

AVALIAÇÃO FUNCIONAL E HISTOLÓGICA DA OXIGENOTERAPIA HIPERBÁRICA EM RATOS COM LESÃO MEDULAR

FUNCTIONAL AND HISTOLOGIC EVALUATION OF HYPERBARIC OXYGEN THERAPY IN RATS WITH SPINAL CORD INJURY

PAULO EDUARDO DE CARVALHO GALVÃO, ALEXANDRE FOGAÇA CRISTANTE, HENRIQUE MENNUCCI DE HAIDAR JORGE, MARCELO LOQUETTE DAMASCENO, RAPHAEL MARTUS MARCON, REGINALDO PERILLO OLIVEIRA, TARCÍSIO ELOY PESSOA DE BARROS FILHO

RESUMO

Objetivos: Avaliar a eficácia da aplicação da oxigenoterapia hiperbárica em ratos Wistar, com lesão medular contusa produzida por equipamento computadorizado para impacto por queda de peso, NYU Impactor. **Métodos:** Avaliaram-se 17 ratos machos com peso variando de 265 a 426 g; realizaram-se impactos com peso de 10 g de uma altura pré-determinada de 12,5 mm ao nível da décima vértebra torácica, após realização de laminectomia prévia. Os ratos foram divididos aleatoriamente em grupo controle e grupo oxigênio hiperbárico. Este último, submetido à tratamento com oxigenoterapia em câmara hiperbárica, durante uma hora diária por um período de 30 dias. A avaliação da recuperação locomotora foi realizada no 2º, 9º, 16º, 23º e 30º dia pós-operatório, avaliados através de escala funcional e o sítio de lesão submetido à exame anatomopatológico. **Resultados:** Demonstrou-se melhora da recuperação locomotora nos ratos tratados com oxigênio hiperbárico nas fases iniciais de avaliação mas no final da avaliação não havia diferença estatisticamente significativa entre ambos grupos. O exame anatomopatológico comprovou as alterações estruturais da medula espinal nos dois grupos. **Conclusão:** A lesão medular leve provocada nos ratos evoluiu de maneira diferente no grupo da oxigenoterapia hiperbárica comparativamente ao grupo controle, na fase inicial.

Descritores: Oxigenação hiperbárica. Traumatismos da medular. Ratos Wistar.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effectiveness of the application of hyperbaric oxygen therapy in Wistar rats with spinal cord contusion produced using computerized equipment to create impact by a falling weight, NYU Impactor. **Methods:** We evaluated 17 male rats with weights ranging from 265 to 426 g; impacts were performed with a weight of 10 g from a pre-determined height of 12.5 mm, at the tenth thoracic vertebra, after completion of prior laminectomy. The rats were randomly divided into a control group and a group treated with hyperbaric oxygen. The latter, was treated with oxygen therapy in a hyperbaric chamber for one hour daily for a period of 30 days. The assessment of locomotor recovery was conducted on the 2nd, 9th, 16th, 23rd and 30th postoperative days, measured by the functional scale and the site of injury submitted to anatomopathological examination. **Results:** Improved locomotor recovery was demonstrated in the rats treated with hyperbaric oxygen in the initial stages of the evaluation, but at the end of the evaluation there was no statistically significant difference between the two groups. The anatomopathological examination showed structural changes of the spinal cord in both groups. **Conclusion:** Spinal cord injury in rats evolved differently in the hyperbaric oxygen therapy group compared with the control group, in the initial phase.

Keywords: Hyperbaric oxygenation. Spinal cord injury. Rats, Wistar.

Citação: Galvão PE, Cristante AF, Haidar Jorge HM, Damasceno ML, Marcon RM, Oliveira RP, et al. Avaliação funcional e histológica da oxigenoterapia hiperbárica em ratos com lesão medular. Acta Ortop Bras. [online]. 2011;19(1):10-6. Disponível em URL: <http://www.scielo.br/aob>.

Citation: Galvão PE, Cristante AF, Jorge HM, Damasceno ML, Marcon RM, Oliveira RP, et al. Functional and histologic evaluation of hyperbaric oxygen therapy in rats with spinal cord injury. Acta Ortop Bras. [online]. 2011;19(1):10-6. Available from URL: <http://www.scielo.br/aob>.

INTRODUÇÃO

A lesão medular é incapacitante, irreversível e de alto custo econômico e social. Caracteriza-se pela interrupção, parcial ou completa, das principais funções da medula espinal, ou seja, das funções

motoras, sensitivas, reflexas e por provocar distúrbios neurovegetativos dos segmentos corporais localizados abaixo do nível da lesão. Tem como causa mais frequente o traumatismo, mas também é produzida por tumores,¹ infecção ou lesão vascular.²

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

Laboratório de Investigação Médica do Sistema Músculo Esquelético – LIM41 do Departamento de Ortopedia e Traumatologia da FMUSP.

Trabalho realizado no Instituto de Ortopedia e Traumatologia

Endereço para Correspondência: Alexandre Fogaça Cristante: Rua Ovídio Pires de Campos, 333 – 3º. Andar.CEP: 05403-010 – Cerqueira César – São Paulo. Brasil.

E-mail: aacristante@uol.com.br

Artigo recebido em 17/09/09, aprovado em 23/11/09

A lesão da medula espinal ocorre em geral em pacientes jovens, é mais frequente em homens e, dessas lesões, 70% são traumáticas. As causas mais comuns são os acidentes com veículos, as quedas, os ferimentos por arma de fogo, os ferimentos por arma branca, os esportes e as atividades recreacionais.³ O mergulho em águas rasas tem especial significado pela alta prevalência em nosso país.⁴

No Brasil, a prevalência do traumatismo raquimedular encontra-se em torno de 40 casos novos/ano/milhão de habitantes, cerca de 6 a 8 mil casos novos/ano.⁵ Em comparação, no Estado de São Paulo, dados da Secretaria de Estado da Saúde do Estado de São Paulo, mostram aproximadamente 1.750 casos novos/ano e uma população atual de aproximadamente 250.000 pacientes com lesão medular no Brasil.

Nas últimas duas décadas, várias pesquisas são realizadas na tentativa de obter-se um tratamento mais efetivo para a lesão medular espinal.⁶⁻⁸ Todas essas pesquisas envolvem basicamente quatro formas de abordagem do paciente com lesão medular aguda: a cirúrgica, a farmacológica, a biológica e a por meios físicos, sendo a oxigenoterapia hiperbárica e a hipotermia suas modalidades.

A oxigenoterapia hiperbárica é uma modalidade terapêutica fundamentada na obtenção de pressões parciais elevadas de oxigênio tecidual,⁹ ao respirar-se o oxigênio puro no interior de uma câmara hiperbárica, a uma pressão superior à da atmosfera.

A lesão medular apresenta mecanismos primários ou secundários de dano à medula espinal, a lesão mecânica primária e a lesão secundária resultante de um ou mais processos bioquímicos e celulares desencadeados pela lesão primária.¹⁰ O conceito de lesão secundária foi primeiro postulado por Allen,¹¹ que propôs a existência de agentes nocivos presentes no material necrótico e hemorrágico que causam danos adicionais à medula espinal e esses agentes são fatores bioquímicos.

O objetivo desse estudo é verificar a eficácia da terapia por oxigênio hiperbárico, como tratamento isolado através de estudo experimental, controlado e randomizado, em ratos com uma contusão medular leve produzida por um equipamento computadorizado para impacto por queda de peso (*NYU Impactor*). Procura-se avaliar o efeito da terapia com oxigênio hiperbárico sobre a contusão medular, a avaliação funcional do déficit neurológico através da escala BBB,¹² e as alterações encontradas no exame anatomopatológico.

MATERIAL E MÉTODO

Avaliaram-se 17 ratos *Wistar* machos, com peso variando de 265 a 426g, oriundos do Centro de Bioterismo da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. No momento da recepção, todos os ratos foram avaliados quanto às condições gerais e à motricidade e identificados (marcação de listras pretas e vermelhas na cauda). Acondicionaram-se até cinco ratos de uma mesma ninhada por gaiola (40 x 60cm).

Optamos pelo uso de ratos da raça *Wistar* em função de sua disponibilidade em nosso meio e das menores dificuldades técnicas no manuseio desses animais. A espécie preferencial para experimentos com lesão medular deveria ser a dos primatas, mas sua utilização é limitada em função do custo elevado, pouca disponibilidade, dificuldades de manuseio e considerações éticas.¹³ O rato pode ser uma boa alternativa nestes experimentos posto que sua medula possui organização citoarquitetônica e vascularização similar ao humano.

Adotaram-se os seguintes critérios de inclusão e exclusão:

Critérios de inclusão:

- Ratos da raça *Wistar*;
- Machos adultos jovens (20 a 25 semanas de vida inclusive);
- Peso entre 250 e 450 gramas, inclusive;
- Condição geral (pelagem e estado clínico) e motricidade normal;

Critérios de exclusão:

- Óbito após lesão;
- Perda de tecido na área lesada;
- Anomalias da medula na área lesada observada macroscopicamente;
- Autofagia ou mutilação entre os animais;
- Infecção profunda após lesão;
- Infecção refratária a antibioticoterapia após lesão;
- Infecção urinária após 10 dias de tratamento com antibiótico (presença de sangue na urina);
- Ausência de controle de micção;
- Movimentação normal na primeira avaliação após lesão (21 pontos na escala BBB (BASSO, BEATTIE e BRESNAHAN) de avaliação funcional).

Formação dos grupos experimentais

Os ratos foram separados aleatoriamente (por sorteio) e formaram dois grupos:

- Grupo Controle – ratos submetidos à lesão medular leve através de um equipamento computadorizado para impacto medular por queda de peso – *NYU Impactor* (“New York University Spinal Cord Contusion System - Impactor”), sem tratamento posterior;
- Grupo Oxigênio Hiperbárico – ratos submetidos ao mesmo protocolo de lesão leve com o *NYU Impactor* e, após, submetidos ao protocolo de oxigenoterapia hiperbárica durante 30 dias (1 hora/dia).

Dos 20 ratos incluídos inicialmente, ocorreram três exclusões. Um rato do grupo Controle foi excluído por apresentar locomoção normal (21 pontos na escala BBB na primeira avaliação) após a lesão (critério de exclusão). Dois ratos do grupo Oxigênio Hiperbárico foram a óbito, um imediatamente após a lesão e o segundo entre o segundo e o nono dia após a lesão.

Previamente à lesão, anestesiaram-se os ratos com 55 a 75mg/kg de Pentobarbital intraperitoneal.

A exposição da medula para contusão controlada foi realizada com o auxílio de um microscópio cirúrgico. Após tricotomia, realizou-se uma incisão na linha média dorsal para expor os arcos posteriores da coluna vertebral, de TVIII a TXII. Descolaram-se os músculos inseridos nos processos espinhosos e nas lâminas de TIX à TXI. Expuseram-se os processos articulares destas vértebras. A hemostasia, quando necessária, foi realizada com um coagulador bipolar. Removeram-se, com um micro sacabocados, o processo espinhoso e a lâmina da vértebra TX e a metade distal do processo espinhoso da TIX até expor a medula e permitir o posicionamento da ponta da haste (punção) do *NYU Impactor*.¹⁴

Adotou-se o modelo experimental de lesão medular do MASCIS (“Multicenter Animal Spinal Cord Injury Study”) padronizado para ratos *Wistar*.^{15,16}

Decidiu-se pela produção de lesões leves através do equipamento computadorizado para impacto por queda de peso *NYU Impactor*. O teste de impacto consistiu na queda de uma

haste de impacto de 10g de peso de uma altura pré-determinada de 12,5mm entre a ponta da haste (punção) e a superfície da medula espinal em queda livre, através de um tubo guia, monitorado por computador (velocidade da haste, deformação absoluta e relativa da medula, instante de contato efetivo e tempo de contato) de maneira a reduzir os fatores de imprecisão.

O equipamento computadorizado para impacto medular por queda de peso monitorada *NYU Impactor* (Figura 1) compõe-se de:

- Dispositivo de impacto (haste de 10g a 12,5mm de altura pré-determinada para contusão leve, tubo guia e sistema de monitoração de posição, velocidade de queda, instante de contato, período de contato, deformação da coluna e deformação absoluta e relativa da medula);
- Dispositivos de interfaceamento (instrumentação);
- Microcomputador IBM-PC compatível;
- Vídeo monitor VGA;
- Placa de interface com saída paralela e temporizador.

Após a lesão, o rato foi colocado em uma superfície aquecida, não excedendo a temperatura de 38°C. Inspeccionou-se o sítio da lesão da contusão. Na presença de hemorragia realizava-se a hemostasia. Em seguida, lavou-se o sítio da contusão com solução fisiológica de cloreto de sódio a temperatura ambiente. Realizou-se a aproximação dos planos teciduais musculares e fasciais e da pele com sutura de pontos simples com fio nylon monofilamentado 2.0.

Os ratos foram submetidos a antibioticoterapia para prevenir e/ou reduzir a infecção na ferida cirúrgica nas vias urinárias. Administrou-se, subcutaneamente, 25mg/kg de cefalotina (Keflin Neutro® - Ely Lilly) imediatamente após a lesão e uma vez ao dia durante os sete dias seguintes. Naqueles que apresentassem infecção estender-se-ia o tratamento até o 10º dia e caso não surtisse efeito o rato seria submetido à eutanásia (critério de exclusão).

Utilizou-se uma câmara hiperbárica tubular com 770mm de comprimento, 180mm de diâmetro interno e altura útil de 150mm

(entre a plataforma e a parede superior) especialmente dimensionada para ratos, com paredes de acrílico transparente de 10mm de espessura. A câmara hiperbárica dispunha de uma válvula de controle na entrada, de um manômetro diferencial (kgf/cm²) (barômetro aneróide) para controle da pressão interna, de um fluxímetro na saída (l/min calibrado a 3,5kgf/cm² ou 345kPa e 21°C) e de termômetro (°C). O fluxo de oxigênio (O₂) provinha de um cilindro através de tubulação flexível (plástico). (Figura 2)

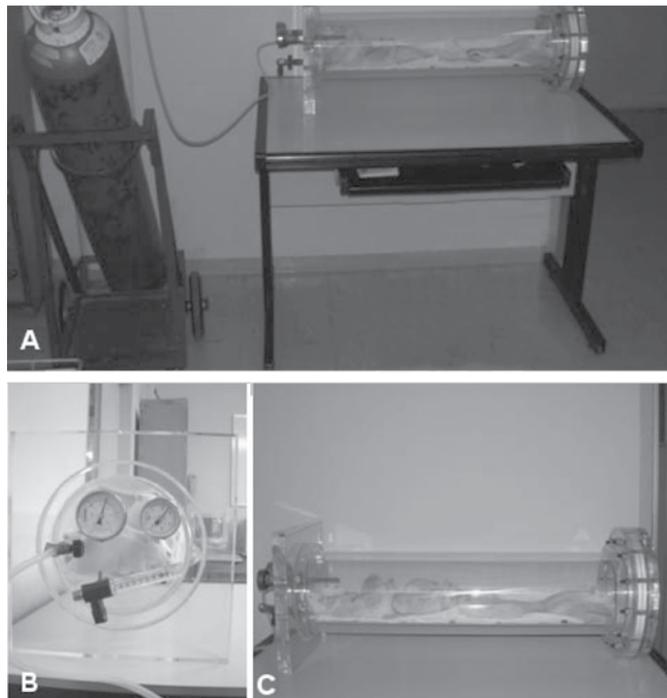


Figura 2. Câmara de oxigenoterapia hiperbárica: A) vista geral do tubo de oxigênio, circuito e câmara; B) lateral direita da câmara, válvula de entrada, manômetro diferencial, termômetro e fluxímetro de coluna; C) manutenção de até 8 ratos simultâneos (1h/dia).

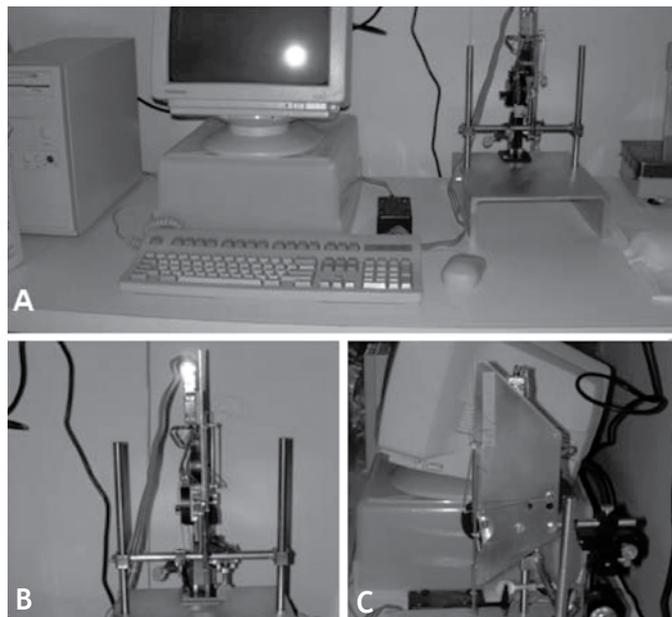


Figura 1. Equipamento computadorizado para impacto medular por queda de peso NYU Impactor. A) vista geral, CPU, vídeo monitor, teclado, dispositivo de interfaceamento, "mouse" e dispositivo de impacto; B) detalhe frontal do dispositivo de impacto; C) vista lateral do dispositivo de impacto.

A recuperação da capacidade locomotora após lesão medular foi medida pela escala BBB (BASSO; BEATTIE; BRESNAHAN) de avaliação funcional.¹²

A escala BBB de avaliação funcional baseia-se em critérios observacionais específicos, definições simples e não ambíguas dos termos e permite uma rápida e precisa descrição da performance locomotora.

Esta escala foi adotada pelas instituições que integram o MASCIS e pelo LETRAN. Decidiu-se pela avaliação visual por time treinado (dois observadores), às cegas e pela menor avaliação.

Todos os ratos dos grupos Controle e Oxigênio Hiperbárico foram avaliados no 2º, 9º, 16º, 23º e 30º dia pós-operatório.

A avaliação consistiu em colocar o rato no centro de uma caixa de observação de 80x80cm e borda com 17cm de altura forrada com um campo cirúrgico azul turquesa (escuro) para maior contraste durante o período de observação (ratos brancos, fundo azul escuro). (Figura 3)

Avaliou-se a capacidade locomotora do rato. As observações sobre o movimento das articulações da pata posterior (quadril, joelho e tornozelo), a posição do tronco, do abdome, o deslocamento da pata (balanço) e o modo de contato da pata com o solo, a coordenação, os dedos, o contato e a liberação da pata com o solo, a instabilidade do tronco e a posição relativa da

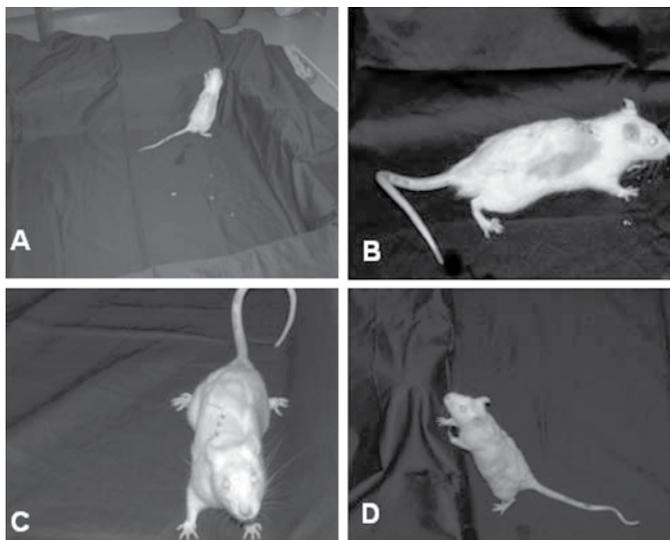


Figura 3. Determinação da capacidade locomotora após lesão pela escala BBB de avaliação funcional. A) rato posicionado na caixa forrada com campo azul para facilitar observação; B) rato em vista lateral, avaliação da movimentação do quadril, joelho e tornozelo da pata posterior direita e posição da cauda; C) avaliação da inclinação do corpo; D) rato com recuperação máxima da capacidade motora (21 pontos) após 30º dia de pós-operatório.

cauda, em relação ao lado direito e esquerdo, foram anotadas em formulário próprio.

O formulário permitiu o registro da identidade, do número de dias pós-operatório e dos comentários, e facilitou a descrição do movimento e a definição da pontuação. A escala BBB varia de 0 a 21 pontos para cada lado, esquerdo e direito.

A avaliação de cada rato foi realizada por dois observadores simultâneos, adequadamente treinados, neutros, sem conhecimento do grupo de origem do rato, de maneira a não interferir nos resultados.

Caso o rato, posicionado no centro da caixa, permanecesse imóvel por 15 a 20s, era estimulado a movimentar-se através de toques com um lápis.

A avaliação da capacidade locomotora do rato demorou de 4 a 5 minutos durante os quais anotaram-se, no respectivo formulário, as características do movimento executado.

Anotaram-se as características de consenso entre os observadores. Caso houvesse discordância, decidiu-se pela anotação da pior característica (menor pontuação).

Ao final do período de experimentação todos os ratos foram submetidos à eutanásia conforme legislação em vigor e seguindo os preceitos do Colégio Brasileiro de Experimentação Animal – COBEA;¹⁷ utilizou-se dose letal de pentobarbital por via intraperitoneal.

Para a retirada da coluna vertebral, realizou-se uma nova incisão dorsal extensa, expôs-se a coluna e cortou-se com uma tesoura um segmento dede TVIII a TXII.

Com um micro sacabocados retiraram-se cuidadosamente todas as estruturas ósseas e de partes moles adjacentes à medula até expô-la completamente.

Realizou-se uma avaliação visual macroscópica da medula no local da contusão para verificar-se qualquer anomalia (critério de exclusão). Não se encontrou nenhuma.

A seguir a medula retirada foi encaminhada em frascos, devidamente identificados, com solução de formaldeído (10%) para o Serviço de Anatomia Patológica do Instituto de Ortopedia e

Traumatologia do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

O estudo anatomopatológico consistiu de uma análise microscópica (óptica) de lâminas coradas pela hematoxilina-eosina (HE). O Serviço de Patologia avaliou e graduou (ausente, discreto, moderado e acentuado) os casos quanto a:

- Hiperemia;
- Degeneração da Substância Nervosa;
- Necrose;
- Infiltrado Celular.

Os patologistas não foram informados quanto ao grupo de origem a que pertenciam as medulas dos ratos (avaliação cega).

RESULTADOS

No 2º dia pós-operatório, o grupo não tratado com oxigenoterapia hiperbárica (grupo controle) apresentou a média de 2,4 pontos na escala BBB, enquanto o grupo tratado apresentou média de 5,9 pontos na escala. (Figura 4)

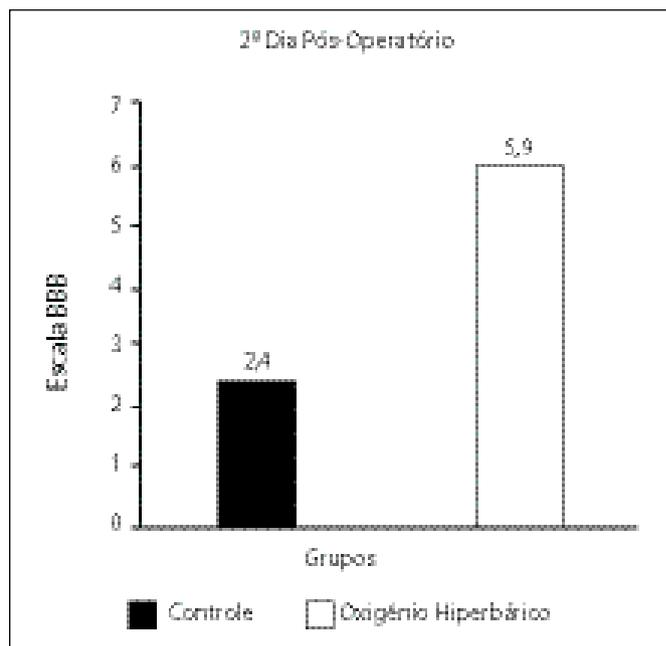


Figura 4. Avaliação da capacidade locomotora no 2º pós-operatório.

No 9º dia pós-operatório, a diferença entre os grupos diminuiu na escala de avaliação motora, com o grupo controle apresentando 9,9 pontos, e o grupo tratado com oxigenoterapia hiperbárica tendo 11,9 pontos na escala BBB. (Figura 5)

No 16º dia pós-operatório, o grupo controle com oxigenoterapia apresentava 12,6 pontos, enquanto que o grupo submetido a câmara hiperbárica apresentava 14,4 pontos na escala BBB. (Figura 6)

No 23º dia, o grupo controle apresentava 13,8 pontos, contra 15,9 do grupo que recebeu oxigenoterapia hiperbárica. (Figura 7)

Por fim, no 30º dia pós operatório, a avaliação constatou que o grupo controle apresentou 15,6 pontos na escala BBB, enquanto que o grupo tratado apresentou 17,4 pontos. (Figura 8)

Em relação à hiperemia encontrada, no grupo controle evidenciou-se que 55,6% dos ratos apresentou hiperemia em grau moderado, e 44,4% em grau acentuado, não sendo notados indivíduos com

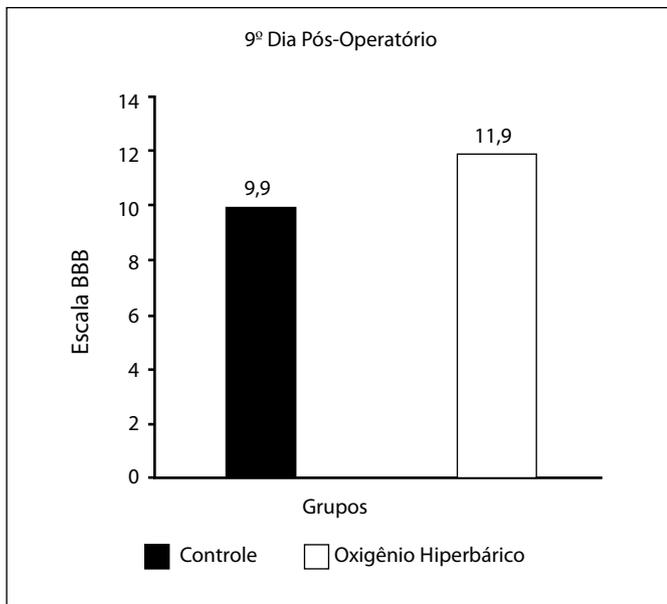


Figura 5. Avaliação da capacidade locomotora no 9º pós-operatório.

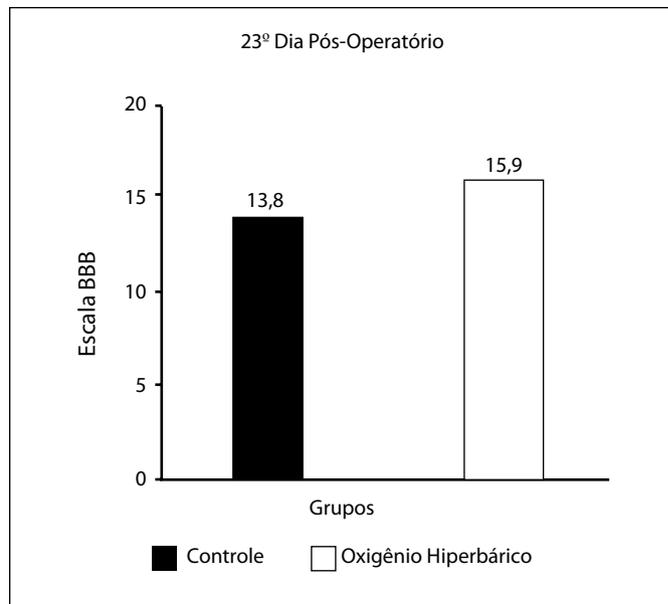


Figura 7. Avaliação da capacidade locomotora no 23º pós-operatório.

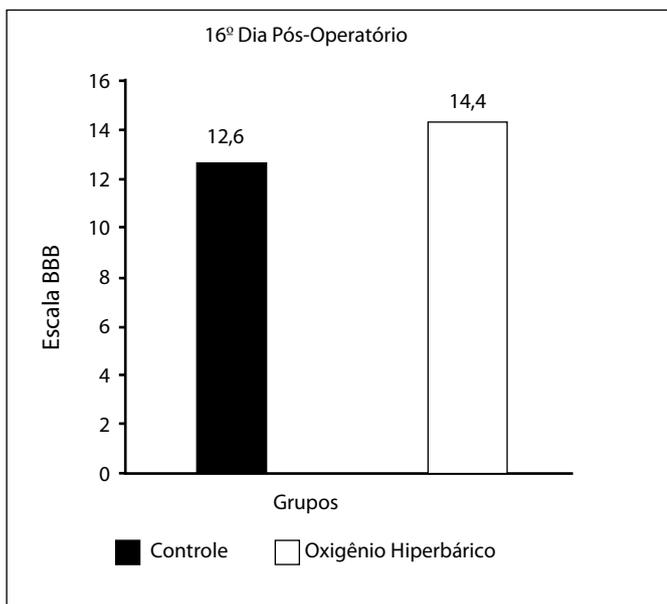


Figura 6. Avaliação da capacidade locomotora no 16º pós-operatório.

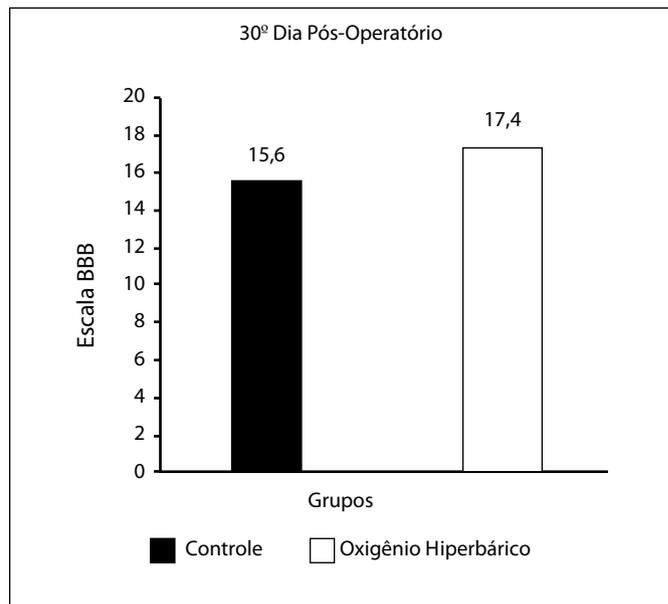


Figura 8. Avaliação da capacidade locomotora no 30º pós-operatório.

graus discretos; já no grupo que recebeu oxigenoterapia hiperbárica, metade apresentou hiperemia em grau acentuado, ¼ em grau moderado, e ¼ em grau discreto. (Figura 9) Quanto à degeneração de substância nervosa, no grupo controle ocorreu degeneração acentuada em 100% dos indivíduos, enquanto no grupo tratado, observou-se degeneração moderada em 37,5% e acentuada em 62,5% dos indivíduos. (Figura 10) Na avaliação de necrose tecidual, o grupo controle apresentou resultados semelhantes a hiperemia encontrada, com necrose acentuada em 44,4%, e moderada em 55,6% dos indivíduos. Já no grupo tratado, 62,5% dos indivíduos apresentaram necrose acentuada, 25% moderada, e 12,5% sinais discretos. (Figura 11)

Por fim, na avaliação quanto ao infiltrado celular, os achados do grupo controle se deram com 33,3% de forma acentuada, 55,6%

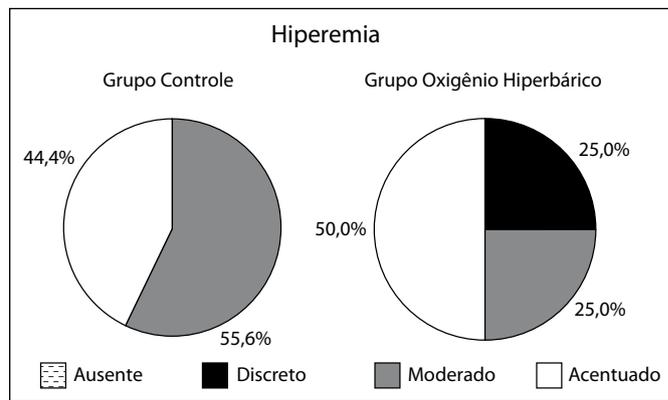


Figura 9. Avaliação da hiperemia nos dois grupos.

moderada e 11,1% ausente. No grupo que recebeu terapia em câmara hiperbárica, em 37,5% observou-se sinais acentuados, 25% sinais moderados, e 37,5% sinais discretos de infiltrado inflamatório. (Figura 12)

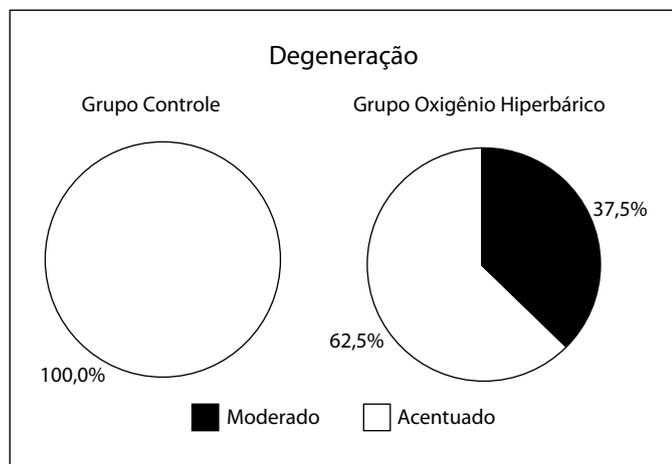


Figura 10. Avaliação da degeneração de substância nervosa nos dois grupos.

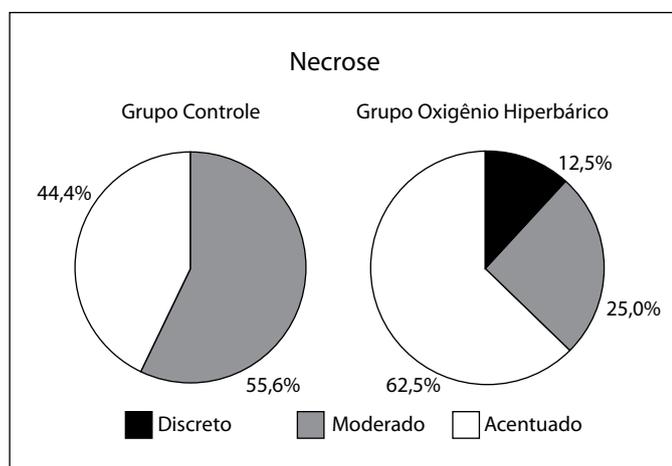


Figura 11. Avaliação da necrose tecidual nos dois grupos.

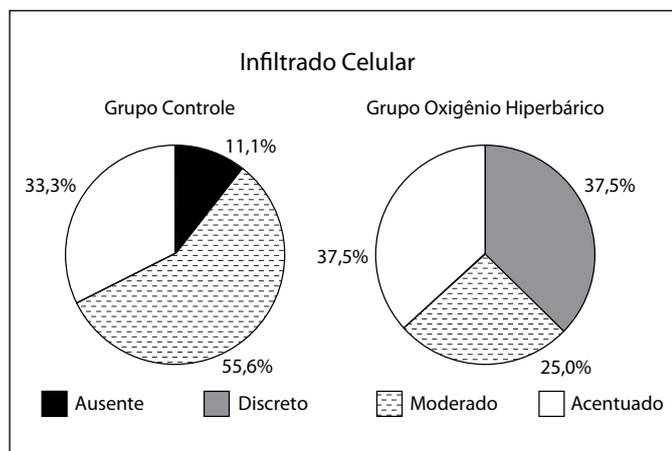


Figura 12. Avaliação da presença de infiltrado celular nos dois grupos.

DISCUSSÃO

Para a avaliação da recuperação locomotora dos membros posteriores procedeu-se inicialmente mensurações em separado dos lados direito e esquerdo, dos grupos Controle e Oxigênio Hiperbárico, no 2º, 9º, 16º, 23º e 30º dia pós-operatório. O fato de não se ter comprovado diferenças funcionais estatisticamente significativas, permitiu o agrupamento dos resultados da função dos membros direito e esquerdo de cada grupo. Isto facilitou a interpretação absoluta dos resultados. (Figuras 4 a 12) Compararam-se, assim, as diferenças entre os resultados gerais dos grupos Controle e Oxigênio Hiperbárico.

Após a eutanásia, amostras dos tecidos medulares foram retirados do sítio da lesão e submetidos ao exame anatomopatológico, pelo método de coloração de hematoxilina e eosina, com a finalidade de comprovar estigmas da lesão tecidual. Este estudo se fez necessário para certificação de que o traumatismo fora efetivo na produção da contusão medular.

Os resultados da capacidade locomotora, obtidos pela escala BBB, do grupo Oxigênio Hiperbárico foi 59,3% superior ao do grupo Controle no 2º dia pós-operatório (Figura 4) e 20,2% superior no 9º dia. (Figura 5) No 16º dia a diferença não foi comprovada. (Figura 6) Novamente, no 23º dia o resultado da capacidade locomotora dos ratos do grupo Oxigênio Hiperbárico foi de 15,2% superior ao do grupo Controle (Figura 7). No 30º dia pós-operatório os resultados equivaleram-se. (Figura 8)

Através destes dados, constatou-se recuperação da capacidade locomotora de forma acentuada e acelerada nos ratos tratados com oxigenoterapia hiperbárica até o 9º dia pós-operatório. A partir daí, neste grupo, a progressão funcional decresceu gradualmente até o 16º dia. A diferença funcional foi novamente retomada em favor do grupo oxigênio hiperbárico no 23º dia e subsequente decréscimo para o nível de equivalência que ocorre no 30º dia, quando se deu a estabilização e equiparação dos resultados.

Constatou-se por estes resultados que do ponto de vista histológico não se provou o benefício da terapia com oxigênio hiperbárico, nos quesitos: hiperemia, degeneração da substância nervosa, necrose e infiltrado celular.

CONCLUSÕES

1. O exame anatomopatológico comprovou as alterações estruturais da medula espinal de maneira uniforme nos dois grupos.
2. A avaliação funcional do déficit neurológico mostrou-se semelhante após o método de contusão por impacto nos dois grupos.
3. A avaliação da recuperação da capacidade locomotora pela escala BBB, mostrou-se eficaz na interpretação do efeito da oxigenoterapia hiperbárica.

4. A lesão medular leve provocada nos ratos evoluiu de maneira diferente no grupo da oxigenoterapia hiperbárica comparativamente ao grupo controle, na fase inicial (efeito acelerador).

A contribuição dessa pesquisa experimental foi a demonstração do efeito acelerador na fase inicial da recuperação da capacidade locomotora dos ratos. A partir destes achados, a oxigenoterapia hiperbárica passa a ser ferramenta útil no arsenal terapêutico para a solução da intrincada patologia que é o traumatismo medular, entretanto, a complementação com recursos biológicos e celulares deverão constituir os próximos passos a serem trilhados. Ficam suspensas questões como tempo de aplicação, pressão ideal e os mecanismos de ação.

REFERÊNCIAS

1. Weinstein JN, Mclain RF. Primary tumors of the spine. *Spine*. 1987;12:843-51.
2. Gupta A, Taly AB, Srivastava A, Murali T. Non-traumatic spinal cord lesions: epidemiology, complications, neurological and functional outcome of rehabilitation. *Spinal Cord*. 2009;47:307-11.
3. Jorge FF, Balbani APS, Barros Filho TEP. Trauma raquimedular: aspectos epidemiológicos, impacto social e prevenção. *Acta Ortop Bras*. 1995;3:1-4.
4. Barros Filho TE. Campanha "Cuidado ao Mergulhar". Campanha de prevenção das fraturas de coluna provocadas pro mergulho. *Folha de Ortopedia e Traumatologia*; 1999, ano XI, n. 32.
5. D'Andrea Greve JM. Traumatismos raquimedulares nos acidentes de trânsito e uso de equipamentos de segurança. *Diagnóstico & Tratamento*. 1997;2:10-3.
6. Raineteau O. Plastic responses to spinal cord injury. *Behav Brain Res*. 2008;192:114-23.
7. Brissot R, Gallien P, Le Bot MP, Beaubras A, Laisne D, Beillot J et al. Clinical experience with functional electrical stimulation-assisted gait with Parastep in spinal cord-injured patients. *Spine*. 2000; 25:501-8.
8. Leybold BG, Flanders AE, Schwartz ED, Burns AS. The impact of methylprednisolone on lesion severity following spinal cord injury. *Spine*. 2007; 32:373-8.
9. Biddle C. Oxygen: the two-faced elixir of life. *AANA J*. 2008;76:61-8.
10. Bunge RP, Puckett WR, Becerra JL, Marcillo A, Quencer RM. Observations on the pathology of human spinal cord injury: a review and classification of 22 new cases with details in from a case of chronic cord compression with extensive focal demyelination. *Adv Neurol*. 1993;59:75-89.
11. Allen AR. Surgery of experimental lesion of spinal cord equivalent to crush injury fracture dislocation of spinal column: a preliminary report. *JAMA*. 1911;57:878-80.
12. Basso DM, Beattie MS, Bresnahan JC. A sensitive and reliable locomotor rating scale for open field testing in rats. *J Neurotrauma*. 1995;12:1-21.
13. Balentine JD. Pathology of experirmental spinal cord trauma. *Lab Invest*. 1978;39:236-53.
14. New York University, Medical Center. Impactor. NYU Spinal cord contusion system. Operation manual. Impactor software version 7.0. New York; 1993.
15. Rodrigues NR. Padronização da lesão medular espinal em ratos Wistar [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 1999.
16. Young W. Spinal cord contusion models. *Prog Brain Res*. 2002;137:231-55;
17. Colégio Brasileiro de Experimentação Animal – COBEA. Legislação e Ética, 1999. Disponível em URL: <http://www.meusite.com.br/COBEA/etica.htm>;