

ELETROMIOGRAFIA COMO PARÂMETRO DE MENSURAÇÃO DE HIPERTROFIA MUSCULAR

Artur Barbosa Coelho¹
Ronaldo Pedro de Brito Filho¹
Ademar Júnior²
Gilberto Reis Agostinho Silva²

Resumo – A eletromiografia de superfície (EMG) é uma técnica de monitoramento da atividade elétrica das membranas excitáveis das células musculares. O sinal eletromiográfico é o somatório algébrico de todos os sinais detectados sob a área de alcance dos eletrodos, podendo ser afetado por propriedades musculares, anatômicas e fisiológicas, assim como pelo controle do sistema nervoso periférico e a instrumentação utilizada para a aquisição dos sinais. A eletromiografia de superfície sempre foi utilizada em diversas áreas como forma de aperfeiçoar movimentos e estimar fadiga muscular, bem como para se avaliar biomecanicamente ativação muscular. O presente trabalho constitui-se como uma análise documental descritiva, longitudinal e retrospectiva. Foi realizado um levantamento de dados na língua portuguesa e inglesa. O termo utilizado para pesquisa foi: “electromyography and muscle hypertrophy” e o período estipulado foi de 1976 a 2016. Dentre os 410 estudos que apareceram ligados ao termo utilizado, 42 estudos foram agrupados por título; dentre os 42 estudos, 32 estudos foram selecionados por possuírem uma maior gama de aspectos referentes ao tema proposto, sendo 28 estudos publicados em periódicos, 3 livros e 1 artigo proveniente da defesa de tese de mestrado. Através da análise dos dados obtidos, pudemos concluir que a eletromiografia possui diversas aplicabilidades em diversas áreas, até mesmo na área do treinamento de força. Porém, a mesma está longe de ser um material válido para se quantificar o aumento da secção transversa do músculo, tendo em vista a complexidade e a quantidade de fatores que são responsáveis por tal processo.

Palavras-chave – eletromiografia de superfície, hipertrofia muscular, ativação muscular.

Abstract - The Surface electromyography (EMG) is a monitoring technique from the electrical activity of the muscle cells excitable membranes. The electromyographic signal is the algebraic sum of all detected signals under the range of the electrodes, being affected by muscular properties, anatomic and physiological, as well as by the peripheral nervous system control and the instrumentation used to acquire the signals. Surface electromyography has always been used by several areas as a way to improve movements and estimate muscle fatigue, as well as to evaluate biomechanical muscular activation. The present work constitutes a descriptive,

¹ Discentes do Curso de Educação Física da Universidade Salgado de Oliveira.

² Docentes do Curso de Educação Física da Universidade Salgado de Oliveira.

longitudinal and retrospective documentary analysis. A survey was conducted in Portuguese and English. The researches terms was: "electromyography and muscle hypertrophy" and the stipulated period was from 1976 to 2016. Among the 410 studies that appeared linked to the used terms, 42 were grouped by title; among the 42 studies, 32 studies were selected because they have a greater range of related aspects to the proposed theme, with 28 studies published in journals, 3 books and 1 master thesis defense article. Through the obtained data analysis, we could conclude that electromyography has several applicabilities in several areas, even in the strength training area. However, it is far from being a valid material for quantifying the increase the muscles cross section, given the factors complexity and quantity that are responsible for such process.

Keywords - surface electromyography, muscle hypertrophy, muscle activation.

INTRODUÇÃO

A eletromiografia de superfície (EMG) começou a desenvolver-se através dos achados de Francesco Redi em 1666. Seu achado informa que um músculo altamente especializado presente nas arraiais poderia gerar uma espécie de corrente elétrica (BASMAJIAN et al., 1985).

Em 1792, uma publicação intitulada "*De Viribus Electricitatis in Motu Musculari Commentarius*", escrita por Galvani, mostrou que essa espécie de corrente elétrica poderia gerar contrações musculares (KLEISSEN et al., 1998).

Seis décadas mais tarde, em 1849, Raymond descobriu que seria possível gravar a atividade elétrica durante uma contração muscular voluntária. A primeira gravação dessa atividade foi feita por Marey em 1890, que introduziu o termo eletromiografia de superfície (CRAM et al., 1998).

Em 1922, Gasser e Erlanger utilizaram um osciloscópio para mostrar os sinais elétricos dos músculos. Por causa da natureza estocástica do sinal mioelétrico, apenas uma informação grosseira pôde ser obtida a partir da sua observação. A capacidade de detectar sinais eletromiográficos melhorou muito a partir da década de 1930 até os anos 1950 e os pesquisadores começaram a utilizar eletrodos mais aperfeiçoados para estudarem de forma mais ampla a atividade muscular (SHAHID et al., 2004).

De acordo com Basmajian e De Luca (1985), a eletromiografia de superfície é uma técnica de monitoramento da atividade elétrica das membranas excitáveis das células musculares, representando os potenciais de ação deflagrados por meio da leitura da tensão elétrica ao longo do tempo (voltagem em função do tempo). O sinal

eletromiográfico (EMG), ou eletromiograma é o somatório algébrico de todos os sinais detectados sob a área de alcance dos eletrodos, podendo ser afetado por propriedades musculares, anatômicas e fisiológicas, assim como pelo controle do sistema nervoso periférico e a instrumentação utilizada para a aquisição dos sinais.

O uso clínico de eletromiografia de superfície para o tratamento de distúrbios específicos começou na década de 1960. Em 1966 Hardyck e seus pesquisadores foram os primeiros usuários da eletromiografia (CRAM et al., 1998). No início de 1980, Cram e Steger introduziram um método clínico para a digitalização de uma variedade de músculos usando um dispositivo sensorial na eletromiografia (CRAM et al., 1998).

Até o meio da década de 1980, as técnicas de integração em eletrodos avançaram suficientemente para permitir a produção de lotes de instrumentação de pequenos e leves amplificadores, o que era necessário. Atualmente existe uma série de amplificadores disponíveis no mercado. Durante os últimos 15 anos, as várias pesquisas realizadas proporcionaram uma melhor compreensão das propriedades de gravação da eletromiografia.

Nos últimos anos, a eletromiografia de superfície tem sido cada vez mais utilizada para avaliar a partir de músculos superficiais em protocolos clínicos, a ativação muscular (NIKIAS et al., 1987; KLEISSEN et al., 1998).

Há muitas aplicações para o uso da eletromiografia de superfície: utilizada clinicamente para o diagnóstico de problemas neurológicos e neuromusculares, por laboratórios de diagnóstico de marcha e por médicos treinados na utilização do biofeedback ou avaliação ergonômica, laboratórios de pesquisa, incluindo aqueles envolvidos em biomecânica, controle motor, fisiologia neuromuscular, distúrbios do movimento, controle postural, fisioterapia e mensuração de hipertrofia muscular (RAEZ et al., 2006).

De acordo com Bompa (2004), hipertrofia muscular é o aumento dos constituintes e das funções celulares, o que provoca aumento das células e órgãos afetados. A hipertrofia muscular exige grande esforço físico. Em algumas dessas condições, a hipertrofia tende a ser generalizada, inclusive no coração, o qual precisa se adaptar às maiores exigências metabólicas. Tecidos e órgãos hipertróficos tornam-se aumentados de volume e de peso por causa do aumento volumétrico das células.

O objetivo deste trabalho foi demonstrar que as respostas obtidas através da eletromiografia de superfície não é um parâmetro confiável para mensuração de hipertrofia muscular.

1 ELETROMIOGRAFIA E SUA UTILIZAÇÃO

Para Forti (2005) e Portney e Roy (2004) a eletromiografia é responsável por estudar a atividade da unidade motora (UM). Já para Basmajian e De Luca (1985), a eletromiografia é responsável por averiguar o sinal elétrico que emana do músculo, compreendendo assim a função muscular.

A eletromiografia de superfície tem sido utilizada tanto em aplicações clínicas quanto em pesquisas, por ser um método não invasivo e por ser capaz de atuar em vários campos distintos, como: ciências do esporte, neurofisiologia, reabilitação, entre outros (FORTI, 2005; RAINOLDI et al., 2004).

Os usuários mais comuns da eletromiografia como método de avaliação da função e disfunção do sistema neuromuscular são os fisioterapeutas. Já na cinesiologia, a eletromiografia tem sido utilizada para estudar a resposta muscular – em relação ao início e término da atividade, tipo de contração muscular e a posição articular – frente aos exercícios terapêuticos comumente utilizados na reabilitação (FORTI, 2005; PORTNEY e ROY, 2004). De acordo com os mesmos, a eletromiografia representa um meio objetivo de documentação científica.

Quando estimulado eletricamente, o músculo esquelético contrai-se. Quando contraído voluntariamente a musculatura também produz corrente elétrica. A eletromiografia é frequentemente utilizada por propiciar a verificação específica e global da musculatura durante certas atividades, proporcionando a quantificação do sinal que é fundamental para a descrição e comparação das alterações na magnitude e padrão de resposta muscular (FORTI, 2005; PORTNEY e ROY, 2004; De LUCA, 1997).

É desejado que o eletromiograma seja uma representação fidedigna da UM observada, porém, o sinal emitido pela eletromiografia devido a vários fatores citados posteriormente, podem sofrer alterações capazes de influenciar nos resultados esperados. Tais fatores podem ser reduzidos – mas não excluídos -

utilizando-se isolantes eletromagnéticos, amplificadores mais próximos da origem do sinal e um aterramento adequado. O sinal emitido pela eletromiografia propicia a interpretação dos dados fornecidos através de correntes elétricas geradas durante a contração muscular, dessa forma, sua utilização tanto na área clínica, como na pesquisa básica é bem aceita.

Segundo De Luca (1997) a eletromiografia é uma musa sedutora, pois fornece fácil acesso aos processos fisiológicos necessários para o músculo produzir força, movimento e executar inúmeras funções que os permitem interagir com o mundo ao nosso redor. Porém, suas limitações devem ser entendidas, consideradas, e fielmente removidas para o bem da ciência. A eletromiografia é muito fácil de ser usar e, conseqüentemente, também fácil de abusar dos resultados.

Recentemente, Vigotsky et. al (2016) publicaram um trabalho afirmando que maiores respostas eletromiográficas não implicam em maior recrutamento de unidades motoras e um maior potencial hipertrófico não pode ser inferido.

Logo, creditar hipertrofia somente à eletromiografia é, no mínimo, uma conduta amadora e despreparada, pois apesar desse procedimento demonstrar o somatório de trens de potenciais de ação de unidades motoras, o mesmo não é suficiente para determinar percentuais de ação muscular para a escolha de exercícios, visto que um exemplo clássico de limitações metodológicas associadas aos estudos com eletromiografia é a análise da média do sinal de várias repetições até a fadiga.

Vigotsky et. al (2016), atentam que apesar da amplitude da eletromiografia ser influenciada pelo recrutamento de unidades motoras, esse recrutamento não pode ser inferido pela eletromiografia. O recrutamento de unidades motoras é reduzido em contrações sustentadas e fatigantes e o recrutamento de outras unidades motoras faz um ciclo para reduzir a fadiga. Assim, a amplitude da eletromiografia pode ser enganosa em situações de fadiga, porque ela é baseada em componentes neurais múltiplos e também múltiplos constituintes periféricos como: recrutamento de unidades motoras, sincronização de unidades motoras, codificação de frequência de ativação, potenciais de ação miofibrilares e propagação de velocidade nas fibras musculares. Por exemplo, os potenciais de ação intracelulares podem aumentar em muito o sinal da eletromiografia de superfície.

1.1 Fatores que influenciam o sinal eletromiográfico

Entidades como a ISEK (*International Society of Electrophysiology and Kinesiology*) e a SENIAM (*Surface EMG for a Non-Invasive Assessment of Muscles*) foram criadas para que houvesse a padronização de alguns fatores. Temos como exemplo a padronização dos sensores (forma, tamanho, configuração, distância entre as superfícies de detecção, etc.), porém, quanto ao seu posicionamento, ainda não foi determinado qual o melhor (o que é um problema, já que se colocado em local indevido, pode causar distorções nos resultados) (FORTI, 2005).

De acordo com Hermens et al. (2000) após a revisão de 144 artigos, foram realizadas diferentes metodologias entre os diferentes grupos de usuários. Os 144 artigos revisados mostraram uma grande variabilidade de metodologia e uma descrição bastante insuficiente. Desta forma, um corpo comum de conhecimento foi criado – SENIAM - para que houvesse um padrão no posicionamento dos sensores e eletrodos, bem como orientações práticas para o uso adequado da eletromiografia.

De Luca e Merletti (1988), demonstraram que, na perna, 17% da atividade elétrica parte de músculos adjacentes que podem ser detectados na superfície do músculo de interesse. Portanto, se um músculo adjacente é ativado em vez do que está diretamente abaixo do eletrodo, um crosstalk de sinal (espécie de interferência no registro gerada por atividade elétrica produzida por outros músculos ou grupos musculares) pode ser detectado e interpretado como sendo proveniente de músculo de interesse. Afirmam ainda que a probabilidade de detectar um sinal de interferência pode ser reduzida consideravelmente, colocando o eletrodo na linha média do ventre muscular, porém, pode não ser suficiente.

Já para Soderberg e Cook (1983) para a colocação de eletrodos, os pontos corporais ou medidas específicas devem ser levadas em consideração. Autores como Araújo et al. (1995) optam por uma padronização, sendo o ponto motor do músculo o lugar escolhido, pois de acordo com os mesmos, tal manobra é capaz de minimizar atividades elétricas de músculos vizinhos.

Segundo Ruez et al. (2006) os sinais da eletromiografia podem adquirir ruídos elétricos quando viajam através de diferentes tecidos. É importante que compreendamos as características dos ruídos elétricos. Os mesmos podem ser classificados nos seguintes tipos:

- Ruídos provenientes de equipamentos eletrônicos: todos os equipamentos eletrônicos geram ruídos. Tais ruídos não podem ser eliminados, mas

podem ser minimizados utilizando-se alguns componentes eletrônicos de alta qualidade.

- Ruídos provenientes do ambiente: a radiação eletromagnética é a fonte desse tipo de ruído. O ruído ambiente pode ter amplitude que é de uma a três vezes maior que o sinal da eletromiografia.

- Ruídos provenientes de artefatos em movimento: quando artefatos se movimentam, tal movimentação é introduzida de forma distorcida no sistema.

- Ruídos provenientes da instabilidade do sinal: a amplitude da eletromiografia é de natureza aleatória, ou seja, seu sinal é afetado pela taxa de disparo das unidades motoras. Este tipo de ruído é considerado como indesejável e a sua remoção é de fundamental importância.

Segundo o mesmo autor, existem outros fatores que podem interferir no sinal eletromiográfico. Tais fatores são classificados em:

- Fatores causadores: afetam diretamente os sinais. São divididos em duas classes.

- Extrínseca: devido à estrutura e posicionamento do eletrodo. Fatores como a área de superfície de detecção, formato do eletrodo, distância entre a superfície de detecção de eletrodo, localização do eletrodo em relação aos pontos motores no músculo, localização do eletrodo na superfície do músculo em relação à borda lateral do músculo e orientação das superfícies de detecção no que diz respeito às fibras musculares. São fatores que possuem um efeito substancial sobre o sinal de eletromiografia.

- Intrínseca: fisiológica, anatômica, fatores bioquímicos, local com maior número de unidades motoras ativas, composição do tipo de fibra, fluxo sanguíneo, diâmetro da fibra, profundidade e localização de fibras ativas e quantidade de tecido entre a superfície do músculo e do eletrodo.

- Fatores intermediários: fatores intermediários são fenômenos físicos e fisiológicos influenciados por um ou mais fatores causadores. Até mesmo o crosstalk de músculo nas proximidades podem causar fatores intermediários.

- Fatores determinantes: são influenciados por fatores intermediários.

Raez et al. (2006) mostram que também é possível maximizar a qualidade do sinal de eletromiografia. A maximização pode ser realizada das seguintes formas:

- A razão sinal-ruído deve conter a quantidade mínima possível de contaminação e ruído.

- A distorção do sinal eletromiografia deve ser a mínima possível.

1.2 Obtenção de registros

Para Vigotsky et. al (2016), minimizar os sinais que interferem no sinal ofertado pela eletromiografia é a primeira e principal atitude a ser tomada. Já para Forti (2005) e Soderberg (1992), antes de se utilizar o sistema, a quantidade de ruído deve ser determinada, evitando assim, interpretações equivocadas. De acordo com Forti (2005) e Soderberg e Cook (1984), 4 itens distintos envolvem a instrumentação em eletromiografia: a origem do sinal; o sensor utilizado na detecção do sinal; o amplificador e o circuito de processamento do sinal.

Segundo Mohamed et al. (2002), a normalização do sinal eletromiográfico é um aspecto muito importante nas análises, sua variabilidade faz com que seja difícil comparar a amplitude do sinal em diferentes indivíduos ou até mesmo através de diferentes sessões dentro do mesmo indivíduo. Para realizar tais comparações, são necessários processos de normalização. Por isso, é essencial lembrar, que durante o exercício há um efeito de alterações no comprimento do músculo na atividade eletromiográfica.

1.3 Registros de sinais

De acordo com Forti (2005) e Portney e Roy (2004) o registro emitido pela eletromiografia precisa de um sistema que compreenda eletrodos que capturam os potenciais de ação da UM (contração muscular); um amplificador (responsável por processar sinais elétricos de pequena magnitude) e um decodificador (responsável por permitir a visualização gráfica e/ou audição dos sons, permitindo dessa forma a fiel análise dos dados).

1.4 Sinais e origem

Segundo Finsterer (2001), alguns fatores biológicos como: idade, sexo, grau de contração muscular voluntária ou involuntária, músculo, temperatura, fadiga e nível de aptidão também influenciam na somatória dos potenciais de ação das unidades motoras (PAUMs). Finsterer (2001), ainda complementa que as condições

de registro também são influenciáveis: sítio do eletrodo, tipo de eletrodo, sensibilidade, colocação de filtros, frequência de amostragem e nível de entrada.

1.5 Captação e eletrodos

De acordo com Forti (2005):

A principal condição de qualquer eletrodo utilizado para análise eletromiográfica é que seja um sistema reversível e não polarizado. Tanto as reações de oxidação quanto às de redução devem ocorrer com a mesma facilidade, ou então os eletrodos tornam-se polarizados durante o uso e inibem o fluxo de corrente bidirecional (FORTI, 2005).

Soderberg e Cook (1984) postulam que não deve existir nenhuma diferença de potencial entre os eletrodos, para que isso ocorra, todos devem ser fabricados com o mesmo material. Segundo Hermens et al. (2000), o material do eletrodo deve proporcionar um bom contato com a pele, já que, a falta de contato – baixa impedância – pode gerar um comportamento estacionário. Diferentes tipos de materiais são usados, a maior parte de Ag (prata) / AgCl (cloreto de prata) e Au (cobre). Os de Ag / AgCl são os mais comuns. Eles fornecem uma transição estável com baixo nível de ruído e são facilmente encontrados no mercado.

Os eletrodos são na sua maioria, combinados com um gel próprio. O gel é utilizado para reduzir a impedância. A baixa impedância propicia gravações estáveis e baixos níveis de ruído do eletrodo (HERMENS et al., 2000).

De acordo com Forti (2005) diversos tipos de eletrodos podem ser empregados na monitorização do sinal eletromiografia: eletrodos intramusculares de agulha ou de fio e eletrodos de superfície que podem ser ativos ou passivos. Apegar-nos-emos apenas aos de superfície devido a sua aplicabilidade.

1.6 Eletrodos de superfície

Soderberg e Cook (1984) nos mostram que devido a grande facilidade em sua utilização e padronização de aplicação, os eletrodos podem ser utilizados em pequenos e grandes grupamentos musculares superficiais. Já que por não ser um procedimento invasivo, não gera desconforto ao paciente. Para Forti (2005), a atenuação causada pelo tecido subcutâneo e a crosstalk são as principais limitações.

De acordo com Basmajian e De Luca (1985) duas configurações podem ser utilizadas para o registro das informações geradas a partir da eletromiografia, sendo elas:

- Bipolar (mais comum): dois eletrodos são colocados sobre o músculo, e o potencial entre eles é registrado.

- Monopolar (menos comum): um eletrodo é colocado sobre o músculo, e um eletrodo indiferente é colocado sobre uma parte não muscular do corpo. O potencial entre os dois eletrodos é então registrado. A desvantagem deste tipo de registro é que ele detecta todos os sinais, mesmo os que estão mais distantes.

Além dos eletrodos de superfície, um eletrodo de referência também deve ser aplicado, permitindo assim um mecanismo de cancelamento do efeito de interferência do ruído elétrico externo, gerados, por exemplo, por: luzes fluorescentes, instrumentos de radiodifusão, equipamentos de diatermia, e outros aparelhos elétricos (FORTI, 2005; PORTNEY e ROY, 2004).

1.7 Sinal e processamento

Os sinais são processados através de um amplificador, que além dessa, apresenta diversas finalidades: isolamento entre a origem do sinal e a instrumentação de registro, conversão de corrente para voltagem, redução do ruído, entre outras (FORTI, 2005; SODERBERG e COOK, 1984; BASMAJIAN e De LUCA, 1985).

1.8 Frequência e amostra

A frequência de amostragem é o número de pontos registrados por segundo. Basicamente, quanto maior for a frequência de amostragem, maior a quantidade de informação e melhor a representação do sinal.

1.9 Hipertrofia muscular

Segundo Gentil (2006) hipertrofia muscular é o aumento volumétrico de um músculo devido ao aumento volumétrico das fibras que o constituem. Já de acordo com Neto (2009), ganhos em força e resistência muscular são acompanhados do aumento do tamanho de cada fibra muscular. De acordo com o mesmo autor, o processo de hipertrofia está relacionado diretamente à síntese de componentes celulares, particularmente dos filamentos proteicos que constituem os elementos contráteis. Sabe-se que a intensidade na síntese das proteínas contráteis

musculares é muito maior durante o desenvolvimento da hipertrofia do que a intensidade de sua degradação, levando progressivamente a um número maior de filamentos tanto de actina como de miosina nas miofibrilas.

Além do espessamento das miofibrilas da célula, novos sarcômeros são formados pela síntese proteica acelerada e, correspondentes reduções no fracionamento proteico. Aumentos significativos são observados também nas reservas locais de ATP, fosfocreatina e glicogênio. Além disso, o tecido conjuntivo que envolve as fibras musculares sofre aumento em resposta o treinamento, o que de forma discreta, também colabora com a hipertrofia (Gentil, 2006).

Para Bompa (2004), a hipertrofia não ocorre apenas com as células musculares, mas é uma resposta a determinado estímulo. Ela pode ser aguda (num pós-exercício, por exemplo) ou crônica (quando permanece por mais de 3 dias). Indo em descontração com o que se acreditava algum tempo atrás, existem diversos outros fatores envolvidos no aumento da musculatura. Logo, acredita-se que a hipertrofia seja resultado da soma de vários fatores que a estimulam direta e indiretamente podendo ser classificados em: mecanismos físicos intrínsecos como síntese de DNA, microlesões, mecanotransdução, células satélites, fatores hormonais e enzimáticos, pH, alteração na osmolaridade, entre outros. Alguns aspectos sobre o treinamento também devem ser incluídos, sendo eles: repetições excêntricas, hipóxia e o óxido nítrico.

E por último, porém não mais importante, os fatores nutricionais. Todos os aspectos citados influenciam decisivamente no que se diz respeito à hipertrofia muscular (BOSCO, et. al, 2000).

2. METODOLOGIA

O presente trabalho constitui-se como uma análise documental descritiva, longitudinal e retrospectiva. Foi realizado um levantamento de dados, tanto na língua portuguesa como inglesa, de artigos de periódicos indexados em sites de pesquisa como: pubmed, science direct, sportscience, medline, google acadêmico e scielo brazil e livros.

O termo utilizado para pesquisa foi: “electromyography and muscle hypertrophy” e o período estipulado foi de 1976 a 2016. Dentre os 410 estudos que

apareceram ligados ao termo utilizado, 42 estudos foram agrupados por título; dentre os 42 estudos, 32 estudos foram selecionados por possuírem uma maior gama de aspectos referentes ao tema proposto, sendo 28 estudos publicados em periódicos, 3 livros e 1 artigo proveniente da defesa de tese de mestrado.

Os dados foram agrupados em uma tabela de acordo com a análise de conteúdo, utilizando-se de uma tabela construída através de recursos contidos na ferramenta do Word 2003, pacote office 2003. Para Berelson (1954) apud Bardin (1979, p. 18) a análise de conteúdo “é uma técnica de investigação que tem por finalidade a descrição objetiva, sistemática e quantitativa do conteúdo manifesto da comunicação”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A eletromiografia nos permite comparar um músculo em diferentes situações, nunca diferentes músculos (ex: peitoral vs. tríceps) durante a mesma situação (ex: supino reto). Para confirmar os dizeres acima, Ogasawara et al. (2013) analisaram o efeito do treinamento realizado exclusivamente no supino, na hipertrofia do peitoral maior e tríceps ao longo de 6 meses de treinamento. O treinamento era realizado em 3 séries de 10 repetições com 75% de 1RM, sendo a carga ajustada quando necessário e a hipertrofia medida através de ressonância magnética (padrão-ouro) em 14 homens.

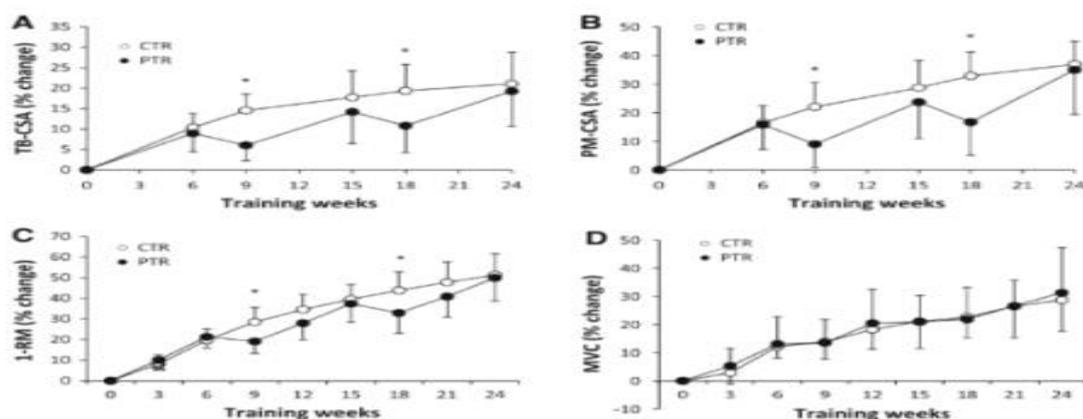
Figura 1:

Eur J Appl Physiol (2013) 113:975–985
DOI 10.1007/s00421-012-2511-9

ORIGINAL ARTICLE

Comparison of muscle hypertrophy following 6-month of continuous and periodic strength training

Riki Ogasawara · Tomohiro Yasuda · Naokata Ishii · Takashi Abe



Fonte: comparison of muscle hypertrophy following 6-month of continuous and periodic strength training. Eur J Appl Physiol 113(4):975-85, 2013.

Como pode ser visto na imagem acima, a hipertrofia do peitoral (aproximadamente 40%) foi cerca de duas vezes a observada para o tríceps (aproximadamente 20%). Dessa forma é possível concluir que o supino é um exercício para peitorais e tríceps, e ainda com uma participação em menor parcela dos deltoides.

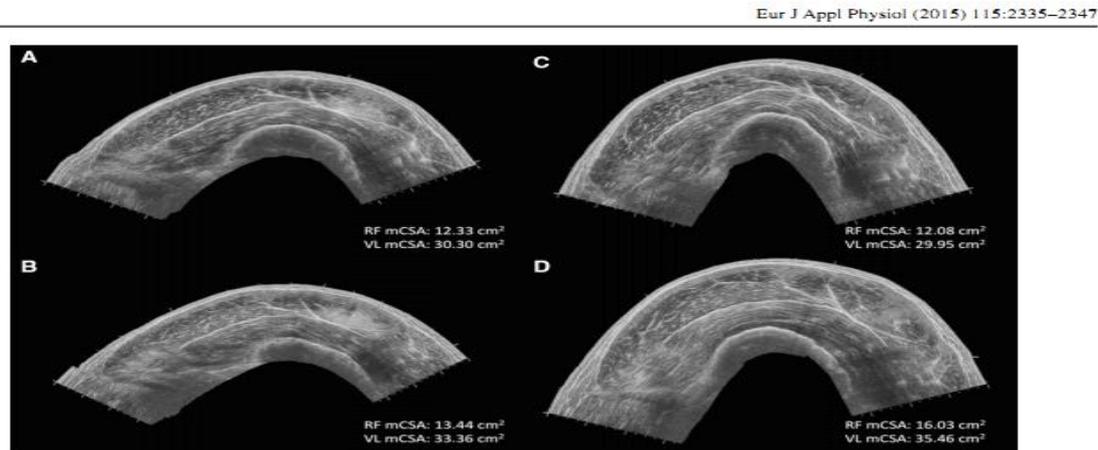
Ogasawara et al. (2013), afirmam que mesmo havendo participação significativa do tríceps no supino, ela não é suficiente para o pleno desenvolvimento do mesmo, sendo o peitoral, o principal músculo a se hipertrofiar nesse exercício.

Conforme a figura elencada logo abaixo, Jenkins et al. (2015), investigaram a amplitude eletromiográfica (EMG AMP), eletromiografia de frequência média de potência (MPF), o volume de exercício (VOL), trabalho total e ativação muscular (iEMG) e tempo sob carga concêntrica (TUCL), além da área transversa muscular (MCSA) antes e depois de 3 séries até a falha em 80% e 30% de 1RM na extensão de pernas, onde os músculos analisados foram o vasto lateral e o reto femoral.

Jenkins et al. (2015) observaram que a ativação muscular foi maior a 80% de 1RM. No entanto, essa maior ativação muscular do vasto lateral e reto femoral não resultou em maior hipertrofia dos mesmos, sendo até menor nas últimas series. As

diferenças em termos de volume, acumulação de subproduto metabólico, e inchaço muscular podem ajudar a explicar as adaptações inesperadas na hipertrofia ocorrida a 30% de 1RM.

Figura 2:



Example of panoramic ultrasound scans a pre- and b post-exercise at 80 % 1RM and c pre- and d post-exercise at 30 % 1RM

Fonte: muscle activa-tion during three sets to failure at 80 vs. 30% 1RM resistance exercise. Eur J Appl Physiol. doi:10.1007/s00421-015-3214-9, 2015.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho teve como objetivo nos conduzir a uma reflexão sobre a aplicabilidade da eletromiografia no que se diz respeito à mensuração da hipertrofia muscular.

Como pudemos perceber, a eletromiografia possui diversas aplicabilidades em diversas áreas, até mesmo na área do treinamento de força. Porém, a mesma está longe de ser um material válido para se quantificar o aumento da secção transversa do músculo (hipertrofia), tendo em vista a complexidade e a quantidade de fatores que são responsáveis por tal processo. Além do mais, o fácil manejo da eletromiografia faz com que metodologias sejam utilizadas de forma tendenciosas, beneficiando somente os interesses particulares.

Mas a ciência é progressiva – e polêmica também, já que se a mesma não existisse dificilmente se desenvolveria -, baseada em achados e comparações, sempre procurando evoluir e pôr abaixo aquilo que um dia foi tido como verdade absoluta. Logo, mais estudos devem ser realizados antes que cheguemos à conclusão final!

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, R.C.; SÁ, M.R.; AMADIO, A.C. Estudo sobre as técnicas de colocação de eletrodos para eletromiografia de superfície em músculos do membro inferior. **Anais do VI congresso brasileiro de biomecânica**, Brasília, 1995. p. 244-250.

ARAUJO, R.C; DUARTE, M.; AMADIO, A.C. Estudo sobre a variabilidade do sinal eletromiográfico intra e inter indivíduos durante contração isométrica. **Anais do VII Congresso Brasileiro de biomecânica**, 1996. p. 128-134.

BASMAJIAN JV, DE LUCA CJ. *Muscles Alive - The Functions Revealed by Electromyography*. **The Williams & Wilkins Company**; Baltimore, 1985.

BASMAJIAN, J.V. Electrodes and electrode connectors. In: Desmedt JE, ed. *New Developments in electromyography and clinical neurophysiology*. **New York, NY: S Karger Publishers Inc**, 1976, p. 502-510.

BOMPA, T. & CORNACCHIA, L.S. **Treinamento de Força Levado a Sério**. Segunda edição. Editora Manole, 2004.

BOSCO, C.; COLLI, R.; BONOMI, R.; VON DUVILLARD, S.P.; Viru, A. Monitoring strength training: neuromuscular and hormonal profile. **Medicine and Science in Sports and Exercise**. Vol.32, n1, pp: 13-28, 2000.

CRAM JR, KASMAN GS, HOLTZ J. *Introduction to Surface Electromyography*. Aspen Publishers Inc.; Gaithersburg, Maryland, 1998.

De LUCA, C.J. The use of surface electromyography in biomechanics. **J Appl Biomech**, v. 13, p. 135-63, 1997.

De LUCA, C.J. Myoelectric manifestations of localized muscular fatigue in humans. **Crit Rev Biomed Eng**, p.251-279, 1985.

FINSTERER, J. ELETROMIOGRAFIA Interference pattern analysis. **J Electromyogr and Kinesiology**, v.11, p.231-246, 2001.

FORTI. Análise do sinal eletromiográfico em diferentes posicionamentos , tipos de eletrodo, ângulos articulares e intensidade de contração. **Piracicaba**, 2005.

FRERIKS, B.; HERMENS, H.J. SENIAM 9: European recommendations for surface electromyography, ISBN: 90-75452-14-4 (CD-rom). **Roessingh Research and Development bv**, 1999.

GENTIL, P. **Bases Científicas do Treinamento de Hipertrofia**. 2º edição. Rio de Janeiro: Sprint, 2006.

GOMES, I. S; CAMINHA, I. O.; Guia para estudos de revisão sistemática: uma opção metodológica para as Ciências do Movimento Humano. **Movimento**, Porto Alegre, v. 20, n. 01, p. 395-411, jan/mar de 2014.

HERMENS, H.J. et al. Development of recommendations for SELETROMIOGRAFIA sensors and sensor placement procedures. **J. Electromyogr and kinesiology**, v.10, p. 361-374, 2000.

JENKINS ND, HOUSH TJ, BERGSTROM HC, COCHRANE KC, HILL EC, SMITH CM, JOHNSON GO, SCHMIDT RJ, CRAMER JT. Muscle activation during three sets to failure at 80 vs. 30% 1RM resistance exercise. **Eur J Appl Physiol**. doi:10.1007/s00421-015-3214-9, 2015.

KLEISSEN RFM, BUURKE JH, HARLAAR J, ZILVOLD G. Electromyography in the biomechanical analysis of human movement and its clinical application. **Gait Posture**. 1998;8(2):143–158. doi: 10.1016/S0966-6362(98)00025-3.

MEDINA, E. U.; PAILAQUILÉN, R. M. B. A revisão sistemática e a sua relação com a prática baseada na evidência em saúde. **Revista Latino-Americana de Enfermagem**, Ribeirão Preto, v. 18, n. 4, p. 1- 8, jul./ago. 2010. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/rlae/v18n4/pt_23.pdf> Acesso em: 10 nov. 2013.

MERLETTI, R.; FARINA, D.; GRANATA, A. Non-invasive assesement of motor unit properties with linear electrode arrays. **Electroenceph Clinical Neurophysiology**, suppl 50, p. 293-300, 1999.

MOHAMED, O.; PERRY, J.; HISLOP, H. (2002). Relationship between wire EMG activity, muscle length and torque of the hamstrings. **Clinical Biomechanics**, Vol.17, No.8, Oct. 2002, pp.569-576, ISSN 0268-0033.

NIKIAS CL, RAGHUVVEER MR. Bispectrum estimation: A digital signal processing framework. **IEEE Proceedings on Communications and Radar**. 1987;75(7):869–891.

OGASAWARA R, et al. Comparison of muscle hypertrophy following 6-month of continuous and periodic strength training. **Eur J Appl Physiol** 113(4):975-85, 2013.

PORTNEY, L.G; ROY, S.H. Eletromiografia e testes de velocidade de condução nervosa. In: O’SULLIVAN, S.B.; SCHMITZ, T.J. **Fisioterapia avaliação e tratamento**. 4ª Ed. São Paulo: Manole, 2004, p. 213-256.

RAINOLDI, A.; MELCHIORRI, G.; CARUSO, I. A Method for positioning electrodes during surface eletromiografia recordings in lower limb muscles. **Journal of Neurosciences Methods**, v.134, p. 37-43, 2004.

SANDERS, D.B.; STALBERG, E.V.; NANDEDKAR, S.D. Analysis of the electromyography interference pattern. **J Clin Neurophysiol**, v.13, p. 385-400, 1996.

SHAHID S. Higher Order Statistics Techniques Applied to ELETROMIOGRAFIA Signal Analysis and Characterization. Ph.D. thesis, **University of Limerick**; Ireland, 2004.

SODERBERG, G.L. Selected Topics in surface electromyography for use in the occupational setting: expert perspectives. Washington, DC: US **Department of health and human services, national institute for occupational safety and Health**; 1992.

SODERBERG, G.L.; COOK, T.M. An electromyographic analysis of quadriceps femoris muscle setting and straight leg raising. **Phys Ther**, v. 63, p. 1434, 1983.

TÜRKER, K.S. Electromyography: some methodological problems and Issues. **Phys Ther**, v.73, n.10, p. 698-710, 1993.

VAN DIEEN, J.H. et al. Spectral analysis of erector spine ELETROMIOGRAFIA during intermittent isometric fatiguing exercise. **Ergonomics**, v.36, p.407-414, 1993.

VIGOTSKY AD, Beardsley C, Contreras B, Steele J, Ogborn D, Phillips SM. Greater electromyographic responses do not imply greater motor unit recruitment and 'hypertrophic potential' cannot be inferred. **J Strength Cond Res**. 2016.

WINTER, D.A. The biomechanics and motor control of human gait: normal, elderly and pathological. **University of waterloo Press**, 2^a ed., 1991.

YEUNG, S.S.; EVANS, O. Relationships of vibromyographic and electromyographic signals during isometric voluntary contraction. **Physiotherapy**, v.84, n.11, p. 541-546, 1996.