude: an evaluation and comparison of old and new methods. **Medical Engineering & Physics**, v.21, p.247-257, 1999.
- BURDEN, A. How should we normalize electromyograms obtained from healthy participants? What we have learned from over 25 years of research.
- CLARYS, J.P. Electromyography in sports and occupational settings: an update of its limits and possibilities. **Ergonomics** v.43, p.1750. 1762, 2000.
- CLARYS, J.P.; CABRI, J. Electromyography and the study of sports movements: a review. **Journal of Sports Science**, v.11, p.379. 448, 1993.
- DE LUCA, C. The use of surface electromyography in biomechanics. **Journal of Applied Biomechanics**, v.13 p.135. 63, 1997.
- DRUST, B.; WATERHOUSE, J.; ATKINSON, G.; EDWARDS, B.; REILLY, T. Circadian rhythms in sports performance: an update. **Chronobiology International**, v.22, p.21-44, 2005.
- JOBE, F. W.; RADOVICH, D.; TIBONE, J. E.; PERRY, J. An EMG analysis of the shoulder in pitching: a second report. **The American Journal of Sports Medicine** v.12, p.218. 20, 1984.
- KEOGH, J.; WILSON, G.; WHEATHERBY, R. A cross-sectional comparison of different resistance training techniques in the bench press. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.13, p.247-258, 1999.
- KONRAD, P. **The ABC of EMG: a practical introduction to kinesiological electromyography**. v.1, 2005.
- LEHMAN, G. J.; MCGILL, S. M. The importance of normalization in the interpretation of surface electromyography: a proof of principle. **Journal of Manipulative Physiological Therapeutics**, 1999.
- LACERDA, L. T.; MARTINS-COSTA, H. C.; DINIZ, R. C. R.; LIMA, F.V.; ANDRADE, A. G. P.; TOURINO, F. D.; BEMBEN, M. D.; CHAGAS, M. H. Variations in repetition duration and repetition numbers influences muscular activation and blood lactate

response in protocols equalized by time under tension. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, 2015.

MARTINS-COSTA, H.C.; DINIZ, R.C.R.; MACHADO, S. C.; LIMA, F.V.; CHAGAS, M.H. Impacto de diferentes velocidades de movimento no tempo de transição entre ações musculares excêntricas e concêntricas. **Motricidade**, v. 8, p. 365-372, 2012.

MCBRIDE, J.M.; BLAAK, J.B.; TRIPLETT-MCBRIDE, T. Effect of resistance exercise volume and complexity on EMG, strength, and regional body composition. **European Journal of Applied Physiology**, v.90, p.626-32, 2003.

MCCAWE, S.T.; MELROSE, D.R. Stance width and bar load effects on leg muscle activity during the parallel squat. **Medicine & Science in Sports & Exercise** v.31, n.3, p. 428-36, 1999.

MOOKERJEE, S.; RATAMESS, N. A. Comparison of strength differences and joint action durations between full and partial range-of-motion bench press exercise. **Journal of Strength and Conditioning Research**, v.13, p.76-81, 1999.

PAOLI, A.; MARCOLIN, G.; PETRONE, N. The effect of stance width on the electromyographical activity of eight superficial thigh muscles during back squat with different bar loads. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v.23, n.1, p.246-50, 2009.

PEREIRA, G.R.; LEPORACE, G.; CHAGAS, D.V.; FURTADO, L.F.; PRAXEDES, J.; BATISTA, L.A. Influence of hip external rotation on hip adductor and rectus femoris myoelectric activity during a dynamic parallel squat. **The Journal of Strength & Conditioning Research** v.24, n.10, p.2749-2754, 2010.

PIITULAINEN, H.; BOTTER, A.; MERLETTI, R.; AVELA, J. Multi-channel electromyography during maximal isometric and dynamic contractions. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.23, p.302-310, 2013.

PINCIVERO, D.M.; GANDHIA, V.; TIMMONS, M.K.; COELHO, A.L. Quadriceps femoris electromyogram during concentric, isometric and eccentric phases of fatiguing dynamic knee extensions. **Journal of Biomechanics**, v.39, p.246-254, 2006.

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

RATAMESS, N.A.; ALVAR, B.A.; EVETECH, T.K.; HOUSH, T.J.; KIBLER, W.B.; KRAEMER, W.J.; TRIPLETT, N.T. Progression models in resistance training for healthy adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, v.41, n.3, p.687-708, 2009.

SAKAMOTO, A.; SINCLAIR, P.J. Effect of movement velocity on the relationship between training load and number of repetitions of bench press. **The Journal of Strength and Conditioning Research**, v.20, p.523-527, 2006.

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.

SCHWANBECK, S.; CHILIBECK, P.D.; BINSTED, G. A comparison of free weight squat to Smith machine squat using electromyography. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v.23, n.9, p.2588. 2591, 2009.

SIGNORILE, J.F.; KWIATKOWSKI, K.; CARUSO, J.F.; ROBERTSON, B. Effect of foot position on the electromyographical activity of the superficial quadriceps muscles during the parallel squat and knee extension. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, v.9, n.3, p.182. 7, 1995

TRAN, Q.T.; DOCHERTY, D.; BEHM, D. The effects of varying time under tension and volume load on acute neuromuscular responses. **European Journal Applied Physiology**, v.98, p.402-410, 2006.

WALKER, S.; DAVIS, L.; AVELA, J.; HÄKKINEN, K. Neuromuscular fatigue during dynamic maximal strength and hypertrophic resistance loadings. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v.22, p. 356-362, 2012.

WATANABE, Y.; MADARAME, H.; OGASAWARA, R.; NAKAZATO, K.; ISHII, N. Effect of very low-intensity resistance training with slow movement on muscle size and strength in healthy older adults. **Clinical Physiology and Functional Imaging**, v.34, p.463-470, 2014.

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.