UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE APLICADAS
AO APARELHO LOCOMOTOR

**ESTUDO DO PLEXO LOMBAR UTILIZANDO NEUROGRAFIA POR
DIFUSÃO EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA**

CRISTIANO MAGALHÃES MENEZES

Ribeirão Preto

2015

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE APLICADAS
AO APARELHO LOCOMOTOR

**ESTUDO DO PLEXO LOMBAR UTILIZANDO NEUROGRAFIA POR
DIFUSÃO EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA**

Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de
Medicina de Ribeirão Preto da Universidade
de São Paulo para obtenção do Título de
Doutor em Ciências.

Orientado: Cristiano Magalhães Menezes

Orientador: Prof Dr. Marcello Henrique

Nogueira- Barbosa

Ribeirão Preto

2015

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Menezes, Cristiano Magalhães

Estudo do plexo lombar utilizando neurografia por difusão em ressonância magnética, 2015.

54 p. : il. ; 30 cm

Tese de Doutorado, apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP.

Orientador: Nogueira-Barbosa, Marcello Henrique.

1. XLIF. 2. Complicação. 3. Neuromonitorização 4. Eletro-neuromiografia. 5. Plexopatia

FOLHA DE APROVAÇÃO

Cristiano Magalhães Menezes

“Estudo do plexo lombar utilizando neurografia por difusão em ressonância magnética ”

Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Marcello Henrique Nogueira-Barbosa

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

Prof(a). Dr(a). _____

Instituição: _____ Assinatura: _____

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, **Amilzio e Claudete**,
que ao medo e ao acaso opuseram a dedicação e o
esforço para vencer na vida.*

*À minha adorada esposa **Érica**,
que, por sua postura de
perseverança, tornou-se fonte de
inspiração e companheirismo.*

*Aos meus filhos **Henrique e Letícia**,
por darem sentido maior à
minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Dedico esta tese às pessoas mais importantes para mim: minha mãe, Claudete Maria Magalhães Menezes, a quem devo as qualidades de caráter e disciplina ao trabalho; ao meu pai Amilzio da Cunha Menezes, pelo indispensável apoio em minha trajetória.

Em especial, dedico à minha adorada esposa, Érica Godinho Menezes, que, com paciência e generosidade, me amparou em todos os momentos, tornando-se fonte inesgotável de estímulo e perseverança.

Aos meus filhos, Henrique e Letícia, pelos quais qualquer esforço se torna suave.

Com a mesma gratidão, estendo esta dedicatória aos meus sogros, professores Aloísio Gomes Godinho e Tânia Mara de Oliveira Godinho, pelo incentivo e apoio sinceros.

Agradeço profundamente ao meu orientador, Prof. Dr. Marcello Henrique Nogueira-Barbosa, por ter vislumbrado e incentivado em mim a vocação para a pesquisa, e pelo invejável equilíbrio e tranquilidade para me transmitir seus ensinamentos.

Aos demais coorientadores deste trabalho, amigos dos quais muito me orgulho, Prof. Dr. Carlos Fernando da Silva Herrero e Prof. Dr. Helton Luiz Aparecido Defino, pelo estímulo e fundamentais ensinamentos que ampararam esses anos de pesquisa, bem como aos coautores do projeto, os brilhantes e inesquecíveis Dra Luciene Mota de Andrade, Dr Marcos Antônio Ferreira Júnior e Dr Willian Blake-Rodgers.

A todos os professores da Universidade de São Paulo que de alguma forma contribuíram para minha formação.

À Rita, secretária do programa de Ciências da Saúde aplicadas ao Aparelho Locomotor, por sua disponibilidade constante.

E, por fim, a todos os voluntários que participaram da pesquisa, graças aos quais, foi possível a conclusão deste trabalho.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Radiografia lateral mostrando moldes de reconstrução (janelas) usadas durante a neurografia para acessar a possível presença de estruturas nervosas durante um acesso lateral usando diferentes retratores 26
- Figura 2.** Plexo lombar mapeado em reconstrução sagital nos espaços intervertebrais L3-4 e L4-5 32
- Figura 3.** Imagens de neurografia por ressonância magnética mostrando cortes axiais de 10 e 22 mm (A,B). No molde de 10 mm o plexo lombar se encontrava na zona IV (A), passando para a zona III no molde de 22 mm (B). Situação semelhante nas figuras C e D, mas com a diferença de o plexo alcançar a zona II no molde de 22 mm (D)..... 35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Frequência das variáveis: Sexo, Vértebra de transição, Caracterização, Última costela T12, Listese: L3-4 e Listese: L4-5.....	33
Tabela 2.	Tabela de contingência entre lado e o segmento de L3-4 estratificado por grupos.	34
Tabela 3.	Tabela de contingência entre lado e o segmento de L4-5 estratificado por grupos II, III e IV.....	36
Tabela 4.	Tabela de contingência entre lado e o segmento de L4-5 estratificado por grupos II ou III, e IV.....	37
Tabela 5.	Tabela de contingência do segmento L4-5 entre sexo, vértebra de transição, última costela T12, listese: L3-4, listese: L4-5, estratificado por grupo e lado	38
Tabela 6.	Regressão Marginal Logística Multivariada para a ocorrência dos segmentos II e III de L4-5.....	42
Tabela 7.	Coefficiente e teste de Kappa para o índice de concordância intraobservador e interobservador nos grupos de 10 mm e 22 mm em ambos os lados	42

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1.** Gráfico de barras estratificado por grupos entre lado e os segmentos de L4-5 36
- Gráfico 2.** Gráfico com as razões de chances e os intervalos de 95% de confiança estimados pelas Regressões Marginais Logísticas Univariadas 41

LISTA DE ABREVIATURAS

LLA	Ligamento Longitudinal Anterior
NRM	Neurografia por Ressonância Magnética
DW-MR	Neurografia por Difusão por Ressonância Magnética
3D DW-PSIF	Sequência 3D ponderada em Difusão
MIP	<i>Maximum Intension Projections</i>
RM	Ressonância Magnética
s	Segundos
mm ²	Milímetros quadrados
ms	Milissegundos
mm	Milímetros
Hz	Hertz
TR	Tempo de Repetição
TE	Tempo de Eco
RT	Molde de Reconstrução
GEE	<i>Generalized Equations Estimating</i>
ALR	<i>Alternating Logistic Regressions</i>
K	Coefficiente Kappa
H0	Hipótese nula
H1	Hipótese alternativa
UC	Última costela
GFN	Nervo Genitofemoral
IC	Intervalos de confiança

RESUMO

ESTUDO DO PLEXO LOMBAR UTILIZANDO NEUROGRAFIA POR DIFUSÃO EM RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

Objetivos – A Neurografia por ressonância magnética (RM) tem sido usada para avaliar estruturas nervosas (nervos e plexos nervosos) por proporcionar melhor contraste entre essas estruturas e os tecidos circundantes. O objetivo deste estudo é investigar a reprodutibilidade do uso da neurografia pela técnica de difusão por ressonância magnética (DW-MR) para avaliar o plexo lombar no planejamento de artrodese com acesso lateral transpsoas. Outro objetivo é avaliar se a frequência em que os ramos do plexo lombar são encontrados nas diferentes zonas nos interespaços L3-4 e L4-5 é alterada quando do uso de diferentes espessuras de retratores cirúrgicos.

Métodos – Noventa e quatro pacientes (188 plexos lombares) com dor lombar e doenças degenerativas da coluna foram submetidos a DW-MR do plexo lombar relativa aos espaços discais L3-4 e L4-5, e terço superior do corpo vertebral de L5. As imagens foram reconstruídas no plano axial, com cortes de alta resolução de 10 mm de espessura sobre o espaço discal e de 22 mm em L3-4 e L4-5, simulando a zona de trabalho de retratores usados de rotina no acesso transpsoas. As posições da raiz de L4 e do nervo femoral foram analisadas em relação ao disco L4-5 e confirmadas nos planos sagitais. Radiologista e um cirurgião de coluna experiente realizaram as avaliações das imagens de forma às cegas e independente. Para aferir o grau de concordância intra e interobservadores aplicamos o teste de Kappa.

Resultados. O plexo lombar foi identificado com êxito em todos os pacientes. Em L3-4, todos, os componentes do plexo (exceto o nervo genitofemoral) foram localizados no quadrante mais posterior do espaço discal (zona IV), exceto em um caso. As raízes de

L3 e de L4 coalesceram-se no nervo femoral abaixo do espaço discal L4-5 em todos os sujeitos. Variação lado a lado foi observada, estando o plexo localizado na zona IV em 86,2% pacientes à direita e 78,7 % à esquerda. No terço superior de L5, o plexo foi encontrado na zona III em 27,7 % à direita e em 36,2% à esquerda; e na zona II em 4,3% à direita e em 2,1% à esquerda. Encontramos uma concordância substancial intra e interobservadores (com valores de Kappa entre 0,6 e 0,79, para o índice de concordância intra e interobservador, nos grupos de 10 e 22 mm em ambos os lados).

Conclusão: O mapeamento pré-operatório do plexo lombar por meio da neurografia por DW-MR se mostrou reprodutível intra e intraobservadores e, portanto, tem potencial para melhorar o perfil de segurança dos procedimentos por acesso lateral.

Palavras chave: XLIF . Complicação . Neuromonitorização . Eletromiografia . Plexopatia

ABSTRACT

LUMBAR PLEXUS STUDY USING DIFFUSION-WEIGHTED MAGNETIC RESONANCE NEUROGRAPHY

Purpose - Magnetic resonance (MR) neurography has been used to evaluate entire nerves and nerve bundles by providing better contrast between the nerves and the surrounding tissues. The purpose of the study was to validate diffusion-weighted MR (DW-MR) neurography in visualizing the lumbar plexus during preoperative planning of lateral transpsoas surgery.

Methods - Ninety-four (188 lumbar plexuses) spine patients underwent a DW-MR examination of the lumbar plexus in relation to the L3–4 and L4–5 disc spaces and superior third of the L5 vertebral body. Images were reconstructed in the axial plane using high-resolution Maximum Intensity projection (MIP) overlay templates at the disc space and L3–4 and L4–5 interspaces. 10 and 22 mm MIP templates were chosen to mimic the working zone of standard lateral access retractors. The positions of the L4 nerve root and femoral nerve were analyzed relative to the L4–5 disc in axial and sagittal planes. Third-party radiologist and a senior spine surgeon performed the evaluations, with inter- and intraobserver testing performed (Kappa test).

Results - In all subjects, the plexus was successfully mapped. At L3–4, in all but one case, the components of the plexus (except the genitofemoral nerve) were located in the most posterior quadrant (zone IV). The L3 and L4 roots coalesced into the femoral nerve below the L4–5 disc space in all subjects. Side-to-side variation was noted, with the plexus occurring in zone IV in 86.2 % right and only 78.7 % of left sides. At the

superior third of L5, the plexus was found in zone III in 27.7 % of right and 36.2 % of left sides; and in zone II in 4.3 % right and 2.1 % left sides. Significant inter- and intraobserver agreement was found. (Kappa test values ranging from 0,6 to 0,79, for intra and interobserver concordance index, in 10 and 22 mm groups, both sides).

Conclusions - By providing the surgeon with a preoperative roadmap of the lumbar plexus, DW-MR may improve the safety profile of lateral access procedures.

Keywords - XLIF . Complication . Neuromonitoring . Electromyography . Plexopathy

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
2. HIPÓTESE.....	22
3. OBJETIVOS	22
3.1 Objetivo Geral	22
3.2 Objetivos Específicos	22
4. PACIENTES E MÉTODOS	23
4.1 Avaliação da Ressonância Magnética	24
4.2 Análise Estatística.....	27
5. RESULTADOS	31
6. DISCUSSÃO	43
7. CONCLUSÃO.....	50
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
ANEXO A: SOLICITAÇÃO DE DISPENSA DO TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	57
ANEXO B: ARTIGO PUBLICADO: "DIFFUSION -WEIGHTED MAGNETIC RESSONANCE (DW-MR) NEUROGRAPHY OF THE LUMBAR PLEXUS IN THE PREOPERATIVE PLANNING OF LATERAL ACCESS LUMBAR SURGERY"	58

1. INTRODUÇÃO

As diferentes técnicas de artrodese lombar continuam sendo excelente opção para o tratamento de várias doenças da coluna vertebral causadoras de instabilidade da unidade espinhal funcional e/ou dor (KATZ et al., 1995; FRITZELL et al., 2003; MENEZES et al., 2007; FOLEY et al., 2003). Como exemplo de doenças frequentemente tratadas por meio da técnica de artrodese, podemos citar a doença degenerativa do disco intervertebral (associada ou não a hérnia de disco ou estenose do canal vertebral) e a espondilolistese de baixo grau, entre outras.

O grande inconveniente das técnicas tradicionais de artrodese lombar por via posterior está na extensa exposição cirúrgica necessária para a criação do leito de artrodese e visualização dos marcadores anatômicos para a correta introdução da instrumentação segmentar, hoje consideradas ferramentas importantes para a obtenção de uma estabilidade imediata e para aumentar os índices de consolidação (KATZ et al., 1995; FRITZELL et al., 2003; MENEZES et al., 2007; FOLEY et al., 2003).

Apesar dos muitos avanços obtidos na evolução da técnica cirúrgica aberta e convencional de artrodese lombar, sua morbidade e suas limitações vêm sendo bem documentadas ao longo dos anos, especialmente no que diz respeito ao grau de lesão da musculatura paraespinhal, à volumosa perda sanguínea perioperatória e ao período de recuperação pós-operatório mais prolongado (KATZ et al., 1995; FRITZELL et al., 2003). Dentro desse contexto, abordagens cirúrgicas menos invasivas da coluna foram desenvolvidas nos últimos anos como resultado da busca incessante por procedimentos capazes de atingir os mesmos objetivos terapêuticos das cirurgias abertas clássicas, mas com um princípio fundamental: a redução da morbidade per- e pós-operatória dos pacientes (MENEZES et al., 2007; FOLEY et al., 2003).

A cirurgia minimamente invasiva compreende um vasto universo de técnicas que preservam as estruturas anatômicas fundamentais para a boa função espinhal e reduzem a morbidade associada à cirurgia da coluna. (MENEZES et al., 2007; FOLEY et al., 2003).

A técnica cirúrgica minimamente invasiva da coluna vertebral, para que seja assim denominada, deve obedecer a alguns princípios básicos, a saber: (1) reduzir as lesões musculares provocadas pela utilização de retratores cirúrgicos; (2) evitar a desinserção dos tendões aos elementos ósseos posteriores, especialmente as inserções do *multifidus* ao processo espinhoso e aos processos articulares superiores; (3) preservar a integridade da fáscia dorsolombar; (4) limitar as ressecções ósseas; (5) utilizar planos neurovasculares conhecidos; e (6) reduzir as dimensões do corredor cirúrgico, de forma a coincidir com a área do alvo cirúrgico. Na técnica cirúrgica minimamente invasiva há exposição limitada da coluna, e o uso excessivo de cautérios e/ou a retração muscular vigorosa devem ser evitados. A observância desses princípios permitirá que, ao final, se atinjam os objetivos do tratamento cirúrgico: a descompressão, a fusão e/ou o realinhamento nos planos frontal e sagital. (WARD et al., 2009 ; GEJO et al., 1999).

Os procedimentos cirúrgicos minimamente invasivos da coluna visam, assim, corrigir um distúrbio espinhal de forma a evitar ao máximo as lesões aos tecidos adjacentes. Para tal, o cirurgião deve proceder a uma análise cuidadosa dos exames de imagem pré-operatórios, bem como realizar um exame fluoroscópico logo antes da incisão cirúrgica, localizando com precisão os segmentos envolvidos a serem abordados. O amplo conhecimento da anatomia da região espinhal é fundamental para que se possa determinar o melhor acesso para um procedimento minimamente invasivo (FOLEY et al., 2003).

O acesso à coluna lombar minimamente invasivo extremo lateral, retroperitoneal e transpsoas é uma inovação recente. Permite ao cirurgião acessar o disco intervertebral para descompressão e reconstrução, tanto para a realização de artrodese quanto artroplastia (PARK et al., 2010; PIMENTA et al., 2011). Ao preservar a integridade do ligamento longitudinal anterior (LLA) e as estruturas músculo-ligamentares posteriores, essa técnica proporciona excelente acesso à coluna enquanto minimiza o dano tecidual colateral. Apesar de ser menos invasivo, esse acesso retroperitoneal envolve um possível risco de lesão das estruturas anatômicas da região do músculo psoas. Devido ao campo visual limitado na realização dessa técnica, o plexo lombar está em risco durante a travessia cirúrgica do músculo psoas (PARK et al., 2010; BANAGAN et al., 2011; BENGLIS et al., 2009; DAKWAR et al., 2011; DAVIS et al., 2011; DEUKMEDJIAN et al., 2012; GUERIN et al., 2011; GUERIN et al., 2012; HU et al., 2011; KEPLER et al., 2011; LU et al., 2011; MOLLER et al., 2011; MORO et al., 2003; REGEV et al., 2009; SMITH et al., 2012; URIBE et al., 2010). Nos últimos anos essa técnica ganhou popularidade, mas ainda persistem preocupações acerca de sua segurança (URIBE et al., 2010).

Estudos recentes tem demonstrado que as lesões de componentes do plexo lombar são raras, porém trata-se de uma complicação preocupante associada ao acesso retroperitoneal transpsoas. Esse risco pode ser diminuído, porém não eliminado, pelo uso de tecnologia de neuromonitorização intraoperatória direcional em tempo real (AHMADIAN et al., 2013; AHMADIAN et al., 2013; HOTUEN et al., 2011; OZGUR et al., 2006; SOFIANOS et al., 2012; TOHMEH et al., 2011; URIBE et al., 2010).

Até agora, a acurada visualização dos ramos do plexo lombar no pré-operatório não era possível com as tradicionais sequências de ressonância magnética ponderadas em T2 ou com supressão de gordura, pois as imagens obtidas não diferenciam de forma adequada as estruturas vasculares e nervosas, que apresentam intensidade de sinal semelhantes (TAKAHARA et al., 2008;

TAOULI et al., 2010). A neurografia por ressonância magnética (NRM) tem se mostrado útil para avaliar anormalidades nos nervos individualmente ou em plexos nervosos, por promover melhor contraste entre as estruturas nervosas e os tecidos adjacentes. Na prática clínica ela tem sido usada para avaliar neuropatias periféricas e tem vantagens óbvias em relação aos estudos eletrodiagnósticos, como a eletroneuromiografia e os outros estudos de condução nervosa (TAKAHARA et al., 2008; TAOULI et al., 2010; CHHABRA et al., 2011).

Mais recentemente a neurografia por difusão por ressonância magnética (DW-MR) foi introduzida para utilização nesse campo de conhecimento, sendo que a técnica de difusão é capaz de suprimir o sinal dos tecidos circundantes como os músculos e vasos, permitindo um contraste maior entre as estruturas musculares, adiposas e neurais, assim enfatizando a anatomia neural (TAKAHARA et al., 2008; TAOULI et al., 2010; CHHABRA et al., 2011; CHHABRA et al., 2011; CHHABRA et al., 2011; MEYERDING et al., 1956; LANDIS et al., 1977).

Para neurografia, a sequência 3D ponderada em difusão (3D DW-PSIF - reversed fast image with steady stated procession), promove a adequada supressão dos sinais vasculares com uma aceitável razão sinal/ ruído (CHHABRA et al., 2011). A sequência 3D DW-PSIF é isotrópica, permitindo reconstruções multiplanares sem perda significativa da resolução espacial (CHHABRA et al., 2011; CHHABRA et al., 2011). Maximum Intension Projections (MIP) devem ser obtidas da sequência 3D DW-PSIF para poder representar adequadamente a anatomia neural (CHHABRA et al., 2011). Assim, a DW-MR torna-se uma técnica promissora como um adjuvante no planejamento pré-operatório da cirurgia de acesso lateral retroperitoneal da coluna lombar. Por promover um mapa detalhado da neuroanatomia do plexo, DW-MR pode ser usada pelos cirurgiões para melhorar o perfil de segurança dos seus procedimentos por acesso lateral.

2. HIPÓTESE

Hipótese – a frequência em que os ramos do plexo lombar são encontrados em diferentes zonas nos interespaços L3-4 e L4-5 não é alterada quando do uso de diferentes cortes (*slabs*), na neurografia por ressonância magnética.

3. OBJETIVOS

3.1- Objetivo Geral:

Observar a distribuição dos ramos do plexo nervoso lombar nos interespaços L3-4 e L4-5 por meio da neurografia por difusão na ressonância magnética, visando avaliar sua reprodutibilidade como uma ferramenta pré-operatória capaz de aumentar a segurança nos processos cirúrgicos para artrodese intersomática através de acesso extremo-lateral retroperitoneal transpsoas.

3.2- Objetivos Específicos:

1. Observar a frequência de distribuição dos ramos do plexo nervoso lombar, através da neurografia por difusão, em relação ao espaço discal e parte dos corpos vertebrais a ele adjacentes (considerando-se a zona de trabalho de um determinado tipo de retrator), nos interespaços L3-4 e L4-5.
2. Observar se a neurografia por difusão é reprodutível em relação a classificação em zonas descrita em estudos cadavéricos prévios (vide “Pacientes e Métodos”).

3. Observar a utilidade da neurografia por difusão, ao revelar a distribuição dos ramos do plexo lombar nos níveis em estudo, em auxiliar na escolha pré-operatória do retrator (trilaminar ou circular) mais adequado a ser utilizado com maior segurança em cada paciente.

4. PACIENTES E MÉTODOS

Trata-se de estudo observacional transversal, incluindo noventa e quatro pacientes atendidos de forma sequencial (vide cálculo do tamanho amostral em “Análise Estatística”), dos sexos masculino e feminino, com idade igual ou acima de 18 anos, que procuraram o Serviço de Cirurgia da Coluna do Hospital Ortopédico/Lifecenter de Belo Horizonte diariamente, de janeiro de 2012 a janeiro de 2013, com queixa de dor lombar. Todos os pacientes do estudo foram avaliados e acompanhados ambulatorialmente pelo pesquisador principal. Eles foram submetidos à investigação da dor lombar protocolar do Serviço, que inclui a realização de Ressonância Magnética (RM). Tal propedêutica acrescentou, às sequências tradicionais de RM, estudo neurográfico por difusão utilizando a sequência 3D DW-PSIF, para avaliação da distribuição dos ramos nervosos do plexo lombar.

O protocolo do estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em pesquisa do Hospital das Clínicas da Escola de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, e foi solicitada e acatada a dispensa do termo de consentimento livre e esclarecido (Anexo B).

Foram excluídos os pacientes que se enquadram nas situações listadas abaixo:

- Pacientes com idade inferior a 18 anos;
- Pacientes que apresentam espondilolistese em grau maior que II;

- Pacientes que apresentam escoliose;
- Pacientes submetidos à cirurgia prévia com instrumentação e/ou fusão da coluna lombar;
- Pacientes portadores de doenças e/ou condições clínicas que contraindiquem a realização de RM.

Os dados de cada paciente foram anonimizados e arquivados em CD-ROM e armazenados no padrão DICOM pelo pesquisador principal. Posteriormente, ao término da coleta de imagens, foram separados aleatoriamente em grupos de dez e apresentados ao radiologista para reavaliação e obtenção dos dados necessários para esta pesquisa. Adicionalmente, os estudos foram avaliados por um experiente cirurgião de coluna para acessar a reprodutibilidade intra e interobservador.

Os dados obtidos foram registrados em banco de dados próprio do estudo.

4.1 Avaliação da Ressonância Magnética:

Para neurografia foi utilizada a sequência 3D ponderada em difusão (3DDW-PSIF - *reversed fast image with steady stated procession*), objetivando a obtenção de imagens seletivas para as estruturas neurais. Todos os exames foram realizados em uma unidade de RM de 1,5 Tesla (Magnetom Essenza, Siemens Healthcare), com o paciente em posição supina usando uma bobina para coluna de 8 canais. A utilização de um valor **b** baixo, em torno de 80–90 s/mm² conjuntamente com pulso de supressão de gordura permite a supressão de sinal dos tecidos de fundo favorecendo o sinal das estruturas neurais. Os demais parâmetros foram utilizados na sequência: TR=17,99 ms, TE = 5,95 ms, *flip angle* de 30°, espessura dos cortes de 1,0 mm, campo de visão de 256 mm, tamanho da matriz de 256 X 80%, *receiver band-width* de 140 Hz/pixel, supressão de gordura e tempo de aquisição de 8 minutos e 37 segundos.

Um dos desafios de qualquer modalidade radiográfica envolve a necessidade de descrever estruturas tridimensionais, como o plexo lombar cursando na substância do músculo psoas, em duas dimensões. O uso de sequências tridimensionais isotrópicas permite a realização de reconstruções multiplanares sem prejuízo da qualidade de imagem. Para que obtivéssemos os dados mais pertinentes clinicamente das imagens da DW-MR, essa aproximação de 3D para 2D foi realizada no plano axial utilizando projeções de intensidade máxima em alta definição (MIP – *high-resolution maximum intensity projection*), sobrepondo-se os moldes no nível dos espaços discais em L3-4 e L4-5, de 10 e 22 mm. Essa reconstrução por sobreposição foi baseada na zona de trabalho padrão de dois dos mais utilizados retratores cirúrgicos para acesso lateral (10 mm para o retrator MaXcess®, Nuvasive, Inc., San Diego, CA; e 22 mm para o retrator METRx®, Medtronic Sofamor Danek, Memphis, TN). Essas diferentes zonas de trabalho (10 e 22 mm), foram usadas para identificar a possível presença de estruturas neurais dentro desta janela baseada no tamanho dos retratores (Figura 1). As imagens MIP do espaço discal e das zonas de trabalho dos possíveis retratores cirúrgicos foram reconstruídas por uma radiologista com longa experiência em estudos na coluna vertebral, bem como nas imagens utilizando a sequência de difusão e reconstruções MIP.

Figura 1: Radiografia lateral mostrando moldes de reconstrução (janelas) usadas durante a neurografia para acessar a possível presença de estruturas nervosas durante um acesso lateral usando diferentes retratores.

A posição da raiz nervosa de L4 e do nervo femoral foram determinadas em relação ao disco L4-5 e sua posição confirmada na reconstrução de 30 mm no plano sagital, utilizando-se o molde de reconstrução (RT).

A área entre as bordas anterior e posterior do espaço discal foi dividida em quatro quartos (zonas), nos planos axial e sagital, seguindo o mesmo padrão descrito em outros estudos anatômicos prévios (GUERIN et al., 2011; MORO et al., 2003; URIBE et al., 2010). As zonas foram assim definidas: zona I (quarto anterior), zona II (quarto anterior intermédio), zona III (quarto posterior intermédio), zona IV (quarto posterior). A posição das estruturas nervosas foi

definida de acordo com a localização de cada quarto em relação ao diâmetro ântero-posterior do corpo vertebral.

4.2 Análise Estatística

Considerando um nível de significância de 5%, duas medidas no mesmo indivíduo (lado direito e esquerdo), uma correlação intraclasse de 0,5, e um tamanho do efeito médio ($h=0,5$), para atingir um poder de 80% foram necessários 94 indivíduos com medidas no lado direito e esquerdo em cada um dos grupos.

O presente estudo faz uma análise de dados dependentes (amostras correlacionadas), uma vez que o mesmo indivíduo foi medido seis vezes, uma em cada grupo (cortes de 10 mm, 22 mm no plano axial, e 30 mm no plano sagital), e, em cada grupo, nos dois lados, direito e esquerdo. Logo, espera-se que as amostras realizadas no mesmo indivíduo apresentem características mais semelhantes, ou seja, se o indivíduo apresentar o nervo no segmento III ou II em algumas de suas medidas, ele tende a apresentar o mesmo resultado nas demais medidas.

Um caminho para considerar essa dependência no modelo e testar se existe correlação entre as amostras de um mesmo indivíduo é o método GEE (*Generalized Equations Estimating*) (LIANG & ZEGGER, 1986). O método GEE é conhecido como Modelos Marginais e pode ser considerado uma extensão dos Modelos Lineares Generalizados, que diretamente incorpora a correlação existente entre as amostras de um mesmo indivíduo. As Regressões Marginais, por sua facilidade na interpretação e ausência de suposições distribucionais, tem

sido preferidas como extensão dos Modelos Lineares Generalizados para dados dependentes (FITZMAURICE et al., 2011).

Para respostas binárias, o coeficiente de correlação como medida de associação não é muito utilizado, principalmente pela dificuldade na interpretação. No caso de respostas binárias, uma medida desejada é a razão de chances (CAREY et al., 1993), propuseram a ALR (*Alternating Logistic Regressions*), utilizando a razão de chances para contabilizar a associação no mesmo indivíduo.

Sendo assim, para verificar a influência dos grupos, lados, sexo, idade, presença de vértebras de transição, presença da última costela em T12 e a presença de espondilolistese em L4-5 na presença do nervo nos segmentos II ou III, foram utilizadas Regressões Marginais Logísticas via ALR (CAREY et al., 1993). Para modelar a associação existente nas medidas de um mesmo indivíduo foi utilizada uma estrutura hierárquica através de três variáveis na estrutura de associação: “medidas no mesmo indivíduo entre grupos e lados diferentes”, “medidas no mesmo lado entre grupos diferentes” e “medidas no mesmo grupo entre lados diferentes”.

Para selecionar as possíveis variáveis significativas para a presença do nervo nos segmentos II ou III foram realizadas primeiramente Regressões Marginais Logísticas Univariadas. Na seleção das variáveis foi utilizado um nível de significância de 25%. Na Regressão Marginal Logística Multivariada foram utilizadas todas as variáveis selecionadas na análise univariada, sendo que, com o algoritmo Backward (EFROYMSON, 1960), ao nível de significância de 5%, foi encontrado o modelo final.

Em L3-4 as análises ficaram limitadas a somente uma análise descritiva, pois, como será descrito no item resultados, somente um indivíduo apresentou estruturas nervosas do plexo lombar no segmento III do lado direito, sendo que todos os demais apresentaram tais estruturas no segmento IV.

Para realizar as análises de concordância intra e interobservadores, foi utilizado o coeficiente de Kappa. O coeficiente Kappa (K) foi introduzido (COHEN, 1960), como um índice de concordância entre dois avaliadores, utilizando uma escala nominal. Para verificar se a concordância foi significativa, foi testada a hipótese nula $H_0: K=0$ contra $H_1: K>0$. Pode-se classificar os coeficientes de Kappa como sendo (LANDIS & KOCH, 1977):

Kappa	Interpretação
0 - 0.19	Concordância pobre
0.20 - 0.39	Concordância fraca
0.40 - 0.59	Concordância moderada
0.60 - 0.79	Concordância substancial
	Concordância quase
0.80 - 1.00	perfeita

Para comparação dos índices de Kappa intraobservador com o interobservador, assim como para comparação entre os grupos 10mm e 22mm, foram utilizados os intervalos percentílicos bootstrap de 95% confiança.

O software utilizado na análise foi o R versão 2.15.2 (*R Foundation for Statistical Computing*, Viena, Áustria)

5. RESULTADOS

A amostra analisada no estudo compreendeu 94 indivíduos, com idade média observada de 49 anos (idade mínima de 17 anos e máxima de 83 anos). Assim, o estudo compreendeu ao todo 188 lados estudados (direito e esquerdo) do plexo lombar.

Em relação ao gênero, 46 (48,9%) indivíduos eram do sexo feminino e 48 (51,1%) eram do sexo masculino.

Identificou-se a presença de vértebra de transição lombossacra em 12 (12,8%) dos 94 indivíduos. Em 80 pacientes (85,1%) a última costela pôde ser encontrada no nível da décima segunda vértebra (T12).

O plexo lombar foi mapeado com êxito em todos os pacientes. As raízes de L3 e de L4 coalesceram-se no nervo femoral abaixo do espaço discal L4-5 em todos os sujeitos. O trajeto descendente e oblíquo de súpero-posterior para ântero-inferior do nervo femoral foi caracterizado em todos os exames (FIGURA 2).

Figura 2: Plexo lombar mapeado em reconstrução sagital nos espaços intervertebrais L3-4 e L4-5. Padrão oblíquo do nervo femoral está evidente no nível L4-5.

Um paciente apresentou espondilolistese grau I em L3-4. Treze pacientes (15,5%) apresentaram espondilolistese grau I ou II em L4-5.

A Tabela 1 representa os resultados relatados acima.

Tabela 1. Frequência das variáveis: Sexo, Vertebra de transição, Caracterização, Última costela T12, Listese: L3-4 e Listese: L4-5.

Variáveis		N	%
Sexo	Feminino	46	48,9%
	Masculino	48	51,1%
	Total	94	100,0%
Vértebra de transição	Não	82	87,2%
	Sim	12	12,8%
	Total	94	100,0%
Caracterização	L5 Sacralizada	6	54,5%
	S1 Lombarizada	5	45,5%
	Total	11	100,0%
Última costela T12	Não	14	14,9%
	Sim	80	85,1%
	Total	94	100,0%
Espondilolistese: L3-4	Não	82	98,8%
	Sim	1	1,2%
	Total	83	100,0%
Espondilolistese L4-5	Não	71	84,5%
	Sim	13	15,5%
	Total	84	100,0%

Na tabela 2 verificam-se os resultados do segmento L3-4 em relação aos grupos e lados. Pode-se observar que, nos grupos Axial RT 22mm e Sagital RT 30mm, um paciente apresentou, no lado direito, o nervo espinhal de L4 no segmento 3.

Tabela 2. Tabela de contingência entre lado e o segmento de L3-4 estratificado por grupos.

Grupos	Lado	L3 - 4			
		III		IV	
Axial Disco 10mm	Direita	0	0,0%	94	100,0%
	Esquerda	0	0,0%	94	100,0%
Axial RT 22mm	Direita	1	1,1%	93	98,9%
	Esquerda	0	0,0%	94	100,0%
Sagital RT 30mm	Direita	1	1,1%	93	98,9%
	Esquerda	0	0,0%	94	100,0%

Já no segmento L4-5, verificou-se uma maior prevalência dos nervos nas zonas II e III nos grupos Axial RT 22mm e Sagital RT 30mm, quando comparados ao grupo Axial Disco 10mm (Figura 3). Também existe uma tendência de maior prevalência dos nervos na zona III do lado esquerdo em comparação ao lado direito (Tabela 3 e Gráfico 1).

Figura 3: Imagens de neurografia por ressonância magnética mostrando cortes axiais de 10 e 22 mm (A,B). No molde de 10 mm o plexo lombar se encontrava na zona IV (A), passando para a zona III no molde de 22 mm (B). Situação semelhante nas figuras C e D, mas com a diferença de o plexo alcançar a zona II no molde de 22 mm (D).

Tabela 3. Tabela de contingência entre lado e os segmentos de L4-5 estratificado por grupos II, III e IV.

Grupos	Lado	L4 - 5					
		II		III		IV	
Axial Disco 10mm	Direita	1	1,1%	12	12,8%	81	86,2%
	Esquerda	0	0,0%	20	21,3%	74	78,7%
Axial RT 22mm	Direita	4	4,3%	26	27,7%	64	68,1%
	Esquerda	2	2,1%	34	36,2%	58	61,7%
Sagital RT 30mm	Direita	4	4,3%	26	27,7%	64	68,1%
	Esquerda	2	2,1%	37	39,4%	55	58,5%

Gráfico 1. Gráfico de barras estratificado por grupos entre lado e os segmentos de L4-5.

Foram também realizadas comparações entre as zonas II ou III (dado o número reduzido de achados do nervo no segmento II) e a zona IV. Na tabela e gráfico a seguir (Tabela 4), observam-se as comparações entre presença do nervo nas zonas II ou III e na zona IV, entre os grupos e lados. Os nervos foram mais frequentemente encontrados nas zonas II ou III no grupo Axial RT 22mm e Sagital RT 30mm, comparativamente ao grupo Axial Disco 10mm. Também foram localizados com maior frequência nas zonas II ou III do lado esquerdo, em relação ao lado direito.

Tabela 4. Tabela de contingência entre lado e os segmentos de L4-5 estratificado por grupos II ou III, e IV.

Grupos	Lados	L4 - 5			
		II ou III		IV	
Axial Disco 10mm	Direita	13	13,8%	81	86,2%
	Esquerda	20	21,3%	74	78,7%
Axial RT 22mm	Direita	30	31,9%	64	68,1%
	Esquerda	36	38,3%	58	61,7%
Sagital RT 30mm	Direita	30	31,9%	64	68,1%
	Esquerda	39	41,5%	55	58,5%

Quando se estratifica a análise por grupo (Axial Disco, Axial RT 22 mm e Sagital RT 30 mm) e lado (direito/esquerdo), para o segmento L4-5, em relação às variáveis diversas (sexo; vértebra de transição; última costela T12; listese: L3-4; Listese: L4-5), nota-se que, independentemente do grupo de imagens e do lado analisados, existe uma tendência à presença do nervo nas zonas II ou III nos pacientes do sexo masculino, bem

como na presença de vértebra de transição (VT) (Tabela 5). Nos grupos Axial RT 22mm e Sagital RT 30mm, nos casos em que a última costela corresponde a T12 (U.C. T12), observou-se o nervo mais frequentemente nas zonas II ou III. Já no grupo Axial Disco 10mm essa tendência se inverte, detectando-se o nervo mais comumente nos segmento II ou III quando a última costela igual a T12 não foi observada.

Somente um paciente apresentou listese em L3-4, sendo que no grupo Axial Disco 10mm o nervo estava na zona IV. Com exceção do grupo Axial Disco 10mm no lado direito, observou-se uma maior tendência do nervo apresentar-se nas zonas II ou III nos casos em que o paciente apresentava listese em L4-5 (Tabela 5).

Tabela 5. Tabela de contingência do segmento L4-5 entre Sexo, Vértebra de transição, Última costela T12, Listese: L3-4 e Listese: L4-5 estratificado por Grupo e Lado.

Estratificações		Variáveis	L4 - 5			
			II ou III		IV	
Axial Disco 10mm	Direita	Feminino	6	13,0%	40	87,0%
		Masculino	7	14,6%	41	85,4%
	Esquerda	Feminino	7	15,2%	39	84,8%
		Masculino	13	27,1%	35	72,9%
Axial RT 22mm	Direita	Feminino	13	28,3%	33	71,7%
		Masculino	17	35,4%	31	64,6%
	Esquerda	Feminino	15	32,6%	31	67,4%
		Masculino	21	43,8%	27	56,3%
Sagital RT 30mm	Direita	Feminino	13	28,3%	33	71,7%
		Masculino	17	35,4%	31	64,6%
	Esquerda	Feminino	15	32,6%	31	67,4%
		Masculino	24	50,0%	24	50,0%

Axial Disco 10mm	Direita	VT = Não	10	12,2%	72	87,8%
		VT = Sim	3	25,0%	9	75,0%
	Esquerda	VT = Não	14	17,1%	68	82,9%
		VT = Sim	6	50,0%	6	50,0%
Axial RT 22mm	Direita	VT = Não	25	30,5%	57	69,5%
		VT = Sim	5	41,7%	7	58,3%
	Esquerda	VT = Não	29	35,4%	53	64,6%
		VT = Sim	7	58,3%	5	41,7%
Sagital RT 30mm	Direita	VT = Não	25	30,5%	57	69,5%
		VT = Sim	5	41,7%	7	58,3%
	Esquerda	VT = Não	31	37,8%	51	62,2%
		VT = Sim	8	66,7%	4	33,3%
Axial Disco 10mm	Direita	U.C. T12 = Não	2	14,3%	12	85,7%
		U.C. T12 = Sim	11	13,8%	69	86,3%
	Esquerda	U.C. T12 = Não	4	28,6%	10	71,4%
		U.C. T12 = Sim	16	20,0%	64	80,0%
Axial RT 22mm	Direita	U.C. T12 = Não	3	21,4%	11	78,6%
		U.C. T12 = Sim	27	33,8%	53	66,3%
	Esquerda	U.C. T12 = Não	4	28,6%	10	71,4%
		U.C. T12 = Sim	32	40,0%	48	60,0%
Sagital RT 30mm	Direita	U.C. T12 = Não	3	21,4%	11	78,6%
		U.C. T12 = Sim	27	33,8%	53	66,3%
	Esquerda	U.C. T12 = Não	4	28,6%	10	71,4%
		U.C. T12 = Sim	35	43,8%	45	56,3%
Axial Disco 10mm	Direita	Listese: L3-4 = Não	11	13,4%	71	86,6%
		Listese: L3-4 = Sim	0	0,0%	1	100,0%
	Esquerda	Listese: L3-4 = Não	17	20,7%	65	79,3%
		Listese: L3-4 = Sim	0	0,0%	1	100,0%
Axial RT 22mm	Direita	Listese: L3-4 = Não	26	31,7%	56	68,3%
		Listese: L3-4 = Sim	1	100,0%	0	0,0%
	Esquerda	Listese: L3-4 = Não	31	37,8%	51	62,2%
		Listese: L3-4 = Sim	1	100,0%	0	0,0%

Sagital RT 30mm	Direita	Listese: L3-4 = Não	26	31,7%	56	68,3%
		Listese: L3-4 = Sim	1	100,0%	0	0,0%
	Esquerda	Listese: L3-4 = Não	34	41,5%	48	58,5%
		Listese: L3-4 = Sim	1	100,0%	0	0,0%
Axial Disco 10mm	Direita	Listese: L4-5 = Não	10	14,1%	61	85,9%
		Listese: L4-5 = Sim	1	7,7%	12	92,3%
	Esquerda	Listese: L4-5 = Não	14	19,7%	57	80,3%
		Listese: L4-5 = Sim	3	23,1%	10	76,9%
Axial RT 22mm	Direita	Listese: L4-5 = Não	22	31,0%	49	69,0%
		Listese: L4-5 = Sim	5	38,5%	8	61,5%
	Esquerda	Listese: L4-5 = Não	27	38,0%	44	62,0%
		Listese: L4-5 = Sim	5	38,5%	8	61,5%
Sagital RT 30mm	Direita	Listese: L4-5 = Não	22	31,0%	49	69,0%
		Listese: L4-5 = Sim	5	38,5%	8	61,5%
	Esquerda	Listese: L4-5 = Não	29	40,8%	42	59,2%
		Listese: L4-5 = Sim	6	46,2%	7	53,8%

A análise do gráfico 2 mostra que as variáveis grupos, lados, sexo e vértebras de transição foram seleccionadas para o modelo multivariado por apresentarem p-valores menores que 0,25.

Gráfico 2. Gráfico com as razões de chances e os intervalos de 95% de confiança estimados pelas Regressões Marginais Logísticas Univariadas.

Na tabela 6, a seguir, apresenta-se o modelo multivariado, ajustado com todas as variáveis selecionadas pela análise univariada. Nela verifica-se que o sexo não representou um preditor significativo ($p\text{-valor}=0,305$) da presença dos nervos nas zonas II ou III. Assim, excluindo-se a variável sexo do modelo, tem-se o modelo final da tabela 6.

Tabela 6. Regressão Marginal Logística Multivariada para a ocorrência dos segmentos II e III de L4-5.

Estrutura da Média	β	E.P(β)	P-valor	O.R	I.C. - 95%
Intercepto	-1,918	0,271	0,000	-	
Grupo = Axial RT 22 mm	0,953	0,191	0,000	2,59	[1,78 - 3,77]
Grupo = Sagital RT 30 mm	1,034	0,202	0,000	2,81	[1,89 - 4,18]
Lado = Esquerdo	0,428	0,204	0,036	1,53	[1,03 - 2,29]
Vértebras de transição = Sim	0,949	0,486	0,050	2,58	[1,00 - 6,70]
Estrutura de Associação	α	E.P(α)	P-valor	P.O.R	I.C. - 95%
Mesmo Indivíduo	1,974	0,445	0,000	7,20	[3,01 - 17,2]
Mesmo Lado Entre Exames	3,822	1,393	0,006	45,7	[2,98 - 700,5]
Mesmo Exame Entre Lados	0,456	0,254	0,069	1,58	[0,98 - 2,60]

Concordância significativa intra e interobservador foi encontrada em ambos os grupos³⁷.

Baseando-se nos intervalos de confiança, não houve variação significativa intra e interobservador. A tabela 7 mostra a concordância substancial intra e interobservador, usando o coeficiente Kappa para cada grupo e ambos os lados.

Tabela 7: Coeficiente e teste de Kappa para o índice de concordância intraobservador e interobservador nos grupos de 10mm e 22mm em ambos os lados.

	Fonte	Kappa	P-valor	I.C. - 95%
10mm	Interobservador	0,693	<0,001	[0,46 - 0,84]
	Intraobservador	0,668	<0,001	[0,45 - 0,83]
22mm	Interobservador	0,680	<0,001	[0,50 - 0,81]
	Intraobservador	0,782	<0,001	[0,62 - 0,88]

6. DISCUSSÃO

O acesso lateral retroperitoneal transpsoas minimamente invasivo permite uma abordagem anterior do espaço discal, no espaço intersomático, evitando várias das possíveis complicações observadas com outros acessos anteriores. Sua segurança e reprodutibilidade vem sendo repetidamente documentada (TOHMEH et al., 2011; RODGERS et al., 2011; SMITH et al., 2012; YOUSSEF et al., 2012).

Tais complicações relacionadas ao acesso retroperitoneal transpsoas, que ocorrem a despeito da monitorização nervosa intraoperatória, tem sido bem documentadas (AHMADIAN et al., 2013; AHMADIAN et al., 2013; HOUTEN et al., 2011; URIBE et al., 2010; ARNOULD et al., 2012). As lesões iatrogênicas podem ser secundárias a uma compressão mecânica direta, laceração, tração ou alongamento e/ou isquemia indireta. O conhecimento exato da localização dos componentes do plexo lombar pode evitar a ocorrência de tais lesões ou mesmo corroborar para que as informações obtidas através da eletroneurografia direcional intraoperatória permitam uma interpretação mais clara por parte do cirurgião (THOMEH et al., 2011; URIBE et al., 2010).

Nesse contexto, estudos envolvendo dissecação em cadáveres foram desenvolvidos com o objetivo de melhor conhecer e definir a distribuição segmentar do plexo lombar em relação aos espaços discais encontrados ao se realizar o acesso transpsoas minimamente invasivo, buscando-se estabelecer “zonas de segurança”, o que evitaria as lesões

nervosas relacionadas ao acesso em questão (PARK et al., 2010; BANAGAN et al., 2011; BENGLIS et al., 2009; DAVIS et al., 2011; GUERIN et al., 2011; GUERIN et al., 2012; HU et al., 2011; KEPLER et al., 2011; LU et al., 2011; MORO et al., 2003; REGEV et al., 2009; URIBE et al., 2010).

Benglis et al. (2009) em um estudo com três cadáveres, encontrou que 0,11,18 e 28% dos aspectos posteriores da porção lateral dos discos intervertebrais nos espaços L1-2, L2-3, L3-4, L4-5 estariam cobertos com nervos do plexo lombar, respectivamente. Isso deixaria aproximadamente 100, 89, 82 e 72% do espaço discal lateral livre de nervos motores nesse modelo cadavérico. Enquanto esses resultados sugerem espaço adequado para a colocação de um retrator e trabalho no espaço intervertebral, os autores também observaram de uma lesão do nervo genitofemoral (GFN) se o acesso for um pouco mais anterior, muito embora os mesmos não endereçassem seu estudo para a localização do GFN.

Uribe et al. (2010), ao estudarem cinco cadáveres frescos do sexo masculino (com dissecação do músculo psoas, plexo lombar e raízes nervosas em cada espaço discal, em 20 segmentos lombares), dividiram a área entre as extremidades anterior e posterior do corpo vertebral/ disco intervertebral em quatro zonas iguais (zonas I a IV, de anterior para posterior). Observou-se que todas as porções do plexo lombar, inclusive as raízes nervosas, encontram-se na substância do músculo psoas, em posição dorsal aos quartos posteriores (zonas III e IV) do corpo vertebral. Ainda neste estudo, a zona II não se apresentou posterior a nenhuma parte do plexo lombar, com exceção do nervo

genitofemoral, ramo sensitivo proveniente das raízes de L1 e L2 que atravessa obliquamente a substância do psoas da sua origem até suas ramificações distais. Concluiu-se, portanto, que as zonas de segurança anatômicas nos espaços discais de L1-2 a L3-4 estão no quarto médio posterior do corpo vertebral (zona III), e no ponto médio do corpo vertebral no espaço L4-5 (zona II-III). Além disso, há risco de lesão direta do nervo genitofemoral na zona II do espaço discal L2-3 e na zona I nos níveis lombares inferiores L3-4 e L4-5, bem como risco de lesão dos nervos ilioinguinal, iliohipogástrico e nervos cutâneos femorais laterais no espaço retroperitoneal, onde eles se deslocam obliquamente, inferiormente e anteriormente para atingir a crista ilíaca e a parede abdominal (KEPLER et al., 2011).

Os resultados de Uribe et al. (2010) amplamente corroboram os resultados do estudo conduzido por Moro et al. (2003), que por sua vez analisou 30 cadáveres buscando estabelecer a zona de segurança na cirurgia endoscópica retroperitoneal transpsoas. Excluindo-se a posição do nervo genitofemoral, ao menos a metade anterior do disco intervertebral estaria livre de ramos motores nervosos no nível L4-5 e superiormente. Essa zona no músculo psoas maior, excluindo-se o nervo genitofemoral, apresentou-se em L4-5 e acima deste nível. Observou-se, ainda, que quando o psoas é dividido sobre os corpos vertebrais de L3 ou L4, há risco de lesão do nervo genitofemoral.

Entretanto, todos esses estudos anatômicos tem vários fatores limitantes. Primeiramente, em um modelo de estudo cadavérico há sempre limitações acerca do número de espécimes coletados (aumentando a variabilidade), bem como pelo potencial

de deslocamento do plexo lombar inerente ao processo de dissecação. Também, estudos em cadáver apenas levam em consideração a posição anatômica de base do plexo desconsiderando que a flexão da coxa e a angulação da mesa cirúrgica durante o procedimento possam alterar não só a posição do plexo bem como sua capacidade de retrai-los cirurgicamente. Do ponto de vista metodológico, também, o sistema de divisão do espaço discal em quartos equivalentes (zonas : IV/IV), subestima a verdadeira posição (mais posterior) do plexo lombar, como corrobora o presente estudo e outros estudos nos quais uma medida absoluta é considerada, conforme previamente mencionado por Benglis et al. (2009), encontrando o plexo lombar ocupando 28% do diâmetro do corpo vertebral. Em um estudo categórico esta posição seria definida como Zona III, portanto, tendo as zonas I e II livres de nervos, desconsiderando que 88 % do aspecto anterior da zona III estaria também livre de nervos. Um estudo similar realizado por Regev et al. (2009), encontrou resultados praticamente idênticos, com o plexo lombar ocupando 26% do espaço discal posterior em L4-5 (IC =95%). Guerin et al. (2012) encontrou essa medida como sendo de 35,8% em L4-5. Esses achados sugerem que o sistema de quadrantes, utilizado no presente estudo, seria muito amplo.

A imagem por ressonância magnética (RM) é uma ferramenta útil na avaliação pré-operatória da anatomia da coluna vertebral, auxiliando na identificação da localização anatômica das raízes nervosas e dos vasos retroperitoneais em relação ao disco intervertebral, o que contribui, em última instância, para a prevenção de lesões nervosas e/ou vasculares (SOFIANOS et al., 2012).

Regev et al. (2009), ao rever 100 exames de RM da coluna lombar de pacientes tratados por diferentes patologias espinhais, observaram que o corredor cirúrgico de segurança para discectomia e inserção de espaçador intervertebral se estreita de L1-2 para L4-5, onde o risco de lesão da raiz nervosa emergente ou de vasos retroperitoneais é significativamente aumentado, dado que a posição mais ventral da raiz nervosa força a janela da discectomia mais anteriormente, o que aumenta o risco de lesão dos vasos contralaterais. Neste trabalho, recomenda-se o uso de RM pré-operatória para a observação da posição das estruturas neurovasculares adjacentes em relação à placa terminal inferior vertebral em cada nível. Entretanto, esse estudo utiliza a RM convencional, sem diferenciação adequada entre o plexo lombar e os vasos epidurais e perineurais, o que diminui sensivelmente a capacidade do cirurgião em interpretar as imagens pré-operatórias com segurança. Além disso, os estudos por RM são realizados em decúbito dorsal, e particularmente, os vasos e estruturas peritoneais migram anteriormente quando em decúbito lateral, o que limita o risco de lesão vascular (DEUKMADJIAN et al., 2013). O mesmo deslocamento não foi observado para o plexo lombar em seu trajeto dentro do músculo Psoas.

A DW-MR, ao permitir a supressão do sinal dos tecidos adjacentes (músculos e vasos), mostra-se superior à RM convencional ao ressaltar a anatomia dos nervos, contrastando-os melhor em relação aos demais tecidos moles (URIBE et al., 2010; TAKAHARA et al., 2008; TAOULI et al., 2010). Deve ser observado, entretanto, que os achados anatômicos no presente estudo não foram validados cirurgicamente nem com estudos cadavéricos, abrindo tal possibilidade para estudos futuros. Assim, não foi possível acessar a acurácia absoluta dessa classificação por RM. Essa limitação, contudo, é

relativa e acreditamos que não enfraquece o valor dos resultados observados, já que o objetivo do estudo era avaliar a reprodutibilidade da RM de visualizar o plexo lombar no pré-operatório. Obter um padrão de referência nesse caso é complicado, já que os estudos com cadáveres para a identificação dos nervos no músculo psoas, sem distorção da trajetória anatômica dos nervos, é difícil. Confirmação cirúrgica também implicaria em um viés de seleção ainda maior na população estudada, pois não seria possível proceder a investigação de pacientes sem indicação cirúrgica. Ademais, houve substancial reprodutibilidade intra e interobservador da classificação, acessando a localização dos elementos do plexo lombar usando a neurografia DW-MR.

O número de segmentos de transição lombossacros e toracolumbares da amostra não diferiu do número encontrado comumente na população em geral. Os resultados encontrados não devem estar relacionados a algum viés populacional relacionado a variações anatômicas que fossem encontradas nesta amostra estudada relacionadas à presença de um segmento transicional lombossacro. A presença de vértebra de transição pode estar relacionada a uma conformação em “gota de lágrima” do músculo psoas com anteriorização do plexo lombar (SMITH et al., 2012).

O presente estudo, ao contrário dos estudos anatômicos publicados até então, mostrou que o plexo lombar pode estar localizado mais anteriormente na região do disco L4-5 (até a zona II), nas aquisições realizadas com cortes de 22 mm, que correspondem teoricamente à “zona de trabalho” de um tipo de retrator utilizado na cirurgia de acesso lateral. Isso significa dizer que, caso o cirurgião seguisse as recomendações para acesso

ao disco entre as zonas II e III, estaria evidente o risco de lesão nervosa em cerca de 5% dos pacientes, os quais apresentam ramos nervosos na zona II, de acordo com os achados deste estudo. O risco, embora não tão elevado, também estaria presente em 40,7% dos pacientes, que apresentam ramos nervosos na zona III, potencialmente atingidos pelo retrator tubular. Reforça-se, assim, a importância da DW-MR no planejamento cirúrgico. Mais ainda, como há variação entre os lados direito e esquerdo em um mesmo paciente, o cirurgião poderia, diante de tais informações, escolher o lado a ser abordado de forma mais adequada, não somente levando em consideração a altura da crista ilíaca ou mesmo o lado côncavo/ convexo de uma deformidade degenerativa do adulto, mas sim a posição do plexo lombar e o risco de lesão de seus componentes.

Por se tratar de um método não invasivo, dispensando o uso de contraste e radiação ionizante e que apresenta poucas contraindicações, a DW-MR pode se tornar uma ferramenta bastante útil na avaliação pré-operatória dos pacientes que se submeterão ao acesso lateral transpsoas. Os resultados do presente estudo evidenciam o potencial papel da DW-MR na prevenção de possíveis complicações neurológicas decorrentes do acesso cirúrgico em questão.

7. CONCLUSÃO

Este representa um relato de mapeamento do plexo lombar usando DW-MR, tendo sido possível observar a distribuição do plexo nervoso lombar nos interespaços L3-4 e L4-5, bem como nos moldes que simulam a utilização dos retratores cirúrgicos, seguindo a classificação por zonas. A correlação entre esses achados e a anatomia intraoperatória ainda deverá ser estabelecida para qualificar essa ferramenta como útil no planejamento pré-operatório da cirurgia lombar por acesso lateral.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Katz JN. Lumbar spinal fusion. Surgical rates, costs and complications. *Spine* 1995; 20(24):78S-83S.
2. Fritzell P, Hagg O, Nordwall A. Complications in lumbar fusion surgery for chronic low back pain: comparison of three surgical techniques used in a prospective randomized study. A report from the Swedish. Lumbar Spine Study Group. *Eur Spine J* 2003;12:178-89.
3. Menezes CM, Falcon RS, Ferreira Júnior MA, Oliveira D, Freire SG. Experiência inicial com a técnica de artrodese lombar minimamente invasiva por via transforaminal (MIS TLIF). *Coluna/Columna* 2007;6(3):141-8.
4. Foley KT, Holly LT, Schwender JD. Minimally invasive lumbar fusion. *Spine* 2003;28(15):S26-35.
5. Ward SR, Kim CW, Eng CM. Architectural analysis and intraoperative measurements demonstrate the unique design of the multifidus muscle for lumbar spine stability. *J Bone Joint Surg Am* 2009; 91:176-85.
6. Gejo R, Matsui H, Kawaguchi Y: Serial changes in trunk muscle performance after posterior lumbar surgery. *Spine* 1999;24:1023-8.

7. Park DK, Lee MJ, Lin EL, Singh K, An HS, Phillips FM. The relationship of intrapsoas nerves during a transpsoas approach to the lumbar spine: anatomic study. *J Spinal Disord Tech* 2010;23:223–8.
8. Pimenta L, Oliveira L, Schaffa T, Coutinho E, Marchi L. Lumbar total disc replacement from an extreme lateral approach: clinical experience with a minimum of 2 years' follow-up. *J Neurosurg Spine* 2011;14:38–45.
9. Banagan K, Gelb D, Poelstra K, Ludwig S. Anatomic mapping of lumbar nerve roots during a direct lateral transpsoas approach to the spine: a cadaveric study. *Spine* 2011;36:E687–91.
10. Benglis DM, Vanni S, Levi AD. An anatomical study of the lumbosacral plexus as related to the minimally invasive transpsoas approach to the lumbar spine. *J Neurosurg Spine* 2009;10:139–44.
11. Dakwar E, Vale FL, Uribe JS. Trajectory of the main sensory and motor branches of the lumbar plexus outside the psoas muscle related to the lateral retroperitoneal transpsoas approach. *J Neurosurg Spine* 2011;14:290-5.
12. Davis TT, Bae HW, Mok JM, Rasouli A, Delamarter RB. Lumbar plexus anatomy within the psoas muscle: implications for the transpsoas lateral approach to the L4–L5 disc. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93:1482-7.
13. Deukmedjian AR, Le TV, Dakwar E, Martinez CR, Uribe JS. Movement of abdominal structures on magnetic resonance imaging during positioning changes related to lateral lumbar spine surgery: a morphometric study. *J Neurosurg Spine* 2012;16:615–23.
14. Guerin P, Obeid I, Gille O, Bourghli A, Luc S, Pointillart V, Cursolle JC, Vital JM. Safe working zones using the minimally invasive lateral retroperitoneal transpsoas approach: a morphometric study. *Surg Radiol Anat* 2011;33:665–71.

15. Guerin P, Obeid I, Bourghli A, Masquefa T, Luc S, Gille O, Pointillart V, Vital JM. The lumbosacral plexus: anatomic considerations for minimally invasive retroperitoneal transpsoas approach. *Surg Radiol Anat* 2012;34:151–7.
16. Hu WK, He SS, Zhang SC, Liu YB, Li M, Hou TS, Ma XL, Wang J. An MRI study of psoas major and abdominal large vessels with respect to the X/DLIF approach. *Eur Spine J* 2011;20:557–62.
17. Kepler CK, Bogner EA, Herzog RJ, Huang RC. Anatomy of the psoas muscle and lumbar plexus with respect to the surgical approach for lateral transpsoas interbody fusion. *Eur Spine J* 2011;20:550–6.
18. Lu S, Chang S, Zhang YZ, Ding ZH, Xu XM, Xu YQ. Clinical anatomy and 3D virtual reconstruction of the lumbar plexus with respect to lumbar surgery. *BMC Musculoskelet Disord* 2011;12:76.
19. Moller DJ, Slimack NP, Acosta FL Jr, Koski TR, Fessler RG, Liu JC. Minimally invasive lateral lumbar interbody fusion and transpsoas approach-related morbidity. *Neurosurg Focus* 2011;31:E4.
20. Moro T, Kikuchi S, Konno S, Yaginuma H. An anatomic study of the lumbar plexus with respect to retroperitoneal endoscopic surgery. *Spine* 2003;28:423–8.
21. Regev GJ, Chen L, Dhawan M, Lee YP, Garfin SR, Kim CW. Morphometric analysis of the ventral nerve roots and retroperitoneal vessels with respect to the minimally invasive lateral approach in normal and deformed spines. *Spine* 2009;34:1330–5.
22. Smith WD, Youssef JA, Christian G, Serrano S, Hyde JA. Lumbarized sacrum as a relative contraindication for lateral transpsoas interbody fusion at L5-6. *J Spinal Disord Tech* 2012;25:285–91.
23. Uribe JS, Arredondo N, Dakwar E, Vale FL (2010) Defining the safe working

- zones using the minimally invasive lateral retroperitoneal transpsoas approach: an anatomical study. *J Neurosurg Spine* 2010 13:260–6.
24. Ahmadian A, Abel N, Uribe JS. Functional recovery of severe obturator and femoral nerve injuries after lateral retroperitoneal transpsoas surgery. *J Neurosurg Spine* 2013;18:409–14.
 25. Ahmadian A, Deukmedjian AR, Abel N, Dakwar E, Uribe JS. Analysis of lumbar plexopathies and nerve injury after lateral retroperitoneal transpsoas approach: diagnostic standardization. *J Neurosurg Spine* 2013;18:289–97.
 26. Houten JK, Alexandre LC, Nasser R, Wollowick AL. Nerve injury during the transpsoas approach for lumbar fusion. *J Neurosurg Spine* 2011;15:280–4.
 27. Ozgur BM, Aryan HE, Pimenta L, Taylor WR. Extreme lateral interbody fusion (XLIF): a novel surgical technique for anterior lumbar interbody fusion. *Spine J* 2006;6:435–43.
 28. Sofianos DA, Briseno MR, Abrams J, Patel AA. Complications of the lateral transpsoas approach for lumbar interbody arthrodesis: a case series and literature review. *Clin Orthop Relat Res* 2012;470:1621–32.
 29. Tohmeh AG, Rodgers WB, Peterson MD. Dynamically evoked, discrete-threshold electromyography in the extreme lateral interbody fusion approach. *J Neurosurg Spine* 2011;14:31–7
 30. Uribe JS, Vale FL, Dakwar E. Electromyographic monitoring and its anatomical implications in minimally invasive spine surgery. *Spine* 2010;35:S368–74.
 31. Takahara T, Hendrikse J, Yamashita T et al. Diffusion weighted MR neurography of the brachial plexus: feasibility study. *Radiology* 2008;249:653–

- 60.
32. Taouli B, Koh DM. Diffusion-weighted MR imaging of the liver. *Radiology* 2010;254:47–66.
33. Chhabra A, Andreisek G, Soldatos T, Wang KC, Flammang AJ, Belzberg AJ, Carrino JA. MR neurography: past, present, and future. *Am J Roentgenol* 2011;197:583–91.
34. Chhabra A, Soldatos T, Subhawong TK, Machado AJ, Thawait SK, Wang KC, Padua A Jr, Flammang AJ, Williams EH, Carrino JA. The application of three-dimensional diffusion-weighted PSIF technique in peripheral nerve imaging of the distal extremities. *J Magn Reson Imaging* 2011;34:962–7.
35. Chhabra A, Subhawong TK, Bizzell C, Flammang A, Soldatos T. 3T MR neurography using three-dimensional diffusion weighted PSIF: technical issues and advantages. *Skeletal Radiol* 2011;40:1355–60.
36. Meyerding HW. Spondylolisthesis; surgical fusion of lumbosacral portion of spinal column and interarticular facets:use of autogenous bone grafts for relief of disabling backache. *J Int Coll Surg* 1956;26:566–91.
37. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 1977;33:159–74.
38. Liang KY, Zegger SL. Longitudinal data analysis using generalized linear models. *Biometrika* 1986;13-22.
39. Fitzmaurice GM, Laird NM, Ware JH. *Applied Longitudinal Analysis*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.
40. Carey V, Zegger SL, Diggle P. Modelling multivariate binary data with alternating logistic regressions. *Biometrika* 1993:517-526.

41. Efroymson MA. Multiple regression analysis. Mathematical methods for digital computers 1960.
42. Cohen J. A coefficient of agreement for nominal scales. Educational and Psychological Measurement 1960;20:37-46.
43. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics 1977.
44. Rodgers WB, Gerber EJ, Patterson J. Intraoperative and early postoperative complications in extreme lateral interbody fusion: an analysis of 600 cases. Spine 2011;36:26–32.
45. Smith WD, Christian G, Serrano S, Malone KT. A comparison of perioperative charges and outcome between open and mini-open approaches for anterior lumbar discectomy and fusion. J Clin Neurosci 2012;19:673–80.
46. Youssef JA, McAfee PC, Patty CA, Ralley E, DeBauche S, Shucosky E, Chotikul L. Minimally invasive surgery lateral approach interbody fusion: results and review. Spine 2010;35:S302–11.
47. Arnold PM, Anderson KK, McGuire RA Jr. The lateral transpsoas approach to the lumbar and thoracic spine: a review. Surg Neurol Int 2012;3:S198–215.

ANEXO A:**Solicitação de dispensa do termo de consentimento livre e esclarecido**

Solicito a dispensa do termo de consentimento livre e esclarecido para o projeto de pesquisa intitulado “Estudo do Plexo Lombar Utilizando Neurografia por Difusão em Ressonância Magnética” por se tratar de um estudo retrospectivo de um banco de dados, cujo objetivo é analisar as medidas anatômicas das estruturas nervosas a partir de imagens de ressonância magnética adquiridas na Unidade de Radiologia do Hospital Ortopédico/ Lifecenter – Belo Horizonte, MG. A utilização das imagens não acarretarão em prejuízo no tratamento pregresso ou futuro dos pacientes incluídos.

Ribeirão Preto 25 de setembro de 2014

ANEXO B: ARTIGO PUBLICADO EUROPEAN SPINE JOURNAL:

Diffusion-weighted magnetic resonance (DW-MR) neurography of the lumbar plexus in the preoperative planning of lateral access lumbar surgery.

Cristiano Magalhães Menezes • Luciene Mota de Andrade • Carlos Fernando Pereira da Silva Herrero • Helton Luiz Defino • Marcos Antonio Ferreira Júnior • William Blake Rodgers • Marcello Henrique Nogueira-Barbosa

Eur Spine J (2015) 24: 817-826

DOI: 10.1007/s00586-014-3598y