

AÇÃO DO LASER TERAPÊUTICO E DO ULTRASSOM NA REGENERAÇÃO NERVOSA PERIFÉRICA

ACTION OF THERAPEUTIC LASER AND ULTRASOUND IN PERIPHERAL NERVE REGENERATION

Fabrcio Borges Oliveira^{1,2}, Valria Martins Dias Pereira¹, Ana Paula Nassif Tondato da Trindade¹, Antnio Carlos Shimano³, Ronaldo Eugnio Calçada Dias Gabriel², Ana Paula Oliveira Borges⁴

RESUMO

Objetivo: Avaliar a ação precoce do laser terapêutico e do ultrassom no processo de regeneração de uma lesão experimental em ratos. **Método:** Utilizou-se 24 ratos. Dezoito foram submetidos ao procedimento cirúrgico de lesão do nervo ciático por compressão, através de uma pinça hemostática acima da fossa poplítea. Os animais foram divididos em três grupos com seis animais em cada. Grupo controle normal. G1: controle lesado sem intervenção terapêutica. GII: intervenção terapêutica do laser ArGaAl. GIII: intervenção terapêutica do ultrassom Pulsado. Iniciamos as intervenções terapêuticas 24 horas após a lesão, com aplicações diárias, por um período de quatorze dias consecutivos. **Resultados:** Ao avaliar a perimetria dos músculos da coxa direita obteve-se os seguintes valores médios de diminuição (mm), para cada grupo G1: 0,45; GII: 0,42; GIII: 0,40. Quanto ao tempo de deslocamento tanto o GII e GIII apresentaram diferença significativa, quando comparados ao G1. Na avaliação final do IFC o GII sobressaiu ao GIII. Quanto a cicatrização observou-se grande melhora no GII e GIII. **Conclusão:** Os resultados evidenciaram que a recuperação nervosa foi maior com a aplicação do laser. *Nível de evidência II, Estudos terapêuticos – Investigação dos resultados do tratamento*

Descritores: Terapia a laser de baixa intensidade. Terapia por ultrassom. Nervo ciático. Compressão nervosa. Regeneração nervosa.

ABSTRACT

Objective: To assess the efficacy of early therapeutic laser and ultrasound in the regeneration process of an injury in rats. **Methods:** We used 24 rats. Eighteen underwent surgery for sciatic nerve compression by a hemostat above the popliteal fossa. The animals were divided into three groups of six animals each. Normal control group. G1: Injured control without therapeutic intervention. GII: laser ArGaAl therapeutic intervention. GIII: the-rapeutic intervention of Pulsed Ultrasound. We begin therapeutic interventions 24 hours after injury, with daily applications for a period of fourteen consecutive days. **Results:** In assessing the girth of the muscles of the right they, the following average decrease (in mm) for each G1: 0.45, GII: 0.42, GIII: 0.40 In relation to travel time, both GII and GIII presented significant difference when compared to G1. In the final evaluation of the IFC, GII excelled in the GIII. As for the healing observed, a major great improvement was observed in GII and GIII. **Conclusion:** The results showed that nerve recovery was higher with the laser application. *Level of evidence II, Therapeutic Studies – Investigation of the results of treatment.*

Keywords: Laser therapy, low-level. Ultrasonic therapy. Sciatic nerve. Nerve crush. Nerve regeneration.

Citação: Oliveira FB, Pereira VMD, Trindade APNT, Shimano AC, Gabriel RECD, Borges APO. Ação do laser terapêutico e do ultrassom na regeneração nervosa periférica. *Acta Ortop Bras.* 2012;20(1):98-103. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/aob>.

Citation: Oliveira FB, Pereira VMD, Trindade APNT, Shimano AC, Gabriel RECD, Borges APO. Laser action and therapeutic ultrasound in peripheral nerve regeneration. *Acta Ortop Bras.* 2012;20(1):98-103. Available from URL: <http://www.scielo.br/aob>.

INTRODUÇÃO

É comum observarmos lesões traumáticas nos nervos periféricos, principalmente naqueles que percorrem os membros. Os traumas costumam ser por avulsão, compressão, esmagamento, secção parcial e total ou estiramento, resultando na interrupção de impulso nervosos. Esse processo pode gerar perda ou diminuição da sensibilidade e motricidade na área innervada, levando à inúmeras alterações nervosas e musculares.¹ Além de alterações estrutu-

rais no músculo após lesão nervosa, ocorrem também alterações metabólicas e expressão gênica do sistema músculo-esquelético como o aumento de receptores de acetilcolina no sarcolema. A desnervação causa um aumento e proliferação dos receptores de acetilcolina extrajuncionais. Esse fato é relatado como uma indução ao brotamento de novos axônios dos nervos, sendo também uma forma de preparação para a formação de uma nova junção neuromuscular.²

Todos os autores declaram não haver nenhum potencial conflito de interesses referente a este artigo.

1 - Centro Universitário do Planalto de Araxá (UNIARAXÁ) - Araxá, MG, Brasil.

2 - Department of Sport Science, Exercise and Health - CITAB, University of Trás-os-Montes and Alto Douro, Vila Real, Portugal.

3 - Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da FMRP/USP - Ribeirão Preto, SP, Brasil.

4 - Centro Universitário do Planalto de Araxá (UNIARAXÁ) - Araxá, MG, Brasil e Universidade de Franca (UNIFRAN) - Franca, SP, Brasil.

Trabalho realizado no Laboratório de Pesquisa Multidisciplinar do Centro Universitário do Planalto de Araxá - UNIARAXÁ - Araxá - MG, Brasil.

Correspondência: Curso de Fisioterapia do UNIARAXA. Av. Ministro Olavo Drummond, N°5 - Bairro São Geraldo, Araxá - MG, Brasil. CEP: 38180-084. E-mail: fisioterapia@uniaraxa.edu.br

Podemos considerar como fatores que influenciam na regeneração da fibra nervosa afetada a natureza e o nível da lesão, o tipo e diâmetro das fibras nervosas lesadas, idade, tempo de denervação e outras variáveis individuais. Segundo Seddon² a classificação das lesões dos nervos periféricos são baseadas no grau de ruptura das estruturas internas do nervo periférico, que está correlacionada com o prognóstico de recuperação, sendo dividida em neuropraxia, axoniotmese e neurotmeze.

Apesar dos nervos periféricos se regenerarem e conseqüentemente, restaurarem as funções nervosas perdidas, sabe-se que a recuperação morfológica e funcional após uma lesão nervosa, dificilmente é completa e perfeita, mesmo quando são aplicadas técnicas modernas e sofisticadas de reconstrução.¹ Devido a estes fatores, a recuperação funcional após uma lesão nervosa ocorre de forma única sendo que em alguns casos pode ser insatisfatória.³ Entende-se portanto que além de técnicas cirúrgicas, é necessário o uso de meios físicos que auxiliem no melhor prognóstico de reabilitação funcional.⁴ Dentre os recursos comumente usados na fisioterapia com a finalidade regenerativa de lesões nervosas periféricas, podemos citar a estimulação elétrica, através do ultrassom e do laser de baixa potência, buscando um retorno precoce da funcionalidade do paciente. Devemos lembrar da importância extrema da reabilitação pós-lesão, garantindo assim que pacientes terão uma recuperação suficiente da função neuromuscular. A eletroterapia é importante para agilizar a promoção da melhora da função e da regeneração nervosa periférica.^{4,5} Desta forma o objetivo deste estudo foi verificar os benefícios da terapia por laser de baixa intensidade e ultrassom terapêutico na regeneração nervosa e qual a melhor proposta de intervenção semanal após compressão do nervo ciático em ratos.

METODOLOGIA

O experimento foi desenvolvido no laboratório de pesquisa Multidisciplinar do Centro Universitário do Planalto de Araxá e foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética e pesquisa desta instituição de ensino (Protocolo nº 18684/214). Foram utilizados no estudo 24 ratas fêmeas adultas, da linhagem *Wistar*, com peso médio de 182g, provenientes do biotério do Centro Universitário do Planalto de Araxá. Os animais foram mantidos agrupados em gaiolas de contenção, com o número máximo de três animais por gaiola, com livre acesso à água e ração, em condições ambientais controladas durante todo o experimento.

Os animais foram divididos em um grupo que não sofreu intervenção cirúrgica (chamado de controle normal) composto por seis animais e outro grupo (Subdividido em GI, GII e GIII), composto por 18 animais que sofreram procedimento cirúrgico de lesão do nervo ciático, através de esmagamento do nervo.

Os animais que sofreram lesão foram divididos em 3 sub-grupos de estudo.

Grupo I (Controle lesado): Seis animais submetidos ao procedimento cirúrgico de lesão do nervo ciático, sem intervenção terapêutica.

Grupo II (Laser): Seis animais submetidos ao procedimento cirúrgico de lesão do nervo ciático, submetidos a intervenção terapêutica do laser Arsenieto-Gálio-Alumínio (AsGaAl).

Grupo III (UST): Seis animais submetidos ao procedimento cirúrgico de lesão do nervo ciático, submetidos a intervenção do ultra som terapêutico.

Inicialmente, os ratos foram pesados, para cálculo da dose do anestésico, sendo posteriormente aplicados 0,2ml (dose fixa) de cloridrato de xilazina solução aquosa a 2% associado ao cloridrato de cetamina 50 mg/ml, vol. = 0,1ml para cada 100g. Após a verificação do estado de consciência do animal (por meio do pinçamento das pregas interdigitais) o animal foi posicionado em decúbito ventral, mantendo-se as patas dianteiras e traseiras em abdução efetuou-se a tricotomia da pata posterior direita. Após, fez-se uma incisão da pele, iniciando abaixo e medialmente ao grande trocanter e termi-

nando próximo à fossa poplítea, em nível da inserção dos músculos ísquiotibiais. A exposição do nervo ciático foi conseguida após a separação do músculo semitendinoso e do músculo rotofemoral.

Com o auxílio de uma pinça hemostática de 540mmhg, realizou-se o estrangulamento do referido nervo por 30 segundos. Em seguida foi realizada a assepsia local com álcool iodado (álcool a 70% + iodo a 10%). O fechamento da incisão foi feito com fio "mononylon" 4-0 acompanhado de aplicação tópica de antibiótico e antiinflamatório (neotopic SM[®] spray).

Todos os animais foram submetidos à análise da perimetria da coxa posterior direita e esquerda através de um paquímetro (marca Starrett[®] série 721) antes do procedimento cirúrgico. Após a finalização do experimento, todos os animais foram submetidos novamente a mesma análise comparativa.

Nos animais que não sofreram intervenção cirúrgica e para os que sofreram, após o período programado de recuperação (24 horas) e aos 7^º e 14^º dias, foram feitas as coletas analógicas da marcha. A coleta de dados foi feita em uma pista de deambulação (deambulação em sentido único, em direção à caixa escura ao final dela e manuseio para a impregnação das patas posteriores com tinta). Essa pista foi confeccionada em MDF (chapa de fibra de madeira de média densidade, 1,5cm de espessura) e acrílico, com 52cm de comprimento, 8,5cm de largura e 14,5 cm de altura para as proteções laterais, sendo que somente esta parte em acrílico, a caixa escura também confeccionada em MDF com as seguintes medidas: 30cm de comprimento, 20cm de largura, 14,5cm de altura, com uma abertura de 8,5cm no centro para o encaixe de pista.⁶

Para a análise da marcha, foi realizado o cálculo do índice funcional do ciático (IFC) para a avaliação da marcha de todos os animais. Para a análise analógica, as patas traseiras dos ratos foram levemente pressionadas sobre uma almofada de carimbo embebida em tinta nanquim. Após, o animal foi colocado para caminhar na pista de deambulação sobre a qual foi depositada uma tira de papel milimetrado. As tiras de papel foram devidamente identificadas, e deixadas a secar por 12 horas. As pegadas impressas sobre os tiras de papel foram posteriormente mensuradas com um paquímetro (marca Starrett[®] série 721), e os respectivos valores foram introduzidos em uma planilha para a obtenção do IFC.

Sumariamente, os valores do IFC foram obtidos pela seguinte fórmula:

$$\text{IFC} = -38.3 (\text{EPL} - \text{NPL} / \text{NPL}) + 109.5 (\text{ETS} - \text{NTS} / \text{NTS}) + 13.3 (\text{EIT} - \text{NIT} / \text{NIT}) - 8.8$$

Nesta fórmula, o EPL = comprimento da pegada da pata experimental (distância entre o calcanhar e 3^º artelho); NPL = comprimento da pegada da pata normal (distância entre o calcanhar e 3^º artelho); ETS = distância entre o 1^º e o 5^º artelho da pata experimental; NTS = distância entre o 1^º e o 5^º artelho da pata normal; EIT = distância entre o 2^º e o 4^º artelho da pata experimental; NIT = distância entre o 2^º e o 4^º artelho da pata normal. Valores positivos (acima de zero) caracterizam função motora preservada/recuperada.⁷ Valores do IFC abaixo de zero mostram comprometimento funcional, e próximos de -100 (menos cem) configuram perda funcional total.⁸

Todos os animais foram submetidos à análise do tempo de deslocamento, dado em segundos, no percurso da pista de deslocamento antes da lesão, um dia após a lesão e no 7^º e no 14^º após tratamento. A digitalização da deambulação dos animais foi obtida por meio de uma câmera de vídeo Sony DSC-W70, de 7.0 megapixels, posicionada a 1 metro de distância da pista de caminhada. As capturas continham imagens da deambulação dos ratos em perfil durante todo o percurso, desde o início ao fim da pista de deambulação. Um dia após o procedimento cirúrgico, iniciou-se a intervenção terapêutica nos animais do GII e GIII. Essas intervenções ocorreram em 14 dias subsequentes e seguiram os parâmetros pré-estabelecidos. Grupo GII – Tratamento: Laserterapia

Os ratos do grupo II foram irradiados transcutaneamente com laser de AsGaAl (830nm, 40mW, marca Bioset), obedecendo a técnica pontual para reduzir a reflexão com densidade de 4 J/cm² iniciando-se

24 horas após o estrangulamento, durante 14 dias. Foram irradiados 2 pontos paralelos sobre a incisão cirúrgica, sempre nos mesmos horários, com auxílio de duas pessoas mantendo o animal imóvel. Grupo GIII: Tratamento: Irradiação com o ultrassom.

Os ratos do grupo GIII foram irradiados com um equipamento de ultrassom pulsado de baixa intensidade Kroman KC 709M com presença de ERA de 3,5cm² adaptado ao acoplador, regulado para onda pulsada (1: 5, ou 20%), na frequência de 1 MHz e intensidade de 0,4 W/cm², por 2 minutos com aplicação do cabeçote sobre incisão cirúrgica e uso de gel de acoplamento ultrasônico iniciando 24 horas após o estrangulamento, durante 14 dias, sempre no mesmo horário e com auxílio de duas pessoas, mantendo o animal imóvel. Os dados foram tabulados e aplicado o teste *t* de Student para comparação entre grupo controle e grupo lesado (GI), com nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Após essa verificação, o IFC, perimetria e tempo de deslocamento foram submetidos a testes estatísticos por análise comparativa (ANOVA) com pós-teste de Bonferroni entre o grupo controle (grupo I), grupo laserterapia (grupo II - GII) e grupo ultra som (grupo III - GIII) com nível de significância de 5% ($p < 0,05$). As imagens captadas foram demonstradas através de análise visual.

RESULTADOS

Ao avaliar a distância transversal dos músculos da coxa direita dos animais submetidos à cirurgia, antes do procedimento cirúrgico e no último dia de avaliação obtiveram-se os valores subtraídos médios constantes na Tabela 1.

Ao se analisar o tempo de deslocamento dos animais na pista de deambulação, obteve-se os valores expressos em segundos. (Tabela 2 e Figura 1)

Notou-se inicialmente um aumento no tempo de deslocamento do grupo controle lesado (GI) quando comparado com o grupo controle normal ($p < 0,05$).

Notou-se, posteriormente ao tratamento, uma diminuição no tempo

Tabela 1. Representação da análise do tamanho transversal dos músculos da coxa da pata posterior direita.

Grupos	Diminuição (em mm) da pata posterior direita
GI	0,45
GII	0,42
GIII	0,40

Tabela 2. Valores em segundos do tempo de deslocamento em segundos.

	1º	2º	3º
GI (Controle)	6,3	4,1	3,5
GII (Laser)	6,0	3,0	2,0
GIII (UST)	5,0	4,0	3,0

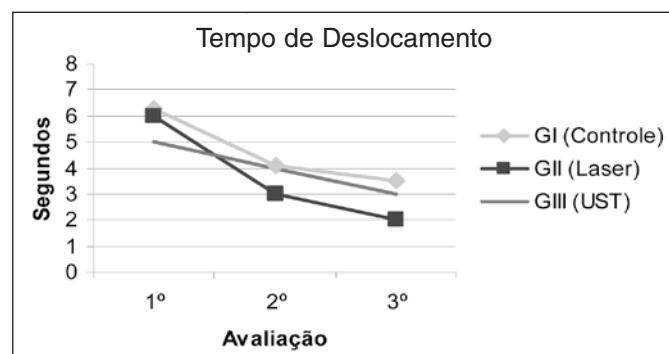


Figura 1. Representação gráfica do tempo de deslocamento durante as avaliações dos grupos analisados.

de deslocamento em todos os grupos avaliados, embora o GII obteve menor tempo de deslocamento ao longo das avaliações ($p < 0,05$). A análise funcional analógica foi realizada nos animais que não sofreram lesão e em todos os grupos estudados no 1º, 7º, e 14º após lesão. A análise foi realizada inúmeras vezes com alguns animais, pois ao posicionar as patas do animal sobre a almofada para embebê-la em tinta, este embebia, também, a cauda, deixando rastros por sobre as pegadas, inutilizando o registro e forçando uma nova coleta. Após a eliminação desses artefatos, foi feita a análise do IFC através da fórmula descrita por De Medinaceli et al.⁸ Inicialmente foi verificada uma diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre o grupo controle normal e o grupo lesado (Tabela 3, Figura 2 e 3A e 3B).

A primeira análise do IFC, realizada 24 horas após a lesão, mostrou perda da função motora de 100% em todos os animais dos grupos pós-cirurgia, o que fez com que houvesse grande alteração no padrão de marcha dos ratos. As pegadas foram longas e estreitas no lado lesado em comparação com o lado normal, isso porque os animais usaram ambos os calcanhares e encolheram os artelhos para a fase de apoio intermediário. Os ratos foram capazes de andar sobre os artelhos, mas incapazes de transferir o peso sobre ele. Além disso, as pegadas também mostraram adução dos artelhos, e a queda da pata direita pôde ser vista durante a fase oscilatória da deambulação.

Ao comparar os valores médios do IFC dos grupos GI, GII e GIII,

Tabela 3. Valores do IFC do grupo controle normal e lesado (GI).

Rato	Controle normal	Controle Lesado (GI)
Média	11,21	-27,11
DP	10,24	3,34

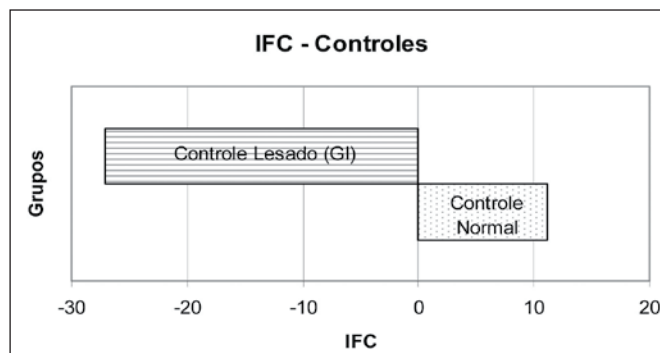


Figura 2. Representação gráfica do IFC dos grupos controles.

Fonte: Dados da Pesquisa

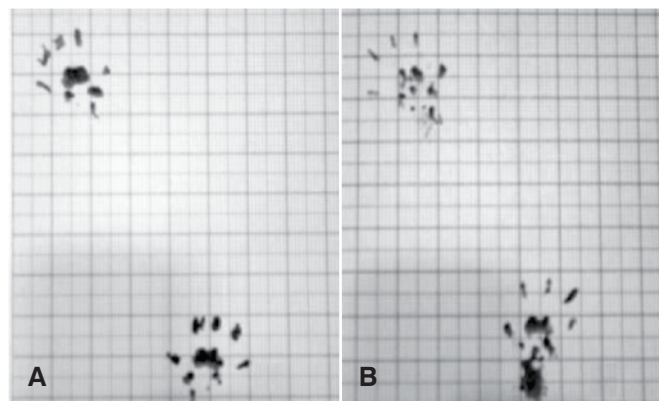


Figura 3A e 3B. Representação das pegadas na pista de deslocamento do Grupo controle normal A e B: grupo controle lesado.

Fonte: Dados da Pesquisa

obtiveram-se os valores representados na Tabela 4 e ilustrados na Figura 4. Pode-se observar que tanto o GII e GIII apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) quando comparados com o GI, na segunda e terceira avaliação, indicando o benefício dos dois procedimentos terapêuticos. Quando comparados os grupos GII e GIII, na segunda avaliação observou-se uma maior recuperação não significativa do GIII ($p > 0,05$). Já na terceira avaliação, o GII apresentou um melhor IFC que o GIII ($p > 0,05$). As figuras 5 (A,B,C), 6 (A,B,C) e 7 (A,B,C) descrevem os resultados obtidos nas 3 avaliações realizadas. A recuperação das variáveis individuais do IFC ocorreram simultaneamente no decorrer dos 14 dias de experimento, mostrando a cada análise melhora no padrão da marcha. O apoio do calcanhar foi melhorando; a distância entre o 1º e 5º artelhos e a do 2º ao 4º artelhos foram aumentando. (Tabela 5)

Tabela 4. IFC dos grupos GI, GII e GIII durante as avaliações (valores médios).

	Controle lesado (GI)	Laser (GII)	Ultrassom (GIII)
1ª avaliação	-27,11	-26,46	-26,67
2ª avaliação	-25,9	-21,03	-19,43
3ª avaliação	-22,54	-5,37	-9,85

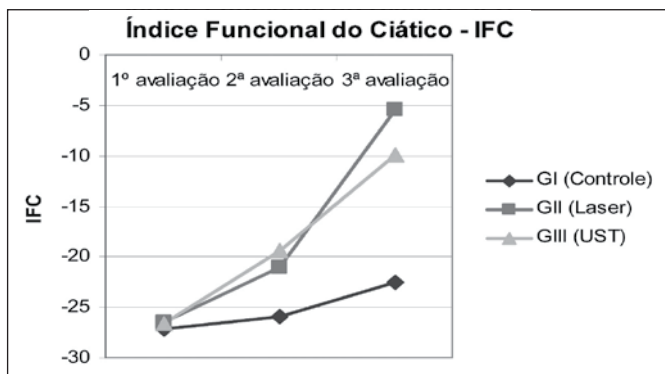


Figura 4. Representação gráfica dos valores médios de IFC dos grupos avaliados nos 3 dias de avaliação.

Fonte: Dados da Pesquisa

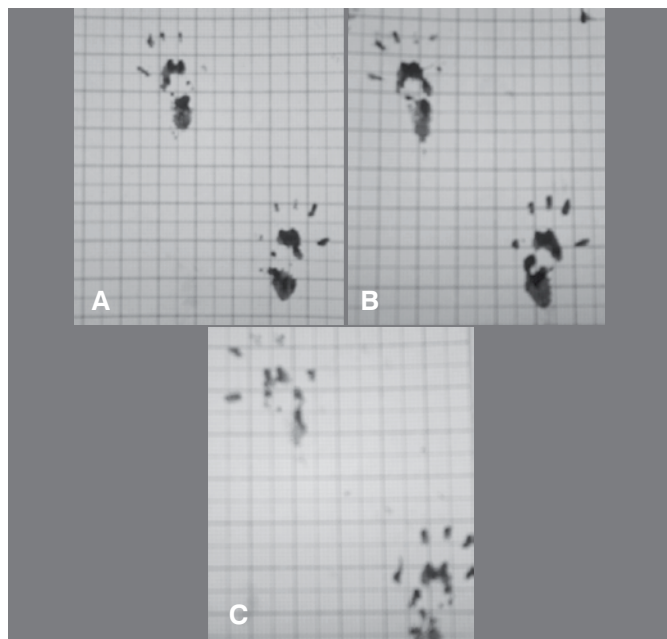


Figura 5 (A, B, C). Representação das pegadas dos grupos GI, GII e GIII na 1ª avaliação.

Fonte: Dados da Pesquisa

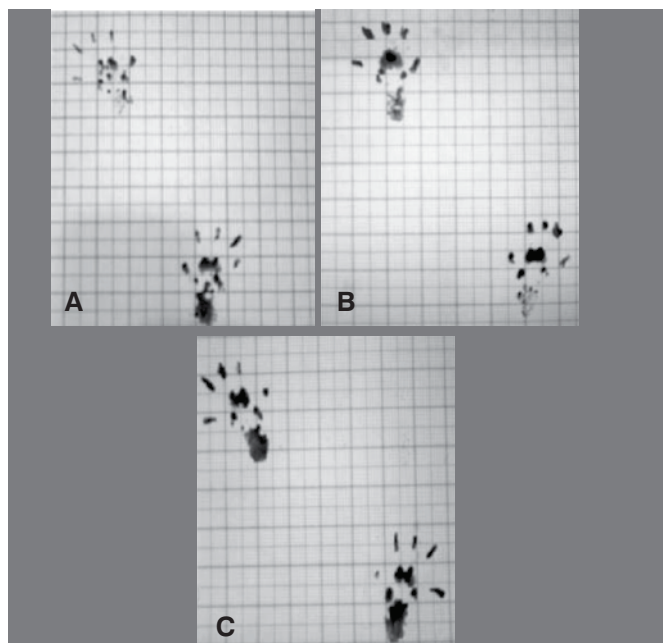


Figura 6 (A, B, C). Representação das pegadas dos grupos GI, GII e GIII na 2ª avaliação.

Fonte: Dados da Pesquisa

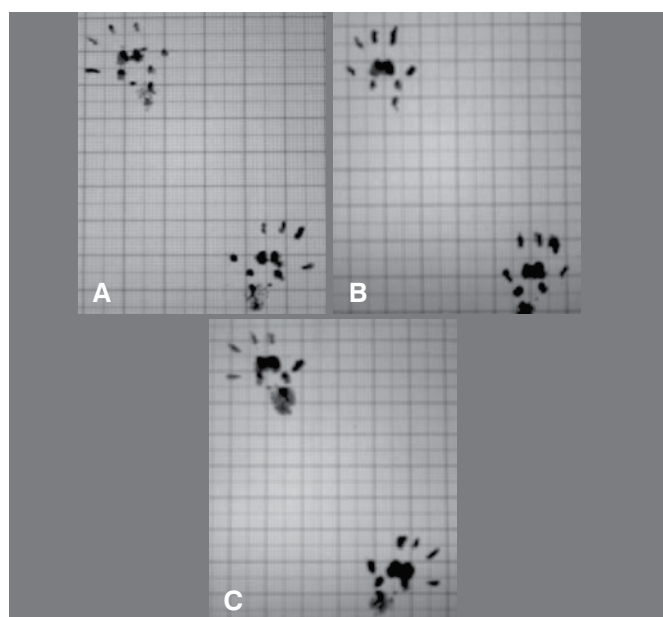


Figura 7 (A, B, C). Representação das pegadas dos grupos GI, GII e GIII na 3ª avaliação.

Fonte: Dados da Pesquisa

DISCUSSÃO

Ao comparar os grupos laser e ultra som (GII e GIII) foi evidenciada uma melhor resposta do GII em comparação ao GIII no tempo de deslocamento, IFC e cicatrização ao final da terceira avaliação. Esse fato parece sugerir que o laser gerou mais benefícios na recuperação biológica quando comparado com o ultrassom. Dentre os efeitos do laser observados em pesquisas clínicas e experimentais, podemos citar o aumento da função do nervo, prevenção da formação de feridas, elevação do metabolismo dos neurônios e aumento a capacidade de produção da mielina.⁹ Pela laserterapia não ser um procedimento invasivo, sua aplicação é muito proveitosa para a habilidade de irradiar nervos lesionados.¹⁰

Tabela 5. Representação das variáveis individuais do IFC. EPL = comprimento da pegada da pata experimental (distância entre o calcanhar e 3º artelho); NPL = comprimento da pegada da pata normal (distância entre o calcanhar e 3º artelho); ETS = distância entre o 1º e o 5º artelho da pata experimental; NTS = distância entre o 1º e o 5º artelho da pata normal; EIT = distância entre o 2º e o 4º artelho da pata experimental; NIT = distância entre o 2º e o 4º artelho da pata normal.

	NPL	EPL	NPL	EPL	NPL	EPL
	GI		GII		GIII	
1ª avaliação	2,6	2,3	2,6	2,8	2,7	2,6
2ª avaliação	2,7	2,6	2,7	2,7	2,8	2,7
3ª avaliação	2,6	2,7	2,7	2,6	2,9	2,5
Média	2,6	2,5	2,7	2,7	2,8	2,6
DP	0,06	0,21	0,06	0,10	0,10	0,10
	NTS	ETS	NTS	ETS	NTS	ETS
	GI		GII		GIII	
1ª avaliação	1,8	1,8	2	2	2	1,9
2ª avaliação	1,8	1,8	2,2	1,9	2,1	2
3ª avaliação	2,1	2,1	2,1	1,9	2,3	2
Média	1,9	1,9	2,1	1,9	2,1	2,0
DP	0,17	0,17	0,10	0,06	0,15	0,06
	NIT	EIT	NIT	EIT	NIT	EIT
	GI		GII		GIII	
1ª avaliação	1,1	1,1	1,2	1,3	1,2	1,1
2ª avaliação	1,2	1,1	1,2	1,1	1,2	1,2
3ª avaliação	1,2	1,1	1,2	1,2	1,3	1,2
Média	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2
DP	0,06	0,00	0,00	0,10	0,06	0,06

Adotou-se o laser de GaAlAs com 660nm por ser de baixa intensidade e com comprimento de onda muito utilizado na prática clínica; além disso, este comprimento de onda não possui números expressivos de estudos prévios sobre seus efeitos na regeneração nervosa periférica.¹¹⁻¹³

Na clínica, a terapia com laser de baixa intensidade emprega doses de 1 a 4J/cm², associadas com potência de saída entre 10 a 90mW, sendo amplamente utilizada em diversas lesões musculoesqueléticas, assim como em processos algícos e inflamatórios.¹⁰ Baseado neste fato justificou-se a densidade de 4J/cm² nesta pesquisa. É importante salientar que este parâmetro é extremamente variável nas pesquisas de laserterapia em regeneração nervosa. A utilização do laser de baixa intensidade como método terapêutico ainda possui contradições e seu efeito biomodulador sobre os nervos periféricos ainda está obscuro, pois alguns estudos apresentam resultados positivos¹² enquanto outros indicam que o laser não exerce qualquer influência sobre os nervos periféricos.¹³ Anders et al.¹⁴ realizaram um estudo comparando os diferentes comprimentos de onda do laser no nervo facial. Os resultados confirmaram todos os estudos anteriores que demonstraram que a fototerapia aplicada transcutaneamente, diariamente, a partir do primeiro dia do pós-operatório, leva a um significativo aumento da velocidade de regeneração dos axônios nos nervos faciais em comparação aos animais não tratados, constatando-se pelo maior número de neurônios motores retrógrados na medula e também pela aceleração do retorno da acetilcolintransferase no núcleo motor facial.

Já Bagis et al.⁹ não encontraram nenhum efeito da laserterapia na recuperação nervosa periférica. Os nervos ciáticos dos ratos foram submetidos a esmagamento bilateral, um dos lados foi estimulado com laser de comprimento de onda 904nm, com diferentes doses e avaliados com eletrofisiologia e morfologia; porém todas as análises não revelaram diferenças significativas entre os grupos. Portanto é difícil dizer que o resultado desse estudo

seja fortemente confiável, pois é impreciso considerar resultado negativo usando o lado contralateral “não tratado” como controle, se considerarmos que a laserterapia exerce efeitos sistêmicos, além da ação da regeneração nervosa.

A laserterapia no pós operatório demonstrou ser efetiva na promoção da regeneração nervosa periférica no caso de transecção completa e reparação termino-terminal. Shamir et al.¹⁵ observaram uma diminuição do processo de degeneração após esmagamentos do nervo ciático de ratos, utilizando o laser He Ne, aplicado sobre a região lesada.

A base molecular que justificaria a efetividade da laserterapia sobre a regeneração nervosa ainda não está clara. Karu¹⁶ verificou que a irradiação de mitocôndrias isoladas induzia alterações positivas sobre a homeostasia celular. Sugeriu que alguns componentes da cadeia respiratória (citocromos, flavinas e desidrogenase) são capazes de absorver luz de determinado comprimento de onda. Assim, esta absorção resulta em aumento da síntese de ATP, afetando os níveis de hidrogênio celular e ativando gradiente iônico.

Novos estudos devem ser implementados, buscando variados comprimentos de onda ou até mesmo novas técnicas de reparo, com a finalidade de esclarecer os efeitos da laserterapia neste tipo de lesão. O ultra som terapêutico é empregado para o tratamento fisioterapêutico de muitas doenças do sistema musculoesquelético, mas muito pouco parece estar estabelecido quanto ao seu emprego para o tratamento de lesões dos nervos periféricos. Todavia, existem algumas evidências na literatura de que esta terapia possa ter algum efeito na regeneração dos nervos lesados, tendo sido esse o motivo do presente trabalho. Os primeiros estudos sobre o emprego do ultra som em nervos periféricos limitaram-se a analisar sua influência sobre a velocidade de condução em nervos normais de humanos, com achados até certo ponto conflitantes. No entanto, ficou demonstrado que o nervo periférico não permanece inerte à ação do ultra som.

As referências ao emprego da irradiação com o ultrassom terapêutico como forma de estimular a regeneração de nervos periféricos lesados são relativamente escassas. Hong e colaboradores¹⁷ submetem o nervo tibial de ratos albinos a uma lesão por compressão, seguida de irradiação com ultrassom concluindo que o ultra som em baixa intensidade pode acelerar a regeneração dos nervos periféricos com lesão compressiva, mas efeitos adversos podem resultar da aplicação de intensidade mais elevada. Efeitos semelhantes foram demonstrados no nervo ciático de ratos submetidos a uma lesão por esmagamento na sua porção média e irradiados com ultrassom três vezes por semana durante um mês, com variação na intensidade, frequência e duração.¹⁸

Hong et al.¹⁷ concluíram que a aplicação de ultrassom na intensidade de 0,5 W/cm² contribuiu para acelerar a regeneração do nervo tibial de ratos após a produção de uma lesão compressiva, mas intensidades tão baixas provavelmente não produziram os mesmos efeitos em humanos. Além disso, os nervos lesados teriam uma reação diferente da dos nervos intactos, podendo ser mais sensíveis à condução térmica induzida, que poderia ser o verdadeiro promotor da regeneração. De qualquer modo, os resultados dessas investigações não foram conclusivos quanto ao mecanismo de ação do ultrassom, embora indicassem uma nova aplicação para o ultrassom terapêutico.

Dyson¹⁹ observou que o ultrassom na fase aguda pode estimular a liberação de agentes quimiotóxicos e a granulação celular durante a fase de proliferação celular, que acontece no 3º dia pós-lesão. Com a exposição às ondas ultrassônicas, os fibroblastos foram estimulados a sintetizar maior quantidade de colágeno, conferindo resistência à tração dos tecidos moles cicatrizados, disponibilizando, para tal, um tecido cicatricial mais forte e elástico.

No presente estudo, evidenciou-se um menor valor na perimetria avaliada no GIII em relação ao GII e GI. Esse fato pode explicar a melhor recuperação do sistema muscular frente ao processo

inflamatório da região da coxa desses animais. Mais estudos devem ser realizados em tecido nervoso para evidenciar se essas repercussões musculares se reproduzem na recuperação nervosa. A utilização da passarela de marcha é um método de avaliação muito comum⁴, possuindo grande aplicabilidade nas pesquisas experimentais pela fácil execução e o baixo custo do método. Utilizamos o método convencional com a passarela de madeira e utilização de tinta nanquim. O IFC normal é igual a zero (0), enquanto que a disfunção total é igual a menos cem (-100), de modo que quanto mais próximo de zero melhor a função.

Os valores obtidos neste trabalho, quanto ao IFC, demonstram que, após a lesão nervosa por compressão, ocorreu perda funcional nos três grupos experimentais. No entanto, no grupo controle (GI), o índice de função reduziu ainda mais no 7º e 14º dia, enquanto que, neste período, o grupo laser (GII) e o grupo ultrassom (GIII) apresentaram melhora funcional comparado ao sétimo dia. No entanto, comparando o GII com o GIII, o GII apresentou maior queda do IFC no 14º dia. Após lesão nervosa, houve uma tendência a uma adução dos arelhos da pata comprometida, como observado na 1ª avaliação em todos os grupos lesados. Todos os animais apresentaram queda do calcanhar durante a marcha. Nas avaliações subsequentes, todos os grupos apresentaram uma melhora no IFC. Na 2ª avaliação, o GIII apresentou melhor evolução quando comparado com o GII. Esse fato pode ter ocorrido devido às propriedades fisiológicas do ultrassom em melhorar a resposta inflamatória, ter função analgésica e promover maior recuperação metabólica. No entanto, na 3ª avaliação, o GII apresentou melhor resposta que o GIII, sugerindo uma recuperação mais lenta, porém mais prolongada na recuperação nervosa, quando comparada com GIII. Provavelmente, o período de sete dias após a lesão está marcado por estes eventos de recuperação, mas a utilização da laserterapia dentro das 24 horas após a lesão poderia reduzir a perda funcional imediata, corroborando com a afirmação de Dahlin.²⁰ Após o sétimo dia pós-operatório, o GII apresentou uma linha de tendência ascendente quanto à melhora da função.

A análise do IFC foi concernente com os valores obtidos pela análise do tempo de deslocamento desses animais quando avaliados. Os grupos GII e GIII tiveram melhores respostas que o GI durante as avaliações e o GII melhor que o GIII quando comparados.

Segundo De Medinaceli et al.⁸ por meio da lesão por esmagamento, verificou-se que, após um mês e meio a dois meses de lesão,

a recuperação funcional nervosa alcança o seu platô, apesar de não ocorrer nenhuma mudança morfometricamente significativa. Um fato importante a ser mencionado trata-se do nível funcional pré-lesão, notando-se que ambos os grupos, neste período de avaliação, não apresentaram diferença estatisticamente significativa, demonstrando homogeneidade da amostra da pesquisa.

Os resultados do tratamento com o ultrassom não foram mais eficientes que a aplicação do laser, mas foram significativamente melhores que os da ausência de tratamento, observados através da medida semanal do IFC. Na segunda avaliação do IFC, os valores foram melhores que o laser, mas na avaliação seguinte, o IFC mostrou melhor recuperação no laser.

Sabe-se que o processo regenerativo de um nervo periférico é dependente principalmente da resposta neuronal, que interessa mais o corpo celular do que o axônio. Todavia, a chegada dos axônios em crescimento aos seus órgãos-alvos depende da integridade ou do restabelecimento do tubo neural. Como neste trabalho a irradiação ultrassônica foi aplicada no local da lesão, pode-se levantar a hipótese de que o ultrassom atua somente nos tecidos de sustentação do axônio, contribuindo para que o tubo neural se refaça mais rápido e possibilitando que os obstáculos à progressão do novo axoplasma sejam removidos mais precocemente. Também seria válido pensar na possibilidade de que a irradiação ultra-sônica estimularia a liberação de mediadores químicos ou quimiotáticos que estimulariam a produção mais acelerada do axoplasma. Entretanto, esses não passam de questionamentos que poderão ser esclarecidos somente com novas investigações.

CONCLUSÃO

Este estudo verificou os benefícios da terapia por laser de baixa intensidade e ultrassom terapêutico na regeneração nervosa. Ele evidenciou, ainda, uma melhor recuperação a partir de intervenção por laserterapia quando comparado com a aplicação do ultrassom na recuperação neuromotora pós lesão por compressão do nervo ciático. Sugere-se que um maior número de estudos devem ser realizados, no intuito de analisar as alterações morfológicas neste tecido, a fim de confirmar os resultados encontrados com este delineamento experimental.

AGRADECIMENTOS

FAPEMIG – Fundação de Amparo e Pesquisa de Minas Gerais.

REFERÊNCIAS

1. Mendonça AC. Estudo da regeneração do nervo ciático de rato submetido a estimulação elétrica após lesão por esmagamento [dissertação]. Ribeirão Preto: Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; 2002.
2. Seddon HJ. Surgical disorders of the peripheral nerves. 2nd ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1975.
3. Lundborg G. A 25-year perspective of peripheral nerve surgery: evolving neuroscientific concepts and clinical significance. *J Hand Surg Am.* 2000;25(3):391-414.
4. Rasp VVM. Os efeitos do ultra som terapêutico no tratamento das lesões por esmagamento do nervo ciático de ratos [dissertação]. Ribeirão Preto: Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto; 2002.
5. Millesi H. Techniques for nerve grafting. *Hand Clin.* 2000;16(1):73-91.
6. Buerger C, Imme JL, Silva ES, André ES. Efeitos da laserterapia de baixa potência sobre os processos de regeneração do tecido nervoso periférico. *Rev Fisioter Mov.* 2004;17: 67-74.
7. Lago Júnior O, Bortolotto CV, Araújo AM, Donoso CPM, Kume PK, Repka JCD. Avaliação funcional e histológica do reparo de nervo ciático utilizando cola de fibrina e sutura em ratos Wistar. *Rev Bras Ortop.* 2005;40(1):69-78.
8. de Medinaceli L, Freed WJ, Wyatt RJ. An index of the functional condition of rat sciatic nerve based on measurements made from walking tracks. *Exp Neurol.* 1982;77(3):634-43.
9. Bagis S, Comelekoglu U, Sahin G, Buyukakilli B, Erdogan C, Kanik A. Acute electrophysiologic effect of pulsed gallium-arsenide low energy laser irradiation on configuration of compound nerve action potential and nerve excitability. *Lasers Surg Med.* 2002;30(5):376-80.
10. Carvalho PT, Mazzer N, dos Reis FA, Belchior AC, Silva IS. Analysis of the influence of low-power HeNe laser on the healing of skin wounds in diabetic and non-diabetic rats. *Acta Cir Bras.* 2006;21(3):177-83.
11. Nicolau RA, Martinez MS, Rigau J, Tomàs J. Effect of low power 655 nm diode laser irradiation on the neuromuscular junctions of the mouse diaphragm. *Lasers Surg Med.* 2004;34(3):277-84.
12. Snyder SK, Byrnes KR, Borke RC, Sanchez A, Anders JJ. Quantitation of calcitonin gene-related peptide mRNA and neuronal cell death in facial motor nuclei following axotomy and 633 nm low power laser treatment. *Lasers Surg Med.* 2002;31(3):216-22.
13. Walsh DM, Baxter GD, Allen JM. Lack of effect of pulsed low-intensity infrared (820 nm) laser irradiation on nerve conduction in the human superficial radial nerve. *Lasers Surg Med.* 2000;26(5):485-90.
14. Anders JJ, Borke RC, Woolery SK, Van de Merwe WP. Low power laser irradiation alters the rate of regeneration of the rat facial nerve. *Lasers Surg Med.* 1993;13(1):72-82.
15. Shamir MH, Rochkind S, Sandbank J, Alon M. Double-blind randomized study evaluating regeneration of the rat transected sciatic nerve after suturing and postoperative low-power laser treatment. *J Reconstr Microsurg.* 2001;17(2):133-7.
16. Karu TI. Molecular mechanisms of the therapeutic effect of low-intensity laser irradiation. *Lasers Life Sci.* 1988; 2(1):53-74.
17. Hong CZ, Liu HH, Yu J. Ultrasound thermotherapy effect on the recovery of nerve conduction in experimental compression neuropathy. *Arch Phys Med Rehabil.* 1988;69(6):410-4.
18. Mourad PD, Lazar DA, Curra FP, Mohr BC, Andrus KC, Avellino AM, et al. Ultrasound accelerates functional recovery after peripheral nerve damage. *Neurosurgery.* 2001;48(5):1136-40.
19. Dyson M. Mechanism involved in therapeutic ultrasound. *Phys Ther.* 1987; 73(3):116-20.
20. Dahlin LB. The biology of nerve injury and repair. *J Am Soc Surg Hand.* 2004. 4:143-55.