

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO

ILTON JOSÉ CARRILHO DE CASTRO

**Estudo experimental do seqüenciamento das manobras
para ligamentotaxia nas fraturas vertebrais do tipo
explosão**

Ribeirão Preto-SP

2006

ILTON JOSÉ CARRILHO DE CASTRO

**Estudo experimental do Seqüenciamento das manobras
para ligamentotaxia nas fraturas vertebrais do tipo
explosão**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de
São Paulo, para obtenção do título de Mestre
em Medicina.

Área de concentração: Ortopedia e
Traumatologia

Orientador: Prof. Dr. Helton Luiz A. Defino

Ribeirão Preto-SP

2006

FICHA CATALOGRÁFICA

De Castro, Ilton José Carrilho

Estudo experimental da seqüência das manobras para ligamentotaxia nas fraturas vertebrais do tipo explosão . Ribeirão Preto-2006.

59 p. : il. ; 30cm

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP – Área de concentração: Ortopedia e Traumatologia.

Orientador: Defino, Helton Luiz A.

1.Fratura da coluna, 2.fixação vertebral, 3.ligamentotaxia, 4.descompressão do canal vertebral.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela providência que nos ampara e encoraja.

A meus pais Maria Aparecida Assis Castro e Ilro Carrilho de Castro, meu irmão Ildo, minhas irmãs Isabel, Isa, Ana, Luci e meus amigos que me apóiam incondicionalmente.

Ao Prof. Dr. Helton Luiz Aparecido Defino sou muito grato, pela oportunidade, única, que me concedeu de realizar pós-graduação *stricto senso*, e de iniciar o meu aprendizado, na área da pesquisa científica, recebendo-me, também, como médico adido ao Hospital de Clínicas da Faculdade de Medicina da USP- Ribeirão Preto.

Ao Prof. Dr. Antônio Carlos Shimano, amigo, que, com dedicação, me apoiou o tempo todo e me conduziu, com maestria, no término da redação da tese.

À Dra. Ângela Delete Bellucci, chefe da radiologia, que abriu as portas do setor para realização dos exames tomográficos e à Sra. Nair Amélia Pinto Ferreira que os executou.

Ao Dr. Dagoberto de Oliveira Campos de quem reconheço o acendrado espírito de gentileza, quando implementou meu estágio para especialização em cirurgia da coluna, ensejando a oportunidade para minha tese.

Ao Dr. Paulo Roberto Santos Neto que, no período de um ano, ficou assoberbado de trabalho, em virtude de minha ausência durante a especialização.

Ao engenheiro Carlos Alberto Moro, pela ajuda na elaboração do projeto e feitura do desenho esquemático do equipamento.

Aos professores José Baptista Paulin e José Batista Volpon, responsáveis pelo laboratório de bioengenharia.

Ao Engenheiro Getúlio Nasciutti que, por amizade e espírito rotário, abriu as portas da sua empresa LUNASA, cedeu seus funcionários, suas máquinas, materiais e fabricou as peças para construção do equipamento de provocar fraturas.

Aos funcionários da LUNASA, na pessoa do senhor Júlio Sérgio Pereira (*in memoriam*), que, dedicadamente, orientou a construção das referidas peças.

A Luís Henrique Alves Pereira, cujas excelentes idéias favoreceram a solução de problemas técnicos, cruciais, inerentes à construção do equipamento.

A Otávio Terra, que, gentilmente, viabilizou, na Oficina Mecânica de Precisão, da Prefeitura do Campus de Ribeirão Preto (USP), as adaptações nas peças do equipamento, além de confeccionar as formas para inclusão.

A Francisco Carlos Mazzocato, que, sempre solícito, ajudou de forma valorosa na preparação das vértebras.

Ao senhor Reginaldo Trevilato da Silva, sempre prestativo, na ajuda inestimável com a arte da computação.

Ao Dr Marcos Shimano pela colaboração imprescindível na elaboração da tese.

À Maria Terezinha de Moraes pela ajuda, carinho e amizade.

Às secretárias do Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor da FMRP-USP, Maria de Fátima Feitosa de Lima e Elisangela Bernardi de Oliveira, pela bondade e presteza.

Faço menção a Maurício e Emilson como representantes de todos os colegas pós-graduandos da bioengenharia que me acolheram com amizade.

E, para finalizar, agradeço à Sra Wanda Pieruceti pela amizade, apoio, incentivo e pelos ensinamentos, não só nas aulas de gramática, como nas lições de vida que me servirão de norte para sempre. Devo destacar, também, a colaboração de valor inestimável, na revisão gramatical desta tese.

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais pela formação,
forjada com ensinamentos, exemplo e amor .*

RESUMO

DE CASTRO, I.J.C. **Seqüência das manobras para ligamentotaxia em fraturas de coluna**. 2006. 59f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.

As fraturas da coluna, possivelmente, projetam fragmentos da parede posterior do corpo da vértebra para o interior do canal vertebral. Esses fragmentos ósseos podem comprimir as estruturas nervosas localizadas no interior do canal. A descompressão realizada por meio da ligamentotaxia é um método indireto. A técnica implica a realização de distração e correção da cifose do segmento vertebral fraturado. O objetivo do trabalho foi analisar a influência da ordem de realização dessas manobras (distração + lordose *versus* lordose + distração), durante a ligamentotaxia, relativa à descompressão do canal vertebral. Foram utilizadas no estudo, vértebras da transição tóracolumbar de suínos híbridos, derivados da raça Landrace, com idade de cinco meses e média de peso de $102,05 \pm 3,47$ kgf. Após a produção da fratura do tipo explosão, por meio de equipamento especialmente desenvolvido para esta finalidade, as vértebras foram submetidas à tomografia computadorizada e foram selecionados 10 espécimes que apresentavam fraturas do tipo explosão. Os segmentos vertebrais foram estabilizados por meio do fixador interno (Synthes), uma vértebra acima e outra, abaixo da vértebra fraturada. Os 10 modelos foram divididos em dois grupos com cinco cada. O primeiro grupo foi denominado (lor+dis), no qual foi realizada a correção da cifose (lordose) e depois a distração. Finalizada a seqüência de manobras desse grupo, os mesmos foram submetidos à nova compressão, por meio de morsa, até o retorno à posição inicial da fratura. Esses modelos reposicionados, denominados (R:dis+lor) foram novamente submetidos à seqüência de manobras, iniciando com a distração e depois correção da cifose. No segundo grupo denominado (dis+lor) foi realizada a distração e depois a lordose. Após cada manobra, era realizado o exame tomográfico, para a mensuração do diâmetro do canal vertebral. O deslocamento do fragmento do corpo vertebral fraturado foi mensurado e os valores obtidos, comparados por meio de estudo estatístico, pelo teste *t* de *Student*, com nível de significância de 5%. Os resultados de ligamentotaxia desse trabalho mostraram que o deslocamento dos fragmentos, percentualmente, foi maior na seqüência que inicia com a correção da cifose (lordose). Mas a análise estatística em que se usou um

nível de significância de $p \leq 5\%$, mostrou que não houve diferença entre as seqüências. O nível de significância obtido nesta comparação foi de $p \leq 0,06$. Esse resultado é próximo ao nível adotado. Isto sugere um forte tendência, demonstrando a eficácia superior da seqüência, quando se inicia pela realização da correção da cifose (lordose), seguida de distração. Com os resultados qualitativos e quantitativos encontrados neste trabalho, sugerimos que a ligamentotaxia deva ser iniciada pela correção da cifose, seguida da distração do segmento vertebral fraturado.

Palavras-chave: Fratura da coluna vertebral, fixação vertebral, ligamentotaxia, descompressão do canal vertebral.

ABSTRACT

CASTRO, I.J.C.: **Experimental study of the sequence of ligamentotaxis maneuvers in vertebral canal decompression.** 2006. 59f. Thesis (Master) – Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.

Spinal fractures may project fragments of the posterior wall of the vertebral body into the vertebral canal and these bone fragments may compress the nervous structures located in the canal. Decompression of the vertebral canal can be performed by ligamentotaxis, which is an indirect method of vertebral canal decompression. The ligamentotaxis techniques involves distraction and lordosis of the fractured vertebral segment. The objective of the present study was to analyze the influence of the sequence in which these maneuvers are performed (distraction + lordosis versus lordosis + distraction) during ligamentotaxis on vertebral canal decompression. Thoracolumbar transition vertebrae of hybrid Landrace swine aged 5 months and weighing on average 102.05 ± 3.47 kg were used in the study. After production of a burst fracture using a device specially developed for this purpose, the vertebrae were submitted to computed tomography and ten specimens presenting fractures of the burst type were selected. The vertebral segments were fixed with an internal fixator (Synthes) to one vertebra above and one vertebra below the fractured one. The 10 models were divided into two groups of 5. The first group was submitted to lordosis followed by distraction and called (lor+dis). At the end of the sequence of maneuvers, the vertebrae of this group were submitted to a new compression with a clamp until they returned to the initial position of the fracture. These models with their repositioned fractures, denoted (R:dis+lor) were again submitted to the dis+lor sequence. The second group was submitted to distraction followed by lordosis and denoted (dis+lor). Tomography was performed after each maneuver to measure the diameter of the vertebral canal. The dislocation of the fractured vertebral fragment was measured and the values obtained were compared by the Student t-test, with the level of significance set at 5%. The results of ligamentotaxis obtained in the present study showed that the percent dislocation of the fragments was higher in the sequence starting with kyphosis correction (lordosis), but statistical analysis with a level of significance of $\leq 5\%$ ($p \leq 0,05$), showed that there was no difference between the sequences with a p level of $\leq 0,06$. This result was close to level of

significance adopted, suggesting that the sequence starting with kyphosis correction (lordosis) followed by distraction strongly tended to be more effective.

Key words: Spinal fracture, vertebral fixation, ligamentotaxis, decompression of the vertebral canal.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Mostra um desenho de esqueleto de suíno. A seta indica a transição toraco-lombar.....	24
Figura 2. Formas para inclusão das extremidades dos segmentos das vértebras. (A) Forma com inclinação de 6 graus. (B) Forma sem inclinação (bases paralelas).	25
Figura 3. Vista frontal do modelo com os discos intervertebrais fora da inclusão com cimento acrílico.....	27
Figura 4. Desenho esquemático de uma vista lateral do modelo mostrando a inclinação da forma (A).....	27
Figura 5. Equipamento para provocar fraturas tipo explosão	29
Figura 6. Mostra um desenho esquemático do posicionamento do modelo a ser fraturado.	31
Figura 7. Mostra um desenho esquemático do peso em contato com a aba descida.	32
Figura 8. Mostra um modelo posicionado para realização da tomografia computadorizada.	33
Figura 9. Sítio da tomografia marcada com uma agulha hipodérmica, posicionada sobre a linha projetada pelo infravermelho do aparelho, apresentada em duas vistas.	34
Figura 10. Exemplo de uma tomografia, mostrando (a) corte onde não se observam fragmentos no canal e (b) corte onde se observa fragmentos no canal. Mostra, também, a imagem da agulha, utilizada para marcação.	35
Figura 11. Mostra um desenho esquemático do fixador interno implantado.	36
Figura 12. Mostra um desenho esquemático da manobra para correção da cifose ..	37
Figura 13. Mostra um desenho esquemático da manobra utilizada na distração.....	38
Figura 14. Tomografia mostra um modelo submetido a manobras de distração e depois lordose, com redução dos fragmentos ósseos.....	40
Figura 15. Gráfico comparativo, ilustrando, antes e após a produção das fraturas, a altura dos corpos vertebrais, selecionados para o estudo.....	42

Figura 16. Comparação da média dos diâmetros pré-manobras (original) com a média dos diâmetros pós-correção (dis+lor).....	44
Figura 17. Comparação da média dos diâmetros antes das manobras (original) com a média dos diâmetros depois da correção (lor+dis).	45
Figura 18. Comparação dos diâmetros antes das manobras (original) com os diâmetros depois das manobras.....	46
Figura 19. Comparação dos deslocamentos dos fragmentos quando se fazem as seqüências (dis+lor e lor+dis).	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Altura do corpo vertebral em milímetros.....	42
Tabela 2. Medida do diâmetro ânteroposterior do canal vertebral medulares e deslocamento do fragmento projetado no interior do canal vertebral em fraturas originais e refeitas (Distração + Lordose).	44
Tabela 3. Medidas dos diâmetros anteroposteriores dos canais medulares e deslocamentos dos fragmentos em fraturas originais e refeitas (Lordose + Distração).	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVO PRINCIPAL	22
2.1	Objetivos preliminares.....	22
3	MATERIAL E MÉTODO	23
3.1	Obtenção e preparação dos modelos experimentais	23
3.1.1	<i>Inclusão em cimento acrílico do modelo experimental</i>	<i>24</i>
3.1.2	<i>Armazenamento e descongelamento</i>	<i>27</i>
3.2	Equipamento para produção das fraturas	28
3.2.1	<i>Produção das fraturas</i>	<i>31</i>
3.2.2	<i>Seleção de modelos fraturados</i>	<i>32</i>
3.3	Tomografia computadorizada	33
3.3.1	<i>Tomografias antes das manobras</i>	<i>33</i>
3.4	Ligamentotaxia.....	36
3.4.1	<i>Implantação do fixador interno.....</i>	<i>36</i>
3.4.2	<i>Realização das manobras para ligamentotaxia</i>	<i>37</i>
3.4.3	<i>Seqüência das manobras</i>	<i>38</i>
3.5	Mensuração do diâmetro anteroposterior da linha média do canal vertebral	41
3.6	Análise estatística.....	41
4	RESULTADOS.....	42
4.1	Avaliação das medidas com ligamentotaxia	43
5	DISCUSSÃO	48
6	CONCLUSÕES	53
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	54

1 INTRODUÇÃO

Traumatismos na região toracolombar são freqüentes e constituem 30% a 60% entre todas as lesões que acometem a coluna vertebral (ADL, 1993; ANDERSSON, 1981). Dentre todas que acometem a região da transição toracolombar, que se estende de T10 até L2 (WANG et al., 2002), a fratura do tipo explosão é considerada um dos tipos mais frequentes. Ela representa, aproximadamente, 15% do total dessas lesões. De 50% a 60% destas, apresentam-se com lesões neurológicas (KEENE et al., 1989).

A fratura tipo explosão que ocorre na coluna vertebral é definida como resultado de trauma, por uma compressão, capaz de fraturar a vértebra e causar falhas mecânicas das colunas anterior e média, no que concerne à capacidade destas, para exercer as funções de sustentação e de estabilização, definidas por Denis (1983).

A fratura tipo explosão foi descrita primeiramente, por Holdsworth (1963) que, em sua classificação, considerou como uma lesão estável, causada por um impacto axial. Em sua descrição sobre o mecanismo do trauma, considerou que a coluna vertebral era constituída, didaticamente, de duas colunas, uma anterior e a outra posterior. O mecanismo de trauma ocorre quando o núcleo do disco intervertebral é forçado, através da placa terminal fraturada, para dentro do corpo vertebral, que conseqüentemente cominui. A coluna anterior recebe a carga de compressão. O ligamento longitudinal posterior e todas estruturas posteriores recebem as cargas de

tração. Para Holdsworth (1963), a lesão foi caracterizada como uma fratura cominutiva, com deslocamentos dos fragmentos ósseos e ausência de lesão da coluna posterior.

A existência de fratura tipo explosão instável, com lesão completa dos elementos posteriores e potencial aumento de lesões neurais foi descrita por Whitesides, em 1977.

A partir do modelo original que foi proposto por Holdsworth (1963), Denis (1983) expandiu o conceito para três colunas e publicou sua teoria, introduzindo sua classificação que prevalece até hoje.

Segundo Denis (1983) estabeleceu-se que a coluna anterior consiste no ligamento longitudinal anterior (LLA), na parte anterior do ânulo fibroso e na metade anterior do corpo vertebral; a coluna média é formada pelo ligamento longitudinal posterior (LLP), porção posterior do ânulo fibroso e corpo vertebral; a coluna posterior constitui-se em pedículos, lâminas, facetas articulares, parte interóssea, apófises e no complexo ligamentar posterior.

De acordo com Denis (1983), a instabilidade aguda é consequência da ruptura de ambas colunas média e posterior. Esse sistema tornou-se padrão de avaliação para estabilidade clínica.

As fraturas da coluna toracolombar podem estar associadas às lesões das estruturas nervosas contidas no interior do canal vertebral. Estas são causas freqüentes de lesões medulares e ou radiculares. De 50% a 60% das vítimas apresentam algum déficit neurológico que pode deixar seqüelas incapacitantes (KEENE, 1989). Essas lesões podem ser causadas pelo impacto produzido pelo trauma e pelo deslocamento dos fragmentos retroprojetados, do corpo vertebral fraturado.

O tratamento conservador é adotado por muitos centros médicos que relatam resultados satisfatórios. Entre as opções para o tratamento conservador, para aqueles que estão sem lesão neurológica, há a redução fechada (LOUIS, 1977) ou postural, repouso prolongado no leito, cama de tração, gesso em hiperextensão ou órtese (BEDBROOK, 1987; WEINSTEIN, 1988).

Contrariamente, há autores que relatam resultados insatisfatórios com o uso de tratamentos conservadores (DENIS, 1984; DAVIES, 1980).

Indica-se o tratamento operatório, quando o paciente apresentar, pelo menos, um dos seguintes sinais clínicos ou radiológicos: lesão neurológica, perda maior que 50% da altura do corpo da vértebra, angulação maior que 20 graus, comprometimento acima de 50% do canal vertebral, angulação lateral maior que 10 graus e ruptura do ligamento longitudinal posterior. A intervenção precoce por meio de cirurgia possibilita a utilização da ligamentotaxia que pode restaurar o canal vertebral a um nível aceitável (VACCARO, 2003).

No que tange ao tratamento de fratura de coluna, não há dúvidas quanto ao objetivo de tentar restabelecer o formato original, inclusive do canal vertebral (AEBI et al., 1987; KUNER et al., 1997). Utiliza-se, para isso, uma osteossíntese com parafusos pediculares, pela via posterior (CHAKERA et al., 1988; HA KI et al., 1996). Estes proporcionam uma boa fixação das barras que corrigem a instabilidade e limitam os movimentos fisiológicos apenas ao nível acometido pela lesão. Permitem a utilização de enxerto ósseo, para artrodesar somente o nível fraturado, com a vantagem de poupar os outros níveis (CARL; TROMANHAUSER; ROGER, 1992; EBELKE et al., 1991; MATSUZAK et al., 1990; ESSES et al., 1991; KRAG et al., 1986), permitem, também, a utilização do método indireto (ligamentotaxia) para redução dos fragmentos que estão dentro do canal vertebral. Porém, ainda existem

muita discussão e controvérsias acerca da eficácia da descompressão indireta na recuperação das lesões de estruturas nervosas espinhais em seres humanos (AEBI et al., 1987; CRUTCHER, 1991; GERTZBEIN et al., 1988; GERTZBEIN et al., 1992; SJÖSTRÖM, 1996). Existem inúmeros relatos clínicos, apontando resultados favoráveis à descompressão indireta dessas estruturas nervosas. (SJÖSTRÖM, 1994). Há outros autores que alegam resultados imprevisíveis com descompressão indireta (DOERR et al., 1991; BENSON, 1988; GARFIN, 1985; GERTZBEIN et al., 1988) Há, ainda, os que preferem a descompressão primária via anterior, ou combinada com fixação posterior, para o tratamento de fraturas tipo explosão com lesão neurológica (McAFEE; BOHLMAN; YUAN, 1985). A reabsorção dos fragmentos ósseos no interior do canal vertebral tem sido observada (CHAKERA, 1988; DAI, 2001; HA K.I., 1996). Esta reabsorção não é influenciada pela presença ou grau da lesão neurológica, ela é proporcional ao tamanho do fragmento e não apresenta relação com sítio da fratura (DE KLERK et al., 1988).

A descompressão do canal vertebral pode ser realizada por meio do método de descompressão direta, por via anterior, por via posterior ou por via póstero-lateral (BENSON, 1988; ERICKSON; LEIDER; BROW, 1977; GARFIN et al., 1985; GERTZBEIN et al., 1988) ou por meio de um método indireto conhecido como ligamentotaxia (LEFERINK, 2003).

O ligamento longitudinal posterior é a principal estrutura anatômica responsável pelo mecanismo de ligamentotaxia (HARRINGTON et al., 1993). Ele interliga todos os discos intervertebrais, desde a coluna cervical até a sacral. À medida que se aproxima de cada disco ele se alarga e atinge sua maior dimensão na metade transversal do disco, onde suas fibras se confundem com as camadas superficiais do ânulo fibroso; então, a partir de uma linha imaginária transversal,

situada no meio do disco, o ligamento novamente estreita-se, gradativamente, e adquire formato de uma fita e cruza, verticalmente, o corpo vertebral, sobre a linha mediana.

A descompressão indireta do canal vertebral obtida pela ligamentotaxia está relacionada, principalmente, com o ato de retesar o ligamento longitudinal posterior (LLP). Isso acontece por meio de uma força que atua como “banda de tensão”, sobre o fragmento deslocado e promove, desse modo, a sua redução, ainda que parcial (HARRINGTON et al., 1993). A ligamentotaxia é influenciada pela integridade anatômica do LLP, pela morfolopatologia da fratura e pela realização da técnica cirúrgica que é a distração sobre os implantes aplicados na face posterior da coluna vertebral (CRUTCHER et al., 1991, SJÖMSTRÖN, 1996). A restauração da curvatura lombar (lordose), apesar de não ser o principal mecanismo, é capaz, também, de tracionar o LLP e promover ligamentotaxia (ZOU et al., 1993) que deve ser realizada o mais precocemente possível. Os melhores resultados têm sido observados, quando essa manobra é realizada nos primeiros quatro dias após o trauma (GERTZBEIN et al., 1992). Após o 14º dia, tem sido observadas pequena mobilidade dos fragmentos ósseos e insignificante descompressão do canal (SJÖMSTRÖN et al., 1996; LEFERINK et al., 2003). Há relatos que sugerem um prognóstico melhor para as fraturas do tipo A, quando comparadas às do tipo B, segundo a classificação de Denis, em 1983 (CRUTCHER et al., 1991).

Harrington et al. (1993) relatam que, casos cujo comprometimento do canal vertebral, sendo menor do que 35%, em L1, os fragmentos fraturados não podem ser deslocados e reduzidos, mesmo com aplicação de uma força de distração de 150N. Provavelmente, devido às características anatômicas do LLP, que não está conectado ao terço médio do corpo vertebral.

A conexão entre o disco e o fragmento ósseo fraturado é de grande importância, não ocorrendo redução, quando este perde sua conexão, embora o LLP mantenha a sua integridade. Esta conexão representa um mecanismo adicional que auxilia na redução dos fragmentos ósseos. Nas lesões muito graves, nas quais, apenas a porção posterior do ânulo fibroso e o LLP permanecem intactos, acarretam uma diminuição da força de redução gerada pelo ligamento (HARRINGTON et al., 1993).

Diante da possibilidade de fraturas tipo explosão serem instáveis, neste caso, haverá risco de se agravarem as lesões neurológicas.

Com base na importância da instabilidade e no estreitamento do canal medular, como fatores potencialmente lesivos, vários estudos foram efetuados, na tentativa de se estabelecerem critérios que fornecessem aos médicos parâmetros confiáveis quanto à proporção da instabilidade (Denis 1983) e à tolerância da medula à estenose do canal vertebral. Essas alterações variam, nos níveis anatômicos T12, L1 e L2. Hashimoto et al. (1988) encontraram sinais de déficit neurológico, quando a fratura causava 35% de redução da área do canal em T12 e 50% em L1.

As técnicas operatórias evoluíram e os implantes atuais utilizam parafusos transpediculares. Vários modelos de implantes encontram-se disponíveis no mercado, cujo uso objetiva fixação da fratura e age como uma ponte, que transfere as cargas para as vértebras adjacentes à fraturada. Além disso, pode-se fazer distração, correção da cifose e provocar ligamentotaxia que reduz os fragmentos retrojetados intracanais (DEWALD, 1984; FREDRICKSON et al., 1988). Quanto à ordem seqüencial entre as manobras para correção da cifose e a distração para recuperar o comprimento original da vértebra, Dick (1985) e Aebi (1987)

preconizaram, primeiramente, uma distração, posteriormente uma manobra para corrigir a cifose. Se esta seqüência de manobras interfere nos resultados da ligamentotaxia, foi avaliada por um experimento *in vitro*.

Para a realização do ensaio de ligamentotaxia é necessário produzir um modelo que simule uma fratura tipo explosão. Existem descrições de modelos experimentais de fraturas tipo explosão, que usam momento de flexão e/ou compressão axial, e raramente são capazes de reproduzir a gravidade com que aparecem na prática médica (LANGRANA, 2002).

2 OBJETIVO PRINCIPAL

O objetivo do trabalho foi avaliar, experimentalmente, o efeito das variações da seqüência das manobras de ligamentotaxia em modelo experimental de vértebra de suíno, com fratura do tipo explosão, utilizando-se um fixador interno, por alternância entre correção da cifose e distração.

2.1 Objetivos preliminares

1) Desenvolvimento de um equipamento para realização dos ensaios de impacto.

2) Desenvolvimento de um modelo experimental de fratura do tipo explosão, utilizando-se vértebras de suíno.

3 MATERIAL E MÉTODO

3.1 Obtenção e preparação dos modelos experimentais

Foram utilizados segmentos de colunas de trinta suínos, com média de idade 5 meses. Esses suínos eram híbridos, derivados da raça “LANDRACE”, pesavam em média (102,05 ± 3,47) Kgf. Os segmentos de colunas foram adquiridos, logo após o abate dos animais, em açougues da cidade de Araguari - MG. As colunas foram retiradas por inteiro e identificadas foram as três vértebras da transição tóraco-lombar, que compunham o segmento a ser utilizado como modelo. Para identificá-las, foi usado, como referência, o sacro. A partir deste, contavam-se 5 vértebras, na direção cranial. A partir da quinta vértebra desta seqüência, eram colhidas as três vértebras seguintes: a sexta, a sétima e a oitava. Estas foram separadas dos segmentos caudal e cefálico, por meio de desarticulações. Desse modo, cada segmento de coluna coletada, presumidamente, era composto por: T12, T13 e L1. A Figura 1 apresenta um desenho do esqueleto de suíno, mostrando em destaque a espinha.

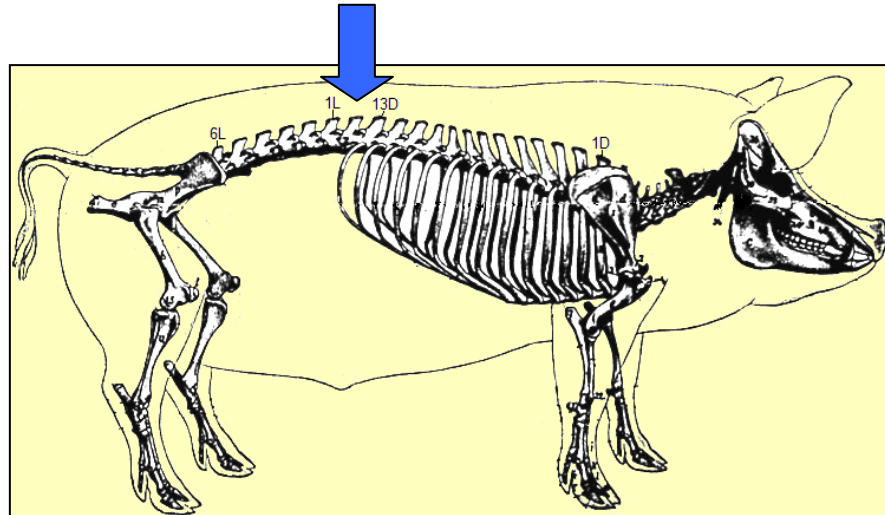


Figura 1. Mostra um desenho de esqueleto de suíno. A seta indica a transição toracolombar.

Estes segmentos eram enfaixados com ataduras úmidas, embalados em sacos plásticos e transportados em caixa térmica, com gelo, durante 4 horas, até o Laboratório de Bioengenharia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto.

3.1.1 Inclusão em cimento acrílico do modelo experimental

O preparo dos segmentos de colunas consistiu no arrancamento total da medula espinhal, com partes de raízes ainda remanescentes e na remoção da musculatura paravertebral, por meio de incisões, raspagem e curetagem, preservando-se os ligamentos e cápsulas articulares. Uma secção para retirada de 2/3 posteriores das apófises espinhosas foi feita com uma serra.

Antes da inclusão das extremidades do segmento vertebral, mediu-se o comprimento do corpo vertebral íntegro, por meio de um paquímetro. Como referência para tal medida, utilizaram-se as bordas que delimitam a transição, entre o osso do corpo vertebral e as fibras dos discos adjacentes.

Com cimento acrílico (polimetilmetacrilato), incluíram-se as duas vértebras situadas nas extremidades do segmento, deixando-se a intermediária e os discos intervertebrais completamente fora da resina.

As formas para inclusão das vértebras eram cilíndricas, feitas de tubos de aço inoxidável. As dimensões da forma (A), utilizada para incluir a vértebra L1 eram de: 60,0 mm de diâmetro interno, 1,5 mm de espessura, comprimento variando de 42,0 a 48,0 mm, para produzir uma inclinação de 6 graus na direção anteroposterior do modelo. As dimensões da forma (B), utilizada para incluir a vértebra T13 (cefálica) possuíam: 60,0 mm de diâmetro interno, 1,5 mm de espessura e 50,0 mm de comprimento. A Figura 2 apresenta as formas utilizadas nas inclusões das extremidades do modelo em cimento acrílico. A forma (A), com inclinação de 6 graus e a forma (B), sem inclinação (bases paralelas). Com fita adesiva as formas foram fechadas nas extremidades e o interior das mesmas forrou-se com papéis impregnados de vaselina.

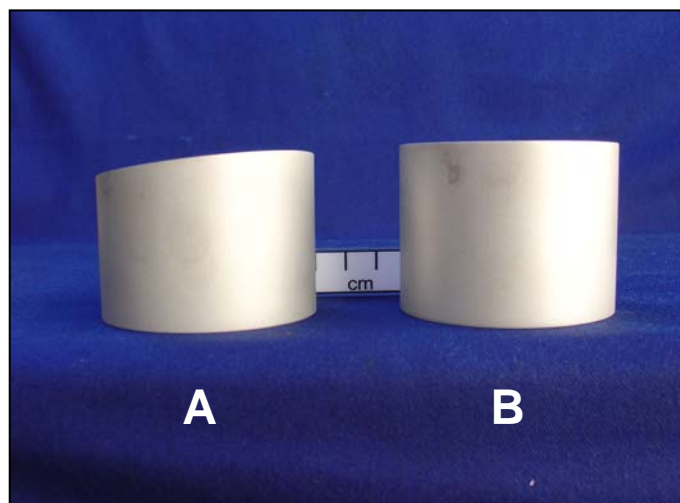


Figura 2. Formas para inclusão das extremidades dos segmentos das vértebras. (A) Forma com inclinação de 6 graus. (B) Forma sem inclinação (bases paralelas).

O cimento acrílico foi preparado com uma mistura, na proporção de 2 partes de resina em pó para uma parte de líquido catalisador, o que permitiu uma consistência pastosa apropriada às inclusões. Utilizou-se a forma (B), preenchida, em dois terços do seu volume, com cimento acrílico, para se incluir a vértebra cranial. Esta foi mergulhada na resina até a margem do disco intervertebral. O segmento vertebral (modelo) manteve-se na posição vertical até que a resina se solidificasse. O procedimento foi repetido para a inclusão da vértebra caudal; levou-se em consideração a inclinação da forma (A) e utilizou-se como parâmetro o paralelismo do segmento vertebral às bordas laterais dos cilindros. A Figura 3 apresenta a vista frontal do modelo de segmento vertebral de suíno, com as formas preparadas com cimento acrílico. Nesta vista observam-se os discos intervertebrais fora da inclusão do cimento acrílico. A Figura 4 apresenta um desenho esquemático de uma vista lateral do modelo, mostrando a inclinação da forma (A). Este posicionamento foi adotado, para se realizarem as fraturas tipo explosão nos modelos, submetidos ao equipamento de impacto. A forma (A) está na parte superior, local de aplicação da carga e a forma (B), está posicionada na parte inferior.

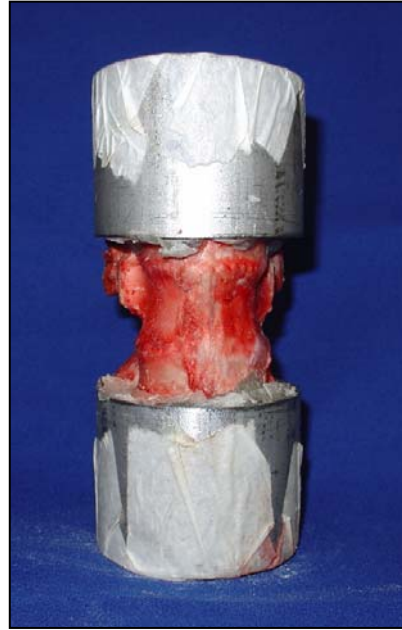


Figura 3. Vista frontal do modelo com os discos intervertebrais fora da inclusão com cimento acrílico.

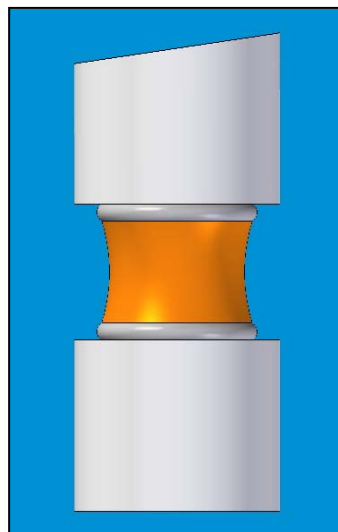


Figura 4. Desenho esquemático de uma vista lateral do modelo mostrando a inclinação da forma (A).

3.1.2 Armazenamento e descongelamento

Após a inclusão das extremidades do modelo em cimento acrílico, este foi novamente embalado em recipiente plástico e armazenado em um congelador

(freezer) a -20° C. Os ensaios para se obterem fraturas tipo explosão foram realizados em grupos de 5 modelos. Para se praticar o descongelamento, retiraram-se os modelos do freezer, conservando-os por 13 horas em geladeira, com temperatura em torno de 4° C e mais 3 horas em temperatura ambiente (25° C), antes da realização dos ensaios. Este procedimento, foi adotado como rotina para padronizar o descongelamento, foi realizado em todos modelos.

3.2 Equipamento para produção das fraturas

O equipamento utilizado para se produzirem as fraturas do tipo explosão está ilustrado na Figura 5. Sua construção assemelha-se ao esquema de Friedrichson et al. (1992). Aproveitou-se a estrutura de uma máquina universal de testes, então desativada no Laboratório de Bioengenharia da FMRP-USP, para a montagem do equipamento. Na altura das colunas foi acrescido um metro, de modo que as colunas do equipamento ficaram com 2 m (7). Uma travessa (4) com regulagem de altura é utilizada para apoiar e limitar o deslocamento do peso, por meio de uma aba (5). Entre as colunas adaptou-se uma barra guia com 1 pol. de diâmetro e 1,6 m de comprimento (6). A 40 cm da extremidade superior a barra possui um orifício onde se localiza um pino (9). Este serve como suporte e gatilho. Na extremidade inferior da barra fixou-se uma plataforma (3), contendo um encaixe elíptico para conter a forma A. Esta plataforma serve para aplicação da carga sobre o modelo. Sobre a base da máquina (1) é fixa uma plataforma guia (2) para o posicionamento da forma B. O peso constituído por um bloco cilíndrico de chumbo de 30Kgf (8) e uma anilha de ferro de 4Kgf foram fixados pela parte superior, a um cabo de aço (10) e encaixados na barra (6), através de um furo passante no centro do bloco. A barra

serve como guia para o peso que, ao cair, é direcionado, precisamente, sobre os modelos. O peso é elevado à altura de 1 m da aba, puxado por um cabo de aço, acionado por um sistema de elevação constituído por um motor elétrico (13) acoplado a um redutor de velocidade que faz girar um cilindro (12). Quando em movimento, o cabo de aço enrola sobre o cilindro e este eleva o peso para a altura desejada. Todo esses sistemas ficam sobre o suporte superior do equipamento (11).

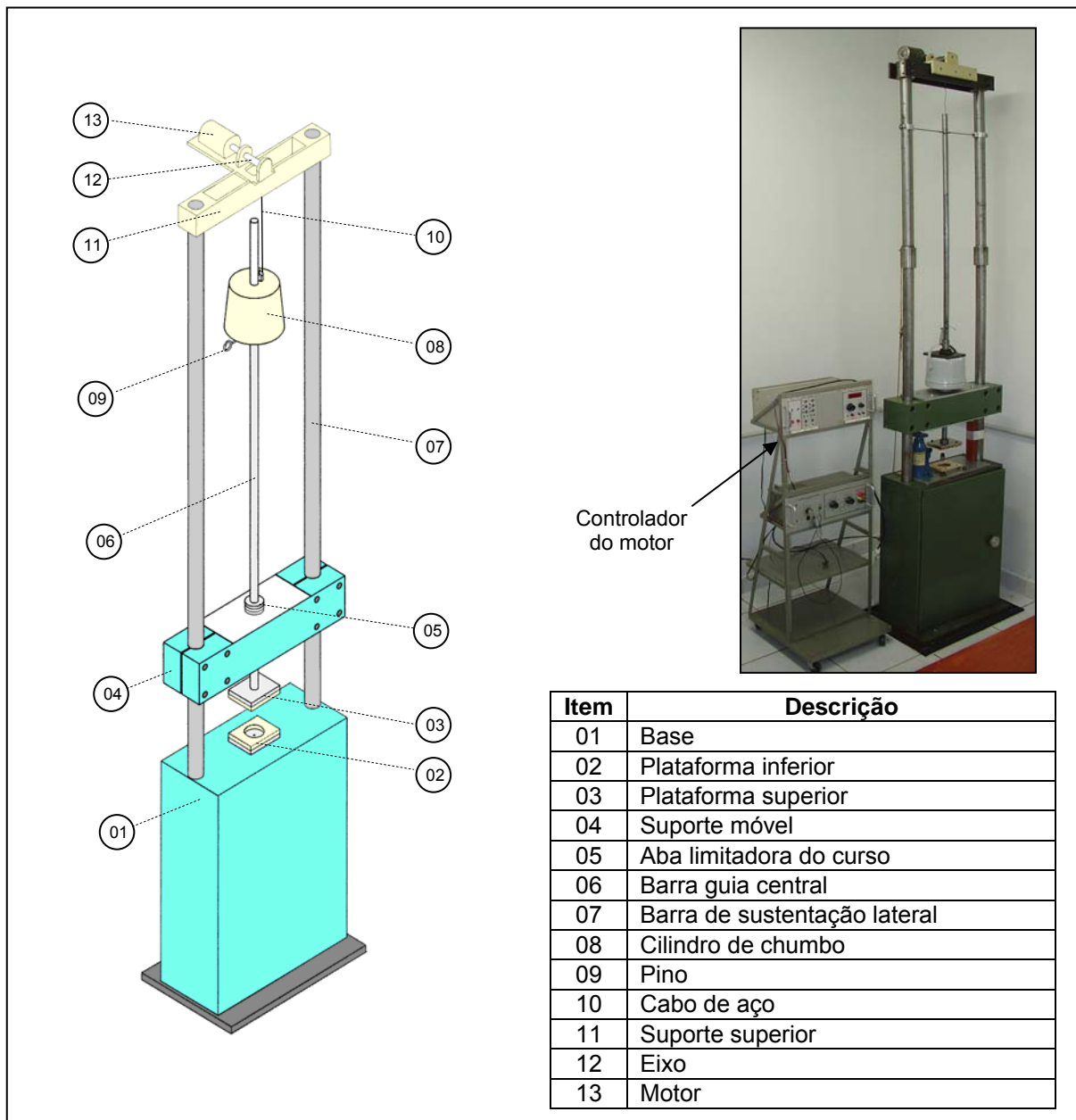


Figura 5. Equipamento para provocar fraturas tipo explosão

Detalhes do equipamento com apresentação das principais partes:

-Base (01) – Construída com chapas de aço de 5mm de espessura, de 260mmx600mmx600mm.

-Bandeja inferior (02) – Suporte com encaixe circular para o modelo.

-Bandeja superior (03) – Suporte com encaixe elíptico para o modelo.

-Suporte móvel (04) – Trave horizontal de altura regulável.

-Aba limitadora do curso (05) – Flange da barra guia central.

-Barra guia central (06) – Barra cilíndrica vertical central acoplada ao suporte móvel.

-Barra de sustentação lateral (07) – Barras cilíndricas verticais acopladas à base, ao suporte móvel e ao suporte superior.

-Cilindro de chumbo (08) – Bloco cilíndrico feito de chumbo, anexo a uma anilha (34kgf).

-Gatilho (09) – Contrapino situado a 1m da aba limitadora do curso.

-Cabo de aço (10) – Responsável pela elevação do cilindro de chumbo.

-Suporte superior (11) – Trave horizontal fixa na extremidade superior das barras de sustentação lateral.

-Eixo (12) – Conectado ao eixo do motor por meio de redução, para enrolar o cabo de aço.

-Motor (13) – Motor elétrico posicionado sobre o suporte superior.

3.2.1 Produção das fraturas

Primeiramente, foi acionado o motor para elevar o peso até acima do orifício do pino. Feito isso, colocou-se o pino. Posteriormente, o modelo foi posicionado nas plataformas inferior e superior. A seguir, soltou-se o peso sobre o pino, realizando-se um carregamento preliminar sobre o modelo. Finalmente, foi regulada a altura da travessa para uma posição de 1 cm da aba. A Figura 6 mostra um desenho esquemático do posicionamento do modelo a ser fraturado.

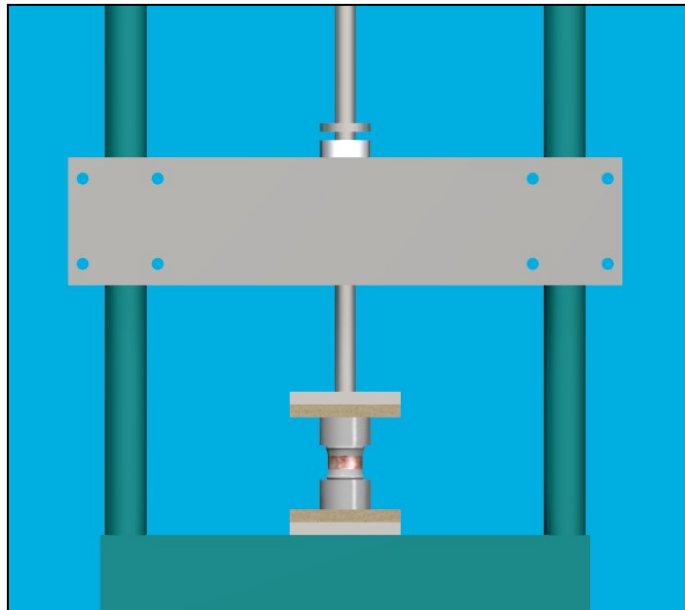


Figura 6. Mostra um desenho esquemático do posicionamento do modelo a ser fraturado.

Para acionar o gatilho, o pino foi puxado para fora do orifício, utilizando-se o mesmo cabo de aço que elevou o peso. Após o acionamento, o peso caía até a aba, direcionado pela barra guia. A energia de impacto aplicada ao modelo era em torno de 333,2 Joules. Calculou-se esta, considerando a massa ($m = 34 \text{ Kg}$), aceleração da gravidade ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) e altura de queda ($h = 1 \text{ m}$). Utilizando-se a fórmula ($E =$

m.g.h) para cálculo da energia potencial, tem-se que $E = 333,2$ Joules, A Figura 7 apresenta um desenho esquemático do peso em contato com a aba descida. No impacto, a aba foi empurrada 1,0 cm, encontrando-se, assim, a travessa que limitava o deslocamento. Isto transmitia o impacto à vértebra e obtinha-se a fratura.

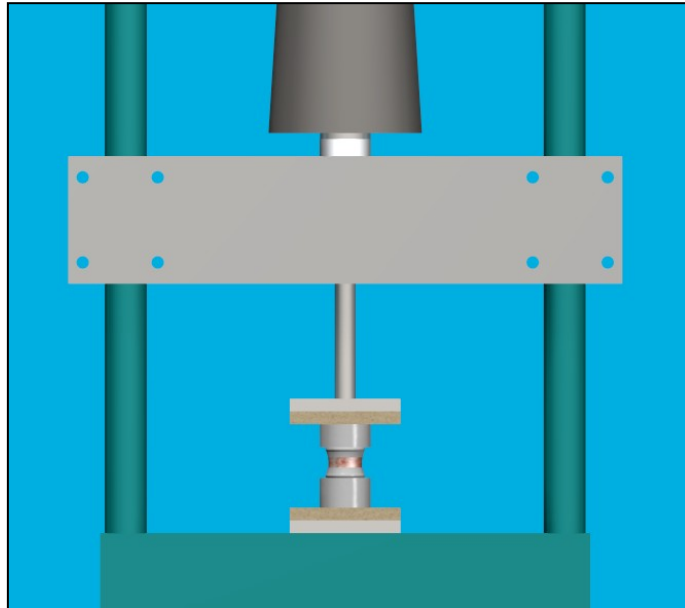


Figura 7. Mostra um desenho esquemático do peso em contato com a aba descida.

Para retirada do modelo já fraturado era necessário elevar a travessa. Um macaco hidráulico foi utilizado para esse fim.

3.2.2 Seleção de modelos fraturados

Com a finalidade de padronizar o modelo experimental, os trinta exemplares de fraturas foram submetidos a um processo de seleção. Entre eles, 10 foram escolhidos por se apresentarem com semelhanças, tornando-os comparáveis entre si.

3.3 Tomografia computadorizada

Foram realizadas tomografias computadorizadas dos modelos fraturados antes e após cada manobra de ligamentotaxia. Para isso, utilizou-se o Tomógrafo Computadorizado modelo Tomoscan CX/L, Philips[®], do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP. A Figura 8 apresenta o modelo posicionado e preparado para realização da tomografia computadorizada.

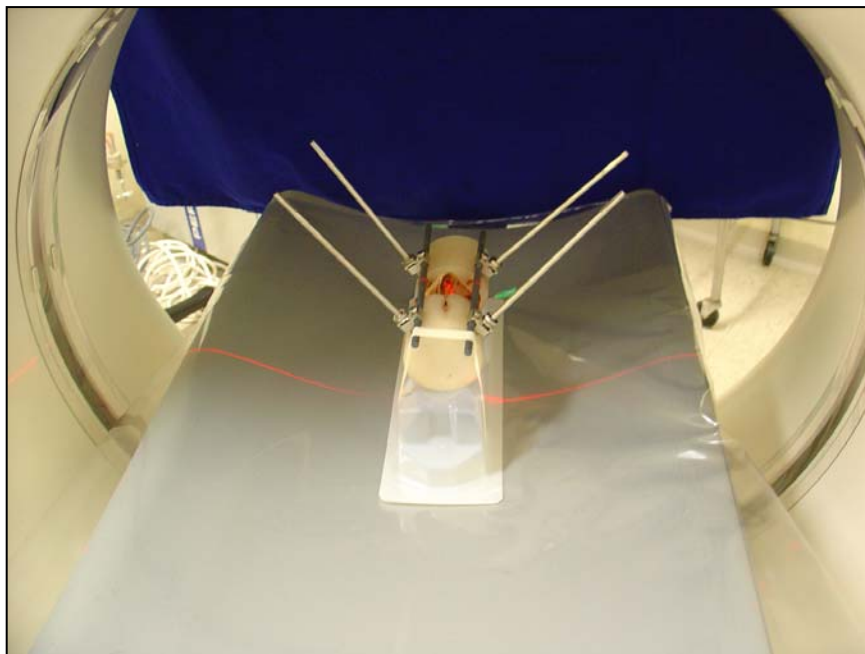


Figura 8. Mostra um modelo posicionado para realização da tomografia computadorizada.

3.3.1 Tomografias antes das manobras

Com o objetivo de se verificarem as dimensões e as posições dos fragmentos ósseos que estão dentro do canal da vértebra fraturada, fez-se a tomografia completa de cada corpo vertebral. Os cortes foram realizados a cada 3mm de espessura.

Para se escolher o sítio a ser analisado durante as manobras que pretendiam movimentar os fragmentos, por meio de distração e correção da cifose, utilizou-se,

como critério, a localização da parte mais visível do fragmento e que estivesse mais próxima do terço médio do corpo vertebral; o número do corte foi anotado.

O tomógrafo projeta uma linha no sítio exato do número do corte escolhido, sob orientação da qual, introduz-se uma agulha hipodérmica na substância esponjosa do osso. Desta maneira, deixa-se fixado o plano a ser tomografado durante as manobras de distração e correção da cifose. A Figura 9 apresenta o modelo com a marcação feita com uma agulha hipodérmica, posicionada na linha demarcada pelo infravermelho do tomógrafo, em duas vistas.

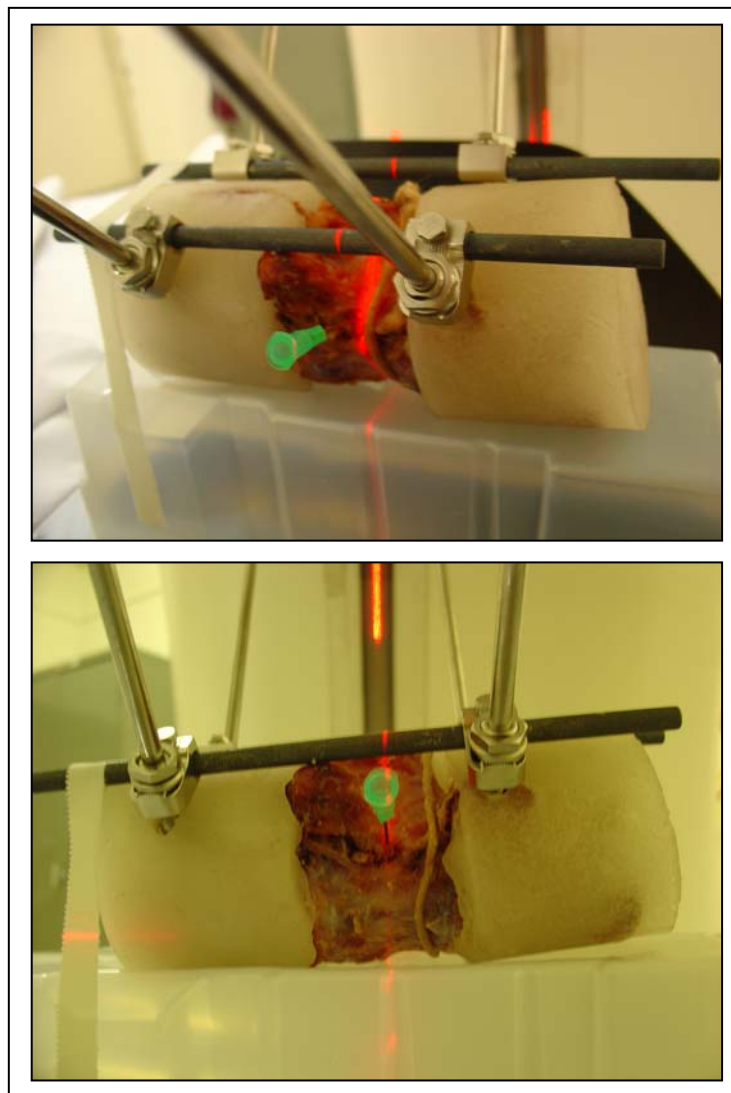


Figura 9. Sítio da tomografia marcada com uma agulha hipodérmica, posicionada sobre a linha projetada pelo infravermelho do aparelho, apresentada em duas vistas.

A Figura 10 apresenta um exemplo de tomografia realizada em um dos modelos fraturados, com cortes transversais em dois sítios. (a) apresenta um corte onde não se observam fragmentos no canal e (b) apresenta um outro corte onde se observam fragmentos no canal e a imagem da agulha utilizada na marcação.

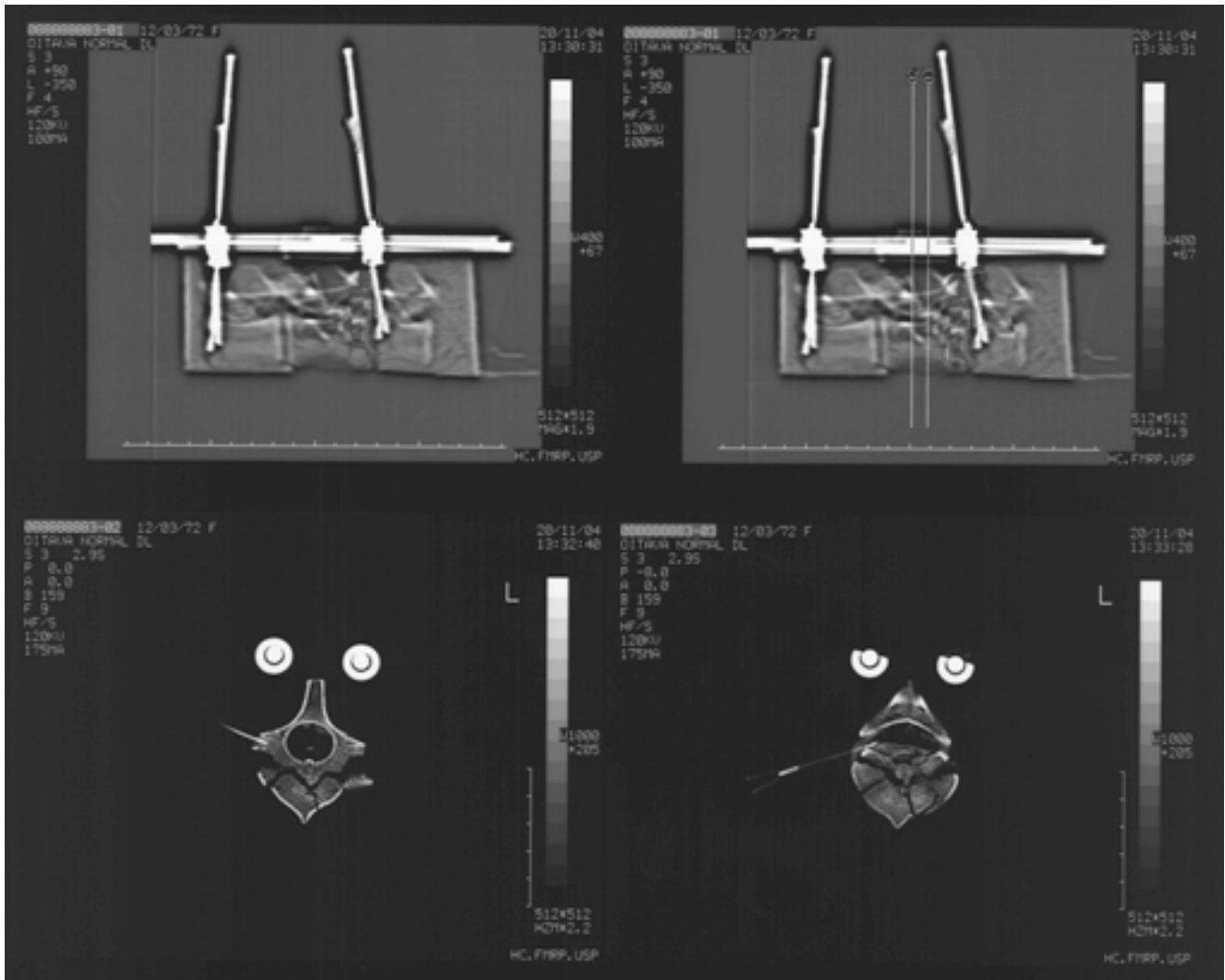


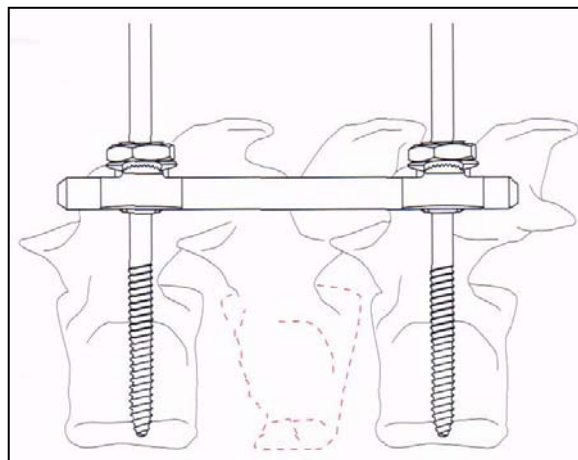
Figura 10. Exemplo de uma tomografia, mostrando (a) corte onde não se observam fragmentos no canal e (b) corte onde se observa fragmentos no canal. Mostra, também, a imagem da agulha, utilizada para marcação.

3.4 Ligamentotaxia

Para realização da ligamentotaxia, neste trabalho, foi utilizada a técnica padrão recomendada, do fixador interno SYNTHES.

3.4.1 Implantação do fixador interno

Para se implantarem os parafusos de Schanz, através dos pedículos das vértebras adjacentes à vértebra fraturada, foram utilizadas uma furadeira elétrica portátil e uma broca de 2,5mm de diâmetro, para se fazer um orifício no cimento acrílico e no osso. Um pino rosqueado tipo Schanz acoplado à chave T foi introduzido manualmente, fazendo-o passar através dos pedículos direito e esquerdo, de cada vértebra adjacente à fraturada. Foram adotados a posição vertical em relação ao plano coronal e 45 graus de inclinação lateral, em relação ao sagital. Os pinos foram conectados entre si, por rótulas. A Figura 11 apresenta um desenho esquemático, mostrando os pinos de Schanz fixados através dos pedículos e unidos pelas barras.



Fonte: Fixador Interno Synthes®

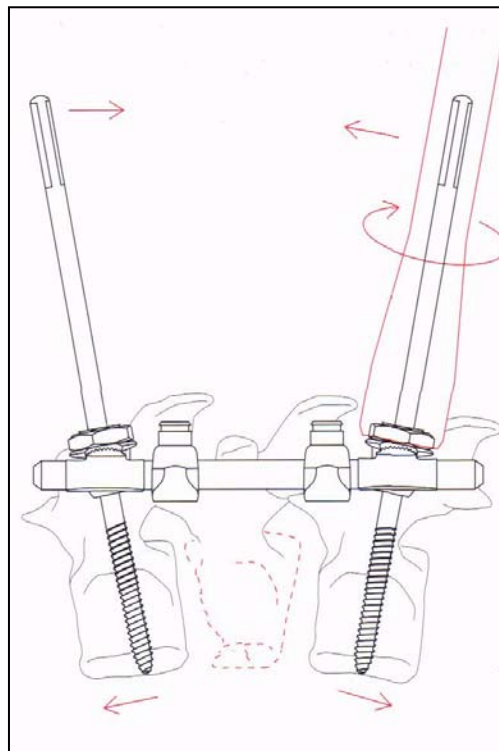
Figura 11. Mostra um desenho esquemático do fixador interno implantado.

3.4.2 Realização das manobras para ligamentotaxia

Após a fixação, foram realizadas manobras, a fim de se obterem distração e restituição da curvatura lombar (lordose).

3.4.2.1 Manobras para se obter a restituição da curvatura lombar

Uma chave apropriada que se encaixou no pino de Schanz e na porca foi utilizada como alavanca. Ela faz o pino, inserido no pedículo da vértebra caudal, inclinar-se na direção cefálica e o da vértebra cefálica, inclinar-se na direção caudal. Esta manobra promove a divergência das extremidades inferiores dos pinos, acarretando uma lordose. Após cada manobra, fazia-se o aperto completo da porca que travava o sistema de cremalheira da rótula. A Figura 12 apresenta, sobre isso, um desenho esquemático.

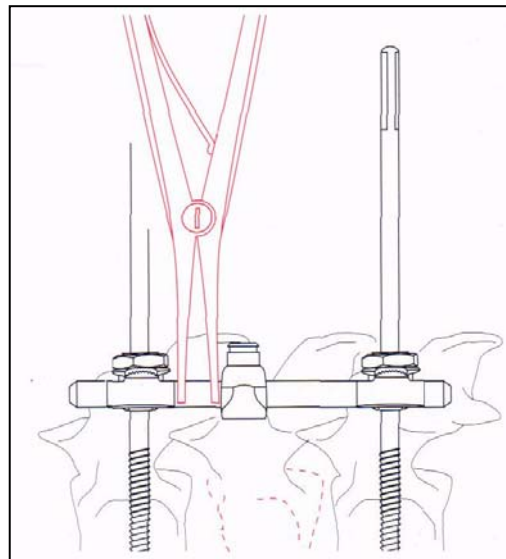


Fonte: Fixador Interno Synthes®

Figura 12. Mostra um desenho esquemático da manobra para correção da cifose

3.4.2.2 Manobras para se obter a distração

Um anel é fixo à barra a 1 cm da rótula. Posiciona-se a pinça separadora entre a rótula frouxa e o anel fixo à barra, e faz-se o afastamento entre eles. Posteriormente, aperta-se a porca da rótula, fixando-se a distância pretendida. A Figura 13 apresenta um desenho esquemático da manobra utilizada, para realizar a distração.



Fonte: Fixador Interno Synthes®

Figura 13. Mostra um desenho esquemático da manobra utilizada na distração

3.4.3 Seqüência das manobras

Os 10 modelos foram divididos em dois grupos, com 5 cada. O primeiro grupo foi denominado (lor+dis), em que foi realizada primeiramente a Lordose e depois a distração. Finalizada a seqüência de manobras desse grupo, o mesmo submeteu-se a uma compressão por meio uma morsa, a fim de se realizar o encolhimento dos respectivos modelos, restituindo-os à posição inicial da fratura.

Referidos modelos com suas fraturas reposicionadas, aos quais se denominou (R:dis+lor), foram novamente submetidos a uma seqüência de manobras, iniciando-se, desta vez, com distração e depois correção da cifose. O segundo grupo foi denominado (dis+lor), em que foi realizada a distração e depois a lordose. A seguir, repetiram-se os procedimentos realizados no primeiro grupo, restituindo-se, à posição original, os modelos, agora denominados (R:lor+dis). Após cada procedimento, fez-se um exame tomográfico. O quadro 01 apresenta um resumo da seqüência das manobras realizadas em cada modelo.

Quadro 01: Seqüência de manobras realizada em cada modelo

Modelos	1ª Manobra	2ª manobra	Compressão	1ª Manobra	2ª manobra
01	D	L	C	L	D
02	L	D	C	D	L
03	D	L	C	L	D
04	L	D	C	D	L
05	D	L	C	L	D
06	L	D	C	D	L
07	D	L	C	L	Di
08	L	D	C	D	L
09	D	L	C	L	D
10	L	D	C	D	L

D: Distração

L: Lordose (correção da cifose)

C: Compressão

A Figura 14 apresenta imagens tomográficas de um dos modelos submetidos à (dis+lor). Observa-se, neste exemplo, uma abertura do canal medular, com a redução dos fragmentos ósseos.

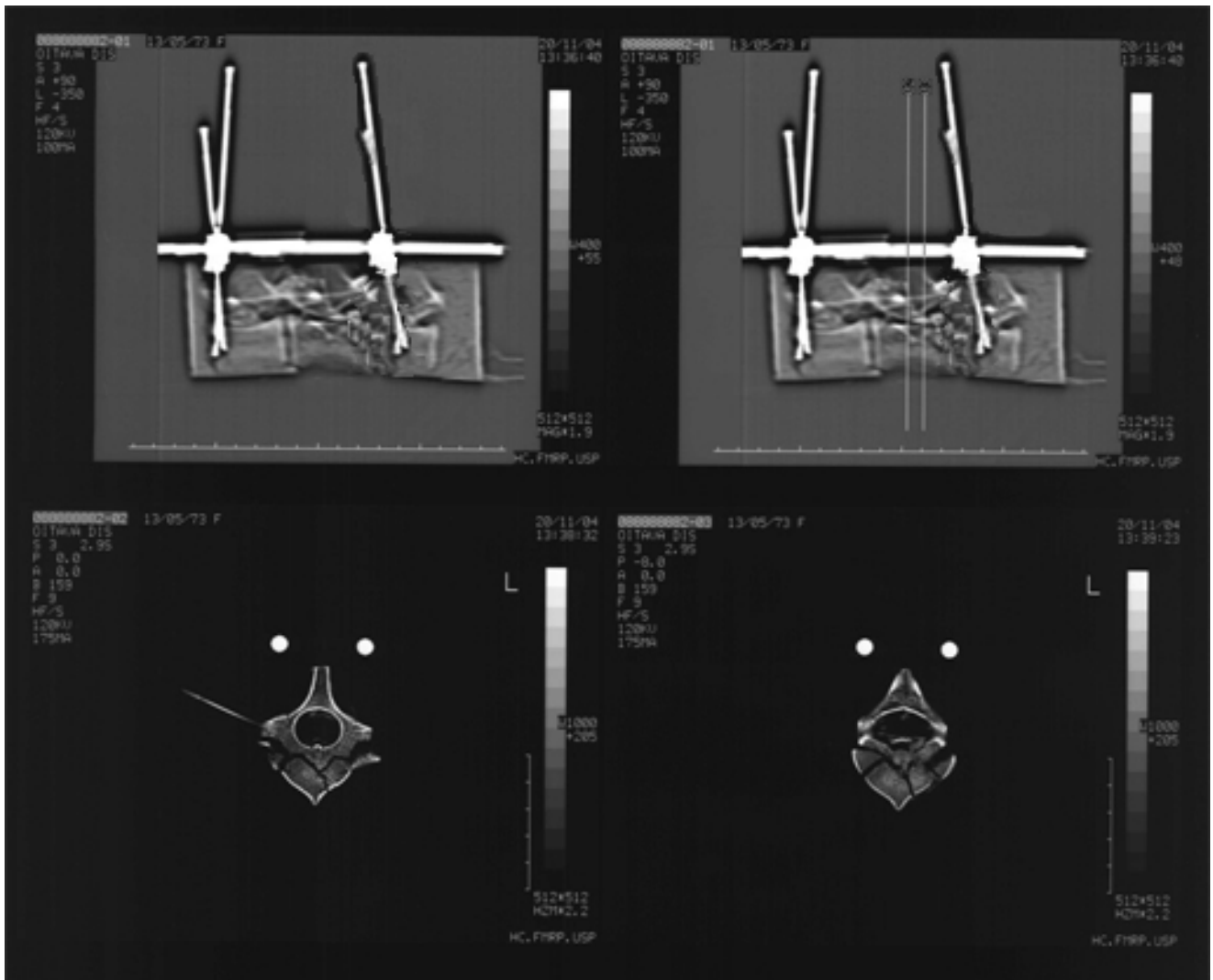


Figura 14. Tomografia mostra um modelo submetido a manobras de distração e depois lordose, com redução dos fragmentos ósseos.

3.5 Mensuração do diâmetro anteroposterior da linha média do canal vertebral

As medidas do diâmetro anteroposterior da linha média do canal vertebral foram realizadas em uma imagem de tomografia, utilizando-se um paquímetro. Media-se, na linha média do canal vertebral, a distância da borda do fragmento até a borda anterior do arco vertebral. O deslocamento dos fragmentos foi medido subtraindo-se o diâmetro original (pré-manobra) do diâmetro pós segunda manobra.

3.6 Análise estatística

Foi avaliada a normalidade dos dados, utilizando-se o teste de Shapiro-Wilks. E, para comparação dos dados, utilizou-se um teste paramétrico: o teste *t* de *Student*. Em todas as análises foi adotado um nível de significância de 5%.

4 RESULTADOS

A altura dos 10 corpos vertebrais (T13), medida nos modelos originais e fraturados, selecionados, está apresentada na Tabela 1 e Figura 15. Em média, houve um decréscimo de 7 mm na altura dos modelos fraturados, em relação à altura original da vértebra.

Tabela 1. Altura do corpo vertebral em milímetros

Vértebras	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Média	Desv. Pad.
Íntegra	30	29	29	31	30	32	30	30	31	29	30,10	0,99
Fraturada	23	23	22	24	23	24	23	23	23	22	23,00	0,67

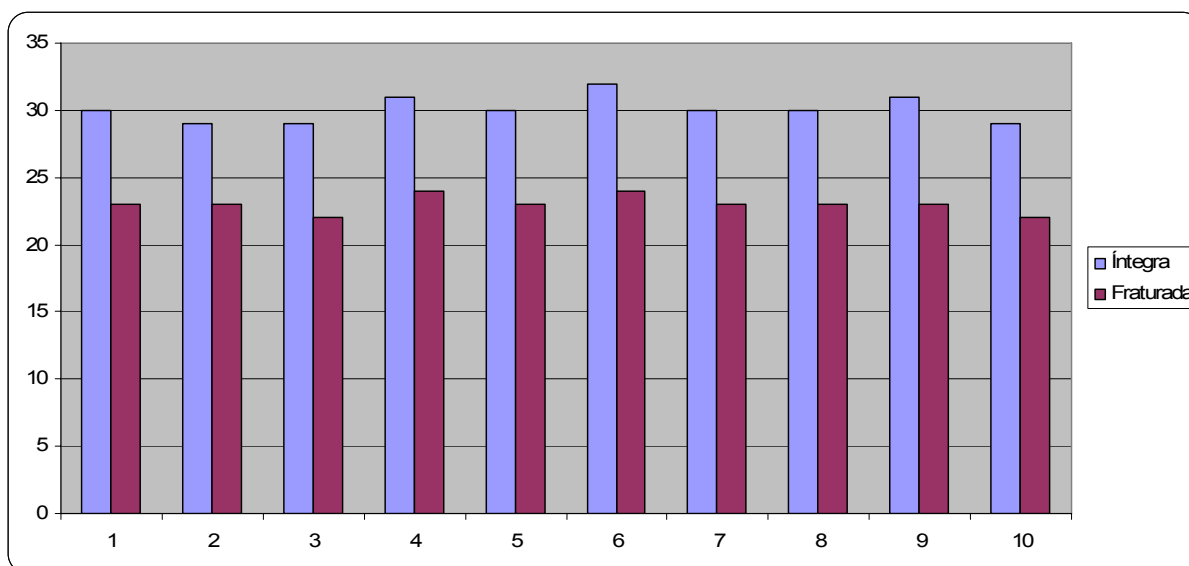


Figura 15. Gráfico comparativo, ilustrando, antes e após a produção das fraturas, a altura dos corpos vertebrais, selecionados para o estudo.

4.1 Avaliação das medidas com ligamentotaxia

A avaliação do resultado final da manobra de ligamentotaxia, não considerando a seqüência, mostrou que ocorreu um deslocamento.

Houve descompressão do canal vertebral, por meio do deslocamento anterior do fragmento intracanal. O deslocamento observado do fragmento do corpo vertebral variou de -1 a 4 mm, com a média 1,4, DP1,3. Foi observada diferença estatística com relação ao valor apresentado, antes da realização da ligamentotaxia.

As medidas do diâmetro ântero-posterior do canal vertebral foram realizadas antes e depois da execução da primeira e da segunda manobra. A Tabela 2 apresenta as medidas dos diâmetros dos canais vertebrais: originais (antes da manobra); dos submetidos à distração; do somatório da distração com a restituição da curvatura lombar (dis+lor) e dos deslocamentos dos fragmentos de fraturas originais e refeitas. A Figura 16 apresenta a comparação entre as médias dos diâmetros. A Tabela 3 apresenta as medidas dos diâmetros dos canais vertebrais: antes da manobra (originais); depois da manobra, utilizando-se a restituição da curvatura lombar (lordose); depois da segunda manobra, somatório da restituição da curvatura lombar com a distração (lor+dis) e deslocamentos dos fragmentos de fraturas originais e refeitas. A Figura 17 apresenta a comparação entre as médias dos diâmetros.

Tabela 2. Medida do diâmetro ânteroposterior do canal vertebral medulares e deslocamento do fragmento projetado no interior do canal vertebral em fraturas originais e refeitas (Distração + Lordose).

	Vértebras	Antes da manobra Original (mm)	Depois da manobra Distração (mm)	Depois da manobra Dis+Lor (mm)	Deslocamento do fragmento (mm)
Fraturas originais	I	9,0	8,0	8,0	-1,0
	III	8,0	9,0	12,0	4,0
	V	7,0	8,0	9,0	2,0
	VII	6,0	8,0	9,0	3,0
	IX	11,0	11,0	11,0	0,0
	Média	8,2	8,8	9,8	1,6
	DP	1,9	1,3	1,6	1,8
Fraturas refeitas	II	8,0	10,0	10,0	2,0
	IV	5,0	7,0	7,0	2,0
	VI	5,0	7,0	6,0	1,0
	VIII	6,0	7,0	7,0	1,0
	X	8,0	9,0	8,0	0,0
	Média	6,4	8,0	7,6	1,2
	DP	1,5	1,4	1,5	0,8
Média		7,3	8,4	8,7	1,4
DP		1,9	1,3	1,9	1,3

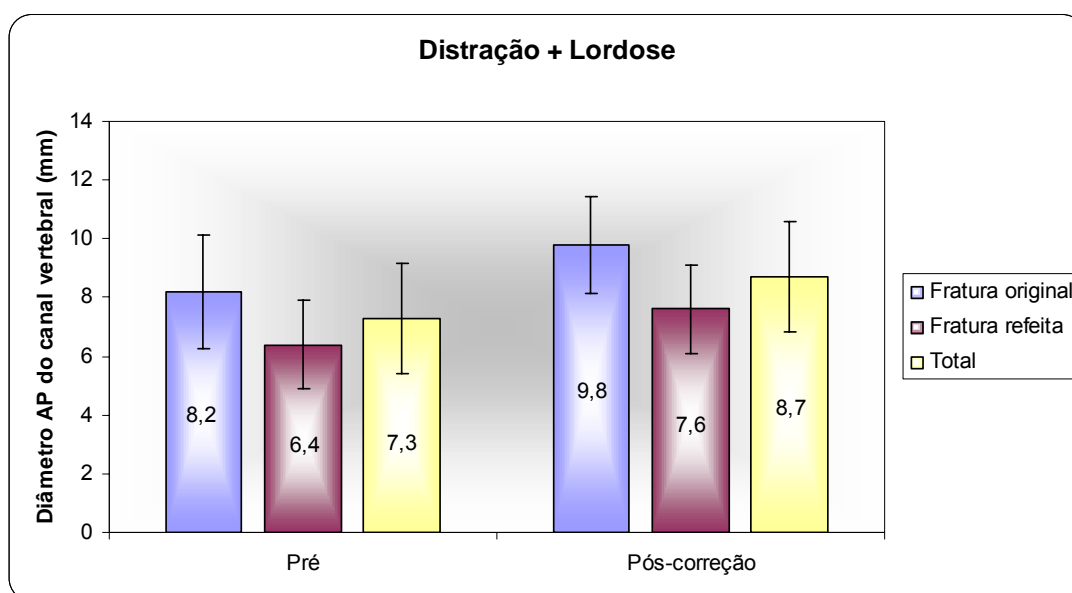


Figura 16. Comparação da média dos diâmetros pré-manobras (original) com a média dos diâmetros pós-correção (dis+lor).

Tabela 3. Medidas dos diâmetros anteroposteriores dos canais medulares e deslocamentos dos fragmentos em fraturas originais e refeitas (Lordose + Distração).

	Vértebras	Antes da manobra Original (mm)	Depois da manobra Lordose (mm)	Depois da manobra Lor+Dis (mm)	Deslocamento fragmento (mm)
Fraturas originais	II	9,0	10,0	12,0	3,0
	IV	5,0	7,0	8,0	3,0
	VI	5,0	6,0	7,0	2,0
	VIII	7,0	10,0	11,0	4,0
	X	5,0	9,0	9,0	4,0
	Média	6,2	8,4	9,4	3,2
	DP	1,8	1,8	2,1	0,8
Fraturas refeitas	I	8,0	9,0	10,0	2,0
	III	9,0	11,0	13,0	4,0
	V	6,0	8,0	10,0	4,0
	VII	6,0	8,0	10,0	4,0
	IX	11,0	12,0	12,0	1,0
	Média	8,0	9,6	11,0	3,0
	DP	2,1	1,8	1,4	1,4
Média		7,1	9,0	10,2	3,1
DP		2,1	1,8	1,9	1,1

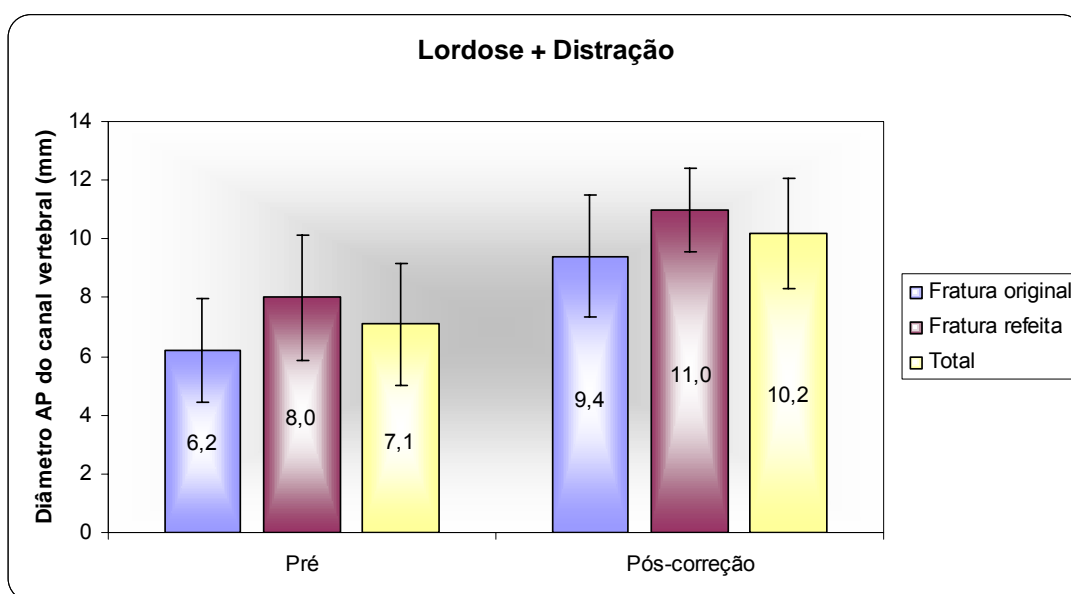


Figura 17. Comparação da média dos diâmetros antes das manobras (original) com a média dos diâmetros depois da correção (lor+dis).

Ao se desmembrarem os procedimentos lor+dis e dis+lor e se compararem as originais e as refeitas, observa-se, de acordo com os dados encontrados, uma semelhança evidente entre as mudanças do diâmetro do canal vertebral fraturado. Esses dados permitem uma análise comparativa do conjunto.

A comparação dos diâmetros antes das manobras (original) com os diâmetros depois das manobras feitas (dis+lor ou lor+dis) apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p \leq 0,001$). Esta comparação é mostrada na Figura 18. Isso significa que houve a ocorrência da ligamentotaxia sobre a vértebra fraturada, nos dois tipos de manobras.

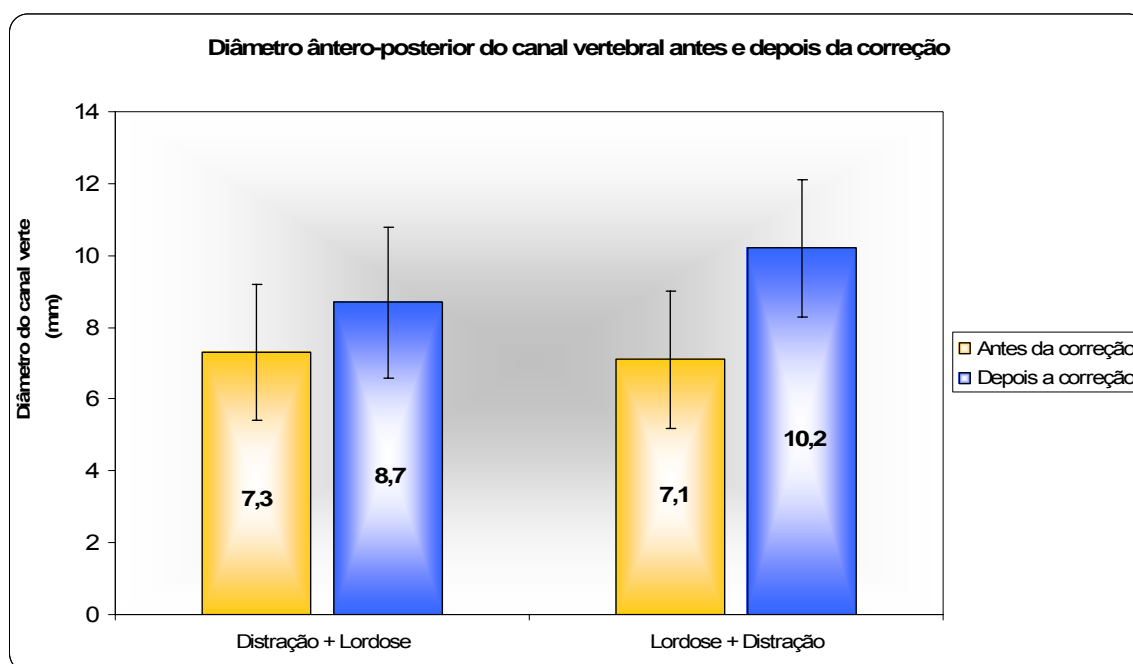


Figura 18. Comparação dos diâmetros antes das manobras (original) com os diâmetros depois das manobras

A comparação dos resultados dos deslocamentos obtidos pela manobra de distração+lordose com a de lordose+distração não mostrou diferenças,

estatisticamente significativas ($p \leq 0,06$), considerando-se os valores obtidos em todos os testes realizados. A análise dos dados percentuais apresentou diferença entre os dois métodos. Em que pese, não ser estatisticamente significativo, o valor encontrado, aproximou-se este, do nível de significância adotado ($p \leq 0,05$). Esta proximidade sugere uma tendência de melhor correção, quando se faz a seqüência (lor+dis). A Figura 19 apresenta a comparação dos deslocamentos dos fragmentos, quando se fazem a seqüências (dis+lor e lor+dis).

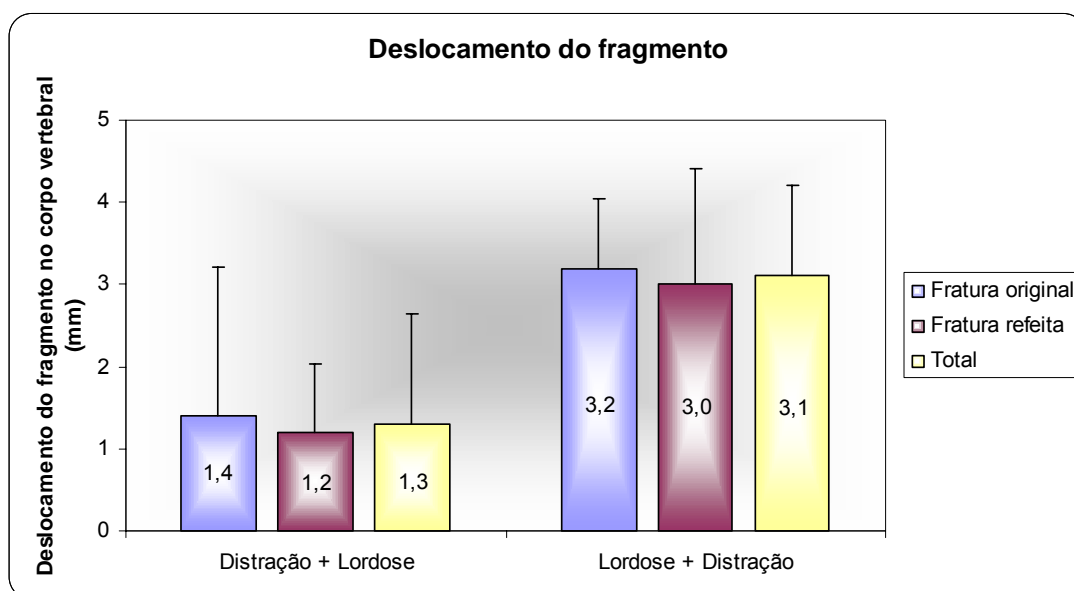


Figura 19. Comparação dos deslocamentos dos fragmentos quando se fazem as seqüências (dis+lor e lor+dis).

Realizando-se uma análise percentual dos deslocamentos dos fragmentos em relação ao diâmetro original, encontramos: o aumento do diâmetro, na manobra dis+lor, foi de 19,2% e na manobra lor+dis, de 43,7%. O deslocamento do fragmento na seqüência de manobra lor+dis foi 121,4% maior que o deslocamento da manobra dis+lor.

5 DISCUSSÃO

A eficiência de uma técnica cirúrgica, no tratamento das fraturas tipo “explosão” depende muito da experiência do médico, porém alguns detalhes técnicos podem fazer diferença no resultado. Entre estes, apontamos a seqüência das manobras distração x lordose preconizada pela AO, para se obter ligamentotaxia e, desta maneira, reduzir, ainda que parcialmente, os fragmentos contidos no interior do canal vertebral. Este assunto pode gerar controversias. O tratamento cirúrgico da fratura tipo “explosão” do corpo vertebral tem sido realizado por meio de instrumentação, com parafusos pediculares, o que proporcionou um grande salto na qualidade dos resultados. Com isso, foi possível obter-se uma fixação mais rígida, distração para restituir o comprimento do corpo vertebral e diminuir a quantidade de níveis submetidos à artrodese, limitando-se a fixação das vértebras adjacentes à fraturada. Diante de tanta melhoria houve, também, a possibilidade de se corrigir a cifose. Mediante tais avanços, a utilização do recurso conhecido como ligamentotaxia tornou-se óbvia. Duas manobras são praticadas: distração e correção da cifose. Ambas manobras provocam ligamentotaxia; porém se a ordem desses fatores alteram o resultado final, suscitam-se dúvidas. Com base nessas premissas, idealizou-se o presente trabalho.

As fraturas do tipo explosão têm sido consideradas como resultantes da aplicação de força de compressão axial sobre o corpo vertebral. Há, também, referência quanto à participação de um momento de flexão, atuando como cofator, durante o processo causador da fratura (LANGRANA et al.2002). Para se obterem

fraturas tipo explosão, nas vértebras de suínos, utilizadas no estudo, foi necessária a aplicação de compressão axial que atuava, também, sobre os discos adjacentes à vértebra a ser fraturada. Foi adotada uma inclinação de 6 graus, no platô do modelo, para que, ao receber o impacto, se criasse um momento de flexão. A simples aplicação de compressão axial sobre a vértebra não foi suficiente para produção da fratura tipo explosão.

O fixador interno Syntes® foi escolhido para realização da ligamentotaxia. A coluna de suínos foi escolhida como modelo, para a realização dos testes biomecânicos. A disponibilidade, quanto à obtenção, o tamanho, que se assemelha ao da coluna humana, influenciaram na escolha, embora diferenças entre um quadrúpede e um bípede sejam indesejáveis, por constituírem um entrave à análise do perfil biomecânico (SMIT, 2002) Neste caso específico, a semelhança entre o LLP de humanos e o ligamento longitudinal posterior de suínos, parece favorecer os ensaios.

Não obstante, a dificuldade se obterem vértebras com fraturas do tipo explosão ou de se reproduzirem fraturas em modelos experimentais, um equipamento foi construído, semelhante ao esquema publicado Friedrichson et al. (1992). Além do equipamento, houve necessidade de se realizar uma evolução nos procedimentos, para se obterem, especificamente, as fraturas do tipo explosão. Isto envolveu, desde a escolha dos materiais utilizados (vértebras de suínos e cimento acrílico) até o desenvolvimento de formas adequadas (com inclinações) e, ainda estabelecer um deslocamento (1,0 cm) para que houvesse uma padronização no curso da carga de impacto aplicada ao modelo.

Das trinta vértebras de suínos que foram preparadas, vinte não apresentaram fraturas que atendiam aos parâmetros mínimos, necessários aos testes de redução. Os primeiros cinco segmentos preparados, com as inclusões das vértebras adjacentes à T13 tiveram seus discos intervertebrais inclusos no cimento acrílico. Ao serem submetidos ao impacto, observou-se, por meio de inspeção e pela tomografia, que a fratura não atendia aos padrões necessários ao experimento, pois a cominuição foi muito intensa e impossibilitava as manobras de redução por ligamentotaxia.

O segundo grupo foi preparado, porém com o disco livre da inclusão na resina. As vértebras foram preparadas do mesmo modo que as 5 anteriores, incluídas em formas, cujo formato estabelecia paralelismo entre as superfícies superiores e inferiores dos cilindros. Dessas, obtivemos como resultados fraturas que, também, comprometiam, de forma indesejada, a coluna posterior de Denis (1983), tornando-as inutilizáveis para os testes de ligamentotaxia. O maior desafio foi padronizar a fratura, pois a variação de tamanho e resistência das vértebras faz com que, se padronizarmos apenas a altura da queda e o peso do objeto que cai, provoquemos resultados diferentes entre elas.

Os impactos a que foram submetidas as vértebras do terceiro grupo, tiveram uma modificação, esta consistiu na limitação do curso do impacto. Este intervalo entre a aba e a travessa móvel, foi determinado em dez milímetros. Isto nivelou o grau de achatamento das fraturas, porém não garantiu a presença de fragmentos ósseos, projetados da parede posterior para dentro do canal medular. Outras cinco, pertencentes ao quarto grupo, foram preparadas com uma modificação na forma, passando a possuir, na parte superior, uma inclinação de dez graus, no sentido

ânteroposterior. Foi feito, também, um encaixe elíptico na plataforma superior, para acomodar a forma durante a flexão causada pelo impacto. As fraturas obtidas desta forma foram nitidamente melhores, pois seguiram um padrão aceitável e que projetaram fragmentos para dentro do canal medular.

Dentre os três últimos grupos, com 5 modelos cada, foram selecionados 10, que apresentavam um padrão semelhante de fratura tipo explosão.

Duas vértebras, entre as dez selecionadas, apresentavam-se cominutivas. Isso acarretou um distanciamento dos fragmentos do corpo vertebral, resultado esse que, se acontecesse num caso real, em seres humanos, submetidos à cirurgia, ocasionaria um grave problema, pois a falta de contato ósseo impediria a consolidação da fratura.

As vértebras fraturadas foram tomografadas para, por este meio, serem selecionadas. Estas foram submetidas à implantação de fixador interno.

Os exames tomográficos realizaram-se a cada manobra, para se verificar o deslocamento dos fragmentos dentro do canal medular, por meio das medidas dos diâmetros dos canais pré e pós-manobra. Isso foi possível, após estabelecer um sítio com uma marcação, utilizando-se uma agulha hipodérmica. Com esta marca visível na imagem tomográfica, foi possível padronizar sempre o mesmo local para o corte tomográfico.

Foi notória a dificuldade em se realizar a correção da cifose, após a manobra de distração prévia. Este fato corrobora a idéia de se fazer, primeiramente a restituição da curvatura lombar (lordose). Uma inspeção foi realizada por meio de uma laminectomia parcial na vértebra fraturada. Verificamos, com isso, que, ao promovermos essas manobras, afastamos os pontos de origem e inserção do LLP, tornando-se evidente o seu retesamento.

A eficácia da ligamentotaxia depende do tamanho e posição dos fragmentos em relação ao LLP. Na sua origem e inserção, o LLP possui quase a largura do canal vertebral, estreitando-se no seu terço médio (5mm). Devido a isso, quando os fragmentos estiverem localizados no terço médio e não estiverem em contato com o LLP, há diminuição da eficácia da ligamentotaxia e em alguns casos as manobras não foram capazes de mobilizá-los satisfatoriamente.

Durante as manobras de redução com ligamentotaxia, observamos que, quando se fazia, primeiramente, a manobra para se obter a distração e, posteriormente, corrigir a cifose, era mais difícil, pois exigia, em graus variados, um esforço maior. Isso culminava em afastamento exagerado entre os fragmentos que constituíam a metade anterior do corpo vertebral. Em todos os modelos submetidos à seqüência (Lor+dis) não foi verificada nenhuma ocorrência dessa natureza.

Os resultados da ligamentotaxia deste trabalho apresentaram que o deslocamento dos fragmentos percentualmente foi maior na seqüência que inicia com a correção da cifose (restituição da curvatura lombar), mas a análise estatística, utilizando um nível de significância de $p \leq 0,05$, mostrou que não houve diferença entre as seqüências. O nível de significância obtida nesta comparação foi de $p \leq 0,06$. Este resultado é próximo ao nível de significância adotado, sugerindo uma forte tendência que demonstraria a eficácia superior da seqüência iniciada pela realização da lordose e depois distração.

Com os resultados qualitativos e quantitativos encontrados neste trabalho sugerimos que a ligamentotaxia deveria ser iniciada pela correção da cifose.

6 CONCLUSÕES

Experimentou-se o efeito das variações da seqüência das manobras de ligamentotaxia em modelo de vértebra de suíno com fratura tipo explosão. A análise dos resultados, qualitativos e quantitativos, sugeriu que a ligamentotaxia deveria ser iniciada pela correção da cifose.

O equipamento desenvolvido foi capaz de produzir e reproduzir fraturas do tipo explosão nos modelos vertebrais.

O modelo experimental, utilizando vértebras de suínos com inclusões das vértebras adjacentes, atendeu à proposta desse experimento ao reproduzir a fratura tipo explosão e a ligamentotaxia.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADL, A.S. Models of the functional spinal unit. **Sem. Spine Surg**; v. 5, p. 23-28, 1993
- ANDERSSON, G.B.J. Epidemiologic aspects of low back pain in industry. **Spine**, v. 6, p. 53-60, 1981.
- AEBI, M.; ETTER, C.; KEHL, T.; THALGOTT, J. Stabilization of the lower thoracic and lumbar spine with the internal spinal skeletal system: Indications, techniques and first results of treatment. **Spine**, v. 12, p. 544-51, 1987.
- BEDBROOK, G. M. A balanced viewpoint in the early management of patients with spinal injuries who have neurological damages. **Paraplegia**, v. 23, p. 8-15, 1987.
- BENSON, D. R. Unstable thoracolumbar fractures with emphasis on the burst fracture. **Clin. Orthop**, v, 230, p. 14-29, 1988.
- BENZEL, E. C. Destabilizing effects of spinal surgery. **Biomech Spine Stah**, v. 9, p. 97-102, 1995.
- CARL, A. L.; TROMANHAUSER, S. G.; ROGER, D. J. Pedicle screw instrumentation for toracolumbar burst fractures and fracture-dislocations. **Spine**, v.17(suppl.) , p. 317-24, 1992.
- CHAKERA T. M.; BEDBROOK, G.; BRADLEY, C. M. Spontaneous resolution of spinal canal deformity after burst-dispersion fracture. **Am J Neuroradiol**, v. 9, p. 779-85, 1988.

CRUTCHER, J. P.; ANDERSON, P. A.; KING, H. A.; MONTESANO, P. X. Indirect spinal canal decompression in patients with thoracolumbar burst fractures treated by posterior distraction rods. **J Spinal Disord**, v. 1, p. 39-48, 1991.

DAI L. Y. Remodeling of the spinal canal after conservative management of thoracolumbar burst fractures. **Clin Orthop**, v. 382, p. 119-23, 2001.

DAVIES, W. E.; MORRIS, J. H.; HILL, V. An analysis of conservative (non surgical) management of thoracolumbar fractures and fractures dislocations with neural damage. **J Bone Joint Surg Am**, v. 62a, p. 1324-8, 1980.

De KLERK, L.W.; FONTIJNE, W. P.; STIJNEN, T.; BRAAKMAN, R.; TANGHE, H. L.; VAN LINGE, B. Spontaneous remodeling of the spinal canal after conservative management of the spinal canal of thoracolumbar burst fractures. **Spine**, v. 23, p. 1057-60, 1988.

DENIS, F. The three-column spine and its significance in the classification of acute thoracolumbar spinal injuries. **Spine**, v. 8, p. 817-31, 1983.

DENIS, F. Spinal instability as defined by the three column spine concept in acute Spinal trauma. **Clin Orthop**, v. 189, p. 65-76, 1984.

DENIS, F. et al. Acute thoracolumbar burst fractures in the absence of neurologic deficit. **Clin Orthop**, v. 189, p. 142-9, 1984.

DEWALD, R. L. Burst fracture of the thoracic and lumbar spine. **Clin.Orthop**, v. 189, p. 150-61, 1984.

DICK, W.; KLUGER, P.; MAGERL, F.; WOERSDORFER, O.; ZACH, G. A new device for interna fixation of thoracolumbar and lumbar spine fractures: the 'fixateur interne'. **Paraplegia**, v. 23, p. 225-32, 1985.

DOERR, T. E.; MONTESAMO, P. X.; BURKUS, J. K. BENSON, D. R. Spinal canal decompression in traumatic thoracolumbar burst fractures: Posterior distraction rods versus transpedicular screw fixation. **J Orthop Trauma**, v. 4, p. 403-11, 1991.

EBELKE, D. K.; ASHER, M. A.; NEFF, J. R.; KRAKE, D. P. Survivorship analysis of V.S.P spine instrumentation in the treatment of thoracolumbar and lumbar burst fracture. **Spine**, v.16(suppl.) , p. 428-32, 1991.

ESSES, S. I.; BOTSFORD, D. J.; WRIGHT, T.; BEDNAR, D.; BAILEY, S. Operative treatment of spinal fractures with A.O. internal fixator. **Spine**, v. 16(suppl.), p. 146-50, 1991.

ERICKSON, D. L.; LEIDA, L. C.; BROWN, W. E. One-stage decompression-stabilization for thoracolumbar fractures. **Spine**, v. 2, p. 53-6, 1977.

FREDRICKSON, B. E.; MANN, K. A.; YUAN, H. A.; LUBICKY, J. P. Reduction of the intracanal fragment in experimental burst fractures. **Spine**, v. 13, p. 267-71, 1988.

FREDRICKSON, B. E.; EDWARDS, W. T.; RAUSCHNING, W.; BAYLEY J. C.; YUAN, H. A. Vertebral burst fractures: An experimental, morphologic and radiographic study (1990 Volvo Award in Experimental Studies). **Spine**, v. 17, p. 1012-21,1992.

GARFIN, S. R.; MOVERY, C. A.; GUERRA, J.; MARSHALL, L. F. Confirmation of posteriolateral technique to decompress and fuse thoracolumbar burst fractures. **Spine** , v. 10, p. 218-23, 1985.

GERTZBEIN, S. D; COURT-BRAW, C. M.; MARKS, P. et al. The neurological outcome following surgery for spinal fractures. **Spine**, v. 13, p. 641-4, 1988.

GERTZBEIN, S. D; CROWE, P. J.; FAZL, M.; SCHWARTZ, M.; ROWED, D. Canal clearance in burst fractures using the AO internal fixator. **Spine**, v. 17, p. 558-60, 1992.

HA, K. I.; HAN, S. H.; CHUNG, M.; YANG, B. K.; YOUN, G. H. A clinical study of the natural remodeling of burst fractures of the lumbar spine. **Clin Orthop**, v. 323, p. 210-4, 1996.

HARRINGTON, R. M.; BUDORICK, T.; HOYT, J.; ANDERSON, P.; TENCER, A. F. Biomechanics of Indirect Reduction of Bone Retropulsed Into the Spinal Canal in Vertebral Fracture. **Spine**, v. 8, n. 6, p. 692-9, 1993.

HASHIMOTO, T.; KANEDA, K.; ABUMI, K.; Relationship between traumatic spinal canal stenosis and neurological deficits in the thoracolumbar burst fracture. **Spine**, v. 13, p. 1268-72, 1988.

HOLDSWORTH, F. W. Fractures, dislocations, and fracture dislocations of the spine. **J Bone Joint Surg**, n.[Br]45, p. 6-20, 1963.

HOLDSWORTH, F. Fractures dislocations and fracture-dislocations of the spine. **J Bone Joint Surg**, v.[Am] 52, p. 1534-51, 1970.

KEENE J. S.; FISHER, S. P.; VANDERBY, R. Jr. Et al. Significance of acute post traumatic bony encroachment of the neural canal. **Spine**, v. 14, p. 799-802, 1989.

KRAG, M.H.; BEYNNON, B..D.; POPE, M. H.; FRYMOYER, J. W.; HAUGH, L. D.; WEAVER, D. L. An internal fixator for posterior application to short segments of the thoracic, lumbar, or lumbosacral spine. **Clin Orthop.**, v. 203, p. 75-98, 1986.

KUNER, E. H.; SCHLICKWEI, W.; KUNER, A.; HAUSER, U. Restoration of the spinal canal by the internal fixator and remodeling. **Eur Spine J**, v. 6, p. 417-22, 1997.

LANGRANA N. A., HARTEN, R. D.; LIN D. C., LIN, B. S. M.; FREITER, M. D. C. K.; LEE, M. D. Acute Thoracolumbar Burst Fractures A New View of Loading Mechanisms **Spine** Lippincott Williams e Wilkins, Inc., v. 27, n. 5, p. 498-508, 2002.

LEFERINK, V. J. M.; NIJBOER, J. M. M.; ZIMMERMAN; VELDHUIS, E. F. M.; VERGERT, E. M.; DUIS, H. J. Burst fracture of the thoracolumbar spine: changes of the spine canal during operative treatment and follow-up. **Eur Spine J**, v. 12, p. 255-60, 2003.

LOUIS, R.; MARESCA, C.; BELL, P. Réduction orthopédique contrôlée des fractures du rachis. **Rev Chir Orthop**, v. 63, p. 449-51, 1977.

MARGEL, J. B. F.; AEBE, M.; GERTZBEIN, S. D.; HARMS, J.; NAZARIAN, S. A. Comprehensive classification of thoracic and lumbar injuries. **Eur Spine J**, v. 3, p. 184-201, 1994.

MCAFEE, P. C.; BOHLMAN, H. H.; YUAN, H. A. Anterior decompression of traumatic thoracolumbar fractures with incomplete neurological deficit using a retroperitoneal approach. **J Bone Joint Surg**, v. 67a, p. 89-104, 1985.

MATSUZAKI, I. J.; TOKUHASHI, Y.; MATSUMOTO, F.; HOSHINO, M.; KIUCHI, T.; TORIYAMA, S. Problems and solutions of pedicle screw plate fixation of lumbar spine. **Spine**, v. 15, p. 1159-65, 1990.

SJÖSTRÖM, L.; JAKOBSSON, O.; KARLSTRÖM, G.; PECH, P.; RAUSCHNING, W. Spinal canal remodeling after stabilization of thoracolumbar burst fractures. **Eur Spine J**, v. 3, p. 312-7, 1994.

SJÖSTRÖM, L.; KARLSTRÖM, G.; PECH, P.; RAUSCHNING, W. Indirect spinal canal decompression in burst fractures treated with pedicle screw instrumentation. **Spine**, Lippincott-Raven Publishes, v. 21, n. 1, p. 113-23, 1996.

SIMIT, T. H. The use of a quadruped as an in vivo model for the study of the spine – biomechanical considerations. **Eur Spine J**, n. 11, p. 137-44, 2002.

VACCARO, A. R.; BETZ, R. R.; ZEIDMAN, S. M. **Principles and practice of spine Surgery**, ed. Mosby, p. 476–77, 2003.

WHITESIDES, T. E. J. Traumatic kyphosis of the thoracolumbar spine. **Clin Orthop**; n. 128, p. 78-92, 1977.

WANG, J.-L.; PANJABI, M. M.; KATO, Y.; NGUYEN, C. Radiography Cannot Examine Disc Injuries Secondary to Burst Fracture. **Spine**, v. 27, p. 235-40, 2002.

WEINSTEIN J. N.; COLLALTO P.; LEHMANN T. R. Toracolumbar „burst“ fracture treated conservatively: long-term follow-up. **Spine**, v. 13, p. 33-8, 1988.

ZOU, D.; YOO, J. U.; EDWARDS, W. T. et al. Mechanics of anatomic reduction of toracolumbar burst fractures. Comparison of distraction versus distraction plus lordose, in the anatomic reduction of the toracolumbar burst fracture. **Spine**, v. 18, p. 195-203, 1993.