

Artigo original

Estudo comparativo do uso da eletroestimulação na mulher associada com atividade física visando a melhora da performance muscular e redução do perímetro abdominal

Comparative study of the use of eletrostimulation in the woman associated with physical activity seeking the improvement of muscle performance and reduction of abdominal perimeter

Alexsander Roberto Evangelista*, Nilton Petrone Vilarde Jr.**, José da Cunha Rocha ***, Camila de Souza Furtado ****, Bruno Mazzioti de Oliveira Alves*****

.....

*Graduando em fisioterapia da Universidade Estácio de Sá-UNESA (RJ), **Sub-Reitor da área de Saúde da Universidade Estácio de Sá-UNESA (RJ) e Diretor da Clínica R9 (Fisioterapia), ***Diretor Geral do Curso de Fisioterapia da Universidade Estácio de Sá-UNESA (RJ), ****Coordenadora das Clínicas da Universidade Estácio de Sá e Mestrando em Engenharia Biomédica COPPE-UFRJ, *****Coordenador da Clínica R9 (Fisioterapia)

Resumo

Este artigo descreve o tratamento realizado em 15 voluntárias de uma população de conveniência que se propuseram à melhora no aspecto estético e na performance do músculo abdominal, moradores do bairro Penha Circular, no Rio de Janeiro-RJ. As aplicações foram realizadas nas residências de 10 voluntárias, sendo 5 voluntárias participando somente do programa de eletroestimulação, 5 participando da eletroestimulação mais os exercícios aeróbicos controlados por um *personal trainer* e as 5 últimas participando somente do programa de exercícios aeróbicos, todas com o mesmo professor de Educação Física. O trabalho objetivou proporcionar uma diminuição do perímetro abdominal, e possivelmente proporcionar a manutenção da qualidade e quantidade do tecido muscular no reto abdominal, com a utilização da eletroestimulação neuromuscular com corrente de média frequência. As voluntárias detalhavam total

Palavras-chave:

Eletroestimulação, média frequência, perímetro abdominal, adipômetro.

Artigo recebido em 15 de dezembro de 2002; aprovado em 15 de janeiro de 2003.

Endereço para correspondência: Alexsander Roberto Evangelista, Rua Grão Magriço, 72/101 Penha 21020-110 Rio de Janeiro RJ, Tel: (21) 3884 9914/9921 8990, E-mail: alexfjio2002@bol.com.br

constrangimento com a gordura localizada na região infra-abdominal, desta maneira voluntariamente se submeteram a uma avaliação constituída de perimetria abdominal, com uso de trena antropométrica, e aferição com uso do adipômetro. Para a elucidação do estudo de caso, os autores fizeram uma revisão da literatura de autores emblemáticos nos aspectos descritos na revisão. Em virtude dos resultados alcançados ao final do trabalho, o relato de caso apresentado mostrou que tais resultados mostraram-se favoráveis ao uso da eletroestimulação neuromuscular na terapêutica para manutenção na qualidade muscular e possível perda de tecido adiposo em região abdominal.

Abstract

This article describes the treatment accomplished in 15 volunteers of a population of convenience that intended to the improvement of aesthetic aspect and in performance of abdominal muscle, in residents of the neighborhood Penha Circular, in Rio de Janeiro RJ. The applications were accomplished in the 10 volunteers residences, being 5 volunteers participating of the eletroestimulation program, 5 participating in eletroestimulation more aerobic exercises controlled by personal trainer and the last 5 only participating of the program of aerobic exercises. The work aimed to provide a decrease of the abdominal perimeter, and possibly to provide the maintenance of quality and amount of muscular tissue, with the use of the neuromuscular eletroestimulation with current of medium frequency. The volunteers detailed total embarrassment with the located fat in the infra-abdominal area, this way voluntarily they submitted the constituted evaluation of abdominal perimeter, with use of tape measure antropométrica, and gauging with use of the adipometer. For the elucidation of the case study, the authors made a revision of the literature approaching the necessary concepts for the understanding of the physiology of the fat tissue, as well as the therapeutic aspects of electrotherapy. Because of the results reached at the end of the work, this study case showed that such results were favorable to the use of eletroestimulation of muscle nerve in the therapeutics for maintenance of muscular quality and possible loss of fat in the abdominal area.

Key-words:

Electroestimulation, medium frequency, abdominal perimeter, adipometer.

.....

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, o fator estético, ou para a melhora no rendimento 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 fisioterápica para se produzir for-talecimento e hipertrofia

muscular, especialmente a partir da metade dos anos 70, após o ocidente tomar conhecimento dos estudos 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 *Concordia 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 deve-se 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 o fortalecimento muscular. Os estudos desenvolvidos a partir de então parece dar suporte a afirmação de que a estimulação elétrica neuromuscular pode fortalecer músculos normalmente inervados, tanto em sujeitos saudáveis, 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 assim como do aspecto estético de toda a região abdominal, 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 abdominal, e também de promover uma técnica capaz de recuperar a parede abdominal, tanto na fisiologia da contração muscular, quanto no aspecto estético com relação a uma possível redução da massa adiposa, através da contração muscular abdominal. E para viabilizar esta técnica, como um recurso para o tratamento de discrepâncias em região abdominal, optou-se pelo uso da eletroestimulação através da corrente russa, que por ser uma corrente de média frequência, e, segundo Sivini & Lucena [3], causaria menor desconforto aos voluntários envolvidos na pesquisa, proporcionando a utilização de um nível maior de amperagem e conseqüentemente melhor resposta muscular. Snyder-Mackler *et al.* [4], 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.

Revisão bibliográfica

A pesquisa bibliográfica deu ênfase aos aspectos histoquímicos, bioquímicos e fisiológicos e aspectos eletrofisiológicos.

Aspectos histoquímicos

Segundo Foss & Keteyian [5], com o exercício se poderia conseguir uma contribuição significativa para a solução do problema da obesidade com o uso de programas de baixa intensidade capazes de desenvolver a “aptidão metabólica” de uma maneira menos extenuante, mais segura, mais interessante, e menos enfadonha que os programas tradicionais de treinamento aeróbico de *endurance*.

Os adipócitos, ou células gordurosas (adiposas) aumentam em número (hiperplasia) até o início da adolescência. Aumentam também de tamanho (hipertrofia), durante toda a vida, pois os adipócitos servem de

reservatório de energia. A falta de exercício e o excesso de comida podem estimular sua formação. Assim sendo, a obesidade constitui uma combinação do número de adipócitos e de seu conteúdo lipídico. As pessoas obesas possuem um número maior de células gordurosas que contêm um volume de lipídios maior que seus equivalentes magros. Nos adultos, apresentando alterações no peso corporal de aproximadamente 9 kg observadas durante um período de três a quatro meses, parece que a maior parte do aumento é devida ao maior armazenamento nos adipócitos preexistentes. Entretanto, se for permitido um aumento contínuo de peso, parece haver um mecanismo de gatilho que irá permitir a ocorrência de hiperplasia dos adipócitos [6].

Segundo Galbo [6], os profissionais da saúde e os professores de educação física deveriam considerar seriamente que:

1. A prevenção da obesidade resulta em maior sucesso que o tratamento. Isso é particularmente verdadeiro durante a pré-adolescência. A evidência sugere que o excesso de comida durante esse período pode causar hiperplasia dos adipócitos (um aumento no número de células gordurosas), preparando, assim, o terreno no qual a obesidade poderá crescer e florescer.

2. O exercício mantém baixo o conteúdo gorduroso total do corpo e pode reduzir o ritmo de acúmulo das células adiposas.

3. Se uma determinada ingestão alimentar não permite uma redução ponderal, neste caso a atividade física terá de ser aumentada para produzir um equilíbrio energético negativo.

4. Devem ser escolhidas atividades que exigem um dispêndio de energia em longo prazo, porém, e ao mesmo tempo, dentro das capacidades físicas e das habilidades do indivíduo.

5. Os hábitos de vida são desenvolvidos precocemente e, assim sendo, quanto mais cedo são iniciados os programas de controle, tanto melhor.

Algumas pesquisas científicas foram realizadas sobre o efeito de correntes elétricas nos músculos [1,7]. Estas pesquisas se concentraram principalmente em dois aspectos:

- Aumento da força muscular e
- Endurance do músculo reto abdominal.

Sendo desta forma a conseqüência para perda de tecido adiposo.

Aspectos bioquímicos

Segundo Galbo *et al* [6], a insulina produz um aumento na captação celular de glicose, resultando em redução de seus níveis sanguíneos. Além dessa função, a insulina inibe também a liberação de glucagon pelo fígado e a liberação de ácidos graxos pelo tecido adiposo. Por sua vez, o glucagon

produz efeitos exatamente opostos, mobilização de glicose a partir do fígado por meio da gliconeogênese e mobilização dos ácidos graxos a partir dos adipócitos (células adiposas). Durante o exercício físico, no qual tanto a glicose quanto os ácidos graxos são necessários como combustíveis metabólicos, foi mostrado que o glucagon aumenta e a insulina diminui. Esta é uma testemunha bioquímica de que esforço o muscular induzido eletricamente pode provocar esta mobilização, já que a EENM tem de 30 a 40% mais eficácia do que a contração voluntária [1,8].

Metabolismo de gordura

Se o corpo tiver uma boa reserva de carboidratos (CHO), este será o combustível preferencial, o que é muito importante durante a atividade intensa, uma vez que nestas condições só o CHO pode ser oxidado rapidamente e suprir a energia que o músculo pede. Um atleta demora mais a se cansar porque queima gordura numa faixa muito maior, o que mantém o seu nível de glicogênio muscular adiando a fadiga. Como a gordura estocada é desidratada e produz mais energia do que o CHO, é a maneira ideal de estocar energia, pois ocupa pouco espaço (o glicogênio é muito hidratado) e produz mais energia por grama. O exercício aumenta a concentração plasmática de epinefrina e de outros hormônios, ativando betareceptores dos adipócitos e estimulando a lipase, que quebra o triglicerídeo em 3 AGL e 1 glicerol. Em descanso, 70% dos AGL liberados na lipólise são ligados novamente ao glicerol e formam novos triglicerídeos nos adipócitos. Durante o exercício moderado, esse processo diminui, ao mesmo tempo em que a lipólise aumenta, elevando assim o nível sanguíneo de AGL [9,10].

Uma vez no plasma os AGL ligam-se à albumina, a quantidade de AGL no sangue diminui à medida que a intensidade do exercício aumenta [11,6].

Comparando dois níveis de exercício, um a 25 e outro a 65% do VO_2 máx., a 25% queima mais gordura proporcionalmente, mas a 65% queima mais quantidade absoluta de gordura [9,10,11].

Os MCT (triglicerídeos de cadeia média) são mais facilmente transportados e colocados dentro da mitocôndria. Sua oxidação é apressada quando consumidos junto com CHO. Possuem duas desvantagens, não se pode ingerir mais de 30g sem que se apresente desconforto e diarreia, e o consumo combinado com CHO aumenta a secreção de insulina, o que diminui a oxidação de gordura [12,13].

Se existe pouco O_2 devido à intensidade do exercício, a energia precisa vir da glicose, uma vez que a gordura não pode ser metabolizada sem O_2 . Os hormônios liberadores de AGL (epinefrina, glicocorticóides) permanecem ativos 2 ou 3 horas após o exercício. A epinefrina impede que o nível insulínico suba muito em resposta à glicemia sanguínea. É por isso que não se engorda comendo muito carboidratos

até 3h depois do exercício, pois todo CHO vai repor o glicogênio. A glicose vai pro glicogênio muscular e a frutose vai pro hepático [12,13].

Durante o sono liberamos GH, que é glicocorticóide, por isso no período de recuperação noturna após a execução de atividade, o corpo é sustentado quase que 100% com gordura. O nível de insulina não aumenta durante o exercício, e permanece assim após 2 ou 3 horas mesmo com o consumo de bebida carboidratada. O índice glicêmico de um alimento representa a magnitude da elevação da glicose sanguínea que ocorre após sua ingestão [12,14].

Gordura: A gordura armazenada representa a fonte mais abundante de energia potencial. Essa fonte comparada aos outros nutrientes é quase ilimitada. Existe alguma gordura armazenada em todas as células, porém, seus maiores fornecedores são os adipócitos - células gordurosas especializadas para a síntese e armazenamento de triglicerídeos - elas compreendem cerca de 90% das células. Depois que os ácidos graxos se difundem para dentro da circulação, eles são entregues aos tecidos ativos onde são removidos do tecido adiposo e assim são transferidos para os músculos (particularmente as fibras de contração lenta) onde a gordura é desintegrada e transformada em energia, dentro das mitocôndrias, para poderem ser utilizadas como combustível. Dependendo do estado de nutrição, treinamento do indivíduo e duração da atividade física, de 30% a 80% da energia para o trabalho biológico derivam das moléculas adiposas intra e extracelulares. 1 MOL de gordura é capaz de produzir 142 ATP [11].

Aspectos fisiológicos

Aumento de força muscular

Muitas pesquisas foram realizadas, buscando conhecer o efeito de correntes elétricas nas fibras musculares. Os estudos se concentram em duas hipóteses principais [12]:

- Aumento da força muscular,
- Mudança no tecido muscular

Se o atleta, por alguma razão, não é capaz de executar uma contração muscular voluntária, isto pode ser realizado com o auxílio de EENM [8].

Com a EENM determina-se que a modulação do nervo motor alfa e não o neurônio é despolarizado, como no caso do movimento ativo. Esta forma artificial de despolarização torna possível, em teoria, ativar todas as unidades motoras simultaneamente. Sob condições normais, o músculo pode ativar de 30-60% de suas unidades motoras dependendo da extensão do treinamento [1]. Contudo, pode ser observado que à medida que a intensidade da corrente aumenta, a contração aumenta em força [15].

Robinson *et al.* [16], citam que durante uma contração muscular voluntária, as unidades motoras são recrutadas de

uma maneira dessincronizada, isto é, unidades motoras não são todas ativadas no mesmo instante no tempo.

Andrews *et al.* [8], explicam que uma razão para a EENM ser mais eficaz aos pacientes do que apenas exercícios, residem na diferença nos padrões de recrutamento e de acionamento (disparo) entre a eletroestimulação e as contrações musculares voluntárias. Já no início de uma reabilitação, o treinamento típico com exercícios normalmente envolve um peso mais baixo, para evitar o estresse excessivo da articulação lesionada. Desta forma as fibras tipo IIb seriam recrutadas apenas com esforço suplementar, segundo o princípio do tamanho de Henneman, portanto, seriam poucos os efeitos do treinamento em virtude deste exercício. Comparando-se o treinamento com a EENM, os efeitos podem ser positivos, visto que a articulação pode ser estabilizada e o trabalho de força pode ser realizado isoladamente, mesmo num período recente pós-cirúrgico [8]. Esta afirmação apóia-se na inclinação de Starkey [2] que relata que a EENM estimula os nervos motores de grande diâmetro do tipo IIb a se contraírem antes das fibras do tipo I, é fácil concluir que o vigor da contração aumenta, considerando-se que as fibras do tipo IIb são capazes de produzir mais força [1,17].

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 [16].

Hoogland [12], confirma a importância da estimulação elétrica no ganho de força quando define alguns benefícios extras:

- Consegue-se ativar 30% a 40% a mais das unidades motoras com a corrente elétrica de média frequência que nos exercícios comuns e os 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 [1].

- Aumento de força em curto prazo.
- Melhor qualidade de a estabilidade articular durante a fase de imobilização.

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 reuniões de estudos extensas sobre este assunto e experiência de vários autores podem definir provisoriamente que o aumento de força induzido eletricamente pode ocorrer [1,7,16]. 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 [18].

Variação metabólica na utilização da EENM (Eletroestimulação neuromuscular)

A EENM pode ser considerada de 30 a 40% mais eficaz que a contração voluntária na ativação de unidades motoras [1]. Porém, a EENM pode ter o mesmo efeito que a contração muscular voluntária no que diz respeito o aumento temporário no metabolismo muscular [18,15].

Podemos afirmar que a interrupção do fluxo sanguíneo pode ser uma das causas que levam o músculo a fadiga, devido a evidente perda de suprimento nutritivo. Portanto, Currier [15] demonstra que a corrente elétrica pode aumentar o fluxo sanguíneo em 20% após 01 minuto de sua aplicação e perdurou 05 minutos após. Com relação ao aumento da corrente sanguínea podemos deduzir que haverá consequências associadas de aumento de combustão de oxigênio, dióxido de carbono, ácido lático e outros produtos metabólicos, bem como aumento de temperatura e de fluxo sanguíneo local [8]. Isto, portanto, pode colaborar com a discussão sobre a variação metabólica, dando a idéia de que a contração induzida eletricamente, pode ter a vantagem do suprimento sanguíneo se comparado com a contração voluntária [15].

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 dura 22 segundos e o reabastecimento completo deste composto pode ocorrer em 2 minutos [19].

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 [1,15]. 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 [2,19].

São necessários estudos "laboratoriais" para pesquisarmos mais especificamente quais os efeitos da EENM na variação metabólica. 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 encontra-se reduzida [20,21,22], isto nos leva ao entendimento que sustentações prolongadas podem levar a fadiga mais facilmente [16,18,23]. 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 [19]. Portanto, vale

salientar que Evangelista *et al* [24], otimizaram tempos bem menores de repouso em fibras tipo I, logrando resultados favoráveis.

Fadiga muscular

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 colocam como importante prática clínica à observação do tempo de repouso e o tempo de contração. Brasileiro *et al*. [19,23], citam 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 [25]. Evangelista *et al*. [24] apresentam resultados que corroboram para esta discussão, com tempo de 12 segundos de contração e 12 segundos de repouso, se observou resultados mais rápidos no que concerne o tempo total de aplicações. É importante se frisar que estes podem não ser fatores únicos para desencadeamento de fadiga. No final, a taxa da utilização de oxigênio também é importante [11]. Fadiga a contrações submáximas é controlada pela variação de unidades motoras particulares envolvidas. Contrações prolongadas demonstram um recrutamento maior de unidades motoras para manter a mesma força muscular conforme a fadiga ocorre [18]. Seria desta forma esperado que a estimulação elétrica dos músculos via o nervo motor levasse a uma fadiga muscular relativamente rápida, já que um conjunto fixo de unidades motoras é estimulado com as fibras fásicas de disparo rápido selecionadas preferencialmente. Esta ocorrência foi demonstrada por Currier & Mann [15], que demonstrou que a fadiga muscular devido à estimulação elétrica era maior que devido à contração voluntária isométrica de igual intensidade. O grau de duração da fadiga aparenta ser diretamente relacionado com a duração da estimulação elétrica. Os autores encontraram evidências da persistência da fadiga por períodos curiosamente longos após a aplicação do protocolo terapêutico de estimulação elétrica em indivíduos saudáveis. A recuperação completa foi atrasada por até 24h, e em alguns casos, 48h [18].

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 de risco devido à estimulação elétrica funcional (FES) também foi considerada por Stokes & Cooper [26], mas parece não haver nenhuma evidência de qualquer dano

funcional ou estrutural devido à estimulação elétrica.

Avaliação e tratamento

Os métodos de avaliação utilizados nesta pesquisa estão embasados cientificamente por autores que justificam o mesmo num estudo de cadáveres dissecados (método direto). Estes estudos foram realizados e padronizados pela Antropometric Standardization reference (ASRM) [17,27].

Pollock *et al*. [27] avaliam o método de três dobras cutâneas (tricipital, supra íliaca, abdominal, coxa, peitoral) como viável para avaliação do sexo feminino adulto, onde é padronizado pela ASRM até a data de hoje. Valendo lembrar que não existe o melhor método, porém para cada grupo e situação deve-se estudar a melhor adequação [17,27].

Para perimetria do abdômen empregamos a trena antropométrica *Medical*, e utilizamos o método de Pollock *et al*. [17,27], onde medimos 2 cm abaixo da cicatriz umbilical, da esquerda para direita. Na realização da mensuração, passa-se a trena no voluntário e a marcação do perímetro será numa inspiração seguida de apnéia.

Para a verificação do percentual de gordura utilizamos o protocolo de Pollock [27,36]. Este método tem matematicamente 88% de margem de acerto se comparado com método direto (dissecação de cadáver). O cálculo utiliza a seguinte equação: $DC: 1.0994921 - 0.0009929(X2) + 0.0000023(X2)^2 - 0.0001392(X3)$ onde $X1 = \text{Ó DC Peitoral, abdominal e coxa}$; $X2 = \text{Ó DC Tríceps, Supra-íliaca e coxa}$ e $X3 = \text{idade em anos}$ [17,27].

Para a Dobra Cutânea (Supra Ilíaca) utilizamos o método Pollock [27], onde se marca uma linha da axila até a crista ilíaca, marcando com o polegar, gira-se a mão no sentido horário e faz a pega supra ilíaca.

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 [27].

Para a Dobra Cutânea da coxa, faz-se a prega com o avaliado na posição ortostática, com os braços ao lado do corpo, com os pés separados (10 cm), a dobra localiza-se na distância média entra dobra inguinal e a borda proximal da patela, no momento da aplicação o avaliado deverá estar com o joelho ligeiramente flexionado. O peso do segmento deverá ser sustentado pelo membro oposto [27].

Para a dobra abdominal é determinada paralelamente ao eixo longitudinal do corpo, aproximadamente a dois centímetros a direita da borda lateral da cicatriz umbilical [27].

A grande discussão fica por conta da eficácia da eletroestimulação no tratamento da musculatura abdominal 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 alcançada em pouco tempo e este fortalecimento se dá artificialmente [1,16].

É importante também salientar que esse reforço muscular evita um processo de desgaste biomecânico que pode incorrer de prejuízos anátomo-funcionais, levando em consideração que os exercícios abdominais comprometem os discos intervertebrais quando realizado de forma inadequada[28], e a eletroestimulação minimiza estes erros ou quase os anula [8]. Andrews *et al* [8], cita 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.

Materiais e métodos

Na avaliação das voluntárias, buscamos métodos que cercassem com propriedade todas as possibilidades de confirmação dos resultados de nossa pesquisa.

Foram selecionadas 15 voluntárias, saudáveis, com idade entre 30 e 45 anos (denominados grupos A, B, C, respectivamente) moradores da região metropolitana da cidade do Rio de Janeiro, profissionais liberais, moradoras do bairro da Penha Circular, na cidade do Rio de Janeiro-RJ.

Antes e após o tratamento as pacientes foram submetidas a uma avaliação constituída de perimetria abdominal, aferição das dobras cutâneas supracitadas, peso corporal e estatura.

Para a realização do tratamento as voluntárias foram posicionadas em uma maca, em decúbito dorsal, onde foram realizados limpeza prévia da região do abdômen com álcool e algodão para fixação dos eletrodos auto-adesivos. Utilizou-se quatro canais, sendo um canal colocado na porção

proximal das *duas faixas* musculares do reto-abdominal, outro canal na porção distal do mesmo músculo, e os dois últimos canais nos músculos oblíquos e transversos do abdômen.

A corrente russa foi empregada para a estimulação muscular utilizando-se o aparelho de eletroestimulação Endophasys-R^á, fabricado pela KLD Biosistemas Ltda, que possui uma corrente alternada de média frequência com um pulso senoidal. As quinze voluntárias foram distribuídas em três grupos eqüitativos, e para a realização do trabalho foi utilizado o seguinte protocolo:

- No Grupo A, utilizou-se somente a eletroestimulação, com a modulação da frequência portadora de 2.500 Hz, frequência modulada de 30 Hz, fase (ciclo) de 50%, tempo de contração de 13 seg. e repouso de 13 seg., por um tempo total de estimulação de 20 minutos, numa intensidade (mA) confortável e suficiente para proporcionar contração visível.

- No Grupo B, foi realizada a eletroestimulação com os mesmos parâmetros de modulação do grupo A, entretanto foram acrescentados exercícios aeróbicos (lambaeróbica & spinning) e todas as voluntárias eram orientadas pelo mesmo professor.

- No Grupo C, não foi realizada a eletroestimulação, e somente os exercícios aeróbicos (Lambaeróbica e Spinning), orientação idem grupo B.

O trabalho foi realizado três vezes por semana, durante seis semanas. Nenhum dos voluntários receberam dieta alimentar, sendo sobremaneira, orientadas a evitarem os excessos.

Os voluntários foram atendidos em suas residências e todas as sessões de eletroestimulação havia um interrogatório sobre as atividades físicas ora citadas pelas voluntárias.

Resultados

A aplicação da metodologia descrita no capítulo anterior resultou nos números apresentados nas tabelas abaixo, obtidos em duas etapas do tratamento:

		Identificação: Grupo A				Idade: 30 a 45 anos				
Protocolo: Freq. Port. 2500 Hz/ Freq. Mod. 30 Hz/ Ciclo 50%/ Sustentação 13"/ Repouso 13"/ Tempo total de estim. 20'										
	DC		Perimetria		Intensidade		Idade	Estatura	Peso	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Início	Término			Antes	Depois
1- A	21%	18%	74 cm	70 cm	80 mA	120 mA	40 anos	1,63 m	63,0 kg	60,0 kg
2- A	17%	15%	79 cm	72 cm	85 mA	130 mA	43 anos	1,65 m	67,5 kg	63,0 kg
3- A	14%	11%	75 cm	69 cm	70 mA	130 mA	30 anos	1,60 m	62 kg	60,0 kg
4- A	17%	14%	74 cm	68,2 cm	60 mA	160 mA	30 anos	1,60 m	60,7 kg	58,0 kg
5- A	17%	15%	71 cm	68 cm	70 mA	140 mA	35 anos	1,62 m	62,0 kg	60,0 kg
DATA	05/ 01	02/ 03	05/ 01	02/ 03	05/01	02/03			05/01	02/03

Tabela I – Resultados voluntários grupo A

		Identificação: Grupo B				Idade: 30 a 45 anos				
Protocolo: Freq. Port. 2500 Hz/ Freq. Mod. 30 Hz/ Ciclo 50%/ Sustentação 13"/ Repouso 13"/ Tempo total de estim. 20' / exercícios aeróbicos										
	DC		Perimetria		Intensidade		Idade	Estatura	Peso	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Início	Término			Antes	Depois
1- B	16,6%	13%	78 cm	73 cm	100 mA	125 mA	32 anos	1,68	67,6 kg	65,6 kg
2- B	17,3%	14,3%	72 cm	68 cm	105 mA	130 mA	34 anos	1,64	68,5 kg	65,7 kg
3- B	19,5%	16,0%	73,7 cm	70,7 cm	90 mA	130 mA	36 anos	1,65	64,0 kg	60,0 kg
4- B	18,0%	15,0%	71,6 cm	68,8 cm	100 mA	120 mA	37 anos	1,62	64,0 kg	60,0 kg
5- B	16,6%	13,6%	74 cm	69 cm	100 mA	115 mA	38 anos	1,60	62,5 kg	58,5 kg
DATA	05/ 01	02/03	05/ 01	02/03	05/ 01	02/03			05/ 01	02/03

Tabela II – Resultados voluntários grupo B

		Identificação: Grupo C				Idade: 30 a 45 anos				
Protocolo: Somente exercícios aeróbicos										
	DC		Perimetria		Intensidade		Idade	Estatura	Peso	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Início	Término			Antes	Depois
1- C	18,0%	16%	73 cm	71 cm	---	---	30	1,68 m	66,0 kg	65,0 kg
2- C	17,5%	17%	72 cm	72 cm	---	---	34	1,67 m	69,5 kg	67,0 kg
3- C	15,1%	14,9%	75 cm	73 cm	---	---	43	1,60 m	55,3 kg	54,0 kg
4- C	14,7%	14,2%	73 cm	72 cm	---	---	42	1,63 m	57,6 kg	56,0 kg
5- C	18,6%	18,0%	83,6 cm	80 cm	---	---	45	1,72 m	69,0 kg	67,0 kg
DATA	05/ 01	02/03	05/ 01	02/03	---	---			05/ 01	02/03

Tabela III – Resultados voluntários grupo C

OBS.: Os exercícios aeróbicos, foram efetuados todos os dias da semana com todos os voluntários do grupo B e C com um Personal Trainer. São eles: lambaeróbica em 20 min e 15 min spinning, nenhuma outra atividade física era desenvolvida.

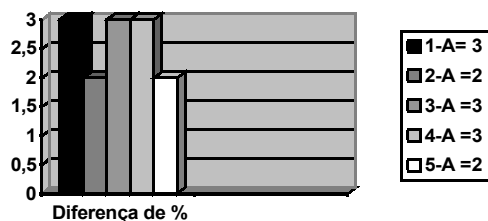


Gráfico I - Grupo A

As observações dos gráficos a seguir, mostram a comparação dos resultados numericamente descritos nas tabelas anteriores. Estes gráficos visam caracterizar matematicamente a diferença da perda na quantidade geral de percentual gorduroso, verificados antes do início do trabalho e ao final do mesmo, quantificado pela técnica desenvolvida por Pollock *et al.* [17,27].

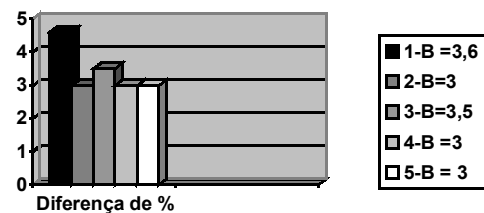


Gráfico II - Grupo B

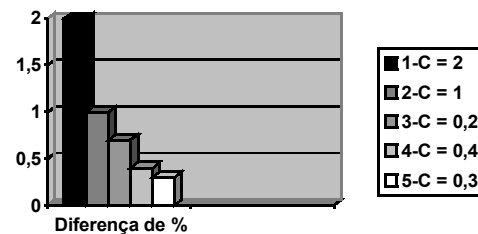


Gráfico III - Grupo C

Os gráficos (nr. 1, 2, 3) da verificação da diferença dos resultados da dobra cutânea mostram que no grupo B, onde houve a associação da eletroestimulação com atividade física, a diferença entre o valor obtido antes do início do trabalho e o valor verificado ao final do mesmo foi maior. E o gráfico do grupo A mostra a maior eficácia do trabalho realizado somente com a eletroestimulação, em relação ao trabalho realizado somente com a atividade física do grupo C.

Estes gráficos visam elucidar matematicamente a diferença da diminuição de perímetro abdominal, verificados antes do início do trabalho e ao final dos mesmos, quantificados pela técnica desenvolvida por Pollock *et al.*[17,27].

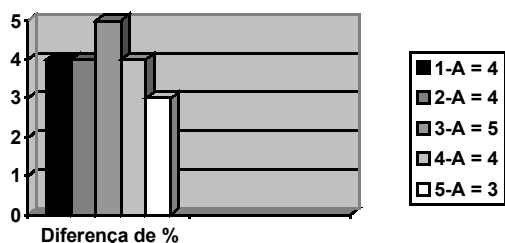


Gráfico IV - Grupo A

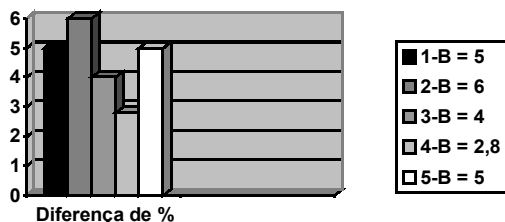


Gráfico V - Grupo B

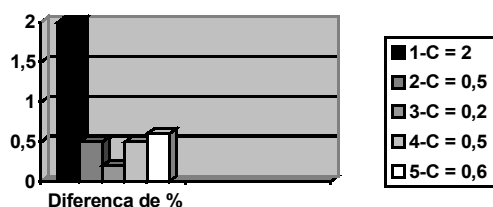


Gráfico VI - Grupo C

Os gráficos (nr. 4, 5, 6) da verificação da diferença dos resultados da perimetria abdominal mostram que no grupo B, onde houve a associação da eletroestimulação com atividade física, a diferença entre o valor obtido antes do início do trabalho e o valor verificado ao final do mesmo foi relativamente maior. E o gráfico do grupo A mostra a maior eficácia do trabalho realizado somente com a eletroestimulação, em relação ao trabalho realizado somente com a atividade física do grupo C.

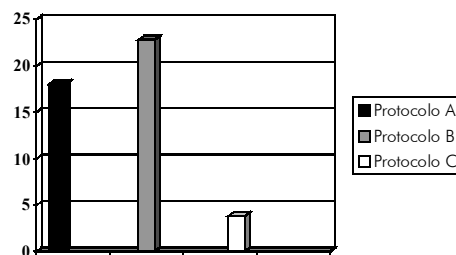


Gráfico VII

Discussão

Os resultados do tratamento nestes voluntários não podem ser considerados como absolutos. Eles podem ajudar a divulgar experiências clínicas entre fisioterapeutas que atuam utilizando técnicas de eletroestimulação. Podem gerar hipóteses para serem investigadas em pesquisas futuras, fornecer material para o ensino da profissão, motivar a prática profissional, e auxiliar a formular parâmetros e guias de práticas clínicas [24].

Este trabalho reveste-se da importância de se analisar o aspecto físico dos voluntários envolvidos na pesquisa com o objetivo de implementar uma técnica de tratamento que possibilite a melhora da performance da musculatura abdominal e de uma possível intervenção no tecido adiposo situado na parede abdominal.

A análise dos dados da perimetria permitiu concluir que, a despeito da diversidade do aspecto físico dos voluntários envolvidos na pesquisa, o trabalho realizado com o uso de eletroestimulação reduziu medidas pelo encurtamento do reto abdominal em sua dimensão longitudinal, de forma mais significativa. Tal fato ficou evidenciado nos resultados das tabelas 1a e 1b, entretanto os dados mostrados na tabela 1b, e representados no gráfico “protocolo x diminuição na medida de perímetro abdominal” nos levam a entender que o grupo que utilizou a eletroestimulação associando com exercícios físicos do tipo aeróbico apresentou melhores resultados quanto à diminuição da perimetria abdominal.

Por outro lado, o acompanhamento dos resultados obtidos pelo adipômetro, representados nas tabelas 1a, 1b, e 1c, levou à conclusão de que existiu também redução no percentual de gordura com o uso da eletroestimulação. No grupo B, onde houve a associação da eletroestimulação com a atividade física, a diminuição do percentual de gordura foi mais significativa. Mas há que se ressaltar que os resultados obtidos no grupo A, em relação ao grupo C, mostraram que o uso da eletroestimulação (unicamente) foi mais eficiente na diminuição do percentual de gordura que a realização de exercícios aeróbicos numa mesma academia com mesmo professor, realizado sem a associação de eletroestimulação. Além disto, a avaliação subjetiva e o acompanhamento regular dos avaliados mostrou melhora no tônus e trofismo da

musculatura abdominal.

O estudo apresentado mostrou resultados favoráveis que justificam seu uso na fisioterapia desportiva e dermatofuncional, 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 estéticos.

Conclusão

Mesmo na falta de dispositivos 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 reduzir medidas pelo encurtamento do reto abdominal. 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 aspecto estético e funcional da musculatura abdominal, pois houve também aparente melhora do tônus e trofismo muscular abdominal. Podemos considerar importante, a observação da grande incidência de relato de dores lombares naqueles que praticaram exercício, e nenhum relato dos voluntários que só participaram da eletroestimulação.

Referências

1. Hoogland R. Strengthening and stretching of muscles using electrical current – B. V. Enraf Nonius. Delft – Holanda 1988.
2. Starkey C. Recursos Terapêuticos Em Fisioterapia. Ed. Manole 1 Ed. 1999.
3. Sivini SCL & Lucena ACT. Desenvolvimento da força muscular através da corrente russa em indivíduos saudáveis 1999;p.12.
4. 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. - Ed. Guanabara Koogan 1994;p 61-95.
5. Foss ML, Keteyian SJ. Bases fisiológicas do esporte exercício e do esporte – 6 ed. 2000.
6. Galbo H, Holst NJ, Cristensen H, & Hilsted J. Glucagon And Plasma Catecholamines During Beta-Receptor Blockade In Exercising Man – J. Appl Physiol 1976; 40:(6)p:855-863.
7. Petty D. Plasticity Of Muscle. De Gruyter, Berlin/New York 1980.
8. Andrews R, Harrelson GL & Wilk, KE. Reabilitação Física Das Lesões- 2 Ed.-Ed. Guanabara Koogan 2000.
9. Johnson S et al. The effect of training frequency of aerobic dance on oxygen uptake, body composition and personality. J Sports med 1984;24:290.
10. Franklin B et al. Effects of physical conditioning on cardio respiratory function, body composition and serum lipids in relatively normal-weight and obese middle-aged woman. Int J Obesity 1979;3:97-100.
11. McArdle WD & Katch F. Fisiologia do exercício, energia, nutrição e desempenho humano. Rio de Janeiro, Interamericana 1985.
12. Francesconi RP. Endocrinological responses to exercise in stressful environments. In: K.B. Pandolf (ed.), Exercise and Sport Science Reviews, Vol. 16. New York: MacMillan; 1988:255-284.
13. Nieman DC et al. Indomethacin does not alter natural killer cell response to 2.5 h of running. J. Appl. Physiol. 79: 748-755. Nieman, D.C., S.L. Nehlsen-Cannarella, O.R. Fagoaga, D.A. Henson, A. Utter, J.M. Davis, F. Williams, and D.E. Butterworth (1998). Influence of mode and carbohydrate on the cytokine response to heavy exertion. Med Sci Sports Exerc 1995;30: 671-678.
14. Bailey SP, Davis JM & Ahlborn EN. Neuroendocrine and substrate responses to altered brain 5-HT activity during prolonged exercise to fatigue. J Appl Physiol 1993;74:3006-3012.
15. Currier DP & Mann R. Muscular strength development by electrical stimulation in healthy individuals. Physical Therapy 1983;63(6):915-921.
16. Robinson AJ & Snyder-Mackler, L. Eletrofisiologia Clínica - Eletroterapia E Teste Eletrofisiológico - Ed. Artmed - 2ª Ed. - Porto Alegre 2001; 68:105-108-115-126-137-147.
17. Mackler WD, Katch FI, Katch VI. Fisiologia do esforço – Energia, nutrição e desempenho humano. Ed. Guanabara Koogan. 3ª Ed. Rio De Janeiro 1992.
18. Longo GJ. Estimulação elétrica para fortalecimento e alongamento muscular - Kld Biosistemas Eq. Eletr.- Amparo-Sp 1999.
19. Selkowitz DM. Improvement in isometric strength of the quadriceps femoris muscle after training with electrical stimulation. Physical Therapy 1985;65(2):186-196.
20. Arthur C & Guyton MD. Fisiologia Humana. Ed. Guanabara 1996.
21. Scott O. Ativação Dos Nervos Motores E Sensitivos. In: Eletroterapia De Clayton – Kitchen, S. E Bazin, S. 10ª Edição. Ed. Manole. 1ª edição Brasileira. São Paulo 1998: 69;73-74;113-117.
22. Mackler WD, Katch FI & Katch VI. Fisiologia do esforço – Energia, nutrição e desempenho humano. Ed. Guanabara Koogan. 3ª ed. Rio de Janeiro 1992.
23. Brasileiro JS, Castro dos Santos CE, Parizotto NA.

- Parâmetros manipuláveis clinicamente na estimulação elétrica neuromuscular. *Fisioterapia Brasil* 2002;3(1): 16-24
24. Evangelista AR et al. Estudo Comparativo do uso da eletroestimulação com corrente russa associada com atividade física, visando a melhora da performance muscular. *Rev. Brasileira de fisioterapia dermatofuncional*. 2002;1:11-16.
 25. Karlsson J. et. al. Lactate, ATP and CP in working muscles during exhaustive in man. *J Appl. Physiol* 1970;29(5):598-602.
 26. Stokes M & Cooper R. Muscle fatigue as a limiting factor in functional electrical stimulation A Review. *Physiotherapy* 1989;39:24-36.
 27. Pollock ML & Wilmore JH. Exercícios na saúde e na doença: avaliação e prescrição para prevenção e reabilitação. 2 ed. Rio de Janeiro: Medsi, 1983.
 28. Kapandji AI. *Fisiologia articular*. Ed. Guanabara Koogan. São Paulo 2000.
-