UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO

VANESSA VILELA MONTE -RASO

Índice funcional do ciático nas lesões por esmagamento do nervo ciático de ratos. Avaliação da reprodutibilidade do método entre examinadores.

Ribeirão Preto

2006

VANESSA VILELA MONTE - RASO

Índice funcional do ciático nas lesões por esmagamento do nervo ciático de ratos. Avaliação da reprodutibilidade do método entre examinadores.

Tese apresentada à Faculdade de Medicina de
Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo,
para obtenção do título de Doutor em Ciências
Médicas

Área de concentração: Ortopedia,
Traumatologia e Reabilitação do Aparelho
Locomotor
Orientador: Prof. Dr. Cláudio Henrique
Barbieri

Ribeirão Preto
2006

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTES
TRABALHOS, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA
FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

FICHA CATALOGRÁFICA

Monte-Raso, Vanessa Vilela

Índice funcional do ciático nas lesões por esmagamento do nervo ciático de
ratos. Avaliação da reprodutibilidade do método entre examinadores. Ribeirão
Preto, 2006.

66 f.: il.; 30cm

Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão
Preto/USP. Área de concentração: Ortopedia e Traumatologia.

Orientador: Prof. Dr. CLÁUDIO H. BARBIERI.

1. Regeneração do nervo periférico. 2. Lesão por Esmagamento. 3. Nervo
Ciático de ratos. 4. Avaliação funcional. 5. Índice funcional do ciático. 6.
Interexaminadores

***À DEUS, pois dELE é a responsabilidade de tudo que tem
acontecido em minha vida.***

***“A palavra de Deus retifica os nossos pensamentos, traz
equilíbrio pela fé”***

***“Ainda que eu tenha o dom de profetizar e conheça todos os
mistérios e toda a ciência.....se não tiver amor , nada serei...”***

1 Co: 13-2

Ao meu pai, **Irênio**, pelo carinho, confiança que tem comigo e pelas oportunidades que me deste, nunca mediu esforços para que eu pudesse chegar até aqui. Ensinou-me o valor do trabalho, da honestidade e que devemos sempre falar a verdade acima de tudo

À minha mãe, **Sandra**, exemplo de dinamismo e dedicação à família. Incentivadora do estudar sempre. Amiga confiante que amo tanto, mesmo estando longe em distância, estamos próximas no coração (comunicação espiritual)...

À minha irmã, **Valéria** pela confiança, amizade e incentivo constante.

Ao meu irmão, **Wander**, pelas palavras de apoio apesar da distância.

Ao meu querido e amado, **Giuliano**. Difícil expressar em um papel sua importância. Sou grata à Deus por ter te colocado em minha vida. Amigo, meu suporte, meu amado.

Aos amigos “irmãos em Cristo”, **Giovana e Fernando**, pela amizade e amor. Também ao **Davi** que está por vir, que ele seja **bençãos** em nossas vidas...

Ao Prof. Dr. **Cláudio Henrique Barbieri**, pela confiança depositada contribuindo, imensuravelmente, pela minha formação e por ter dado oportunidade de seguir os seus passos, pela orientação segura, correção criteriosa, pelo seu caráter e valor como professor. Agradeço por todas as oportunidades e pelos ensinamentos. Serei sempre grata.

*À Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto e seu Departamento de Biomecânica ,
Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor, por propiciar parte da minha formação
científica*

*Ao Prof. Nilton Mazzer, do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação
do Aparelho Locomotor, e a Fisioterapeuta Marisa C. R. Fonseca, minha homenagem
especial , pela amizade, pelos ensinamentos de como ser um bom profissional, sem deixar a
 vaidade tomar conta do pessoal.*

*Aos técnicos do Laboratório de Bioengenharia Chico e Luis Henrique, pessoas que
tornaram muito importantes,bons amigos, sempre muito gentis e solícitos a qualquer hora.*

*Aos amigos do Laboratório de Bioengenharia, Prof. José Batista Volpon , Dr. Antônio
Carlos Shimano e Maria Terezinha de Moraes, pelo carinho e amizade.*

*Ao engenheiro Carlos Alberto Moro, pelo auxilio na invenção e confecção da pinça
esmagadora.*

*Ao Prof. Luiz de Souza, pela interpretação dos dados estatísticos, sempre muito
solícito e gentil de uma educação admirável.*

*As secretárias, Elizângela, Fátima, Viviane e também à Rose pela colaboração
durante a minha trajetória.*

*À senhora Cristina da Biblioteca Central da Prefeitura do Campus da USP-RP, pela
revisão das normas da tese.*

Aos animais que involuntariamente doaram suas vidas para realização desta obra.

RESUMO

MONTE-RASO, VV. **Índice funcional do ciático nas lesões por esmagamento do nervo ciático de ratos. Avaliação da reprodutibilidade do método entre examinadores.** 2006. 66 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006

Foi avaliada a reprodutibilidade entre examinadores do método de avaliação do Índice Funcional do Ciático (IFC), medido por um programa de computação desenvolvido para este fim. Foram empregados 20 ratos Wistar, cujo nervo ciático direito era abordado sob anestesia geral e esmagado num segmento de 5 mm proximal à sua trifurcação com um dispositivo especial, com carga fixa de 5 kgf por 10 minutos. Impressões das pegadas dos animais foram obtidas na fase pré-operatória e, depois, semanalmente, da 1ª à 8ª semana pós-operatória, em uma pista de marcha. As impressões eram digitalizadas, armazenadas e avaliadas, pela medida de parâmetros pré-determinados, por quatro examinadores, seguindo sempre a mesma seqüência de marcação dos parâmetros. Os resultados foram submetidos à análise estatística, que mostrou haver um alto índice de correlação entre examinadores na avaliação pré-operatória e nas 3ª, 4ª, 5ª, 7ª e 8ª semanas (igual ou maior que 0,82), com queda casual na 6ª semana, mas manteve significativa como as demais ($p_F < 0,01$). Na 1ª e 2ª semanas, o índice de correlação foi próximo de zero, mostrando a pouca reprodutibilidade do método nesse período, em que a variabilidade entre os animais não diferiu da variabilidade entre os examinadores ($p_F = 0,24$ e $0,32$, respectivamente), devido à pouca definição das impressões das pegadas.

Palavras-chave: Regeneração de nervo periférico; lesão por esmagamento; nervo ciático de ratos; avaliação funcional; índice funcional do ciático; reprodutibilidade do método; interexaminadores.

ABSTRACT

MONTE-RASO, VV. **Sciatic functional index assessment to evaluate functional recovery following a crush injury of the sciatic nerve of rats. Inter-personal reproducibility of the method.** 2006. 66 f. Thesis (Doctoral)- Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.

The Sciatic Functional Index (SFI) is a quite useful tool to evaluate functional recovery of the sciatic nerve of rats in a number of experimental lesions and treatment. Although being an objective method, it depends on the examiner's ability to adequately recognize and mark the previously established footprint landmarks, which is an entirely subjective step, thus potentially interfering with the calculations according to the mathematical formulae proposed by different authors. An inter-personal evaluation of the reproducibility of an SFI computer aided method was then carried out here to study data variability. A severe crush injury was produce on a 5 mm-long segment of the right sciatic nerve of 20 Wistar rats (5kgf load directly applied for 10 minutes) and the SFI was measured by four different examiners (2 experienced and 2 new-comers) either preoperatively and at weekly intervals from the 1st to the 8th postoperative week. Three measurements were made for each print and an average was drawn and used for the statistical analysis. The results showed that interexaminer correlation was high (0.82) on the 3rd, 4th, 5th, 7th and 8th weeks, with an unexpected ($p_F < 0.01$) drop on the 6th week. There was virtually no inter-personal correlation (correlation index nearly 0) on the 1st and 2nd weeks, period in which the variability between animals ($p_F = 0.24$) and examiners ($p_F = 0.32$) was similar, certainly due to the poor definition of the footprints. The authors conclude that the SFI method studied here is only reliable from the 3rd week on.

Keywords: Sciatic nerve of rats; crush injury; functional evaluation; sciatic functional index; multiple examiners; interexaminer reproducibility.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Representação esquemática dos parâmetros medidos para calcular o Índice Funcional do Ciático (IFC). N: Normal; E: Experimental (operada); TS: Abertura total dos dedos (1° ao 5°); IT: Abertura dos dedos intermediários (2° ao 4°); PL: Comprimento da pegada.....	19
Figura 2 - Comparação entre os métodos de registro de marcha. À direita o registro utilizando filmes de raios-X, e à esquerda o registro utilizando método de Lowdon, Seader e Urbaniak (1988).....	24
Figura 3 - Procedimento Cirúrgico: abordagem do nervo ciático.....	34
Figura 4 - Esmagamento do nervo ciático.....	35
Figura 5- Representação esquemática da pinça esmagadora. Base de lesão (1); haste da pinça (2); parafuso de calibração (3); porca trava (4); mola aplicadora de força; (5); base de afastamento(6); pino de articulação (7).....	36
Figura 6- Esquema da Pinça de esmagamento. Força resultante (Fr), força da mola (Fm).	36
Figura 7- Registro das pegadas na passarela. Vista geral da passarela (A). Pegadas registradas (B).....	39
Figura 8 - Visualização do programa utilizado, Selli (1998).....	40
Figura 9 - Visualização do programa utilizado, modificado por Iamazita (2004).....	41
Figura 10 - IFC avaliado pelos 4 examinadores na semana inicial (Pré – operatória).....	44
Figura 11- IFC avaliado pelos 4 examinadores na 1ª semana (pós-operatória)	44
Figura 12 - IFC avaliado pelos 4 examinadores na 2ª semana (pós-operatória).	45
Figura 13 - IFC avaliado pelos 4 examinadores na 3ª semana (pós-operatória).....	45
Figura 14 - IFC avaliado pelos 4 examinadores na 4ª semana (pós-operatória).....	46
Figura 15 - IFC avaliado pelos 4 examinadores na 5ª semana (pós-operatória).....	46

Figura 16 - IFC avaliado pelos 4 examinadores na 6ª semana (pós-operatória).....	47
Figura 17 - IFC avaliado pelos 4 examinadores na 7ª semana (pós-operatória).....	47
Figura 18 – IFC avaliado pelos 4 examinadores na 8ª semana (pós-operatória).....	48
Figura 19 - Médias da avaliação semanal do IFC avaliado pelos 4 examinadores, na semana inicial (pré-operatória) e nas oito semanas pós-operatórias	48
Figura 20 - Coeficiente de correlação intra-classe obtido semanalmente, na semana inicial (pré-operatória) e nas oito semanas pós-operatórias.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Valores de p do Teste F (p_F), coeficiente de correlação Intra-classe (r).....	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IFC	Índice funcional do ciático
SFI	Sciatic functional index
TOF	<i>To other foot</i> , ou distância ao pé oposto
PL	<i>Print length</i> , ou comprimento da pegada
TS	<i>Total spread</i> , ou distância linear transversal do 1º ao 5º dedo
IT	<i>Intermediate toes</i> , ou distância linear transversal do 2º ao 4º dedo
PAF	Fator do ângulo da pegada
PA	Ângulo da pegada
TFI	Índice Funcional do Tibial
PFI	Índice Funcional do Peroneio
N	Normal
E	Experimental
F	Fator
VCN	Velocidade de condução nervosa
USP	Universidade de São Paulo
DBMRAL	Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor
FMRP	Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
mg	miligramas
ml	mililitros
g	gramas
kgf	quilogramaforça

mmhg	milímetros de mercúrio

N	Newton

FR	força resultante

FM	força da mola

LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 AVALIAÇÃO FUNCIONAL DA MARCHA	18
1.2 LESÃO NERVOSA POR ESMAGAMENTO	30
2 OBJETIVO	32
3 MATERIAL E MÉTODO	33
3.1 ANIMAIS E GRUPOS EXPERIMENTAIS	33
3.2 ANESTESIA E PROCEDIMENTO CIRÚRGICO	33
3.2.1 PINÇA ESMAGADORA	35
3.3 ANÁLISE FUNCIONAL DA MARCHA	37
3.3.1 IMPRESSÃO DAS PEGADAS	37
3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	41
4 RESULTADOS	42
4.1 GENERALIDADES	42
4.2 ANÁLISE FUNCIONAL DA MARCHA (IFC)	42
5 DISCUSSÃO	50
6 CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS	54
APÊNDICES	56
ANEXOS	65

---

1 INTRODUÇÃO

A recuperação morfológica e funcional após uma lesão nervosa raramente é completa e perfeita, apesar da aplicação de técnicas modernas e sofisticadas de reconstrução, pois inúmeros fatores influenciam na regeneração da fibra nervosa lesada, como a natureza e o nível da lesão, o tempo de desnervação, o tipo e diâmetro das fibras nervosas afetadas, a idade do indivíduo e outras variáveis individuais (SUNDERLAND, 1985; MENDONÇA; BARBIERI ; MAZZER, 2003).

Muitos dos conhecimentos atuais sobre a regeneração de nervos, se não a maior parte, têm sido gerados por investigações experimentais, nas quais inúmeras variáveis são controladas, garantindo a confiabilidade dos resultados. Assim, no nosso próprio departamento, vários estudos experimentais têm sido realizados, enfocando a recuperação funcional após lesão por esmagamento (OLIVEIRA et al., 2001), novas técnicas alternativas de reparo cirúrgico (OLIVEIRA et al., 2004; DE SÁ et al., 2003) e o uso de recursos terapêuticos físicos (laser, eletricidade e ultra-som) que possam estimular a regeneração morfológica dos nervos (MENDONÇA; BARBIERI; MAZZER, 2003; MONTE-RASO et al., 2005).

Todavia, a avaliação da regeneração de nervos em estudos experimentais apresenta aspectos controversos, particularmente porque nem sempre é possível estabelecer uma correlação clara entre parâmetros histológicos, morfométricos e eletrofisiológicos e a recuperação funcional, difícil de mensurar em animais, por razões óbvias. Nos estudos mencionados acima, foi empregado o método desenvolvido por De Medinaceli e colaboradores (DE MEDINACELI; FREED; WYATT, 1982; DE MEDINACELI; DERENZO; WYATT, 1984) para avaliação funcional da regeneração do nervo ciático de ratos, que consiste basicamente da medida de parâmetros morfológicos da impressão da

---

pegada da pata posterior dos animais e da sua inserção numa fórmula matemática que fornece um índice, chamado de Índice Funcional do Ciático (IFC), mais tarde modificado por outros autores (CARLTON; GOLDBERG, 1986; BAIN; MACKINNON; HUNTER, 1989).

Embora a terminologia anatômica preconize, isquiático, em decorrência da padronização do índice ser Índice funcional do ciático, neste estudo, vamos manter a nomenclatura, ciático.

Durante a execução dos trabalhos mencionados acima, foi observado que a identificação e marcação dos parâmetros da impressão da pegada dos ratos estabelecidos por De Medinaceli e colaboradores é extremamente difícil nos períodos iniciais após a produção de uma lesão no nervo ciático, pela simples razão de que as impressões obtidas não são claras. Nos períodos mais tardios, com as impressões se tornando claras, a identificação dos parâmetros fica mais fácil, mas dependendo ainda da subjetividade do observador. Ao lado disso, observou-se que praticamente não existiam, na literatura especializada, trabalhos voltados exclusivamente à convalidação do método, apesar de ele ser utilizado por vários pesquisadores.

Praticamente todos os pesquisadores que utilizaram ou modificaram o método de De Medinaceli, a começar por ele próprio e seu grupo, produziram uma lesão por esmagamento do nervo ciático do rato com uma pinça hemostática ou de outro tipo. A opção pela lesão por esmagamento tem a vantagem de que não são introduzidos, no modelo experimental, variáveis dependentes da técnica de sutura e da habilidade do cirurgião em fazê-la, por exemplo, pois o arcabouço do nervo é preservado, ao menos parcialmente, dependendo da intensidade do esmagamento. Todavia, a lesão por esmagamento produzida manualmente com uma pinça não é controlada, sua gravidade podendo variar com a pressão momentânea exercida pelo pesquisador. Por esse motivo, nos nossos trabalhos mencionados acima, a lesão por esmagamento foi produzida numa máquina de ensaios pela aplicação de uma carga de

---

intensidade controlada e constante, por um tempo predeterminado, com a finalidade de uniformizar o máximo possível a gravidade da lesão produzida.

1.1 Avaliação funcional da marcha

Em condições experimentais, a recuperação das lesões nervosas é estudada principalmente através de técnicas de eletrofisiologia, histologia e morfometria. Embora os parâmetros eletrofisiológicos e morfológicos sejam úteis, é importante conhecer o grau de recuperação funcional que eles implicam. A avaliação da recuperação funcional após uma lesão ou um procedimento terapêutico é relativamente fácil de se realizar em humanos, mas muito difícil em condições experimentais em animais, o que motivou a busca por métodos específicos de avaliação funcional.

Trabalhando com lesões do nervo fibular de coelhos, Gutmann e Gutmann (1942), demonstraram que a perda da capacidade de espalhar os dedos é um parâmetro confiável para avaliar o grau de lesão, bem como para seguir sua recuperação. Seu método, todavia, era muito rudimentar e não permitia quantificar nem uma coisa, nem outra.

De Medinaceli, Freed e Wyatt (1982), desenvolveram um método quantitativo, confiável e reprodutível da condição funcional do nervo ciático de ratos, para a avaliação do grau de lesão e da recuperação, denominado de Índice Funcional do Ciático (IFC; em inglês, *Sciatic Functional Index*, ou SFI). O método está baseado na medida de parâmetros pré-estabelecidos nas impressões da pata traseira dos animais, obtidas quando os animais caminhavam sobre tiras de filmes virgens de radiografia. Os animais eram treinados a andar em uma passarela de 43 cm de comprimento por 8,7 cm de largura, que terminava em uma casinha onde eles se abrigavam. Depois de bem treinados, era colocada uma tira de filme radiográfico no piso da passarela e as patas traseiras do animal eram molhadas em líquido

revelador. Ao caminhar, o animal deixava as impressões da pata traseira no filme, que era imerso em líquido fixador em seguida, fazendo com o que as impressões se tornavam permanentes. Quatro parâmetros foram medidos nessas pegadas e as comparações entre o lado lesado (experimental) e o intacto (normal) permitiram estabelecer o índice funcional do ciático (IFC), que é uma expressão percentual do normal.

Todos os parâmetros eram medidos do mesmo modo na pata normal (N) e na lesada, ou experimental (E). A distância ao pé oposto (TOF, “*to other foot*”) é a medida ortogonal entre as pontas dos dedos mais longos de ambos os pés, que representa o comprimento de um passo. O comprimento da pata (PL, ou “*print length*”) é a distância entre os dois pontos mais extremos da pegada, no sentido longitudinal, que é sempre maior na pata lesada. O espalhar total dos dedos (TS, ou “*total spread*”) é a distância entre os dois pontos mais extremos da pegada, no sentido transversal, devendo coincidir com a marca dos dois dedos mais extremos, e o espalhar dos dedos intermediários (IT, ou “*intermediate toes*”) é a distância entre os dois dedos intermediários; ambos são menores na pata lesada (Figura 1).

Figura 1 – Representação esquemática dos parâmetros medidos para calcular o Índice Funcional do Ciático (IFC). N: Normal; E: Experimental (operada); TS: Abertura total dos dedos (1º ao 5º); IT: Abertura dos dedos intermediários (2º ao 4º); PL: Comprimento da pegada.

O IFC foi calculado para nervos normais e submetidos a vários tipos de lesão, segundo a fórmula:

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

Onde:

E: Experimental

N: Normal

TOF: "to other foot", ou distância de uma pata à outra.

PL: "print length", comprimento da pata.

TS: "total spread", ou espalhar total dos dedos.

IT: "intermediate toes", ou espalhar dos dedos intermediários.

Os resultados obtidos com esta equação eram a expressão percentual negativa da função normal, em que 0 (zero) corresponde à função normal, ou ausência de deficiência, e -100 (menos cem) corresponde à disfunção total. Os autores afirmaram que o método era confiável e reprodutível, guardando correlação com os métodos convencionais, mas os cálculos, todos manuais, eram muito complicados.

De Medinaceli, Derenzo e Wyatt (1984), descreveram o primeiro método computadorizado de avaliação do índice funcional do ciático. Modificaram o método, adicionando recursos de informática e computação, tornando-o mais prático, rápido e fácil, e denominaram de Sistema de Manuseio do Índice Ciático (SIMS, ou Sciatic Index Management System). Utilizaram-se, para isso, de uma combinação cara e complexa de equipamentos, que incluíam um computador de grande porte (*main frame*), estações terminais gráficas para análise, um terminal serial tipo PT 100, uma mesa digitalizadora, um sistema de

---

gerenciamento de base de dados (DBMS, *database management system*) e pacotes estatísticos. Nesse experimento, sete ratos Sprague-Dawley foram anestesiados e o tronco do nervo ciático esquerdo foi submetido a uma lesão por esmagamento com uma pinça de extremidades serrilhadas por 1 minuto, de forma a aplicar uma força constante de compressão na área de secção transversal. A ferida operatória era fechada em seguida e o animal era seguido por um período de 53 dias, durante o qual eram obtidos registros da sua marcha. Era sabido que esse tipo de ferimento no tronco do nervo provocaria uma total paralisia motora e sensitiva do membro, mas que após algumas semanas o nervo recuperaria suas funções normais, com a regeneração das suas fibras. Os registros da marcha foram obtidos já no pré-operatório, e depois, a intervalos regulares, em tiras de filme de raios-X, do mesmo modo que no experimento anterior (DE MEDINACELI; FREED; WYATT, 1982). Para avaliação do método, os cálculos do SFI (Índice Funcional do Ciático) foram feitos por dois observadores independentes, em três eventos diferentes:

1. Cálculos efetuados à mão por observador principal
2. Cálculos efetuados no SIMS por observador principal;
3. Cálculos efetuados no SIMS por observador não treinado.

Os resultados da comparação e correlação entre classes foi considerado excelente, com exceção do quarto dia pós-operatório, devido às dificuldades do animal em efetuar as primeiras caminhadas. A implementação do método SIMS, segundo os autores, trouxe alguns benefícios à avaliação da função nesses casos, como a diminuição do tempo de avaliação, o aumento da precisão e a uniformidade do método, vantagens que viriam a aumentar a produtividade de seu centro de pesquisas, habilitando os pesquisadores a obterem avaliações mais fáceis e rápidas do SFI.

Posteriormente, Carlton e Goldberg (1986) desenvolveram um método próprio com o objetivo de avaliar a função dos nervos ciático, tibial e fibular. Assim, operaram 18 ratos

Wistar, com peso médio de 200 g, distribuídos em quatro grupos experimentais, como se segue:

1. Lesão do componente tibial;
2. Lesão do componente fibular;
3. Lesão de todo o nervo (ciático);
4. Controle (“sham operation”).

Para cada grupo foi produzida uma lesão por esmagamento num local situado 10 mm proximalmente à fossa poplíteia da perna esquerda. No quarto grupo (controle), foi realizada apenas a dissecação fascicular, sem esmagamento do nervo. Impressões da marcha, registradas em filme de raios-X, foram obtidas semanalmente, por um período de cinco semanas. Para a avaliação do SFI foi utilizada uma modificação da fórmula de De Medinaceli, Derenzo e Wyatt (1984), pela retirada do fator “distância ao outro pé” (TOF – *to other foot*). Já para os nervos, tibial e peroneio (fibular), foram desenvolvidas fórmulas utilizando a análise da regressão linear de múltiplas variáveis. As equações ficaram como se seguem:

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

$$TFI = 125 \times \left(\frac{NPL - EPL}{EPL} \right) - 43.8 \times \left(\frac{ETS - NTS}{NTS} \right) + 252 \times \left(\frac{EIS - NIS}{NIS} \right)$$

$$PFI = 2 \times SFI - TFI$$

Onde:

SFI: Índice Funcional do Ciático

TFI: Índice Funcional do Tibial

PFI: Índice Funcional do Peroneio (fibular) .

As demais siglas são as mesmas que para a equação de De Medinaceli, Derenzo e Wyatt (1984).

Os autores afirmaram que, embora houvesse alguma superposição dos dados, era possível avaliar independentemente cada um dos índices e, após cinco semanas, os índices referentes ao três nervos se normalizaram.

Lowdon, Seaber e Urbaniak (1988), descreveram um método alternativo ao das tiras de filme de raios-X para registro de pegadas, propondo o uso de tiras de papel, nas mesmas dimensões usadas com os filmes e tratadas com uma solução a 0.5% de anidrosulfona de azul de bromofenol em acetona. Depois de secas, as tiras de papel assim tratadas adquirem uma coloração laranja e necessitam de acondicionamento em local seco, pois a umidade as torna paulatinamente azuladas. Os autores testaram o método num ensaio com 20 ratos Wistar adultos, que caminhavam sobre as folhas com as patas úmidas com água, comparando os resultados com aqueles das tiras de filme de raios-X. Para cada um dos métodos, o índice funcional do ciático de De Medinaceli e colaboradores foi calculado por dois observadores diferentes. Como resultado, não foi encontrada diferença significativa entre as médias observadas nos dois métodos pelo teste t de Student. Entretanto, o coeficiente de correlação para os valores lidos pelo observador das trilhas em papel foi 0.93, contra um coeficiente de correlação de 0.81 para os valores lidos pelo observador dos filmes de raios-X. Outra observação importante foi a necessidade de repetição do teste, que foi de seis trilhas em 20 para o filme de raios-X e de uma trilha em 20 para o papel. Foi constatado, também, que o método do papel impregnado com azul de bromofenol custou cerca de um trinta avos (1/30) comparado ao método do filme. O preparo das tiras de papel é simples e rápido, e seu funcionamento é adequado se a secagem e estocagem forem satisfatórias. A principal

vantagem desse método é seu baixo custo, além do menor risco de escorregões do animal durante sua marcha, e da melhor qualidade de imagem (Figura 2).

Figura 2: Comparação entre os métodos de registro de marcha. À direita o registro utilizando filmes de raios-X, e à esquerda o registro utilizando método de Lowdon, Seader e Urbaniak (1988).

Bain, Mackinnon e Hunter (1989), conduziram um estudo experimental em ratos com o objetivo de desenvolver e testar fórmulas independentes mais confiáveis para a avaliação funcional da regeneração dos nervos ciático, tibial e peroneio (fibular). Foram utilizados ratos Wistar brancos treinados, pesando de 200 a 250 gramas, com ciclo de luz e alimentação controlados. O procedimento cirúrgico constou basicamente da exposição do nervo ciático e identificação dos seus ramos, por abordagem transmuscular do glúteo maior. Os animais foram escolhidos ao acaso e distribuídos em quatro grupos, conforme o tipo de procedimento realizado:

1. Grupo Controle (“Sham operation”);
2. Lesão completa do nervo peroneal (fibular);
3. Lesão completa do nervo tibial posterior;
4. Lesão completa do nervo ciático.

Em adição, o lado experimental também foi escolhido ao acaso em cada animal. A extremidade proximal do nervo seccionado foi cuidadosamente colocada em posição intramuscular e suturada no músculo glúteo. Produzida a lesão num dos ramos, os demais eram preservados. As impressões da marcha dos animais foram obtidas em tiras de filme de raios-X de 8,2 x 42 cm, identificadas apenas com o número do animal testado, sendo as patas dos animais umedecidas em solução reveladora, segundo o método de De Medinaceli, Freed e Wyatt (1982). Várias pegadas foram registradas em cada filme. Algumas, de leitura impossível devido ao arraste da cauda do animal ou à sobreposição das pegadas, foram desprezadas. As seguintes medições foram efetuadas:

1. TOF (“to opposite foot”): distância ao pé oposto;
2. PL (“print length”): comprimento do pegada;
3. PA (“print angle”): distância entre a pegada e alinha média da marcha
4. TS (“toes spread”): distância do primeiro ao quinto dedos;
5. IT (“intermediate toes spread”): distância entre o segundo e quarto dedos.

As medições foram feitas para as pegadas experimentais e para as normais, rotuladas respectivamente com **E** e **N**. Por exemplo, NTOF representa a distância entre o maior dedo da pegada normal ao maior dedo da pegada operada.

Em geral, foi notada uma excelente constância nos parâmetros das diferentes pegadas numa mesma trilha. Porém, para maior rigor matemático, era utilizada em cada registro a máxima distância medida. As medidas foram feitas numa mesa digitalizadora (Hipad Digitizer, Houston Instruments, Austin, Texas), ligada a um microcomputador (IBM PCXT, IBM Armonk, N.Y.), utilizando um software de morfometria (Bioquant II, R&M Biometrics, Nashville, Tenn.). Foram gerados cinco fatores (F), compostos pela subtração do valor medido na pegada normal pelo valor medido na pegada experimental, e dividida essa diferença pelo valor medido na pegada normal:

$$\text{Fator distância ao pé oposto (TOFF)} = (\text{ETOF} - \text{NTOF}) / \text{NTOF}$$

$$\text{Fator comprimento da pegada (PFL)} = (\text{EPL} - \text{NPL}) / \text{NPL}$$

$$\text{Fator ângulo da pegada (PAF)} = (\text{EPA} - \text{NPA}) / \text{NPA}$$

$$\text{Fator espalhamento dos dedos (TSF)} = (\text{ETS} - \text{NTS}) / \text{NTS}$$

$$\text{Fator espalhamento dos dedos intermediários (ITF)} = (\text{EIT} - \text{NIT}) / \text{NIT}$$

Na análise de regressão linear múltipla, os fatores criados entraram como variáveis independentes. A regressão utilizou como a variável dependente o déficit dos nervos ciático e peroneiro, com o valor de -100 para a lesão e disfunção totais e 0 (zero) para a ausência de disfunção.

Pela primeira vez neste tipo de estudo, foram feitas análises da variância significativa das variáveis nas trilhas e dos fatores criados. As análises foram feitas da seguinte maneira:

1. Foi estabelecido que cada uma das variáveis medidas na pegada normal (NTOF, NPL, NPA, NTS, NIT) não poderia ter, entre os diferentes grupos, variância significativa. Como resultado dessas análises, todas as variáveis normais foram aprovadas.

2. Foi estabelecido que as variáveis medidas na pegada experimental (ETOF, EPL, EPA, ETS, EIT) devem, necessariamente, apresentar variância significativa entre os diferentes grupos. Nesta análise, a variável EPA (Ângulo da pegada experimental) não teve variação dependente das lesões seletivas causadas em cada grupo, tendo sido reprovada e retirada do procedimento. Não foi notada variância significativa entre lados operados num mesmo grupo.

3. Analogamente, foi estabelecido que os fatores estudados (PFL – fator comprimento da pegada, TSF – fator espalhamento de dedos, ITF – fator espalhamento intermediário, TOF – fator distância ao pé oposto) devem necessariamente ter variância significativa entre os grupos, uma vez que devem ser correlacionados com as lesões seletivas. O fator PAF (fator ângulo da pegada) não participou do ensaio, porque a variável experimental EPA (ângulo de pegada experimental), que compõe o fator, foi excluída anteriormente. Pelos testes realizados, foi constatada a inexistência de variância significativa entre grupos para o fator TOF. Os demais fatores (PLF, TSF ITF) foram aprovados e, portanto, utilizados nas equações.

Após as medições e seleção das variáveis a serem usadas, e de posse da matriz de constantes de peso (tipo{b1,b2,...bn}) resultante da análise de regressão linear múltipla, foram determinadas as equações para os índices funcionais independentes dos nervos ciático, tibial posterior e peroneal (fibular), como seguem:

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

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

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

Apesar das evidentes melhorias no método de avaliação da função dos nervos ciático e seus ramos, no membro posterior de ratos, em trabalhos de investigação experimental, sua aplicação ainda era relativamente difícil, requerendo o apoio de um sistema de equipamentos e programas de computador pouco funcionais. Assim, um programa de computador (*software*) mais simples e aplicável a qualquer computador pessoal foi desenvolvido no Laboratório de Bioengenharia da FMRP (SELLI, 1998), possibilitando a captura (digitalização com um *scanner*), armazenamento e análise das imagens das pegadas dos ratos, submetidos a diferentes tipos de lesões dos nervos ciático, peroneiro (fibular) e tibial obtidos numa trilha de marcha (walking track), realizando os cálculos segundo as fórmulas matemáticas propostas, e fornecendo os resultados dos índices funcionais baseados nos métodos de De Medinaceli e colaboradores (1982, 1984), Carlton e Goldberg (1986) e Bain, Mackinnon e Hunter (1989). O programa é compatível com o sistema Microsoft® Windows™ NT/95/98, possibilitando a utilização de recursos gráficos e a geração e impressão de gráficos resultantes. Este programa foi testado em diversas investigações experimentais em nosso meio por Oliveira et al. (2001), Mendonça, Barbieri e Mazzer (2003) e Monte Raso et al. (2005), dentre outros, e sempre demonstrou estreita correlação entre as alterações morfológicas e morfométricas do nervo ciático e as medidas do IFC, de modo que a perda funcional resultante das lesões produzidas no nervo ciático de rato pode ser monitorizada apenas pelo IFC. O desempenho do programa, que é de fácil aprendizado e fácil manuseio, foi muito satisfatório em todos os trabalhos realizados.

Oliveira et al. (2001), avaliaram a recuperação morfológica e funcional do nervo ciático em ratos, calculando os índices funcionais do ciático, do tibial e do fibular pelos métodos anteriormente mencionados, empregando o programa de computador desenvolvido por Selli (1998). Demonstraram que as mudanças histológicas e morfométricas estavam relacionadas

---

ao grau de lesão inicial e que a taxa de recuperação funcional do nervo lesado era diretamente relacionada à carga inicial, e que houve correlação entre ambos os tipos de avaliação. Os autores concluíram que apenas a avaliação funcional, que não requer o sacrifício do animal, fornece informações suficientes sobre a regeneração do nervo lesado.

Mendonça, Barbieri e Mazzer (2003), realizaram um estudo sobre a influência da estimulação elétrica na regeneração do nervo ciático submetido à lesão por esmagamento, em ratos. A recuperação funcional foi avaliada através do índice funcional do ciático, em intervalos semanais até o 21º dia pós-operatório, quando os animais eram sacrificados para estudo morfométrico do nervo. Concluíram que a estimulação elétrica direta de baixa intensidade acelera a regeneração nervosa após o esmagamento e que o IFC é um método confiável para avaliar a recuperação nervosa, uma vez que seus resultados apresentam correlação com os do estudo morfométrico.

Monte Raso et al. (2005), estudaram a influência do ultra-som terapêutico na regeneração do nervo ciático de ratos, submetido a esmagamento controlado. Os resultados foram avaliados pela análise funcional da impressão plantar dos animais, semanalmente, obtidas numa pista de marcha e determinação do Índice Funcional do Ciático e pela morfometria, através do cálculo da densidade de fibras nervosas, após sacrifícios dos animais no 21º dia pós-operatório. Os resultados foram submetidos a análise estatística e mostraram que, nas condições do trabalho, o ultra-som acelerou a regeneração do nervo, demonstrável com significância no 21º dia pós-operatório. Este estudo mostrou haver clara correlação entre a regeneração morfológica, avaliada pela morfometria dos nervos, e a recuperação funcional, medida pelo índice funcional do ciático.

1.2 Lesão nervosa por esmagamento

Os fenômenos envolvidos na regeneração podem ser estudados através de vários modelos experimentais, mas o modelo da lesão por esmagamento tem a vantagem de não envolver as variáveis introduzidas na lesão por secção seguida de sutura. Mira (1979), realizou estudos quantitativos da variação do número e diâmetro das fibras nervosas durante o processo de regeneração, após lesão por esmagamento do nervo ciático, em ratos, analisando os resultados entre 10 a 720 dias após a lesão nervosa. Demonstrou que o número de fibras nervosas mielinizadas em regeneração retornou ao normal já na quarta semana, o que ocorreu somente no segundo mês no caso da secção seguida de sutura imediata.

O modelo de lesão por esmagamento tem sido adotado por vários autores, que enfatizam o fato de o esmagamento preservar pelo menos em parte a estrutura do nervo, facilitando a regeneração, e de não haver necessidade de realizar a sutura, que implica no treinamento prévio com as técnicas microcirúrgicas e na disponibilidade de instrumental e material adequados, em geral de alto custo (CRAGG; THOMAS, 1964; DE MEDINACELI; FREED; WYATT, 1982; BAIN; MACKINNON; HUNTER, 1989; BRIDGE et al., 1994; MONTE RASO et al., 2005).

Dahlin e Rydevik (1991), demonstraram lesões estruturais e funcionais nas compressões de nervos, enfatizando que os vasos intraneurais (*vasa nervorum*) são ocluídos à aplicação de pressões elevadas, causando isquemia focal. Além disso, ocorrem alterações estruturais das fibras nervosas, com desorganização dos envoltórios neurais, inclusive a bainha de mielina, levando à deterioração da função nervosa. Demonstraram, ainda, que há interrupção do transporte axonal bidirecional a pressões iguais ou maiores que 200 mmHg, aplicadas por 8 horas.

Bridge et al. (1994), referiram o uso de pinças hemostáticas ou pinças de relojoeiro para produzir lesões por esmagamento no nervo ciático de ratos, com diferentes tempos de aplicação da pressão. Concluíram que a lesão produzida era do tipo axonotmese, sem diferenças estatisticamente significativas entre os grupos, e que o método era confiável e reprodutível. Entretanto, a pressão aplicada não era medida.

No nosso meio, Oliveira et al. (2001), estudaram a regeneração do nervo ciático após lesões por esmagamento com cargas controladas de 100 g, 500 g e 15.000 g, numa máquina de ensaios. Avaliaram os resultados por meio da análise das impressões da marcha (Índice Funcional do Ciático) e da morfometria dos nervos e demonstraram que a recuperação funcional e morfológica foram proporcionais à gravidade da lesão.

Em todas as investigações conduzidas no grupo de estudos dos nervos do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da FMRP e relatadas acima, ficou claro que havia estreita relação entre os dados obtidos na análise dos índices funcionais com aqueles obtidos nos estudos morfométricos do nervo ciático e seus ramos. Entretanto, em todas as investigações ficou patente que a marcação dos parâmetros predeterminados nas impressões das pegadas nem sempre é fácil, sendo as dificuldades maiores nas impressões obtidas nas primeiras semanas após a lesão e diminuindo progressivamente à medida que ocorria a recuperação funcional, quando as impressões das pegadas se tornavam mais claras e melhor definidas. De modo geral, as impressões obtidas na primeira e na segunda semana mal permitiam definir a pegada, sendo muito difícil fazer a marcação dos parâmetros, fato responsável por grande variação nos valores iniciais do SFI medidos por um mesmo pesquisador ou por pesquisadores diferentes, a ponto de lançar dúvida sobre a reprodutibilidade e confiabilidade do método nesse período.

2 OBJETIVO

Foi, então, o objetivo do presente trabalho realizar uma análise da reprodutibilidade entre examinadores do método de avaliação do Índice Funcional do Ciático (IFC), medido por um novo programa de computação desenvolvido para este fim.

---

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 Animais e grupos experimentais

O trabalho experimental foi desenvolvido no Laboratório de Bioengenharia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Foram utilizados 20 ratos machos adultos da linhagem Wistar, com peso corporal variando entre 300 e 350 gramas, fornecidos pelo Biotério Central da Prefeitura do Campus da USP de Ribeirão Preto, e mantidos em gaiolas coletivas, com cinco animais em cada uma, com dieta a base de ração-padrão do biotério e água a vontade.

Os 20 ratos foram submetidos à lesão por esmagamento.

- Foram obtidas as impressões das pegadas, semanalmente até 60 dias, totalizando 9 semanas.
- As mesmas pegadas (180) foram examinadas por 4 examinadores diferentes.

3.2 Anestesia e procedimento cirúrgico

Os ratos foram inicialmente pesados, para cálculo da dose de anestésico, e colocados na passarela de marcha para aprendizado. Tão logo tivessem aprendido a caminhar na passarela, foi realizado o registro, pré-operatória da impressão das pegadas das patas traseiras, que serviu para a medida do índice funcional do ciático normal. Posteriormente, foram identificados e anestesiados com uma associação de quetamina 5% (Dopalen®) com xilazina 2% (Rompun®), na proporção 1:4, respectivamente, aplicando-se 0,13 ml para cada 100 g de peso corporal. Foi feita, então, a tricotomia da face lateral da coxa direita do animal.

O nervo ciático foi abordado através de uma incisão cutânea longitudinal retilínea, na face lateral da coxa, indo desde o trocanter maior até o joelho (Figura 3). O nervo ciático , então, foi esmagado, utilizando-se para isso uma pinça, especialmente confeccionada para este fim, capaz de produzir uma carga estática de 5kgf. (Figura 4)

Após o esmagamento, o nervo ciático foi cuidadosamente destacado do acessório e deixado em seu trajeto de origem. Os músculos e a pele foram suturados com pontos simples de fio monofilamento de nylon 5/0 (Ethicon®).

Figura 3 : Procedimento cirúrgico: abordagem do nervo ciático.

Figura 4: Esmagamento do nervo ciático.

3.2.1 Pinça esmagadora

Foi desenvolvida uma pinça esmagadora (Figura 5), confeccionada em aço inox com objetivo de agilizar e simplificar o procedimento cirúrgico.

As duas hastes (2) são articuladas pelo pino de articulação (7). A mola (5) previamente calibrada é interposta às duas hastes articuladas. O parafuso de calibração é acionado até atingir a força desejada e, posteriormente, fixado pela porca trava (4) para manter a força constante. O sistema é acionado através de uma força de compressão aplicada (utilizando o polegar e o dedo indicador) nas bases de afastamento (6), que realiza o afastamento da base de lesão (1) e possibilita o posicionamento do nervo. Após o posicionamento a força é retirada e o nervo esmagado. A base da lesão (1) é a referência para que a força seja mantida constante.

Figura 5: Representação esquemática da pinça esmagadora. Base de lesão (1); haste da pinça (2); parafuso de calibração (3); porca trava (4); mola aplicadora de força; (5); base de afastamento (6); pino de articulação (7).

A pinça foi calibrada utilizando uma célula de carga, Kratos®, com capacidade de 50kgf e um indicador digital Kratos®, modelo IKE-01 e de acordo com a teoria das alavancas (Figura 6), a Força resultante (F_R) é o dobro da Força da mola (F_M) (Equações 01, 02 e 03).

Figura 6: Esquema da Pinça de esmagamento. Força resultante (F_R), força da mola (F_M).

$$F_R \times 15 = F_M \times 30 \quad (01)$$

$$F_R = \frac{F_M \times 30}{15} \quad (02)$$

$$F_R = 2 \times F_M \quad (03)$$

Portanto, para a calibração de 5kgf (carga de esmagamento) foi aplicada uma força na mola até atingir uma força de 2,5kgf e então acionado o parafuso de calibração e a porca trava para manter a força resultante constante de 5kgf.

A calibração foi aferida várias vezes durante a execução do experimento.

3.3 Análise funcional da marcha

A análise funcional da marcha foi realizada segundo o método de Bain, Mackinnon e Hunter (1989). As impressões da marcha foram obtidas pelo método de Lowdon, Seaber e Urbaniak (1988), em tiras de papel impregnado com azul de bromofenol.

3.3.1 Impressão das pegadas

Inicialmente foi preparada a solução de azul de bromofenol, diluindo-se a forma anidra desse sal (Sigma®) a 1% em acetona absoluta. Folhas de papel sulfite foram mergulhadas nessa solução e deixadas para secar, permanecendo na cor laranja. Depois de escorridas e secas, as folhas foram cortadas em tiras de 43 cm de comprimento e 8,7 cm de largura (as

mesmas dimensões da passarela), envolvidas em filme plástico e estocadas em local seco e escuro, para não entrarem em contato com umidade.

Na fase pré-operatório, os animais aprenderam a caminhar (Figura 7) na passarela de madeira disponível para esse fim, fechada nas laterais e dotada de uma casinhola no final, para servir de abrigo, e confeccionada conforme modelo de De Medinaceli, Freed e Wyatt (1982). Depois de aprenderem a caminhar na passarela, foram colhidas as impressões das pegadas da marcha normal dos ratos. No período pós-operatório, as impressões foram colhidas a intervalos semanais, até completar 60 dias e foram analisadas por 4 pessoas diferentes. Para a obtenção das impressões das pegadas, as patas traseiras dos animais foram embebidas com detergente comum; desse modo, a umidade das patas tornava as impressões na cor azul escuro. As tiras de papel com as impressões das pegadas foram deixadas secar, guardadas em filme plástico para evitar umidade e posteriormente analisadas, com o auxílio do programa de computador especialmente desenvolvido para esse fim, no Laboratório de Bioengenharia da FMRP (SELLI, 1998) e modificado por Iamazita (2004)* (Figuras 8 e 9).

---

* Dados no Laboratório de Bioengenharia do DBMRAL-FMRP e ainda não publicados.

Figura 7- Registro das pegadas na passarela. Vista geral da passarela (A). Pegadas registradas (B).

As impressões das pegadas foram digitalizadas com um *scanner* e introduzidas no programa de computador, que permitiu a identificação, análise das imagens segundo os parâmetros previamente selecionados e armazenagem dos dados. A avaliação do IFC foi realizada por um pesquisador que já dominava a técnica e ensinada para os outros três voluntários, que não tinham nenhum conhecimento prévio e nenhuma relação com a presente investigação, mas que dominavam o uso de computador pessoal e do *mouse*.

Uma vez instalada a impressão da pegada no programa, os parâmetros analisados foram medidos simplesmente clicando o cursor do *mouse* nos pontos correspondentes a cada parâmetro, na sequência pré-determinada. Os parâmetros medidos foram o comprimento da pegada (PL, ou *print length*), a abertura total dos dedos, do 1° ao 5° (TS, ou *total spread of toes*) e a abertura dos dedos intermediários, do 2° ao 3° (IT, ou *intermediate toes*), como

sugerido por Bain, Mackinnon e Hunter (1989). Uma vez registrados os parâmetros, o programa calculou automaticamente o valor do Índice Funcional do Ciático (IFC), que também automaticamente armazenou em arquivo, de forma a possibilitar a análise das curvas de regeneração em função do tempo (Figura 8 e 9).

O IFC é um índice negativo, ou seja, o normal é igual a zero (0), significando ausência de disfunção do nervo, enquanto que a disfunção total é igual a menos cem (−100), de modo que, quanto mais próximo de zero, melhor a função.

Figura 8 - Visualização do programa utilizado, Selli (1998).

Figura 9 - Visualização do programa utilizado, modificado por Iamazita (2004).

3.4 Análise Estatística

Para a realização da análise estatística dos dados utilizou-se o modelo de efeitos aleatórios (SNEDECOR; COCHRAN, 1980). Primeiramente, procurou-se validar o método de avaliação, comparando-se a variação das medidas obtidas entre os ratos, para cada um dos examinadores, com a variação observada para cada rato dentre os examinadores, por meio do teste F, em cada semana do período total de observação de oito semanas (nove avaliações, incluindo a pré-operatória). Se as medidas de um mesmo rato, para os quatro examinadores, fossem homogêneas, então o método foi considerado eficiente para avaliar a recuperação da lesão. Para complementar esse estudo, calculou-se o coeficiente de correlação intra-classe, o qual mede a intensidade de reprodução de resultados homogêneos; quanto mais próximo da unidade, mais eficiente é o método.

---

4 RESULTADOS

4.1 Generalidades

Os animais toleraram bem a anestesia e o procedimento cirúrgico. De início, os animais não se apoiavam sobre a pata operada, apresentando o pé caído e os dedos em completa adução, como resultado da grave disfunção do nervo ciático. Eles gradualmente recuperaram a capacidade de fazer apoio sobre o membro operado e espalhar os dedos.

4.2 Análise Funcional da Marcha (IFC)

Foram avaliadas 180 (9 x 20) impressões de pegadas, totalizando 720 (4 x 180) avaliações. Na avaliação inicial, semana pré-operatória, o valor médio do IFC medido pelos quatro examinadores nos 20 animais foi de $-5,72$ (variação: $-6,84$ a $-3,45$) (Figura 10). As diferenças entre os examinadores não foram significantes no período pré-operatório porém, as medidas correlacionaram entre si, de maneira altamente significativa ($p_F < 0,01$) e o coeficiente de correlação intra-classes (r) foi de $0,84$, indicando alta reprodutibilidade do método para os animais intactos. (Tabela 1).

Na primeira semana pós-operatória (figura 11), o valor médio do IFC foi de $-78,88$ (variação: $-93,91$ a $-61,55$), passando a $-77,9$ (variação: $-96,22$ a $-62,9$) na segunda (Figura 12), $-33,72$ (variação: $-35,47$ a $-31,89$) na terceira (Figura 13), $-25,5$ (variação: $-26,68$ a $-24,88$) na quarta (Figura 14), $-21,86$ (variação: $-22,4$ a $-21,22$) na quinta (Figura 15), $-19,79$ (variação: $-22,8$ a $-19,19$) na sexta (Figura 16), $-13,7$ (variação: $-14,36$ a $-13,09$) na sétima (Figura 17), e $-11,46$ (variação: $-11,86$ a $-10,94$) na oitava (Figura 18).

As diferenças entre os valores medidos pelos examinadores individualmente foram significantes na primeira e na segunda semanas pós operatória, e as medidas não correlacionaram entre si ($p_F=0,24$ e $p_F=0,32$, respectivamente), mas não mais em nenhuma das semanas subseqüentes ($p_F<0,01$). (Tabela 1).

O coeficiente de correlação intra-classes foi de 0,06 e 0,04 nas duas primeiras semanas pós-operatória, demonstrando baixa correlação entre os valores medidos pelos examinadores. Já nas semanas subseqüentes variou de 0,74 a 0,89, demonstrando maior homogeneidade entre as medidas (Tabela 1), (Figura 20).

A análise funcional da marcha avaliada pelos 4 examinadores mostrou-se reprodutível na semana inicial, (pré-operatória), 3^a, 4^a, 5^a, 6^a, 7^a, 8^a semanas respectivamente porém na 1^a e 2^a semana não houve reprodutibilidade, acreditamos que seja pelo fato das pegadas nestas semanas estarem ruins, pois os ratos pisavam inadequadamente devido à gravidade da lesão neste período (Figura 19).

Tabela 1- Valores de p do Teste F (p_F), coeficiente de correlação Intra-classe (r).

Tempo	p_F	r
inicial (pré-operatória)	<0,01	0,84
1^a semana	0,24	0,06
2^a semana	0,32	0,04
3^a semana	<0,01	0,88
4^a semana	<0,01	0,88
5^a semana	<0,01	0,82
6^a semana	<0,01	0,74
7^a semana	<0,01	0,82
8^a semana	<0,01	0,89

Figura 10 – IFC avaliado pelos 4 examinadores na semana inicial (Pré-operatória).

Figura 11 – IFC avaliado pelos 4 examinadores na primeira semana (pós-operatória.)

Figura 12 – IFC avaliado pelos 4 examinadores na 2ª semana (pós-operatória).

Figura 13 – IFC avaliado pelos 4 examinadores na 3ª semana (pós-operatória).

Figura 14 – IFC avaliado pelos 4 examinadores na 4ª semana (pós-operatória).

Figura 15 – IFC avaliado pelos 4 examinadores na 5ª semana (pós-operatória).

Figura 16 – IFC avaliado pelos 4 examinadores na 6ª semana (pós-operatória).

Figura 17 – IFC avaliado pelos 4 examinadores na 7ª semana (pós-operatória).

Figura 18 – IFC avaliado pelos 4 examinadores na 8ª semana (pós-operatória).

Figura 19: Médias da avaliação semanal do IFC avaliados pelos 4 examinadores, na semana inicial (pré-operatória) e nas oito semanas pós-operatórias.

Figura 20 – Coeficiente de correlação intra-classe obtido semanalmente, na semana inicial (pré-operatória) e nas oito semanas pós-operatórias.

5 DISCUSSÃO

A regeneração de nervos observada em estudos experimentais apresenta aspectos controversos, porque nem sempre é possível estabelecer uma relação clara entre os resultados obtidos por diferentes métodos numa mesma investigação, nem entre os resultados obtidos por um mesmo método, empregado em investigações diferentes ou conduzidas por autores diferentes. A maioria dos estudos sobre a regeneração dos nervos emprega métodos histomorfométricos e eletrofisiológicos, os quais, embora essenciais, não adiantam nenhuma informação sobre a recuperação funcional correspondente, o que seria do maior interesse. Avaliações funcionais são muito difíceis em animais, por motivos óbvios, mas De Medinaceli e colaboradores, introduziram o método do IFC de ratos, modificado por outros autores (CARLTON; GOLBERG, 1986; BAIN; MACKINNON; HUNTER, 1989), que permite avaliar satisfatoriamente a recuperação do nervo ciático lesado em função do tempo. Estudos anteriormente conduzidos pelo nosso grupo mostraram haver clara correlação entre a regeneração morfológica, avaliada pela morfometria dos nervos, e a recuperação funcional, medida pelo IFC (OLIVEIRA et al., 2001; MENDONÇA; BARBIERI; MAZZER, 2003; DE SÁ et al., 2003; MONTE RASO et al., 2005).

Apesar dos empecilhos, o método do IFC parece ser ainda o mais versátil, pois é de fácil aplicação e de custo baixo em relação a outros métodos propostos, prováveis motivos de sua mais ampla aplicação. Brown et al. (1991), realizaram um estudo da confiabilidade do método do IFC, em que quatro examinadores analisaram as medidas em seqüências diferentes e em três ocasiões diferentes, concluindo que se trata de um bom método não invasivo. Basso, Beattie e Bresnahan (1995), desenvolveram uma escala de avaliação qualitativa (BBB) para avaliar a recuperação após lesão medular. Os animais portadores dessas lesões eram deixados livres para caminhar em uma arena, sendo alguns parâmetros utilizados para a qualificação do

---

grau de lesão e da recuperação dos movimentos, apesar disso não se trata de um método quantitativo, como o IFC. Entretanto, já foi demonstrada alta correlação entre o método do IFC e o BBB (SOUZA; DA SILVA; DEL BEL, 2004). Varejão et al. (2003), desenvolveram um método cinemático quantitativo de avaliação da regeneração nervosa, baseado na medida de um ângulo do pé do animal (TOA, de *toe-out-angle*); usando como pontos de referência o calcâneo, quinto dedo e terceiro dedo, avaliados através de análises computadorizadas. Segundo os autores, este método teve boa correlação com o IFC, mas é de difícil aplicação. Bervar (2000), comparou um método de avaliação por vídeo-análise com o IFC e também encontrou correlação positiva entre ambos, concluindo, todavia, que o método de vídeo-análise oferece a vantagem de disponibilizar imagens digitalizadas.

Apesar da confiabilidade do método do IFC, em todos os nossos trabalhos anteriores ficou patente a dificuldade de avaliação nas primeiras semanas após a produção da lesão do nervo ciático, porque as impressões das pegadas eram invariavelmente de má qualidade, visto que a paralisia imposta ao membro do animal impedia a pisada bem marcada. Com a regeneração subsequente do nervo e a recuperação funcional do animal, as pegadas tornavam-se mais claras, permitindo a marcação mais adequada dos pontos-chave das pegadas. As dificuldades observadas, então, nas semanas iniciais após a produção da lesão lançaram dúvidas sobre a fidelidade do método nessa fase, motivo da presente investigação.

A metodologia empregada aqui seguiu a mesma linha dos trabalhos anteriores, com o modelo da lesão por esmagamento do nervo ciático, que apresenta a vantagem de preservar, pelo menos em parte, o arcabouço do nervo e não requerer treinamento específico nem técnicas e materiais de reparo, como no caso da secção seguida de sutura (DE MEDINACELI; FREED; WYATT, 1982; DE MEDINACELI; DERENZO; WYATT, 1984; MENDONÇA; BARBIERI; MAZZER, 2003; MONTE RASO et al., 2005) .

A lesão por esmagamento foi produzida em todos os animais com um pinça especialmente confeccionada para esse fim, calibrada regularmente com uma célula de carga; assim, sua aplicação era controlada e a lesão produzida, mais homogênea, semelhante ao que já havia sido obtido nos nossos trabalhos anteriores, com o uso de uma máquina universal de ensaio, e bem diferente dos métodos descritos por outros autores, com pinças hemostáticas ou de relojoeiro (BRIDGE et al., 1994). Além disso, as lesões foram produzidas sempre pelo mesmo pesquisador, que foi também o primeiro examinador, por ser o mais experiente com o método. Dos outros três examinadores, um já dominava o método, mas os dois restantes não, apesar de terem ampla vivência com o uso de computadores. Para esses, o método foi exhaustivamente explicado e a rotina do exame foi demonstrada várias vezes, até que se sentissem seguros para realizá-lo. Além disso, os exames por eles realizados foram observados pelo mais experiente, sem interferência deste, nem mesmo quando um deles incidiu em erro que alterou a média de suas medidas, na sexta semana, causando queda no índice de correlação interexaminadores.

Dentro do rigor da investigação, os resultados obtidos foram altamente confiáveis e confirmaram a suspeita de que a má qualidade das pegadas das duas primeiras semanas praticamente tornava impossível uma avaliação adequada. Tal fato foi evidenciado pela ausência de correlação intra-classe nessa fase, com índices próximo de zero (0,06 e 0,04), muito abaixo dos que se observaram a partir da terceira semana (acima de 0,82). No período pré-operatório, bem como a partir da terceira semana pós-operatória, com a melhor qualidade das pegadas, as avaliações tornaram-se mais fáceis e os valores das medidas, mais homogêneos. Também, a variabilidade entre ratos não diferiu da variabilidade entre examinadores nas duas primeiras semanas ($p_F=0,24$ e $0,32$, respectivamente).

6 CONCLUSÃO

Os autores concluem que o método de avaliação funcional experimental pelo Índice Funcional do Ciático, em ratos, é plenamente reprodutível e confiável quando aplicado após a segunda semana da produção de uma lesão por esmagamento do nervo.

REFERÊNCIAS¹

- BAIN, J. R.; MACKINNON, S. E.; HUNTER, R. T. Functional evaluation of complete sciatic peroneal, and posterior tibial nerve lesions in the rat. **Plastic and Reconst. Surg.**, Baltimore, v. 83, p. 129-138, 1989.
- BASSO, D. M.; BEATTIE, M. S.; BRESNAHAN, J. C. A sensitive and reliable locomotor rating scale for open field testing in rats. **J. Neurotrauma.**, New York, n. 12, p. 1-21, 1995.
- BERVAR, M. Video analysis of standing - an alternative footprint analysis to assess functional loss following injury to the rat sciatic nerve. **J. of Neuroscience Meth.**, Amsterdam, n. 102, p. 109-116, 2000.
- BRIDGE, P. M.; BALL, D. J.; MACKINNON, S. E.; NAKAO, Y.; BRANDT, K.; HUNTER, D. A.; HERTL, C. Nerve crush injuries: a model for axonotmesis. **Exp. Neurology.**, New York, v. 127, p. 284-290, 1994.
- BROWN, C. J.; EVANE, P. J.; MACKINNON, S. E.; BAIN, J. R.; MAKINO, A. P.; HUNTER, D. A.; HARE, G. Inter-and intraobserver reability of walking-track analysis used to assess sciatic nerve function in rats. **Microsurgery.**, New York, v. 12, p. 76-79, 1991.
- CARLTON, J. M.; GOLBERG, N. H. Quantitative integrated muscle function following reinnervation. **Surg. Forum.**, Chicago, n. 37, p. 611-12, 1986.
- CRAGG, B. G.; THOMAS, P. K. The conduction velocity of regenerated peripheral nerve fibres. **J. Physiol.**, Paris, v. 171, p.164-175, 1964.
- DAHLIN, L. B.; RYDEVIK, B. Pathophysiology of nerve compression. In: GELBERMAN, R. H. **Operate nerve repair and reconst.**, Philadelphia: J. B. Lippincott Company, 1991. v. 2, p. 847-863.
- DE MEDINACELI, L.; FREED, W. J.; WYATT, R. J. An index of the functional conduction of rat sciatic nerve based on measurements made from walking tracks. **Exp. Neurol.**, New York, v. 77, p. 634-643, 1982.
- DE MEDINACELI, L.; DERENZO, E.; WYATT, R. J. Rat sciatic functional index data management system with digitized input. **Comp. Biom. Res.**, New York, v. 17, p.185-192, 1984.
- DE SÁ, J. M. R.; MAZZER, N.; BARBIERI, C. H.; BARREIRA, A. A. The end-to-side peripheral nerve repair functional and morphometric study using the peroneal nerve of rats. **J. of Neuroscience Meth.**, Amsterdam, n. 136, p. 45-53, 2003.
- GUTMANN, E.; GUTMANN, L. Factors affecting recovery of sensory function after nerve lesion. **Journal Neurol. Psychiat.**, London, v. 5, p. 117-129, 1942.

---

¹ De acordo com:

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Sistema Integrado de Bibliotecas. Grupo DiTeses. **Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP:** documento eletrônico e impresso. São Paulo: SIBi-USP, 2004.

LOWDON, I. M. R.; SEABER, A. V.; URBANIAK, J. R. An improved method of recording rat tracks for measurement of the sciatic functional index of De Medinaceli. **J. Neuroscience Meth.**, Amsterdam, v. 24, p. 279-281, 1988.

MENDONÇA, A. C.; BARBIERI, C. H.; MAZZER, N. Directly applied low intensity direct electric current enhances peripheral nerve regeneration in rats. **J. of Neuroscience Meth.**, Amsterdam, n. 129, p. 183-90, 2003.

MIRA, J. C. Quantitative studies of the regeneration of rat myelinated nerve fibers: variations in the number and size of regenerating fibres after repeated localized freezings. **J. Anat.**, London, v. 129, n. 1, p. 77-93, 1979.

MONTE RASO, V. V.; BARBIERI, C. H.; MAZZER, N.; FASAN, V. S. Can therapeutic ultrasound influence the regeneration of peripheral nerves? **J. of Neuroscience Meth.**, Amsterdam, n. 142, p. 185-92, 2005.

OLIVEIRA, E. F.; MAZZER, N.; BARBIERI, C. H.; SELLI, M. Correlation between functional index and morphometry to evaluate recovery of the rat sciatic nerve following crush injury: experimental study. **J. of Reconstructive Microsurg.**, New York, v.17, n. 1, p. 69-75, 2001.

OLIVEIRA, E. F.; MAZZER, N.; BARBIERI, C. H.; DelBel, E.A. The use of muscle graft to repair a segmentary nerve defect. An experimental study using the sciatic nerve of rats as model. **J. of Neuroscience Meth.**, Amsterdam, n 133, p. 19-26, 2004.

SELLI, M. F. **Desenvolvimento de um método computadorizado para avaliação das lesões nervosas periféricas através da análise da marcha:** modelo experimental em ratos. 1998. 70f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos / Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto / Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 1998.

SNEDECOR, G. W.; COCHRAN, W. G. **Statistical methods**. 7. ed. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1980. 507 p.

SOUZA, A. S.; DA SILVA, C. A.; DEL BEL, E. A. Methodological evaluation to analyze functional recovery after sciatic nerve injury. **J. of Neurotrauma**, New York, v. 21, n. 5, p. 627-35, 2004.

SUNDERLAND, S. **Nerve and nerve injury**. 2. ed. London: Churchill Livingstone, 1985. (Clássico).

VAREJÃO, A. S. P.; CABRITA, A. M.; GEUNA, S.; PINTO, P. M.; FILIPI, V. M.; GRAMSBERGEN, A.; MEEK, M. F. Toe out angle: a functional index for the evaluation of sciatic nerve recovery in the rat model. **Exp. Neurol.**, New York, n. 183, p. 695-699, 2003.

APÊNDICES

Apêndice A – Valores e médias do IFC na semana inicial (pré-operatória).

Ratos	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3	Examinador 4
1	-8,0126	-8,7654	1,8044	-5,1801
2	-3,3693	-0,4474	-4,3544	-1,5616
3	3,8055	-1,6529	18,0095	-4,009
4	-1,9975	4,4045	8,0459	4,8
5	10,0429	11,45	19,7682	19,9613
6	-25,5384	-16,6427	-17,8105	-16,3629
7	-17,4285	-20,1728	-12,8201	-15,9749
8	-6,277	-8,4652	-5,5996	-7,9058
9	-13,9648	-15,3991	-10,2306	-17,406
10	4,1014	2,0606	19,9145	11,948
11	-13,8756	-6,9486	-8,7786	-19,0768
12	-24,8296	-30,2441	-32,7065	-28,2318
13	-19,4848	-19,2256	-13,8801	-18,3469
14	-4,6123	-3,7717	1,2429	-1,877
15	7,3566	15,6192	0,2966	21,1956
16	-12,5177	-17,9036	-20,0101	-11,801
17	6,3458	5,8977	10,7914	-2,8926
18	20,859	4,4164	11,5586	-3,2026
19	-19,8552	-21,0287	-21,064	-17,9405
20	-10,5055	-10,1369	-13,2006	-7,7211
Média	-6,48788	-6,847815	-3,451155	-6,079285

Apência B – Valores e médias do IFC na 1ª semana (pós-operatória).

Ratos	Examindor 1	Examinador 2	Examinador 3	Examinador 4
1	-84,3304	-66,2507	-72,1589	-64,6056
2	-87,3904	-83,1246	-43,9296	-47,3358
3	-82,3237	-81,3114	-62,496	-66,2086
4	-91,8905	-83,1317	-43,5153	-89,392
5	-93,8023	-85,0734	-72,1069	-83,6981
6	-96,4167	-77,4048	-73,2926	-73,1317
7	-99,105	-91,3941	-67,8199	-89,3667
8	-103,1246	-93,2589	-73,8917	-63,1921
9	-76,7984	-77,3897	-19,705	-78,5857
10	-118,074	-92,207	-70,1373	-79,1438
11	-82,6091	-74,7552	-77,0199	-77,3061
12	-91,2722	-95,2728	-73,0981	-94,0804
13	-101,0218	-95,4605	-76,2338	-93,4563
14	-86,7012	-80,9488	-57,9505	-83,485
15	-106,8821	-92,5119	-73,4344	-93,3242
16	-96,3837	-81,6864	-79,1389	-77,7493
17	-94,9634	-87,1622	-68,6296	-83,6269
18	-89,8667	-51,1887	-42,8063	-50,6761
19	-86,4461	-73,4654	-41,7715	-79,2754
20	-108,826	-81,8296	-41,9144	-88,8235
Média	-93,911415	-82,24139	-61,55253	-77,823165

Apêndice C – Valores e médias do IFC na 2ª semana (pós-operatória).

Ratos	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3	Examinador 4
1	-101,1744	-95,1574	-65,6762	-78,5968
2	-93,5819	-75,7169	-85,679	-78,6787
3	-91,5835	-85,2683	-52,0503	-76,7336
4	-98,467	-85,1685	-64,0831	-48,0816
5	-105,8522	-105,6512	-68,8798	-93,9796
6	-100,7068	-85,8764	-80,4432	-80,5138
7	-102,9326	-84,179	-50,3584	-50,657
8	-88,5226	-85,3997	-55,292	-88,833
9	-109,208	-84,3793	-85,2619	-91,4682
10	-115,8066	-101,4991	-84,6369	-84,4036
11	-90,5207	-77,3649	-49,4503	-81,3714
12	-82,739	-41,969	-30,0156	-83,6711
13	-96,6628	-57,1385	-49,467	-80,7515
14	-72,3199	-69,1366	-66,21	-66,2342
15	-102,3547	-73,0828	-67,8312	-72,424
16	-93,7167	-62,3483	-64,8465	-64,1435
17	-109,7023	-66,7498	-60,0417	-84,1575
18	-90,6636	-59,7407	-49,3789	-74,6575
19	-102,7246	-67,195	-49,3789	-73,7736
20	-75,292	-61,3663	-79,0762	-71,5358
Média	-96,226595	-76,219385	-62,902855	-76,2333

Apêndice D – Valores e médias do IFC na 3ª semana (pós-operatória).

Ratos	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3	Examinador 4
1	-30,2532	-35,7944	-20,7459	-33,9587
2	-33,4875	-28,0646	-33,9394	-27,7385
3	-64,0318	-56,8416	-58,7267	-52,6146
4	-60,0892	-51,8282	-48,9879	-55,7854
5	-53,8727	-52,7527	-54,0506	-50,6871
6	-61,536	-52,1174	-58,8168	-53,1748
7	-54,1702	-49,1993	-54,7148	-51,2543
8	-27,6305	-24,5484	-21,7649	-20,5142
9	-39,9808	-41,9408	-41,8242	-40,6308
10	-38,6465	-33,6227	-35,5366	-32,9128
11	-18,9588	-13,9211	-18,5935	-7,0854
12	-26,2469	-22,3756	-19,582	-25,9209
13	-27,495	-26,8094	-19,4982	-28,3364
14	-38,5084	-36,2438	-33,6745	-38,8508
15	-0,4686	3,23	-5,6524	-6,8851
16	-12,3875	-12,0232	-11,937	-22,3997
17	-42,7012	-40,1149	-40,9077	-43,065
18	-14,179	-22,6834	-17,8082	-17,9486
19	-48,5588	-25,6274	-74,0983	-40,3831
20	-16,3658	-14,5991	-12,0314	-16,8334
Média	-35,47842	-31,8939	-34,14455	-33,34898

Apêndice E – Valores e médias do IFC na 4ª semana (pós-operatória).

Ratos	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3	Examinador 4
1	-22,1165	-19,8159	-1,8503	-2,4376
2	-14,5062	-14,9159	-20,3139	-31,7411
3	-46,7769	-49,6614	-52,631	-48,6885
4	-16,2819	-13,1722	-8,0578	-16,862
5	-18,1447	-21,1817	-20,0173	-21,9687
6	-18,8639	-18,9385	-21,4754	-21,8136
7	-41,1634	-42,1689	-42,6832	-41,5172
8	-26,4961	-26,9448	-26,4149	-23,759
9	-29,2754	-27,7394	-32,3829	-28,7103
10	-33,585	-30,381	-31,3625	-27,785
11	-39,0821	-35,6015	-36,2408	-40,1503
12	-22,4641	-28,09	-32,241	-28,4232
13	-21,3476	-1,9293	-17,7458	-18,8662
14	-43,9713	-39,9227	-47,5728	-44,637
15	-11,1324	-8,7104	-12,9728	-1,6062
16	-38,1988	-37,3939	-32,4066	-36,5691
17	-6,3754	-13,5777	-0,9359	-8,1835
18	-27,2197	-21,0137	-23,7361	-11,075
19	-1,5341	0,0271	-5,9871	-6,8729
20	-55,1847	-46,5668	-43,5822	-36,2992
Média	-26,68601	-24,88493	-25,530515	-24,89828

Apêndice F – Valores e médias do IFC na 5ª semana(pós-operatória).

Ratos	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3	Examinador 4
1	-13,5564	-10,8651	-8,4784	-18,3725
2	-32,2231	-32,6927	-42,6127	-28,0809
3	-50,9277	-53,5829	-41,658	-60,1425
4	-33,9636	-25,1571	-27,3411	-24,2723
5	-15,541	-21,0499	0,3784	-17,7719
6	-19,4227	-18,0748	-15,539	-19,7782
7	-16,1206	-19,4415	-14,5308	-18,9174
8	-22,1017	-25,1191	-25,2026	-20,0392
9	-15,9972	-24,6951	-23,3829	-12,7004
10	-21,1876	-22,1782	-10,2335	-20,7585
11	-28,5648	-30,4868	-34,9721	-30,4982
12	-18,0847	-18,8272	-21,2312	-10,227
13	-1,2584	1,3306	0,4469	-2,1164
14	-25,8019	-34,5678	-32,2358	-32,2614
15	-20,4082	-12,1889	-4,4446	-24,1118
16	-37,8147	-35,7103	-39,1304	-32,3535
17	-19,3647	-15,094	-26,5445	-21,6593
18	-20,5529	-21,285	-19,578	-21,8053
19	-14,5548	-2,1033	-9,712	1,6539
20	-20,7068	-22,7501	-28,4034	-17,9094
Média	-22,407675	-22,22696	-21,220285	-21,60611

Apêndice G – Valores e médias do IFC na 6ª semana (pós-operatória).

Ratos	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3	Examinador 4
1	-66,3001	-32,5495	-30,8876	-32,832
2	-42,4634	-32,502	-38,2962	-33,4305
3	-40,132	-8,7905	-10,4199	-28,0673
4	-38,9837	-29,0132	-32,2851	-27,3246
5	-10,1083	-12,6234	-9,0734	-11,7621
6	-14,081	-18,239	-8,159	-15,1992
7	-36,9577	-28,6529	-33,3314	-28,135
8	-18,1157	-20,119	-21,3165	-19,3479
9	-18,6306	-22,2417	-16,6656	-21,3727
10	-15,8021	-20,3936	-25,1464	-15,0249
11	-24,8009	-27,1272	-34,0313	-21,1598
12	-9,8369	-9,1603	-9,9942	-18,0217
13	-22,5984	-28,7305	-28,689	-26,7207
14	-22,5847	-18,0776	-30,9654	-28,1018
15	-20,6188	-20,2664	-12,7936	-17,0149
16	-16,6822	-19,978	-20,2926	-21,0555
17	-0,0415	-5,6829	-7,2622	-11,4157
18	-5,0375	-4,7417	-6,0783	4,136
19	-19,3033	-7,8045	-3,2027	-0,9421
20	-12,9297	-17,1543	-11,0572	-13,5455
Média	-22,800425	-19,19241	-19,49738	-19,316895

Apêndice H – Valores e médias do IFC na 7ª semana (pós-operatória).

Ratos	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3	Examinador 4
1	-9,8909	-10,6287	-12,7851	-15,6323
2	-41,6928	-35,0987	-39,0507	-40,5385
3	-20,2053	-25,2888	-1,4695	-21,3681
4	-17,8942	-18,4798	-28,6472	-21,615
5	-7,3268	-13,1976	-14,1001	-7,6006
6	-18,1425	-22,8822	-23,2151	-24,9958
7	-18,8051	-13,5971	-13,0292	-5,9453
8	-5,9175	-7,9909	-17,67	-11,1218
9	-11,7201	-10,1983	-10,5656	-9,5709
10	-33,2462	-32,5896	-27,5063	-28,5498
11	-8,3046	-11,1634	-22,7543	-7,5298
12	-1,8234	-5,1814	-9,1348	-10,4427
13	18,604	19,1968	15,1541	28,0011
14	-33,9122	-27,5315	-24,8681	-27,1592
15	-0,8571	5,0215	13,3838	14,8606
16	-10,1654	-14,8469	-19,098	-11,7211
17	-9,3823	-8,3362	-1,8121	-10,4776
18	-11,9197	-13,1749	-18,0224	-6,3564
19	-12,4496	-20,3682	10,4956	-19,1119
20	-26,1284	-20,9695	-29,447	-24,9459
Média	-14,059005	-14,36527	-13,7071	-13,09105

Apêndice I – Valores e médias do IFC na 8ª semana (pós-operatória).

Ratos	Examinador 1	Examinador 2	Examinador 3	Examinador 4
1	-16,922	-20,09	-14,867	-23,2061
2	-11,5459	-26,9091	-19,7489	-12,8176
3	-19,111	-24,5111	-5,3764	-18,4184
4	-11,7175	-3,4205	-14,8094	-14,6935
5	-20,8553	-26,6995	-20,9559	-20,2608
6	-17,1659	-19,6348	-18,4179	-18,1254
7	-25,7067	-22,8637	-20,5742	-33,3378
8	-27,0044	-24,5753	-30,6536	-25,8944
9	-19,9723	-21,9148	-21,0371	-26,3345
10	-7,6202	-4,0022	-7,4728	-0,3804
11	-1,4874	-6,9588	-3,3147	1,4267
12	-4,8862	-6,5184	-7,3833	-5,0604
13	-8,9923	-7,7312	-14,8445	-18,0359
14	-2,4664	-1,5344	-3,7477	-12,5155
15	-3,9122	-7,6319	-10,0828	3,0454
16	-25,3821	-22,1156	-21,5791	-17,7634
17	-1,937	-8,5643	-1,9017	-5,8984
18	3,5546	1,7278	-8,3284	-5,3793
19	-21,117	-20,9882	-21,7443	-15,2704
20	25,2769	37,5693	36,0414	38,9206
Média	-10,948515	-11,868335	-11,539915	-11,499975

ANEXOS

Anexo A – Protocolo de autorização pela Comissão de Ética em Experimentação Animal.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO
"CAMPUS" DE RIBEIRÃO PRETO
TELEFONE: PABX 602.3000 – FAX: (0XX16) 633.1586
14049-900 – RIBEIRÃO PRETO – ESTADO DE SÃO PAULO

Folha de Informação rubricada sob Nº .....
do processo Nº .....(a) .....

Interessada: VANESSA VILELA MONTE RASO

Orientador: Prof. Dr. CLÁUDIO HENRIQUE BARBIERI

Assunto: Re-avaliação do projeto de pesquisa: *"Análise funcional da marcha nas lesões por esmagamento do nervo ciático de ratos. Avaliação da confiabilidade entre examinadores e grupos."*

INFORMAÇÃO

A Comissão de Ética em Experimentação Animal, em sua 7ª Reunião Ordinária, realizada em 1º de setembro de 2003, aprovou, por unanimidade, os procedimentos de uso animal em experimentação, no citado projeto acima.

Ribeirão Preto, 02 de setembro de 2003.

Gilson Thomazine
Gilson Thomazine

Secretário da Comissão de Ética em
Experimentação Animal

Anexo B – Protocolo de recebimento do artigo científico

Acta Ortopédica Brasileira

ISSN 1413-7852

Órgão oficial do Departamento de Ortopedia e Traumatologia
da Associação Paulista de Medicina Sociedade Brasileira de
Ortopedia e Traumatologia (SBOT) - Regional de São Paulo

Indexada na Biblioteca Brasileira de Medicina,
no LILACS - Index Medicus Latino Americano
e no SciELO do Brasil - Scientific Library On-Line

EDITOR:

Tarcísio E. P. Barros Filho

CORPO EDITORIAL:

Akira Ishida
Alberto Tesconi Croci
Antonio Carlos Fernandes
Arnaldo José Hernandez
Arnaldo Valdir Zumiotti
Carlos Roberto Schwartzmann
Cláudio Henrique Barbieri
Cláudio Santili
Cleber Antonio Jansen Pacolla
Edgard dos Santos Pereira
Edie Benedito Caetano
Eduardo Barros Puertas
Emerson Kiyoshi Honda
Fernando Baldy dos Reis
Fernando Gomes Tavares
Flávio Faloppa
Gilberto Luis Camanho
Gildasio de Cerqueira Daltro
Gottfried Köberle
Hamilton da Rosa Pereira
Hélio Jorge Alvachian Fernandes
Jorge dos Santos Silva
José Batista Volpon
Kodi Edson Kojima
Luiz Aurelio Mestriner
Luiz Roberto Vialle
Marcelo Tomanik Mercadante
Marco Martins Amatuzy
Olavo Pires de Camargo
Osmar Pedro Arbix Camargo
Patrícia M. de Moraes Barros Fucs
Pedro Péricles Ribeiro Baptista
Ricardo Dizioli Navarro
Roberto Sérgio de Tavares Canto
Ronaldo Jorge Aze
Sergio Afonso Hennemann
Sergio Eduardo Vianna
Sérgio Luiz Checchia
Túlio Diniz Fernandes
Walter Manna Albertoni

Departamento de Ortopedia e Traumatologia da APM
Regional de São Paulo da SBOT. Distribuído em 2005/2006

Presidente: Edgard dos Santos Pereira
Vice-Presidente: Fernando Baldy dos Reis
1º Secretário: Kodi Edson Kojima
2º Secretário: Fernando Gomes Tavares
1º Tesoureiro: Túlio Diniz Fernandes
2º Tesoureiro: Edison Noburo Fujiki

LOGOTIPO CRIAÇÃO

Caio Augusto de Souza Nery

Publicação editada por

Atha Comunicação & Editora

e-mail: 1atha@uol.com.br

Criação, Diagramação e Produção Gráfica
Rua Machado Bittencourt, 190 - 4º andar - Conj. 410
Cep: 04044-000 - São Paulo - SP
Tel: (11) 5087-9502 - Fax: (11) 5579-5308

Revista Acta Ortopédica Brasileira

PROTOCOLO DE RECEBIMENTO

São Paulo, 9 de agosto de 2004

Número de Registro: 256

Att.: Vanessa Vilela Monte-Raso

**REF.: ÍNDICE FUNCIONAL DO CIÁTICO NAS LESÕES POR
ESMAGAMENTO DO NERVO CIÁTICO DE RATOS.
AVALIAÇÃO DA REPRODUTIBILIDADE DO MÉTODO ENTRE
EXAMINADORES.**

Prezado doutor,

Acusamos o recebimento do artigo científico acima referido.
Encontra-se em análise pelo corpo editorial, e tão logo possível
será encaminhado aos autores com o parecer.
Sendo só para o momento e certos de podermos contar com
V.Sas., subscrevemo-nos.

Atenciosamente

Corpo Editorial

Atha Comunicação e Editora