

CORRELAÇÃO ENTRE DIFERENTES MÉTODOS DE AVALIAÇÃO FUNCIONAL DA MARCHA DE RATOS COM LESÃO POR ESMAGAMENTO DO NERVO ISQUIÁTICO

CORRELATION BETWEEN DIFFERENT METHODS OF GAIT FUNCTIONAL EVALUATION IN RATS WITH ISCHIATIC NERVE CRUSHING INJURIES

ANDRÉA LICRE PESSINA GASPARINI¹, CLÁUDIO HENRIQUE BARBIERI², NILTON MAZZER³

RESUMO

Foi realizado um estudo da correlação entre diferentes métodos de avaliação funcional do nervo ciático de ratos após lesão por esmagamento. Foram empregados no estudo 25 ratos da linhagem *Wistar*, de peso médio em torno de 250 g, submetidos a esmagamento controlado do nervo e avaliados por dois métodos convencionais para obtenção do índice funcional do ciático (IFC), baseados respectivamente na medida manual e computadorizada de parâmetros das impressões das pegadas dos animais, e por um novo método desenvolvido pelos autores, baseado na filmagem das pegadas e medida dos mesmos parâmetros, no 1^o, 7^o, 14^o e 21^o dias de pós-operatório, sendo feita a comparação com os valores obtidos no pré-operatório e entre os diferentes métodos nos vários períodos. Os resultados mostraram que o método da medida dos parâmetros pela filmagem das pegadas permite melhor visualização da pata acometida pela lesão do nervo e que este método se correlaciona com positivamente com os convencionais, já a partir da primeira semana de pós-operatório, desde que seja empregada a mesma fórmula para o cálculo do IFC.

Descritores: Avaliação; Nervo ciático; Regeneração

Citação: Gasparini ALP, Barbieri CH, Mazzer N. Correlação entre diferentes métodos de avaliação funcional da marcha de ratos com lesão por esmagamento do nervo isquiático. *Acta Ortop Bras.* [periódico na Internet]. 2007; 15(5):285-289. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/aob>.

INTRODUÇÃO

A avaliação funcional da regeneração de lesão de nervo periférico em animais é um fator experimental desafiador. Após uma lesão nervosa, a recuperação morfológica e funcional raramente é completa e perfeita, apesar da aplicação de técnicas modernas e sofisticadas de reconstrução^(1,2). Em condições experimentais, a recuperação das lesões é estudada principalmente através de técnicas de histologia e morfometria^(3,4). Apesar da utilidade desses processos, é importante acompanhar a recuperação funcional da lesão. Os estudos experimentais representam uma importante fonte de pesquisa para entendimento das lesões e da regeneração dos nervos periféricos^(5,6). A literatura especializada é rica em estudos experimentais enfocando a lesão^(7,8). Destaque ao uso de recursos terapêuticos para promover a regeneração^(9,10). Grande enfoque é direcionado ao estudo da avaliação da recuperação funcional, sempre difícil em animais, por razões compreensíveis^(11,12,13).

De Medinaceli et al.⁽¹⁴⁾, desenvolveram um método quantitativo, reprodutível, da condição funcional do nervo ciático de ratos, através da análise de dados característicos das pegadas impressas do animal. Este método foi modificado em 1984 adicionando ao mesmo, recursos de informática, tornando-o mais prático, rápido e de fácil aplicação, mantendo o cálculo do então denominado Índice Funcional de Ciático (Sciatic Functional Index) através da fórmula:

$$SFI = \left[\frac{(ETOF - NTOF)}{NTOF} + \frac{(NPL - EPL)}{EPL} + \frac{(ETS - NTS)}{NTS} + \frac{(EIT - NIT)}{NIT} \right] * \frac{220}{4}$$

SUMMARY

A study of the correlation between different methods of functional evaluation of the sciatic nerve of rats after a crushing injury was carried out. Twenty five Wistar rats weighing 250 g in average were submitted to a controlled crushing injury of the nerve and evaluated by two conventional methods for obtaining the sciatic functional index (SFI), based on manual and computer-based measurement of parameters on animals' footprints, and by a new method developed by the authors, based on walking track movie recording and the measurement of the same parameters, on the 1st, 7th, 14th and 21st postoperative days, a comparison being established with the values obtained preoperatively and between the different methods in all periods. The results showed that the method of recording the walking track allows for a better visualization of the injured paw and that this method positively correlates with the conventional methods, as early as the first postoperative week on, provided that the same SFI formula is used.

Keywords: Evaluation; Sciatic nerve; Regeneration

Citation: Gasparini ALP, Barbieri CH, Mazzer N. Correlation between different methods of gait functional evaluation in rats with ischiatic nerve crushing injuries. *Acta Ortop Bras.* [serial on the Internet]. 2007; 15(5): 285-289. Available from URL: <http://www.scielo.br/aob>.

Outros pesquisadores modificaram os métodos existentes através de fórmulas matemáticas, excluindo parâmetros de variância estatística significativa^(15,16).

$$SFI = \left[\left(\frac{NPL - EPL}{EPL} \right) + \left(\frac{ETS - NTS}{NTS} \right) + \left(\frac{EIS - NIS}{NIS} \right) \right] \times 73$$

Bain et al.⁽⁵⁾ conduziram um estudo experimental em ratos com o objetivo de desenvolver e testar equações independentes mais confiáveis para a avaliação funcional da regeneração dos nervos ciático, tibial e peroneiro, utilizando as seguintes fórmulas matemáticas:

$$SFI = -38.3 \times \left(\frac{EPL - NPL}{NPL} \right) + 109.5 \times \left(\frac{ETS - NTS}{NTS} \right) + 13.3 \times \left(\frac{EIT - NIT}{NIT} \right) - 8.8$$

$$TFI = -37.2 \times \left(\frac{EPL - NPL}{NPL} \right) + 104.4 \times \left(\frac{ETS - NTS}{NTS} \right) + 45.6 \times \left(\frac{EIT - NIT}{NIT} \right) - 8.8$$

$$PFI = 174.9.3 \times \left(\frac{EPL - NPL}{NPL} \right) + 80.3 \times \left(\frac{ETS - NTS}{NTS} \right) - 13.4$$

Apesar das mudanças, fatores limitantes ao uso do método ainda existiam dificultando sua aplicabilidade, como por exemplo, a necessidade de equipamento de informática com o programa específico para tratamento das pegadas, e até a própria obtenção da impressão das patas.

Trabalho realizado no Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo. Endereço para correspondência: Rua Aldo Focosi, 301, apto 63 – Jardim Santana - CEP: 14091-310 - Ribeirão Preto - São Paulo - e-mail: andrea.licre@terra.com.br

1. Fisioterapeuta, doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ortopedia, Traumatologia e Reabilitação do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor – FMRP – USP
2. Professor Titular do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor – FMRP – USP
3. Professor Associado do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor – FMRP – USP

Trabalho recebido em 16/01/06 artigo aprovado em 20/02/07

Diferentes técnicas têm sido desenvolvidas para obtenção apropriada da impressão da pegada do animal. A captura de imagem em tempo real, através de vídeo filmagem, foi um avanço no campo experimental da avaliação funcional da marcha de ratos com lesão nervosa periférica^(3,13). A visualização, registrada sem defeitos na impressão da pegada, facilita a marcação das medidas necessárias para obtenção do Índice Funcional do Ciático (SFI).

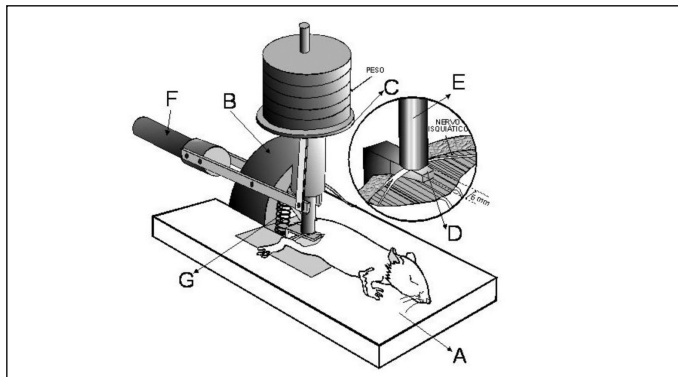
Apesar da literatura a respeito do uso dos diferentes métodos de avaliação funcional, observa-se não haver estudos baseados na correlação entre tais métodos. Propôs-se então, submeter os animais com lesão do nervo ciático, por esmagamento, com carga contínua, a metodologias de avaliação funcional conhecidas e adaptar a metodologia da filmagem a utilização de um programa que avaliou a função da marcha desde o primeiro dia de pós-operatório, sem dificuldades de análise das impressões das pegadas, e ainda estabelecer correlação entre estas metodologias.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados, para o experimento, 25 ratos machos da linhagem Wistar, com peso médio de 250 (variação: 200 – 300 gramas), mantidos em gaiolas coletivas de três animais cada, em ambiente climatizado, com livre acesso à alimentação, constituída por ração específica padronizada no Laboratório, e à água, até o 21º dia pós-operatório, data limite do término do experimento.

Para o procedimento cirúrgico, os animais, foram pesados anestesiados com uma mistura das drogas Ketamina (Ketamina a 5%) e Xilasina (Xilasina a 2%), na proporção 1:4, aplicada por via intraperitoneal na dose de 0,10 ml/100 g de peso corporal. Cada animal foi identificado e o membro inferior direito preparado para o procedimento cirúrgico da maneira habitual, incluindo tricotomia, aspersão de solução anti-séptica e proteção do local com toalhas cirúrgicas.

O animal era posicionado em decúbito ventral, prendendo-se as patas traseiras em abdução, em suporte próprio, e o nervo ciático abordado por incisão cutânea lateral retilínea longitudinal de cerca de 3 cm de comprimento. A incisão estendia-se do tubérculo maior do fêmur até o côndilo femoral lateral, seguida de dissecação romba entre os músculos isquiotibiais e glúteo maior, deixando o nervo exposto desde a emergência até a trifurcação distal. Uma alça de fio de algodão, de uso doméstico, esterilizado, era passada ao redor do nervo, para facilitar seu manuseio, e o animal era, então, transferido para um dispositivo de peso morto, especialmente confeccionado para a produção da lesão por esmagamento com uma carga de 15.000 g por 10 minutos, afetando um segmento de 5 mm de comprimento, logo proximal à trifurcação do nervo⁽¹⁶⁾. (Figura 1 e 2).



Fonte: PACHIONI, C. A. S. Lesão por esmagamento do nervo isquiático de ratos: estudo da vascularização. 2006. 92f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.

Figura 1- Equipamento de esmagamento do nervo isquiático do rato (peso morto). Base de fórmica lisa (A); base de aço inoxidável (B); apoio dos discos e discos de chumbo (C); apoio de metal para descanso do nervo periférico (D); haste de esmagamento (E); alavanca de controle do sistema (F); mola de liberação da carga (G).

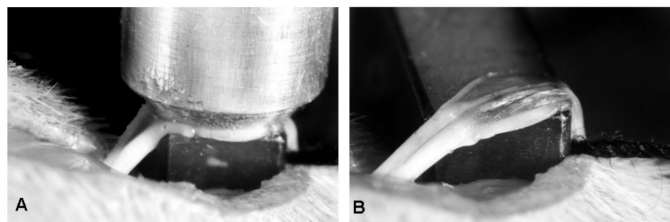


Figura 2 - Esmagamento do nervo isquiático do rato, 5mm acima do ponto de bifurcação. Peso de 15000 g, aplicado durante 10 minutos (A). Nervo isquiático do rato após o esmagamento (B).

Após a aplicação da carga, essa era retirada e o nervo mobilizado com o auxílio da alça de fio de algodão. A ferida operatória era fechada com sutura dos tecidos por planos. A área lavada com solução anti-séptica de álcool iodado a 20% e o animal recebia uma dose única de antibiótico, para profilaxia de infecção, voltando para a gaiola de origem.

Foi feito o registro das impressões das pegadas das patas traseiras de cada animal utilizando-se três métodos diferentes, no período pré-operatório e no 1º, 7º, 14º e 21º dias pós-operatórios.

Para análise das impressões das pegadas e cálculo do Índice Funcional do Ciático, segundo o método de De Medinaceli et al.⁽¹⁴⁾ os animais caminhavam em uma passarela de madeira de 43 cm de comprimento por 8,7 cm de largura e 5,5 cm de altura, com uma casinhola escura no final para abrigo do animal. Sobre a passarela eram colocadas tiras de papel com as mesmas medidas, previamente preparadas (solução de azul de bromofenol (Sigma®) em acetona, deixadas a secar e armazenadas em recipientes de plástico em local seco). Os animais tinham suas patas traseiras umedecidas com uma solução aquosa de detergente de uso doméstico, que minimiza o borramento das impressões das pegadas. (Figura 3).

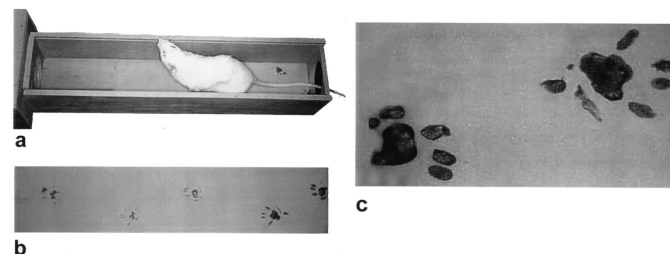


Figura 3 - Ilustração do registro da marcha de ratos.

As imagens das impressões das pegadas obtidas nas tiras de papel eram digitalizadas com um scanner e armazenadas em um computador dotado de um programa de análise gráfica (software) desenvolvido e de uso rotineiro no Laboratório^(6,9,17). Esse programa, montado na base Windows®, permite a captura, armazenamento e análise das imagens das pegadas, fornecendo o cálculo do Índice Funcional do Ciático pelos métodos de De Medinaceli et al.⁽¹⁴⁾ Carlton e Goldberg⁽¹⁵⁾ e Bain et al.⁽⁶⁾.

Estas mesmas tiras de papel, com as pegadas impressas foram analisadas manualmente. As medidas das patas dos animais foram destacadas e com o auxílio de uma régua escolar, em centímetros, calculado e armazenado os valores obtidos. Posteriormente esses mesmos dados foram lançados em uma planilha de dados confeccionada no programa Excell (Windows®) fornecendo o cálculo do Índice Funcional do Ciático baseado na fórmula matemática de De Medinaceli.

Para a análise das impressões das pegadas filmadas em vídeo e cálculo do Índice Funcional do Ciático, segundo o método de Bain et al.⁽⁶⁾, os animais caminhavam sobre uma passarela de acrílico transparente com as mesmas dimensões da passarela de madeira utilizada com o método anteriormente descrito, mas fechada em sua parte superior de modo a impedir que eles escapassem. Do mesmo modo, o animal colocado na passarela caminhava em todo

o seu comprimento na direção da casinhola escura. A passarela foi iluminada de ambos os lados com lâmpadas fluorescentes de 120 watts cada uma e o registro da marcha era feito com uma câmera de vídeo digital SONY DCR – DVD 203, posicionada em baixo da passarela. (Figura 4).

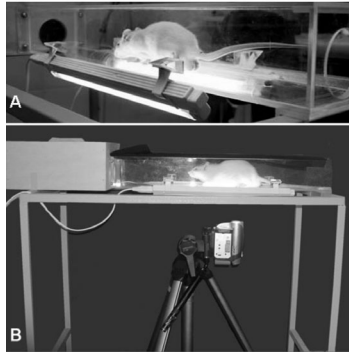


Figura 4 - Passarela de acrílico desenvolvida no laboratório de precisão da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (os detalhes estruturais da peça obedeceram às medidas da passarela otimizada por De Medinaceli, Freed, Wyatt (1982., Corredor de 43 cm, com 5,5cm de altura e 8,7cm. de largura). Fase de treinamento pré-operatório do rato (A) e (B).

As imagens das impressões das pegadas obtidas nas filmagens foram tratadas em computador, por meio do software Image J, e editadas para transformação dos pixels em milímetros, de modo a poder calcular o Índice Funcional do Ciático modificado por Bain et al.⁽⁶⁾ (Figura 5 e 6).

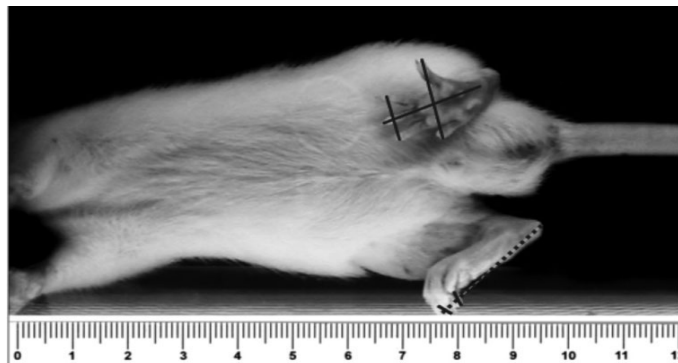


Figura 5 - Imagem da pegada do rato marcada pelo programa Image J. (pata E normal marcada com linha contínua; pata D experimental marcada com linhas tracejada e contínua (abertura dos dedos).

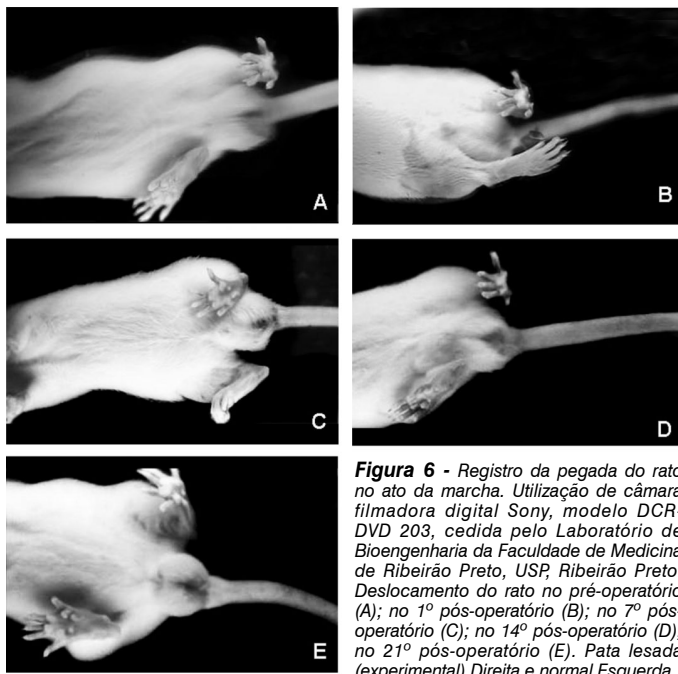


Figura 6 - Registro da pegada do rato no ato da marcha. Utilização de câmera filmadora digital Sony, modelo DCR-DVD 203, cedida pelo Laboratório de Bioengenharia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP, Ribeirão Preto. Deslocamento do rato no pré-operatório (A); no 1º pós-operatório (B); no 7º pós-operatório (C); no 14º pós-operatório (D); no 21º pós-operatório (E). Pata lesada (experimental) Direita e normal Esquerda.

O Índice Funcional do Ciático, que corresponde à análise funcional da marcha, foi calculado nas impressões das pegadas obtidas

pelos métodos descritos acima, utilizando a fórmula modificada por Bain et al.⁽⁶⁾ como se segue:

$$SFI = -38,3 \times \left(\frac{EPL - NPL}{NPL} \right) + 109,5 \times \left(\frac{ETS - NTS}{NTS} \right) + 13,3 \times \left(\frac{EIT - NIT}{NIT} \right) - 8,8$$

em que:

N: normal, ou não operado; E: experimental, ou operado; PL (de *print length*): comprimento da pegada; TS (de *total toe spread*): espalhar total dos dedos, ou distância do primeiro ao quinto dedos; IT (de *intermediate toes spread*): espalhar dos dedos intermediários, ou distância entre o segundo e o quarto dedos.

Para o tratamento estatístico dos dados, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson (r) que quantifica o grau em que duas variáveis (x e y) estão relacionadas, desde que a relação seja linear. Este coeficiente não tem unidade de medida e varia entre -1 e 1. Se r=0, não há relação linear entre x e y e as variáveis são não correlacionadas. Para assegurar a obtenção dos resultados foi utilizado o coeficiente de correlação de postos de Spearman, r_s .

RESULTADOS

Nos três respectivos métodos, de início, os animais não se apoiaram sobre a pata lesada, arrastando-a; mantendo os dedos em completa adução, como resultado da grave disfunção do nervo ciático. No decorrer do experimento, os animais, gradualmente, recuperaram a capacidade de fazer apoio sobre a pata lesada e abertura, inicialmente dos dedos de fora e na seqüência dos dedos intermediários.

Correlação entre os diferentes métodos de avaliação funcional da marcha SFI pós-operatório manual e SFI pós-operatório computadorizado

Um total de 125 traçados de marcha, cada um com no mínimo três impressões de pegadas foram medidos nos métodos manuais e computadorizados, através das lâminas de papel sulfite preparadas com bromofenol. O mesmo número de traçados foi utilizado, na forma de quadros de imagens, para a análise da filmagem.

Na correlação estabelecida entre o Índice funcional do ciático (SFI) no pós-operatório manual e no pós-operatório computadorizado o coeficiente de correlação de Pearson foi $r = 0,54$, determinando uma correlação positiva, entre os dois, pois à medida que aumenta o índice funcional do ciático no modo computadorizado, aumenta também o índice funcional do ciático manual. Frente à distribuição dos dados, foi aplicado, ainda, o coeficiente de correlação de postos de Spearman. O resultado de p-valor de r (0,0108) foi menor que o nível de significância ($p < 0,05$) rejeitando a hipótese H_0 (não há correlação) assegurando a correlação entre os métodos analisados (Figura 7).

SFI pós-operatório manual e SFI pós-operatório com filmagem

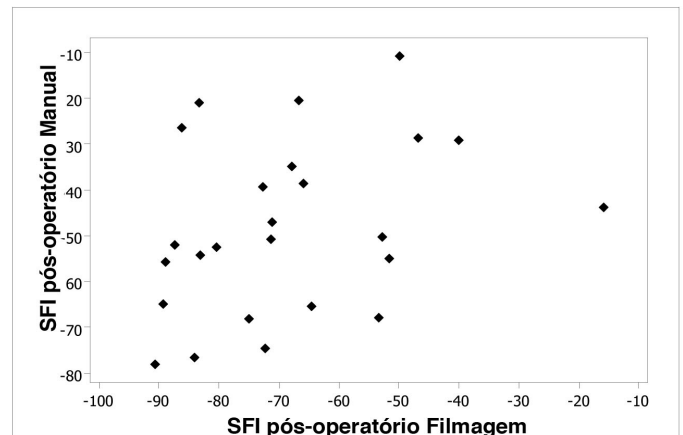


Figura 7 - Diagrama de dispersão do SFI pós-operatório Manual versus SFI pós-operatório Computador.

Os dados referentes à correlação estabelecida entre o Índice funcional do ciático (SFI) no pós-operatório manual e no pós-operatório

tório com filmagem, resultam em um coeficiente de correlação de Pearson $r = 0,32$, determinando uma correlação positiva, entre os dois, pois à medida que aumenta o índice funcional do ciático no modo por filmagem, aumenta também o índice funcional do ciático manual. Destaca-se a atenção, no gráfico, para um ponto atípico, afetando a distribuição dos valores, que atribui um deslocamento da curva, em direção a esse ponto. Nesse caso foi de fundamental importância à aplicação do coeficiente de correlação de postos de Spearman, que revelou $r_s = 0,40$. O teste estatístico de hipóteses considerando p -valor $< 0,05$ (nível de significância fixado), para verificar a fidedignidade dos valores registrados para Pearson e Spearman, assegurou a correlação (p -valor de $r = 0,0558$; p -valor de $r_s = 0,0245$). (Figura 8).

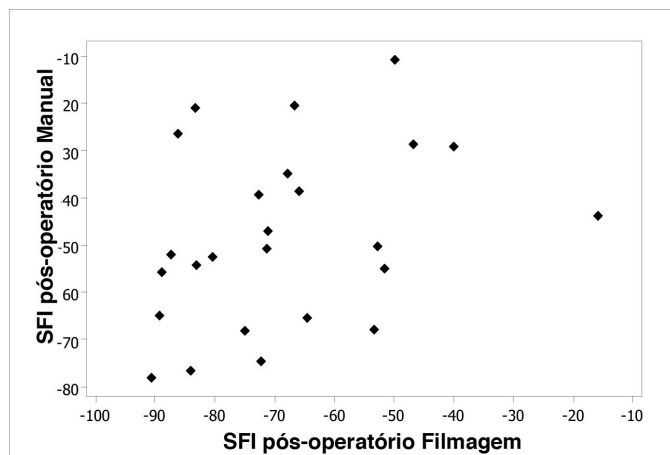


Figura 8 - Diagrama de dispersão do SFI pós-operatório Manual versus SFI pós-operatório Filmagem.

SFI pós-operatório computadorizado e SFI pós-operatório com filmagem

A análise de correlação estabelecida entre o Índice funcional do ciático (SFI) no pós-operatório computadorizado e no pós-operatório com filmagem, foi a que chamou a atenção, pois, o coeficiente de correlação de Pearson foi $r = 0,36$ determinando uma correlação positiva, entre os dois. A correlação de postos de Spearman revelou $r_s = 0,29$. Esses dados por si só caracterizam uma correlação positiva entre eles, ou seja, uma distribuição linear dos valores obtidos para o índice funcional de ciático. No entanto quando distribuído, os valores, na imagem do gráfico não existe linearidade e sim uma distribuição heterogênea dos dados. Assim, foi verificada a fidedignidade dos valores de r e r_s com o teste estatístico de hipóteses considerando p -valor $< 0,05$ onde se detectou a não correlação entre os métodos (p -valor de $r = 0,1310$; p -valor de $r_s = 0,1877$). (Figura 9).

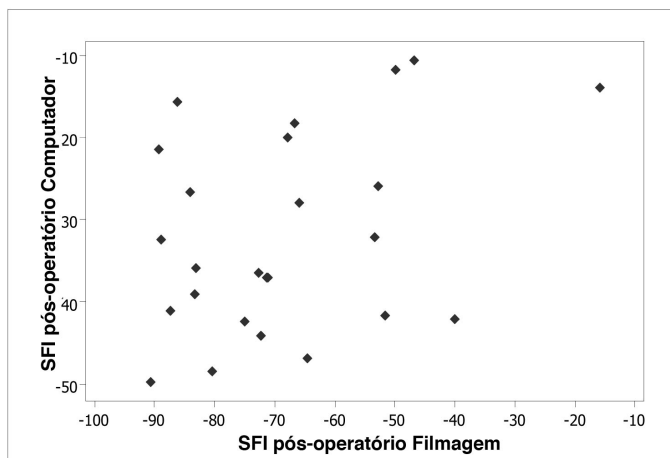


Figura 9 - Diagrama de dispersão do SFI pós-operatório Computador versus SFI pós-operatório Filmagem.

DISCUSSÃO

Lesões de nervos periféricos sempre são motivos de preocupação no que se refere à recuperação funcional, pois esta nem sempre é completa^(1,2), deixando seqüelas às vezes irreversíveis, o que tem motivado um grande número de investigações científicas sobre as inúmeras variáveis envolvidas no processo de regeneração nervosa. Grande parte dessas investigações é experimental, em animais, quase sempre submetidos a métodos de avaliação invasivos, como a eletroneuromiografia, que não adianta informações sobre o estado funcional do animal, ou terminais, que requerem o sacrifício do animal e a retirada do nervo para estudos histo-morfométricos^(4,11). Por outro lado, a avaliação funcional em animais é sempre problemática, por razões compreensíveis, sendo muito difícil, por exemplo, quantificar a sensibilidade e, mesmo, a motricidade.

Gutmann e Gutmann⁽¹⁸⁾ observaram que em coelhos a habilidade de espalhar os dedos da pata traseira dependia da integridade funcional do nervo peroneiro. Este fato foi o ponto de partida para o desenvolvimento de um método de avaliação funcional em ratos submetidos a uma lesão por esmagamento do nervo ciático e a análise das impressões das pegadas das patas traseiras, denominado de Índice Funcional do Ciático ou IFC⁽¹⁴⁾, mais tarde modificado^(5,15).

Desde então, a avaliação funcional acompanhada pelo SFI mostrou-se um método de reprodutibilidade garantida com forte correlação com o grau de regeneração morfológica⁽⁶⁾. O IFC é, na verdade, um indicador negativo do grau de disfunção do nervo, variando de -100 a zero, -100 significando a disfunção completa e zero, a função normal. Esse método está baseado na medida de parâmetros fixos mensuráveis nas impressões das pegadas e na sua introdução em fórmulas matemáticas simples, sendo, todavia, passíveis de erro.

Varejão et al.⁽¹³⁾, fizeram a proposta de um novo método de avaliação por inspeção direta, através da vídeo-filmagem das pegadas dos ratos, apregoando que este método garantiria uma boa avaliação, inclusive nas semanas iniciais após a lesão que registram dificuldades de obtenção de dados. No entanto, em outro estudo experimental, baseado na medida de um ângulo do pé do animal (TOA - toe-out-angle), usando como pontos de referência o calcâneo e o terceiro e o quinto dedos, e avaliado através de análises computadorizadas⁽²⁾, o mesmo grupo concluiu que existe uma boa correlação deste método com o do IFC de De Medinaceli⁽¹⁴⁾. Entretanto, o Método De Varejão et al.⁽¹³⁾ é de aplicação mais difícil e depende muito da subjetividade do avaliador.

Apesar da existência de trabalhos em que os métodos do IFC de De Medinaceli et al.⁽¹⁴⁾ com o de Varejão et al.⁽¹³⁾ foram utilizados, pareceu-nos que as diferenças funcionais entre ambos não estavam suficientemente esclarecidas, o que motivou-nos ao desenvolvimento da presente investigação, não só para estabelecer uma comparação entre ambos, mas também para associá-los, aplicando a metodologia do primeiro, modificado por Bain et al.⁽⁵⁾ ao segundo e criando um terceiro método (filmagem das pegadas acompanhada de medidas dos parâmetros), depois comparado com os métodos convencionais que o originaram, executados de forma manual e computadorizada. O modelo de lesão por esmagamento controlado do nervo ciático do rato foi considerado ideal para essa investigação, pois esse tipo de lesão é mais fácil produzir do que a secção seguida de reparo micro-cirúrgico. Além disso, na lesão por esmagamento, a estrutura neural é parcialmente preservada e facilita a regeneração do nervo num prazo mais curto. Foram utilizados 10 minutos de esmagamento, para uma carga de 15.000 g, com o objetivo de obter uma lesão grave, particularmente das fibras de maior diâmetro, garantindo principalmente a disfunção motora. As impressões das pegadas das patas traseiras dos ratos foram obtidas em papel impregnado com o azul de bromofenol, além do que foram feitas vídeo-filmagens da marcha dos animais, depois digitalizadas e avaliadas através do programa de imagem para computador (**software**) Image J, que permite a fácil visualização das pegadas e a aplicação nelas do método de De Medinaceli et al.⁽¹⁴⁾, desde as primeiras semanas após a lesão. Os dados coletados eram aplicados à fórmula de Bain et al.⁽⁵⁾, modificada da original de De Medinaceli et al.⁽¹⁹⁾ e que

exclui o parâmetro TOF (distância *to-other-foot*), eliminando o risco de variação dos resultados impostos pela velocidade da marcha e a distância da passada.

Os resultados obtidos mostraram que houve correlação entre as fórmulas do IFC de De Medinaceli et al.⁽¹⁴⁾ e de Bain et al.⁽⁶⁾, apesar da modificação introduzida nesta última (retirada do parâmetro TOF). A partir da análise em que o coeficiente de correlação busca estabelecer-se entre os dados do IFC manual e os dados do IFC por filmagem, o perfil de distribuição dos dados obtidos apresenta-se diferente sendo gerado valores no ponto limítrofe da significância, gerando uma distribuição com posicionamentos tendendo a desorganização, quase sem linearidade, porém o teste estatístico garante a linearidade positiva, estabelecendo correlação entre eles. Pensamos então ser, o fator desequilíbrio da linearidade, a utilização da fórmula original de De Medinaceli et al.⁽¹⁴⁾ correlacionada a fórmula modificada por Bain et al.⁽⁶⁾. Ressalva feita à própria literatura que considera a medida de TOF como uma geradora de possíveis variáveis na obtenção do IFC^(6,15). Na tentativa de correlação entre os valores do IFC por computador e IFC por filmagem, encontra-se uma distribuição desorganizada dos dados que não é sustentada pelo teste estatístico, caracterizando a não correlação entre os dados.

CONCLUSÃO

Os métodos de avaliação funcional destacados para este estudo experimental correspondem a ferramentas que garantem o acom-

panhamento da regeneração e recuperação funcional, onde a hipótese de correlação entre os métodos é real para as condições em que o mesmo cálculo matemático é utilizado, independente se manual ou por computador, com identificação dos mesmos parâmetros de medidas. No caso em que existe combinação entre fórmulas matemáticas buscando o IFC, e os parâmetros medidos se diferenciam, não existe correlação entre os métodos, sustentando o uso individual de fórmulas para experimentos isolados. Frente à necessidade de registros precisos, mesmo nas primeiras semanas, concluímos ser o método de avaliação funcional através da filmagem mais garantido para o acompanhamento da regeneração, com dados imediatos da impressão das pegadas, suprimindo as dificuldades existentes no método tradicional de De Medinaceli.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Professor José Batista Volpon e aos funcionários do Laboratório de Bioengenharia da FMRP, USP. Ao Professor Amilton Antunes Barreira, do Departamento de Neurologia e Psiquiatria por sua gentil autorização ao uso dos equipamentos do laboratório e assistência técnica promovida pelo Sr. Renato Meirelles e Silva e a Sra. Maria Cristina Lopes Schiavoni. Agradecimentos à Rodrigo Okubo, aluno do Curso de Fisioterapia, USP Ribeirão Preto, por contribuir com seus conhecimentos técnicos em filmagem e edição de imagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Sunderland S. Nerve and Nerve Injury. 2ed. London: Churchill Livingstone, 1985.
- 2- Varejão AS, Cabrita AM, Patrício JA, Bulas-Cruz J, Gabriel RC, Melo-Pinto P, et al. Functional assessment of peripheral nerve recovery in the rat: gait kinematics. *Microsurgery*. 2001; 21:383-8.
- 3- Dijkstra JR, Meek MF, Robinson PH Gramsbergen A. Methods to evaluate functional nerve recovery in adult rats: walking track analysis, video analysis and the withdrawal reflex. *J Neurosci Methods*. 2000; 96: 89-96.
- 4- de Medinaceli L. Interpreting nerve morphometry data after experimental traumatic lesions. *J Neurosci Methods*. 1995; 58:29-37.
- 5- Bain JR, Mackinnon SE, Hunter DA. Functional evaluation of complete sciatic, peroneal, and posterior tibial nerve lesions in the rat. *Plast Reconstr Surg* 1989; 83: 129-38.
- 6- Oliveira EF, Mazzer N, Barbieri CH, Selli M. Correlation between functional index and morphometry to evaluate recovery of the rat sciatic nerve following crush injury: experimental study. *J Reconstr Microsurg*. 2001;17:69-75.
- 7- Akassoglou K, Akpınar P, Murray S, Strickland S. Fibrin is a regulator of Schwann cell migration after sciatic nerve injury in mice. *Neurosci Lett*. 2003; 338:185-8.
- 8- Szabo RM. Nerve compression syndromes: diagnosis and treatment. England: Slack; 1989.
- 9- Mendonça AC, Barbieri CH, Mazzer N. Directly low intensity direct electric current enhances peripheral nerve regeneration in rats. *J Neurosci Methods*. 2003; 129:183-90.
- 10- Walker JL, Evans JM, Resig P, Guarnieri S, Meade P, Siskin BS. Enhancement of functional recovery following a crush lesion to the rat sciatic nerve by exposure to pulsed electromagnetic fields. *Exp Neurol*. 1994; 125:302-5.
- 11- Chen LE, Seaber AV, Urbaniak JR. The influence of magnitude and duration of crush load on functional recovery of the peripheral nerve. *J Reconstr Microsurg*. 1993; 9:299-306.
- 12- Pola R, Aprahamian TR, Bosh-Marcé M, Curry C, Gaetani E, Flex A et al. Age-dependent VEGF expression and intraneural neovascularization during regeneration of peripheral nerves. *Neurobiol Aging*. 2004; 25:1361-8.
- 13- Varejão AS, Cabrita AM, Meek MF, Bulas-Cruz J, Filipe VM, Gabriel RC, et al. Ankle kinematics to evaluate functional recovery in crushed rat sciatic nerve. *Muscle Nerve*. 2003; 27:706-14.
- 14- 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; 77:634-43.
- 15- Carlton JM, Goldberg NH. Quantitating integrated muscle function following reinnervation. *Surg Forum*. 1986; p. 611-2.
- 16- Chen LE, Seaber V, Glisson RR, Davies H, Murrell GA, Anthony DC et al. The functional recovery of peripheral nerves following defined acute crush injuries. *J Orthop Res*. 1992; 10: 657-64.
- 17- De Sá JM, Mazzer N, Barbieri CH, Barreira AA. The end-to-side peripheral nerve repair. Functional and morphometric study using the peroneal nerve of rats. *J Neurosci Methods*. 2004; 15: 45-53.
- 18- Gutmann E, Gutmann L. Factors affecting recovery of sensory function after nerve lesion. *J Neurol Psychiatr*. 1942; 5:117-29.
- 19- de Medinaceli L, Derenzo E, Wyatt RJ. Rat sciatic functional index data management system with digitized input. *Comp. Biomechanical research*. 1984; 17: 185-192.