

Análise da evolução natural dos ferimentos diafragmáticos à direita em ratos

Analysis of natural history of the diaphragmatic injury on the right in mice

BENEDITO APARECIDO CAIEL^{1,2}; CRISTOVAM SCAPULATEMPO NETO³; ARTHUR SOARES DE SOUZA JÚNIOR⁴; ROBERTO SAAD JÚNIOR¹

R E S U M O

Objetivo: avaliar a evolução natural do ferimento diafragmático à direita após a retirada cirúrgica de uma porção do hemidiafragma. **Métodos:** os animais foram submetidos à ressecção de uma porção do hemidiafragma à direita através da laparotomia mediana. Foram operados 40 ratos. As variáveis analisadas foram: herniação, proteção hepática, cicatrização, lesão persistente do diafragma, avaliação da tomografia computadorizada, frequência cardíaca e peso. **Resultados:** foram analisados 40 ratos. Houve duas mortes no pós-operatório. Dezesete animais tiveram herniação (42,5%) e 23 (57,5%), não. Analisando emprego da tomografia computadorizada na avaliação da hérnia diafragmática, tivemos um método com boa sensibilidade (78,6%), boa especificidade (90,9%) e boa acurácia (86,1%) quando comparados com a necrópsia. **Conclusão:** houve predomínio de cicatrização do hemidiafragma à direita e o tamanho da lesão inicial não influenciou na ocorrência de proteção hepática ou hérnia em ratos.

Descritores: Cirurgia Torácica. Cicatrização. Diafragma. Experimentação Animal. Hérnia Diafragmática Traumática. Traumatismos Torácicos.

INTRODUÇÃO

Um grande desafio para os médicos que atuam na área da traumatologia são as lesões diafragmáticas isoladas, que podem passar despercebidas, tanto pela incerteza da sua evolução, como pelas repercussões clínicas, agudas ou crônicas, que podem causar^{1,2}.

Os ferimentos penetrantes na zona de transição toracoabdominal (ZTTA), delimitada anteriormente pelo quarto espaço intercostal, lateralmente pelo sexto espaço intercostal, posteriormente pela ponta da escápula e inferiormente pela região epigástrica e rebordos costais, são a principal causa de lesões diafragmáticas³. Estes ferimentos penetrantes na ZTTA podem cursar com até 48% de lesões diafragmáticas⁴. Os órgãos mais acometidos na lesão diafragmática são: pulmão, estômago, fígado, baço e cólon, sendo o hemidiafragma esquerdo o mais acometido nos ferimentos penetrantes ou nos traumas fechados; enquanto as lesões por arma branca são as mais encontradas, e, na maioria das vezes, menores do que dois centímetros⁵. Mesmo havendo um número farto de publicações mostrando a alta incidência de lesões diafragmáticas na ZTTA, esta incidência ainda é obscura, haja vista que grande número destas lesões ainda passa despercebido¹⁻⁶.

Os sintomas dos doentes portadores de lesões diafragmáticas podem variar de dores referidas no ombro, diminuição da expansibilidade da caixa torácica, ruídos

hidroaéreos na ausculta pulmonar, abdômen escavado ou até nenhuma sintomatologia, sendo que os doentes podem evoluir desde assintomáticos, nas lesões pequenas e isoladas, até quadros clínicos de colapso circulatório com insuficiência respiratória grave, assemelhando-se ao pneumotórax hipertensivo⁷. Estes sintomas, considerados mais comuns, estão relacionados aos aparelhos digestivo e respiratório, porém, estima-se que 25% destes doentes podem evoluir assintomáticos⁸.

Para o diagnóstico das lesões diafragmáticas, temos como principal ferramenta o exame clínico e os exames de imagem. A radiografia simples do tórax apresenta, muitas vezes, sinais inespecíficos, como: hemotórax, pneumotórax, elevação da cúpula diafragmática e até um simples velamento do seio costofrênico e, muitas das vezes, essas alterações podem permanecer após a drenagem torácica⁹. Exames contrastados só poderão dar diagnósticos quando houver herniação das estruturas abdominais para o interior do tórax, porém, a maioria dos ferimentos que acometem o diafragma são pequenos, acarretando uma baixa taxa de herniações^{10,11}.

O emprego da tomografia computadorizada de tórax com a reconstrução tridimensional diminui as possibilidades de falso negativo. Existem relatos mostrando falhas diagnósticas de lesão diafragmática com o uso da tomografia convencional¹²⁻¹⁵. A ressonância magnética tem mostrado resultados promissores, quando da avaliação de

1. Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo, SP, Brasil; 2. Irmandade da Santa Casa de Misericórdia de Barretos, SP, Brasil; 3. Departamento de Anatomia Patológica – Hospital de Câncer de Barretos, SP, Brasil; 4. Departamento de Radiologia Torácica – Ultra-X São José do Rio Preto, SP, Brasil.

lesões diafragmáticas nos ferimentos de tórax e de abdômen, mas é ainda um método com pouco empregado, ainda não está disponível na maioria dos serviços de trauma, tem um custo elevado e requer um tempo longo para sua realização¹⁶.

Mesmo quando usamos todos os recursos diagnósticos acima citados, juntamente com um exame clínico, ainda assim, não conseguimos uma boa sensibilidade e especificidade destes exames para as lesões diafragmáticas, principalmente, quando nos deparamos com lesões diafragmáticas sem hérnia e com o paciente estável. Supõe-se que deva ocorrer algum tipo de cicatrização em partes destes ferimentos, pois muitos deles, não operados, tiveram boa evolução, sem a formação de hérnia⁸.

Nos dias atuais, ainda não existe um consenso no tratamento da lesão diafragmática no doente estável e, na maioria dos serviços de urgência, não encontramos a videotoroscopia como um exame para uso de rotina, decidimos então avaliar a evolução natural do ferimento diafragmático, após a ressecção de uma porção do diafragma à direita.

MÉTODOS

Foram utilizados 40 animais *Rattus norvegicus albinus*, conhecidos como linhagem da raça *Wistar* albinos, recebidos com cerca de 90 dias de vida (250g), foram mantidos em gaiolas coletivas por dez dias, com densidade populacional de cinco animais por gaiola, com acesso livre e irrestrito à água e aos alimentos indicados para roedores, vigorando um ciclo claro/escuro de 12 horas. O projeto de pesquisa foi enviado à Comissão de Ética em Experimentação Animal da Faculdade de Ciências da Saúde de Barretos Dr. Paulo Prata (FACISB), que emitiu parecer favorável sob o protocolo 009/2013.

A identificação de cada animal foi realizada por numeração com caneta hidrocolor de tinta permanente nas regiões da cauda e da orelha. Após a realização do ato cirúrgico, os animais foram acomodados em gaiolas individuais. Durante o período pós-operatório, 30 dias, foram aferidas a frequência cardíaca e o peso nos dias 0, 5, 10, 15, 20, 25 e 30. A frequência cardíaca foi aferida com auxílio do estetoscópio. O peso foi aferido com uma balança de precisão SF-400 CE. Após este período, os animais foram submetidos a uma tomografia de tórax e, logo após, à realização da necrópsia através de uma laparotomia mediana associada a uma bitoracotomia. Durante o exame necroscópico foram avaliados: 1) Hérnia diafragmática; 2) Proteção hepática; 3) Cicatrização diafragmática; e 4) Lesão persistente do diafragma sem hérnia ou proteção. Posteriormente, comparamos a ocorrência de hérnia ou proteção na tomografia de tórax com a microscopia, verificamos se o tamanho inicial da lesão e a reação inflamatória local (tamanho da fibrose e espessura da membrana) tiveram influência na ocorrência de hérnia ou proteção na lesão do diafragma do rato.

Sob anestesia geral, realizamos uma laparotomia mediana e dissecação do diafragma à direita em dois ratos *Wistar* de aproximadamente 250g de peso. Retirou-se o diafragma à direita de um rato para o cálculo da sua área total e, do outro, para dimensionar a retirada da porção do hemidiafragma direito. O tamanho da lesão e o cálculo da área do diafragma à direita foram aferidos por meio de um programa de computação gráfica (AutoCAD® by Autodesk® versão 2006), utilizando a lógica do cálculo integral. Não conseguimos padronizar a retirada dos exatos 10% de lesão diafragmática por dificuldades de se encontrar um instrumento cirúrgico capaz de retirar uma porção precisa do hemidiafragma avaliado devido e às condições anatômicas e fisiológicas.

Realizamos o ato anestésico com os animais submetidos ao jejum de dez horas antes do procedimento. A droga escolhida para o ato anestésico foi o cloridrato de ketamina na dose de 50mg/kg por via intraperitoneal e cloridrato de xilazina 2% na dose de 5mg/Kg conforme o peso, por via intraperitoneal. Posteriormente, o animal foi assistido sob o ponto de vista ventilatório por uma máscara de CPAP (continuous positive airway pressure) adaptada com tubo de borracha à pressão de 1,5Kgf/cm² e PEEP (positive end-expiratory pressure) de 5mm de água, por um concentrador de oxigênio.

Após os animais estarem em plano anestésico, com a tricotomia abdominal realizada, foram submetidos à laparotomia mediana medindo 3cm de comprimento, iniciando-se sob processo xifoide, para visualização e perfuração no hemidiafragma direito com bisturi (lâmina 11), no intuito de realizar um pneumotórax ipsolateral e provocar colabamento pulmonar, evitando assim ferimentos pulmonares na realização da lesão diafragmática. A ressecção de uma porção do diafragma à direita foi realizada nos 40 animais, entre a inserção costal e o centro tendíneo do diafragma, sem incluí-lo, no local onde foi realizado o pneumotórax (Figura 1). Houve uma variação de 5,18% a

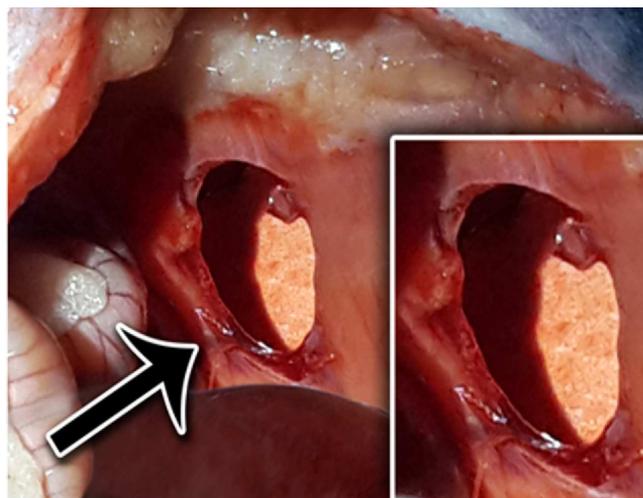


Figura 1 - Fotografia da ferida cirúrgica, provocada pela retirada da porção do hemidiafragma direito.

20% no tamanho da ressecção da porção retirada. Após a realização da lesão, colocou-se uma pinça anatômica aberta e fotografada para posterior cálculo do tamanho da lesão pelo programa de computação gráfica "AutoCAD", pois já tínhamos conhecimento do tamanho do hemidiafragma à direita. Após o procedimento e antes do fechamento da laparotomia por planos, foi realizada uma hiperinsuflação pulmonar seguida de manobra de Valsava para esvaziar o pneumotórax e prevenir atelectasias no período pós-operatório imediato.

Todos os animais foram assistidos até o final do ato anestésico e hidratados após o ato cirúrgico por aplicação de 5ml de solução salina a 0,9% por animal, realizados por injeção subcutânea, passando por um período de recuperação em ambiente aquecido. Após a recuperação anestésica dos animais, estando bem despertos, foram devolvidos às suas gaiolas individuais, onde receberam água e alimentos durante todo o período pós-operatório (30 dias). Realizou-se analgesia, para dor intensa durante os primeiros quatro dias com cloridrato de tramadol, 50mg/Kg peso por via subcutânea, três vezes ao dia, associado ao acetaminofenol 1-2 mg/ml diluído em água e ministrado por via oral por um período de sete dias.

Após o período de 30 dias, os animais foram anestesiados e submetidos à tomografia computadorizada de tórax (16 canais), para observação da ocorrência de hérnia diafragmática ou não. Após a conclusão do exame tomográfico, os animais foram submetidos à laparotomia mediana e à bitoracotomia e foram mortos segundo as normas internacionais de eutanásia em animais de laboratório com injeção letal intracardíaca de solução de Cloreto de Potássio (KCL) a 10% na dose de 2mmol/Kg. Após a morte do animal, iniciamos o estudo necroscópico. Posteriormente a abertura ampla das cavidades, anotamos a posição dos órgãos abdominais e como eles foram encontrados: na cavidade abdominal; na cavidade torácica; ou aderidos ao diafragma fazendo a proteção da lesão, avaliando a ocorrência de cicatrização, proteção ou hérnia. Finalizada a necrópsia, retirou-se toda a porção do diafragma à direita juntamente com as vísceras a ele aderidas ou herniadas, para posterior estudo histológico.

A peça cirúrgica (diafragma com ou sem estruturas aderidas) foi retirada e imersa em um frasco contendo formol a 10%. As secções teciduais foram preparadas na rotina do laboratório de patologia até as confecções de lâminas. Uma lâmina foi corada com hematoxilina-eosina (HE) para avaliação morfológica clássica e a outra foi corada com a técnica de Masson para avaliação de fibrose. A avaliação microscópica foi um procedimento cegado, em um microscópio de dupla observação.

Inicialmente examinando a lâmina corada pela HE, eram analisadas as alterações histológicas, as estruturas que estavam aderidas à lesão diafragmática e a ocorrência de proteção hepática ou herniação do fígado e de outras vísceras abdominais. Ao exame das lâminas coradas pela técnica de Masson quantificou-se a área de maior

espessura da fibrose das membranas que recobriam o diafragma na borda da lesão e a extensão da fibrose a partir da borda da lesão operatória.

Quarenta animais constituíram o grupo estudo. Dois animais morreram, um no décimo dia de pós-operatório e outro no 11º, os dois foram incluídos no estudo.

Inicialmente, foram realizadas as análises descritivas dos dados. Foram calculadas a média, o desvio padrão, o mínimo, o máximo, a mediana e os percentis 25 e 75, para as variáveis quantitativas e tabelas de frequência para as variáveis qualitativas. O teste de *Kolmogorov-Smirnov* foi empregado para avaliar se as variáveis numéricas possuíam normalidades. Para todas as variáveis obtivemos $p > 0,05$.

Para verificar se o tamanho da lesão inicial era estatisticamente igual entre as variáveis "proteção" e "hérnia", e para comparar o tamanho da lesão diafragmática inicial com a espessura da membrana e a extensão da fibrose (microscopia), utilizamos o teste t de *Student* para as amostras independentes.

Considerando a necrópsia como padrão-ouro, verificamos o acerto entre a microscopia e a tomografia. Para isso, nas três variáveis (necropsia, microscopia e tomografia) classificamos cada animal como hérnia ou proteção e, posteriormente, comparamos os grupos. Calculamos a sensibilidade, especificidade, acurácia e seus respectivos intervalos de confiança (95%). A reprodutibilidade entre os métodos foi verificada por meio do coeficiente de concordância *Kappa*. Para comparar a evolução do peso e da frequência cardíaca ao longo do tempo entre os grupos, utilizamos a Análise de Variância (ANOVA) com delineamento misto. Para isso, foi verificado o efeito da interação entre o tempo e o grupo, o efeito do tempo e o efeito do grupo.

RESULTADOS

Foram operados 40 ratos. Aconteceram dois óbitos, com mortalidade operatória de 5%, as mortes ocorreram no décimo e 11º dias de pós-operatório, os dois animais estavam com hérnia e ambos foram incluídos no estudo.

O resultado da necrópsia, segundo a distribuição do padrão evolutivo da lesão, evidencia a proteção hepática em 50% dos animais, ocorreram herniação de estruturas abdominais com predomínio do fígado seguido do epíplon, do intestino grosso, do intestino delgado e do baço em 42,5% dos animais e ocorreram 7,5% de cicatrização neste grupo (Tabela 1).

Quando realizamos a comparação das variáveis proteção e hérnia com o tamanho da lesão inicial, que teve uma variação de 5,18% a 20% de retirada do diafragma à direita, não encontramos diferença estatisticamente significativa entre o tamanho da lesão inicial e as variáveis acima citadas (Tabela 2).

Tabela 1 - Caracterização macroscópica, microscópica e tomográfica das lesões.

Variável	Categoria	n	%
Macroscopia	Proteção	23	57,5
	Hérnia	17	42,5
Microscopia *	Proteção	15	40,5
	Hérnia	22	59,5
Hérnia diagnosticada por tomografia **	Proteção	23	63,9
	Hérnia	13	36,1
Total		40	100

* Há valores ignorados, pois não foi possível a confecção e posterior avaliação de lâminas de três ratos.

** Há valores ignorados, pois não foi possível concluir o laudo tomográfico de quatro ratos.

Tabela 2 - Comparação do tamanho da lesão diafragmática inicial entre o grupo Proteção e Hérnia.

Grupo	n	Média	Desvio Padrão	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo	P
Proteção	23	10,48	3,72	5,76	6,03	9,41	12,75	19,37	0,530
Hérnia	17	9,69	4,16	5,18	5,18	8,29	11,79	20,00	

Comparando os resultados da tomografia de tórax e a análise microscópica do material em relação ao que consideramos o padrão-ouro (necropsia), evidenciamos que tanto a microscopia quanto a tomografia computadorizada de tórax tiveram boa sensibilidade (hérnia), boa especificidade (proteção) na avaliação da hérnia diafragmática (Tabelas 3 e 4). Considerando a reprodutibilidade entre a microscopia e tomografia com a necropsia, encontramos coeficientes de *Kappa* aceitáveis. Para microscopia *versus* necropsia, foi 0,734 ($p < 0,001$), já para tomografia de tórax, foi 0,704 ($p < 0,001$).

A avaliação da frequência cardíaca evidencia uma significância estatística em relação ao tempo, todos os animais diminuíram sua frequência cardíaca com o passar dos dias de pós-operatório ($p < 0,001$), mas não houve significância estatística entre os grupos proteção e hérnia ($p = 0,250$). Em relação à variável peso, notamos que houve significância estatística em relação ao tempo ($p < 0,001$), todos ganharam peso no decorrer do pós-operatório e em relação aos ratos com proteção e com hérnia ($p = 0,039$), sendo que aqueles com proteção tiveram ganho de peso estatisticamente significativo em relação aos que apresentaram hérnia.

Ao avaliarmos o tamanho da lesão inicial (macroscópica), a espessura da membrana diafragmática no local da lesão e o tamanho da fibrose no local da lesão (microscópica) em relação às variáveis hérnia e proteção (microscopia), notamos que não há significância estatística que possa explicar a ocorrência de hérnia ou proteção em relação às variáveis acima descritas (Tabela 5). Quando avaliamos a ocorrência de lesão persistente do diafragma sem proteção ou hérnia, tanto na microscopia como na macroscopia, não encontramos nenhum caso desta lesão nos animais estudados.

DISCUSSÃO

Quando o diagnóstico é realizado e as complicações de uma lesão diafragmática são reparadas na fase aguda, encontra-se uma baixa morbidade e mortalidade, entretanto os resultados são diferentes quando se trata uma complicação de lesão diafragmática com meses ou anos de evolução^{17,18}, encontra-se índices de aproximadamente 48% na taxa de mortalidade e de 30% na taxa de morbidade quando o tratamento é feito tardiamente, podendo chegar a 80% de morbimortalidade¹³.

Tabela 3 - Avaliação da ocorrência de hérnia na microscopia e na tomografia de tórax em comparação com a necropsia.

		Necropsia			
		Proteção		Hérnia	
		N	%	n	%
Microscopia -	Proteção	15	75,0%	0	0,0%
	Hérnia	5	25,0%	17	100,0%
Tomografia -	Proteção	20	90,9%	3	21,4%
	Hérnia	2	9,1%	11	78,6%

Tabela 4 - Avaliação da sensibilidade e da especificidade da microscopia e da tomografia de tórax multidetectores, na avaliação da hérnia diafragmática.

Avaliação	Sensibilidade	Especificidade	Acurácia
Microscopia IC 95%	100,0% [81,57% ; 100,0%]	75,0% [53,1% ; 88,8%]	86,5% [72,0% ; 94,1%]
Tomografia IC 95%	78,6% [52,4% ; 92,4%]	90,9% [72,2% ; 97,5%]	86,10% [71,3% ; 93,9%]

Tabela 5 - Comparação do tamanho da lesão inicial com as variáveis microscópicas: 1) Espessura da membrana da lesão; 2) Tamanho da fibrose no local da lesão.

Variável Grupo	n	Média	Desvio Padrão	Mínimo	1º Quartil	Mediana	3º Quartil	Máximo	P
Tamanho da lesão diafragmática inicial									
Proteção	15	10,11	3,73	5,76	6,76	9,41	12,62	19,37	0,866
Hérnia	22	9,89	3,95	5,18	6,76	8,50	11,79	20,00	
Espessura da membrana em mm (Microscopia)									
Proteção	15	0,25	0,32	0,01	0,08	0,11	0,20	1,00	0,379
Hérnia	22	0,16	0,32	0,00	0,03	0,05	0,10	1,50	
Tamanho da fibrose em mm (Microscopia)									
Proteção	15	0,61	0,41	0,15	0,30	0,45	0,90	1,40	0,645
Hérnia	22	0,70	0,68	0,20	0,30	0,48	0,82	3,30	

O motivo que levou alguns autores a relevar a possibilidade de cicatrização espontânea das lesões diafragmáticas foi que, na prática clínica, somente um número relativamente pequeno de pacientes com ferimentos penetrantes na ZTTA desenvolviam hérnia no acompanhamento clínico do ferimento^{9,19}.

O gradiente de pressão entre as cavidades pleural e peritoneal, a constante movimentação do diafragma durante todo o ciclo respiratório e a tensão radial entre o centro tendíneo e suas inserções parietais são citados como fatores que impossibilitam a cicatrização diafragmática pós-trauma²⁰.

Em um estudo²¹ com modelo porcino, usando laparotomia mediana, lesões diafragmáticas de 1,5cm a 2cm de extensão, localizadas no centro tendíneo de um hemidiafragma e na parte muscular do hemidiafragma contralateral, com drenagem pleural para esvaziamento do pneumotórax, utilizando anestesia geral e com sacrifício dos animais após seis semanas, conclui-se que a maioria dos ferimentos por arma branca, independente do local, centro tendíneo ou parte muscular, cicatrizam espontaneamente, não justificando a avaliação das condições do diafragma em todos os doentes com ferimentos na zona de transição toracoabdominal.

Avaliando os trabalhos existentes na literatura, constatamos que a cicatrização constitui regra nos

ferimentos perfurocortantes da zona de transição toracoabdominal, o que contraria o que se faz na prática clínica. Vale lembrar que, na maioria das vezes, os ferimentos são pequenos (2cm, na maioria), entre o centro tendíneo e a parede costal, com predominância à esquerda já que a maioria dos agressores são dextros²².

No nosso modelo experimental, procuramos criar uma condição de difícil cicatrização quando retiramos uma porção do hemidiafragma à direita, o que nenhum dos estudos citados fez, dificultando a aproximação das bordas lesadas, o que seria favorável à cicatrização da ferida.

Tivemos o cuidado de especificar o ponto exato da lesão por nós realizada, que se localizava entre o centro tendíneo do hemidiafragma direito e a sua inserção na parede lateral do tórax, causando, desta maneira, uma lesão em uma das ramificações do nervo frênico, fato que vem ainda mais corroborar com a dificuldade da cicatrização da lesão provocada. Verificamos, após a revisão da literatura, que a maioria dos trabalhos não se preocupou em detalhar o local da lesão, exceto um artigo²¹ que detalhou e avaliou o ponto da lesão nas duas principais regiões diafragmáticas (centro tendíneo e a parte muscular).

Com relação à técnica anestésica, as drogas escolhidas para o ato anestésico foram o cloridrato de ketamina e o cloridrato de xilazina por causar boa analgesia,

não ter ação hipotensora sobre o sistema cardiovascular e dificilmente causar depressão ventilatória. Desta maneira, não precisamos obter uma via aérea definitiva, sendo apenas realizada uma assistência ventilatória por uma borraça com pressão intermitente de 5mm de água, adaptada como CPAP, obtendo uma boa expansão pulmonar durante o procedimento e um bom esvaziamento do pneumotórax, sem necessidade de drenagem pleural durante o fechamento da cavidade abdominal.

Optamos pela incisão abdominal mediana com aproximadamente 3cm de extensão a partir do apêndice xifoide, como via de acesso ao hemidiafragma direito. Embora haja relato de disfunção diafragmática associada à laparotomia²³, este fato não foi verificado por nós e por outros autores que utilizaram modelo semelhante ao nosso^{24,25}, isto talvez possa ser explicado pela rapidez do procedimento e também pelo uso do CPAP, pois não foi verificada fadiga respiratória nos animais após o término da anestesia.

A determinação do tempo de observação de 30 dias foi baseada no trabalho de Perlingeiro *et al.*⁹, mostrando que não houve significância estatística entre os animais mortos no período de 11° a 60° dias com os de 120° a 150° dias⁹.

Até hoje, não se sabe o momento exato da ocorrência da herniação, já que as lesões não diagnosticadas na

fase aguda só serão descobertas quando ocorrerem os sintomas, muitas vezes pouco específicos²⁶ e, outras vezes, de forma dramática com sintomas obstrutivos drásticos ou com sintomas de insuficiência respiratória aguda, na maioria das vezes, de um a três anos após o evento traumático. Sintomas como dor abdominal, náuseas, vômitos, constipação, dispneia e dor torácica estão relacionados com a progressiva herniação dos órgãos abdominais para o tórax²⁷.

Em nosso estudo com 40 animais, ocorreram dois óbitos com grande herniação de vísceras abdominais para a cavidade torácica, ocorreu a proteção da lesão em 50% dos animais, cicatrização total do diafragma em 7,5%, e até uma possível cicatrização com preenchimento de musculatura na ferida, não constatamos nenhum caso de lesão persistente do diafragma sem hérnia ou proteção. Não foi possível, neste trabalho, determinar o porquê de alguns animais evoluírem com hérnia e outros não, já que demonstramos que o tamanho da lesão não teve significância estatística na ocorrência de hérnia diafragmática ou proteção. Muitas questões estão ainda para serem respondidas, ainda é difícil entender a evolução natural dos ferimentos perfurocortantes na zona de transição toracoabdominal.

Concluindo, houve predomínio de cicatrização da lesão do hemidiafragma à direita, contudo o tamanho da lesão inicial não influenciou na ocorrência de proteção hepática ou de hérnia.

A B S T R A C T

Objective: to evaluate natural evolution of right diaphragmatic injury after the surgical removal of a portion from hemi diaphragm.

Methods: the animals were submitted to a surgical removal of portion from right hemi diaphragm by median laparotomy. The sample consists of 42 animals being 2 animals from pilot project and 40 operated animals. And the variables of the study were herniation, liver protection, healing, persistent diaphragm injury, evaluation of 16 channels tomography and the variables "heart rate" and "weight". **Results:** we analyzed 40 mice, we had two post-operative deaths; we had 17 animals in this group suffered from herniation (42.5%) and 23 animals didn't suffer from herniation (57.5%). Analyzing the tomography as image method in the evaluation of diaphragmatic hernia, we had as a method with good sensitivity (78.6%), good specificity (90.9%), and good accuracy (86.1%) when compared to necropsy. **Conclusion:** there was a predominance of healing of right hemi diaphragm, the size of initial injury didn't have influence on occurrence of the liver protection or hernia in mice.

Key words: Thoracic Surgery. Wound Healing. Diaphragm. Animal Experimentation. Animal Experimentation. Hernia, Diaphragmatic, Traumatic. Thoracic Injuries.

REFERÊNCIAS

1. Leppäniemi A, Haapiainen R. Occult diaphragmatic injuries caused by stab wounds. *J Trauma*. 2003;55(4):646-50.
2. Von Bahten LC, Smaniotto B, Kondo W, Vasconcelos CN, Rangel M, Laux GL. Papel da laparoscopia no trauma abdominal penetrante. *Rev Col Bras Cir*. 2005;32(3):127-31.
3. Asensio JA, Demetriades D, Rodriguez A. Injury to the diaphragm. In: Mattox KL, Feliciano DV, Moore EE, editors. *Trauma*. 4th ed. New York: McGraw-Hill; 2000. p.603-32.
4. Zantut LF, Ivatury RR, Smith RS, Kawahara NT, Porter JM, Fry WR, et al. Diagnostic and therapeutic laparoscopy for penetrating abdominal trauma: a multicenter experience. *J Trauma*. 1997;42(5):825-9; discussion 829-31.
5. Ordog GJ, Wasserberger J, Balasubramaniam S, Shoemaker W. Asymptomatic stab wounds of the chest. *J Trauma*. 1994;36(5):680-4.
6. Friese RS, Coln CE, Gentilello LM. Laparoscopy is sufficient to exclude occult diaphragm injury after penetrating abdominal trauma. *J Trauma*. 2005;58(4):789-92.
7. Hirshberg A, Thomson SR, Bade PG, Huizinga WK. Pitfalls in the management of penetrating chest trauma. *Am J Surg*. 1989;157(4):372-5; discussion 376.
8. Saad Júnior R. E o diafragma? *Rev Col Bras Cir*. 2012;39(5):351-2.
9. Perlingeiro JAG. História natural do ferimento diafragmático produzido por agente perfuro-cortante: estudo experimental em ratos [tese]. São Paulo: Santa Casa de São Paulo, Faculdade de Ciências Médicas; 2001.
10. Meyers BF, McCabe CJ. Traumatic diaphragmatic hernia. Occult marker of serious injury. *Ann Surg*. 1993;218(6):783-90.
11. Feliciano DV, Cruse PA, Mattox KL, Bitondo CG, Burch JM, Noon GP, et al. Delayed diagnosis of injuries to the diaphragm after penetrating wounds. *J Trauma*. 1988;28(8):1135-44.

12. Shanmuganathan K, Killeen K, Mirvis SE, White CS. Imaging of diaphragmatic injuries. *J Thorac Imaging*. 2000;15(2):104-11.
13. Reber PU, Schmied B, Seiler CA, Baer HU, Patel AG, Büchler MW. Missed diaphragmatic injuries and their long-term sequelae. *J Trauma*. 1998;44(1):183-8.
14. Israel RS, Mayberry JC, Primack SL. Diaphragmatic rupture: use of helical CT scanning with multiplanar reformations. *AJR Am J Roentgenol*. 1996;167(5):1201-3.
15. Chiu WC, Shanmuganathan K, Mirvis SE, Scalea TM. Determining the need for laparotomy in penetrating torso trauma: a prospective study using triple-contrast enhanced abdominopelvic computed tomography. *J Trauma*. 2001;51(5):860-8; discussion 868-9.
16. Boulanger BR, Mirvis SE, Rodriguez A. Magnetic resonance imaging in traumatic diaphragmatic rupture: case reports. *J Trauma*. 1992;32(1):89-93.
17. Giannini JA, Rasslan S, Silva LE, Coimbra R, Saad Júnior R. Ferimentos penetrantes tóraco-abdominais e de tórax e abdome: análise comparativa da morbidade e da mortalidade pós-operatórias. *Rev Col Bras Cir*. 1998;25(5):297-304.
18. Mariadason JG, Parsa MH, Ayuyao A, Freeman HP. Management of stab wounds to the thoracoabdominal region. A clinical approach. *Ann Surg*. 1988;207(3):335-40.
19. Saad Júnior R, Gonçalves R. Toda lesão do diafragma por ferimento penetrante deve ser suturada? *Rev Col Bras Cir*. 2012;39(3):222-5.
20. Perlingeiro JA, Saad R Jr, Lancelotti CL, Rasslam S, Candelária PC, Soldá SC. Natural course of penetrating diaphragmatic injury: an experimental study in rats. *Int Surg*. 2007;92(1):1-9.
21. Shatney CH, Sensaki K, Morgan L. The natural history of stab wounds of the diaphragm: implications for a new management scheme for patients with penetrating thoracoabdominal trauma. *Am Surg*. 2003;69(6):508-13.
22. Ivatury RR, Simon RJ, Weksler B, Bayard V, Stahl WM. Laparoscopy in the evaluation of the intrathoracic abdomen after penetrating injury. *J Trauma*. 1992;33(1):101-8; discussion 109.
23. Dureuil B, Cantineau J, Desmots JM. Effects of upper or lower abdominal surgery on diaphragmatic function. *Br J Anaesth*. 1987;59(10):1230-5.
24. Gonçalves R. Análise da evolução natural das feridas perfuro-cortantes equivalentes a 30% do diafragma esquerdo. Estudo experimental em ratos [dissertação]. São Paulo: Santa Casa de São Paulo, Faculdade de Ciências Médicas; 2008.
25. Rivaben JH, Saad Júnior R, Dorgan Neto V, Botter M, Gonçalves R. História natural do ferimento diafragmático extenso à direita: estudo experimental em ratos. *Rev Col Bras Cir*. 2014;41(4):267-71.
26. Cameron EW, Mirvis SE. Ruptured hemidiaphragm: unusual late presentation. *J Emerg Med*. 1996;14(1):53-8.
27. Crandall M, Popowich D, Shapiro M, West M. Posttraumatic hernias: historical overview and review of the literature. *Am Surg*. 2007;73(9):845-50.

Recebido em 16/02/2015

Aceito para publicação em 15/05/2015

Conflito de interesse: nenhum.

Fonte de financiamento: nenhuma.

Endereço para correspondência:

Benedito Aparecido Caiel

E-mail: benedito.caiel@terra.com.br