

Artigo original

Efeito da corrente russa no tratamento da musculatura desnervada por neuropraxia do nervo ciático em modelo animal

The Russian stimulation effect on the treatment of denervated muscle by neuropraxy of sciatic nerve in animal model

Thiago Guedes Teles, Ft.*, Alaíde Chaves Aragão, Ft.*, Ana Georgea Gomes Pinheiro, Ft.*, Ana Paula de Vasconcellos Abdon, M.Sc.**

.....
*Universidade de Fortaleza – UNIFOR, **Professora do Curso de Graduação em Fisioterapia da UNIFOR

Resumo

A Corrente Russa é uma corrente excitomotora alternada de média frequência interrompida, utilizada para fortalecimento muscular de fibras tônicas e fásicas. O objetivo deste estudo foi analisar o efeito da corrente russa na musculatura após neuropraxia no nervo ciático. Foi utilizado modelo experimental em 30 ratas Wistar entre 150 a 200 g. Foi realizado neuropraxia no nervo ciático da pata direita, iniciando a eletroestimulação do tríceps sural no 2º dia pós-operatório. Os animais foram separados em grupo controle e experimental, tratado com a corrente na frequência de 22 Hz (contração lenta) e tratado com frequência de 54 Hz (contração rápida), com tempo de aplicação de 5 min, três vezes por semana, totalizando 6 aplicações. Após a aplicação, foi realizado o teste do desempenho motor, através do *rota rod* (Ugo Basile), sendo avaliado dois tempos de permanência consecutivos, com intervalo de 2 min. Os resultados mostraram que os animais tratados com 22 Hz permaneceram por mais tempo no aparelho nos dois tempos avaliados em comparação ao controle e ao tratado com 54 Hz. Pode-se concluir que a corrente russa na estimulação de fibras de contração lenta propiciou melhor desempenho motor, possivelmente devido a uma melhor adaptação das fibras musculares ao metabolismo oxidativo.

Palavras-chave: estimulação elétrica, nervo ciático, lesão, fisioterapia.

Abstract

The Russian stimulation is an alternating current exciting motor of medium-frequency interrupted power, used to fortify tonic and phasic muscle fibers. The objective of this study was to analyze the Russian stimulation effect on musculature after neuropraxy of the sciatic nerve. It was used an experimental model in 30 Wistar rats between 150 and 200 g. A neuropraxy of the sciatic nerve was carried out on the right posterior leg, beginning the electrical stimulation of triceps surae muscle on the 2nd postoperative day. The animals were divided into control and experimental group, treated with stimulation frequency of 22 Hz of (slow contraction) and with 54 Hz (fast contraction), during 5 minutes, three times a week, totalizing 6 applications. After therapeutic application, the motor performance test was carried out, using the *rota rod* (Ugo Basile), and two consecutive permanence time were evaluated, with 2-minute interval. The results showed that the animals treated with 22 Hz remained some time longer in the device at the two evaluated times compared to the control and the one treated with 54 Hz. It can be concluded that the Russian stimulation in the slow contraction fiber stimulation propitiated better motor performance, possibly due to a better adaptation of muscular fibers to the oxidative metabolism.

Key-words: electric stimulation, sciatic nerve, injury, physical therapy.

Recebido em 12 de julho de 2005; aceito em 10 de março de 2008.

Endereço para correspondência: Ana Paula de Vasconcellos Abdon, Rua Tenente Benévolo 835, 60160.040 Fortaleza CE, Tel: (85) 3251-1941, E-mail: paulaabdo@unifor.br.

Introdução

A Corrente Russa é uma corrente excitomotora de média frequência utilizada para o fortalecimento muscular, aplicada pela primeira vez pelo Professor Kots, do centro de medicina desportiva da academia do Estado de Moscou [1].

Denomina-se Russa, pois, na década de 80, com a criação da Estação MIR, os cosmonautas começaram a apresentar problemas na musculatura devido à estadia de até oito meses dentro da estação espacial. Esse tempo era suficiente para que sua musculatura apresentasse sérios problemas [2].

Segundo Low e Reed [3], a Corrente Russa consiste em uma corrente de média frequência homogeneamente alternada de 2.500 Hz, aplicada como uma série de disparos. Ocorrem assim 50 períodos de 20 min de duração que consistem em um disparo de 10 min e um intervalo de 10 min. Cada disparo de 10 min contém 25 ciclos de corrente alternada, ou seja, 50 fases de 0,2 min de duração.

A Corrente Russa apresenta várias vantagens em relação à corrente de baixa frequência, entre elas destaca-se a sua capacidade de estimular músculos profundos recrutando maior número de fibras. A impedância do corpo humano é capacitiva, e em sistemas capacitivos quanto maior for a frequência de estimulação, menor será a resistência presente. Por isso, essa corrente diminui sensivelmente o desconforto do paciente [4].

Cada músculo do corpo é constituído por uma mistura de fibras musculares rápidas (fásicas) e lentas (tônicas), com ainda outras fibras classificadas entre estes dois extremos. Os músculos que reagem rapidamente são formados, principalmente por fibras "rápidas", com apenas pequeno número da variedade lenta. Inversamente, os músculos que respondem lentamente, porém com contração prolongada, são formados, principalmente, por fibras lentas [5].

Muitas lesões nervosas são decorrentes de traumas diretos que acabam por restringir a funcionalidade do nervo, ou seja, a condução do estímulo nervoso. O processo de condução nervosa acaba tornando-se lento ou muitas vezes interrompido. Estudos sobre lesões por esmagamento que acometam o sistema neuromuscular propiciam desenvolvimento de pesquisas que buscam recursos que auxiliem no tratamento dessas lesões [6].

Quando um músculo perde sua inervação, deixa de receber os sinais contráteis, que são necessários para manter o trofismo muscular normal. Após cerca de dois meses, as alterações degenerativas também começam a aparecer nas próprias fibras musculares. Se a inervação retorna ao músculo rapidamente, ocorre quase sempre a volta plena da função em cerca de três meses, caso isto não ocorra, a funcionalidade ficará comprometida [5].

A intervenção precoce de uma corrente excitomotora de média frequência manteria a integridade muscular por manter presente o estímulo necessário para a contração muscular, evitando o surgimento dos sinais de atrofia e contratura muscular.

O objetivo deste trabalho foi analisar o efeito da Corrente Russa na musculatura após lesão por neuropraxia do nervo ciático do rato, mensurando seu efeito na estimulação de fibras de contração lenta (tônicas) e fibras de contração rápida (fásicas) através do teste de desempenho físico do animal no aparelho *rota rod*.

Materiais e métodos

Um estudo experimental, de natureza quantitativa, foi realizado, com o intuito de avaliar os efeitos da Corrente Russa em ratos. Foi utilizado o modelo proposto por Jones e Roberts [7], com algumas modificações, que mensura a incoordenação motora em ratos usando o *rota rod*. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Parasitologia, situado no bloco H, sala 20, da Universidade de Fortaleza (UNIFOR).

Na pesquisa, utilizaram-se 30 ratas da linhagem Wistar (ratos norvegicus), entre 150 e 200 g, provenientes da Sala de Manejo de Animais do Centro de Ciências da Saúde da UNIFOR. Os animais foram distribuídos, aleatoriamente, em grupos com 10 animais, que foram mantidos em gaiolas com água e ração apropriada, *ad libitum*, climatizados e com ciclos naturais dia/noite. A realização da pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética em Pesquisa Animal (CEPA) da Universidade Federal do Ceará.

Os animais foram submetidos a uma neuropraxia, na qual o acesso ao nervo ciático foi feito através de uma incisão posterior, com lâmina de bisturi, na coxa direita, sendo a lesão feita através de uma compressão por um nó de fio de sutura cirúrgico. Receberam, previamente, anestesia geral, por hidrato de cloral (20% v/v em água destilada), na dose de 0,1 ml/30 g de peso do animal, por via intra-peritoneal; e quando necessário, a anestesia foi mantida por éter etílico, via inalatória.

Os animais foram divididos em três grupos, o grupo experimental para estimulação de fibras de contração rápida (fásica) foi submetido à estimulação com frequência de 54 Hz, o experimental para estimulação de fibras de contração lenta (tônica) foi de 22 Hz e o grupo controle, não foi tratado com a Corrente Russa, mas passou pelas mesmas condições dos outros grupos. A aplicação da Corrente Russa foi realizada através da técnica unipolar com um eletrodo de esponja umedecida (pólo positivo) na raiz nervosa (região lombar), com tamanho 1 x 1 cm e o outro do tipo caneta (pólo negativo) com um algodão umedecido. A utilização da caneta possibilitou melhor aplicação da corrente, permanecendo em contato constante durante toda a estimulação.

A eletroestimulação teve duração de 5 minutos, aplicada três vezes por semanas, totalizando 6 aplicações. Por se tratar de uma lesão de neuropraxia (leve), o tempo de estimulação da musculatura foi o mesmo para o repouso, sendo de 3,33 segundos o tempo de subida, sustentação e descida e 10 segundos o tempo de repouso. A estimulação foi aplicada no

ponto motor do ventre da musculatura do tríceps sural do membro inferior direito do rato (Figura 1).

Figura 1 - Aplicação da eletroestimulação com a Corrente Russa (Kinesis).



No dia seguinte à última estimulação, os animais do grupo controle e os tratados com a Corrente Russa passaram pela avaliação do desempenho motor no *rota rod*. O aparelho de *rota rod* (Ugo Basile, modelo 7700/7750) consiste em quatro cilindros com diâmetro de 7 cm, subdividido em compartimentos por discos de 25 cm de diâmetro que permitem a realização de experimentos com quatro ratos simultaneamente. O cilindro girou a uma velocidade constante de 16 rotações por minuto (rpm) e com aceleração constante 16 rpm.

O resultado foi expresso como tempo em segundos que os animais dos grupos experimentais e controle permaneceram sobre o *rota rod*, com intervalo de 2 minutos. O tempo máximo utilizado foi de 90 segundos. Os ratos foram pré-selecionados com 24 horas de antecedência para eliminar aqueles que não permanecessem sobre o cilindro durante dois períodos consecutivos de 90 segundos (Figura 2).

Figura 2 - Aparelho de *rota rod* (Ugo Basile, modelo 7700/7750) para avaliar o desempenho motor.

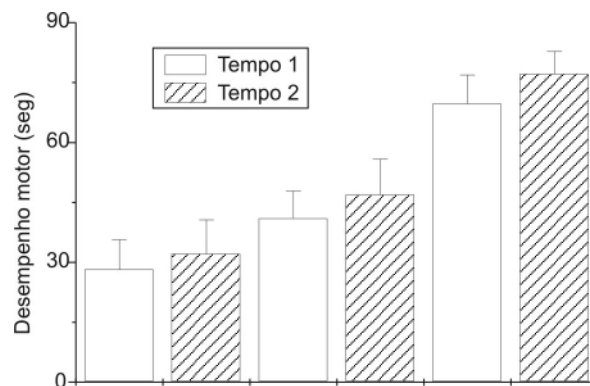


Os resultados foram apresentados através da média \pm erro padrão da média dos dados obtidos nos grupos experimentais e controle, expressos na forma de gráfico. Foram considerados estatisticamente significativos os resultados que apresentaram “p” menor ou igual a 5% ($p \leq 0,05$), utilizando para essa análise o programa Sigma Stat.

Resultados

Os resultados obtidos no teste do desempenho motor no aparelho de *rota rod* demonstraram que os animais tratados com a Corrente Russa para estimulação de fibras de contração lenta (tônicas) tiveram melhor performance através da mensuração dos tempos de permanência no aparelho em segundos ($T1 = 69,7 \pm 7,18$ e $T2 = 77,1 \pm 5,60$) estatisticamente significativo em relação ao controle ($T1 = 28,2 \pm 7,48$ e $T2 = 32,1 \pm 8,52$) e ao grupo submetido à estimulação de fibras de contração rápida (fásicas) ($T1 = 41,0 \pm 6,84$ e $T2 = 46,9 \pm 8,90$) ($p \leq 0,05$, ANOVA, Bonferroni) (Figura 3).

Figura 3 - Mensuração do desempenho motor (seg) dos animais tratados com a Corrente Russa através do *rota rod*.



Os valores do desempenho motor em segundos, por meio do *rota rod*, foram apresentados através da média \pm erro padrão. Eixo das ordenadas: médias dos tempos em segundos e as linhas verticais representam o erro padrão da média. Eixo das abscissas: tempo inicial e final dos grupos experimentais e controle. *, estatisticamente diferente em relação ao controle e ao grupo de contração rápida ($p < 0,05$).

Entretanto, o grupo tratado com a Corrente Russa para estimulação de fibras de contração rápida (fásicas) não apresentou tempos de permanência ($T1 = 41,0 \pm 6,84$ e $T2 = 46,9 \pm 8,90$), no aparelho, estatisticamente significativos em relação ao grupo controle ($p > 0,05$, ANOVA, Bonferroni).

Discussão

Atualmente, há vários estudos que descrevem o efeito da Corrente Russa sobre a musculatura sadia ou lesionada, propiciando fortalecimento muscular. Entretanto, pouco se conhece acerca da propriedade eletrofisiológica de interconversão de fibras através da variação de frequência pela aplicação

da Corrente Russa [8], embora essa corrente seja utilizada no tratamento de lesões que causam debilidade muscular devido ao comprometimento nervoso.

A lesão nervosa leva a uma série de distúrbios musculares, vasculares e sensitivos, resultando na atrofia muscular com tendência a encurtamento e substituição por tecido fibroso [5]. A intervenção de uma corrente de eletroestimulação poderia evitar ou retardar esse processo que levaria à contratura debilitante.

Nesta pesquisa, foi utilizado o nervo ciático para ser lesionado devido ao acesso ser mais fácil, possibilitando sua lesão por compressão através do trauma cirúrgico. Além disso, a utilização desse nervo em estudos experimentais em modelo animal é uma modalidade freqüente [9]. A musculatura do tríceps sural inervada por esse nervo possui também disposição favorável à aplicação da corrente, além de um ventre muscular calibroso constituído tanto de fibras de contração rápida (fásica) quanto contração lenta (tônica).

A técnica da eletroestimulação utilizada possibilitou uma boa adequação entre eletrodo e a pele do animal, permitindo condições favoráveis à aplicação da corrente. A Corrente Russa, por se tratar de uma corrente de média freqüência, diminuiu sensivelmente o desconforto durante sua aplicação, devido a menor impendância oferecida à passagem da corrente, em consequência da diminuição do Efeito Joule ($W = I^2 \cdot R \cdot t$) (Tabela I). A estimulação elétrica é bem mais eficaz, uma vez que recruta um maior número de fibras musculares devido a sua capacidade maior de penetração na musculatura [10].

Tabela I – Fórmula do Efeito Joule.

$W = I^2 \cdot R \cdot t$	
W	Energia dissipada sob forma de calor;
I	Corrente elétrica aplicada; Efeito resistivo proporcionado pela passagem da
R	corrente através das proteínas integrais (canais iônicos);
T	Tempo de aplicação da corrente elétrica.

Foi estabelecido que para estimular fibras tônicas, a freqüência estabelecida foi de 22 Hz, a qual promovia despolarização das fibras musculares, conseqüentemente sua contração. Além disso, essa freqüência propicia o metabolismo aeróbico das fibras musculares e um aumento da densidade dos capilares sanguíneos, fornecendo um maior aporte de oxigênio. As fibras fásicas foram estimuladas através da aplicação da corrente na freqüência de 54 Hz, obtendo contração muscular, mas propiciando um metabolismo anaeróbico e conseqüentemente menor densidade dos capilares, por necessitar de menos oxigênio para a contração [8].

Os resultados encontrados, nesta pesquisa, demonstraram que os animais tratados com a Corrente Russa, estimulando fibras tônicas, conseguiram permanecer por mais tempo no aparelho durante a avaliação motora, com aceleração constante de 16 rpm, quando comparados ao grupo controle.

Contudo, ao utilizar-se a freqüência de 54 Hz, estimulando fibras fásicas, os animais não obtiveram o mesmo desempenho motor, permanecendo tempo similar ao grupo controle. Isto possivelmente se deve a propriedade de adaptação do músculo a um estímulo nervoso excitomotor [8]. O desenvolvimento das fibras no grupo de contração lenta permitiu uma melhora na capacidade aeróbica da musculatura, proporcionando endurance da musculatura tratada, o que levou os ratos desse grupo a permanecerem mais tempo no aparelho, obtendo melhor tempo de permanência.

Evangelista *et al.* [11] evidenciaram resultados favoráveis ao uso da eletroestimulação neuromuscular na terapêutica para manutenção na qualidade muscular e possível melhora da performance através das trocas de fibras.

Pesquisas mostram que pode haver modificação da inervação de uma fibra muscular, constatando que as propriedades dessa fibra sofrem alterações fundamentais. Desta maneira, dependendo do tipo de estímulo dado à unidade motora, a adaptação do músculo ocorre, e suas características podem modificar-se [12]. Além disso, a fibra de contração rápida do tipo C normalmente é uma fibra rara e indiferenciada que pode participar da reinervação ou da transformação das unidades motoras [13].

A estimulação de 22 Hz utilizada nesta pesquisa possivelmente possa ter transformado bioquimicamente as fibras de contração rápida do tipo C, fazendo com que estas se adaptassem ao metabolismo oxidativo por representar a freqüência de despolarização das fibras oxidativas. Isso pode potencializar o poder aeróbico no grupo estimulado para fibras de contração lenta devido ao conseqüente aumento da densidade capilar existente nesse tipo de fibra.

O uso de uma corrente excitomotora leva a um aumento no suprimento sanguíneo seguido por um aumento na densidade capilar em torno das fibras musculares estimuladas e uma diminuição no diâmetro das fibras musculares [14]. Estudos observaram que, após quatro dias, os músculos estimulados se fatigavam menos do que os músculos controle, sugerindo que o aumento da densidade capilar fornecia uma distribuição mais homogênea do sangue e melhor difusão do oxigênio [15]. A explicação sugerida pelos autores seria que um número maior de fibras musculares teria acesso ao oxigênio, o que facilitaria a refosforilação de ATP e fosfocreatina [8].

A utilização do aparelho de *rota rod* foi necessária para analisar a performance motora dos animais tratados e do controle [7], aparelho que possibilitou a mensuração dos efeitos da Corrente Russa sobre a musculatura lesionada, uma vez que essa corrente favorece a contração do músculo desnervado tratado, melhorando ou retardando as alterações tróficas decorrentes da lesão nervosa.

Os resultados demonstraram que a aplicação da Corrente Russa, objetivando estimular as fibras tônicas, isto é, na freqüência de 22 Hz, poderia ser utilizada nos protocolos de tratamento nos pacientes com alterações nervosas ou com distúrbios mioarticulares, favorecendo um resultado mais

satisfatório com um tempo de recuperação mais curto. Entretanto, esse evento poderia ser confirmado por pesquisas que analisem as características bioquímicas dos músculos através da análise histológica.

Conclusão

Dos resultados obtidos, observou-se que o grupo de animais estimulados para fibras de contração lenta apresentou melhor desempenho motor no teste do *rota rod* (tempo de permanência maior) em relação aos grupos de fibras de contração rápida e controle. Este resultado pode estar associado à capacidade muscular em adaptar-se a um estímulo excitomotor alterando suas características morfofisiológicas e bioquímicas.

Essa corrente possivelmente gerou o desenvolvimento das propriedades tônicas já existentes no músculo, favorecendo uma contração com metabolismo oxidativo e aumento da densidade capilar. Isso otimizou o metabolismo muscular, evidenciado pelo superior tempo de permanência no aparelho em relação aos demais grupos.

Agradecimentos

Ao Programa de Bolsas de Iniciação Científica (PRO-BIC/FEQ) – Universidade de Fortaleza pela bolsa ofertada, a qual possibilitou o desenvolvimento da pesquisa, favorecendo a busca de novos conhecimentos e ingresso no mundo da pesquisa.

Referências

1. Brasileiro JS, Castro CES, Parizotto NA. Parâmetros manipuláveis clinicamente na estimulação elétrica neuromuscular (EENM). *Fisioter Bras* 2002;3(1):16-24.
2. Adel RVD, Luykx RHJ. *Electroterapia de frecuencia baja y media*. Delft: Delft Instruments Physical Medicine; 1991.
3. Low J, Reed A. *Eletroterapia explicada: princípios e prática*. 3a ed. São Paulo: Manole; 2001.
4. Mjunsat TL, Mcneal DR, Walters RL. Effects of nerve stimulation on human muscle. *Arch Neurol* 1976;(33):608-17.
5. Guyton AC, Hall J. *Tratado de Fisiologia Médica*. 10a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 2002.
6. De Medinaceli L, Derenzo E, Wyatt RJ. Rat sciatic functional index data management system with digitized input. *Comput Biomed Res* 1984;17(2):185-92.
7. Jones BJ, Roberts DJ. The quantitative measurement of motor in coordination in naive mice using an accelerating rotarod. *J Pharm Pharmacol* 1968;20:302-4.
8. Kitchen S. *Eletroterapia: prática baseada em evidências*. 11a ed. São Paulo: Manole; 2003.
9. Bennett GJ. An animal model of neuropathic pain: a review. *Muscle Nerve* 1993;(16): 1040-8.
10. Agne JE. *Eletrotermoterapia: teoria e prática*. Santa Maria: Orium & Comunicação Ltda; 2004.
11. Evangelista AR, Gravina GA, Borges FS, Vilardi Junior NP. Adaptação da característica fisiológica da fibra muscular por meio de eletroestimulação. *Fisioter Bras* 2003;4(5):326-34.
12. Hoogland R. Strengthening and stretching of muscles using electrical current. Delft: Emef-Nonions Delft 1993; 1: 15.
13. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. 4a ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1998.
14. Cotter M, Hudlická O, Vrbová G. Growth of capillaries during long-term activity in skeletal muscle. *Bibl Anat* 1973;(11):395-8.
15. Hudlická O, Brown M, Cotter M, Smith M, Vrbová G. The effect of long-term stimulation on fast muscles on their blood flow, metabolism and ability to withstand fatigue. *Pflugers Arch* 1977;(369):141-9.