

AVALIAÇÃO DO TRIÂNGULO DE SEGURANÇA LOMBAR POR MEIO DA RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

EVALUATION OF THE LUMBAR SAFETY TRIANGLE THROUGH MAGNETIC RESONANCE IMAGING

EVALUACIÓN DEL TRIÁNGULO DE SEGURIDAD LUMBAR POR MEDIO DE LA RESONANCIA MAGNÉTICA

FERNANDO AUGUSTO DANNEBROCK,¹ ERASMO DE ABREU ZARDO,¹ MARCUS SOFIA ZIEGLER,¹ CARLOS MARCELO DONAZAR SEVERO,¹ JOEL ABRAMCZUK,¹ EMILIANO VIALLE,² GRACIANE RADAELLI,³ CARLA HELENA AUGUSTIN SCHWANKE,⁴ RICARDO BERNARDI SODER³

1. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Instituto Gaúcho de Cirurgia da Coluna Vertebral, Hospital São Lucas, Porto Alegre, RS, Brasil.

2. Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Hospital Universitário Cajuru, Curitiba, PR, Brasil.

3. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Instituto do Cérebro do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.

4. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Escola de Medicina, Instituto de Geriatria e Gerontologia, Porto Alegre, RS, Brasil.

RESUMO

Objetivo: Avaliar a zona triangular de segurança lombar, seus limites e sua relação com o gânglio da raiz dorsal por meio da ressonância magnética (RM). **Métodos:** Foram estudados os limites, o formato e as dimensões de 303 zonas triangulares de segurança no corte coronal de RM 3.0 Tesla de L2 a L5, incluindo o gânglio da raiz dorsal. **Resultados:** A amostra foi composta por 101 pacientes com média de idade de 32 anos. A altura da zona triangular de segurança era formada pela borda lateral da dura-máter; a largura, pelo platô superior da vértebra inferior; e a hipotenusa, pela raiz nervosa correspondente. A média das dimensões, assim como a área, variaram conforme o nível estudado. O gânglio da raiz dorsal invadiu as dimensões do triângulo em todas as imagens estudadas. **Conclusão:** Baseados nos dados e nas análises realizadas, concluímos que o conhecimento dos limites da zona triangular de segurança, por meio da imagem da RM, aumenta a segurança dos procedimentos minimamente invasivos na coluna lombar. **Nível de evidência I; Estudos diagnósticos—Investigação de um exame para diagnóstico.**

Descritores: Coluna Vertebral; Anatomia; Procedimentos Cirúrgicos Minimamente Invasivos; Gânglios Espinais; Imagem por Ressonância Magnética.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the lumbar triangular safety zone, its boundaries and its relationship with the dorsal root ganglion through Magnetic Resonance Imaging (MRI). **Methods:** The boundaries, shape and dimensions of 303 triangular safety zones were analyzed in Tesla 3.0 Magnetic Resonance Imaging (MRI) coronal sections from L2 to L5, including the dorsal root ganglion. **Results:** The sample consisted of 101 patients with a mean age of 32 years. The height of the triangular safety zone was formed by the lateral edge of the dura mater, the width by the upper plateau of the lower vertebra and the hypotenuse by the corresponding nerve root. The mean dimensions and the area varied according to the level studied. The dorsal root ganglion invaded the dimensions of the triangle in all the images studied. **Conclusion:** Based on the data and the analyses performed, we concluded that knowledge of the boundaries of the triangular safety zone through MRI increases the safety of minimally invasive procedures in the lumbar spine. **Level of evidence I; Diagnostic studies – Investigation of a diagnostic test.**

Keywords: Spine; Anatomy; Minimally Invasive Surgical Procedures; Ganglia, Spinal; Magnetic Resonance Imaging.

RESUMEN

Objetivo: Evaluar la zona triangular de seguridad lumbar, sus límites y su relación con el ganglio de la raíz dorsal a través de la Resonancia Magnética (RM). **Métodos:** Se estudiaron los límites, el formato y las dimensiones de 303 zonas triangulares de seguridad en el corte coronal de RM 3.0 Tesla de L2 a L5, incluyendo el ganglio de la raíz dorsal. **Resultados:** La muestra fue compuesta por 101 pacientes, con promedio de edad de 32 años. La altura de la zona triangular de seguridad estaba formada por el borde lateral de la duramadre, el ancho por la meseta superior de la vértebra inferior y la hipotenusa por la raíz nerviosa correspondiente. El promedio de las dimensiones, así como el área, variaron según el nivel estudiado. El ganglio de la raíz dorsal invadió las dimensiones del triángulo en todas las imágenes estudiadas. **Conclusión:** Basándose en los datos y análisis realizados, concluimos que el conocimiento de los límites de la zona triangular de seguridad a través de la imagen de RM aumenta la seguridad de los procedimientos minimamente invasivos en la columna lumbar. **Nivel de evidencia I; Estudios diagnósticos - Investigación de un examen para diagnóstico.**

Descritores: Columna Vertebral; Anatomía; Procedimientos Quirúrgicos Mínimamente Invasivos; Ganglios Espinales; Imagen por Resonancia Magnética.

Estudo realizado no Instituto do Cérebro do Rio Grande do Sul da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (InsCer-PUCRS), Porto Alegre, RS, Brasil.

Correspondência: Fernando Augusto Dannebrock. Rua Gabriel Miró, 256, Canoas, RS, Brasil. 92.025-660. fdannebrock@gmail.com.



INTRODUÇÃO

O constante avanço das técnicas e opções terapêuticas minimamente invasivas para as doenças da coluna vertebral gera uma crescente necessidade de estudo de alguns conceitos em relação às abordagens cirúrgicas. Essas abordagens têm por vantagem mínimos danos teciduais e menor tempo cirúrgico, menor tempo de internação hospitalar, preservação da musculatura, menor índice de infecção, além de retorno mais rápido às atividades. Entretanto, exigem um conhecimento acurado das estruturas neurais e suas relações com os demais componentes da coluna, permitindo a realização segura desses procedimentos.^{1,2}

Em 1983, Kambin e Gellmann³ descreveram um triângulo de segurança chamado “triângulo de Kambin” para a abordagem transforaminal. Definido como um triângulo anatômico tridimensional localizado sobre o disco intervertebral dorsolateral da coluna lombar, tem seu conceito utilizado não apenas para a utilização em procedimentos minimamente invasivos como também para técnicas de fusão lombar. Mirkovic, Schwartz e Glazier⁴ reforçam esses conceitos e descrevem a dura-máter como limite medial do triângulo, o platô vertebral superior como limite inferior e a hipotenusa como o nervo espinal correspondente. A relação do gânglio da raiz dorsal com o triângulo de segurança não é descrita em nenhum desses estudos.

O tamanho dos gânglios da raiz dorsal varia conforme o nível vertebral. A maioria dos gânglios está diretamente abaixo dos pedículos vertebrais, e um terço sobrepõe uma parte do disco intervertebral lateral. Essas relações podem auxiliar na compreensão dos transtornos neurocompressivos e lombossacrais e devem ser observadas durante a inserção dos materiais de trabalho nas cirurgias.^{5,6}

Em vista da escassa literatura sobre a descrição do triângulo de segurança na imagem de Ressonância Magnética (RM) 3.0 Tesla, os autores realizaram um estudo descritivo de imagem do triângulo de segurança na coluna lombar, com o objetivo de determinar seus limites e suas medidas correspondentes, além da sua área em diferentes níveis lombares.

A RM foi escolhida como método de imagem a ser utilizado por obter algumas vantagens em relação aos outros métodos de imagem, como a não utilização da radiação ionizante, a obtenção de uma gama muito maior de contraste disponível para os tecidos moles e a retratação da anatomia com mais detalhes.⁷

O estudo visa ainda descrever a localização do gânglio da raiz dorsal em relação ao triângulo de segurança, auxiliando os procedimentos minimamente invasivos na coluna lombar.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo caracteriza-se por ser de coorte retrospectiva observacional. Foram incluídos no estudo imagens de RM 3.0 Tesla de 101 pacientes sem evidência de anomalias da coluna lombar ao exame de imagem. Todos os exames foram realizados no Instituto do Cérebro da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (InsCer-PUCRS) no período de novembro de 2016 a setembro de 2017.

O projeto de pesquisa foi apreciado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (CEP/PUCRS) sob parecer n. 2.538.975 e CAAE n. 84253418.9.0000.5336. Uma vez que foram revisadas as RNM de pacientes que já tinham sido submetidos a este exame, não foram obtidos termos de consentimento livre e esclarecido. Porém, todos os pesquisadores envolvidos no estudo assinaram um termo de confidencialidade para utilização dos dados.

Os pacientes foram submetidos ao exame num aparelho GE de 3.0 Tesla, Signa HDXT com bobina de coluna. Com o paciente em decúbito dorsal foi realizada a sequência no plano oblíquo/coronal com seus respectivos parâmetros: Coronal T2 FSE-XL, utilizando-se os parâmetros de FOV = 32 cm, espessura de corte = 2mm, com espaçamento de 10% = 0,2 mm, matriz = 448 X320, número de cortes = 22, TE = 80 e TR = 3.700 us.

Estudaram-se 303 zonas triangulares de segurança da segunda vértebra lombar (L2) à quinta vértebra lombar (L5). As medições das zonas triangulares de segurança foram realizadas nos cortes coronais realizados, (Figura 1) utilizando-se régua digital disponível no software de interpretação de imagens do InsCer. Foram feitas as

seguintes medições de L2-L5: altura, base e hipotenusa do triângulo de segurança. (Figura 2) O segmento L5-S1 não foi estudado em virtude da limitação técnica das imagens obtidas.

Todas as RMs foram avaliadas por dois pesquisadores em dois momentos distintos, com intervalo de tempo de aproximadamente um mês entre cada avaliação.

Legenda:

1. Limites dos corpos vertebrais.
2. Espaço discal.
3. Pedículos.
4. Distância interpedicular.
5. Gânglio da raiz dorsal com seus respectivos diâmetros.
6. Área triangular de vermelho: zona triangular de segurança (A, B, H).

A. Altura do TS: borda lateral da dura-máter com extensão perpendicular do platô vertebral da vértebra inferior até a axila da raiz nervosa emergente superior

B. Base do TS: platô vertebral superior da vértebra inferior, estendendo-se, medialmente, da dura-máter à borda medial do nervo espinal emergente, lateralmente.

H. Hipotenusa do TS: comprimento do nervo espinal, estendendo-se da axila da raiz nervosa emergente ao platô vertebral superior da vértebra inferior.

Os dados foram armazenados em planilha Excel e analisados com o pacote estatístico SPSS 21.0. A normalidade da distribuição das variáveis quantitativas foi verificada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov. As variáveis foram descritas na forma de média, desvio padrão, erro padrão e valores mínimo e máximo.

O projeto de pesquisa foi apreciado e aprovado pelo Comitê

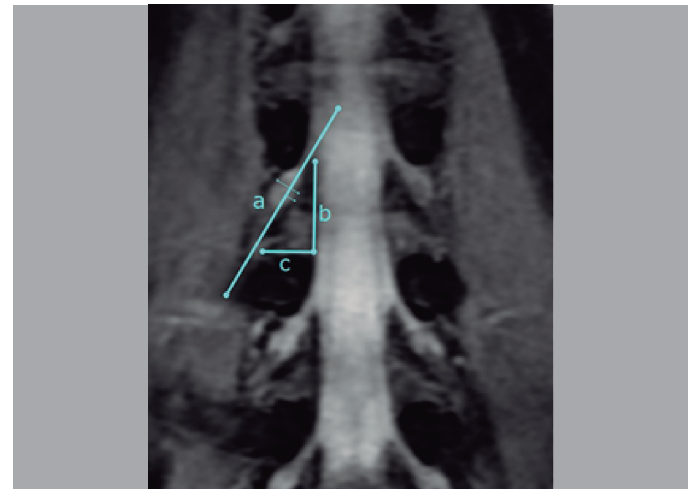


Figura 1. Aspecto anatômico do corte coronal da coluna lombar com os respectivos limites do triângulo de segurança e sua relação com o gânglio da raiz dorsal.

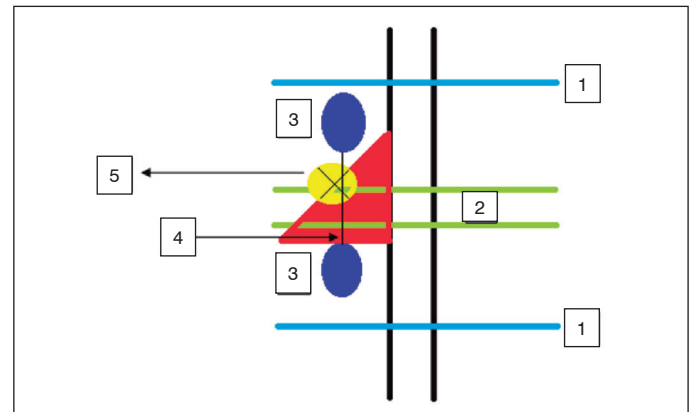


Figura 2. Aspecto esquemático do triângulo de segurança (TS) com as respectivas mensurações realizadas no estudo.

de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (CEP/PUCRS) sob parecer n. 2.538.975 e CAAE n. 84253418.9.0000.5336.

RESULTADOS

A idade da amostra variou de 20 a 40 anos, sendo que a maioria dos pacientes era do sexo masculino.

Os resultados obtidos na avaliação das 303 zonas triangulares de segurança estão descritos nas Tabelas 1 a 7, apresentadas na sequência. Estas destacam o número de medidas (N), os valores da média, do mínimo e máximo em milímetros, o desvio padrão (DP) e o erro padrão (EP).

Tabela 1. Medida da base do triângulo de segurança.

Nível	N	Média	Mínimo	Máximo	DP	EP
L2-L3	101	12,79	9,80	16,00	2,23	0,22
L3-L4	101	14,59	9,60	10,80	2,59	0,26
L4-L5	101	12,89	8,20	18,60	2,93	0,29

Tabela 2. Medida da altura do triângulo de segurança.

Nível	N	Média	Mínimo	Máximo	DP	EP
L2-L3	101	22,37	18,50	26,10	2,06	0,21
L3-L4	101	23,55	16,60	28,0	3,61	0,36
L4-L5	101	24,82	20,20	26,30	1,34	0,13

Tabela 3. Medida da hipotenusa do triângulo de segurança.

Nível	N	Média	Mínimo	Máximo	DP	EP
L2-L3	101	23,77	21,60	26,40	1,49	0,15
L3-L4	101	28,38	19,50	34,50	4,33	0,43
L4-L5	101	28,71	23,00	32,90	2,83	0,28

Tabela 4. Medida do maior diâmetro do gânglio do triângulo de segurança.

Nível	N	Média	Mínimo	Máximo	DP	EP
L2-L3	101	10,98	9,00	12,70	1,34	0,13
L3-L4	101	12,72	10,80	15,70	0,97	0,10
L4-L5	101	12,81	10,90	16,30	1,30	0,13

Tabela 5. Medida do menor diâmetro do gânglio do triângulo de segurança.

Nível	N	Média	Mínimo	Máximo	DP	EP
L2-L3	101	8,30	7,40	9,20	0,61	0,06
L3-L4	101	7,30	6,30	8,0	0,61	0,06
L4-L5	101	7,82	7,00	8,40	0,38	0,04

Tabela 6. Área do triângulo de segurança.

Nível	N	Média	Mínimo	Máximo	DP	EP
L2-L3	101	142,58	98,98	197,60	25,57	2,54
L3-L4	101	173,06	79,68	233,80	43,90	4,37
L4-L5	101	160,34	82,82	244,59	38,42	3,82

Tabela 7. Medida da distância interpedicular do triângulo de segurança.

Nível	N	Média	Mínimo	Máximo	DP	EP
L2-L3	101	23,17	19,40	26,90	2,16	0,22
L3-L4	101	23,34	19,40	27,00	2,19	0,22
L4-L5	101	23,40	19,40	26,90	2,18	0,22

DISCUSSÃO

A complicação mais temida em relação aos procedimentos minimamente invasivos da coluna sempre foi o dano à raiz nervosa, em especial ao gânglio da raiz dorsal.^{8,9} Além disso, o dano arterial radicular também pode ocorrer causando hematoma ou isquemia medular.

A incidência de lesão da raiz nervosa foi relatada variavelmente de 1,0% a 8,9%.¹⁰⁻¹² Sairoy et al.,¹³ numa série de casos, descrevem 2% de irritação nervosa e 1% de hematoma epidural.

Essas complicações podem decorrer de dificuldades técnicas na abordagem, utilização de material inadequado ou até da variação anatômica do triângulo de segurança. Conforme os autores, a lesão nervosa poderia ocorrer na inserção da agulha e/ou cânula ou pela irritação do gânglio da raiz dorsal devido à compressão pela cânula.¹³ A literatura também enfatiza que a agulha guia deve tocar o pedículo caudal antes de adentrar a zona triangular de segurança.¹⁴

Ozer et al.,¹⁵ em um estudo anatômico, descrevem e classificam seus achados em três diferentes tipos de triângulos, variando conforme os ângulos obtidos entre suas medidas. O primeiro tipo é um triângulo fechado sem qualquer espaço disponível entre seus elementos; o segundo tipo é um triângulo estreito; e o terceiro tipo é o triângulo normal, como descrito por Kambin.³ Citam ainda que, aproximadamente, 82% dos pacientes apresentavam espaço estreito ou nenhum espaço no triângulo. Os autores não fazem qualquer menção da posição do gânglio da raiz em relação ao triângulo.¹⁵

No presente estudo, realizado por meio de análise de imagem, observamos que a maioria dos pacientes apresentava triângulos do tipo III, ao contrário dos dados descritos por Ozer et al.¹⁵ Em contrapartida, verificamos que, em todas as imagens analisadas, o gânglio da raiz dorsal invadia o triângulo de segurança.

Apesar de o triângulo do tipo III ser descrito como normal e seguro, deve-se levar em conta a posição do gânglio da raiz em relação a ele. Assim sendo, a análise pré-operatória do triângulo de segurança na RM torna-se importante e aliada na tomada de decisão.¹⁵

No que diz respeito aos limites da zona triangular de segurança obtidos nas imagens, constatamos que estão de acordo com os relatos da literatura.⁴ Observamos que as dimensões obtidas dos lados do triângulo aumentaram progressivamente, com exceção da medida da base.

Em relação à altura do triângulo, em L2-L3 obteve-se uma média de 10,9 mm contra 22,37 no nosso trabalho. Em L3-L4, cita-se uma média de 11,7 mm contra 23,55. Já em L4-L5, relata-se uma média de 12,4 contra 24,82 nos nossos achados.⁴

No que se refere à medida da base, em L2-L3 obteve-se uma média de 16,9 mm contra 12,79 no nosso trabalho. Em L3-L4, cita-se uma média de 17,4 mm contra 14,59. Já em L4-L5, relata-se uma média de 19,9 mm contra 12,89 nos nossos achados.⁴

Quando tomamos como parâmetro as medidas referentes à hipotenusa, observamos que, em L2-L3, obteve-se uma média de 20,7mm contra 23,77 no nosso trabalho. Em L3-L4, cita-se uma média de 21,2 mm contra 28,38. Já em L4-L5, relata-se uma média de 23,6 mm contra 28,71 nos nossos achados. Observamos que apesar da diferença, as medidas da hipotenusa são as que mais se aproximam da literatura.⁴

Apesar de as características anatômicas descritas com base em nossos triângulos não estarem de acordo com o estudo de Mirkovic, Schwartz e Glazier,⁴ nossos achados estão de acordo com os dados descritos por Choi e Basile¹⁶ em seu estudo anatômico. Vialle et al.,¹⁷ em seu estudo anatômico, relatam números que se aproximam aos nossos.

Observou-se que a área medida dos triângulos variou conforme o nível, sendo maior no nível de L3-L4. Hoshide, Feldman e Taylor¹⁸ descrevem aumento progressivo das áreas dos triângulos medidos de L1-L2 a L4-L5.¹⁸ Em contrapartida, Hardenbrook et al.¹⁹ citam que a área dos triângulos variou conforme o nível, o que está de acordo com os nossos achados. Esses autores concluíram que o triângulo de segurança era uma área relativamente grande e segura para procedimentos minimamente invasivos, ao contrário dos dados apresentados por Ozer et al.¹⁵

Uma das possíveis razões que pode explicar essa incompatibilidade de achados entre os estudos seria o formato dos triângulos propostos. Mirkovic, Schwartz e Glazier⁴ descrevem seu triângulo com a largura maior que a altura; já Choi e Basile¹⁶ descrevem o triângulo com a altura maior que a largura. Vialle et al.¹⁷ descrevem o triângulo com a presença do gânglio da raiz dorsal presente, propondo uma zona retangular de segurança. (Figura 3)

Lertudomphonwanit et al.,²⁰ em um estudo anatômico cadavérico de 2016, demonstram e sugerem que a verdadeira zona de trabalho seria de formato trapezoidal em vez do típico triângulo de ângulo reto.^{20,21} Esses pesquisadores consideram a altura discal como sendo o limite de altura medial do trapézio. Descrevem também que a

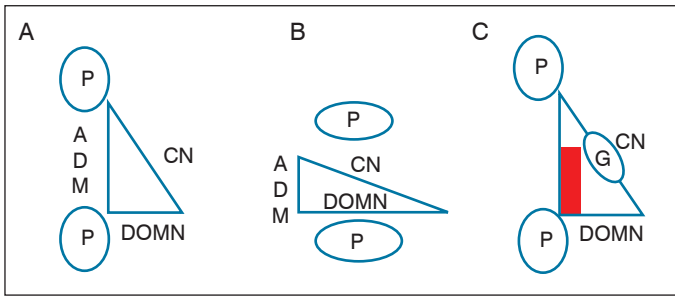


Figura 3. Aspecto esquemático comparativo das zonas de segurança do nervo espinal. Fonte: adaptado de Vialle et al.¹⁷

área trapezoidal variou conforme o nível estudado, o que está de acordo com os nossos relatos. Segundo este estudo, a altura discal pode ser aumentada pela distração do disco – o que aumentaria a altura do trapézio –, bem como a base do triângulo pode ser ampliada pela capacidade de tração da raiz nervosa em procedimentos endoscópicos. Contudo, a pesquisa não faz qualquer menção à posição do gânglio da raiz dorsal. Subentende-se pela sua descrição que o gânglio da raiz dorsal estaria dentro dos limites do trapézio, o que aumentaria a chance de complicações cirúrgicas.²⁰

O uso da RM como ferramenta de avaliação pré-operatória em pacientes submetidos a procedimentos minimamente invasivos demonstra ter excelente detecção da anatomia do nervo e suas relações,²² podendo suprimir o sinal vascular e/ou de gordura para criar imagens seletivas.²³

O uso de cadáveres no estudo da zona triangular de segurança pode mudar relações anatômicas, visto que diminui a tensão dentro dos tecidos, especialmente saco tecal e raiz nervosa. Estudos demonstram que para cada 10% de fixação de formalina, a média linear de encolhimento foi de 4,5%.²⁴ Além disso, a manipulação e dissecação cirúrgica podem gerar deslocamento de algumas estruturas. Guan et al.²⁵ descrevem sua análise morfométrica das zonas de

segurança lombares em discectomias endoscópicas, baseados em exames de RM. Detalham ainda a análise das imagens nos planos coronal e sagital de 32 pacientes.²⁵ Em suas conclusões, obtêm resultados parecidos com os nossos, especialmente no que diz respeito ao tamanho da base da zona de segurança. Contudo, não fazem menção ao estudo da área do triângulo, mas, sim, da angulação formada pela raiz nervosa com a base dele. Por fim, não descrevem a localização do gânglio da raiz dorsal em relação à zona de segurança.²⁵

Aponta-se, como ponto forte do presente estudo, a inclusão do gânglio da raiz dorsal em todas as medições realizadas. Como limitação, pode-se mencionar a não medição da zona triangular no corte sagital, bem como a comparação com as medidas do corte coronal. Isso pode interferir, de alguma maneira, nos resultados apresentados, visto que se trata de estrutura tridimensional.

Este estudo teve o intuito de estudar a anatomia da zona triangular de segurança em pacientes vivos, bem como sua relação com o gânglio da raiz dorsal.

CONCLUSÕES

A RM é um método não invasivo e seguro para avaliar as dimensões anatômicas da zona triangular de segurança em procedimentos minimamente invasivos, uma vez que permite acurada avaliação da anatomia tridimensional, aumentando a segurança do procedimento.

Os limites anatômicos da zona triangular de segurança encontrados nas imagens de RM estão de acordo com os trabalhos descritos na literatura. As dimensões dos lados dos triângulos, bem como sua área, variam conforme o nível estudado. Em todas as medidas realizadas, o gânglio da raiz dorsal invadiu os limites do triângulo de segurança. O trabalho reforça a hipótese de que uma zona retangular de segurança teria menor índice de complicações neurológicas.

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

CONTRIBUIÇÕES DOS AUTORES: Todos os autores contribuíram individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. FAD (0000-0002-7640-8956)*, RBS (0000-0002-1445-0737)*, EAZ (0000-0002-4922-6962)*, MSZ (0000-0002-6051-0147)*, JA (0000-0002-4122-804X)*, CMDS (0000-0002-5944-7750)* e EV (0000-0003-1157-4889)* contribuíram para o conceito intelectual do estudo e realizaram a pesquisa bibliográfica. FAD, GR (0000-0002-1208-362X)*, RBS, JA e CMDS reuniram os dados clínicos. FAD, GR, CHAS (0000-0002-0397-771X)* e EV avaliaram os dados da análise estatística. FAD, EAZ e MSZ elaboraram a primeira versão do manuscrito. RBS, JA, CMDS, EV e CHAS revisaram o manuscrito e contribuíram intelectualmente para a elaboração da sua versão final. *ORCID (*Open Researcher and Contributor ID*).

REFERÊNCIAS

1. Oppenheimer JH, De Castro I, McDonnell DE. Minimally invasive spine technology and minimally invasive spine surgery: a historical review. *Neurosurg Focus*. 2009;27(3):E9.
2. Kazemi N, Crew LK, Tredway TL. The future of spine surgery: New horizons in the treatment of spinal disorders. *Surgl Neurol Int*. 2013;4(Suppl 1):15-21.
3. Kambin P, Gellmann H. Percutaneous lateral discectomy of the lumbar spine: a preliminary report. *Clin Orthop Relat Res*. 1983;174:127-32.
4. Mirkovic SR, Schwartz DG, Glazier KD. Anatomic considerations in lumbar posterolateral percutaneous procedures. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1995;20(18):1965-71.
5. Cohen MS, Wall EJ, Brown RA, Rydevik B, Garfin SR. *AcroMed Award in basic science. Cauda equina anatomy. II: Extrathecal nerve roots and dorsal root ganglia*. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1990;15(12):1248-51.
6. Shen J, Wang HY, Chen JY, Liang BL. Morphologic analysis of normal human lumbar dorsal root ganglion by 3D MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2006;27(10):2098-103.
7. Takashima H, Takebayashi T, Shishido H, Yoshimoto M, Imamura R, Akatsuka Y, et al. Comparison with Magnetic Resonance Three-Dimensional Sequence for Lumbar Nerve Root with Intervertebral Foramen. *Asian Spine J*. 2016;10(1):59-64.
8. Ahn Y, Lee SH, Park WM, Lee HY, Shin SW, Kang HY. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for recurrent disc herniation: surgical technique, outcome, and prognostic factors of 43 consecutive cases. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(16):E326-32.
9. Ruetten S, Komp M, Merk H, Godolias G. Full endoscopic interlaminar and transforaminal lumbar discectomy versus conventional microsurgical technique: a prospective, randomized, controlled study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008;33(9):931-9.
10. Ahn Y, Lee SH, Lee JH, Kim JU, Liu WC. Transforaminal percutaneous endoscopic lumbar discectomy for upper lumbar disc herniation: clinical outcome, prognostic factors, and technical consideration. *Acta Neurochir (Wien)*. 2009;151(3):199-206.
11. Yeung AT, Tsou PM. Posterolateral endoscopic excision for lumbar disc herniation: Surgical technique, outcome, and complications in 307 consecutive cases. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27(7):722-31.
12. Ahn Y, Lee SH, Park WM, Lee HY, Shin SW, Kang HY. Percutaneous endoscopic lumbar discectomy for recurrent disc herniation: surgical technique, outcome, and prognostic factors of 43 consecutive cases. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004;29(16):E326-32.
13. Sairyo K, Matsuura T, Higashino K, Sakai T, Takata Y, Goda Y, et al. Surgery related complications in percutaneous endoscopic lumbar discectomy under local anesthesia. *J Med Invest*. 2014;61(3-4):264-9.
14. Sakane M. Anatomical relationship between Kambin's triangle and exiting nerve root. *Mini-invasive Surg*. 2017;1:99-102.
15. Ozer AF, Suzer T, Falsafi M, Aydin M, Sasani M, Oktennoglu T. Anatomic assessment of variations in Kambin's triangle: a surgical and cadaveric study. *World Neurosurg*. 2017;100:498-503.
16. Choi PS, Basile R. Estudo anatômico da zona triangular de segurança aplicada aos procedimentos percutâneos póstero laterais. *Coluna/Columna*. 2003;2(1):19.
17. Vialle E, Vialle LR, Contreras W, Jacob Junior C. Estudo anatômico da relação do gânglio da raiz dorsal com o disco intervertebral da coluna lombar. *Rev Bras Ortop*. 2015;50(4):450-4.
18. Hoshide R, Feldman E, Taylor W. Cadaveric analysis of the Kambin's triangle. *Cureus*. 2016;8(2):e475.
19. Hardenbrook M, Lombardo S, Wilson MC, Telfeian A. The anatomical rationale for transforaminal endoscopic interbody fusion: a cadaveric analysis. *Neurosurg Focus*. 2016;40(2):E12.
20. Lertudomphonwanit T, Keorochana G, Kraiwattanapong C, Chanplakorn P, Leelapatana P, Wajjanavit W. Anatomic Considerations of Intervertebral Disc Perspective in Lumbar Posterolateral Approach via Kambin's Triangle: Cadaveric Study. *Asian Spine J*. 2016;10(5):821-7.
21. Min JH, Kang SH, Lee JB, Cho TH, Suh JK, Rhyu J. Morphometric analysis of the working zone for endoscopic lumbar discectomy. *J Spinal Disord Tech*. 2005;18(2):132-5.
22. Chhabra A, Zhao L, Carrino JA, Trueblood E, Koceski S, Shteriev F, et al. MR neurography: advances. *Radiol Res Pract*. 2013;809568.
23. Chhabra A, Lee PP, Bizzell C, Soldatos T. 3 Tesla MR neurography – technique, interpretation, and pitfalls. *Skeletal Radiol*. 2011;40(10):1249-60.
24. Quester R, Schroder R. The shrinkage of the human brain stem during formalin fixation and embedding in paraffin. *J Neurosci Methods*. 1997;75(1):81-9.
25. Guan X, Gu X, Zhang L, Wu X, Zhang H, He S, et al. Morphometric analysis of the working zone for posterolateral endoscopic lumbar discectomy based on magnetic resonance neurography. *J Spinal Disord Tech*. 2015;28(2):E78-84.