

Estudo anatômico do pedículo vertebral lombar e estruturas neurais adjacentes

Anatomical study of lumbar vertebral pedicle and adjacent neural structures

CLÁUDIA MARIA MATUOKA¹, ROBERTO BASILE JÚNIOR²

RESUMO

Para avaliação da morfometria do pedículo vertebral lombar e sua relação com as estruturas neurais, foram dissecados 14 cadáveres do sexo masculino, adultos, onde foram avaliados o tamanho do pedículo vertebral lombar, através da mensuração do seu diâmetro longitudinal e transversal. Os dados obtidos mostraram aumento do pedículo de L2 a L5, tanto no diâmetro longitudinal quanto transversal, sendo o primeiro maior. A relação do pedículo lombar com as estruturas neurais, foram avaliadas através da mensuração da distância da dura-máter à borda medial do pedículo, entre a região mais distal do pedículo à raiz nervosa que emerge abaixo deste e, de maneira indireta, a distância entre o ápice do pedículo à raiz nervosa que emerge acima deste. Os resultados obtidos mostraram que a distância entre a parte mais distal do pedículo e a raiz nervosa que emerge abaixo deste, e a distância entre a borda medial do pedículo à dura-máter, não aumentam de L2 a L5. Quanto à distância entre o ápice do pedículo à raiz nervosa que emerge acima, aumenta de L2 a L5. Localizamos também o gânglio espinhal em relação ao pedículo, sendo que 87% dos gânglios espinhais localizam-se na zona foraminal.

Descritores: Cadáver; vértebras lombares; rede nervosa; dura-máter; gânglios/espinhais

INTRODUÇÃO

O método de fixação pedicular da coluna lombar, vem sendo cada vez mais utilizado, nas últimas décadas, para o tratamento de diversas patologias. Esse método foi idealizado devido ao elevado índice de pseudoartrose após artrodese, sem fixação da coluna lombar. Vários autores^(22,25) encontraram índices de 5 a 20% de pseudoartrose após artrodese pósterio-lateral. Thompson et al⁽²⁴⁾, avaliaram vários pacientes submetidos a artrodese pela técnica de Hibbs, e encontraram um índice de pseudoartrose de 55%, quando realizadas de L4 a S1, e de 12%, quando de L5 a S1,

SUMMARY

For the evaluation of the Lumbar pedicle morphometry and its relation to the neural structures, 14 male adult cadavers were dissected, and the size of the lumbar pedicle was assessed by measuring its sagittal and transversal diameter. It was found that the size of the pedicle increases from L2 to L5, both in the sagittal and transversal diameter, the first bigger. The relation of the lumbar pedicle to the neural structures was evaluated by measuring the distance between dura-mater and the pedicle medial area, the distance between the most distal area of the pedicle and the nerve root that appears under it, and, to obtain in an indirect way, the distance between the pedicle apex and the nerve root that appears over it. The acquired results showed that the distance between the most distal area of the pedicle and the nerve root that appears under it, and the distance between the pedicle medial area and dura-mater, do not increase from L2 to L5, and they are in average 1,98 and 3,02 respectively. The distance between the pedicle apex and the nerve root that appears over it, increases from L2 to L5, varying from 13,64 in L2 to 21,62 in L5. The location of the spinal ganglion in relation to the pedicle has also been found, and 87% of the spinal ganglions are located in the foraminal zone.

Key words: Anatomy; lumbar spine; nerve root; pedicular screw placement

INTRODUCTION

The pedicular method of fixation of lumbar spine for different diseases is progressively being more used in the last decades. This method was created due to the high index of pseudarthrosis after arthrodesis without fixation of lumbar spine. Several authors^(22,25) found 5 to 20% of pseudarthrosis after posterior-lateral arthrodesis. Thompson et al⁽²⁴⁾ evaluated several patients who underwent Hibbs' method arthrodesis and found an incidence of 55% of pseudarthrosis when performed from L4 to S1 and 12% from L5 to S1,

Trabalho realizado no Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas - FMUSP

1- Pós-Graduada
2- Doutor em Ortopedia e Traumatologia

Endereço para correspondência: Rua Maracá, 266, apto 33 - Vila Guarani São Paulo - SP - CEP 04313-190 - E-mail: matuokacacau@bol.com.br

Trabalho recebido em 10/01/2001. Aprovado em 17/05/2002

Work performed at the Instituto de Ortopedia e Traumatologia do Hospital das Clínicas - FMUSP

1- Post-Graduate
2- Doctor in Orthopaedics

Address: Rua Maracá, 266, apto 33 - Vila Guarani - São Paulo - SP - CEP 04313-190 - E-mail: matuokacacau@bol.com.br

ou seja, quanto maior o número de vértebras envolvidas na artrose, maior o índice de pseudoartrose. Além disso, a fixação pedicular produz grande estabilidade, evitando o uso de imobilização externa pós-operatória.

Segundo Aebi et al⁽¹⁾, o tratamento de qualquer patologia da coluna lombar deveria incluir: 1. efetiva descompressão do canal espinhal, 2. tratamento da coluna sem causar deformidades, limitação de movimento, instabilidade ou dor, 3. mobilização precoce e cuidados de enfermagem simplificados.

Com o advento da fixação pedicular, a cirurgia da coluna vertebral conseguiu alcançar os objetivos citados⁽¹⁾. A técnica estaria indicada em todos os casos em que houvesse instabilidade da coluna, ou seja, fraturas, pseudoartroses, alterações degenerativas, tratamento de tumores, espondilolistese de várias etiologias.

O problema com a fixação pedicular é o alto índice de complicações decorrentes da cirurgia, ou da própria colocação do parafuso no pedículo da vértebra. As complicações relacionadas à cirurgia são, entre outras, infecção superficial ou profunda, tromboembolismo pulmonar, e várias outras complicações associadas às cirurgias de grande porte. As relacionadas a colocação do parafuso pedicular, relatada por vários autores^(3,11,13,15,16,17,20,23,27,28), são a colocação do parafuso fora do pedículo, podendo provocar lesão radicular, lesão da dura-máter, lesão vascular⁽²⁶⁾, e fratura do pedículo. Além disso, pode ocorrer quebra do implante. Esses et al⁽⁷⁾, numa revisão das complicações encontradas na análise de várias técnicas, realizadas por vários autores, encontraram um índice de complicações de 27,4%, sendo 9,6% intra-operatórias, e 17,8% pós-operatórias. Não encontraram diferenças estatísticas de complicações com os vários tipos de implantes analisados. O índice de complicação é maior nos pacientes com cirurgia prévia.

Quanto a frequência, a quebra do parafuso é a mais importante, tendo um índice que varia de 3 a 25%. Esta complicação poderia ser evitada com o aprimoramento do conhecimento biomecânico. Quanto à morbidade, a lesão radicular é a mais importante, variando de 0 a 7%. Esta complicação poderia ser diminuída com o conhecimento apurado da morfometria do pedículo vertebral, e sua relação com as estruturas neurais.

Vários autores^(9,12,14,18,29) estudaram a morfometria do pedículo vertebral, tanto em cadáveres, quanto através de exames de imagem. Esses trabalhos mostraram que o pedículo vertebral lombar aumenta de diâmetro de L1 a L5, sendo que o eixo no plano transversal é menor do que no plano sagital, portanto o maior diâmetro do parafuso deveria ser determinado pela primeira medida. Mostraram também, que o eixo do pedículo lombar no plano transversal varia de 0 - 10° em L1, 10 - 20° de L a L4, e de 20 - 30° em L5. No eixo do pedículo, a distância entre a lâmina e a parte anterior do corpo vertebral, aumenta de 8 a 10 milímetros. Portanto, o parafuso poderia ser colocado de maneira mais segura, se colocado no eixo do pedículo. Krag et al⁽¹⁴⁾, também verificaram que o comprimento do pedículo no eixo transversal, perfaz 40 a 46% da distância da lâmina à parte anterior do corpo da vértebra. Essa medida limitaria o comprimento mínimo do parafuso.

O pedículo vertebral tem íntima relação com estruturas neurais, pois faz parte do forame intervertebral, como descrito por vários autores^(5,19). O forame intervertebral tem como limite supe-

that is, the higher the number of involved vertebrae, the higher the incidence of pseudarthrosis. Besides this, pedicular fixation grants great stability, avoiding the postoperative use of external immobilization.

According to Aebi et al⁽¹⁾, treatment of any lumbar spine pathology should include: 1. effective decompression of spinal canal. 2. treatment of the spine without causing deformities, movement limitation, instability or pain, 3. early mobilization and simplified nurse care.

With arrival of pedicular fixation, spinal surgery got to reach the objectives mentioned by Aebi et al⁽¹⁾ (1988) and Magerl et al⁽¹⁾ (1984). This technique would be indicated in all cases with spine instability, that is, fractures, pseudarthrosis, degenerative changes, treatment of tumors, spondylolistesis from several causes.

The problem with pedicular fixation is the high index of complications due to the surgery, or the placement of the screw itself in the vertebral pedicle. Complications related to the surgery are, among others, infection, whether superficial or deep, pulmonary tromboembolism and several other complications linked to important surgeries. Those related to pedicular screw, reported by several authors^(3,11,13,15,16,17,20,23,27,28), are the placement of the screw out of the pedicle, what may produce radicular injury, dura-mater injury, vascular injury⁽²⁶⁾, and pedicle fracture. Besides this, it can happen the implant to cleave. Esses et al⁽⁷⁾ in a review of the complication found in analyzing several techniques applied by several authors an index of complications of 27.4%, being 9.6% of them intra-operative, and 17.8% postoperative. They did not find statistical differences among the different implants used. The incidence of complications is higher in patients with previous surgery.

Regarding the frequency, rupture of the screw is the most important, with an index ranging from 3 to 25%. This complication could be avoided with improvement of biomechanical knowledge. Regarding morbidity, radicular injury is the most important, ranging from 0 to 7%. This complication could be avoided with an improved knowledge of the morphometry of the vertebral pedicle, and its relation to neural structures.

Several authors^(9,12,14,18,29) studied the morphometry of the vertebral pedicle both in cadavers and imagery examinations. These papers showed the lumbar vertebral pedicle to increase its diameter from L1 to L5 being the transversal axis smaller than the sagittal one, thus, the larger diameter of the screw should be determined by the first one. They also showed that the axis of the lumbar pedicle in the transverse plane ranges from 0-10° in L1, 10-20° from L2 to L4, and 20-30° in L5. At the pedicle axis, the distance between the lamina and the anterior part of the vertebral body increases 8 to 10 millimeters. Thus, the screw could be placed in a safest manner if placed in the axis of the pedicle. Krag et al⁽¹⁴⁾ also found that the pedicle length in transverse axis is 40 to 46% of the distance from the lamina to the anterior part of the vertebral body. This measure would limit the minimum length of the screw.

The vertebral pedicle has an intimate relationship with neural structures, since it is part of the intervertebral foramen, as described by many authors^(5,19). The intervertebral foramen has as its

rior e inferior, o pedículo da vértebra acima e abaixo, respectivamente. O assoalho é formado pela margem pósteroinferior do corpo da vértebra acima, disco intervertebral, e margem pósterosuperior da vértebra abaixo. O teto é formado pelo ligamento amarelo. O pedículo encontra-se lateralmente ao saco dural. As raízes lombares mais proximais saem quase em ângulo reto em relação ao saco dural, sendo mais curtas que as mais distais. Durante o trajeto da raiz no canal neural, ela é envolta pela gordura epidural. Rauschning⁽¹⁹⁾, relata que o envoltório das raízes lombares são ancorados inferiormente ao pedículo subjacente, limitando a mobilidade medial e superior da raiz. Além disso, vários trabalhos^(9,21) mostram que os gânglios espinhais tem uma localização preferencialmente intra-foraminal, com exceção de S1 que tem uma localização preferencialmente intra-espinhal. Portanto, o gânglio espinhal em íntima relação com o pedículo lombar.

Através de estudos baseados em dissecação de cadáveres, concluíram⁽⁶⁾ que a distância média entre o pedículo e a raiz lombar inferior é de 1,5 mm. Entre a duramáter e o pedículo, é também 1,5 mm. Mas, entre o pedículo e a raiz nervosa acima, é, em média de 5,3 mm. Portanto a colocação medial e inferior do parafuso pedicular, poderia causar lesão de estruturas neurais. Também através de dissecações de cadáveres, estudou a zona lateral do pedículo lombar, e verificou que essa região tem características semelhantes a medial e inferior⁽⁶⁾.

O objetivo do trabalho foi o estudo anatômico do pedículo vertebral lombar e a sua relação com as estruturas neurais adjacentes, com interesse no melhor conhecimento dessa região.

CASUÍSTICA

Foram dissecadas as colunas lombo-sacras de 14 cadáveres humanos, de adultos, frescos, do sexo masculino, de causa mortis variadas, e sem evidência de anormalidade da coluna lombar, feita através de visualização direta macroscópica.

Foram analisados 100 pedículos vertebrais, sendo 28 pedículos de L2, 28 de L3, 28 de L4, e 16 de L5. Os pedículos de L5 foram em menor número, pois em 6 cadáveres foi observada sacralização da última vértebra lombar. Apesar do tamanho destes pedículos terem sido mensurados, foram excluídos.

As dissecações foram realizadas no Serviço de Verificação da Capital da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (SVOC - FMUSP), no ano de 1998. (Quadro 1)

A idade variou de 28 a 75 anos, sendo a média de 52 anos e a mediana de 49 anos. (Quadro 2)

| Número | Registro | Idade | Raça |
|--------|----------|-------|--------|
| 1 | 2683 | 47 | Negra |
| 2 | 3287 | 42 | Negra |
| 3 | 4394 | 33 | Branca |
| 4 | 4641 | 74 | Branca |
| 5 | 6660 | 75 | Branca |
| 6 | 7588 | 47 | Branca |
| 7 | 9834 | 66 | Negra |
| 8 | 10188 | 42 | Negra |
| 9 | 109849 | 49 | Branca |
| 10 | 11152 | 58 | Negra |
| 11 | 11631 | 51 | Negra |
| 12 | 12542 | 49 | Branca |
| 13 | 12835 | 28 | Branca |
| 14 | 13099 | 72 | Branca |

Quadro 1 - Relação dos cadáveres dissecados, em ordem cronológica, incluindo os seguintes dados: número da dissecação, registro do SVOC-FMUSP, idade e raça.

Board 1 - List of dissected cadavers, in chronological order, including: number of the dissection, initials, registration at the SVOC-FMUSP, age and race.

upper and inferior limit the pedicle of the vertebrae above and below, respectively. The floor is made by the posterior-inferior edge of the vertebral body above, the intervertebral disc, and the posterior-superior border of the vertebra below. The ceiling is formed by the yellow ligament. The pedicle is laterally placed in relation to the dural sac. The closest lumbar roots appears in an almost straight angle in relation to the dural sac, being shorter than the more distal ones. In its path inside the neural canal it is involved by epidural fat. Rauschning⁽¹⁹⁾ reports that the involving structure of the lumbar roots are inferiorly anchored to the subjacent pedicle, limiting the medial and superior mobility of the root. Besides this, several papers^(9,21) showed that the spinal ganglion has a preferentially intra-foraminal location, with exception of S1 that has a preferentially intraspinal location. Thus, the spinal ganglion has an intimate relationship to the lumbar pedicle.

Through studies based on cadaver dissection, concluded⁽⁶⁾ that the average distance between the pedicle and the inferior lumbar root is of 1.5 mm. Between dura-

mater and the pedicle, it is also 1.5 mm. However between the pedicle and the nervous root above, it is in average 5.3 mm. Thus the medial and inferior placement of the pedicular screw could cause neural structure injuries. Also through dissection of cadavers studied the lateral zone of the lumbar pedicle, finding that this region has similar characteristics as the medial and inferior one⁽⁶⁾.

The aim of this work was the anatomical study of the lumbar vertebral pedicle and its relationship to adjacent neural structures, objecting a better knowledge of this region.

CASES

Lumbosacral spines of 14 adult human fresh cadavers were dissected. All were male, died from a variety of causes, with no evidence of abnormalities of the lumbar spine. Dissection was performed under direct macroscopic vision.

Were evaluated 100 vertebral pedicles, being 28 from L2, 28 from L3, 28 from L4 and 16 from L5. The L5 pedicles were in less number because in 6 cadavers it was found a sacralization of the last lumbar vertebra. Even though these pedicles had their measures taken, they were excluded.

Dissections were performed at the Serviço de Verificação da Capital da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (SVOC - FMUSP), in 1998. (Board 1)

Age ranged from 28 to 75 years, average 52 years, and median 49 years. (Board 2).

Em relação à raça, oito cadáveres eram brancos, e 6 pretos. (Quadro3)

O protocolo desse trabalho foi aprovado pela Comissão de Ética Médica da Universidade de São Paulo.

MÉTODO

Foram realizadas disseções de 14 cadáveres, por via posterior, sendo possível verificar o canal lombar, dura-máter, saída das raízes lombares, e as bases dos pedículos vertebrais.

Essas disseções foram realizadas com o cadáver posicionado em decúbito ventral, sendo a incisão realizada de L1 ao sacro. Fez-se a disseção das partes moles em bloco, podendo observar ao elementos ósseos posteriores da coluna lombar. Foram retirados os processos espinhosos e ligamentos amarelos de L1 a S1, lâminas, e foram seccionados os pedículos no mesmo plano que os processos transversos, ficando no mesmo plano que as estruturas neurais. O aspecto anatômico final é mostrado na (Figura 1).

Foram realizadas medidas para avaliação da morfometria do pedículo vertebral lombar. Essas medidas foram realizadas com auxílio de paquímetro digital, com precisão de 0,01 milímetros, e lupa cirúrgica com ampliação de 2,5 vezes. As medidas realizadas foram (Figura 2):

1. LP (largura do pedículo), determinada pelo eixo transversal do pedículo.
2. CP (comprimento do pedículo), determinada pelo eixo longitudinal do pedículo.
3. DDMP (distância da dura-máter ao pedículo), é a distância da região lateral da dura-máter ao ápice do pedículo, no eixo transversal.
4. DNP (distância do pedículo com a raiz abaixo), é a distância do ponto mais distal do pedículo com a raiz abaixo.
5. CNE (comprimento do nervo espinhal), é a medida do nervo espinhal, desde a sua saída da dura-máter, até o platô vertebral superior da vértebra abaixo.
6. CDM (comprimento da dura-máter), é o comprimento da borda lateral da dura-máter, que se estende desde a saída da raiz superior até o platô vertebral superior da vértebra inferior.
7. DDMN (distância da dura-máter ao nervo), é a distância formada entre a borda lateral da dura-máter, ao nível do platô vertebral

| Idade | Frequência | Proporção % |
|---------|------------|-------------|
| 20 - 29 | 1 | 7 |
| 30 - 39 | 1 | 7 |
| 40 - 49 | 6 | 44 |
| 50 - 59 | 2 | 14 |
| 60 - 69 | 1 | 7 |
| 70 - 79 | 3 | 21 |

Quadro 2 - Distribuição da frequência e proporção segundo a idade em anos.
Board 2 - Frequency distribution and proportion according to age in years.

| Cor da pele | Frequência | Proporção % |
|-------------|------------|-------------|
| Branca | 8 | 57 |
| Preta | 6 | 43 |

Quadro 3 - Distribuição da frequência e proporção segundo a raça.
Board 3 - Frequency distribution and proportion according to race.

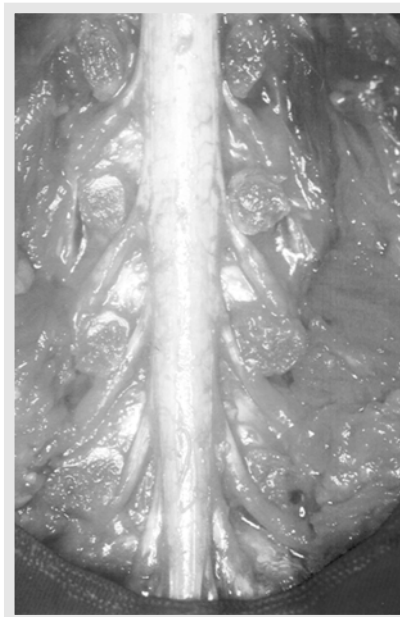


Figura 1 - Aspecto anatômico final da disseção de elementos ósseos posteriores da coluna lombar.
Figure 1 - Final anatomical aspect of the dissection of posterior bony elements of lumbar spine.

Regarding race, eight were white, and 6 black. (Board 3).

The protocol of this work was approved by the Medical Ethics Committee from the Universidade de São Paulo.

METHOD

Fourteen cadaver dissections were performed through posterior approach, being possible to analyze the lumbar canal, dura-mater, appearance of lumbar roots and the bases of the vertebral pedicles.

These dissections were performed with the corpses in ventral decubitus, and the incision performed from L1 to the sacrum. Soft tissues were dissected in a block, allowing to observe the posterior bony elements of the lumbar spine. Were removed the spinous processes and the yellow ligaments from L1 to S1, laminae, and were severed the pedicles in the same plane of the neural structures. The final anatomical aspect is shown in (Figure 1).

Measurements were performed for morphometric evaluation of the lumbar vertebral pedicle. This assessments were performed with a digital slide caliper, with a precision of 0.01 millimeter and a surgical magnifying lens with a 2.5 fold magnification. Were assessed (Figure 2):

1. LP – (pedicle width), determined by the transversal axis of the pedicle.
2. CP – (pedicle length), determined by the sagittal axis of the pedicle.
3. DDMP (distance from dura-mater to the pedicle), determined by the sagittal axis of the pedicle.
4. DNP (distance from the pedicle to the root below), is the distance from the most distal point of the pedicle to the root below.
5. CNE (length of the spinal nerve) is the measurement of the spinal nerve, from its appearance from dura-mater to the upper vertebral plateau of the vertebra below.
6. CDM (dura-mater length), is the length from the lateral edge of the dura-mater, extending since the appearance of the upper root to the upper vertebral plateau of the vertebra below.
7. DDMN (distance from dura-mater to the nerve) is the distance between the lateral edge of the dura-mater, at the upper vertebral

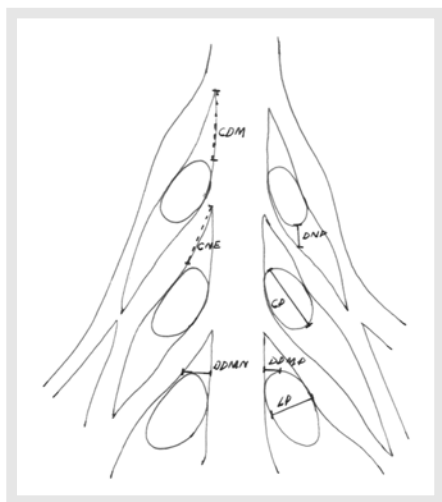


Figura 2 - Esquema da região posterior da coluna lombar, mostrando os pedículos vertebrais e as estruturas neurais adjacentes. As medidas realizadas estão assinaladas como: LP (largura do pedículo), CP (comprimento do pedículo), DDMP (distância da dura-máter ao ápice do pedículo), DNP (distância da raiz nervosa acima ao pedículo), CNE (comprimento do nervo espinhal), CDM (comprimento da dura-máter), DDMN (distância da dura-máter ao nervo espinhal).

Figure 2 - Drawing of posterior region of lumbar spine, showing vertebral pedicles and adjacent neural structures. The performed assessments are noted as LP (pedicle width), CP (pedicle length), DDMP (dura-mater to apex of the pedicle distance), DNP (distance from the nerve root above the pedicle), CNE (spinal nerve length), CDM (dura-mater length), DDMN (distance from dura-mater to spinal nerve).

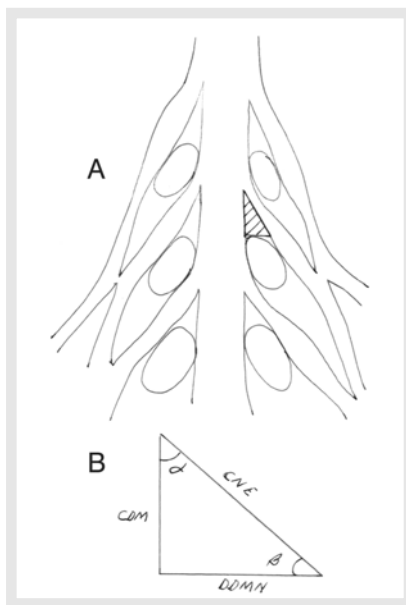


Figura 3 - A. Esquema da zona triangular de segurança: CDM (comprimento da dura-máter); DDMN (distância da dura-máter ao nervo espinhal); CNE (comprimento do nervo espinhal); a (ângulo entre CNE e DDMN); b (ângulo da raiz). B. Localização da zona triangular de segurança no esquema do pedículo e estruturas neurais.

Figure 3 - A. Drawing of the triangular safety zone: CDM (dura-mater length); DDMN (distance from dura-mater to spinal nerve); CNE (spinal nerve length); α (angle between CNE and DDMN); β (root angle). B. Location of the triangular safety zone in the drawing of pedicle and neural structures.

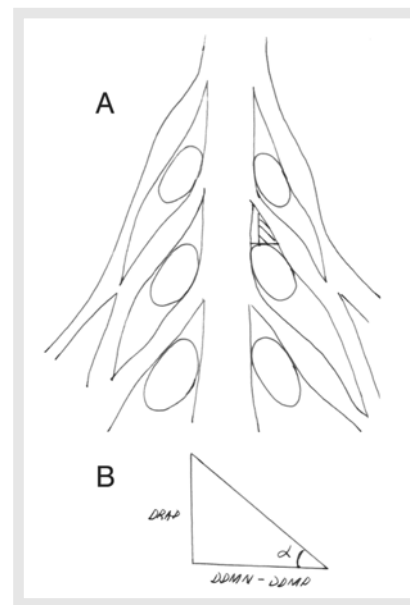


Figura 4 - A. Esquema do "novo" triângulo retângulo. DRAP (distância do pedículo à raiz nervosa acima); DDMP-DDMN (subtração da distância entre a dura-máter ao nervo espinhal, e a distância da dura-máter ao ápice do pedículo); a (ângulo entre a hipotenusa e o cateto DDMN-DDMP). B. Localização do triângulo no esquema do pedículo e estruturas neurais.

Figure 4 - A. Drawing of the "new" rectangle triangle. DRAP (distance from the pedicle to the nerve root above); DDMP-DDMN (subtraction of the distance between dura-mater to spinal nerve and distance from dura-mater to the apex of the pedicle); α (angle between the hypotenuse and the leg DDMN-DDMP). B. Location of the triangle in the drawing of the pedicle and nerve structures.

superior da vértebra inferior, até a borda medial do nervo espinhal, no eixo transversal.

A partir de trabalhos⁽⁴⁾, sabe-se que CNE, CDM e DDMN formam um triângulo retângulo, denominado por esses autores como "zona triangular de segurança", sendo CNE a hipotenusa (Figura 3 A e B). Foi possível calcular o ângulo da raiz nervosa (ângulo β), através do cálculo do arco tangente de um cateto (CDM), dividido pelo outro cateto (DDMN). Com isso, foi possível calcular o ângulo formado entre CNE e CDM (ângulo alfa), subtraindo 90 do ângulo de saída da raiz. A necessidade de conhecer esses parâmetros, foi o cálculo da distância entre o ápice do pedículo e a raiz nervosa que emerge acima desse. Como a distância entre a dura-máter e o ápice do pedículo (DDMP) era conhecida, essa distância foi subtraída de DDMN. Com isso, construímos um novo triângulo retângulo, tendo como catetos a distância entre o ápice do pedículo e a raiz nervosa acima (DRAP), e a subtração entre DDMN e DDMP (Figura 4 A e B). Como o ângulo entre esse último cateto (DDMN-DDMP), que é o ângulo alfa, é conhecido, foi possível calcular o outro cateto (DRAP), multipli-

plateau of the vertebra below to the medial edge of the spinal nerve, in the transversal axis.

From the works⁽⁴⁾, it is known that the CNE, CDM and DDMN form a rectangle triangle called by these authors as "triangular safety zone", being CNE the hypotenuse (Figures 3 A and B). It was possible to calculate the angle of the root (angle β) through the calculation of the tangent arch of a leg (CDM) divided by the other leg (DDMN). With this it was possible to calculate the angle between CNE and CDM (alpha angle), subtracting 90 from the appearance angle of the root. The need to know these parameters was for the calculation of the distance between the apex of the pedicle and the root appearing above it. As the distance between the dura-mater and the apex of the pedicle (DDMP) was known, this distance was subtracted from DDMN. With this, we constructed a new rectangle triangle having as legs the distance between the apex of the pedicle and the root above (DRAP) and the subtraction of DDMN and DDMP (Figure 4 A and B). As the angle between this last leg (DDMN-DDMP), that is the alpha angle, is known, it was possible to calcula-

cando-se o cateto conhecido pela tangente do ângulo alfa.

Foi também observada a localização do gânglio espinhal em relação ao pedículo vertebral (Figura 5). Foram delimitadas zonas para melhor padronização da localização do gânglio espinhal. Os limites dessas zonas foram as bordas lateral e medial do pedículo, e uma linha que dividia longitudinalmente o pedículo em duas partes, medial e lateral. Portanto, obtivemos quatro zonas que foram denominadas:

1. GS1 – zona intra-espinhal, que é delimitada pela dura-máter medialmente, e pela borda medial do pedículo lateralmente.
2. GS2 – zona foraminal medial, que é delimitada medialmente pela borda medial do pedículo e lateralmente pela linha longitudinal que divide o pedículo.
3. GS3 – zona foraminal lateral, que é delimitada medialmente pela linha longitudinal que divide o pedículo, e lateralmente pela borda lateral do pedículo.
4. GS4 – zona extra-foraminal, que é a zona limitada medialmente pela borda lateral do pedículo.

Foi feita a estatística descritiva dos parâmetros quantitativos, calculando-se média, desvio padrão, erro padrão da média, valor máximo e mínimo, e número de casos na amostra.

Foi feita a distribuição de frequência e proporção para a descrição dos parâmetros qualitativos (frequências absoluta e relativa).

Na comparação global entre os níveis, foi usada a análise de variância para as amostras paramétricas, e o teste de Friedman para as amostras não paramétricas.

Para a discriminação entre os grupos (níveis), foi empregado o teste “t” pareado para as amostras paramétricas, e o teste de Wilcoxon para as amostras não paramétricas.

Em todos os casos foi adotado o nível de significância de 5% ($\alpha = 0,005$).

RESULTADOS

Os resultados obtidos na avaliação dos 100 pedículos vertebrais lombares, e a relação destes com as estruturas neurais, estão relacionados nas tabelas que seguem (para as Tabelas de 1 a 6: **L**: nível, **média**, **DP**: desvio padrão, **EP**: erro padrão, **Min**: valor mínimo, **Max**: valor máximo, **N**: número de casos):

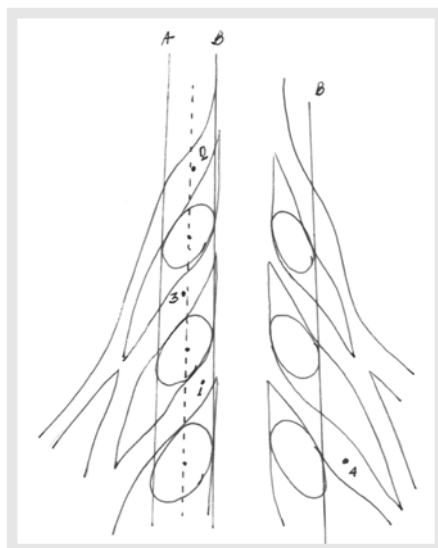


Figura 5 - Esquema da localização do gânglio espinhal, em relação ao pedículo. Linhas A e B delimitam a região foraminal. Linha pontilhada delimita a região lateral e medial do forame. Medial a A é a região intra-espinhal. Lateral a B, é a região extra-foraminal. A. GS1; b. GS2; c. GS3; d. GS4.

Figure 5 - Drawing of the location of the spinal ganglion in relation to the pedicle. Lines A and B delimit the foraminal region. The dotted line delimits the lateral and medial regions of the foramen. Medial to A is the intra-spinal region. Lateral to B is the extra-foraminal region. A. GS1; b. GS2; c. GS3; d. GS4.

A frequency distribution and proportion for description of the qualitative parameters was performed (absolute and relative frequencies).

In global comparison between the levels, it was used a variance analysis for parametric samples, and the Friedman's test for non-parametric samples.

For discrimination among the groups (levels) it was used the “t” paired test for parametric samples, and Wilcoxon test for non-parametric samples.

In all cases it was adopted a significance level of 5% ($\alpha = 0.005$).

RESULTS

The results found in the evaluation of 100 lumbar vertebral pedicles, and their relationship to neural structures, is reported in the table below (for the Tables 1 to 6: **L**: level, average, **DP**: standard deviation, **EP**: standard error, **Min**: minimum value, **Max**: maximum value, **N**: number of cases):

| PEDÍCULO | L2 | L3 | L4 | L5 |
|----------|-------|--------|--------|--------|
| MÉDIA | 9,223 | 10,683 | 12,648 | 14,950 |
| DP | 1,994 | 2,264 | 1,818 | 1,898 |
| EP | 0,376 | 0,427 | 0,343 | 0,474 |
| MIN | 5,57 | 5,32 | 8,78 | 11,51 |
| MÁX | 15,40 | 15,45 | 15,35 | 18,34 |
| N | 28 | 28 | 28 | 16 |

Análise de variância $p < 0,0001^*$ Discriminação pelo teste “t” pareado
 L2/L3 $p = 0,000^*$ L3/L4 $p = 0,000^*$
 L2/L4 $p = 0,000^*$ L3/L5 $p = 0,000^*$
 L2/L5 $p = 0,000^*$ L4/L5 $p = 0,001^*$

Tabela 1 - Avaliação da largura do pedículo lombar. Table 1 - Evaluation of width of lumbar pedicle.

DISCUSSÃO

A fixação pedicular lombar vem sendo cada vez mais utilizada no tratamento de patologias da coluna vertebral lombar que gerem instabilidade, necessitando de artrode-se. O objetivo da instrumentação seria diminuir a incidência de pseudoartrose após a artrode-se posterior ou pósterio-lateral.

Para o estudo foram selecionados somente cadáveres de adultos, com média de idade de 52 anos, sendo a idade mínima de 28 anos e a máxima de 78 anos, pois a maioria das patologias que provocam instabilidade da coluna lombar são de etiologia degenerativa ou do desenvolvimento (espondilolistese, tumores, fraturas), sendo mais frequentes em indivíduos esqueleticamente maduros. Além disso, todos os trabalhos por nós avaliados para a confecção dessa dissertação, tratam da população adulta.

Foram realizadas mensurações para a avaliação da morfometria do pedículo vertebral lombar, que foram o diâmetro transverso (LP) e o longitudinal (CP), pois o pedículo vertebral lombar tem uma forma elíptica, tendo um diâmetro longitudinal maior que o diâmetro transverso. Conhecendo-se o tamanho do pedículo, seria possível avaliar se os parafusos pediculares teriam diâmetros considerados seguros.

Também foram realizadas medidas com o intuito de avaliar as relações do pedículo vertebral, com as estruturas neurais (dura-máter e raízes nervosas). A distância entre a dura-máter e o pedículo lombar foi medida entre a borda lateral da dura-máter e o ápice do pedículo, no eixo transverso. Essa medida foi escolhida por tratar-se da maior distância entre a dura-máter e o pedículo vertebral, e por ser a mais fidedigna pois, logo abaixo do local escolhido na borda lateral da dura-máter, ocorre a saída da raiz nervosa abaixo, que encontra-se justaposta a borda medial do pedículo. Portanto não há distância mensurável entre a borda medial do pedículo e estrutura neural (raiz nervosa abaixo).

Outra medida avaliada foi a distância entre o pedículo lombar e a raiz abaixo. Essa medida foi escolhida, por tratar-se da menor distância entre a raiz e o pedículo lombar. A distância

| PEDÍCULO | L2 | L3 | L4 | L5 |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| MÉDIA | 16,763 | 16,011 | 15,183 | 18,934 |
| DP | 1,847 | 1,707 | 1,839 | 3,244 |
| EP | 0,349 | 0,322 | 0,347 | 0,811 |
| MÍN | 13,91 | 13,70 | 12,83 | 14,09 |
| MÁX | 22,13 | 22,13 | 21,73 | 24,04 |
| N | 28 | 28 | 28 | 16 |

Análise de variância $p < 0,0001^*$ Discriminação pelo teste "t" pareado
 L2/L3 $p = 0,004^*$ L3/L5 $p = 0,0015^*$
 L3/L4 $p = 0,021^*$ L2/L5 $p = 0,015^*$
 L2/L4 $p = 0,0005^*$ L4/L5 $p = 0,000^*$

Tabela 2 - Avaliação do comprimento do pedículo lombar.

Table 2 - Evaluation of the length of lumbar pedicles.

| PEDÍCULO | L2 | L3 | L4 | L5 |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| MÉDIA | 2,535 | 2,828 | 3,107 | 3,635 |
| DP | 1,519 | 1,342 | 1,372 | 2,084 |
| EP | 0,287 | 0,253 | 0,259 | 0,521 |
| MÍN | 0,55 | 0,96 | 1,33 | 0,62 |
| MÁX | 6,24 | 6,01 | 6,46 | 7,40 |
| N | 28 | 28 | 28 | 16 |

Teste de Friedman $p = 0,338$ Discriminação pelo teste de Wilcoxon
 L2/L3 $p = 0,0279^*$ L3/L5 $p = 0,1445$
 L3/L4 $p = 0,1536$ L2/L5 $p = 0,0636$
 L2/L4 $p = 0,00245^*$ L4/L5 $p = 0,1629$

Tabela 3 - Avaliação da distância da dura-máter ao pedículo lombar.

Table 3 - Evaluation of distance of dura-mater to the lumbar pedicle.

| PEDÍCULO | L2 | L3 | L4 | L5 |
|----------|-------|-------|-------|-------|
| MÉDIA | 2,011 | 2,109 | 1,631 | 2,348 |
| DP | 0,768 | 0,672 | 0,668 | 0,971 |
| EP | 0,148 | 0,127 | 0,126 | 0,242 |
| MÍN | 0,75 | 0,98 | 0,00 | 0,00 |
| MÁX | 4,26 | 3,57 | 2,84 | 4,45 |
| N | 28 | 28 | 28 | 16 |

Teste de Friedman $p = 0,1570$ Discriminação pelo teste de Wilcoxon
 L2/L3 $p = 0,2210$ L3/L5 $p = 0,1331$
 L3/L4 $p = 0,0022^*$ L2/L5 $p = 0,2301$
 L2/L4 $p = 0,0052^*$ L4/L5 $p = 0,0114^*$

Tabela 4 - Avaliação da distância da raiz nervosa abaixo ao pedículo lombar.

Table 4 - Evaluation of the distance of the root below lumbar pedicle.

the vertebral pedicle, and for being the most trustful since just below the chosen place, at the lateral edge of the dura-mater, is the appearance of the root below, that is close together to the medial edge of the pedicle. Thus, there is no assessable measurement between the medial edge of the pedicle and the neural structure (root below).

Another evaluated measurement was the distance between the lumbar pedicle and the root below. This was chosen for being the shorter distance between the root and the lum-

DISCUSSION

Pedicular lumbar fixation is being increasingly used in treatment of lumbar spine pathologies generating instability, needing arthrodesis. The aim of instrumentation would be to reduce the incidence of pseudoarthrosis following posterior or posterior-lateral arthrodesis.

For this study were selected only adult cadavers, with an average age of 52 years, ranging from 28 to 78 years old, since the majority of lumbar spine instability generating pathologies are from degenerative or development ones (spondylolistesis, tumors, fractures), being more frequent in skeletically mature individuals. Besides this, all works we evaluated for preparation of this dissertation dealt with adult population.

Were performed assessments for morphometric evaluations of the lumbar vertebral pedicle, that consisted in the transversal diameter (LP) and the sagittal one (CP), since lumbar vertebral pedicle has an elliptical form, with a sagittal diameter that is larger than the transversal. Once pedicle's size is known, it would be possible to evaluate if the pedicular screws would have diameters that could be considered as safe.

Were also performed measurements aiming to evaluate the relationship between the vertebral pedicle and neural structures (dura-mater, nerve roots). The distance between the dura-mater and the lumbar pedicle was assessed between the lateral edge of the dura-mater and the apex of the pedicle, at its transverse axis. This measurement was chosen for being the largest distance between the dura-mater and

entre o pedículo e a raiz acima é grande, como demonstrado em trabalhos sobre a zona triangular de segurança. Portanto a raiz nervosa acima estaria protegida de lesão com a introdução do parafuso pedicular, sendo essa a melhor região para a colocação do parafuso pedicular, como relatado⁽⁸⁾. Essa medida não foi realizada, devido à dificuldade de sua reprodução nos vários níveis. Isso porque dependíamos de vários parâmetros anatômicos (ápice do pedículo, raiz nervosa acima, e uma reta que uniria esses dois pontos, e que fosse paralela à dura-máter), tornando essa medida muito subjetiva. Portanto, essas medidas foram obtidas de maneira indireta, como descrito anteriormente.

Foi avaliada também a angulação da raiz nervosa, devido à observação de que a raiz tem angulação que acompanha o eixo do pedículo. Portanto, a raiz nervosa acima é justaposta à borda lateral do pedículo. Essa angulação foi medida de maneira indireta, a partir do conhecimento das medidas da zona triangular de segurança. Ebraheim et al⁽⁶⁾ relatam em seu trabalho essa medida realizada de maneira direta com auxílio de goniômetro. Não foi possível a medida direta desse ângulo e nem a medida do ângulo do eixo do pedículo quer direta ou indiretamente.

Avaliamos também a localização do gânglio espinhal em relação ao pedículo vertebral. Há outros trabalhos na literatura que avaliaram esse parâmetro através de exames de ressonância magnética Hasegawa⁽⁹⁾, radiografias após a injeção de contraste na raiz nervosa Hasue et al⁽¹⁰⁾, mas somente o trabalho de Sato et al⁽²¹⁾ que, como nós, fez a observação direta em disseções de cadáveres. A diferença foi que Sato dividiu as zonas de localização do gânglio espinhal somente em extra-foraminal, foraminal e intra-espinhal. Em nosso traba-

| PEDÍCULO | L2 | L3 | L4 | L5 |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| MÉDIA | 29,020 | 29,106 | 33,117 | 35,395 |
| DP | 5,634 | 4,430 | 5,348 | 6,355 |
| EP | 1,064 | 0,837 | 1,010 | 1,588 |
| MÍN | 18,93 | 21,63 | 21,39 | 24,8 |
| MÁX | 42,00 | 38,19 | 46,50 | 44,75 |
| N | 28 | 28 | 28 | 16 |

Análise de variância $p = 0,000162^*$ Discriminação pelo teste "t" pareado
 L2/L3 $p = 0,4525$ L3/L5 $p = 0,0015^*$
 L3/L4 $p = 0,0005^*$ L2/L5 $p = 0,004^*$
 L2/L4 $p = 0,005^*$ L4/L5 $p = 0,0805$

Tabela 5 - Avaliação do ângulo de saída da raiz nervosa lombar.

Table 5 - Evaluation of the appearance angle of the nerve root.

| PEDÍCULO | L2 | L3 | L4 | L5 |
|----------|--------|--------|--------|--------|
| MÉDIA | 13,768 | 14,473 | 16,501 | 21,628 |
| DP | 2,555 | 3,973 | 3,965 | 5,246 |
| EP | 0,482 | 0,750 | 0,749 | 1,311 |
| MÍN | 8,47 | 7,85 | 5,97 | 12,45 |
| MÁX | 19,10 | 26,55 | 23,65 | 31,68 |
| N | 28 | 28 | 28 | 16 |

Análise de variância $p < 0,0001$ Discriminação pelo teste "t" pareado
 L2/L3 $p = 0,0118^*$ L3/L5 $p = 0,000^*$
 L3/L4 $p = 0,0025^*$ L2/L5 $p = 0,000^*$
 L2/L4 $p = 0,000^*$ L4/L5 $p = 0,0004^*$

Tabela 6 - Avaliação da distância da raiz nervosa acima do pedículo lombar.

Table 6 - Evaluation of the distance from the nerve root appearing above to the lumbar pedicle.

bar pedicle. The distance between the pedicle and the root above is large as showed by the works on triangular safety zone. Thus, the root above would be protected from injury with introduction of a pedicular screw as reported⁽⁸⁾. This measurement was not assessed due to its lack of reproducibility at the several levels. This because we were dependent on several anatomical parameters (apex of the pedicle, nerve root above, and a straight line linking these two points, and that would be parallel to the dura-mater), making this measurement too much subjective. Thus, this measurements were indirectly obtained as described above.

It was also evaluated the nerve root angle, due to the observation that the root has an angle that joins the axis of the pedicle. Thus, the nerve root above is close together to the lateral edge of the pedicle. This angle was indirectly measured, from the knowledge of the measures of the triangular safety zone. Ebraheim et al⁽⁶⁾ report in their paper this indirectly performed measurement by means of a goniometer. It was

not possible to directly assess this measure neither evaluation of the angle of the axis of the pedicle, neither directly nor indirectly.

We also evaluated the location of the spinal ganglion in relation to the vertebral pedicle. There are other works in literature that evaluated this parameter through magnetic resonance examinations

Hasegawa⁽⁹⁾, radiographs after injection of contrast in the nerve root Hasue et al⁽¹⁰⁾, however only the work by Sato et al⁽²¹⁾ as we evaluated directly in cadaver dissections. The difference was that Sato divided the location zones of the spinal ganglion only in extra-foraminal and intra-spinal. In our work we divided the foraminal zone into two halves, medial and late-

| RAIZ | N | GS1 | | GS2 | | GS3 | | GS4 | |
|------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|-----|-------|
| | | A | R | A | R | A | R | A | R |
| L2 | 28 | 5 | 18% | 14 | 50% | 9 | 32% | 0 | 0% |
| L3 | 28 | 3 | 11% | 19 | 68% | 6 | 21% | 0 | 0% |
| L4 | 28 | 2 | 7% | 20 | 72% | 6 | 21% | 0 | 0% |
| L5 | 16 | 1 | 6% | 11 | 69% | 2 | 12,5% | 2 | 12,5% |

Tabela 7 - Localização dos gânglios espinais na região intra-espinhal (GS1), metade medial da região foraminal (GS2), metade lateral da região foraminal (GS3), extra-foraminal (GS4), número absoluto (A), relativo (R), número de casos.

Table 7 - Location of the spinal ganglia at intra-spinal (GS1) medial half of foraminal region (GS2), lateral half of foraminal region (GS3), extra-foraminal (GS4), absolute figure (A) relative figure (R), number of cases (N).

lho, dividimos a zona foraminal em duas metades, medial e lateral, onde localizamos o centro do gânglio espinhal. Com isso, pudemos avaliar melhor se existe uma tendência do gânglio espinhal ir tornando-se cada vez mais medial nas raízes mais distais, como sugere o fato do gânglio espinhal da raiz de S1, nos trabalhos de Hasue, Sato, Hasegawa^(9,10,21), ter uma posição intra-espinhal.

Essas mensurações foram realizadas utilizando paquímetro digital com precisão de 0,01 milímetros, e lupa cirúrgica com ampliação de 2,5 vezes. Acreditamos que isso melhorou a acurácia das mensurações.

Os resultados por nós obtidos, mostram aumento tanto do diâmetro transverso, quanto do longitudinal, de L2 a L5, como mostram as tabelas 1 e 2, respectivamente. Com a aplicação do teste "t" pareado, observou-se que havia aumento estatisticamente significativo de L2 para L3, de L3 para L4, e de L4 para L5. Portanto, os pedículos vertebrais lombares mais distais, poderiam receber parafusos pediculares com maior diâmetro, e de maneira mais segura. Além disso, conhecendo o tamanho do pedículo vertebral lombar, foi possível avaliar se os parafusos pediculares teriam diâmetro adequado para a sua introdução de maneira segura. Como os parafusos pediculares tem o seu diâmetro variando de 5,0mm a 7,5 mm, e a média do diâmetro transverso de L2 é de 9,22mm, concordamos que o pedículo vertebral lombar possa receber os parafusos pediculares disponíveis no mercado.

A distância entre o pedículo vertebral lombar e a raiz que emerge abaixo desse pedículo (DNP), mostrou-se pequena em todos os níveis analisados (Tabela 4), sendo maior na raiz de L5, seguida de L2, L3, e por último, L4. Ou seja, não respeitou ordem crescente ou decrescente de L2 para L5. A diferença entre as raízes L2 para L3, não foi estatisticamente significativa, o mesmo ocorrendo entre L2-L5 e L3-L5. Mas, de L2-L4, L3-L4 e de L4-L5, ocorreu um aumento nesta medida que foi estatisticamente significativo. Portanto, a região inferior do pedículo vertebral lombar seria pouco segura para a introdução do parafuso pedicular. Estes dados são concordantes com Ebraheim⁽⁶⁾.

Com o intuito de analisar a região superior e medial ao pedículo vertebral lombar, foram realizadas as seguintes medidas: 1. distância da dura-máter ao ápice do pedículo (DDMP), 2. distância do ápice do pedículo à raiz que emerge acima desse pedículo (DRAP). Essa última medida foi realizada de maneira indireta. Com relação à DDMP, suas médias de L2 a L5, foram aumentando progressivamente. Este aumento não foi estatisticamente significativo entre os pedículos L3-L4 e L4-L5, mas o foi entre L2-L3, e L2-L4. O mesmo ocorreu com DRAP, com relação a média. Quanto à análise estatística, este aumento foi significativo entre L2-L3, L2-L4, L2-L5, L3-L4, L3-L5, L4-L5. Portanto, a região superior e medial ao pedículo vertebral lombar, seria mais segura para a introdução do parafuso pedicular, sendo que essa segurança aumentaria nos níveis mais distais.

Analisamos o ângulo de saída da raiz nervosa nos níveis já descritos, pois observamos que este ângulo acompanha o ângulo do eixo do pedículo. Notamos que existe um aumento progressivo do nível L2 a L5, quando avaliamos as médias dessas medidas. Na análise estatística, não houve aumento estatisticamente significativo entre os níveis L2-L3 e L4-L5, sendo significativo entre L2-L4, L2-L5, L3-L4 e L3-L5. Portanto, os resultados obtidos foram concordantes com os relatados por Ebraheim⁽⁶⁾ e Gu⁽⁸⁾. Hasegawa⁽⁹⁾, em avaliação desse mesmo parâmetro, através da análise por ressonância magnética, mostrou diminuição progres-

sal, where we located the center of the spinal ganglion. With this, we could better evaluate if there is a trend that the ganglion becomes progressively more medial in more distal roots, as suggested by the fact that spinal ganglion of S1 root in the works by Hasue, Sato, Hasegawa^(9,10,21), has an intraspinal location.

These assessments were performed by means of a digital slide caliper with a 0.01 mm precision, and a surgical magnifying glass with a 2.5 fold magnification. We believe this improved the assessments accuracy.

The obtained results show an increase both in the transversal as in the longitudinal diameter from L2 to L5 as shown in Tables 1 and 2, respectively. With use of the "t" paired test it was observed that there was an statistically significant increase from L2 to L3, from L3 to L4 and from L4 to L5. Thus, the more distal lumbar vertebral pedicles could receive more safely larger diameter pedicular screws. Besides this, by knowing the size of the lumbar vertebral pedicles it was possible to evaluate if the pedicular screws would have a suitable diameter for its safe introduction. As pedicular screws have their diameters ranging from 5.0 mm to 7.5 mm, and the average of the transversal diameter of L2 is 9.22 mm, we agree that the lumbar vertebral pedicle can receive the marketed pedicular screw.

The distance between the lumbar vertebral pedicle and the root emerging below it (DNP) showed to be small in all evaluated levels (Table 4), being larger at L5 root, followed by L2, L3 and last, L4. That means, it did not respect an increasing or decreasing order from L2 to L5. the difference between the roots from L2 to L3 was not statistically significant, and the same is true for L2-L5 and L3-L5. However, from L2-L4 and L3-L4 and L4-L5 the increase was statistically significant. Thus, the inferior region of the lumbar vertebral pedicle would be unsafe for introduction of a pedicular screw. This is in agreement with Ebraheim⁽⁶⁾.

Aiming to evaluate region that is superior and medial to the lumbar vertebral pedicle, the following assessments were performed: 1. distance from dura-mater to the apex of the pedicle (DDMP), 2. distance from the apex of the pedicle to the root emerging above the pedicle (DRAP). This assessment was indirectly obtained. Regarding DDMP, its averages from L2 to L5 progressively increased. This increase was not significant between L2-L3, L2-L4, L2-L5, L3-L4, L3-L5, L4-L5. Thus, the region superior and medial to the pedicle would be safer for introduction of a pedicular screw, and this distance would improve at more distal levels.

We analyzed the angle of appearance of the nerve root at the described levels, since we observed that this angle joins the angle of the pedicle axis. We noticed that there is a progressive increase from L2 to L5, when evaluating the average of these assessments. Under statistical analysis there was no statistically significant increase between the levels L2-L3 and L4-L5, being however significant between L2-L4, L2-L5, L3-L4 and L3-L5. Thus, the results found were in agreement with the ones from Ebraheim⁽⁶⁾ and Gu⁽⁸⁾. Hasegawa⁽⁹⁾ in an evaluation of the same parameter, by means of magnetic resonance analysis, showed a progressive reduction of the appearance angle of the nerve root from L2 to L5, in disagreement with our results.

siva do ângulo de saída da raiz nervosa de L2 a L5, o que discor-
daria dos nossos resultados.

Quanto a localização do gânglio espinhal, encontramos que a
maioria destes localizavam-se na metade medial da região foraminal.
A maior parte dos gânglios restantes, encontravam-se na metade
lateral da região foraminal. Uma pequena parte encontrava-se na
região intra-espinhal, e somente dois gânglios encontravam-se na
região extra-foraminal. Hasegawa⁽⁹⁾, em trabalho feito através da aná-
lise de ressonância magnética, obteve resultados semelhantes. Por-
tanto a maior parte dos gânglios espinhais encontravam-se na região
foraminal, o que colaboraria com o risco de lesão de estrutura neural
com a introdução do parafuso pedicular.

CONCLUSÕES

1. O pedículo vertebral lombar aumenta o seu tamanho de L2
a L5, tanto no seu diâmetro longitudinal, quanto no transversal.
2. O diâmetro transversal do pedículo é menor que o longitudinal.
3. O pedículo vertebral lombar tem íntima relação com a raiz
que emerge abaixo dele, sendo sua parte mais distal adjacente a
raiz, e sua borda medial adjacente à dura-máter.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AEBI, M.; ETTER, C. H. R.; KEHL, T. H.; THALGOTT, J. The internal skeletal fixation system. Clin. Orthop. 227: 30-43, 1988.
2. AMERICAN ACADEMY OF ORTHOPAEDIC SURGEONS - AAOS. Glossary of spinal terminology, 1985. 71p.
3. BLUMENTHAL, S.; GILL, K. Complications of the Wiltse pedicle screw fixation system. Spine 18, n. 13: 1867-1871, 1993.
4. CHOI, P. S. Contribuição ao estudo da zona triangular de segurança Aplicado aos procedimentos percutâneos pósterolaterais lombar. São Paulo, 2000. 98p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.
5. CROCK, H. V. Normal and pathological anatomy of the lumbar spinal nerve root canals. J. Bone Joint Surg. [Br] 63, n. 4: 487-490, 1981.
6. EBRAHEIM, N. A.; XU, R.; DARWICH, M.; YEASTING, R. A. Anatomic relations between the lumbar pedicle and the adjacent neural structure. Spine 22, n. 20: 2338-2341, 1997.
7. ESSES, S. I.; SACHS, B. L.; DREYZIN, V. Complications associated with the technique of pedicle screw fixation. Spine 18, n. 15: 2231-2239, 1993.
8. GU, Y.; XU, R.; EBRAHEIM, N. A.; REZCALLAH, A. T.; YEASTING, R. A. The quantitative study of the lateral region to the lumbar pedicle. Surg Neurol. 52: 353-356, 1999.
9. HASEGAWA, T.; MIKAWA, Y.; WATANABE, R.; AN, H. S. Morphometric analysis of the lumbosacral nerve roots and dorsal root ganglia by resonance imaging. Spine 21, n. 9: 1005-1009, 1996.
10. HASUE, M.; KUNOGI, J.; KONNO, S.; KIKUCHI, S. Classification by position of dorsal root ganglia in the lumbosacral region. Spine 14, n. 11: 1261-1264, 1989.
11. HOROWITZ, A.; PEEK, R. D.; THOMAS, J. C.; WIDELL, E. H.; DIMARTINO, P. P.; SPENCER, C. W.; WEINSTEIN, J.; WILTSE, L. The Wiltse pedicle screw fixation system. Spine 14: 461 - 467, 1988.
12. KIM, N. H.; LEE, H. M.; CHUNG, I. H.; KIM, H. J.; KIM, S. J. Morphometric study of the pedicles of thoracic and lumbar vertebrae in Koreans. Spine 19, n. 12: 1390-1394, 1994.
13. KINNARD, P.; GHIBELY, A.; GORDON, D.; TRIAS, A.; BASORA, J. Roy-Camille plates in unstable spinal conditions. A preliminary report. Spine 11, n. 2: 131-135, 1986.
14. KRAG, M. H.; WEAVER, D. L.; BEYNNON, B. D.; HAUGH, L. D. Morphometric of the thoracolumbar and lumbar spine related to transpedicular screw placement for surgical spinal fixation. Spine 13, n. 1: 27-32, 1988.

In regard to the spinal ganglia location, we found that their majority was at the medial half of the foraminal region. Most of the remaining ganglia were at the lateral half of the foraminal region. A small part was at intra-spinal region, and only two ganglia were at the extra-foraminal region. Hasegawa⁽⁹⁾, in a work made with magnetic resonance, found similar data. Thus, the majority of spinal ganglia were at foraminal region, increasing the risk of neural injury with introduction of pedicular screws.

CONCLUSIONS

1. Lumbar vertebral pedicle increases in size from L2 to L5, both
in sagittal and transversal diameters.
2. Transverse diameter of the pedicle is smaller than the sagittal.
3. Lumbar vertebral pedicle has an intimate relationship with the
nerve root emerging below it, being its most distal part close to-
gether to the root, and its medial edge adjacent to the dura-mater.

15. LONSTEIN, J. E.; DENIS, F.; PERRA, J. E.; PINTO, M. R.; SMITH, M. D.; WINTER, R. B. Complications associated with pedicle screw. J. Bone Joint Surg. 11: 1519-1528, 1999.
16. LOUIS, R. Fusion of the lumbar and sacral spine by internal fixation with screw plates. Clin. Orthop. 203: 18 - 33, 1986.
17. MATSUZAKI, H.; TOKUHASHI, Y.; MATSUMOTO, F.; HOSHINO, M.; KIUCHI, T.; TORIYAMA, S. Problems e solutions of pedicle screw plate fixation of lumbar spine. Spine 15, n. 11: 1159-1165, 1990.
18. OLSEWSKI, J. M.; SIMMONS, E. H.; KALLEN, F. C.; MENDEL, F. C.; SEVERIN, C. M.; BERENS, D. L. Morphometric of the lumbar spine: Anatomical perspectives related to transpedicular fixation. J. Bone Joint Surg. [Am], n. 4: 541-549, 1990.
19. RAUSCHNING, W. Normal and Pathologic Anatomy of the Lumbar Root Canals. Spine. 12: 1008-1019, 1987.
20. ROY-CAMILLE, R.; SAILLANT, G.; MAZEL, C. Internal Fixation of the lumbar spine with pedicle screw plating. Clin. Orthop. 203: 7-17, 1986
21. SATO, K.; KIKUCHI, S. Na anatomic study of foraminal nerve root lesions in the lumbar spine. Spine 18, n. 15: 2246-2251, 1993.
22. STAUFFER, R. N.; COVENTRY, M. B. Posterolateral lumbar-spine fusion. J. Bone Joint Surg. [Am] 54: 1195 - 1204, 1972.24.
23. STEFFEE, A. D.; BISCUP, R. S.; SITKOWSKY, D. J. Segmental Spine Plates Screw Fixation. Clin. Orthop. 203: 45-53, 1986.
24. THOMPSON, W. A. L.; HALSTON, E. L. Pseudarthrosis following spine fusion. J. Bone Joint Surg. [Am] 31: 400-405, 1949.
25. TRUCHLY, G.; THOMPSON, W. A. L. Posterolateral fusion of the lumbosacral spine. J. Bone Joint Surg. [Am] 40: 505 - 512, 1962
26. VANICHCHORN, J. S.; VACCARO, A. R.; COHEN, M. J.; COTLER, J. M. Potential large vessel injury during thoracolumbar pedicle screw removal. Spine 22, n. 1: 110-113, 1997.
27. WEST, J. L.; OLGIVE, J. W.; BRADFORD, D. S. Complications of The variable screw plate pedicle screw fixation. Spine 16, n. 5: 576-579, 1991.
28. WHITECLOUD, T. S.; BUTLER, J. C.; COHEN, J. L.; CANDELORA, P. D. Complications with the variable spinal platin system. Spine 14, n. 4: 472-476, 1989.
29. ZINDRICK, M. R.; WILTSE, L. L.; DOORNIK, A.; WIDELL, E. H.; KNIGHT, G. W.; PATWARDHAN, M. A. G.; THOMAS, J. C.; ROTHMAN, S. L.; FIELDS, B. t. Analysis of the thoracic and the lumbar pedicles. Spine 12, n. 2: 160-166, 1987.