

Luiz Eduardo Imbelloni

**Anatomia da coluna vertebral torácica com auxílio de
ressonância nuclear magnética**

Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Anestesiologia da Faculdade de
Medicina de Botucatu, UNESP, para obtenção
do título de Doutor em Anestesiologia

**Profª Adjunta Eliana Marisa Ganem
Orientadora**

**Botucatu – SP
2011**

Dedicatória

À minha mulher Jacira

Não se atinge grandes tarefas sozinho. Tem sempre um alguém, e este alguém foi sempre você. Se a vida me presenteou com algum tesouro, foi você que criou o espaço para recebê-lo. Só eu sei o quanto me engrandeceu. Impossível é só uma palavra grande espalhada por aí por homens pequenos, que acham mais cômodo viver no mundo que lhes foi dado do que explorar o poder que têm de transformá-lo. Impossível é uma opinião, não um fato. Impossível não é uma afirmação, é um desafio. Impossível é nada. A vida é breve demais, preciosa demais, difícil demais, para que nos resignemos a vivê-la de qualquer jeito. Chego aos 65 anos construindo um novo caminho. Esta tese é para você.

Dedicatória

À minha filha Lygia

Nietzsche enxergou muito bem onde estavam a vida e a felicidade.

"É possível viver quase sem lembrança, e viver feliz, como demonstra o animal, mas é impossível viver sem esquecer".

Eu não gosto dessa coisa de acerto de contas, me passa uma idéia de vingança do passado. Eu não vivo no passado, ele é que vive em mim. Olho com prazer para as coisas boas e com dor para os entes queridos que ficaram no meio do caminho. As coisas não têm explicações; têm existência. Sejam razoáveis: busquemos o impossível. Esta tese é para você.

Dedicatória

À minha filha Letícia

Aristóteles, o grande filósofo grego dizia que a excelência só seria possível pela repetição constante (persistência), onde as tentativas e os erros construiriam o corpo da obra-prima. Porém Fernando Sabino disse: “É preciso ter a certeza de se estar sempre começando. A certeza de que é preciso continuar e a certeza de que seremos interrompidos antes de terminar. O que importa é fazer da interrupção um caminho novo, fazer da queda um passo de dança, do medo uma escada, do sonho uma ponte e da procura um encontro”. Esta tese é para você.

Dedicatória

Ao amigo Gouveia

O primeiro que nos impressionou foi o conflito. O que nos aproximou? Certa maneira comum, em todo caso comparável, de filosofar a raquianestesia. Um mesmo apego à razão, à clareza, ao intercâmbio de argumentos, à busca sempre recomeçada do verdadeiro. Uma mesma fidelidade às coisas realizadas com perfeição. Enfim, o prazer de desenvolver projetos juntos, depois a amizade. Não tivemos os mesmos mestres, não nos reconhecíamos nas mesmas tradições. Tínhamos com frequência os mesmos adversários. Porém tirávamos de princípios diferentes conclusões bastante próximas. Que tenha sido para nós dois um imenso prazer, a amizade entre nós poderia bastar para explicar tudo!

Dedicatória

Ao amigo Florisvaldo Lesses

Não é proeza pequena conservar a serenidade no meio de uma ocupação sombria e desmesuradamente cheia de responsabilidade. Nada que fazemos terá êxito se não tiver a ajuda inestimável de algumas pessoas. Tive sorte: alguns amigos, alguns críticos e alguns mestres durante toda minha vida que me incentivaram, e nos momentos de dúvidas, me apoiaram. Há uma grande defasagem entre o que pretendemos ser e o que na realidade conseguimos ao longo da vida. Com certeza sou muito mais bem sucedido do que eu esperava, do que, aliás, eu merecia. Com certeza nos últimos vinte e oito anos, o meu sucesso aumentou além do que imaginava e isto se deve justamente às pessoas que me cercaram e que me ajudaram e que me criticaram. Entre elas, Florisvaldo, você faz parte efetiva deste meu sucesso, deste meu mudar, deste meu caminhar. Meu muito obrigado.

Dedicatória

À minha orientadora Prof^a Eliana Marisa Ganem

São pequenos os gestos que nos trazem alegrias ou tristezas. Lembro-me perfeitamente quando você saiu de sua sala no 54º CBA-SP e me viu; seu rosto transmitia alegria em ter descoberto meu simples trabalho de Ressonância Magnética de Imagem da coluna torácica. A alegria estampada com certeza me deu forças suficientes para fazer, nesta altura da vida, meu doutorado. E que aventura mais palpitante do que conhecer novas terras. Você me permitiu romper, cortar, quebrar e fazer mais do que o cavaleiro andante de Cervantes. Meu muito obrigado.

Epígrafe



A simplicidade é o mais alto grau da sofisticação.

Leonardo da Vinci

É também preciso pensar por nossa própria conta.

Tobias Barreto

A vida foi verdadeiramente feita para nos surpreender.

Raine Maria Rilke

Viver ultrapassa qualquer entendimento.

Clarice Lispector

Tabela 1	Idade (anos), peso (kg) distribuídos pelo sexo. Resultados expressos em média $\pm$ DP. Para o sexo resultados expressos em números absolutos e porcentagens.....	31
Tabela 2A	Valor mínimo, média e desvio padrão e valor máximo das distâncias entre a dura-máter (DM) a medula espinal (ME), do ângulo da entrada nos interespaços, das distâncias da dura-máter (DM) à medula espinal (ME) corrigida pelo ângulo obtido no 2º interespaço torácico.....	31
Tabela 2B	Valor mínimo, média e desvio padrão e valor máximo das distâncias entre a dura-máter (DM) a medula espinal (ME), do ângulo da entrada nos interespaços, das distâncias da dura-máter (DM) à medula espinal (ME) corrigida pelo ângulo obtido no 5º interespaço torácico.....	32
Tabela 2C	Valor mínimo, média e desvio padrão e valor máximo das distâncias entre a dura-máter (DM) a medula espinal (ME), do ângulo da entrada nos interespaços, das distâncias da dura-máter (DM) à medula espinal (ME) corrigida pelo ângulo obtido no 10º interespaço torácico.....	32
Tabela 3	Distância mínima (mm) entre a dura-máter e a medula espinal de acordo com sexo dos pacientes.....	33
Tabela 4	Sexo, idade, peso e medidas dos pacientes estudados.....	56
Tabela 5	Sexo, idade, peso e medidas dos ângulos em relação à pele em 10 pacientes estudados.....	58

Lista de Figuras

Figura 1	Ressonância magnética de imagem da coluna vertebral e medula espinal nas regiões cervical, torácica e lombar. As medidas indicam o 2º, 5º e 10º segmentos vertebrais torácicos.....	27
Figura 2	Ressonância magnética de imagem da coluna vertebral e medula espinal nas regiões cervical, torácica e lombar. Ângulos de entrada da agulha no 2º, 5º e 10º segmentos vertebrais torácicos.....	28
Figura 3	Imagens de RMI mostrando a relação entre a medula espinal e as partes anteriores e posteriores do canal medular nas regiões cervical, torácica, lombar, sacral e cauda eqüina.....	29
Figura 4	Boxplot do corte sagital de acordo com as distâncias obtidas entre dura-máter e à medula espinal (mm) no 2º (T ₂), 5º (T ₅) e 10º (T ₁₀) segmentos vertebrais torácicos.....	33
Figura 5	Boxplot do ângulo de entrada para se atingir o espaço subaracnóideo no 2º (T ₂), 5º (T ₅) e 10º (T ₁₀) segmentos vertebrais torácicos.....	34
Figura 6	Relação entre a distância calculada pelo ângulo de entrada para se atingir o espaço subaracnóideo e a distância medida na perpendicular no 2º (T ₂) segmento torácico.....	35
Figura 7	Relação entre a distância calculada pelo ângulo de entrada para se atingir o espaço subaracnóideo e a distância medida na perpendicular no 5º (T ₅) segmento torácico.....	35
Figura 8	Relação entre a distância calculada pelo ângulo de entrada para se atingir o espaço subaracnóideo e a distância medida na perpendicular no 10º (T ₁₀) segmento torácico.....	36
Figura 9	RMI mostrando toda a relação entre a medula espinal e as partes anteriores e posteriores do canal medular.....	37

Imbelloni LE. Anatomia da coluna vertebral torácica com auxílio de ressonância nuclear magnética. Botucatu, 2011, 62p. Tese (Doutorado em Anestesiologia) – Faculdade de Medicina, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

RESUMO

Justificativa: Anestesiologistas freqüentemente realizam peridural torácica para os diversos tipos de cirurgia. A ressonância magnética de imagem tem estudado os nervos dentro do saco dural da cauda equina. Poucos estudos têm correlacionado a medula espinal com a dura-máter na região torácica. Punção acidental da dura-máter pode ocorrer durante tentativa de punção torácica e raramente cursa com lesão neurológica definitiva.

Objetivos: O objetivo desta investigação, com ressonância magnética de imagem (RMI), é avaliar a distância entre a dura-máter e a medula espinal, em pacientes sem doenças da medula ou coluna vertebral nos 2º, 5º e 10º segmentos torácicos.

Método: Cinquenta pacientes foram estudados com RMI realizada na posição supina. Corte sagital nos 2º, 5º e 10º segmentos torácicos foram medidos com aparelho 1.5 T com sistema super condutor (Gyrosan Intera, Philips Medical Systems, Best, The Netherlands). Em 10 pacientes foi medido o ângulo relativo à tangente no ponto de inserção na pele.

Resultados: A distância posterior da dura-máter até a medula espinal foi significativamente maior (Bonferroni's valor- $p < 0,015$) na região torácica média (5ª torácica = $5,808 \pm 0,840$ mm) do que na região torácica alta (2ª torácica = $3,909 \pm 0,802$ mm) e região torácica baixa (10ª torácica = $4,129 \pm 0,967$ mm). Não foi encontrada

diferença entre os interespaços T₂ e T₁₀ (Bonferroni's p-values=0,225). Não foi observada correlação entre a idade a distância medida entre a dura-máter e a medula espinal (todos os valores de $p \geq 0,166$). O ângulo da entrada da agulha em T₂ foi observado valor de $9,00 \pm 2,49$ graus, em T₅ de $45,00 \pm 7,45$ graus e em T₁₀ de $9,50 \pm 4,17$ graus. A correção do espaço pelo ângulo de entrada da agulha aumentou a distância entre a dura-máter e a medula nos três interespaços vertebrais.

Conclusões: Este estudo demonstrou que existe um grande espaço na região posterior subaracnóidea nos interespaços de T₂, T₅ e T₁₀. A maior distância foi em T₅. Ao corrigir o ângulo de entrada da agulha ocorreu aumento nestas distâncias nos três interespaços. Este espaço permite a entrada de uma agulha durante perfuração acidental da dura-máter ou mesmo durante raquianestesia torácica, sem causar lesão neurológica definitiva.

Palavras-chave: Anatomia; intratecal; RMI; neuraxial; medula espinal

Imbelloni LE. The anatomy of the thoracic spinal canal investigated with magnetic resonance imaging. Botucatu, 2011, 62p. These (PhD degree in Anesthesiology) Medical School, Botucatu's Campus, São Paulo State University "Julio de Mesquita Filho".

ABSTRACT

Background: Anesthesiologists frequently give thoracic epidural blocks for a variety of surgeries. MRI has provided studies of the nerves (cauda equina) inside the dural sac. But there are only a few correlating the spinal cord with the duramater in the thoracic region.

Objectives: With the use of Magnetic Resonance Imaging (MRI), this study investigated the distance of the duramater to the spinal cord in patients without spinal or medullar disease at the 2nd, 5th and 10th thoracic segments.

Method: Fifty patients in the supine position were underwent MRI. Medial sagittal slices of the 2nd, 5th and 10th thoracic segments were measured for the relative distances through the 1.5 T super-conducting system (Gyrosan Intera, Philips Medical Systems, Best, The Netherlands). In ten patients the angles relative to the tangent at the insertion point on the skin was measured.

Results: The posterior dural-spinal cord distance is significantly greater the mid-thoracic region (5th thoracic = 5.808 ± 0.840 mm) than at upper (2nd thoracic = 3.909 ± 0.802 mm) and lower thoracic levels (10th thoracic = 4.129 ± 0.967 mm) ($p < 0.015$). There were no differences between interspaces T₂ and T₁₀. There was no correlation between the age and the measured distance between the duramater and the spinal cord.

The entry angle of the needle at T₂ it was observed the value of 9.0 ± 2.5 degrees, at T₅ 45.0 ± 7.4 degrees and T₁₀ was 9.5 ± 4.2 degrees

Conclusions: This study demonstrated there is a greater depth of the posterior subarachnoid space at T₂, T₅ and T₁₀ levels. The greater distance was found at T₅. The correction of the entry angle of the needle increased the distance in the three interspaces. This distance between the duramater and the spinal cord protects the spinal from damage in case of accidental dural puncture during thoracic epidural attempts. It certainly will permit a spinal needle to provide segmental thoracic spinal anesthesia without damage.

Key words: Anatomy; intrathecal; MRI; neuraxial; spinal cord

Resumo

Abstract

1 Introdução e Revisão da Literatura.....	17
2 Justificativa e Objetivo	22
3 Hipótese do Estudo	24
4 Casuística e Método	26
5 Resultados	31
6 Discussão	39
7 Conclusão.....	46
8 Resposta à Hipótese.....	48
8 Referências	50
9 Apêndice	56
10 Anexos	60

1 Introdução e Literatura

O desejo natural de conhecimento e as necessidades vitais levaram o ser humano, desde a pré-história, a interessar-se pela anatomia. Alcmeon, na Grécia, realizou pesquisas anatômicas no século VI a.C. A ordem de Frederico II, no ano de 1240, obrigou a escola de Nápoles a introduzir em seu currículo o treinamento prático de anatomia, o que foi decisivo para o desenvolvimento desta ciência. Aproximadamente meio século mais tarde, Mondino de Liuzzi executava em Bolonha as primeiras dissecações didáticas de cadáveres, publicando em 1316, manual sobre autópsia. No final da Idade Média e durante o Renascimento, o objeto principal da arte era a representação da figura humana. O trabalho anatômico de Leonardo da Vinci situa-se no meio do caminho entre os interesses científicos e os artísticos. Ele realizou mais de 20 dissecações de cadáveres nas escolas de medicina, descrevendo magnificamente a coluna vertebral ¹.

Recentemente, o estudo da anatomia tornou-se submicroscópico. A fisiologia, a bioquímica, a microscopia eletrônica e a positrônica, as técnicas de difração com raios X, aplicadas ao estudo das células, estão descrevendo suas estruturas em nível molecular. Hoje existe a possibilidade de se estudar anatomia mesmo em pessoas vivas, por meio de técnicas de imagem como a radiografia, a endoscopia, a angiografia, a tomografia axial computadorizada, a tomografia por emissão de positrons, a imagem da ressonância nuclear magnética, a ecografia e a termografia, dentre outras ².

O canal vertebral, resultado da superposição dos forames vertebrais, estende-se do forâmen magno ao cóccix. O seu interior contém o saco dural, que inicia-se no forâmen magno e termina entre a primeira e segunda vértebra sacral (S₁-S₂). O saco dural é formado por duas membranas: a externa, dura-máter e a interna, aracnóide-máter espinal. No interior do saco dural situam-se a medula espinal e as radículas que

formaram as raízes nervosas revestidas pela pia-máter espinal. Entre a pia-mater e a aracnóide existe o espaço subaracnóideo, que é preenchido pelas raízes nervosas e o líquido cefalorraquiano (LCS) ³. A medula espinal, é a porção alongada do sistema nervoso (SNC). Ela tem origem ao nível da articulação do crânio com a primeira vértebra cervical e termina entre a primeira e a segunda vértebra lombar no adulto, possuindo duas intumescências, uma cervical e outra lombar ³.

A ressonância magnética de imagem (RMI) é técnica relativamente nova. A primeira imagem gerada por ela foi publicada em 1973 ⁴ e os primeiros estudos realizados no ser humano só apareceram três anos mais tarde ^{5,6}. A RMI permite determinar as propriedades de uma substância através da correlação da energia absorvida com a frequência aplicada, na faixa de megahertz do espectromagnético, caracterizando-se como sendo espectroscopia. Ela utiliza as transições entre os níveis de energia rotacionais dos núcleos componentes das espécies (átomos ou íons) contidas na amostra. Isso dá-se necessariamente sob a influência de um campo magnético e sob a concomitante irradiação de ondas de rádio na faixa de frequências acima citada. A RMI é exame não invasivo, usualmente indolor empregado em diagnósticos médicos e em alguns tratamentos. Esta técnica utiliza campo magnético poderoso, ondas de rádio e computador para produzir detalhes em todos os órgãos, partes moles, ossos e virtualmente outras estruturas internas. Até recentemente a posição supina era mandatória para a sua realização. Contudo, nova forma de RMI foi configurada para propiciar a sua realização com o paciente em posição ortostática, parcialmente em posição ortostática e em posição supina ⁷, o que possibilita visualização do espaço subaracnóideo torácico em diversos ângulos.

Os estudos não invasivos da medula espinal realizados com auxílio de RMI têm merecido destaque em razão de sua promissora aplicação no paciente saudável ou com lesão do SNC ². As imagens anatômicas obtidas são semelhantes a aquelas observadas quando se empregam métodos invasivos. Os nervos da cauda equina no interior do saco dural têm sido exaustivamente estudados com auxílio desta técnica. As raízes formam um padrão semelhante à lua crescente ⁸, espalhando difusamente e ocupando a região posterior, ao nível das vértebras lombares ^{9,10}.

A compreensão da anatomia do canal vertebral é fundamental para a correta introdução de medicamentos e de cateteres espinais. As características da medula espinal são significativamente diferentes entre a região torácica e a região lombar e, em razão de a anestesia peridural ser realizada nas regiões cervical, torácica e lombar, conhecer a anatomia do canal vertebral é fundamental também para se evitar complicações neurológicas decorrentes da técnica.

A RMI proporcionou informação detalhada sobre a anatomia do canal vertebral torácico ¹¹. Recentemente foi descrito um caso de paciente com grave doença pulmonar submetida à colecistectomia, sob anestesia subaracnóidea, cuja punção foi realizada no 10º espaço interespinhoso torácico, sem que houvesse complicações ¹². Posteriormente, a abordagem do espaço subaracnóideo na região torácica foi estudada ¹³, porém ainda hoje permanecem dúvidas de qual seria o risco real de ocorrer trauma direto pela agulha quando se realiza punção neste local. Pesquisas que utilizam métodos radiológicos de imagens modernos, em seres vivos, poderiam auxiliar na resposta desta questão.

A anestesia peridural torácica é definida baseando-se no local de realização da punção e não na área bloqueada. Desta forma, entende-se por anestesia peridural torácica a deposição de anestésico local em qualquer espaço intervertebral entre T₁ e

T₁₂. A complicação mais temida desta técnica é a perfuração acidental da dura-máter espinal e conseqüentemente a punção direta da medula e a injeção intramedular de anestésico local o que originaria lesão neurológica grave.

Em estudo realizado em 1.071 pacientes submetidos à anestesia peridural os autores relataram 13 (1,2%) casos da perfuração acidental da dura-máter espinal ¹⁴. Em outro estudo envolvendo 4.185 pacientes constatou-se 30 (0,7%) casos de perfuração acidental ¹⁵, em um terceiro compreendendo 1.240 indivíduos cinco (0,4%) perfurações ¹⁶ e finalmente em pesquisa envolvendo 113 pacientes os autores descreveram dois casos (4,4%) de perfuração acidental da dura-máter espinal ¹⁷. Em todos os 50 pacientes nos quais houve perfuração da dura-máter espinal não foram observadas seqüelas neurológicas.

2 *Justificativa e Objetivo*

A anestesia peridural é método eficiente de anestesia e analgesia pós-operatória. A perfuração accidental da dura-máter espinal é complicação da técnica ¹⁴⁻¹⁷. Perfuração accidental da dura-máter espinal pode ocorrer durante realização de anestesia peridural lombar ou torácica. A incidência de perfuração depende da experiência do anestesiológico, e, na clínica privada é inferior a 1% ¹⁴. Mielografias também são realizadas com punção subaracnóidea, inclusive nas regiões torácicas e cervicais ^{18,19}, sem que haja lesão do tecido nervoso. Recentemente foi descrita anestesia subaracnóidea segmentar por meio de punção torácica como parte da técnica de bloqueio combinado raqui-peridural ¹³.

Esta pesquisa tem por objetivo estudar, retrospectivamente, a distância entre a dura-máter espinal e a medula espinal no espaço intervertebral torácico superior (2°), médio (5°) e inferior (10°), e realizar a correção destas distâncias pelo ângulo obtido pela entrada da agulha introduzida para alcançar os referidos espaços.

3 *Hipótese do Estudo*

A distância entre a dura-máter espinal e a medula espinal na região torácica permite a realização de punção subaracnóidea sem risco de trauma do tecido nervoso.

4 *Casuística e Método*

O Comitê de Ética e Pesquisa do Hospital de Base – FUNFARME, de São José do Rio Preto, SP, aprovou este estudo retrospectivo. No período compreendido entre Janeiro de 2001 e Julho de 2008 foram realizados 1.232 RMI. Todas as imagens de RMI foram obtidas com auxílio do aparelho de 1.5 Tesla, sistema supercondutor escâner (Gyrosan Intera, Philips Medical Systems, Best, The Netherlands). Cada exame de RMI cumpriu o protocolo estabelecido pelo serviço de radiologia e avaliou pacientes com diferentes quadros clínicos. Os resultados obtidos foram armazenados em sistema digital de imagem.

Os critérios de inclusão desta pesquisa foram pacientes adultos de ambos os sexos, com idade superior a 18 anos que não apresentasse nenhuma patologia da coluna vertebral cervical, torácica e lombar e/ou da medula espinal.

As imagens da coluna vertebral torácica foram realizadas por meio do corte sagital Spin-Echo. As medidas foram avaliadas nos 2º, 5º e 10º segmentos vertebrais torácicos (Figura 1). Nos três espaços intervertebrais torácicos foi medida a distância entre a dura-máter espinal e a medula na posição horizontal perpendicular à coluna vertebral. Cada espaço foi medido três vezes e calculado o valor médio entre estas medidas.



Figura 1 - Ressonância magnética de imagem da coluna vertebral e medula espinal nas regiões cervical, torácica e lombar. As medidas indicam o 2º, 5º e 10º segmentos vertebrais torácicos.

Em 10 pacientes foi medido o ângulo de entrada da agulha necessária para alcançar o espaço subaracnóideo nos espaços interespinais de T₂, T₅ e T₁₀ (Figura 2), utilizando o transferidor e a imagem impressa da RMI. Após a obtenção dos ângulos nos três espaços, foi novamente calculada a distância entre a dura-máter espinal e a medula espinal, corrigida pelo cosseno deste ângulo. Cada espaço foi medido, novamente, três vezes e calculado o valor médio.

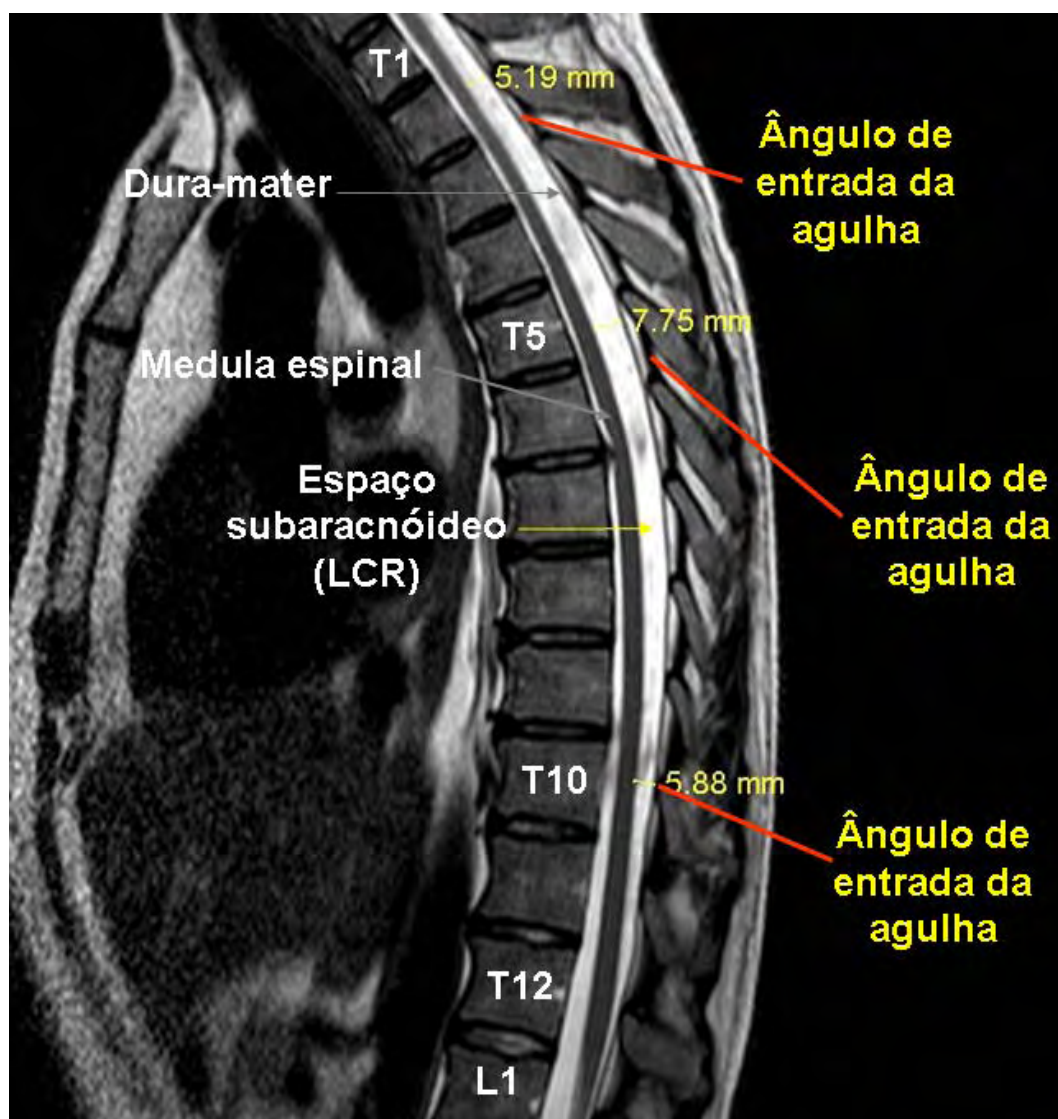


Figura 2 - Ressonância magnética de imagem da coluna vertebral e medula espinal nas regiões cervical, torácica e lombar. Ângulos de entrada da agulha no 2º, 5º e 10º segmentos vertebrais torácicos.

Em uma das imagens de RMI dos pacientes estudados (Figura 3) que abrangeu toda a coluna vertebral (C₁ a L₅), foram avaliadas as relações entre a medula espinal e as vértebras nos espaços interespinhosos de T₂, T₅ e T₁₀.

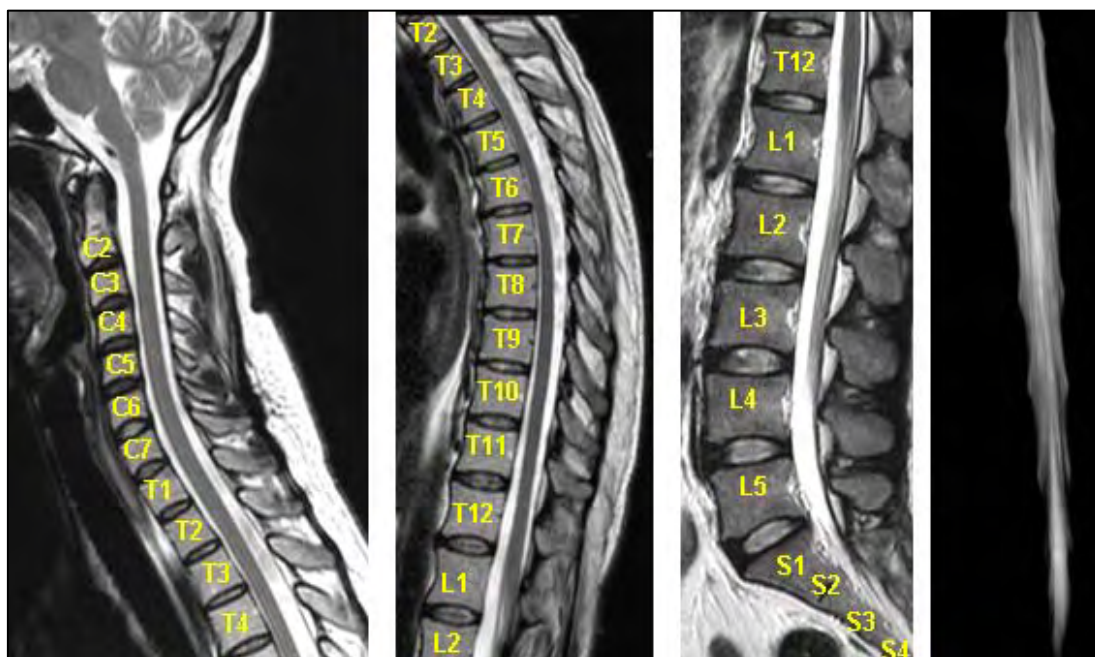


Figura 3 - Imagens de RMI mostrando a relação entre a medula espinal e as partes anteriores e posteriores do canal medular nas regiões cervical, torácica, lombar, sacral e cauda equina.

Análise estatística foi realizada utilizando-se o teste *t* pareado para comparações das médias das diferenças entre os segmentos e entre gêneros pelo teste *t* para duas amostras independentes. Para comparações de múltiplos segmentos foi aplicada a correção de Bonferroni por meio da multiplicação do atual valor-p por 3 (valor-p de Bonferroni). O coeficiente de correlação de Pearson foi empregado para avaliar associação linear entre as medidas em T₂, T₅ e T₁₀. O nível de significância adotado foi de $\alpha=0,05$, que significa que múltiplas comparações foram significantes quando valor-p de Bonferroni $\leq 0,05$.

5 *Resultados*

Foram selecionados 50 pacientes de ambos os sexos, com idade entre 22 e 82 anos. Os dados dos pacientes estudados estão na tabela 1.

Tabela 1 - Idade (anos), peso (kg) distribuídos pelo sexo. Resultados expressos em média $\pm$ DP. Para o sexo resultados expressos em números absolutos e porcentagens

Variáveis	Feminino (n=26; 52%)	Masculino (n=24; 48%)	p
idade (anos)	47,8 $\pm$ 14,7	45,1 $\pm$ 15,5	0,52
peso (kg)	58,3 $\pm$ 8,3	81,1 $\pm$ 13,1	< 0,0005

A distância posterior entre a dura-máter espinal e a medula espinal foi significativamente maior na região torácica média ($T_5 = 5,808 \pm 0,840$ mm) do que na região torácica superior ($T_2 = 3,909 \pm 0,802$ mm) ou inferior ($T_{10} = 4,129 \pm 0,967$ mm) ($p < 0,015$) (Tabela 2A, 2B, 2C, Figura 2). Não foi encontrada nenhuma diferença entre os espaços inter-espinhosos T_2 e T_{10} ($p = 0,225$). Há evidência de correlação entre as medidas obtidas em T_2 e com as observadas em T_5 e T_{10} ($r = 0,5$; valor de $p < 0,001$), e entre T_5 e T_{10} ($r = 0,4$; valor de $p = 0,004$).

Tabela 2A - Valor mínimo, média e desvio padrão e valor máximo das distâncias entre a dura-máter (DM) a medula espinal (ME), do ângulo da entrada nos interespaços, das distâncias da dura-máter (DM) à medula espinal (ME) corrigida pelo ângulo obtido no 2º interespaço torácico

Variável	Mínimo	Média $\pm$ DP	Máximo
DM-ME (mm) (n=50)	2,070	3,909 $\pm$ 0,802	5,840
Ângulo (graus) (n=10)	5,0	9,00 $\pm$ 2,49	13,00
DM-ME (mm) (n=10)	2,750	3,792 $\pm$ 0,894	5,250
DM-ME corrigida (mm) (n=50)	2,765	3,842 $\pm$ 0,899	5,270

Tabela 2B - Valor mínimo, média e desvio padrão e valor máximo das distâncias entre a dura-máter (DM) a medula espinal (ME), do ângulo da entrada nos interespaços, das distâncias da dura-máter (DM) à medula espinal (ME) corrigida pelo ângulo obtido no 5º interespaço torácico

Variável	Mínimo	Média ± DP	Máximo
DM-ME (mm) (n=50)	4,170	5,808 ± 0,840	7,840
Ângulo (graus) (n=10)	30,0	45,00 ± 7,45	13,00
DM-ME (mm) (n=10)	4,170	5,597 ± 0,894	5,250
DM-ME corrigida (mm) (n=50)	5,444	8,171 ± 2,062	11,008

Tabela 2C - Valor mínimo, média e desvio padrão e valor máximo das distâncias entre a dura-máter (DM) a medula espinal (ME), do ângulo da entrada nos interespaços, das distâncias da dura-máter (DM) à medula espinal (ME) corrigida pelo ângulo obtido no 10º interespaço torácico

Variável	Mínimo	Média ± DP	Máximo
DM-ME (mm) (n=50)	2,150	4,129 ± 0,967	6,250
Ângulo (graus) (n=10)	5,0	9,50 ± 4,17	20,00
DM-ME (mm) (n=10)	3,260	4,159 ± 0,604	5,160
DM-ME corrigida (mm) (n=50)	3,272	4,228 ± 0,611	5,211

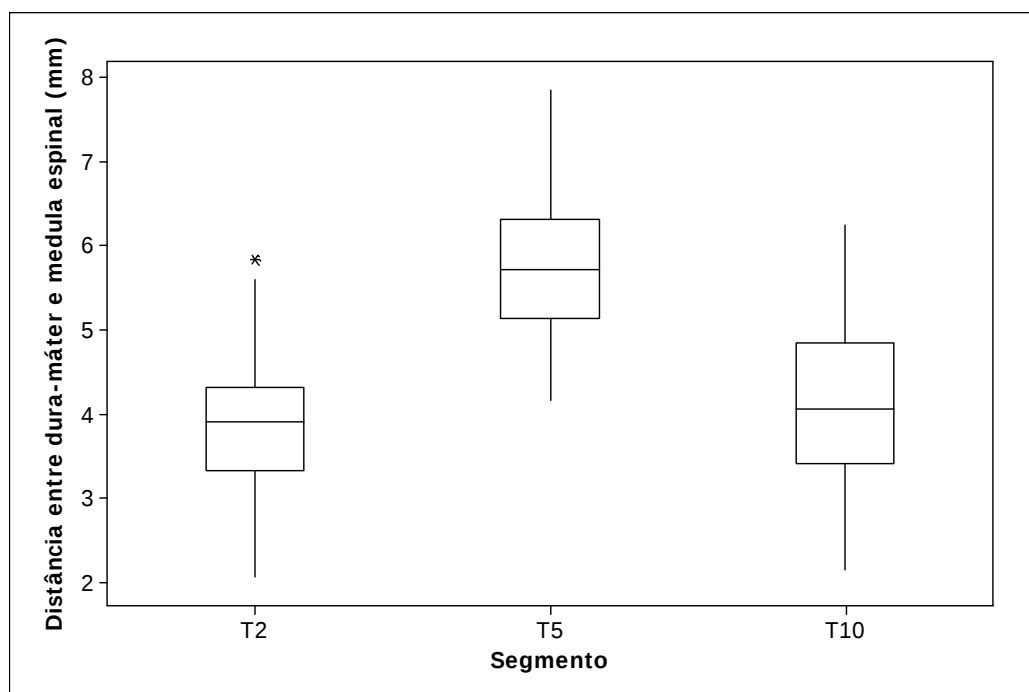


Figura 4 - Boxplot do corte sagital de acordo com as distâncias obtidas entre dura-máter e à medula espinal (mm) no 2º (T₂), 5º (T₅) e 10º (T₁₀) segmentos vertebrais torácicos.

Não houve diferença na distância entre a dura-máter e a medula espinal segundo o sexo (todos os valores de $p \geq 0,166$) (Tabela 3).

Tabela 3 - Distância mínima (mm) entre a dura-máter e a medula espinal de acordo com sexo dos pacientes

Sexo	T ₂	T ₅	T ₁₀
Feminino	2,8 mm	5,4 mm	3,3 mm
Masculino	2,9 mm	5,7 mm	4,3 mm

Baseando-se na subamostra de seis mulheres e quatro homens, os ângulos relativos à tangente no ponto de inserção na pele mostraram diferenças significativas entre os valores obtidos em T₂ ($9,00 \pm 2,49$ graus) e T₁₀ ($9,50 \pm 4,17$ graus) em relação

aos observados em T₅ ($45,00 \pm 7,45$ graus) (valor de $p=1,0$ Bonferroni) (Tabela 2, Figura 3).

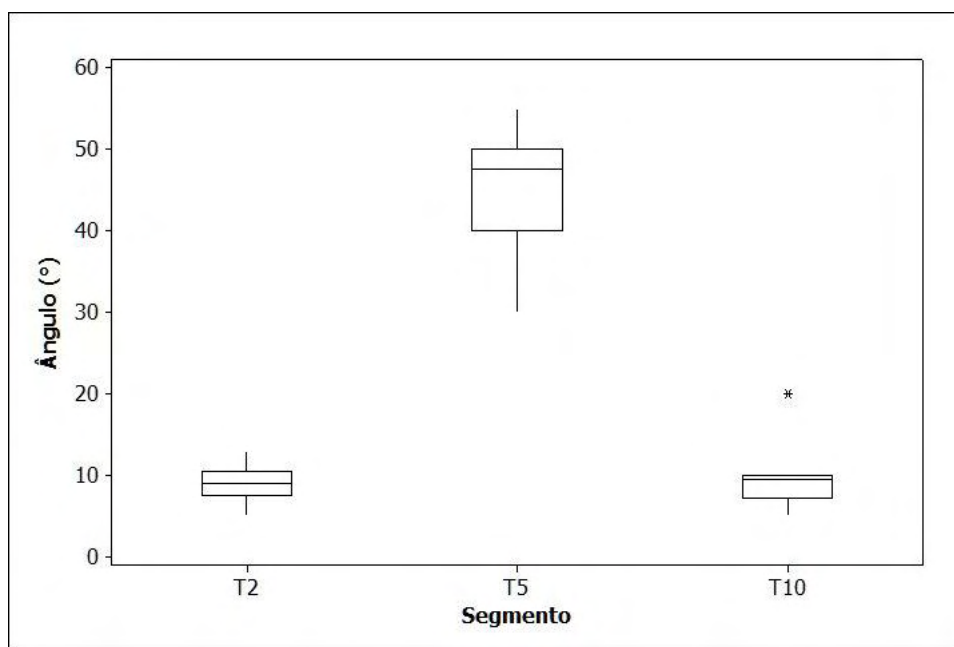


Figura 5 - Boxplot do ângulo de entrada para se atingir o espaço subaracnóideo no 2º (T₂), 5º (T₅) e 10º (T₁₀) segmentos vertebrais torácicos.

Calculando a média da distância entre a dura-máter espinal e a medula espinal nos 10 pacientes obtivemos as mesmas diferenças obtidas nos 50 pacientes com valor significativamente maior em T₅ = $5,597 \pm 0,915$ mm do que acima (T₂ = $3,792 \pm 0,894$ mm) ou abaixo dela (T₁₀ = $4,159 \pm 0,604$ mm) (Tabela 2). Dividindo a distância da dura-máter espinal até a medula pelo cosseno do ângulo obtido o valor foi de $8,171 \pm 2,062$ mm no 5º segmento torácico que é maior que ambas as distâncias obtidas no 2º segmento torácico ($3,842 \pm 0,899$ mm) e do 10º segmento torácico ($4,228 \pm 0,611$ mm) (Valor de $p < 0,0015$ Bonferroni), sem nenhuma evidência de diferença entre este dois (valor de $p = 0,77$ Bonferroni). As figuras 4, 5 e 6 mostram que todos os valores obtidos

foram maiores do que os realizados na posição perpendicular na imagem impressa da RMI.

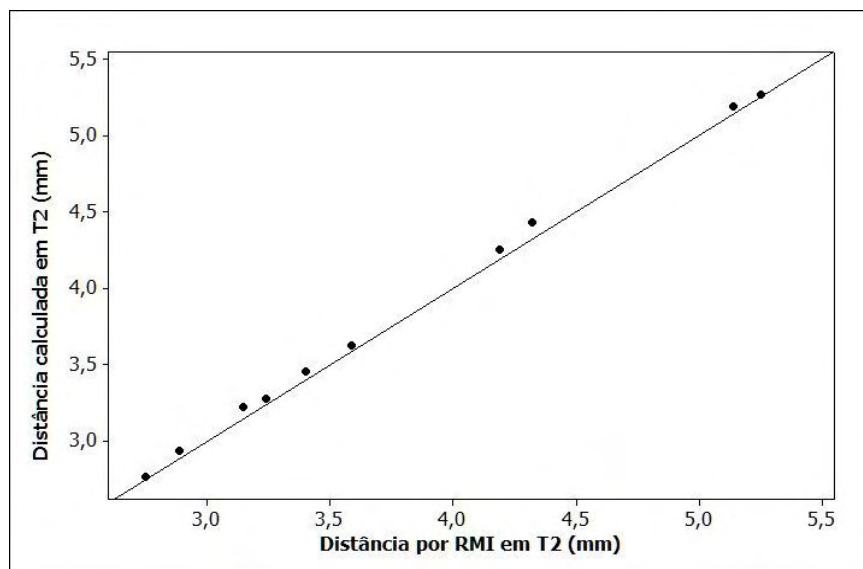


Figura 6 - Relação entre a distância calculada pelo ângulo de entrada para se atingir o espaço subaracnóideo e a distância medida na perpendicular no 2º (T₂) segmento torácico.

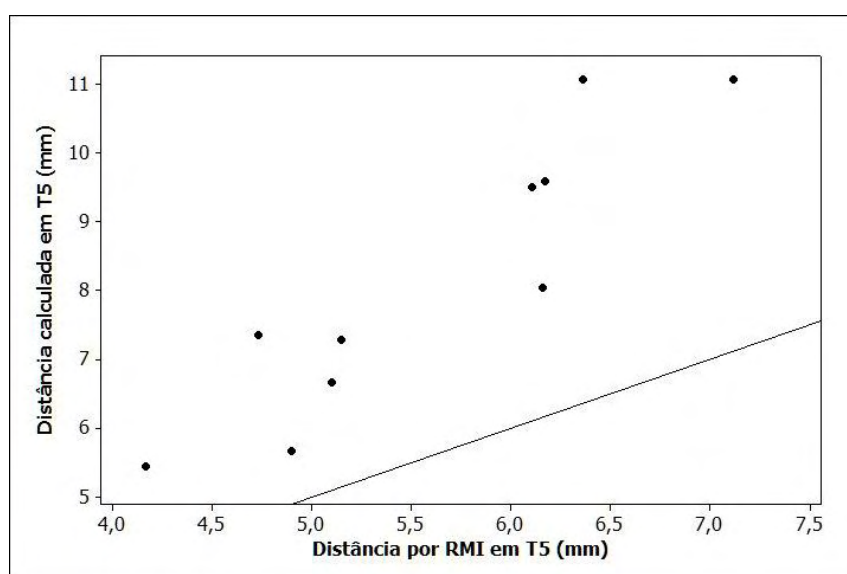


Figura 7 - Relação entre a distância calculada pelo ângulo de entrada para se atingir o espaço subaracnóideo e a distância medida na perpendicular no 5º (T₅) segmento torácico.

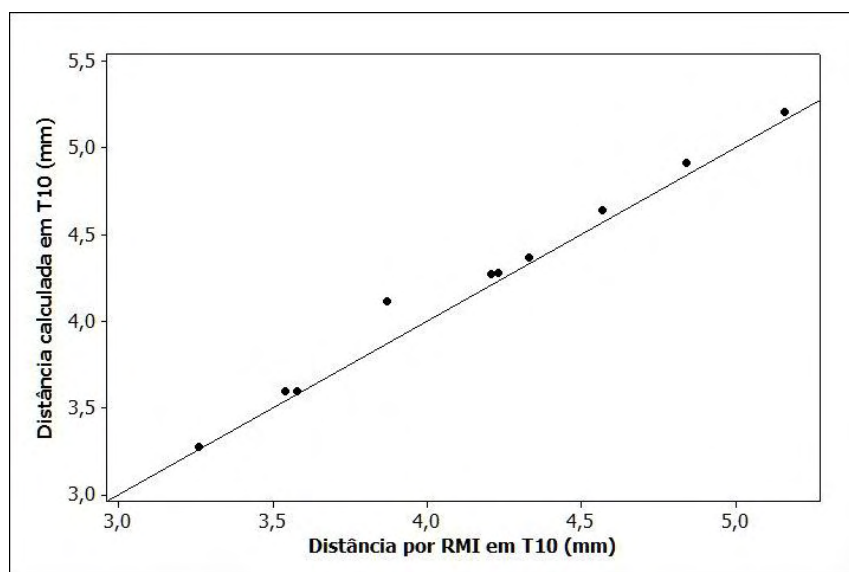


Figura 8 - Relação entre a distância calculada pelo ângulo de entrada para se atingir o espaço subaracnóideo e a distância medida na perpendicular no 10º (T₁₀) segmento torácico.

A RMI de toda a coluna vertebral e da medula espinal (Figura 2), pode-se observar que na região cervical (C₁-C₆) a medula espinal esta localizada posteriormente, na região torácica (T₁-T₁₂) anteriormente e na região lombar volta a posicionar-se posteriormente. Na porção final da medula espinal e no início da cauda equina estão aderidas à parte posterior do saco dural.

A Figura 9 com toda coluna vertebral, mostra que na região cervical (C₁-C₆) a medula espinal esta grudada anteriormente, na região torácica (T₁-T₁₂) está grudada posteriormente e na região lombar volta a ficar anteriormente. No final da medula e quando inicia a cauda eqüina ambas estão aderidas à parte posterior do saco dural.

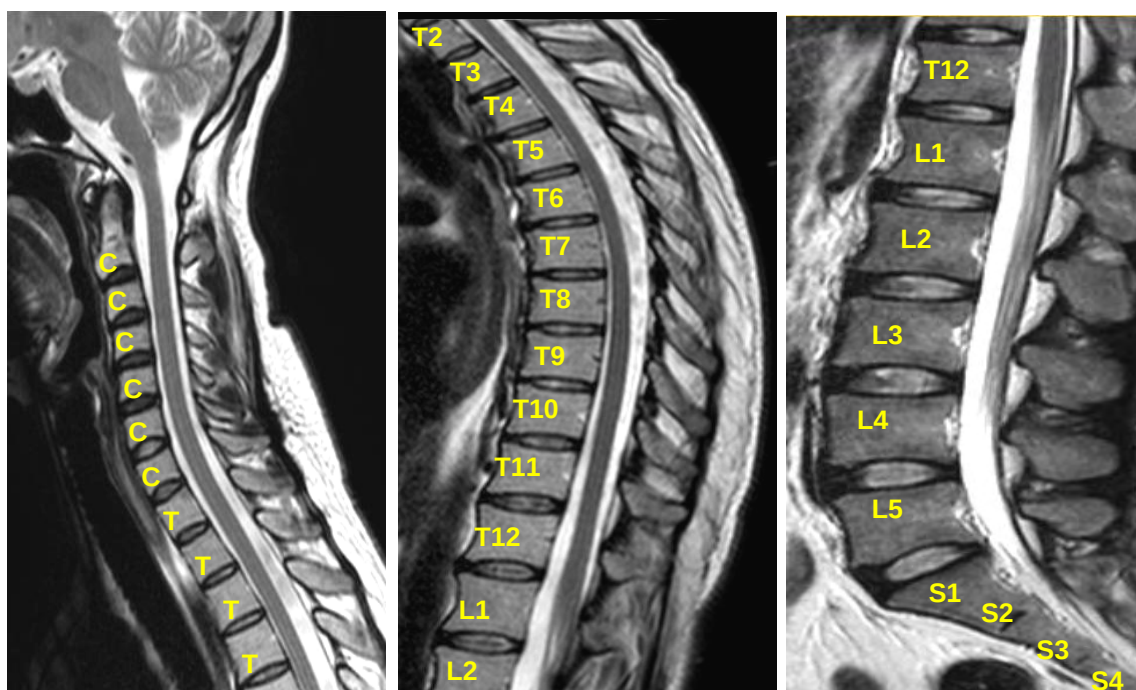


Figura 9 - RMI mostrando toda a relação entre a medula espinal e as partes anteriores e posteriores do canal medular.

6 *Díscussão*

O resultado mais relevante deste estudo foi aquele que demonstrou que na porção posterior do espaço subaracnóideo a distância entre a dura-máter espinal e a medula espinal é 5,808 mm na região torácica média (T_5), de 3,909 mm na região torácica superior (T_2) e 4,129 mm na região torácica inferior (T_{10}). Avaliando os 10 pacientes nos quais foram medidos os ângulos de entrada da agulha nos espaços torácicos estudados pela RMI impressa, os resultados foram praticamente os mesmos; ou seja $T_5 = 5,597 \text{ mm} > T_2 = 3,792 \text{ mm} = T_{10} = 4,159 \text{ mm}$. Esta distância aumenta quando se corrige o ângulo de abordagem do espaço subaracnóideo pela inclinação da agulha, passando para 8,171 mm em T_5 , 3,842 mm em T_2 e em 4,228 mm em T_{10} . Estes resultados mostram que a distância, que foi maior do que se acreditava inicialmente, pode evitar que a medula espinal seja traumatizada pela agulha após punção não intencional da dura-máter espinal como ocorre nos casos de perfuração acidental desta meninge durante abordagem do espaço peridural e intencional durante mielografias nas regiões cervical e torácica. Pode possibilitar também a abordagem destes espaços torácicos para a realização de anestesia subaracnóidea^{13,20}.

Antes do advento da tomografia computadorizada e da RMI, a mielografia por punção subaracnóidea nas regiões cervical e torácica era prática regular. Em 1990, foi publicado o resultado do estudo em que envolveu 220 neuroradiologistas e 187.300 mielografias nas quais a punção foi realizada entre o espaço intervertebral de C_1 e C_2 ¹⁸. Foram relatadas 68 complicações, o que representa 0,023% de todas as mielografias realizadas por punção neste local sendo que 63% delas conseqüentes à hiperextensão da coluna vertebral durante o exame¹⁸.

Foi descrito que eventualmente, pode ser observado “choque elétrico” desencadeado pelo toque da agulha na medula espinal durante a punção lateral do

espaço entre C₁-C₂, porém sem nenhuma lesão neurológica permanente ²¹. Há relato de paresia transitória como complicação do contato da agulha com a medula cervical ²². Em estudo anatômico em cadáveres, observou-se que a medula espinal era empurrada para frente da agulha de punção formando uma tenda, e que esta tenda protegia a pia-máter espinal durante a punção subaracnóidea impedindo lesão da medula espinal ²³. A tenda formada na dura-máter espinal e o risco de lesão são maiores com agulha 18-G do que com agulha 22-G ²³.

Enquete envolvendo 351 membros da Sociedade Americana de Neuroradiologia, mostrou que a mielografia das regiões cervical e torácica é considerada segura e continua sendo indicada em algumas situações clínicas ¹⁹. Na presente pesquisa ao se estudar a coluna cervical e torácica por meio da RMI, ficou evidente que a medula espinal está aderida posteriormente na região cervical e anteriormente na região torácica.

A abordagem lateral entre as vértebras C₁ e C₂ é procedimento de escolha, em diversos serviços, para a realização de mielografia e isto pode ser explicado pela presença de LCS na região posterior e da medula espinal na região anterior. A abordagem lateral evita que a medula espinal seja tocada pela agulha. Corrigindo-se a distância entre a dura-máter espinal e a medula espinal pelo ângulo de entrada da agulha há aumento desta distância, reduzindo a possibilidade de lesão da medula durante a perfuração acidental da dura-máter espinal ou até mesmo na anestesia subaracnóidea segmentar.

O avanço na técnica que gera a imagem radiográfica assim como nos processos de computação têm contribuído para aumentar a acurácia de estimar o volume do LCS. Alguns autores ²⁴ estimaram o volume de LCS por meio da medida ântero-posterior do

espaço subaracnóideo e da dimensão da medula espinal baseando-se em estudos digitalizados com RMI bi-dimensional. De maneira similar, diversos estudos sobre a anatomia do cone medular foram realizados com auxílio de RMI. Ficou demonstrado que a cauda equina possui atitude dinâmica que varia de acordo com a posição do paciente ^{25,26}. Assim a flexão da coluna facilita a introdução da agulha no espaço subaracnóideo durante a abordagem na região lombar, contudo não confere proteção contra o dano na medula espinal ²⁵. A medula espinal e a cauda equina se movimentam, na dependência da gravidade quando o paciente assume a posição de decúbito lateral ²⁶. O movimento ocorre em toda a medula, sendo a de maior magnitude entre os espaços L₂-L₃, com a distância medida de 3,4 mm (SD, 1,0 mm) ²⁶. Por outro lado, na região torácica inferior o desvio foi inferior a 1,0 mm ²⁶. A flexão forçada da coluna vertebral desloca a medula espinal e a cauda equina para o lado ventral do espaço subaracnóideo. Já a flexão forçada dos membros inferiores acarreta desvio do tecido nervoso medular desde a região torácica inferior até a região sacral ²⁶.

A anestesia subaracnóidea é eficiente para proporcionar tanto anestesia como analgesia pós-operatória. Ela foi empregada no início do século passado para realizações de cirurgias no pescoço, na boca e no tórax ²⁷. A anestesia subaracnóidea segmentar nas regiões torácica baixa e lombar alta foi realizada em 10 pacientes adultos pela injeção subaracnóidea de 0,5 mL de procaína a 5% (25 mg) na altura da 12^a vértebra torácica sem que houvesse qualquer complicação neurológica ²⁸. Recentemente, alguns autores estudaram a anatomia do canal vertebral torácico com auxílio de RMI ¹¹ e demonstraram que anestesia subaracnóidea segmentar realizada com punção em T₁₀ é segura ^{12,13,20}, entretanto a identificação correta do espaço subaracnóideo é fundamental porque existe dificuldade em predizer a sua profundidade.

Na região torácica a medula espinal está aderida aos corpos vertebrais criando um espaço que permite a entrada de agulha sem tocar a medula. A medida da distância entre a dura-máter espinal e a medula espinal, no presente estudo, mostrou que esta distância é maior na região torácica média do que na região torácica superior e inferior. No exame impresso da RMI realizada no dorso, tomando-se por base a introdução da agulha corrigida pelo ângulo obtido nos três interespaços estudados, observou-se aumento destas distâncias. A introdução da agulha nestes locais durante a realização do bloqueio combinado raqui-peridural ou perfuração acidental da dura-máter espinal durante a realização de anestesia peridural torácica podem ser seguros. Pode-se constatar que existe, potencialmente, um local adicional na região torácica que pode ser utilizado para introdução de fármacos no espaço subaracnóideo.

A punção subaracnóidea correta é indispensável para o sucesso da técnica. Entretanto, o risco de lesão espinal quando se realiza a abordagem do espaço pela região torácica é maior do que quando a punção é efetuada na região lombar. As imagens anatômicas geradas por RMI têm demonstrado que a medula espinal fica relativamente “protegida” em sua porção torácica porque o tamanho do espaço subaracnóideo varia entre 3 e 6 mm¹¹.

Alguns conceitos anatômicos devem ser considerados quando se realizam bloqueios do neuroeixo na região torácica. Na técnica de bloqueio combinado raqui-peridural se houver identificação correta do espaço peridural, a penetração da agulha no espaço subaracnóideo será facilmente percebida. Diferentemente do alinhamento perpendicular dos processos espinhosos das vértebras lombares que favorece a identificação dos espaços subaracnóideo e peridural pela abordagem na linha média, o posicionamento angulado dos processos espinhosos das vértebras torácicas dificulta esta

abordagem. A via paramediana favorece a penetração da agulha e cateteres no espaço peridural torácico ²⁹. Também o conhecimento da profundidade entre a pele e o espaço peridural pelo acesso paramediano auxilia a identificação do local de entrada da agulha neste espaço. No presente estudo a avaliação das dimensões do espaço subaracnóideo com o paciente em posição supina mostrou que a distância entre a dura-máter espinal e a medula na região posterior é significativamente maior na região torácica média do que nas regiões superiores e inferiores. A maioria dos bloqueios neuroaxiais é realizada com o paciente em decúbito lateral ou na posição sentada. Assim sendo é pouco provável que o posicionamento do paciente determine grande deslocamento dos tecidos contidos nos espaços abordados. Embora a dura-máter espinal possa deslocar-se longitudinalmente no canal vertebral ³⁰, somente pequenos movimentos de tecido adiposo e retenção de sangue venoso podem modificar as dimensões das distâncias avaliadas ^{31,32}.

No ápice da curvatura torácica a medula espinal é mantida fixa, no sentido ântero-posterior, pelo ligamento denticulado sendo que nesta localização ela se mantém mais anteriorizada. Considerando a geometria da mesma espera-se que no paciente em decúbito dorsal ou na posição sentada a curvatura exagerada da coluna desloque a medula ainda mais anteriormente, o que diminuiria o trauma do tecido nervoso pela agulha de punção.

Alguns autores ^{12,13} utilizam a agulha ponta de lápis para realização da punção subaracnóidea na região torácica, outros preferem a ponta cortante em razão desta apresentar orifício terminal ²⁰. A agulha cortante possui bisel curto e como o espaço subaracnóideo é pequeno, se a agulha possuir bisel oblíquo é possível que parte de sua luz fique fora do espaço subaracnóideo. A agulha ponta de lápis apresenta 1 mm de

ponta “cega” além do orifício de escoamento do anestésico local, que se localiza a 0,8 mm da ponta. Para que se obtenha o LCS é necessário que a sua introdução no espaço subaracnóideo seja 2 mm mais profunda ³³. Foram descritos sete casos de lesão neurológica após bloqueio combinado raqui-peridural nos quais foram utilizadas agulha ponta de lápis ³⁴, confirmando a probabilidade de lesão medular pela penetração mais profunda desta agulha. Já a agulha com bisel cortante permite que a obtenção do LCS seja imediata após a punção subaracnóidea.

A imagem radiológica da coluna lombar mostra que a medula e a cauda equina estão aderidas posteriormente no saco dural. E, como existe na região torácica um espaço entre a medula e a dura-máter espinal, presume-se que a possibilidade de ocorrer parestesia seja maior na região lombar do que na região torácica.

As agulhas espinais podem tocar as raízes nervosas ou causar lesão direta da medula espinal e parestesia durante inserção de agulhas pode ser sinal de alerta deste contato. As parestesias ocorrem, com maior frequência nas punções com agulhas ponta de lápis, sendo mais raras com aquelas de ponta cortante ^{35,36}. Em pacientes submetidos à técnica combinada raqui-peridural para realização de cesariana nas quais se utilizou agulha ponta de lápis foi encontrada incidência de parestesia de 26,6% ³⁷.

7 Conclusão

Os resultados deste estudo mostraram que existe uma distância entre a dura-máter espinal e a medula espinal nos espaços intervertebrais de T₂, T₅ e T₁₀ que é de maior magnitude na região torácica média (T₅). A correção destas distâncias pelo ângulo obtido pela entrada da agulha aumenta a distância que a agulha pode percorrer entre a dura-máter espinal e a medula espinal.

A distância entre a dura-máter espinal e a medula espinal na região torácica permite a realização de punção subaracnóidea. Esta distância pode justificar a ausência de lesão neurológica durante perfuração acidental da dura-máter espinal na tentativa de realizar anestesia peridural torácica.

9 *Referências*

1. Zöllner F. Leonardo da Vinci. Obra Completa de Pintura e Desenho. Taschen, 2003, Capítulo 7.
2. Hornak JP. The Basics of MRI. Copyright © 2010 J.P.Hornak. All Rights Reserved. Interactive Learning Software, Henietta, NY.
3. Zarzur E. Anatomia da coluna vertebral para raquianestesia. In: Imbelloni LE, editor. Tratado de Anestesia Raquidiana, Curitiba, Medidática Informática Ltda, 2001 p. 12-21.
4. Lauterbur PC. "Image Formation by Induced Local Interactions: Examples of Employing Nuclear Magnetic Resonance. Nature 1973; 242:190-191.
5. Damadian R, Goldsmith M, Minkoff L. NMR in cancer: XVI. FONAR image of the live human body. Physiol Chemi Physics 1977;9:97-100.
6. Hinshaw DS, Bottomley PA, Holland GN. "Radiographic thin-section image of the human wrist by nuclear magnetic resonance. Nature 1977;270:722-723.
7. Jinkins JR, Dworkin JS, Green CA, Greenhalgh JF, Gianni M, Gelbien M, Wolf RB, Damadian J, Damadian RV. Upright, weight-bearing, dynamic-kinetic magnetic resonance imaging of the spine. Review of the first clinical results. JHK Coll Radiol 2003; 6:55-74.
8. Naidich TP, King DG, Moran CJ, Sagel SS. Computed tomography of the lumbar thecal sac. J Comput Assist Tomogr 1980; 4:37-41.

9. Monajati A, Wayne WS, Rauschning W, Ekholm SE. MR of the cauda equine. *AJNR* 1987; 8:893-900.
10. Ross JS, Masaryk TJ, Modic MT, Delamater R, Bohlman H, Wilbur G, Kaufman B. MR imaging of lumbar arachnoiditis. *AJR* 1987; 149:1025-1032.
11. Lee RA, van Zundert AAJ, Breedveld P, Wondergem JHM, Peek D, Wieringa PA. The anatomy of the thoracic spinal canal investigated with magnetic resonance imaging (MRI). *Acta Anaesth Belg* 2007; 58:163-167.
12. van Zundert AAJ, Stultiens G, Jakimowicz JJ, van den Borne BEEM, van der Hamk WGJM, Wildsmith JAW. Segmental spinal anaesthesia for cholecystectomy in a patient with severe lung disease. *Br J Anaesth* 2006; 96:464-466.
13. van Zundert AAJ, Stultiens G, Jakimowicz JJ, Peek D, van der Ham WGJM, Korsten HHM, Wildsmith JAW. Laparoscopic cholecystectomy under segmental thoracic spinal anaesthesia: a feasibility study. *Br J Anaesth* 2007; 98:682-686.
14. Scherer R, Schmutzler M, Giebler R, Erhard J, Stocker L, Sox WJ. Complications related to thoracic epidural analgesia: a prospective study in 1071 surgical patients. *Acta Anaesthesiol Scand*, 1993; 37:370-374.
15. Giebler RM, Scherer RU, Jurgen P. Incidence of neurologic complications related to thoracic epidural catheterization. *Anesthesiology* 1997; 86:55-63.
16. Leão DG. Peridural torácica: estudo retrospectivo em 1240 casos. *Rev Bras Anesthesiol* 1997; 47:138-147.

17. Bessa PRN, Costa VV, Arci ECP, Fernandes MCBC, Saraiva RA. Thoracic epidural block performed safely in anesthetized patients. A study of a series of cases. *Rev Bras Anesthesiol* 2008; 58:354-362.
18. Robertson HJ, Smith RD. Cervical myelography: Survey of modes of practice and major complications. *Radiology* 1990; 174:79-83
19. Sandow BA, Donnal JF. Myelography complications and current practice patterns. *AJR* 2005; 185:768-771.
20. Imbelloni LE, Fornasari M, Fialho JC. Combined spinal epidural anesthesia during colon surgery in a high-risk patient. Case Report. *Rev Bras Anesthesiol* 2009; 59:741-745.
21. Heinz ER, Goldman RL. The role of gas myelography in neuroradiologic diagnosis. Comments on a new and simple technique. *Radiology* 1972; 102:629-634.
22. Mullan S, Harper PV, Hekmatpanah J, Torres H, Dobbin G. Percutaneous interruption of spinal-pain tracts by means of strontium⁹⁰ needle. *J Neurosurg* 1963; 20:931-939.
23. Orrison WW, Eldevik, Sackett JF. Lateral C1-2 puncture for cervical myelography. Part III: Historical, anatomic, and technical considerations. *Radiology* 1983; 146:401-408.
24. Hogan QH, Prost R, Kulier A, Taylor ML, Li S, Leighon M. Magnetic resonance imaging of cerebrospinal fluid volume and the influence of body habitus and abdominal pressure. *Anesthesiology* 1996; 84:1341-1349.

25. Fettes PDW, Leslie K, McNabb S, Smith PJ. Effect of spinal flexion on the conus medullaris: a case series using magnetic resonance imaging. *Anaesthesia* 2006; 61:521-523.
26. Takiguchi T, Yamaguchi S, Tezuka M, Kitajima T. Measurement of shift of the cauda equine in the subarachnoid space by changing position. *Reg Anesth Pain Med* 2009; 34:326-329.
27. Jonnesco T. General spinal analgesia. *Br Med J* 1909; 2:1396-1401.
28. Frumin MJ, Schwartz H, Burns J, Brodie BB, Papper EM. Dorsal root ganglion blockade during threshold segmental spinal anesthesia in man. *J Pharm Exp Ther*, 1954; 112:387-392.
29. Cousins MJ, Veering BT. Epidural neural blockade. In: Cousins MJ, Bridenbaugh PO, editors. *Neural blockade in clinical anesthesia and management of pain*. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers;1998, p.243-321.
30. Takiguchi T, Yamaguchi S, Hashizume Y, Kitajima T. Movement of the cauda equine during the lateral decubitus position with fully flexed leg. *Anesthesiology* 2004;101:1250.
31. Takiguchi T, Yamaguchi S, Okuda Y, Kitajima T. Deviation of the cauda equine by changing position. *Anesthesiology* 2004;100:745-755.
32. Hogan Q. Size of human lower thoracic and lumbosacral nerve roots. *Anesthesiology* 1996;85:37-42.

33. Krommendijk EJ, Verheijnen R, van Dijk B, Spoelder EM, Gielen MJM, de Lange JJ. The pncan 25-gauge needle: A new pencil-point for spinal anesthesia tested in 1,193 patients. *Reg Anesth Pain Med* 1999; 24:43-50.
34. Reynolds, F. Damage to the conus medullaris following spinal anaesthesia. *Anaesthesia* 2001; 56:238-47.
35. Ackerman W, Cases-Cristobal V, Juneja M, Rigor BM. Sprotte needle for Caesarean Section (letter). *Anaesthesia* 1991; 46:230.
36. Turner MA, Shaw M. Atraumatic spinal needles (letter). *Anaesthesia* 1993; 48:452.
37. Turner MA, Reifenberg NA. Combined spinal epidural anaesthesia. *International Journal of Obstetric Anesthesia* 1995; 4:158-160.

Apêndice

Tabela 4 - Sexo, idade, peso e medidas dos pacientes estudados

SEXO	IDADE	PESO	T ₂ (mm)	T ₅ (mm)	T ₁₀ (mm)
F	27	58	3,59	5,16	3,86
M	30	79	3,11	4,70	3,53
F	42	59	3,90	4,72	3,08
M	34	75	3,70	5,67	4,50
F	48	52	4,33	5,77	4,74
F	60	73	5,25	6,16	4,23
F	37	60	3,36	5,15	2,36
M	49	89	3,97	5,56	3,81
M	82	77	2,07	4,92	2,34
F	23	62	3,90	4,83	2,57
F	47	61	2,20	5,27	2,15
F	62	58	2,75	5,1	4,84
F	22	48	3,92	5,00	3,93
F	58	56	3,73	5,21	3,25
F	24	49	2,98	6,31	3,34
M	40	90	3,25	5,67	3,57
M	51	92	3,61	5,12	3,91
F	44	69	3,59	5,95	3,34
F	43	74	5,60	6,95	5,99
F	28	52	3,98	6,32	3,28
M	44	84	3,96	5,02	4,88
M	76	60	4,39	5,66	4,55
M	42	80	3,24	5,69	5,58
M	28	83	5,19	7,75	5,88
F	75	47	3,4	4,17	3,87
M	27	105	4,58	7,02	6,25
F	61	43	4,76	6,21	4,85
M	56	40	4,25	6,57	4,04
M	50	78	4,75	5,75	4,07
M	28	76	3,99	5,99	3,87
F	50	66	5,84	6,84	5,25
F	70	50	4,32	5,19	3,08
M	31	88	3,25	6,26	3,76
M	42	96	4,31	4,57	4,23
M	49	78	3,59	5,48	4,51
M	60	81	4,32	5,51	5,3
M	69	101	3,24	4,9	4,57
M	53	73	2,89	4,73	4,33
F	55	61	2,99	6,29	5,74
F	39	48	3,15	6,11	3,26
F	59	52	4,01	5,92	4,33
M	33	89	4,23	6,01	5,02
F	44	65	4,55	6,72	4,57
F	54	68	3,59	5,15	3,58

Tabela 4 - continuação

SEXO	IDADE	PESO	T₂ (mm)	T₅ (mm)	T₁₀ (mm)
F	60	61	3,47	7,85	3,08
M	25	74	3,62	6,96	3,44
M	35	78	4,19	6,17	4,21
M	48	81	5,14	7,12	5,16
F	61	62	4,32	6,36	3,54
F	51	63	5,12	6,89	5,05

Tabela 5 - Sexo, idade, peso e medidas dos ângulos em relação à pele em 10 pacientes estudados

	SEXO	IDADE	PESO	T₂	T₅	T₁₀
1	F	75	47	10	40	20
2	M	69	101	8	30	10
3	M	48	81	8	50	8
4	F	60	73	5	40	9
5	F	54	68	8	45	5
6	F	62	58	6	40	10
7	M	35	78	10	50	10
8	M	48	81	13	55	10
9	F	39	48	12	50	5
10	M	53	73	10	50	8

Anexos

BRIEF REPORT

The Anatomy of the Thoracic Spinal Canal Investigated with Magnetic Resonance Imaging

Luiz Eduardo Imbelloni, MD,*† Marcelo Bianco Quirici, MD,† Jose Roberto Ferraz Filho, MD,§ José Antonio Cordeiro, PhD,¶ and Eliana Marisa Ganem, PhD†

BACKGROUND: We investigated, with magnetic resonance imaging, the distance of the dura mater to the spinal cord in patients without spinal or medullary disease at the 2nd, 5th, and 10th thoracic segments.

METHODS: Fifty patients in the supine position underwent magnetic resonance imaging. Medial sagittal slices of the 2nd, 5th, and 10th thoracic segments were measured for the relative distances using the 1.5-T superconducting system (Gyroscan Intera, Philips Medical Systems, Best, the Netherlands). In 10 patients, the angles relative to the tangent at the insertion point on the skin were measured.

RESULTS: The posterior dural-spinal cord distance is significantly greater at the midthoracic region (5th thoracic = 5.8 ± 0.8 mm) than at the upper (2nd thoracic = 3.9 ± 0.8 mm) and lower thoracic levels (10th thoracic = 4.1 ± 1.0 mm) ($P < 0.015$). There were no differences between interspaces T2 and T10. There was no correlation between age and the measured distance between the dura mater and the spinal cord. The entry angle of the needle at T2 was $9.0^\circ \pm 2.5^\circ$; at T5, $45.0^\circ \pm 7.4^\circ$; and at T10, $9.5^\circ \pm 4.2^\circ$.

CONCLUSIONS: This study demonstrated that there is greater depth of the posterior subarachnoid space at the T2, T5, and T10 levels. The greater distance was found at T5. (Anesth Analg 2010;110:1494-5)

The anatomical characteristics between the thoracic and lumbar spine are significantly different. The anatomy of the thoracic spinal canal was recently investigated with magnetic resonance imaging (MRI) in 19 patients.¹ In 113 thoracic epidural blocks performed in anesthetized patients, there was a 4.4% occurrence of accidental puncture of the dura mater without neurological sequelae.² In our study, we retrospectively investigated the distance of the dura mater to the spinal cord at the 3 thoracic segments, analyzing the magnetic resonance images of patients without spinal or medullary disease.

METHODS

The hospital's ethical committee approved our retrospective study. Between January 2001 and July 2008, 1232 MRI examinations were performed at the Hospital de Base de São José do Rio Preto. A group of 50 (Table 1) healthy patients, in supine position, were imaged with the MRI 1.5-T superconducting system scanner (Gyroscan Intera, Philips Medical Systems, Best, the Netherlands). Thoracic spine images were acquired through sagittal spin echo at the 2nd, 5th, and 10th thoracic segments (Fig. 1), and the perpendicular distance from the posterior dura to cord was measured. In 10 patients, the angle from the skin to the subarachnoid space was determined using a compass on the printed magnetic resonance image.

From the *Hospital de Base-FAMERP, São José do Rio Preto, São Paulo; †Botucatu Medical School, University of São Paulo State, UNESP, Botucatu; ‡School of Medicine-FAMERP, and §Department of Radiology and Imaging and ¶Department of Biostatistics, Hospital de Base—FAMERP, São José do Rio Preto, São Paulo, Brazil.

Accepted for publication January 11, 2010.

Address correspondence and reprint requests to Dr. Luiz Eduardo Imbelloni, Av. Eptácio Pessoa, 2356/203, 22411-072 Rio de Janeiro, Brazil. Address e-mail to dr.imbelloni@terra.com.br.

Copyright © 2010 International Anesthesia Research Society
DOI: 10.1213/ANE.0b013e3181e25e66

Table 1. Patients Characteristics

Variable	Female (n = 26; 52%)	Male (n = 24; 48%)	P
Age (y)	47.8 ± 14.7	45.1 ± 15.5	0.52
Weight (kg)	58.3 ± 8.3	81.1 ± 13.1	<0.0005



Figure 1. Magnetic resonance imaging of the spinal column.

Brief Report

Table 2. Minimum, Mean (±), and Maximum (in mL) of Sagittal Distance to the Cord (SDC) and Needle Path

Variable	2nd Thoracic			5th Thoracic			10th Thoracic		
	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.
SDC (mm) (n = 50)	2.1	3.9 ± 0.8	5.8	4.2	5.8 ± 0.8	7.8	2.2	4.1 ± 1.0	6.2
Needle path (mm) (n = 10)	2.8	3.8 ± 0.9	5.3	5.4	8.2 ± 2.1	11.1	3.3	4.2 ± 0.6	5.2
Angle (°) (n = 10)	5.0	9.0 ± 2.5	13.0	30.0	45.0 ± 7.4	55.0	5.0	9.5 ± 4.2	20.0

Table 3. Minimum Distance (mm) of the Dura Mater to the Spinal Cord According to Gender

Gender	T2	T5	T10
Female	2.8	5.4	3.3
Male	2.9	5.7	4.3

Comparisons of the mean dura-spinal cord distance were performed by paired *t* test, and between genders by 2-sample *t* test. For multiple comparisons of segments, i.e., all comparisons of 2 segments, the Bonferroni correction was applied through multiplication of the actual *P* value by 3 (Bonferroni *P* value). The adopted significance level was $\alpha = 0.05$, which means that multiple comparisons were significant when the actual *P* value $\leq 0.05/3 = 0.0167$.

RESULTS

The posterior dural-spinal cord distance is significantly greater at the middle thoracic region (5th thoracic segment = 5.8 ± 0.8 mm) than at the upper (2nd thoracic segment = 3.9 ± 0.8 mm) and lower thoracic levels (10th thoracic segment = 4.1 ± 1.0 mm) (Table 2) ($P < 0.015$). The T2 and T10 distances were not significantly different. There is evidence of correlations between the measured distance at T2 and both T5 and T10 (same $r = 0.5$; $P < 0.001$), and between T5 and T10 ($r = 0.4$; $P = 0.004$). There is no correlation between patient age or gender and the measured distance between the dura mater and the spinal cord (Table 3).

Based on subsamples of 6 women and 4 men, the angle relative to the tangent at the insertion point on the skin showed significant differences between T5 ($45.0^\circ \pm 7.4^\circ$) and T2 ($9.0^\circ \pm 2.5^\circ$) and T10 ($9.5^\circ \pm 4.2^\circ$) (Bonferroni $P < 0.0015$). The T2 and T10 angles were not significantly different (Table 2). Dividing the cord distance by the cosine of the angle, the length of the needle trajectory was calculated. At T5 (8.2 ± 2.1 mm), the length of the trajectory was more than at T2 (3.8 ± 0.9 mm) and T10 (4.2 ± 0.6 mm) (Bonferroni $P < 0.0015$). The T2 and T10 needle trajectory lengths were not significantly different. There was no correlation between gender and the angle of insertion or length of needle trajectory.

DISCUSSION

This study confirmed that there was a greater depth of the posterior subarachnoid space at midthoracic levels (T5 = 5.8 mm) than upper (T2 = 3.9 mm) and lower (T10 = 4.1 mm) thoracic levels. The distance at midthoracic levels (T5) with a 45° angle of insertion also increased this distance. Our results confirm those of a previous study¹ that found a greater depth of the posterior subarachnoid space at midthoracic levels than at lumbar and upper thoracic levels.

In this study, we investigated measurements with the patient positioned supine. However, most neuraxial blockades are performed with the patient in a lateral decubitus or a sitting position. Previous studies have demonstrated that the spinal cord and cauda equina move with gravity and also ventrally with leg flexion.³⁻⁵ It is noteworthy that the spinal cord lies approximately most anterior at the apex of the thoracic curve. Considering the geometry, it is expected that with the patient in a lateral or sitting position with exaggerated curvature of the back, the cord would tend to lie even further anteriorly.

Because of the risk of a medullary lesion caused by needle-tip injury, the distance between the dura mater and the cord is of great importance. This space may prevent lesion formation during accidental dural puncture in thoracic and cervical epidural anesthesia or thoracic combined spinal epidural anesthesia.⁶⁻⁸

This study demonstrated that there is a great distance from the dura mater to the spinal cord at the T2, T5, and T10 levels, with the greatest distance at T5. The main finding of our study is that using a 45° angle when accessing the midthoracic epidural space will help protect the spinal cord against accidental dural perforation. ■

ACKNOWLEDGMENTS

This article is a portion of a thesis submitted by the first author to the Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista as partial fulfillment of the requirements for a PhD degree.

REFERENCES

- Lee RA, van Zundert AAJ, Breedveld P, Wondersgem JHM, Peek D, Wieringa PA. The anatomy of the thoracic spinal canal investigated with magnetic resonance imaging (MRI). *Acta Anaesth Belg* 2007;58:163-7.
- Bessa PRN, Costa VV, Arci ECP, Fernandes MCBC, Saraiva RA. Thoracic epidural block performed safely in anesthetized patients. A study of a series of cases. *Rev Bras Anestesiol* 2008;58:354-62.
- Takiguchi T, Yamaguchi S, Hashizume Y, Kitajima T. Movement of the cauda equina during the lateral decubitus position with fully flexed leg. *Anesthesiology* 2004;101:1250.
- Takiguchi T, Yamaguchi S, Okuda Y, Kitajima T. Deviation of the cauda equina by changing position. *Anesthesiology* 2004;100:754-5.
- Takiguchi T, Yamaguchi S, Tezuka M, Kitajima T. Measurement of shift of the cauda equina in the subarachnoid space by changing position. *Reg Anesth Pain Med* 2009;34:326-9.
- van Zundert AAJ, Stultiens G, Jakimowicz JJ, van den Borne BEEM, van der Hamk WGJM, Wildsmith JAW. Segmental spinal anesthesia for cholecystectomy in a patient with severe lung disease. *Br J Anaesth* 2006;96:464-6.
- van Zundert AAJ, Stultiens G, Jakimowicz JJ, Peek D, van der Ham WGJM, Korsten HHM, Wildsmith JAW. Laparoscopic cholecystectomy under segmental thoracic spinal anaesthesia: a feasibility study. *Br J Anaesth* 2007;98:682-6.
- Imbelloni LE, Fornasari M, Fialho JC. Combined spinal epidural anesthesia during colon surgery in a high-risk patient. Case report. *Rev Bras Anestesiol* 2009;59:741-5.

rich3/zj4-ajnr/zj4-ajnr/zj401010/zj42227d10a mellickp S=7 10/7/10 15:19 4/Color Figure(s): 1 Art: 10-00481 Input-MR

Low Incidence of Neurologic Complications during Thoracic Epidurals: Anatomic Explanation

Central neuraxial block has a low incidence of major complications, many of which resolve within 6 months.¹ During attempts to insert a spinal needle into the lumbar subarachnoid space, patients occasionally experience paresthesia, with a reported incidence of 13.6%.¹ Neurologic complications, including spinal cord injury,² may arise during administration of the epidural block because the needle or catheter may cause direct nerve trauma. Accidental dural puncture during needle insertion occurred in 0.4%–1.2% of instances in a series of 6496 thoracic epidural blocks, but none of the 48 patients developed subsequent neurologic sequel.^{3–5}

Recently, the anatomy of the thoracic spinal canal was investigated with MR imaging in 50 patients.⁶ The space between the dura mater and spinal cord in the thoracic region measured with MR imaging was 5.19 mm at T2, 7.75 mm at T5, and 5.88 mm at T10 (Fig 1). The angle of entry between T5 and T6 (almost 50°) elongated the distance from the tip of the needle to the posterior surface of the cord. MR imaging (Fig 1) confirms that the cord and the cauda equina are touching the dura mater posteriorly in the lumbar region and anteriorly in the thoracic region (the spinal cord). This position increases the distance to a point that permits the advancement of a needle without touching the cord, such as in case of accidental perforation of the dura mater during the administration of a spinal anesthesia. This can be an explanation for the low incidence of neurologic complications during accidental perforation of the dura mater in an attempt to perform a thoracic epidural block^{3–5} and the safety of the segmental spinal anesthesia when using a thoracic approach.^{7,8}

References

1. Pong RP, Gmelch BS, Bernards CM. Does a paresthesia during spinal needle insertion indicate intrathecal needle placement? *Reg Anesth Pain Med* 2009;34:29–32.
2. Gibson P. Spinal cord damage following thoracic epidural anaesthesia. *Anaesth Intensive Care* 2004;32:596–97, author reply 597.
3. Scherer R, Schmutzler M, Giebler R, et al. Complications related to thoracic epidural analgesia: a prospective study in 1071 surgical patients. *Acta Anaesthesiol Scand* 1993;37:370–74.

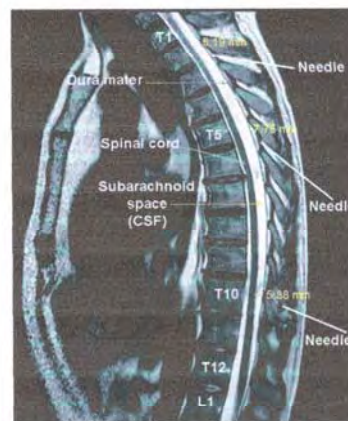


Fig 1. MR imaging of the thoracic column.

4. Giebler RM, Scherer RU, Peters J. Incidence of neurologic complications related to thoracic epidural catheterization. *Anesthesiology* 1997;86:55–63.
5. Leco DG. Thoracic epidural anesthesia: analysis of 1240 cases. *Rev Bras Anesthesiol* 1997;47:138–47.
6. Imbelloni LE, Quirici MB, Ferraz-Filho JR, et al. The anatomy of the thoracic spinal canal investigated with magnetic resonance imaging. *Anesth Analg* 2010;110:494–495.
7. van Zundert AA, Stultjens G, Jakimowicz JJ, et al. Laparoscopic cholecystectomy under segmental thoracic spinal anaesthesia: a feasibility study. *Br J Anaesth* 2007;98:682–86. Epub 2007 Mar 19.
8. Imbelloni LE, Fornasari M, Fialho JC. Combined spinal epidural anesthesia during colon surgery in a high-risk patient: case report. *Rev Bras Anesthesiol* 2009;59:741–45.

L.E. Imbelloni

M.A. Gouveia

Instituto de Anestesia Regional
Hospital de Base-FUNFARME
São José do Rio Preto, SP, Brazil

DOI 10.3174/ajnr.A2227