

Artigo original

Adaptação da característica fisiológica da fibra muscular por meio de eletroestimulação

Adaptation of the physiologic characteristic of the muscular fiber through electrostimulation

Alexsander Roberto Evangelista*, Geraldo de Amaral Gravina**, Fábio dos Santos Borges***, Nilton Petrone Vilardi Jr****

.....

Docente da UNIPAC-MG – Pós-graduado em Traumatologia e Ortopedia pela UNESA-RJ, **Docente da UNIPAC-MG e Doutor em fitotecnia, *Docente da Universidade Estácio de Sá - UNESA (RJ) e Universidade Iguazu – UNIG (RJ), ****Sub-Reitor da área de Saúde da Universidade Estácio de Sá-UNESA (RJ) e Diretor da Clínica R9 (Fisioterapia)*

Palavras-chave:

Fibras musculares, teste de aptidão física, performance.

Resumo

Este trabalho foi realizado em 10 voluntários do sexo masculino militares com idade média igual a 24 ± 4 anos que se propuseram à obtenção da melhora na performance para a realização do Teste de Aptidão Física (TAF) em organizações militares do Exército Brasileiro. Foram selecionados 10 oficiais do Exército Brasileiro cuja aptidão física os condicionavam a equipe de competidores de corrida de 100m rasos do 24º Batalhão de Infantaria Blindado (RJ). O índice de cada atleta foi catalogado antes dos treinamentos específicos e após os mesmos. Os voluntários foram divididos em 2 grupos: o grupo de apoio manteve o treinamento convencional (corrida de 100m, mesa flexo-extensora, circuito na areia) e o outro grupo trabalhou a musculatura do quadríceps e ísquio-tibiais associado com eletroestimulação buscando a adaptação de fibras vermelhas em brancas, que em tese melhoraria a performance e conseqüente melhora no índice. O grupo que participou da eletroestimulação também participou do treinamento convencional. Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística utilizando o software SAEG (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas) versão 8.0, da Universidade Federal de Viçosa – UFV. Em virtude dos resultados alcançados ao final do trabalho, foi demonstrado que tais resultados mostraram-se favoráveis ao uso da eletroestimulação neuromuscular na terapêutica para manutenção na qualidade muscular e possível melhora da performance através das trocas de fibras.

Recebido 7 de abril; corrigido 14 de setembro de 2003; aceito em 25 de setembro de 2003.

Endereço para correspondência: Alexsander Roberto Evangelista, rua Coimbra, 277 – Penha circular 21011-620 Rio de Janeiro RJ, Tel: (21) 3884 9914, E-mail: alexfisio2003@globocom

Abstract

This work was accomplished in 10 volunteers male military 24 ± 4 years old that intended to obtain improvement in performance for physical aptitude test (TAF) in military organizations of the Brazilian Army. 10 officials of the Brazilian Army were selected whose physical fitness conditioned them to be competitors of 100m race of the 24^o Battalion of Infantry (RJ). Each athlete index was classified before the specific trainings and after the same ones. The volunteers were divided in 2 groups, the support group maintained the conventional training (race of 100m, flexo-extending table, circuit in the sand) and the other group worked the quadriceps and isquiotibial musculature associated with electrostimulation looking for the adaptation of red fibers in white, which in theory would improve the performance and consequently it gets better in the index. The electrostimulation group also participated to the conventional training. The results were submitted to statistical analysis using the software SAEG (System for statistical and Genetic Analyses) version 8.0, of the Federal University of Viçosa - UFV. It was demonstrated that results were favorable to the use of the electrostimulation nerve-muscle in the therapy for maintenance in the muscle quality and possible improvement of the performance through the change of fibers.

Key-words:

Muscular fibers,
physical aptitude
test, performance.

.....

Introdução

Os programas de fortalecimento muscular são procedimentos importantes e muito utilizados na clínica fisioterápica. Estes surgem da necessidade de se restabelecer as funções normais de um músculo quando este apresenta sua força diminuída. Além da reabilitação muscular, existem outros motivos para se produzir uma hipertrofia muscular, como por exemplo, a melhora na performance de um determinado esporte.

A estimulação elétrica neuromuscular (NMES) é a aplicação de corrente elétrica para eliciar uma contração muscular. A NMES tem sido, ao lado da cinesioterapia, um dos recursos mais amplamente utilizados na clínica fisioterapêutica para se produzir fortalecimento e hipertrofia muscular, especialmente a partir da metade dos anos 70, após o Ocidente tomar conhecimento dos desenvolvidos pelo médico russo Yakov Kots. Na Universidade de Montreal, em 1976, os atletas da delegação russa foram observados usando a estimulação elétrica, além dos exercícios voluntários, como forma de fortalecimento muscular. Em 1977, Kots visitou a *Concórdia University* (Montreal), onde apresentou os resultados de suas pesquisas sobre os efeitos da estimulação elétrica no aumento de força muscular em atletas de elite. Isto se deve ao fato de que a estimulação elétrica neuromuscular podia produzir ganhos de força que eram de 30 a 40% maiores do que aqueles produzidos pela contração voluntária máxima do músculo [1,2].

Embora os protocolos experimentais de Kots não fossem documentados e seus resultados nunca puderam ser reproduzidos no Ocidente, seus relatos contribuíram para que os pesquisadores do mundo todo reconhecessem o potencial dessa técnica e ampliassem os estudos em relação à estimulação elétrica e ao fortalecimento muscular. Os estudos desenvolvidos a partir de então parecem dar suporte a afirmação de que a estimulação elétrica neuromuscular pode fortalecer músculos normalmente inervados, tanto em sujeitos sadios, quanto naqueles que sofrem de vários tipos de distúrbios onde estejam presentes fraqueza e atrofia muscular [2].

Tendo em vista a necessidade constante da melhora do aparelho muscular, e também da implementação de novas terapêuticas para o tratamento das diversas afecções encontradas, identificamos a necessidade de realizar esta pesquisa com o objetivo de elucidar os efeitos proporcionados pela estimulação elétrica neuromuscular na musculatura coxofemoral, sendo esta mais envolvida durante a competição de 100m, e também de promover uma técnica capaz de inverter a função fisiológica da fibra, pelo menos enquanto durar o treinamento dos atletas selecionados. E para viabilizar esta técnica, como um recurso para a melhora em determinadas atividades esportivas, principalmente no futebol, que segundo Bangsbo o jogador durante 90 minutos tende a piques similares aos de 100 metros, mais precisamente, a cada 90 segundos um sprint de 15 metros[3], optou-se pelo uso da eletroestimulação através da corrente russa, que por ser uma corrente de média frequência, e

segundo Sivini & Lucena [4], causaria menor desconforto aos voluntários envolvidos na pesquisa, proporcionando a utilização de um nível maior de amperagem e conseqüentemente melhor resposta muscular, pois Snyder-Mackler *et al.* [5] relataram que se deve encorajar o paciente a utilizar a mais alta intensidade tolerável, pois existe uma relação linear entre a força ganha e a intensidade da contração estimulada. Outro dado importantíssimo que nos incentivou a esta pesquisa é a afirmação de Hoogland, 1988 [1], de que a frequência de 4000Hz produziria a troca temporária das funções fisiológicas das fibras.

Revisão bibliográfica

Muitas pesquisas foram realizadas, buscando conhecer o efeito de correntes elétricas nas fibras musculares. Os estudos se concentram em duas hipóteses principais: [1]

- § Aumento da força muscular;
- § Mudança no tecido muscular.

Quanto ao aumento de massa muscular com a prática de EENM, possuímos pouquíssimas informações, mas é marcante o aumento de força em indivíduos diferentes, em estudos selecionados. Separando alguns destes estudos, a média de ganho de força devido a EENM aparenta ser em torno de 20% em aproximadamente um mês [8].

Hoogland [1] confirmou a importância da estimulação elétrica no ganho de força quando definiu alguns benefícios extras:

- § Conseguir-se ativar 30% a 40% a mais das unidades motoras com a corrente elétrica de média frequência que nos exercícios comuns e nos tratamentos convencionais. Pois com a estimulação elétrica ocorre a modulação do nervo motor alfa e não despolarização do neurônio, como no movimento ativo, tendo assim, características de despolarização artificial tornando possível ativar todas as unidades motoras simultaneamente.

- § Aumento de força em curto prazo.

As afirmações citadas por Hoogland [1] podem corroborar para os aspectos eletrofisiológicos, definindo uma hipótese que não está completamente resolvida, apesar de muitos estudos científicos. Contudo as extensas reuniões de estudos sobre este assunto e a experiência de vários autores puderam definir provisoriamente que pode ocorrer o aumento de força induzida eletricamente [1,8,10]. Se pelo aumento da secção transversa ou por mecanismos neurais ainda não está completamente resolvido. Se o paciente, por qualquer razão, não é capaz de tensionar seletivamente os músculos que são em princípio saudáveis, isto pode ser feito com o auxílio de corrente elétrica [11].

A EENM pode ter o mesmo efeito que a contração muscular voluntária no que diz respeito o aumento temporário no metabolismo muscular [7,11].

Sabe-se que o exercício tem como fonte energética primária o sistema de trifosfato de adenosina e fosfocreatina

(ATP-PC), o qual fornece energia rapidamente durante contrações musculares máximas. A utilização da fosfagenase é esgotada em 10 a 15 segundos, o reabastecimento imediato dura 22 segundos e o reabastecimento completo deste composto pode ocorrer em 2 minutos [13].

Este aspecto bioenergético faz necessário um constante entendimento dos parâmetros de modulação, para evitarmos resultados indesejáveis, visto que as fibras podem ser selecionadas preferencialmente para o trabalho [1,12]. O que significa dizer que a escolha da fibra para o trabalho isoladamente, fenômeno que a frequência de pulso permite [1], deve estar inteiramente ligada ao tempo de repouso *off* e contração *on* respeitando o tempo hábil para a ressíntese de ATP e seus respectivos substratos energéticos [2,13].

São necessários estudos “laboratoriais” para se pesquisar mais especificamente quais os efeitos da EENM na variação metabólica. Acredita-se que a variação metabólica vai depender do tipo de fibra que será trabalhada, portanto, quando trabalhamos fibras do tipo IIB, por exemplo, o volume de mitocôndrias e a concentração enzimática mitocondrial encontram-se reduzidas [9,14,15]. Possivelmente sustentações prolongadas podem levar a fadiga mais facilmente [8,11,16]. Desta forma, o tempo de repouso deve ser um tanto quanto mais longo sendo mais comumente usado 10 segundos para contração e 60 segundos para o repouso [13]. Portanto vale salientar que Evangelista *et al.* [18] otimizaram tempos bem menores de repouso em fibras tipo I, logrando resultados favoráveis. Fadiga muscular como conseqüência de contrações voluntárias é bem conhecido, mas é um fenômeno complexo e não completamente compreendido. Inicialmente ela é devido à extinção do glicogênio muscular e da glicose sanguínea disponível com outras limitações bioquímicas. Alguns autores colocaram como importante prática clínica a observação do tempo de repouso e o tempo de contração. Brasileiro *et al.* [16] citaram que o esgotamento da fosfagenase é de 10 segundos e para que haja tempo suficiente para reposição de fosfagenase é necessário o tempo de 60 segundos, mas alguns autores afirmam que este tipo de contração não é suficiente para depletar todo estoque de ATP-CP e que a exaustão não pode ser atribuída a concentrações criticamente baixas de fosfagenase [17]. Evangelista *et al.* [18] apresentaram resultados que corroboram para esta discussão, onde com tempo de 12 segundos de contração e 12 segundos de repouso foram observados resultados mais rápidos no que concerne ao tempo total de aplicações.

A fadiga após o exercício, incluindo o exercício induzido eletricamente, pode ser um estímulo necessário para o fortalecimento muscular, mas se a estimulação de um músculo já fadigado é danoso ou não, ainda não se sabe. A possibilidade do risco devido à estimulação elétrica funcional (FES) também foi considerada por Stokes & Cooper [20], mas parece não haver nenhuma evidência de qualquer dano funcional ou estrutural devido à estimulação elétrica.

É implacável que as indicações clínicas para a EENM para indivíduos com unidades motoras saudáveis são numerosas, mas com debilidade na performance. Quaisquer que sejam as debilidades na performance e que não possam ser reduzidas pela contração voluntária, a EENM pode ser um coadjuvante no processo de melhora na performance.

Se a EENM e suas características forem escolhidas adequadamente com base numa avaliação cuidadosa da debilidade neuromuscular, então sua aplicação poderá alcançar êxito.

Outro dado importante é que se a EENM for utilizada com base no aumento de força muscular, mas com características de estimulação que produzam contrações musculares com menos de 60% da CIVM (contração isométrica voluntária máxima) do músculo, também não será uma intervenção eficaz [21, 22].

A eficácia da EENM para aumentar a resistência da performance muscular não está completamente elucidada. Mas alguns estudos têm evidenciado grande colaboração na atividade esportiva de alto nível.

Apesar da falta de elementos mais precisos de avaliação, este trabalho vem colaborar para avanços na área desportiva com o auxílio da EENM.

Foi estabelecido por alguns autores que a estrutura das fibras musculares mudam após estimulação por um longo período com correntes elétricas [1,23,10,24]. Durante o trabalho em atletas com a corrente russa foram percebidas melhoras interessantes nas características atléticas de corredores amadores. Esta mudança aparenta depender primariamente da frequência com que o nervo motor é despolarizado pela corrente elétrica. Na maioria dos casos, a velocidade de ativação das células musculares foi reduzida. A fibra muscular tornou-se mais vermelha (tônica) e a capilarização aumentou. A célula muscular também se tornou mais sensível. A fibra muscular assume então um caráter de fibra tônica. Esta mudança não é sempre desejável, particularmente em músculos que devem ser capazes de trabalhar dinamicamente. A mudança na estrutura da fibra muscular é reversível, a estrutura da fibra muscular se adapta à função conforme o músculo é utilizado funcionalmente. [23,10,24]

Também foi estabelecido com alguma exatidão que a frequência de despolarização do nervo motor é um dos fatores determinantes no desenvolvimento da fibra muscular [10,24]. Isto pode levar à conclusão de que a frequência de despolarização da fibra muscular é o fator determinante para as propriedades características da fibra muscular.

Contudo a denervação do músculo também produz os mesmos resultados. Uma estimulação elétrica com frequência alta (aproximadamente 100 Hz) faz com que o músculo se torne “branco” e uma baixa frequência de estimulação (aproximadamente 20 Hz) tornam-no vermelho [1,10,24]. A plasticidade está ligada à frequência de estimulação, sendo esta plasticidade uma propriedade que é inerente das células

musculares [1,10]. Nem mesmo parece ser necessário evocar um potencial de ação na célula muscular. A transformação das fibras musculares também ocorre com estimulação subliminar. Isto mostra também uma dependência similar à frequência [1,10].

A conservação da mudança na estrutura da fibra muscular é principalmente determinada pelo uso funcional do músculo. Se a função não se adequou à estrutura da fibra muscular, então esta se adapta rapidamente. Isto se aplica particularmente para as fibras musculares brancas “fásicas” [24]. Esta é uma razão para a hipótese de que o atleta (jogador de futebol), principalmente, pode aumentar seu tempo de vida útil atuando no esporte, haja vista que à medida que a pessoa envelhece tende a perdas nas fibras do tipo II principalmente da terceira para a sétima década. À proporção que o Tipo de fibras II parecia diminuir de uma maneira linear, porém os subtipos I permaneceram inalterados [25]. As fibras do tipo II exibem o máximo de atrofia durante o processo de envelhecimento, com perdas concomitantes na capacidade oxidativa [26]. Em última análise essas modificações podem ser um reflexo do desuso progressivo que ocorre à medida que as pessoas tanto propositais quanto involuntariamente, passam a participar de atividades menos vigorosas com o passar dos anos [27]. Essa atitude pode levar a uma degeneração seletiva dos motoneurônios condutores mais volumosos e mais rápidos, que inervam as fibras do tipo II de alto limiar [28]. Isto nos faz entender que à medida que o atleta envelhece tende a perdas na sua capacidade atlética. Baseado em autores e estudiosos emblemáticos sobre estes assuntos, pesquisas voltadas para a melhora na performance do atleta com a eletroestimulação pode ser um dado valioso na manutenção da capacidade desportiva por mais tempo além do que já é previsto. Para tal argumento, estudamos e propomos que com o uso da eletroestimulação se consiga com maior facilidade as mudanças nas características das fibras. Segundo Hoogland [1] as fibras podem ser modificadas quando recebem estímulos elétricos sobre os motoneurônios correspondentes ao tipo de fibra.[1]. Esta modificação é dependente principalmente da frequência que se despolariza o nervo motor por meio da corrente elétrica [1]. Autor mencionou que 50 a 150 Hz é ideal para trabalhar músculos dinâmicos (fásicos) e/ou garantir que as fibras tornem-se brancas. E que 20 a 30 Hz - é ideal para trabalhar músculos estáticos (tônicos) e/ou garantir que as fibras brancas tornem-se vermelhas [15]. Alguns autores citaram a estimulação a 10 Hz [29].

Admite-se que uma corrente de média frequência (4000 Hz) é capaz de despolarizar fibras motoras profundas, pois a impedância da pele é muito pequena para esta frequência. Assim sendo, consegue-se atuação da corrente em maior profundidade. Entretanto, se ela não for modulada em baixa frequência, causará enorme fadiga das fibras nervosas. Segundo Kotz [33], é preferível utilizar 2.500 Hz modulada

em baixa frequência, para estimulação muscular. O que parece ter maior importância não é a média frequência e sim a modulação em baixa frequência. Assim, fibras brancas exibiriam melhor resposta com frequências de 80 a 100 Hz, enquanto fibras vermelhas responderiam melhor com 30 Hz. Trabalhando com frequências entre 50 e 100 Hz tanto modulando em 2500 Hz, quanto em 4000 Hz, com a mesma intensidade (mA) e o comparativo sempre mostrou melhores resultados no trabalho de força com a portadora de 4000Hz [1], pode-se tentar explicar que, como em 4000 a duração de cada pulso é de 125 microssegundos, neste caso apenas as fibras rápidas conseguiriam responder, e mudariam de características morfológicas em proporção à frequência imposta, porém, frequências acima de 3000Hz a unidade motora descarregarão em sua própria frequência não permitindo que a estrutura muscular altere sua morfologia, mas quando se usam correntes alternadas moduladas em baixa frequência (Corrente Russa), um padrão de despolarização pode ser imposto ao axônio promovendo alterações morfológicas, dependendo da frequência modulada que for aplicada, isto é, 30Hz (fibras vermelhas) e 50Hz (fibras brancas) [11].

Materiais e métodos

Na avaliação dos voluntários, buscaram-se métodos que cercassem com propriedade todas as possibilidades de confirmação dos resultados de nossa pesquisa.

Foram selecionados 10 voluntários do sexo masculino, saudáveis, com idade entre 20 e 28 anos, moradores da região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro, militares da ativa do Exército Brasileiro, lotados no 24 Batalhão de Infantaria Blindado (RJ). Os voluntários foram divididos em dois grupos de 5, denominado-os de equipe A e de equipe B.

Antes e após o tratamento, os pacientes foram submetidos a uma avaliação constituída de aferição das dobras cutâneas, peso corporal e estatura em "avaliação e tratamento". No início do tratamento foi aferido o tempo do índice de cada atleta, conforme quadro demonstrativo resultados; o mesmo ocorrendo ao final estipulado para o treinamento em virtude da data da competição.

Para a realização do tratamento, os voluntários foram posicionados em uma maca, em decúbito dorsal, onde foram realizadas limpezas prévias da região coxofemoral com álcool e algodão para fixação dos eletrodos auto-adesivos. Utilizou-se quatro canais, sendo um canal colocado na porção proximal do quadríceps mais precisamente em pontos motores de sartório e nervo crural, outro canal na porção distal do mesmo músculo, e os dois últimos canais nos músculos posteriores da coxa (pontos motores de bíceps longo e bíceps curto).

A corrente russa foi empregada para a estimulação neuromuscular utilizando-se o aparelho de eletroestimulação Endophasys, fabricado pela KLD Biosistemas Ltda. O

referido equipamento possui uma corrente alternada de média frequência com um pulso senoidal.

Para a realização do trabalho foi utilizado o seguinte protocolo:

Equipe A:

Frequência portadora de 4000Hz; frequência modulada de 50Hz; *duty cycle* de 50%; Tempo de contração (T. ON) de 09 seg.; Tempo de repouso (T. OFF) de 09 seg.; o tempo total de tratamento por sessão foi de 20 min. Os voluntários realizaram também as atividades curriculares no treinamento cotidiano, isto é, treinamento físico-militar e treinamentos específicos citados em "avaliação e tratamento".

Equipe B:

Atividade física curricular do treinamento das equipes A e B. Sendo: Mesa flexo-extensora, piques de 100m, (circuito alternado na areia), sem eletroestimulação, citado detalhadamente em avaliação e tratamento.

Avaliação e tratamento

Os métodos de avaliação utilizados nesta pesquisa estão embasados cientificamente por autores que justificaram o mesmo num estudo de cadáveres dissecados (método direto). Estes estudos foram realizados e padronizados pela Antropometric Standardization reference (ASRM) [31].

Faulkner [31] avaliou o método de quatro dobras cutâneas (tricipital, subescapular, supra-íliaca, abdominal) como viável para avaliação do sexo masculino, onde é padronizado pela ASRM até a data de hoje. Atualmente, não há nenhuma publicação que contrarie este conceito.

Para a verificação do percentual de gordura foi utilizado o protocolo de Faulkner [31]. Este método tem matematicamente 97% de margem de acerto. O cálculo utilizado é a soma de 04 (quatro) dobras cutâneas multiplicado por 0,153 (zero vírgula cento cinquenta e três) mais 5,783 (cinco vírgula setecentos oitenta e três). Realizando a operação 4 dobras cutâneas x 0,153 + 5,783, o resultado deste cálculo é percentual de gordura do indivíduo.

Para a Dobra Cutânea (Supra Íliaca) utilizamos o método Faulkner [31], onde se marca uma linha da axila até a crista íliaca, marcando com o polegar, gira-se a mão no sentido horário e faz a pega supra-íliaca.

Para a Dobra Cutânea Tricipital mede-se da cabeça do úmero até o olécrano, fazendo a marcação do terço médio (mesoumeral). Nesta marcação faz-se a prega no sentido vertical.

Para a Dobra Cutânea Abdominal, faz-se a prega a 2 cm à direita da cicatriz umbilical, no sentido diagonal.

Para a Dobra Cutânea Subescapular, o voluntário faz rotação interna e adução para apalpar o ângulo inferior da escápula, e a 2 cm do ângulo inferior, faz-se a pega na diagonal.

Para cronometrar o tempo para a corrida de 100 metros foram utilizados 3 (três) cronômetros marca Casio, 3 pessoas se envolveram na aferição do tempo do índice, das quais um demarcou a partida, outro disparou o cronômetro e o terceiro marcou a linha de chegada. Ao final do teste de 100 metros, foi feita a aferição dos cronômetros e determinaram-se os índices de cada atleta.

Os voluntários foram submetidos ao treinamento muscular na Mesa Flexo - extensora diariamente.

O treinamento na areia visava um trabalho de aceleração e desaceleração, buscando a potencialização no ganho de força e proprioceptivo.

A grande discussão fica por conta da eficácia da eletroestimulação no tratamento da musculatura quadríceps e conseqüente melhora na performance muscular. Segundo Hoogland [1], os objetivos da teoria incluem: manter a qualidade e quantidade do tecido muscular, recuperar a tensão muscular, aumentar ou manter a força muscular, aumentar o fluxo sanguíneo no músculo. Porém o aumento de força muscular com eletroestimulação pode ser alcançado em pouco tempo e este fortalecimento se dá artificialmente [1,8]

Andrews *et al.* [6] citaram com muita propriedade que a eletroestimulação de média frequência tem a capacidade de recrutar maior número de fibras que a contração voluntária, sendo assim a eletroestimulação é capaz de produzir resultados mais eficazes que apenas exercícios isolados.

Resultados

Equipe A

4000Hz – 50Hz – 50% - 09 s – 09 s – 20min.

Nome – idade	Índice Antes em S	Índice Depois em S	Altura em M	Peso em Kg	% de Gord. Antes	% de Gord. Depois	Grupo escolhido para treinamento coadjuvando com eletroestimulação, por estarem entre os cinco piores índices do grupo.
AER-28	09,57	09,51	1,70	75,0	9%	8%	
BIR-26	09,59	09,52	1,69	72,0	11%	10%	
MFS-21	10,00	09,58	1,73	74,8	8%	8%	
MCB-24	10,01	09,56	1,70	69,0	7%	7%	
VBP-23	10,22	10,03	1,68	68,7	8%	7%	

Equipe B

Sem eletroestimulação

Nome – idade	Índice Antes em S	Índice Depois em S	Altura em M	Peso em Kg	% de Gord. Antes	% de Gord. Depois	Grupo escolhido para apoio por apresentar melhores índices.
GOR-23	09,45	09,44	1,70	73,8	7%	6%	
EST-21	09,47	09,45	1,75	76,6	8%	7%	
MDF-25	09,50	09,48	1,72	74,5	10%	9%	
PLY-22	09,54	09,52	1,74	76,0	8%	8%	
MOG-28	09,56	09,53	1,75	77,3	8%	8%	

Discussão

O trabalho apresentado mostrou resultados favoráveis que justificam o uso da eletroestimulação na fisioterapia desportiva, pois não só a estrutura muscular obteve benefícios, o que poderia indicar uma grande ação nas preparações físicas para o desporto, como também o tecido adiposo foi influenciado, revelando importante recurso para coadjuvar os tratamentos para melhora na performance.

As variáveis que tornam o assunto discutível, é que nos fizeram ficar atentos em detalhes como principalmente a fadiga muscular. Assunto este, que jamais fora completamente elucidado. Nelson *et al.* [32] afirmaram que altas amplitudes de corrente podem levar a fadiga facilmente, porém, percebeu-se que mesmo ao final dos 20 min. de estimulação a contração era competente e volumosa. Quando os voluntários eram interrogados ao final das aplicações, relatavam que sentiam fortes tensões, apesar de serem tensões menos intensas do que no início da aplicação.

Mesmo na falta de dispositivos mais precisos de avaliação, foi possível, usando alguns conhecimentos da cineantropometria, avaliar a melhora satisfatória no quadro de flacidez que os voluntários apresentavam, e o tratamento pôde melhorar a performance muscular. O atleta sempre relatava que sentia a musculatura mais forte após a eletroestimulação. E usando o adipômetro foi possível observar a diminuição do percentual de gordura nos grupos eletroestimulados num período menor que aquele realizado somente com exercícios. Fato este que foi considerado muito

importante, pois foi capaz de evidenciar rápida melhora do índice deste grupo, pois houve também aparente melhora do tônus do segmento eletroestimulado. Podemos considerar importante, a observação da grande incidência de relatos de dores musculares naqueles que praticaram somente exercícios, e nenhum relato dos voluntários que participaram também da eletroestimulação.

O tratamento pôde reduzir percentuais de gordura em ambos os grupos, portanto observamos uma melhora na performance muito maior no grupo A. Consideramos como muito importante também, a rápida capacidade de evidenciar melhora no aspecto funcional da musculatura do quadríceps e isquiotibiais, pois houve também aparente melhora do tônus e trofismo muscular coxofemural. Podemos considerar importante, a observação da grande incidência de relato de dores musculares naqueles que praticaram somente exercícios, e nenhum relato dos voluntários que também participaram da eletroestimulação.

Análise estatística dos dados

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística utilizando o software SAEG (Sistema para Análises estatísticas e Genéticas) versão 8.0, da Universidade Federal de Viçosa – UFV.

Nas análises utilizou-se o teste “t” de Student. O uso deste teste paramétrico foi possível porque os dados obtidos seguem distribuição normal, verificada pelo teste de lilliefors no SAEG 8.0.

Para avaliar os efeitos da eletroestimulação versus o tratamento convencional (atividade física) utilizou-se também o teste “t” para diferenças de médias. Para avaliar o efeito dos tratamentos dentro de cada equipe utilizou-se o teste “t” para dados pareados (medidas feitas no mesmo indivíduo antes e depois da aplicação do tratamento).

Tanto a eletroestimulação quanto o tratamento convencional (atividades físicas somente) promoveram melhora significativa na performance (redução do índice) e na redução do nível de gordura dos atletas avaliados neste experimento.

Os resultados evidenciaram também que a eletroestimulação foi superior ao tratamento convencional (somente atividades físicas), mas a eletroestimulação não diferiu do tratamento convencional na redução do % de gordura.

Equipe “A”

% de gordura		
Antes	Depois	Desvios (d)
9	8	1
11	10	1
8	8	0
7	7	0
8	7	1
8,6	8	0,6

d= 0,6 Sd= 0,54772 Sd= 0,244949

tcalc= $\frac{0,6}{0,244949} = 2,45$

Índice		
Antes	Depois	Desvios (d)
9,57	9,51	0,06
9,59	9,52	0,07
10,0	9,58	0,42
10,01	9,56	0,45
10,22	10,03	0,19
9,878	9,64	1,19

d= 0,238 Sd= 0,18727

Sd= $\frac{0,18727}{5} = 0,08375$

tcalc= $\frac{d}{Sd} = \frac{0,238}{0,08375} = 2,842$

ttab(5%)= 2,13

tcalc > ttab

Rejeita-se H0

Hipóteses

- H0: A estimulação não reduziu o índice dos atletas.
- H1: Não há H0.

Conclusão 1

Houve redução significativamente no índice e na percentagem de gordura dos atletas em função da eletroestimulação, ou seja, o uso da eletroestimulação quando associada à atividade física promoveu melhoria na performance e redução de gordura corporal dos atletas da equipe “A”, significativamente ao nível de 5% de probabilidade pelo teste “t”.

Equipe “B”

% de gordura		
Antes	Depois	Desvios (d)
7	6	1
8	7	1
10	9	1
8	8	0
8	8	0

d= 0,6 Sd= 0,54772 Sd= 0,24495

tcalc= $\frac{0,6}{0,244949} = 2,45$

Índice		
Antes	Depois	Desvios (d)
9,45	9,44	0,01
9,47	9,45	0,02
9,50	9,48	0,03
9,54	9,52	0,02
9,56	9,53	0,03

d= 0,022 Sd= 0,0083667

Sd= 0,0037416

tcalc= $\frac{d}{Sd} = \frac{0,022}{0,0037416} = 5,879$

ttab= 2,13

Conclusão 2

Os exercícios físicos promoveram melhoria na performance e também reduziu o % de gordura dos atletas.

Comparação entre as equipes "A" (Eletroestimulação) e "B" (Convencional)

Equipe "A"	Equipe "B"
d= 0,238	d= 0,022
Sd= 0,18727	Sd= 0,0083667

$$F_{\text{calc}} = \frac{(0,18727)^2}{(0,0083667)^2} = \frac{0,0350}{0,00007} = 500$$

$$F_{\text{tab}}(5\%) = 6,35$$

$$H_0: tA^2 = tB^2$$

$$H_0: tA^2 > tB^2$$

Rejeita-se H₀

$$t_c = \frac{0,238 - 0,022}{\sqrt{\frac{0,035 + 0,00007}{5}}} = \frac{0,216}{0,08374} = 2,58$$

$$t_{\text{tab}}(5\%) = 2,02$$

(5gl)

Rejeita-se H₀

H₀: d(eletroestimulados) = d(convencional)

H₁: não há H₀

Conclusão 3

A eletroestimulação diferiu significativamente do método convencional, pelo teste "t", ao nível de 5% de significância, ou seja, ela promoveu melhor performance dos atletas (reduziu o índice), mas a redução de % de gordura foi a mesma para as 2 técnicas.

Referências

1. Hoogland R. Strengthening and stretching of muscles using electrical current Delft, Holanda: Enraf Nonius;1988.
2. Starkey C. Recursos terapêuticos em fisioterapia. São Paulo: Manole;1999.
3. Bangsbo J. Fitness training in football - A scientific approach. Bagsvaerd: Ho+Storm; 1994.
4. Sivini SCL, Lucena ACT. Desenvolvimento da força muscular através da corrente russa em indivíduos saudáveis 1999. p.12.
5. Snyder-Mackler L, Delitto A, Stralka SW, Bailey SL. Use of electrical stimulation to enhance recovery of quadriceps femoris muscle force production in patients following anterior cruciate ligament reconstruction. Phys Ther 74;901-907. In: Andrews R., Harrelson GL, Wilk KE. 2000. Reabilitação física das lesões desportivas. 2ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1994. p 61-95.
6. Andrews R Harrelson GL, Wilk KE. Reabilitação física das lesões. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2000.
7. Currier DP, Mann R. Muscular strength development by electrical stimulation in healthy individuals. Phys Ther 1983;63(6):915-921.
8. Robinson AJ, Snyder-Mackler L. Eletrofisiologia clínica - Eletroterapia e teste eletrofisiológico. Porto Alegre: Artmed; 2001. p.105-108;115;126;137;147.
9. Mackler WD, Katch FI, Katch VI. Fisiologia do esforço - Energia, nutrição e desempenho humano. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1992.
10. Petty D. Plasticity of muscle. Berlin/New York: De Gruyter; 1980.
11. Longo GJ. Estimulação elétrica para fortalecimento e alongamento muscular - Amparp-São Paulo: Kld Biosistemas Eq. Eletr; 1999.
12. Currier DP, Petrilli CR, Threlkeld AJ. Effects of medium frequency electrical stimulation on local blood circulation to healthy muscle. Phys Ther 1986;66:937-43.
13. Selkowitz DM. Improvement in isometric strength of the quadriceps femoris muscle after training with electrical stimulation. Phys Ther 1985;65(2):186-196.
14. Arthur C, Guyton MD. Fisiologia humana. Rio de Janeiro: Guanabara;1996.
15. Scott O. Ativação dos nervos motores e sensitivos.in: eletroterapia de Clayton. In: Kitchen S, Bazin S. São Paulo: Manole; 1998. p 69; 73-74; 113-117.
16. Brasileiro JS et al. Parâmetros manipuláveis clinicamente na estimulação elétrica neuromuscular. Fisioterapia Brasil 2002;3(1).
17. Karlsson J et al. Lactate, ATP and CP in working muscles during exhaustive in man. J Appl Physiol 1970;29(5): 598-602.
18. Evangelista AR et al. Estudo comparativo do uso da eletroestimulação com corrente russa associada com atividade física, visando à melhora da performance muscular. Rev Brasileira de Fisioterapia Dermatofuncional. 2002;1:11-16.
19. Mcardle WD, Katch F. Fisiologia do exercício, energia, nutrição e desempenho humano. Rio de Janeiro: Interamericana; 1985.
20. Stokes M, Cooper R. Muscle fatigue as a limiting factor in functional electrical stimulation: a review. Physiotherapy (Canada) 1989;39:24-36.
21. Ericksson E, Haggmark T. Comparison of isometric muscle training and electrical stimulation supplementing isometric muscle training in the recover after major knee ligament surgery. Am J Sports Med 1979;7:169-171.
22. McDonagh MJN, Davies CTM. Adaptative responses

- of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *Eur J Appl Physiol* 1984;52:139-155.
23. Howard H et al. Influence of endurance training on the ultra structural composition of the different muscle fiber types in humans. *Pflugers Arch* 1985;403: 369-376.
 24. Stefanovska A, Vodovnik L. Change in muscle force following electrical stimulation. *Scand J Rehab Med* 1985;17:141-146.
 25. Larsson L, Karlsson J. Isometric and dynamic endurance as a function of age and skeletal muscle characteristics. *Acta Physiologica Scandinavica* 1978;104:129-136.
 26. Proctor DN et al. Oxidation capacity of human muscle fiber types: effects of age and training status. *J Appl Physiol* 1995:2033-2038.
 27. Larsson L. Physical training effects on muscle morphology in sedentary males at different ages. *Med Sci Sports Exercise*; 1982;14(3): 203-206.
 28. Foss ML, Keteyian SJ. Bases fisiológicas do esporte exercício e do esporte. 6 ed. 2000.
 29. Spring W et al. Força muscular – Teoria prática. 1 Ed. São Paulo: Livraria Santos; 1995.
 30. Enoka R. Eletrofisioterapia – Manual clínico. Muscle strenght and its development. new perspectives. *Sport Med* 1988;6:146-168, apud Salgado ASI. Londrina: Midiograf ;1999.
 31. Faulkner JA. Measure and estimate - Physiological swimming and diving. 1968
 32. Nelson RM et. al. Eletroterapia clínica. 3 ed. São Paulo: Manole; 2003. p.146-147.
 33. Kotz Y. Electrostimulation. Babkin I, Timentsko N (tr). Paper presented at symposium on electrostimulation of skeletal muscles, Canadian Soviet Exchange Symposium, Concordia University, 1977 December 6-10, as reported in Kramer JF, Mendrik SW. Electrical stimulation as a strength improvement technique: a review. *J Ortho Sports Phys Ther* 1982;4:91-98. ■
-