

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM SAÚDE**

ANA PAULA MASSUDA VALADÃO DE OLIVEIRA

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA DOS PEDÍCULOS TORACOLOMBARES DE
PACIENTES DA REGIÃO SUL DO BRASIL**

CURITIBA

2010

ANA PAULA MASSUDA VALADÃO DE OLIVEIRA

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA DOS PEDÍCULOS TORACOLOMBARES DE
PACIENTES DA REGIÃO SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia em Saúde, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito à obtenção do título de Mestre em Tecnologia em Saúde.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Roberto Aguiar

CURITIBA

2010

ANA PAULA MASSUDA VALADÃO DE OLIVEIRA

**ANÁLISE MORFOMÉTRICA DOS PEDÍCULOS TORACOLOMBARES DE
PACIENTES DA REGIÃO SUL DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Tecnologia em Saúde, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, como requisito à obtenção do título de Mestre em Tecnologia em Saúde.

Dedico este trabalho aos meus amados e inesquecíveis tio Walter Marin (in memorian) e aos meus avós Tereza Massuda (in memorian) e Massumi Massuda (in memorian) pelas primeiras oportunidades de crescimento profissional e exemplo de vida. E também às razões da minha vida: meu querido esposo, Rogério, e a minha filha querida, Gabriela.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de vida e evolução proporcionada a cada dia.

Agradeço ao Professor Dr. Luiz Roberto Aguiar pela oportunidade oferecida.

O meu agradecimento aos meus familiares, em especial ao Rogério e à Gabriela pelo apoio emocional e contribuição para o meu crescimento intelectual, profissional e pessoal. Meu sincero agradecimento e amor!

Agradeço aos professores desta instituição que contribuíram para o meu crescimento intelectual repassando conhecimentos nas respectivas áreas e dedicando seu valioso tempo para a educação.

À amiga Ana Tereza Bittencourt Guimarães pelo carinho e apoio.

À Erli Ivanilde Bianco e ao Raphael Gimenes Maia pela atenção, carinho e disposição em ajudar.

Enfim, a todos àqueles que contribuíram de alguma maneira para a finalização deste trabalho.

"Uma pergunta prudente é metade da sabedoria."

Francis Bacon

RESUMO

A instrumentação com parafusos pediculares representa um dos mais importantes avanços técnicos na cirurgia de coluna, desde sua descrição em 1959. A correta aplicação desta técnica depende muito da anatomia e morfometria dos pedículos. Vários estudos populacionais, incluindo indivíduos da Índia, Cingapura, França, Reino Unido e Estados Unidos reforçam a idéia de que o indivíduo e as variações das populações não devem ser subestimados. A coluna toracolombar é o local mais comum de fraturas e lesões degenerativas, provocando instabilidade. Estudos sobre o tamanho e a forma dos pedículos para esta região anatômica na população brasileira são quase inexistentes. O presente estudo analisa os padrões, as medidas axiais e sagitais e as variações de tamanho de pedículos da coluna torácica baixa e lombar em indivíduos brasileiros. Foi avaliada uma coorte não homogênea de 94 indivíduos, admitidos no Hospital Universitário Cajuru (HUC), em Curitiba, para instrumentação cirúrgica da coluna torácica e/ou lombar. As medições foram feitas usando imagens de tomografia computadorizada (TC), devidamente adquiridas para a proposta de neuronavegação (cirurgia guiada por imagem). As imagens foram reconstruídas tridimensionalmente com o software iPlain BrainLAB 2.0.1 a fim de reproduzir imagens sagital e axial, assim como reconstruções das vértebras em 3D. Os diâmetros axiais e sagitais dos pedículos foram comparados entre as vértebras (T9 a L5) e entre os gêneros por meio do teste fatorial ANOVA. O diâmetro axial (lâtero-lateral) tem um aumento progressivo entre T9 a L5 (4,25 a 14,36 mm), enquanto o diâmetro sagital (súpero-inferior) tem valores maiores na transição toracolombar (T12 – L1: 15,14 - 15,81 mm), com medida inferior acima (T9 – T10: 10,64 - 12,33 mm) e abaixo (L4 – L5: 10,20 – 10,98 mm) neste nível. Não há diferença estatisticamente significativa entre gênero e lado (esquerdo e direito), embora as mulheres apresentem medidas ligeiramente inferiores a dos homens. Esta pesquisa literária de dados sobre a morfometria do pedículo permitiu a observação de evidências sobre a variação das medidas entre raça e, provavelmente, da principal diferença entre os indivíduos orientais e ocidentais. Considerando que, na população oriental estudada, o pedículo sagital mostrou uma forma um pouco mais alongada, com predominância do diâmetro súpero-inferior (sagital) em relação ao axial. Na população ocidental (e, principalmente na americana) há uma forma mais circunferencial do pedículo, com diâmetro sagital e axial quase equivalentes entre si. Embora alguns padrões tenham sido reconhecidos, muitas variações individuais podem ocorrer, enfatizando a necessidade de medição individual para a colocação do parafuso com segurança durante o processo cirúrgico.

Palavras-chave: Anatomia. Morfometria. Pedículos vertebrais.

ABSTRACT

First described in 1959, pedicle screw instrumentation remains one of the most important technical advances in spinal surgery. Effective application of the technique depends greatly on pedicle anatomy and morphometry, which several studies have shown to vary at both the individual and population level among subjects from India, Singapore, France, the UK and the US. For the Brazilian population, studies on the size and shape of pedicles in vertebrae of the thoracolumbar region -- the most common site for fractures and degenerative injuries -- are practically nonexistent. This study analyzed patterns of size variation in axial and sagittal measurements of pedicles in the lower thoracic and lumbar vertebrae of a Brazilian population. The study subjects were a non-homogeneous group of 94 patients admitted to the Universitário Cajuru Hospital in Curitiba for surgical instrumentation of the thoracic and/or lumbar vertebrae. Measurements were taken using computed tomography (CT) scans acquired for the purpose of neuronavigation (image-guided surgery). The images were reconstructed in three dimensions with iPlan BrainLAB 2.0.1 software in order to generate sagittal and axial images, as well as 3-dimensional reconstructions of vertebrae. Axial and sagittal diameters of pedicles were compared between vertebrae (T9 to L5) and between genders via factorial ANOVA tests. The axial (latero-lateral) diameter increased progressively from vertebra T9 to L5 (4.25 to 14.36 mm) while the sagittal (superoinferior) diameter was greatest at the thoracolumbar transition (T12 – L1: 15.14 - 15.81 mm) and smaller above (T9 – T10: 10.64 - 12.33 mm) and below (L4 – L5: 10.20 – 10.98 mm) that point. Differences between genders and between sides (left and right) were not statistically significant, but women showed slightly smaller measurements than men. A literature review of pedicle morphometric data showed evidence of racial variation in measurements, as well as what appears to be the principal difference between Asian and Caucasian individuals. In the Asian populations studied, the sagittal pedicle had a slightly more elongated shape, with the supero-inferior (sagittal) diameter larger than the axial diameter. In Caucasian (especially American) populations, pedicles show a more circumferential shape, with nearly equivalent sagittal and axial diameters. Despite the trends documented to date, significant variation among individuals makes it clear that personalized measurements are needed in order to safely install pedicle screws during surgery.

Key words: Anatomy. Morphometry. Vertebral pedicles.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Coluna vertebral humana com as suas curvaturas fisiológicas (lordótica na coluna cervical e lombar e cifótica na coluna torácica e sacro)..... 18
- Figura 2 – Vértebras torácica e lombar mostrando os principais elementos anatômicos que as compõem. A – Vértebra torácica: visão lateral. B – Vértebra torácica: visão superior. C – Vértebra lombar: visão lateral. D – Vértebra lombar: visão superior. (Reconstrução tridimensional a partir de imagens de Tomografia Computadorizada) 19
- Figura 3 – O sistema de coordenadas X, Y, Z; rotação horária é positiva, anti-horária é negativa. Translação cranial, para frente ou para a esquerda é positiva 19
- Figura 4 – O conceito de Holdsworth para instabilidade divide a coluna em dois segmentos, um ventral e outro dorsal. O método de Denis divide a coluna ventral de Holdsworth em duas colunas, correspondendo às metades ventrais e dorsais.....20
- Figura 5 – Representação esquemática do posicionamento de parafusos pediculares na coluna lombar. A: vista lateral. B: vista posterior. C: vista axial.....20
- Figura 6 – Dimensões e ângulos dos pedículos das vértebras T₃, T₈ e L₄. (ROY-CAMILLE, SAILLANT e MAZEL, ano in: CRENSHAW, 1997)22
- Figura 7 – Tela do programa de planejamento mostrando a função de janelamento utilizada para visualização do osso da coluna, sem interferência de tecidos moles. A. Tela inicial. B. O ajuste do janelamento realizado no quadrante inferior direito da tela, escolhendo o ponto de queda após o pico de maior intensidade de sinal observado 24
- Figura 8 – A: Software para importação das imagens. B: Lista dos pacientes que realizaram a TC. C: 3-D Thresholding - reconstrução da imagem. D: Imagem reconstruída. E: Measure distance – medida látero-lateral do pedículo. F: Measure distance – medida súpero-inferior do pedículo 25
- Figura 9 – Média \pm 95% do intervalo de confiança das medidas dos pedículos axiais esquerdos das vértebras entre T9 a L5..... 30
- Figura 10 – Média \pm 95% do intervalo de confiança das medidas dos pedículos axiais direitos das vértebras entre T9 a L5..... 36
- Figura 11 – Média \pm 95% do intervalo de confiança das medidas dos pedículos sagitais esquerdos das vértebras entre T9 a L5..... 36
- Figura 12 – Média \pm 95% do intervalo de confiança das medidas dos pedículos sagitais direitos das vértebras entre T9 a L5..... 38

- Figura 13 – A – Média \pm 95% do intervalo de confiança das medidas dos pedículos das vértebras entre T9 a L5 dos gêneros feminino e masculino A – Pedículo Axial Esquerdo; B – Pedículo Axial Direito; C – Pedículo Sagital Esquerdo; D – Pedículo Sagital Direito. 39
- Figura 14 – Médias \pm Desvios padrão dos pedículos axial e sagital, esquerdos (E) e direitos (D) da vértebra T9 dos gêneros feminino e masculino. 40
- Figura 15 – Médias \pm Desvios padrão dos pedículos axial e sagital, esquerdos (E) e direitos (D) da vértebra T10 dos sexos feminino e masculino. 41
- Figura 16 – Médias \pm Desvios padrão dos pedículos axial e sagital, esquerdos (E) e direitos (D) da vértebra T11 dos sexos feminino e masculino. 42
- Figura 17 – Médias \pm Desvios padrão dos pedículos axial e sagital, esquerdos (E) e direitos (D) da vértebra T12 dos sexos feminino e masculino. 45
- Figura 18 – Médias \pm Desvios padrão dos pedículos axial e sagital, esquerdos (E) e direitos (D) da vértebra L1 dos sexos feminino e masculino. 46
- Figura 19 – Médias \pm Desvios padrão dos pedículos axial e sagital, esquerdos (E) e direitos (D) da vértebra L2 dos sexos feminino e masculino. 46
- Figura 20 – Médias \pm Desvios padrão dos pedículos axial e sagital, esquerdos (E) e direitos (D) da vértebra L3 dos gêneros feminino e masculino. 53
- Figura 21 – Médias \pm Desvios padrão dos pedículos axial e sagital, esquerdos (E) e direitos (D) da vértebra L4 dos gêneros feminino e masculino. 53
- Figura 22 – Médias \pm Desvios padrão dos pedículos axial e sagital, esquerdos (E) e direitos (D) da vértebra L5 dos gêneros feminino e masculino. 54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – N amostral por vértebra dos pacientes do HUC	33
Tabela 2 – Médias + Desvios padrão dos pedículos axiais e sagitais, esquerdos e direitos das vértebras T9 a L5 dos sexos feminino e masculino. Significância estatística quando $p < 0,05$	43
Tabela 3 – Demonstração da síntese dos resultados obtidos	47
Tabela 4 – Diferenças entre as médias dos diâmetros axiais dos pedículos toracolombares.....	50
Tabela 5 – Diferenças entre as médias dos diâmetros sagitais dos pedículos toracolombares.....	52
Tabela 6 – Variação de medidas dos diâmetros axiais e sagitais dos pedículos observados por vários autores, em diferentes populações do mundo	52

LISTA DE ABREVIATURAS

FOV Field of view (campo de visão)

HUC Hospital Universitário Cajuru

L1 Primeira vértebra lombar

L2 Segunda vértebra lombar

L3 Terceira vértebra lombar

L4 Quarta vértebra lombar

L5 Quinta vértebra lombar

PITCH Razão entre o deslocamento da mesa pela espessura de corte

RM Ressonância magnética

S1 Primeira vértebra sacral

T9 Nona vértebra torácica

T10 Décima vértebra torácica

T11 Décima primeira vértebra torácica

T12 Décima segunda vértebra torácica

TC Tomografia Computadorizada

TCLE Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3.1 ANATOMIA DA COLUNA VERTEBRAL.....	17
3.2 CAUSAS DE LESÃO NA COLUNA VERTEBRAL E BIOMECÂNICA	21
3.3 CIRURGIA PARA TRATAMENTO DE INSTABILIDADE DA COLUNA.....	24
3.4 CIRURGIA GUIADA POR IMAGEM (CGI)	27
3.5 A MORFOMETRIA DOS PEDÍCULOS VERTEBRAIS	29
4 METODOLOGIA	33
4.1 TIPO DE PESQUISA.....	33
4.2 AMOSTRAS	33
4.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO.....	34
4.4 AQUISIÇÃO DE IMAGENS E MEDIDAS	34
4.5 ANÁLISE DE DADOS.....	37
5 RESULTADOS.....	38
5.1 COMPARAÇÃO DOS PEDÍCULOS ENTRE AS VÉRTEBRAS.....	38
5.2 COMPARAÇÃO DOS PEDÍCULOS DAS VÉRTEBRAS ENTRE OS GÊNEROS	41
5.3 COMPARAÇÃO DOS PEDÍCULOS DE CADA VÉRTEBRA ENTRE OS GÊNEROS	44
5.4 SÍNTESE DOS RESULTADOS	47
6 DISCUSSÃO	48
6.1 MEDIDAS DOS PEDÍCULOS ENTRE AS VÉRTEBRAS	48
6.2 COMPARAÇÃO DOS DIÂMETROS DOS PEDÍCULOS DE CADA VÉRTEBRA ENTRE OS GÊNEROS	55
6.3 CONSIDERAÇÕES ANATÔMICAS PARA A TOMADA DE DECISÃO NOS PROCEDIMENTOS CIRÚRGICOS.....	56
7 CONCLUSÕES.....	59
REFERÊNCIAS.....	60
APÊNDICES.....	67

1 INTRODUÇÃO

O estudo específico da morfometria pedicular vertebral, especialmente os pedículos das vértebras torácicas, tem sido enfatizado nos últimos anos com o desenvolvimento das novas técnicas de instrumentação cirúrgica, para o tratamento das deformidades e lesões da coluna vertebral. A fixação pedicular por parafuso passou a ganhar mais espaço na cirurgia de coluna devido às vantagens que oferece, tais como a possibilidade da aplicação em vértebras com laminectomia, preservação do movimento e diminuição do tempo cirúrgico (MITRA, DATIR e JADHAV, 2002). Estudos demonstraram que o pedículo é o local mais forte da coluna para a fixação, mesmo no osso com osteoporose (CHAYNES, VAYSSE e LAGARRIGUE, 2001; MCLAIN, FERRARA e KABINS, 2002; DATIR e MITRA, 2004). Entretanto, este tipo de fixação oferece risco de lesão à medula espinhal e raízes nervosas adjacentes, especialmente na coluna torácica, pela dimensão reduzida do pedículo. (CINOTTI *et al.*, 1999; UGUR *et al.*, 2001).

Estas observações sugerem que se deva fazer uma medição precisa dessa estrutura, a fim de determinar as dimensões apropriadas dos parafusos a serem utilizados na fixação pedicular para promover um maior sucesso cirúrgico. A variação dimensional de uma vértebra para outra, mesmo dentro da mesma região da coluna, implica na necessidade de uma avaliação prévia do pedículo a ser invadido, com a medição pré-operatória feita por meio de tomografias computadorizadas ou radiografias (CHRISTODOULOU *et al.*, 2005).

Outro elemento importante na prevenção de complicações cirúrgicas é a determinação precisa de um ponto de entrada na superfície posterior da vértebra, para a inserção de parafusos nos pedículos (CHAYNES, VAYSSE E LAGARRIGUE 2001; SUK *et al.*, 2005; ORTMAIER *et al.*, 2006; SCHWENDER *et al.*, 2008).

A localização, as dimensões e o alinhamento angular do pedículo vertebral são difíceis de serem estimados por radiografias ou durante o momento cirúrgico. As variações na morfometria dos pedículos são comuns e deformidades congênitas ou adquiridas, assim como cirurgias anteriores, traumas e infecções podem distorcer a anatomia normal (SCOLES *et al.*, 1988).

Em um processo cirúrgico, a implantação de um parafuso de tamanho desproporcionalmente maior pode levar à ruptura de sua cortical ou mesmo fratura

completa do pedículo. Parâmetros anatômicos devem ser levados em consideração na instrumentação da coluna vertebral. Segundo Tan, Teo e Chua (2004) um dos fatores que mais pode promover o sucesso da cirurgia é a precisão da modelagem da vértebra.

As dimensões pediculares, ao longo da coluna vertebral, apresentam-se diferentes. Por isso é de extrema importância que seja realizada uma avaliação acurada de suas dimensões, durante o planejamento pré-operatório. Essa avaliação deve ser feita em cada caso, para que se evitem danos neurológicos ou ortopédicos (CRENSHAW, 1997; DHAWAN, 2008).

Esta avaliação individual pode ser realizada durante o planejamento pré-operatório por meio de radiografias ântero-posteriores e látero-laterais de alta qualidade da coluna torácica e lombar, além de imagens de TC (tomografia computadorizada) no nível do pedículo (CRENSHAW, 1997). Além disso, a realização de cortes axiais de tomografia computadorizada pré-operatória ao nível do pedículo pode determinar o seu ângulo com relação aos planos sagital e horizontal (CRENSHAW, 1997; CINOTTI *et al.*, 1999; IUTAKA *et al.*, 2006).

Christodolou *et al.* (2005) relatam que o conhecimento da morfometria dos pedículos é essencial para o uso de parafusos pediculares nas cirurgias da coluna vertebral. Relatam ainda que variações superiores e inferiores das dimensões ocorrem e algumas diferenças têm sido encontradas em vários níveis, estando principalmente relacionadas às origens e às populações étnicas, devendo existir grande interesse em verificar se os parafusos pediculares disponíveis são satisfatórios para as diferentes populações.

Diante desta constatação, vale ressaltar que as dimensões dos pedículos mudam progressivamente desde a coluna vertebral torácica superior, até o sentido distal. O estudo aprofundado da coluna vertebral em ambos os gêneros e em distintas faixas etárias torna-se necessário para que durante a cirurgia por neuronavegação, as informações acerca da profundidade do pedículo seja um critério determinante para a identificação do local em que será inserido o parafuso na coluna vertebral.

Desta maneira, os estudos das dimensões pediculares aumentaram o conhecimento das suas características morfológicas e proporcionaram informações sobre a profundidade que os parafusos poderiam ser inseridos com segurança ao longo de toda a coluna vertebral. O estudo específico da anatomia pedicular

vertebral tem sido enfatizado nos últimos anos com o desenvolvimento das novas técnicas de instrumentação cirúrgica para o tratamento das deformidades da coluna.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a morfometria dos pedículos toracolombares de indivíduos da população da região Sul do Brasil, utilizando-se tomografias computadorizadas com aquisições volumétricas e reconstruções nos planos sagital e axial.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar as medidas axiais (látero-laterais) e sagitais (súpero-inferiores) dos pedículos toracolombares;
- Comparar as médias das medidas dos diâmetros axiais e sagitais entre as vértebras e entre os gêneros;
- Comparar as medidas obtidas com as das populações estudadas e apresentadas em publicações;
- Determinar a existência de padrões morfométricos dos pedículos de T9 a L5.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ANATOMIA DA COLUNA VERTEBRAL

A coluna vertebral de seres humanos constitui o eixo ósseo do corpo e está construída de modo a oferecer a resistência de um pilar de sustentação, mas também a flexibilidade necessária à movimentação do tronco (DÂNGELO e FATTINI, 2004; SPENCE, 1991). Ela é um sistema cuja atividade resume uma das condições básicas responsáveis pela estabilidade do corpo humano, sendo composta por vértebras sobrepostas alternadas com discos fibrocartilagosos, conectadas por fortes ligamentos (CRENSHAW, 1997). É, ao mesmo tempo, flexível e resistente, com elementos que realizam movimentos para frente, para trás, para os lados e rotatórios. A coluna também protege a medula espinhal, suporta a cabeça e atua como um ponto de fixação para as costelas, cintura pélvica e músculos dorsais (AUMUELLER, 2009; TORTORA, 2007).

O número total de vértebras, no início do desenvolvimento do ser humano é de 33. Porém, à medida que o indivíduo se desenvolve, algumas vértebras se fundem. Por isso, a coluna vertebral do adulto tem 24 vértebras móveis que contribuem para os movimentos do corpo. Essas vértebras são distribuídas da seguinte forma (GOSS, 1988; TORTORA, 2007):

- coluna cervical: formada por sete vértebras cervicais;
- coluna torácica: formada por doze vértebras torácicas;
- coluna lombar: formada por cinco vértebras lombares;
- sacro: formado por cinco vértebras sacrais, fundidas;
- cóccix: formada por quatro vértebras coccígeas, fundidas.

Uma vértebra típica é composta por um corpo anterior e um arco posterior formado por dois pedículos e duas lâminas, unidas posteriormente para formar o processo espinhoso (TORTORA, 2007).

Os corpos vertebrais aumentam de tamanho no sentido cefalocaudal e o comprimento da coluna vertebral é, em média, de 72 cm em homens adultos e 7 a 10 cm menor em mulheres adultas (TORTORA, 2007).

No adulto, a coluna vertebral apresenta quatro curvaturas fisiológicas, que podem ser visualizadas no plano sagital (fig. 1). Nas regiões cervical e lombar, as curvaturas são convexas (lordóticas), e nas colunas torácica e sacral são côncavas, (cifóticas). Essas curvaturas são importantes do ponto de vista biomecânico, pois aumentam a resistência da coluna, ajudam a manter o equilíbrio em ortostatismo, absorvem impactos durante o caminhar e ajudam a proteger a medula espinhal (TORTORA, 2000).

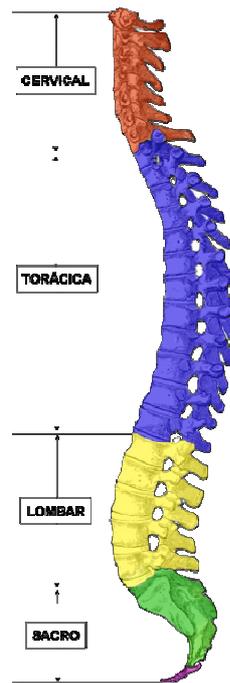


Figura 1 – Coluna vertebral humana com as suas curvaturas fisiológicas (lordótica na coluna cervical e lombar e cifótica na coluna torácica e sacro).

As vértebras, nas diferentes regiões da coluna, variam quanto ao tamanho, forma e constituintes anatômicos, mas apresentam algumas características similares entre si. Cada vértebra é constituída por um anel ósseo que circunda um forame, denominado de forame vertebral, o qual pode ser considerado como um segmento do canal vertebral onde se aloja a medula espinhal (DÂNGELO e FATTINI, 2004). A porção anterior da vértebra é o corpo, cilíndrico e com superfícies cranial e caudal planas. A parte posterior corresponde ao arco vertebral, formado por um par de pedículos e um de lâminas.

As vértebras das regiões cervical, torácica e lombar apresentam características próprias, e diferem significativamente umas das outras. As vértebras torácicas são consideravelmente maiores e mais fortes do que as cervicais e se

caracterizam por apresentar as superfícies articulares denominadas fôveas, que se articulam com as costelas (TORTORA, 2007; MOORE, 2007). Seus processos espinhosos são longos e inclinados inferiormente, em relação ao plano do corpo vertebral (figs. 2 e 3).

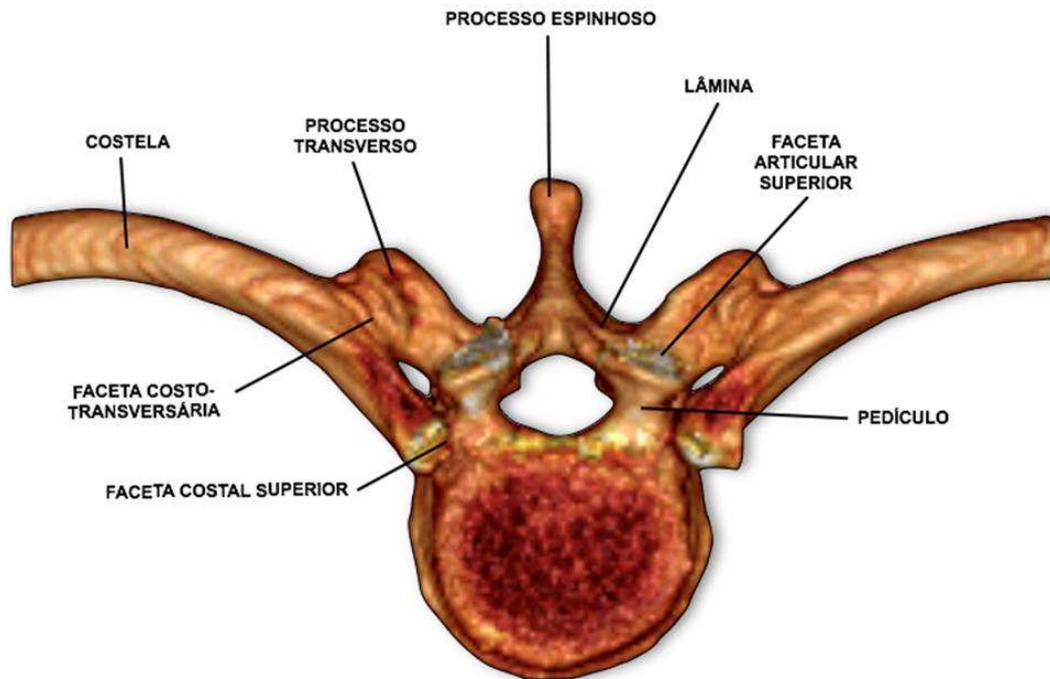


Figura 2 – Vértebra torácica em vista superior mostrando os principais elementos anatômicos que a compõe. (Reconstrução tridimensional a partir de imagens de Tomografia Computadorizada).

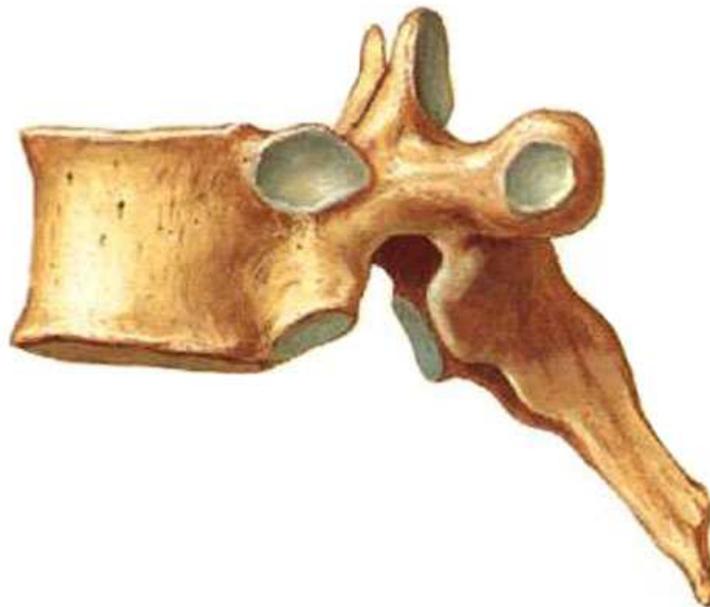


Figura 3 – Vértebra torácica em vista lateral mostrando os principais elementos anatômicos que a compõe. (Reconstrução tridimensional a partir de imagens de Tomografia Computadorizada).

As vértebras lombares, por sua vez, são as maiores e mais fortes de toda a coluna. Seus processos espinhosos são curtos e quadriláteros, situando-se no plano horizontal dos corpos vertebrais, servindo de fixação para os músculos paravertebrais (TORTORA, 2000; PALASTANGA, 2000) (figs. 4 e 5).

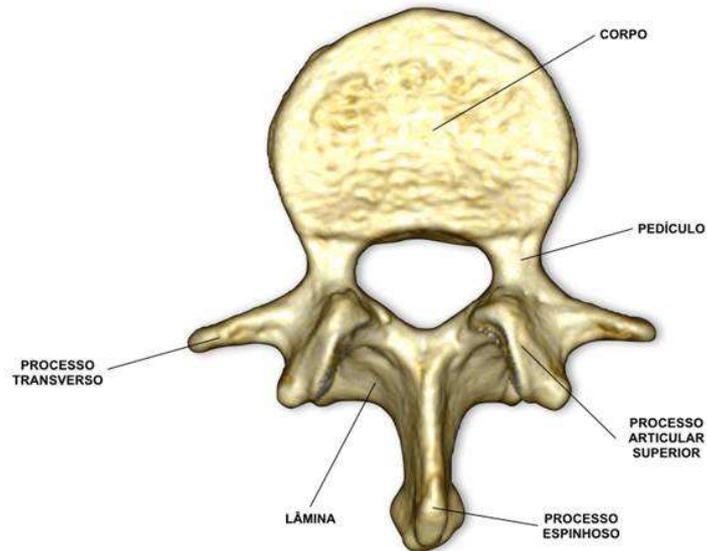


Figura 4 – Vértebra lombar em vista superior mostrando os principais elementos anatômicos que a compõe. (Reconstrução tridimensional a partir de imagens de Tomografia Computadorizada).

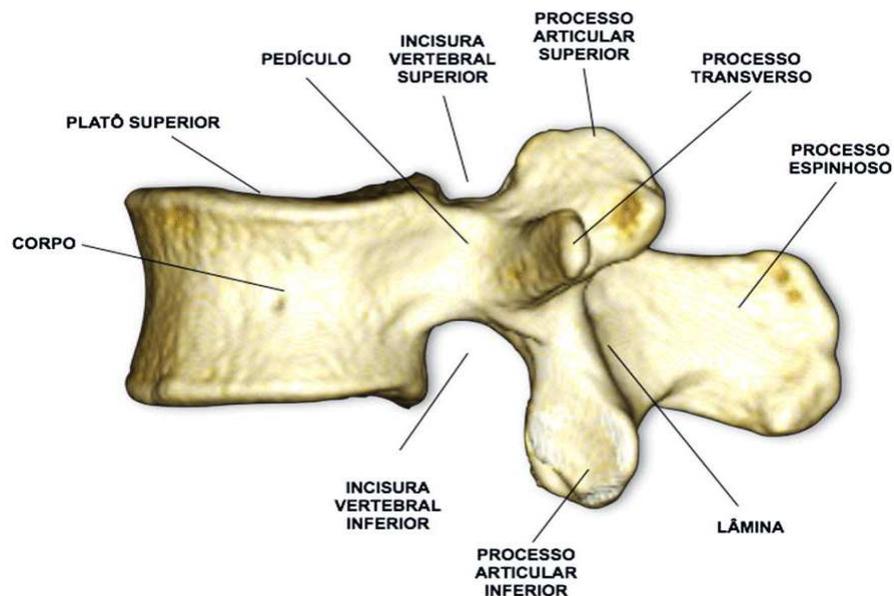


Figura 5 – Vértebra lombar em vista lateral mostrando os principais elementos anatômicos que a compõe. (Reconstrução tridimensional a partir de imagens de Tomografia Computadorizada).

O forame intervertebral tem como limite superior e inferior, o pedículo da vértebra acima e abaixo, respectivamente. O assoalho é formado pela margem

póstero-inferior 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 (lombares altas) 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. O envoltório das raízes lombares é ancorado inferiormente ao pedículo subjacente, limitando a mobilidade medial e superior da raiz. Os gânglios espinhais têm localização mais frequentemente infra-foraminal, com exceção da primeira vértebra sacral (S1) que tem uma localização preferencialmente intra-espinhal (BARROS FILHO, 1995; MATUOKA e BASILE JÚNIOR, 2002).

Os pedículos vertebrais estão localizados 1 mm inferiormente à ponta do processo articular inferior e alinhados com o meio do processo transversos. O pedículo vertebral da coluna lombar apresenta forma oval, o diâmetro vertical é maior que o horizontal e a cortical média é mais espessa. A área do pedículo aumenta no sentido craniocaudal e a relação entre a área de osso cortical e esponjoso é constante em toda a extensão da coluna lombar.

3.2 CAUSAS DE LESÃO NA COLUNA VERTEBRAL E BIOMECÂNICA

Lesões da coluna vertebral estão freqüentemente associadas a déficits neurológicos. 64% das fraturas ocorrem na junção toracolombar, sendo que 70% delas sem lesão neurológica inicial (GREENBERG, 1997). As causas mais freqüentes são: acidentes com moto e/ou carros (45%); quedas (20%); atividades esportivas (15%), agressão (15%). Os homens sofrem lesões quatro vezes mais freqüentemente que as mulheres (ROCKWOOD, 1993).

Para que se entenda a instabilidade da coluna nos traumas, faz-se necessário compreender primeiramente a biomecânica da coluna, sendo considerada em relação à cinemática, ou seja, as movimentações fisiológicas possíveis dentro das restrições da anatomia, e também, às forças que atuam sobre a coluna (ROCKWOOD, 1993).

A compreensão da biomecânica é importante não somente para a interpretação do mecanismo de fratura, mas também para a elaboração de um programa eficaz de tratamento, o qual poderá incluir a fixação interna.

Há três tipos de translação na coluna vertebral: ântero-posterior no plano sagital, translação médio-lateral no plano frontal e alongamento ou encurtamento ao longo do eixo craniocaudal por translação vertical. Além dos movimentos de translação, existem os movimentos de rotação das vértebras, que pode acontecer sobre cada um de seus três eixos (x, y e z). Estas movimentações podem acontecer conjugadas, de modo que a flexão lateral acarrete rotação vertebral (ROCKWOOD, 1993) (fig. 6).

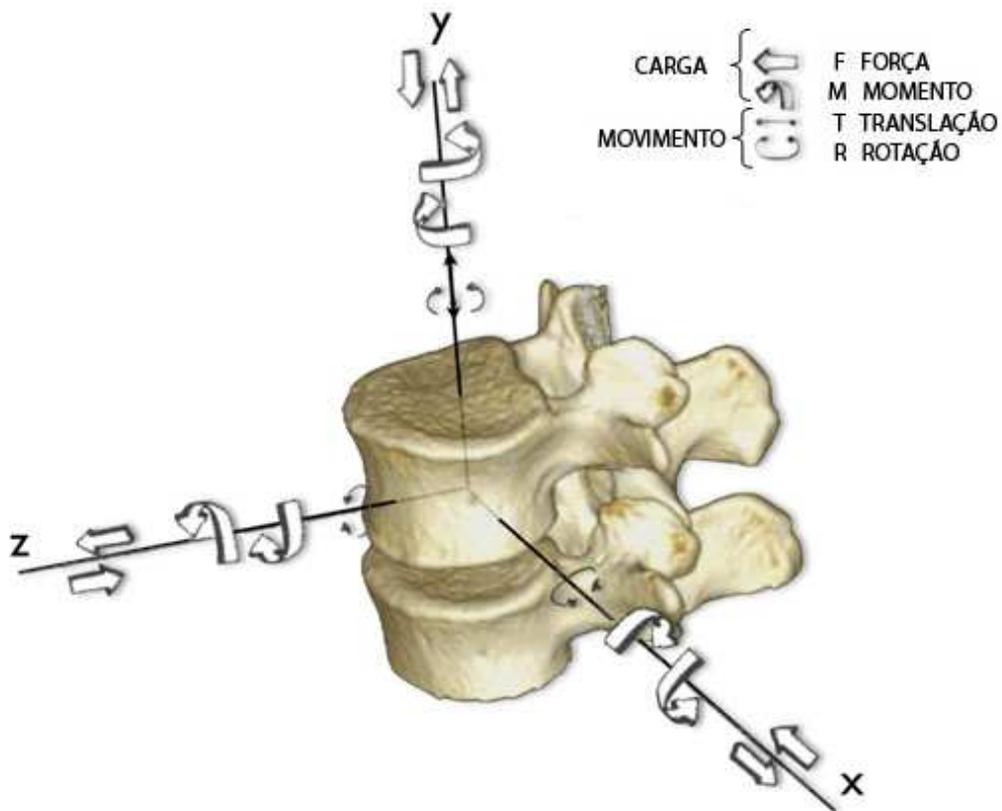


Figura 6 – O sistema de coordenadas X, Y, Z; rotação horária é positiva, anti-horária é negativa. Translação cranial, para frente ou para a esquerda é positiva.

Os movimentos de translação estão relativamente restritos na coluna toracolombar, especialmente a translação ântero-posterior e médio-lateral (CRENSHAW, 1997). A coluna torácica é muito mais rígida do que a lombar, tanto na flexão e extensão sagital como na lateral. Isto se deve ao efeito restritivo da caixa torácica, e ao fato de os discos serem relativamente mais delgados nesta porção da coluna, o que restringe o arco potencial de movimentação (ROCKWOOD, 1993). Em contrapartida, a rotação em torno do eixo crânio-caudal é maior na coluna torácica, atingindo seu máximo em T8 - T9 (ROCKWOOD, 1993).

Na coluna lombar a rotação está limitada pela orientação das facetas e pela porção anterior do ânulo, atingindo apenas 10 graus para toda a coluna lombar, em relação a aproximadamente 75 graus de rotação para cada lado na coluna torácica (ROCKWOOD, 1993). O mesmo autor relata que a movimentação fisiológica da coluna toracolombar varia de indivíduo para indivíduo, e também, de acordo com a idade e posição.

Rockwood (1993) descreve que os corpos vertebrais funcionam principalmente para suportar cargas compressivas, enquanto os processos com seus ligamentos conectores parecem ser mais adaptados para resistir a forças de tração.

O conceito de instabilidade da coluna vertebral foi definido por White e Panjabi como a perda da capacidade de manutenção das relações entre as vértebras, sob cargas fisiológicas. Consideram-se critérios para definição de instabilidade na coluna toracolombar:

- a. fratura com lesão neurológica;
- b. perda da altura do corpo vertebral maior ou igual a 50%;
- c. angulação maior que 20°, considerando-se a região toracolombar;
- d. lesão de pelo menos duas das colunas de Denis;
- e. presença de fragmento ósseo comprometendo mais que 50% do canal vertebral, mesmo sem comprometimento neurológico;
- f. corpo estranho intracanal.

A figura 7, a seguir, mostra os conceitos de duas e três colunas, para avaliação de instabilidade em lesões traumáticas.

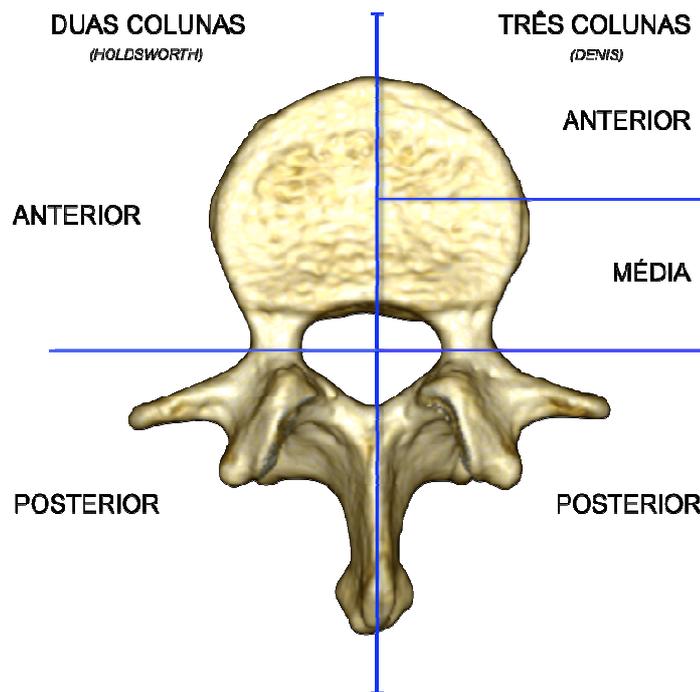


Figura 7 – O conceito de Holdsworth para instabilidade divide a coluna em dois segmentos, um ventral e outro dorsal. O método de Denis divide a coluna ventral de Holdsworth em duas colunas, correspondendo às metades ventrais e dorsais.

3.3 CIRURGIA PARA TRATAMENTO DE INSTABILIDADE DA COLUNA

Quando existe instabilidade da coluna (que além do trauma pode ter como etiologia tumores, doença degenerativa, deformidades, alterações congênicas e infecções) a cirurgia de estabilização pode ser necessária. A fixação da coluna através de parafusos pediculares é um método amplamente utilizado para várias situações. Outros métodos de fixação incluem: utilização de ganchos (frequente na coluna torácica alta) e amarrilha com hastes e fios (segundo as técnicas de Hartshill e Luque).

A utilização do pedículo vertebral como local de fixação de implante é considerada uma importante melhoria para a cirurgia da coluna e tem sido a técnica mais amplamente empregada. Descrita inicialmente por Boucher em 1959 e popularizada por Roy-Camille e seus colaboradores, em 1963, ganhou popularidade nos últimos anos, com o aparecimento de inúmeros novos sistemas de fixação vertebral (DEFINO *et al.*, 1997; SUK *et al.*, 2005; JURATLI *et al.*, 2009).

As vantagens dessa utilização são principalmente de base biomecânicas. O pedículo é utilizado porque é a parte mecanicamente mais dura do corpo vertebral e serve como âncora para a fixação dos parafusos. Por ser uma forte âncora, permite melhorar a correção e a manutenção das deformidades na coluna. O tratamento com parafusos pediculares oferece melhor possibilidade de correção tridimensional e preservação dos movimentos do segmento, reduzindo a extensão da fusão, além de fornecer uma melhor correção das deformidades da coluna vertebral como as escolioses e cifoses (SUK *et al.*, 2005; DHAWAN *et al.*, 2008; LIPSON, 2004; SCHWARZENBACH *et al.*, 1997).

Segundo Cardoso *et al.* (2008) a adição de parafusos pediculares aumentou as taxas de fusão e permitiu aos pacientes uma mobilização mais precoce sem a necessidade de uso de órteses.

Dhawan *et al.*(2008) salientam que a melhor situação para a artrodese efetiva ocorre quando a colocação dos parafusos é realizada de maneira a mantê-los contidos dentro do córtex do pedículo (fig. 8). Uma inserção aceitável, segundo este autor, pode ser definida com o parafuso não provocando violação cortical medial maior que 2 mm, sendo aceitável até 6 mm da violação lateral (com o parafuso ao longo da articulação costo-vertebral).

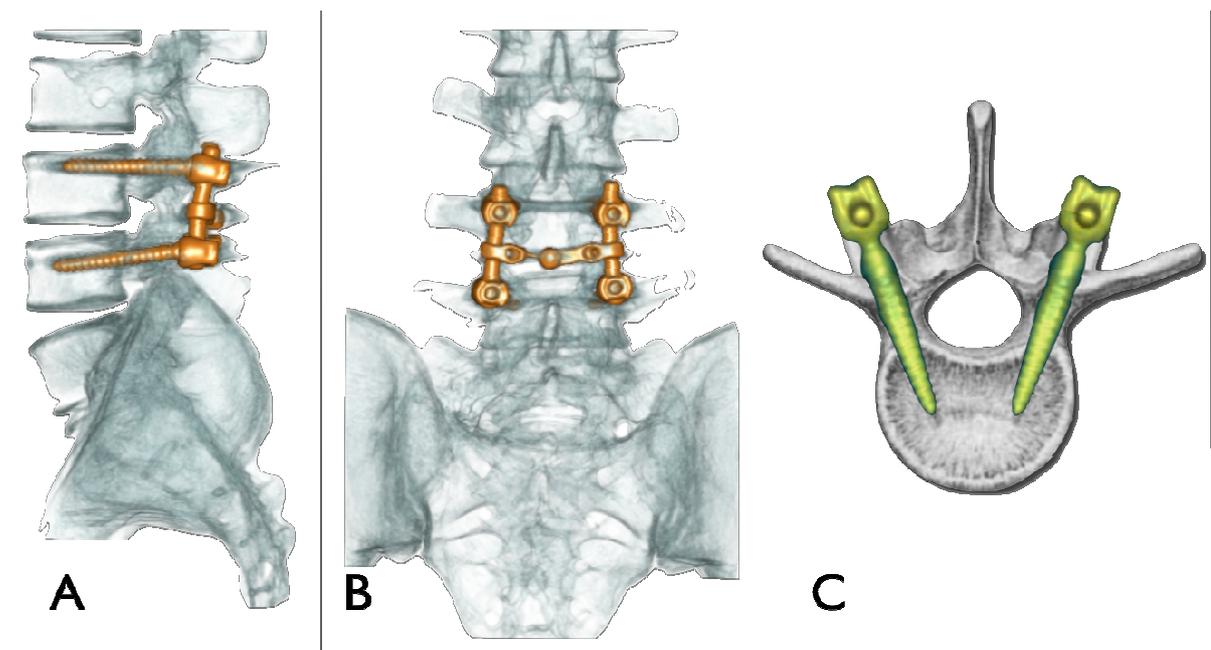


Figura 8 – Representação esquemática do posicionamento de parafusos pediculares na coluna lombar. A: vista lateral. B: vista posterior. C: vista axial.

De acordo com Iutaka *et al.* (2006) a técnica de fixação transpedicular é superior às cirurgias com ganchos e amarrilhas com hastes e fios, mas é necessário ressaltar que a familiaridade do cirurgião com a técnica é imprescindível e a curva de aprendizagem é longa. Especialmente na coluna torácica mais alta (T1 a T5) onde os pedículos são mais estreitos e o direcionamento é convergente e cefálico, existe uma dificuldade grande na realização da técnica. Há riscos de lesões neurológica, vascular e visceral na passagem de um parafuso no pedículo. Por este motivo, técnicas de planejamento pré-operatório, com análise e medida dos pedículos e a utilização de sistemas de cirurgia guiada por imagem (navegação) trazem maiores possibilidades de sucesso cirúrgico.

O índice de complicações decorrentes da colocação inadequada do parafuso no pedículo da vértebra não é insignificante. Segundo Cardoso *et al.* (2008) as principais complicações incluem ruptura do pedículo, lesão na emergência do nervo, lesão vascular, pseudo-artrose e infecções. Além disso, a doença do segmento adjacente tornou-se uma complicação tardia freqüente na artrodese da coluna.

As dimensões dos pedículos e os seus ângulos mudam progressivamente desde a coluna vertebral torácica superior, no sentido distal. Na parte medial do pedículo situa-se a raiz nervosa no forame neural. As raízes lombares usualmente estão situadas no terço superior do forame; portanto, é mais perigoso penetrar o pedículo medial ou inferiormente, em oposição à penetração lateral ou superior (CRENSHAW, 1997).

Estes argumentos servem para explicar a importância de ampliar o conhecimento das relações anatômicas pediculares, ao se considerar o seu uso como um local para aplicação de parafusos.

Apesar do aumento do interesse na instrumentação pedicular na coluna torácica, a morfologia do pedículo torácico tem sido realizada em apenas alguns estudos, e nenhum deles apresenta investigação da técnica mais segura para a inserção destes parafusos (CINOTTI *et al.*, 1999).

Chaynes, Vaysse e Lagarrigue (2001) relatam a realização de estudos para investigar a morfometria das vértebras utilizando inúmeras técnicas experimentais tais como a medição direta, a radiografia ou tomografia computadorizada (TC).

A radiografia simples de coluna é a base da investigação inicial na maioria dos pacientes. As radiografias mínimas exigidas referem-se às incidências ântero-posteriores e laterais da coluna toracolombar. A TC complementa o estudo e permite

melhor visualização dos arcos vertebrais, articulações facetárias e canal neural. Estas imagens podem ser reconstruídas em planos coronais, sagitais ou axiais, permitindo uma avaliação bastante exata da vértebra e suas relações anatômicas. A ressonância magnética é bastante útil, e utilizada como complementação da investigação por imagem especialmente quando há suspeita de compressão da medula espinhal, (ROCKWOOD, 1993; CASTRO, HALM e JEROSCH, 1997; VACCARO, 2006).

3.4 CIRURGIA GUIADA POR IMAGEM (CGI)

Castilla *et al.* (2003) e Ribas (2006) relataram que a neurocirurgia é uma especialidade direcionada ao tratamento de patologias e distúrbios neurológicos do cérebro, da medula espinhal e do sistema nervoso periférico.

A cirurgia guiada por imagem (CGI ou neuronavegação) é um sistema de orientação tridimensional e navegação intra-operatório, assistido por computador, geralmente usado em neurocirurgia para rastrear ferramentas cirúrgicas e localizá-las em relação à anatomia tridimensional dos pacientes. A leitura diagnóstica pré-operatória é usada como referência e transferida para o campo cirúrgico durante a cirurgia.

Esta técnica originou-se a partir de outra técnica conhecida como neurocirurgia *estereotática* (*stereo* do latim quer dizer tridimensional e *taxis*, arranjo) que é uma técnica que localiza e facilita o acesso das estruturas intracranianas permitindo atingir áreas específicas dentro do cérebro através de um pequeno orifício no crânio. Foi muito popularizada a partir do ano de 1960 para tratamento de doença de Parkinson. (ALCORTA *et al.*, 2005)

A neurocirurgia guiada por imagem permite ao neurocirurgião navegar pelas estruturas do cérebro do paciente, usando imagens pré-operatórias (RM ou TC) como orientação, através do uso de sistemas de rastreamento, durante o procedimento cirúrgico. Muitos sistemas desenvolvidos para neurocirurgia guiada por imagem empregam imagens pré-operatórias para fornecer orientação ao cirurgião, durante o procedimento cirúrgico. Seguindo um procedimento de calibração, a posição tridimensional e a orientação dos instrumentos cirúrgicos podem ser transmitidas ao computador. Estas informações espaciais são usadas

para acessar a região de interesse nas imagens pré-operatórias, com a finalidade de apresentá-las ao cirurgião durante o procedimento (PAPADOPOULOS *et al.*, 2004; PERINI, 2007).

Mais recentemente o conceito de cirurgia guiada por imagem passou a ser utilizado no tratamento das doenças da coluna vertebral, especialmente para inserção de parafusos pediculares.

A neuronavegação é um procedimento de alto custo, o que dificulta sua difusão e não substitui a necessidade dos especialistas de uma noção desenvolvida da tridimensionalidade das estruturas anatômicas nervosas, cuja familiaridade é essencial para a perfeita compreensão espacial do sistema nervoso e suas lesões para o planejamento de quaisquer procedimentos cirúrgicos (RIBAS, 2006).

As técnicas de CGI foram introduzidas na cirurgia de coluna no início dos anos 90 (SCHLENZKA, 2000). O desenvolvimento desses sistemas de navegação intra-operatória computadorizada foi alcançado devido a alguns desenvolvimentos tecnológicos, entre eles: (MASINI, BARROS E PAIVA, 2005)

1. Meios modernos de aquisição de imagens, particularmente a TC helicoidal de múltiplos canais e a RM;
2. O desenvolvimento de placas de vídeo e de capacidades de memória RAM de alta performance;
3. O desenvolvimento de complexos softwares para pós-processamento de imagens;
4. Outros progressos no campo optoeletrônica e de câmeras de rastreamento de sinais luminosos.

Existem dois sistemas de navegação distintos, baseados em sua tecnologia: passivos e ativos.

1. Navegadores ativos: a ferramenta cirúrgica (*tracker*) emite ou recebe algum tipo de sinal. Em geral são comunicados por algum tipo de cabo ou necessitam alguma fonte de energia acoplada ao instrumento (bateria).
2. Navegadores passivos: refletem um sinal que é percebido por uma câmera, sensível ao tipo de luz que refletem.

Uma das vantagens dessa tecnologia de navegação que foi introduzida na prática cirúrgica é a possibilidade de realização de planejamento pré-operatório. Com isto se pode aumentar a precisão e a segurança de vários procedimentos. Durante o planejamento (pré-operatório) o cirurgião pode excluir imagens tomográficas, reconstruindo os cortes em planos sagital, coronal e axial, com isto permitindo uma análise precisa dos elementos anatômicos de cada vértebra. As possíveis vantagens são: um aumento da precisão dos procedimentos cirúrgicos devido à navegação em tempo real, com uma abordagem menos invasiva, diminuição do tempo de cirurgia obtido com um melhor planejamento e simulação, e também, uma redução da exposição à radiação, tanto do paciente quanto do cirurgião.

Um problema importante durante a CGI é a mudança contínua da anatomia intra-operativa causada pela manipulação feita pelo cirurgião. Os tecidos ósseos, por sua vez, são quase indeformáveis e se prestam bem para a aplicação desta tecnologia.

3.5 A MORFOMETRIA DOS PEDÍCULOS VERTEBRAIS

Dentro deste contexto, observa-se a necessidade de um apurado conhecimento anatômico das estruturas envolvidas no processo de cirurgias de estabilização da coluna. Ainda se observa muita controvérsia na literatura, principalmente no que diz respeito aos valores médios de altura e largura dos pedículos e sua distribuição em diferentes níveis vertebrais acometidos por distintas etiologias. O conhecimento dos diâmetros e dos ângulos dos pedículos vertebrais em relação à linha média é de relevância no planejamento destas cirurgias.

Um exemplo deste tipo de conhecimento está ilustrado no trabalho de Crenshaw (1997). Neste trabalho, o autor demonstra as variações nos diâmetros e ângulos dos pedículos em algumas populações. Em 2905 mensurações dos pedículos, realizados de T1 a L5, os pedículos eram mais largos em L5 e mais estreitos em T5, considerando-se o plano horizontal. Os pedículos mais largos no plano sagital ocorreram em T11 e os mais estreitos em T1. Devido à forma oval do pedículo, o diâmetro do plano sagital (altura) era geralmente maior que no plano horizontal (largura). O maior ângulo pedicular no plano horizontal ocorreu em L5. No

plano sagital, os pedículos angulam caudalmente em L5 e cefalicamente de L3 até T1. A profundidade da cortical anterior foi significativamente maior ao longo do eixo pedicular que ao longo de uma linha paralela à linha média do corpo vertebral, em todos os níveis, com exceção de T12 a L1 (CRENSHAW, 1997) (fig. 9).

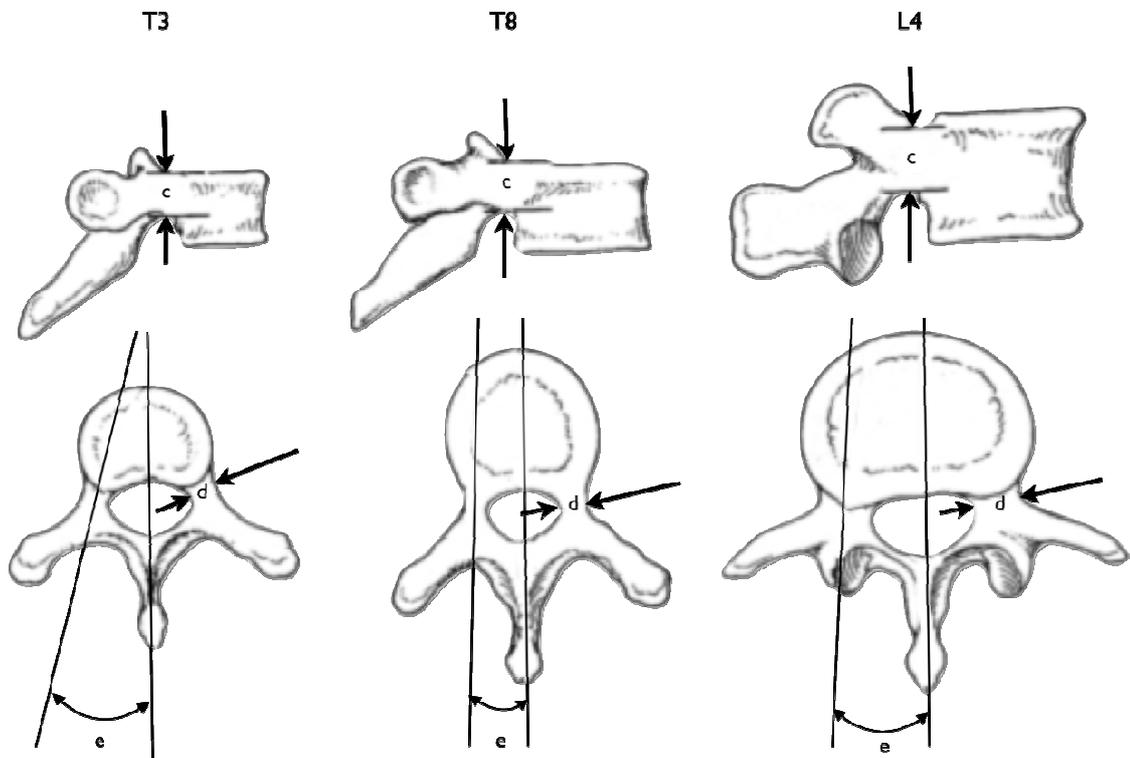


Figura 9 – Dimensões dos pedículos das vértebras. T3, T8 e L4. O diâmetro vertical (c) aumenta de 0,7 a 1,5 cm, o diâmetro horizontal (d) aumenta de 0,7 a 16 cm com um mínimo de 0,5 cm em T5. A direção é quase sagital de T4 a L4. O ângulo (e) raramente estende-se além dos 10°. Mais proximalmente a direção é mais oblíqua: T1 = 36°, T2 = 34°, T3 = 23°. L5 é oblíqua (30°), mas é grande e de fácil perfuração. (ROY-CAMILLE, SAILLANT e MAZEL, 1986 Orthop Clin North in: CRENSHAW, 1997).

3.5.1 METODOLOGIA PARA AS MEDIÇÕES PEDICULARES

Os primeiros trabalhos que se propuseram a determinar as medidas dos pedículos vertebrais utilizaram, na sua metodologia, espécimes anatômicos cadavéricos, e as medições foram realizadas por meio de goniômetros, compassos, compassos eletrônicos e paquímetro (SCOLES *et al.*, 1998; CHAYNES, VAYSSE e LAGARRIGUE, 2001; CINOTTI *et al.* 2001; UGUR *et al.*, 2001; MATUOKA e BASILE JR., 2002; MITRA, DATIR e JADHAV, 2002; BRITO, SOUZA e MONTE FILHO, 2003; DATIR e MITRA, 2004; TAN, TEO e CHUA, 2004; HUSTED *et al.*, 2004; CHRISTODOLOU *et al.*, 2005; LIEN, LIOU e WU, 2007). A maioria destes artigos, no

entanto, não se refere especificamente a detalhes da metodologia utilizada, como por exemplo, critérios adotados para a medição (o menor diâmetro sagital e axial do pedículo), nem demonstraram critérios de calibração do equipamento ou avaliação de precisão das medições. Imagens de TC e ressonância magnética da coluna vertebral passaram a ser utilizadas mais recentemente com as respectivas medições realizadas com instrumentos digitais (softwares). (NOJIRI *et al.*, 2005; OFIRAM *et al.*, 2006; ABUZAYED *et al.*, 2010). Nestes artigos ficam mais evidentes a preocupação com a calibração e a determinação de erros sistemáticos ou precisão de sistema. As medições dos diâmetros dos pedículos se referem, em alguns casos, às medidas internas (subcortical), em outros, às medidas externas dos pedículos, ou ambas (KAPTANOGLU *et al.*, 2009). Alguns autores incluíram medidas angulares às suas determinações (TAN, TEO E CHUA, 2004).

Os níveis vertebrais analisados diferem consideravelmente entre os diversos autores, incluindo desde medições de C3 a L5 (ABUZAYED *et al.*, 2010) até medições exclusivamente da coluna lombar (L1 a L5) (KAPTANOGLU *et al.*, 2009). A coluna torácica é a mais estudada, porém o segmento da transição toracolombar, local de maior incidência de instabilidade requerendo instrumentação transpedicular, foi objeto de estudo de pouco autores (OFIRAM *et al.*, 2006, NOJIRI *et al.*, 2005). Entre os autores brasileiros, observa-se que os estudos referem-se à casuísticas pequenas, sendo 17 o maior número de espécimes estudados (DEFINO e MAUAD, 1999). Nos mesmos estudos, os autores utilizaram parâmetros como ângulo transversal, ângulo sagital, diâmetro mínimo e máximo e comprimento do pedículo; Defino e Vendrame (2007) utilizaram parâmetros como o formato e o diâmetro do pedículo, a espessura das paredes corticais, a área do pedículo, a área do osso cortical, a área de osso esponjoso. Entre os autores brasileiros pesquisados, não foram encontradas referências a estudos específicos da transição toracolombar. (MATUOKA e BASILE e JR., 2002; BRITO, SOUZA e MONTE FILHO, 2003).

A maioria dos autores pesquisados aponta para os riscos que a cirurgia por fixação pedicular pode determinar, como por exemplo, posicionamento do parafuso fora da estrutura óssea do pedículo, oferecendo risco às estruturas vasculo-nervosas que aí transitam, ou fraturas do pedículo, determinadas por parafusos que excedem aos diâmetros dos mesmos (UGUR *et al.*, 2001 DATIR, MITRA e JADHAV, 2002; CHAYNES, VAYSSE e LAGARRIGUE, 2001; CHRISTODOLOU *et al.* 2005). A

inserção incorreta de parafusos pediculares, rompendo as corticais internas ou externas, podem ocorrer em até 20 a 30% dos casos (HAACKER *et al.*, 1997).

A análise individualizada dos pedículos, de modo a permitir a seleção adequada do diâmetro e comprimento dos parafusos necessários para a artrodese, fica evidenciada pela grande variabilidade individual dos diâmetros sagital e axial descritos. A medição precisa dos diâmetros pediculares mostra-se de grande auxílio no decréscimo dos riscos cirúrgicos (ZHENG *et al.* 2009).

4 METODOLOGIA

4.1 TIPO DE PESQUISA

Esta pesquisa é descritiva, retrospectiva, com análise quantitativa de medições.

4.2 AMOSTRAS

A amostra da pesquisa foi composta por 94 indivíduos, admitidos no Hospital Universitário Cajuru (HUC) – Curitiba –PR para cirurgia da coluna torácica e /ou toracolombar, emergência ou eletiva, que concordaram em assinar o (TCLE) Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice 1). Em todos os casos foi realizada tomografia computadorizada da coluna toracolombar, com aquisição volumétrica, para cirurgia guiada por imagem.

Nem todos os casos tiveram imagens realizadas nos mesmos níveis. Foram medidas as vértebras de T9 (nona vértebra torácica) a L5 (quinta vértebra lombar), com os números amostrais ilustrados na tabela 1.

Tabela 1 – N amostral por vértebra dos pacientes do HUC

Vértebra	N
T9	14
T10	20
T11	45
T12	57
L1	57
L2	57
L3	58
L4	41
L5	26

4.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Fizeram parte do presente estudo os exames tomográficos de pacientes, de ambos os gêneros, com idade entre 20 a 70 anos, portadores de fraturas de coluna toracolombar devido a acidentes automobilísticos, motociclísticos, atropelamentos e /ou quedas, inicialmente atendidos no Pronto Socorro do HUC e que necessitaram realizar exames tomográficos com aquisição para neuronavegação.

Os critérios para exclusão foram: pacientes grávidas, pacientes que apresentaram sinais radiológicos de osteoporose (rarefação óssea, sinal do envelope e fraturas múltiplas em níveis não consecutivos), que estiveram em tratamento por osteoporose, neoplasias ou outras afecções da coluna vertebral que impediram ou dificultaram a determinação dos diâmetros dos pedículos.

4.4 AQUISIÇÃO DE IMAGENS E MEDIDAS

Foi utilizado o tomógrafo *Siemens* modelo Somaton (Erlangen, Alemanha), com sistema helicoidal de um corte simples. O *FOV* foi selecionado no momento do exame e ajustado de acordo com as características do paciente (peso e acomodação); o *PICTH* utilizado foi de 1:1, com corte de 3 mm de espessura e *RECOM* de 1 mm.

Dois avaliadores utilizaram para a medida dos pedículos toracolombares, o software *BrainLAB iPlain 2.0.1*. Os avaliadores foram submetidos a um treinamento prévio para padronização da técnica. Para o treinamento, os responsáveis pelas medições foram ensinados a importar as imagens, realizar as medições e fazer uso dos mesmos parâmetros. Este treinamento foi realizado pelo orientador da pesquisa.

Os arquivos DICOM com as imagens de tomografias foram transferidos para o software de planejamento *PatXfer 5.2 (BrainLAB, Munique – Alemanha)*. Uma vez carregados os cortes tomográficos no programa *iPlan*, foi utilizada a ferramenta 3-D *Thresholding* para realizar o janelamento da imagem que permitiu a melhor visualização tridimensional. Com esta imagem reconstruída foi possível identificar as vértebras que compõe o *set* de imagem do respectivo caso.

Utilizando a tela do computador com quatro quadrantes (*overview*) e com a visualização dos planos sagital e axial, o centro da imagem foi posicionado nos

pedículos da vértebra de T9 a L5 denominado pedículo x lado esquerdo e direito, em que x se refere ao nível esquelético respectivo. Esta configuração foi garantida pelo software, que indica o tipo de imagem (axial ou sagital), o padrão de orientação (supino ou prono), com matriz quadrada de 512 x 512, tamanho do pixel de 0,328 x 0,328 mm e com espessura do corte de 3,0 mm. Utilizando quatro cliques do mouse na ferramenta *Zoom In* do software, obteve-se um zoom de aproximadamente 150%. Com a utilização da ferramenta da medição de distância (*measure distance*) foi delimitado, no segmento mais estreito do pedículo, um ponto na cortical medial e um na lateral, no plano axial para as medições látero-laterais e um ponto na cortical superior e um na inferior no plano sagital para as medidas súpero-inferiores. O software informou automaticamente a distância entre os dois pontos, em mm e este valor foi transferido para uma planilha do programa Microsoft Excel®. Dessa maneira, foram medidos os diâmetros látero-laterais (largura, axial) (fig. 10) e súpero-inferiores (altura, sagital) (fig. 11) dos pedículos toracolombares de T9-L5. Para a discussão dos dados sobre as medidas dos pedículos, convencionou-se no presente estudo que o termo “pedículo axial” é sinônimo dos termos diâmetro látero-lateral, espessura, medida transversal, medida horizontal e diâmetro do pedículo. Já o termo “pedículo sagital” será aqui empregado como sinônimo de diâmetro súpero-inferior, altura, distância longitudinal e medida sagital. Todos estes termos são amplamente empregados na literatura científica. Foi elaborado um Manual do Pesquisador com todos os passos para as medições das imagens (Apêndice 2).

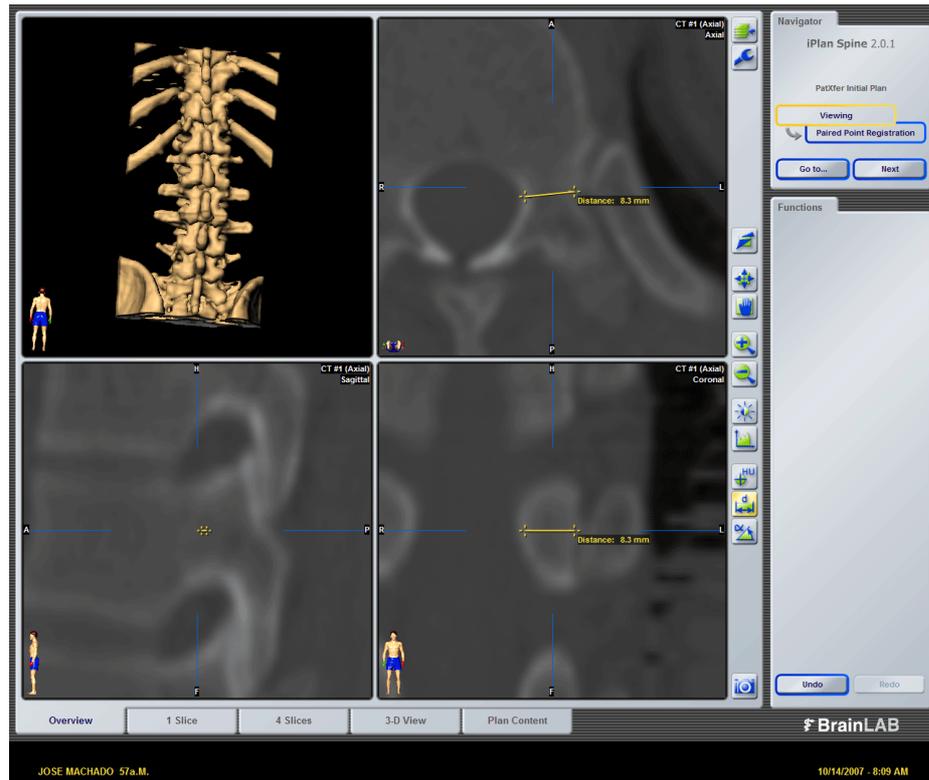


Figura 10 – Ilustração da aquisição da medida do diâmetro axial do pedículo (lâtero-lateral).

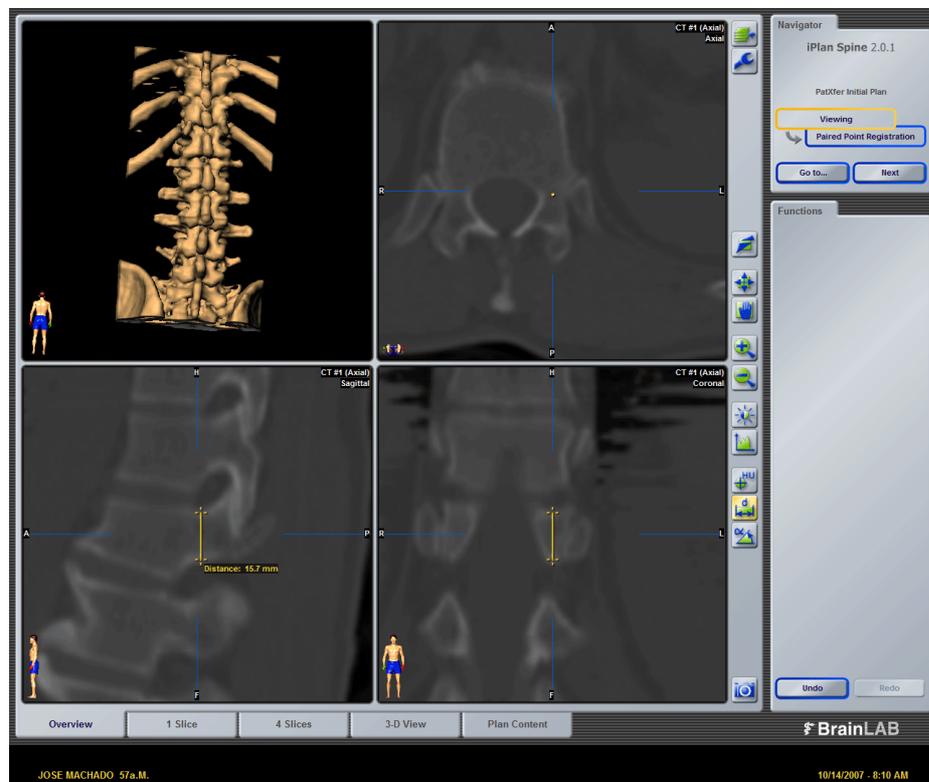


Figura 11 – Ilustração da aquisição da medida do diâmetro sagital do pedículo (súpero-inferior).

Os exames dos pacientes foram realizados independentemente da pesquisa, pois são utilizados como rotina neste tipo de trauma no HUC. Os pacientes não

foram identificados e a análise dos pedículos não influenciou a conduta clínica e/ou cirúrgica durante o tratamento. O presente estudo foi aprovado pelo comitê de ética da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, sob protocolo número 2949/09.

4.5 ANÁLISE DE DADOS

A validação da calibração dos dois avaliadores foi realizada por meio do teste t para amostras pareadas, testando a hipótese de ausência de diferença entre as medidas. Em seguida, as concordâncias e discordâncias observadas no teste anterior foram utilizadas para a confirmação do grau de calibração. Esta verificação foi realizada entre os avaliadores por meio da aplicação do coeficiente de Kappa (LANDIS E KOCH, 1977), verificando-se que a concordância entre os mesmos foi considerada como moderada ($p < 0,001$). Para as análises posteriores, foi então estabelecida a média dos avaliadores.

Os dados coletados resultantes das medidas dos pedículos axial e sagital, direitos e esquerdos das vértebras T9 a L5 foram primeiramente avaliados quanto ao padrão de distribuição. Para tanto, foi testada a normalidade por meio do teste de Lilliefors. Uma vez verificado o padrão de distribuição normal dos dados, foram realizados uma série de testes de hipótese, conforme descrito a seguir.

A comparação das médias dos diferentes pedículos entre as vértebras foi realizada aplicando-se o teste de ANOVA-fator único, testando-se a hipótese de equivalência das variâncias entre as medidas. Para a verificação da diferenciação entre as vértebras foi utilizado o teste *a posteriori* Least Square Difference (LSD).

Para a comparação das medidas dos pedículos entre as vértebras e entre os gêneros masculino e feminino, foi aplicado o teste de ANOVA-fator duplo para avaliar a hipótese de equivalência das variâncias entre as medidas observadas nas vértebras e entre os gêneros. Para a avaliação da diferença entre os grupos também foi utilizado o teste *a posteriori* Least Square Difference (LSD).

Para fazer a comparação das medidas dos pedículos de cada vértebra entre os gêneros masculino e feminino foi realizado o teste de t para amostras independentes. Em todos os testes foi utilizado um nível de significância de 0,05.

5 RESULTADOS

5.1 COMPARAÇÃO DOS PEDÍCULOS ENTRE AS VÉRTEBRAS

Ao comparar as medidas dos pedículos axiais esquerdos entre as vértebras foi possível verificar que houve diferença significativa entre elas ($F_{8,368}=72,404$; $p<0,001$). Ao analisar as médias das vértebras observou-se que T11 a L2 apresentam medidas equivalentes entre si, enquanto as demais vértebras diferem seus valores. Sintetiza-se tal informação com menores médias dos pedículos axiais esquerdos entre as vértebras T9 e T10, sendo intermediárias entre T11 e L2 e aumentando gradativamente as médias entre L3 e L5 (fig. 12).

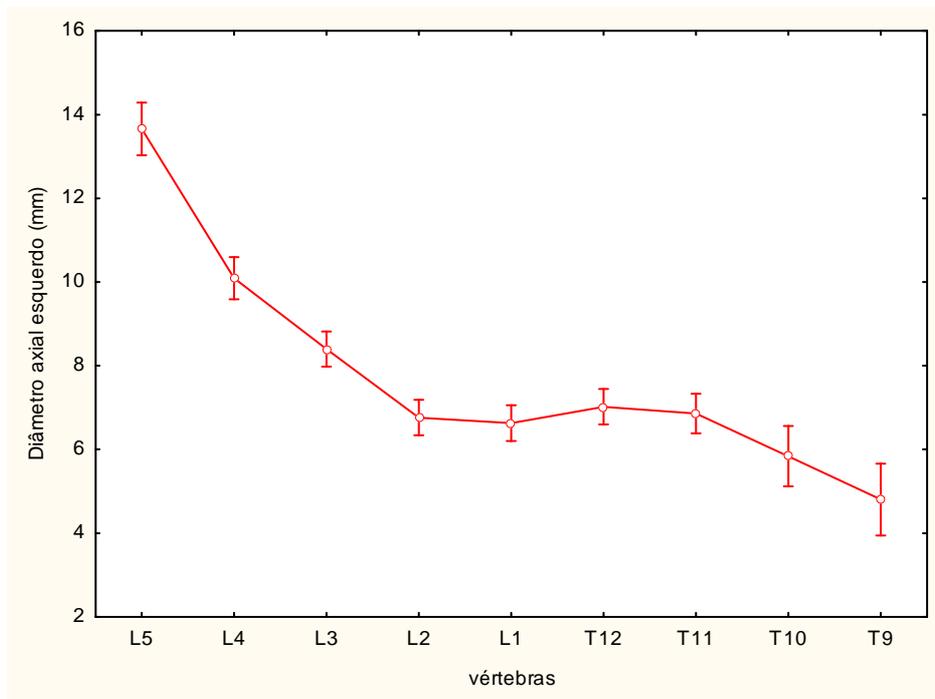


Figura 12 – Média \pm 95% do intervalo de confiança das medidas dos pedículos axiais esquerdos das vértebras entre T9 a L5.

Já em relação aos pedículos axiais direitos, foi possível verificar que também houve diferença significativa entre as vértebras ($F_{8,367}=64,71$; $p<0,001$). Ao comparar as médias entre as vértebras observou-se que T9 e T10 apresentam medidas equivalentes, assim como T10 mostrou-se equivalente a T11. Contudo, diferente do que foi observado nos pedículos esquerdos, T11 mostrou-se estatisticamente

diferente de T12. A partir de T12 até L2, as medidas apresentam-se equivalentes entre si, enquanto as demais vértebras diferem entre si. Sintetiza-se tal informação com menores médias dos pedículos axiais direitos entre as vértebras T9 e T10, sendo intermediárias entre T11 e L2 e aumentando gradativamente as médias entre L3 e L5 (fig. 13), assim como foi observado para os pedículos axiais esquerdos.

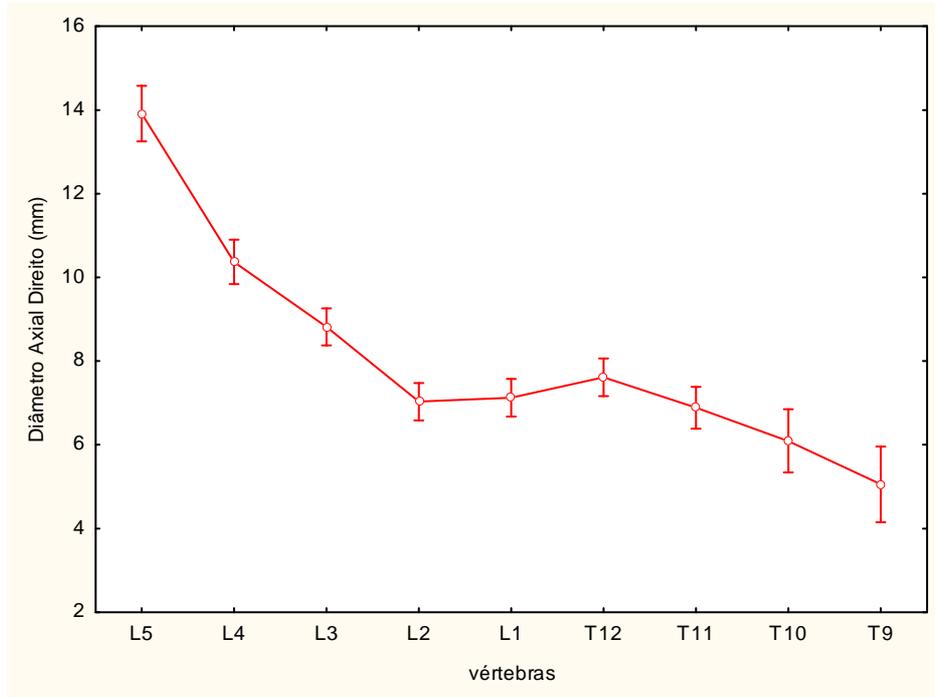


Figura 13 – Média \pm 95% do intervalo de confiança das medidas dos pedículos axiais direitos das vértebras entre T9 a L5.

Em relação aos pedículos sagitais esquerdos, foi possível verificar que houve diferença significativa entre as vértebras ($F_{8,368}=27,288$; $p<0,001$). Ao comparar as médias entre as vértebras observou-se que T9, T10 e L4 apresentam medidas equivalentes; T10 também apresenta equivalência das medidas com L2 e L3; T11, T12 e L1 que se mostraram equivalentes, mostrando a evidência da curvatura fisiológica da coluna vertebral; L4 mostra equivalência de medidas apenas com T9 e L5 apresenta-se diferente estatisticamente das demais vértebras. Sintetiza-se tal informação demonstrando que tais medidas possibilitam a curvatura côncava da coluna, característico da posição bípede humana (fig. 14).

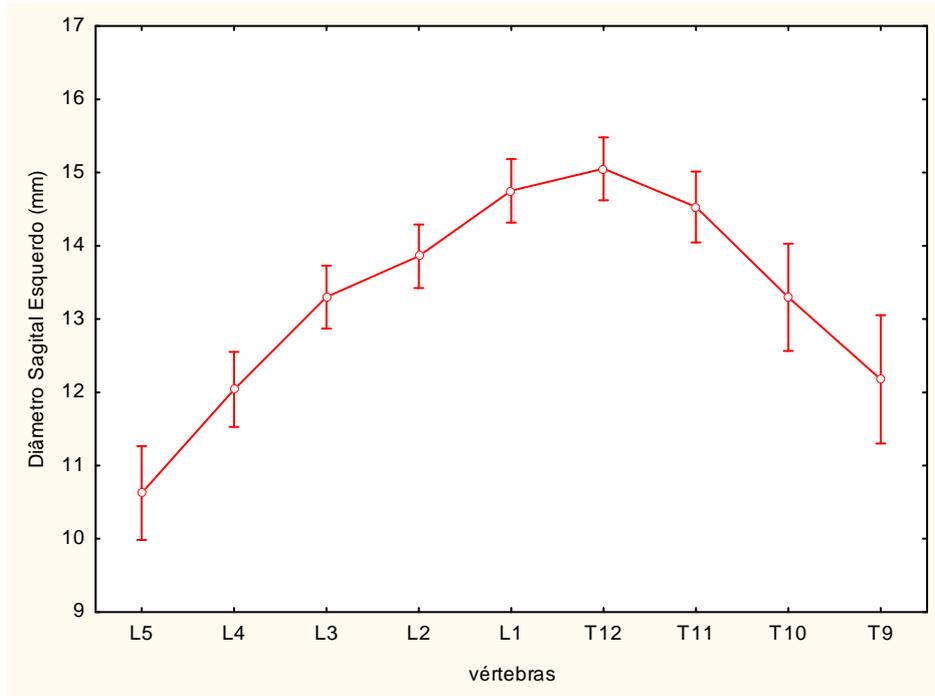


Figura 14 – Média \pm 95% do intervalo de confiança das medidas dos pedículos sagitais esquerdos das vértebras entre T9 a L5.

Sobre os pedículos sagitais direitos, foi possível verificar que houve diferença significativa entre as vértebras ($F_{8,368}=34,492$; $p<0,001$). Ao comparar as médias entre as vértebras observou-se que T9 e L4 apresentam medidas equivalentes; T10 apresenta equivalência das medidas com L2 e L3; T11 mostrou equivalência de medidas com T12 e L1, mostrando a evidência da curvatura fisiológica da coluna vertebral; L2 também mostrou equivalência de medidas L3. Sintetiza-se tal informação demonstrando que tais medidas possibilitam a curvatura côncava da coluna, característico da posição bípede humana (fig. 15).

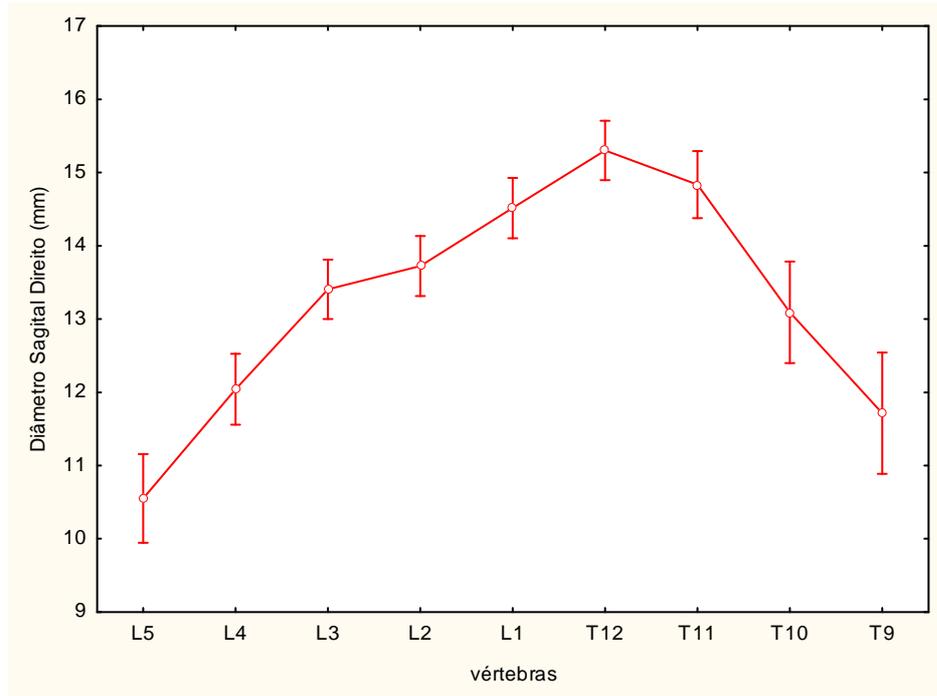


Figura 15 – Média \pm 95% do intervalo de confiança das medidas dos pedículos sagitais direitos das vértebras entre T9 a L5.

5.2 COMPARAÇÃO DOS PEDÍCULOS DAS VÉRTEBRAS ENTRE OS GÊNEROS

Nesta análise ficou evidente que não houve diferença estatística das variâncias medidas dos pedículos ao longo das vértebras quando comparadas entre os gêneros masculino e feminino (Pedículo axial esquerdo $F_{8,359}=1,0507$, $p>0,05$; Pedículo axial direito $F_{8,358}=0,4589$, $p>0,05$; Pedículo sagital esquerdo $F_{8,359}=1,3042$, $p>0,05$; Pedículo sagital direito $F_{8,359}=1,6864$, $p>0,05$). Isso significa que ao analisar a coluna como um todo, tanto em homens como em mulheres, esta estrutura apresenta o mesmo padrão de curvaturas fisiológicas.

A evolução das médias (\pm intervalo de confiança) ao longo das vértebras nos gêneros feminino e masculino estão apresentados nas figuras 16A a 16D. Deve-se ressaltar nestes gráficos a evidência do mesmo padrão de curvatura em homens e mulheres.

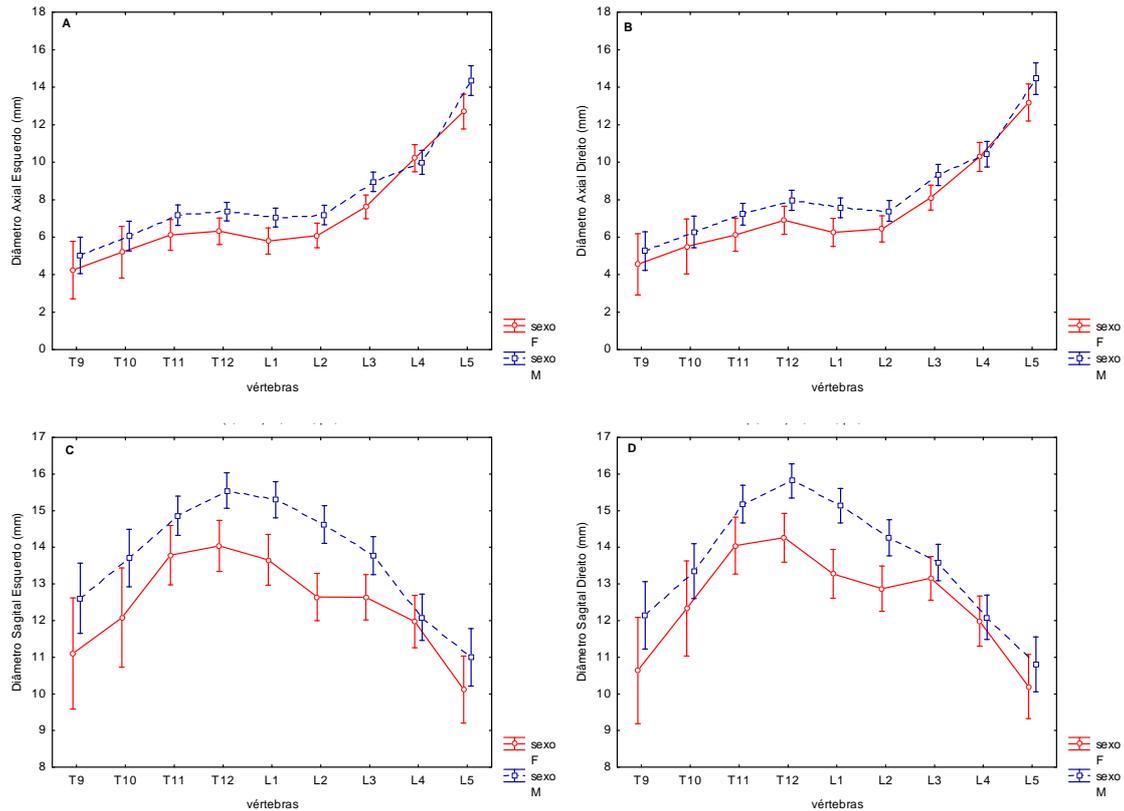


Figura 16A – Média \pm 95% do intervalo de confiança das medidas dos pedículos das vértebras entre T9 a L5 dos gêneros feminino e masculino A – Pedículo Axial Esquerdo; B – Pedículo Axial Direito; C – Pedículo Sagital Esquerdo; D – Pedículo Sagital Direito.

Apesar de não haver diferenças significativas quando realizado o estudo do conjunto da coluna, ao realizar a comparação dos pedículos de cada vértebra entre os gêneros observou-se que nos pedículos axiais esquerdo e direito houve diferenças significativas nas vértebras T11, T12, L1, L2 e L3. Já no pedículo sagital esquerdo, observaram-se diferenças entre os gêneros nas vértebras T10, T11, T12, L1, L2 e L3, enquanto no pedículo sagital direito, as diferenças observadas foram nas vértebras T11, T12, L1 e L2. As médias e os desvios padrão dos pedículos em relação ao lado, vértebras e gênero estão descritos na tabela 2.

Tabela 2 – Médias \pm Desvios padrão dos pedículos axiais e sagitais, esquerdos e direitos das vértebras T9 a L5 dos sexos feminino e masculino. Significância estatística quando $p < 0,05$.

Vértebras	Sexo	Pedículo Axial Esquerdo			Pedículo Axial Direito			Pedículo Sagital Esquerdo			Pedículo Sagital Direito		
		Média	DP	P	Média	DP	p	Média	DP	p	Média	DP	P
T9	F	4,25	0,29	>0,05	4,55	0,45	>0,05	11,10	1,06	>0,05	10,64	1,09	>0,05
	M	5,03	1,00		5,26	1,29		12,61	1,36		12,15	1,49	
T10	F	5,20	0,73	>0,05	5,51	0,66	>0,05	12,08	1,67	<0,05	12,33	1,78	>0,05
	M	6,05	1,36		6,29	1,43		13,70	1,51		13,35	1,18	
T11	F	6,13	1,21	<0,05	6,13	0,96	<0,05	13,79	1,22	<0,05	14,05	1,19	<0,05
	M	7,18	1,44		7,22	1,65		14,86	1,57		15,18	1,45	
T12	F	6,32	1,37	<0,05	6,91	1,51	<0,05	14,04	1,23	<0,05	14,26	1,37	<0,05
	M	7,37	1,22		7,97	1,63		15,55	1,72		15,81	1,33	
L1	F	5,79	1,41	<0,05	6,26	1,58	<0,05	13,66	1,59	<0,05	13,27	1,97	<0,05
	M	7,05	1,55		7,56	1,74		15,30	1,45		15,14	1,27	
L2	F	6,09	1,52	<0,05	6,44	1,55	<0,05	12,65	1,74	<0,05	12,87	1,51	<0,05
	M	7,19	1,63		7,40	1,79		14,62	1,63		14,26	1,34	
L3	F	7,62	1,73	<0,05	8,11	1,80	<0,05	12,64	1,87	<0,05	13,15	1,59	>0,05
	M	8,96	1,81		9,32	1,70		13,77	1,34		13,58	1,61	
L4	F	10,21	1,72	>0,05	10,29	1,49	>0,05	11,97	1,14	>0,05	11,98	1,50	>0,05
	M	10,00	1,71		10,43	2,06		12,09	1,51		12,09	1,65	
L5	F	12,70	1,68	>0,05	13,19	1,36	>0,05	10,12	1,35	>0,05	10,20	1,41	>0,05
	M	14,36	2,38		14,45	2,27		11,00	1,86		10,81	1,73	

5.3 COMPARAÇÃO DOS PEDÍCULOS DE CADA VÉRTEBRA ENTRE OS GÊNEROS

Ao analisar os pedículos da vértebra T9, foi possível verificar que não houve diferença significativa entre os gêneros ($p>0,05$), apesar de ser observada a tendência de diferenciação entre as médias dos pedículos sagitais esquerdo e direito, sendo normalmente as medidas maiores no gênero masculino (fig. 17A).

Em relação aos pedículos da vértebra T10, foi possível verificar que não houve diferença significativa entre os gêneros ($p>0,05$), apesar de também ser observada a tendência de diferenciação entre as médias do pedículo sagital esquerdo. Contudo, na maioria das medidas os valores tendem a serem maiores no gênero masculino (fig. 17B).

Sobre os pedículos da vértebra T11, foi possível verificar que houve diferenças significativas entre os gêneros ($p<0,05$) nos pedículos axial esquerdo, axial direito, sagital esquerdo e sagital direito, sendo que em todos eles as médias foram significativamente maiores no gênero masculino (fig. 17C).

Sobre os pedículos da vértebra T12, foi possível verificar que também houve diferenças significativas entre os gêneros ($p<0,05$) nos pedículos axial esquerdo, axial direito, sagital esquerdo ($p=0,001$) e sagital direito ($p=0,0001$), sendo que em todos, as médias foram significativamente maiores no gênero masculino (fig. 17D).

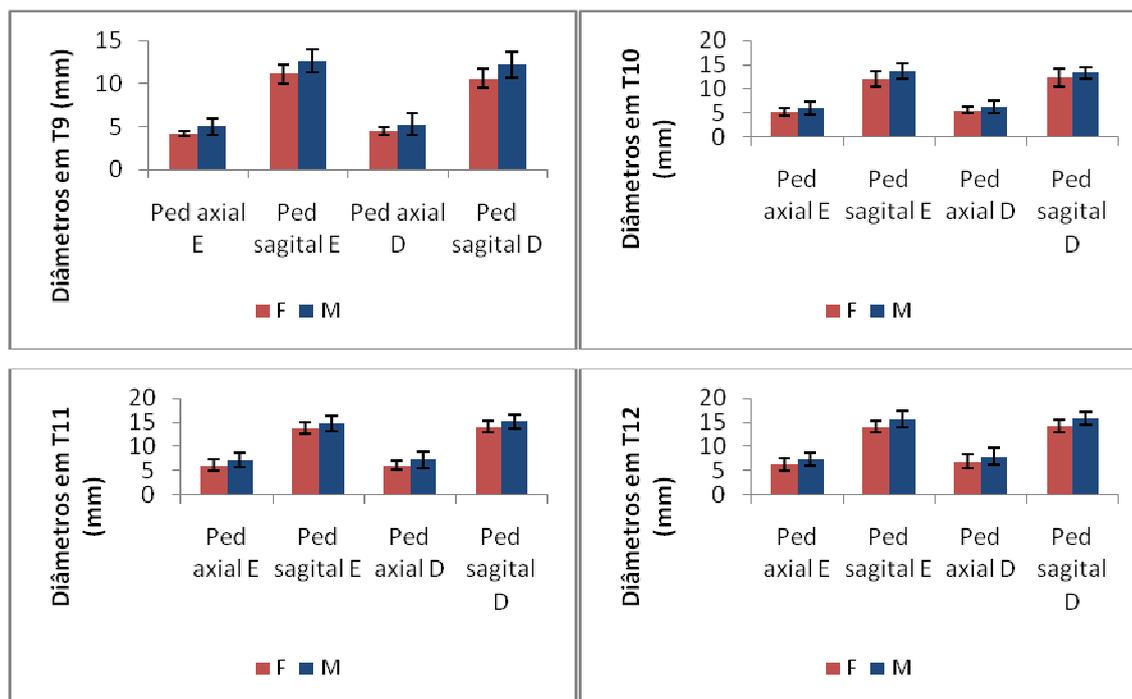


Figura 17 – Médias \pm Desvios padrão dos pedículos axial e sagital, esquerdos (E) e direitos (D) das vértebras T9 a T12 dos gêneros feminino e masculino.

Sobre os pedículos das vértebras L1 e L2, foi possível verificar que em ambas também houve diferenças significativas entre os gêneros ($p < 0,05$) nos pedículos axial esquerdo, axial direito, sagital esquerdo e sagital direito, sendo que em todos os pedículos as médias foram maiores no gênero masculino (figs. 18A e 18B).

Sobre os pedículos da vértebra L3, foi possível verificar que também houve diferenças significativas entre os gêneros ($p < 0,05$) nos pedículos axial esquerdo, axial direito e sagital esquerdo. O pedículo sagital direito foi considerado estatisticamente equivalente entre os gêneros (fig. 18C).

Ao analisar os pedículos da vértebra L5, foi possível verificar que não houve diferença significativa entre os gêneros ($p > 0,05$), apesar de ser observada a tendência de diferenciação entre as médias dos pedículos axiais esquerdos (fig. 18D).

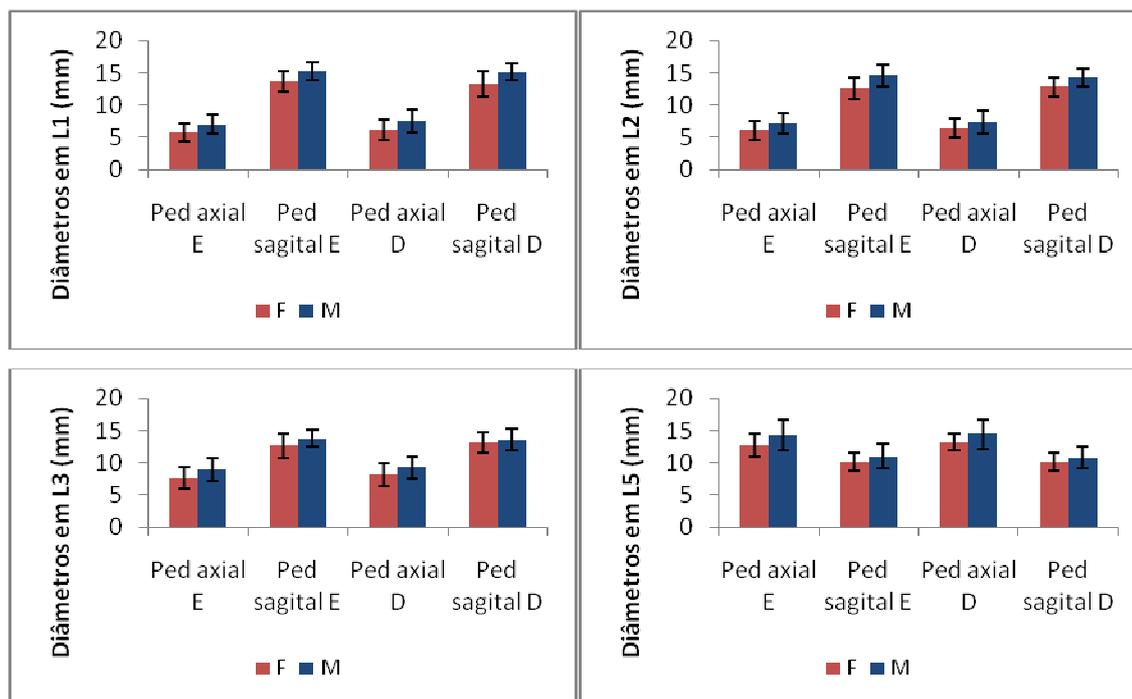


Figura 18 – Médias \pm Desvios padrão dos pedículos axial e sagital, esquerdos (E) e direitos (D) das vértebras L1, L2, L3 e L5 dos gêneros feminino e masculino.

Ao analisar os pedículos da vértebra L4, foi possível verificar que não houve diferença significativa entre os gêneros ($p > 0,05$) (fig. 19).

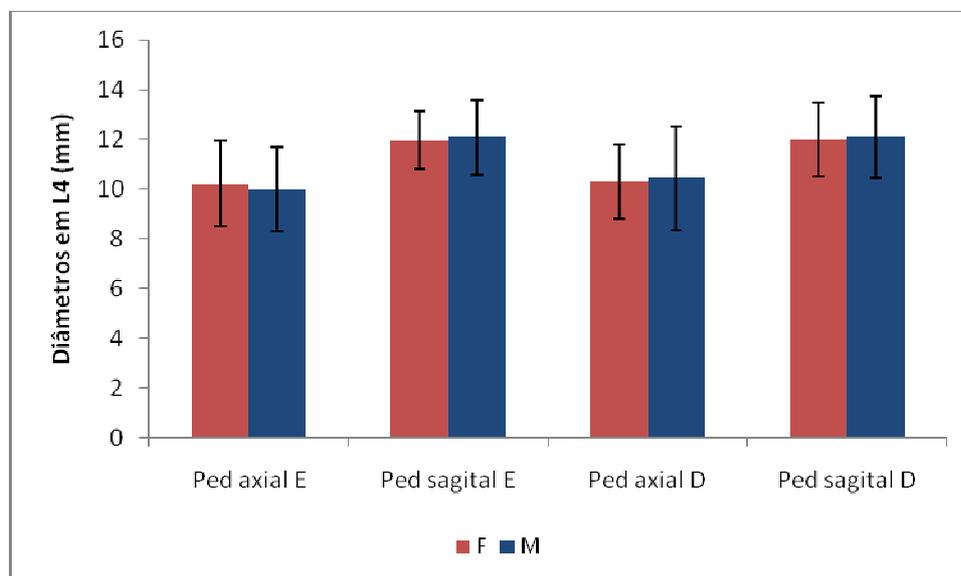


Figura 19 – Médias \pm Desvios padrão dos pedículos axial e sagital, esquerdos (E) e direitos (D) da vértebra L4 dos gêneros feminino e masculino.

5.4 SÍNTESE DOS RESULTADOS

A tabela 3 demonstra a síntese geral dos resultados obtidos.

Tabela 3 – Demonstração da síntese dos resultados obtidos

	RESULTADOS
Comparação dos pedículos entre as vértebras – Definição de padrões	<p>Pedículos axiais esquerdos e direitos</p> <ul style="list-style-type: none"> • equivalência entre T9 e T10 em ambos os lados, mas com as menores médias das medidas; • equivalência de medidas entre T11 a L2 nos pedículos axiais esquerdos, com médias intermediárias; • equivalência de medidas entre T12 a L2 nos pedículos axiais direitos, com médias intermediárias; • aumento gradativo das médias entre L3 e L5 em ambos os lados, com as maiores médias. <p>Pedículos sagitais esquerdos e direitos</p> <ul style="list-style-type: none"> • equivalência entre T9, T10 e L4 no lado esquerdo, evidenciando as menores médias; • equivalência entre T9 e L4 no lado direito, evidenciando as menores médias; • equivalência de T10, L2 e L3 em ambos os lados, evidenciando as médias intermediárias; • equivalência de T11, T12 e L1 em ambos os lados, evidenciando a curvatura fisiológica da coluna vertebral, apresentando as maiores médias; • L5 apresentou a menor média em ambos os lados.
Comparação geral dos pedículos das vértebras entre os gêneros	Não houve diferença estatística significativa ao longo das vértebras quando realizada a comparação entre os gêneros;
Comparação dos pedículos de cada vértebra entre os gêneros	<p>Pedículos axiais esquerdos e direitos</p> <ul style="list-style-type: none"> • T9, T10, L4 e L5 = equivalência estatística • T11, T12, L1, L2, L3 = significância estatística <p>Pedículos sagitais esquerdos</p> <ul style="list-style-type: none"> • T9, L4 e L5 = equivalência estatística • T10, T11, T12, L1, L2, L3 = significância estatística <p>Pedículos sagitais direitos</p> <ul style="list-style-type: none"> • T9, T10, L3, L4, L5 = equivalência estatística • T11, T12, L1, L2 = significância estatística

6 DISCUSSÃO

Vários estudos anatômicos documentaram a grande variabilidade da anatomia pedicular em relação aos seus diâmetros (BRITO, SOUZA E MONTE FILHO, 2003; CRHISTODOULOU *et al.*, 2005; HUSTED *et al.*, 2004). Do ponto de vista morfológico o pedículo tem sido a porção da vértebra mais estudada, devido às suas vantagens biomecânicas para a ancoragem de implantes (DEFINO *et al.* (1996, 1997). Algumas diferenças tem sido observadas entre as dimensões dos pedículos vertebrais em diferentes populações estudadas. Mitra, Datir e Jadhav (2002) demonstraram uma diferença entre os achados dimensionais de pedículos vertebrais lombares de uma população indiana comparado-os com os de uma população branca estudada por Olsewski *et al.*, em 1990. Em outra comparação dos seus achados com os de Tan, Teo e Chua (2004), na população chinesa, os autores não observaram as mesmas diferenças observadas em relação à raça branca. Esta constatação e a relativa insuficiência de informações na população brasileira, serviram de estímulo à realização do presente trabalho.

6.1 MEDIDAS DOS PEDÍCULOS ENTRE AS VÉRTEBRAS

Ao realizar a comparação das medidas dos pedículos entre as vértebras, foi possível a definição de alguns padrões. Quando analisados os pedículos axiais (largura) verificou-se um aumento progressivo dos seus valores de T9 a L5, sendo que as menores medidas são observadas em T9 e T10 (T9 – $4,25 \pm 0,29$; T10 – $5,20 \pm 0,73$ mm), as medidas intermediárias foram observadas entre T11 e L2 (T11 – $6,13 \pm 1,21$; T12 – $6,32 \pm 1,37$; L1 – $5,79 \pm 1,41$; L2 – $6,09 \pm 1,52$) e as maiores, entre L3 a L5 (L3 – $8,96 \pm 1,81$; L4 – $10,21 \pm 1,72$; L5 – $14,36 \pm 2,38$).

Estes achados estão em concordância com outras observações da literatura. Cinotti *et al.* (1999), em estudo da morfometria pedicular na população italiana, observaram que os pedículos axiais torácicos apresentaram variação conforme o nível estudado, sendo o menor diâmetro observado em T6 (média 4,3 mm) e o maior em T12 (média de 7,8 mm). A orientação pedicular (que foi estudada pelo ângulo do pedículo) também demonstrou diferenças significativas

de T4 a T6 e de T10 a T12. Contudo, esta diferença não foi significativa entre T6 - T10. Estes resultados, segundo os autores, reforçam a opinião de que o diâmetro do pedículo axial deve ser mensurado antes da cirurgia por meio de TC, pois a largura do pedículo pode variar significativamente, havendo necessidade de adequação do diâmetro dos parafusos a serem inseridos.

Ainda em estudo sobre as medidas axiais dos pedículos torácicos, Chaynes, Vaysse e Lagarrigue (2001) verificaram que estas medidas tiveram um valor médio de 7,2 mm (variação de 5,3 a 13,7 mm), sendo maior nas extremidades da coluna torácica. Estes mesmos autores relataram que a coluna torácica e lombar pode ser dividida em regiões distintas, nomeadas como regiões de transição cervico-torácica, toracolombar e lombo-sacra, e as regiões torácica média e lombar média. O diâmetro pedicular axial é maior nas três regiões de transição e menores nas duas regiões médias, torácica e lombar.

As dimensões encontradas em relação aos pedículos axiais no presente estudo são concordantes também com os estudos de Zindrick *et al.* (1987) e Panjabi *et al.* (1992), realizados na população branca européia.

Husted *et al.* (2004) realizaram a medição das vértebras torácicas por TC em cadáveres norte-americanos e também observaram que os menores valores dos pedículos axiais encontram-se em nível de T4 - T9, sendo, algumas vezes, necessária a utilização de parafusos com diâmetros inferiores a 5 mm.

Ugur *et al.* (2001) descrevem medidas dos pedículos axiais torácicos variando de 2,9 a 11,4 mm. Para estes autores, a iatrogenia cirúrgica acontece com freqüência muito maior do que a relatada na literatura. A ocupação de mais de 80% do diâmetro axial do pedículo pelo parafuso representa aumento considerável do risco de fratura dessa estrutura. Os autores enfatizaram a necessidade de cautela na fixação do parafuso pedicular na região torácica devido aos riscos eminentes para as raízes nervosas, o saco dural, as estruturas vasculares, a pleura e, principalmente, para a medula espinhal.

No trabalho realizado em uma amostra da população grega, Christodoulou *et al.* (2005) identificaram o menor diâmetro axial entre T4 -T7, porém, medidas inferiores a 6 mm também foram encontradas em menor percentual nos níveis T2, T3, T8 e T9. Os autores mencionam que parafusos de 5 mm de diâmetro podem ser aplicados seguramente em T1, T2 e abaixo de T9, mas os níveis entre T3 - T8

devem ser analisados para a necessidade eventual de uma instrumentação com parafusos ainda menores.

No Brasil, Defino e Mauad Filho (1999) apresentaram um estudo em que o diâmetro axial do pedículo, a partir de T9 até L5, mostrou um aumento progressivo dos valores. Os maiores valores foram observados no nível de L5, com média de 9,5 mm, enquanto no presente estudo a média geral foi de 13,7 mm. A justificativa para tal diferença possivelmente está relacionada ao n amostral, uma vez que os autores acima citados realizaram um estudo com 17 colunas vertebrais de cadáveres adultos, enquanto na atual pesquisa foram avaliados 94 adultos por meio de tomografias computadorizadas.

Na amostra do presente estudo não foram avaliadas as vértebras T1 a T8. A tendência observada, de aumento progressivo de T9 a L5, deve ser entendida como específica para esta área, não cabendo uma generalização para as vértebras superiores, que, aqui, não foram analisadas. Contudo, vale ressaltar que entre L1 e T12 a diferença é de -0,47 mm, ou seja, há uma diminuição da média de L1 em relação a T12; entre L2 e L1 há uma estabilidade das médias, sendo a diferença de apenas 0,12 mm. Após L2, há a continuidade do aumento progressivo das medidas até L5. (tab. 4).

Tabela 4 – Diferenças entre as médias dos diâmetros axiais dos pedículos toracolombares

Diferença dos Diâmetros Axiais	
T10 - T9	0,99
T11 - T10	0,90
T12 - T11	0,48
L1 - T12	-0,47
L2 - L1	0,12
L3 - L2	1,72
L4 - L3	1,73
L5 - L4	3,44

No presente estudo, nas vértebras lombares, a média das medidas dos pedículos axiais mostrou uma variação de 5,8 a 14,5 mm. Foi observado um aumento linear, iniciando em L1, a qual apresentou média de 6,7 mm (limites de 3,2 a 10,6 mm), atingindo em L5 a média de 13,7 mm (limites de 9,4 a 19,1 mm).

Chaynes, Vaysse e Lagarrigue (2001) observaram que a largura decresceu na parte superior da coluna lombar (L1 e L2), com um mínimo em L2 (média 6,4 mm; variação 5,2 a 9,5 mm). A partir de L2, a largura pedicular cresceu linearmente até um máximo em L5, apresentando nesta última uma média 14,4 mm, com variação 9,1 a 17,8 mm.

Embora Sugisaki et al (2009) tenham relatado que o pedículo lombar é conhecido como sendo elíptico em sua secção transversal e ligeiramente inclinado no plano vertical, nos níveis lombares inferiores, Defino e Vendrame (2007), referiram-no como apresentando um formato oval, apresentando um diâmetro maior (sagital, craniocaudal ou vertical) e um menor (axial, látero-lateral ou horizontal). Para estes autores, os pedículos da região lombar apresentam forma oval e a espessura do osso cortical que o reveste não apresenta espessura homogênea, sendo mais espesso no lado medial. Os pedículos apresentam aumento da sua área no sentido craniocaudal, mas a proporção entre o conteúdo de osso esponjoso e cortical permanece constante.

No presente estudo, as medidas dos pedículos sagitais das vértebras torácicas (T9 a T12) evidenciaram valores que variaram entre 10,6 e 15,8 mm. Já os valores dos pedículos sagitais das vértebras lombares variaram entre 10,1 a 15,3 mm. Brito, Souza e Monte Filho (2003) verificaram aumento das medidas dos pedículos sagitais, de T1 a T12 ($8 \pm 0,4$ a $16 \pm 0,6$ mm respectivamente). Defino e Mauad (1999) verificaram que o diâmetro máximo do pedículo sagital aumenta progressivamente a partir de T1, passando a diminuir a partir de T12 até o nível de L4, com nova elevação do valor médio em L5. Na presente pesquisa, diferente da anterior, observou-se a constante diminuição dos valores médios até L5.

Para Chaynes, Vaysse e Lagarrigue (2001) o pedículo sagital aumenta gradualmente de T1 a L5. Estes autores citam ainda que a medida dos pedículos sagitais aumentou cerca de 1 mm por nível vertebral entre T8 a L1. Este padrão não foi observado no presente estudo, uma vez que entre T10 e T9 o aumento foi de 1,24 mm, com um máximo de diferença entre T11 e T10 (1,60 mm). A diferença entre T12 e T11 passou a ser de 0,45 mm e de L1 e T12 de -0,57 (ou seja, com diminuição da média em L1) (tab. 5).

As dimensões decresceram na direção caudal, com um mínimo em L3 (média 14,4; variação de 12,42 a 18,17 mm), aumentando então até L5 (média de

14,93 mm; variação de 12,1 a 18,14 mm) (Chaynes, Vaysse e Lagarrigue (2001). Entretanto, tal fato não foi observado na presente pesquisa, sendo verificada a diminuição constante dos diâmetros sagitais de T12 a L5.

Tabela 5 – Diferenças entre as médias dos diâmetros sagitais dos pedículos toracolombares

Diferença dos Diâmetros Sagitais	
T10 - T9	1,24
T11 - T10	1,60
T12 - T11	0,45
L1 - T12	-0,57
L2 - L1	-0,74
L3 - L2	-0,31
L4 - L3	-1,25
L5 - L4	-1,50

Tan, Teo e Chua (2004) constataram um aumento progressivo das medidas dos pedículos sagitais de L1 até L4, seguido de uma redução dos valores na vértebra L5, o que difere dos valores observados na presente pesquisa.

A tabela 6 sintetiza as variações de medidas dos diâmetros dos pedículos axiais e sagitais de diferentes países do mundo.

Tabela 6 – Variação de medidas máximas e mínimas dos diâmetros axiais e sagitais dos pedículos observados por vários autores, em diferentes populações do mundo

População estudada	Variação dos Diâmetros Axiais dos Pedículos das Vértebras Toracolombares	Variação dos Diâmetros Sagitais dos Pedículos das Vértebras Toracolombares
EUA (Husted <i>et al.</i>, 2004)	5,2 a 14,45 mm	13,5 a 17,5 mm
Brasil (Brito, Souza e Monte Filho, 2003)	7,5 a 12,1 mm	8,0 a 16,0 mm
França (Chaynes, Vaysse e Lagarrigue, 2001)	5,26 a 13,72 mm	10,3 a 19,9 mm (T3 a T12)
Grécia (Christodoulou <i>et al.</i>, 2005)	5,09 a 13,61 mm	11,37 a 17,20 mm
China (Hou, Hu e Shi, 1993)	6 a 8,8 mm*	12,5 a 17,1 (T9 a T12)
Itália (Cinotti <i>et al.</i> 1999)	3,00 a 11,00 mm	X
Índia (Datir e Mitra, 2004)	4,7 a 8,7 mm*	9,4 a 18,7 mm
Turquia (Ugur <i>et al.</i>, 2001)	4,4 a 7,9 mm*	8,0 a 16,9 mm
Coréia (Kim <i>et al.</i>, 1994)	4,2 a 8,1 mm*	X
Polônia (Kaptanoglu <i>et al.</i>, 2009)	5,51 a 11,416 mm	8,31 a 16,538 mm
Presente estudo**	4,25 a 14,45 mm	10,12 a 15,30 mm

* apenas medidas de vértebras torácicas

** vértebras torácicas de T9 a T12 e vértebras lombares

Esta análise permite supor que a maioria das populações ocidentais apresenta médias do diâmetro axial maiores do que as das populações orientais (fig. 20).

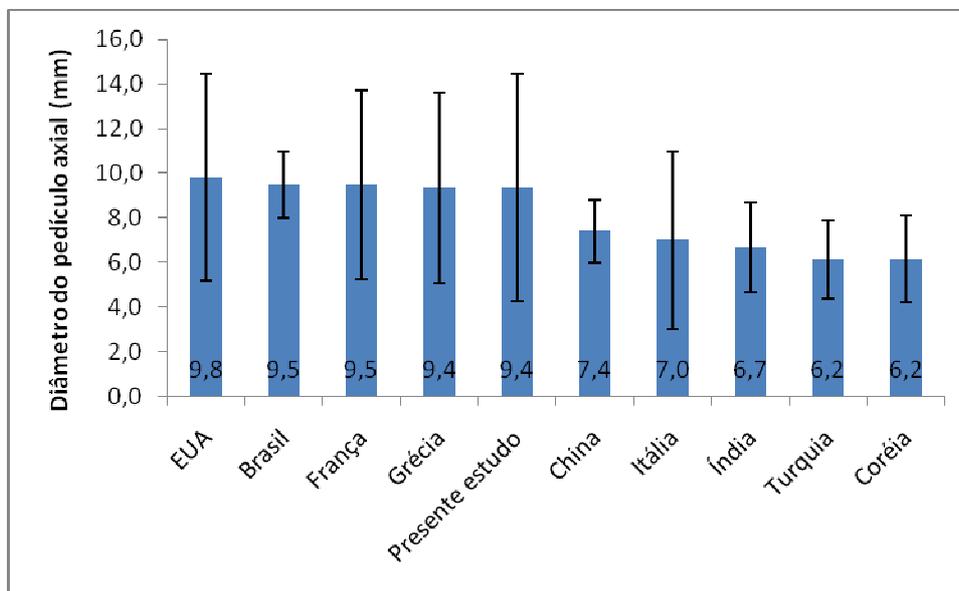


Figura 20 – Média e desvio padrão dos diâmetros axiais dos pedículos de populações de diferentes países com base na literatura acadêmica. Dados compilados de Husted *et al.* 2004; Brito Souza e Monte filho, 2003; Chaynes, Vaysse; Lagarrigue, 2001; Christodoulou *et al.* 2005; Kaptanoglu *et al.* 2009; Hou, Hu; Shi, 1993; Cinotti *et al.* 1999; Datir e Mitra, 2004; Ugur *et al.* 2001; Kim, Lee e Chuang, 1994.

Contudo, o padrão anteriormente demonstrado não foi observado para os diâmetros sagitais, uma vez que as populações americana, francesa e grega agruparam-se com a população oriental chinesa e tem pouca diferença para a população indiana (fig. 21).

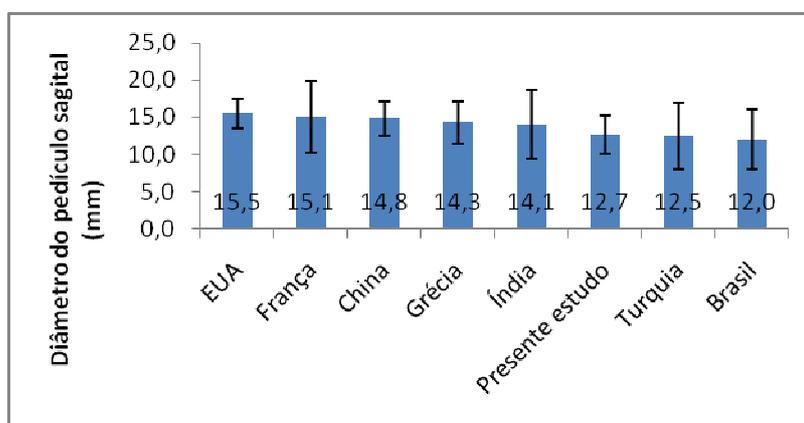


Figura 21 – Média e desvio padrão dos diâmetros sagitais dos pedículos de populações de diferentes países com base na literatura acadêmica. Dados compilados de Husted *et al.* 2004; Chaynes, Vaysse e Laarrigue, 2001; Hou, Hu e Shi, 1993; Christodoulou *et al.* 2005; Datir e Mitra, 2004; Kaptanoglu *et al.*, 2009; Ugur *et al.*, 2001 e Brito, Souza e Monte Filho, 2003.

Estas observações permitem supor que nas populações orientais (Chineses, Indianos e Turcos) existe uma assimetria maior em relação a morfometria dos diâmetros sagital e axial dos pedículos. Possivelmente, esta assimetria se reflita numa morfologia do pedículo com um formato mais alongado no sentido supero-inferior nestas populações. As medidas nas populações ocidentais analisadas (americanos, franceses, gregos e brasileiros) mostram-se mais simétricas em relação aos diâmetros sagital e axial, sugerindo uma morfologia mais próxima de uma circunferência para o pedículo. O cálculo da diferença das médias dos diâmetros axial e sagital, representado na figura 22, elucida este raciocínio.

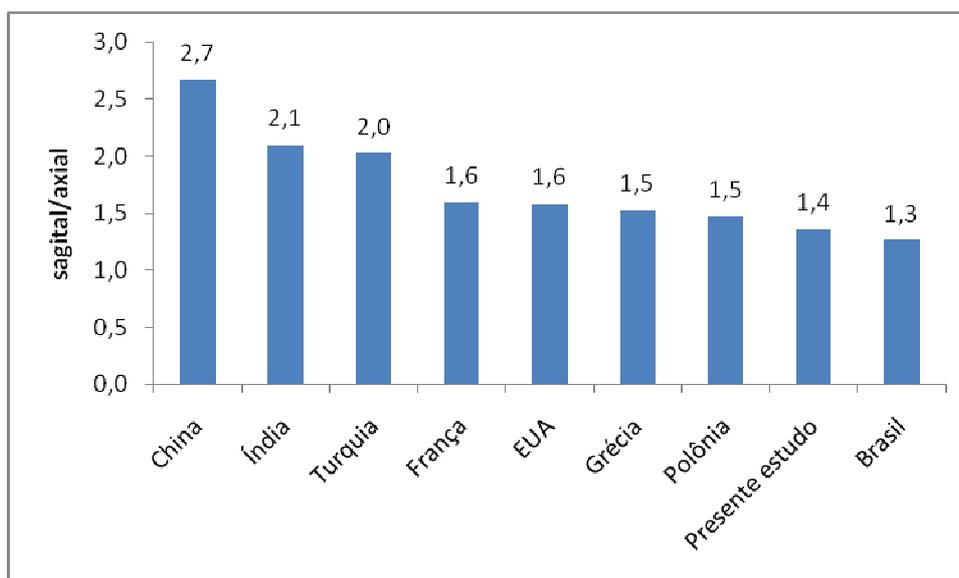


Figura 22 – Razão entre as médias dos diâmetros dos pedículos axiais e sagitais dos países com base na literatura acadêmica. Dados compilados de Hou, Hu e Shi, 1993; Datir e Mitra, 2004; Ugur *et al.*, 2001; Husted *et al.*, 2004; Chaynes, Vaysse e Lagarriue, 2001; Christodolou *et al.*, 2005; Kaptanoglu *et al.*, 2009; Brito, Souza e Monte Filho, 2003.

6.2 COMPARAÇÃO DOS DIÂMETROS DOS PEDÍCULOS DE CADA VÉRTEBRA ENTRE OS GÊNEROS

No presente estudo, a comparação entre os lados também não evidenciou diferenças significativas, porém ao se comparar cada uma das vértebras entre os gêneros, as médias das medidas dos pedículos axiais foram maiores em ambos os lados dos homens, nas vértebras T11, T12, L1, L2 e L3 ($p < 0,05$). Já os pedículos sagitais foram maiores no gênero masculino, nas vértebras T11, T12, L1 e L2 em ambos os lados, e nas vértebras T10 e L3 no lado esquerdo.

Estas informações são corroboradas pelos dados obtidos por Ofiram *et al.* (2007), em que as médias das espessuras dos pedículos também foram significativamente maiores nos homens do que nas mulheres. Estas apresentaram maior probabilidade de possuir pedículos com menos de 5 mm. A diferença entre os gêneros foi de aproximadamente de 1 mm na área torácica inferior e houve uma diferença ligeiramente maior na área lombar superior, com L2 apresentando a maior diferença (1,3 mm).

Ugur *et al.* (2001) demonstraram diferenças estatísticas significativas entre os gêneros nas vértebras T3, T6 e T12. No presente estudo, as vértebras T3 e T6 não foram analisadas, contudo a vértebra T12 também apresentou suas maiores medidas no gênero masculino.

Mitra, Datir e Jadhav (2002) observaram que os valores de medidas lineares foram menores no gênero feminino em todos os níveis estudados (L1 – L5) e que o diâmetro sagital nos homens decaiu gradualmente de L1 – L4 e aumentou novamente em L5 (15,68 em L1 e 4,79 em L4). Este fato não foi observado na presente amostra, em que os homens apresentam o decréscimo constante das medidas dos pedículos sagitais das vértebras lombares. Em relação ao diâmetro transversal houve um aumento gradual de L1 a L5 em ambos os gêneros, corroborando, portanto, com os dados da presente pesquisa.

Já em relação ao diâmetro axial dos pedículos, foi possível verificar um aumento gradativo das medidas ao longo das vértebras L1 a L5, corroborando com o fato observado por Scoles *et al.* (1988), que relataram que a média do

diâmetro mínimo do pedículo aumentou de L1 até L5, com valores mínimos variando de 3,8 em L1 até 8,1 mm em L5 nas mulheres e 6 mm a 6,4 mm entre os homens.

6.3 CONSIDERAÇÕES ANATÔMICAS PARA A TOMADA DE DECISÃO NOS PROCEDIMENTOS CIRÚRGICOS

No presente estudo verificou-se 3 particularidades:

- 1) Houve diferença entre os diâmetros axial e sagital das vértebras ao longo de T9 a L5;
- 2) Houve diferença significativa dos diâmetros axial e sagital de cada vértebra entre os gêneros;
- 3) Houve diferença entre os diâmetros aqui relatados e outras populações estudadas.

Levando em consideração esta sequência de evidências, primeiramente será discutido sobre a importância da morfometria dos pedículos ao longo das vértebras. Ofiram *et al.* (2007) afirmaram que o conhecimento da morfometria do pedículo é mandatório para assegurar a inserção de um parafuso com segurança, principalmente no istmo, pois é a principal restrição para a inserção. Quanto maior o diâmetro e o comprimento do pedículo maior será a força de fixação. Os cirurgiões normalmente escolhem o maior diâmetro possível do parafuso para um determinado nível. Os parafusos pediculares lombares são os mais aceitos quase não existindo relutância em usá-los. No entanto, os mesmos autores afirmam que ainda existe uma controvérsia considerável em relação à segurança e utilidade desses parafusos, sendo que as técnicas descritas trazem aproximadamente uma taxa de 40% de má colocação.

Embora não tenham sido aplicados em pacientes reais, os estudos de Defino e Shimano (2001) concluem que a experiência em protótipo de sistema de fixação vertebral serve para mostrar a necessidade do aperfeiçoamento do sistema de fixação de parafusos em cirurgias da coluna vertebral, o qual só pode ser realizado com o maior aprofundamento da morfometria das vértebras em relação às distintas populações mundiais.

A utilização clínica de valores obtidos em estudos morfométricos deve ser feita com muita cautela para evitar complicações cirúrgicas. Os valores obtidos em estudos morfométricos são considerados de grande valia clínica, considerando-se o comportamento dos parâmetros e a variação de seus valores individuais nos diferentes segmentos da coluna torácica e lombar (DEFINO e MAUAD FILHO, 1999).

Segundo Chaynes, Vaysse e Lagarrigue (2001) se o parafuso pedicular ultrapassar o forâmen intervertebral pode causar lesão no nervo espinhal ou rutura do pedículo e instabilidade, se o parafuso não cruzar todo o pedículo. Parent *et al.* (2002) sugerem cuidados no uso de parafusos pediculares na coluna torácica na concavidade das curvas escolióticas, com deformidades de moderada a severa.

Quando são realizadas fixações de parafusos transpediculares ao nível médio torácico, deve-se tomar cuidado especial, pois existe um alto risco de violação da parede medial. Nessas circunstâncias a fixação de parafusos pediculares deve ser encarada como um tratamento alternativo (KIM *et al.*, 2009).

Em relação às evidências observadas aos gêneros, Dhawan, Klemme e Polly (2008) alegaram que os valores de influenciam na precisão da inserção do parafuso incluem características específicas do paciente, tais como altura, região da coluna e a presença de deformidades. Estes fatores podem afetar as dimensões e a morfologia do pedículo. Uma vez que características como altura e peso também estão relacionadas ao gênero, pode-se levantar a hipótese de que a análise morfométrica também deve ser diferenciada entre homens e mulheres.

Quando se leva em consideração a diferença entre as distintas populações, os estudos de Abuzayed *et al.* (2010) mostraram que o diâmetro axial do pedículo foi maior em L5 (14,95 mm) e menor em C3 (5,1 mm). O diâmetro sagital do pedículo foi maior em L5 (19,9 mm) e menor em T10 (15,7 mm) para uma população turca, sendo um dos trabalhos aqui citados com uma das maiores medidas observadas. Estes autores abordaram principalmente o fato destas medidas serem diferentes em relação a estudos realizados principalmente em populações de caucasianos. Desta forma, enfatiza-se a importância da TC pré-operatória e da radiografia convencional de cada paciente, levando-se em consideração sua etnia, para assim melhor planejar um procedimento cirúrgico, e

a seleção das dimensões adequadas dos instrumentos, evitando possíveis complicações pós-operatórias relacionadas a implantes.

Nesta discussão foi levantada a hipótese de que populações orientais apresentam um pedículo mais estreito - com menor medida do diâmetro axial -, e mais longo - com maior medida do diâmetro sagital -, caracterizando, assim, um pedículo mais oval. Já as populações ocidentais apresentam uma menor diferença entre estes diâmetros, caracterizando, portanto, pedículos mais próximos a uma circunferência, apesar de ainda serem considerados ovalados, conforme descrito por Defino e Vendrame (2007).

Uma vez apresentada esta hipótese, sugere-se que em pacientes de origem oriental apresentem um menor ângulo para a inserção do parafuso, tornando-se um procedimento que exige maior cautela e, portanto, um maior rigor na análise prévia das imagens pediculares. Já aqueles pacientes de origem ocidental, por apresentarem seus pedículos mais próximos a uma circunferência, teriam um maior ângulo para a inserção do parafuso pedicular, propiciando um menor risco de fratura do pedículo durante cirurgia. Contudo, a exigência de análises de imagens por TC ainda assim é necessária.

Para utilizar o sistema de neuronavegação, considera-se necessário conhecer a anatomia da vértebra e do pedículo, bem como características do paciente para assim aplicar uma técnica segura de inserção. Além disso, é necessária a identificação precisa do ponto de entrada do parafuso, a correta angulação no plano transversal e sagital, a preparação segura do túnel piloto e adequada profundidade do parafuso. Zheng *et al.* (2009) afirmaram que o sucesso da fixação dos parafusos durante o procedimento cirúrgico requer uma melhor compreensão da morfologia, levando-se em consideração a precisão das medidas do diâmetro, comprimento e direção dos pedículos baseadas em análises de imagens de tomografias computadorizadas.

7 CONCLUSÕES

No presente estudo, chegou-se a conclusão de que os valores dos diâmetros axiais das vértebras toracolombares (T9-L5) variaram de 4,2 a 14,4 mm. Os diâmetros sagitais variaram de 10,6 a 15,8 mm.

As vértebras toracolombares mostraram um aumento gradativo dos diâmetros axiais de T9 a T11, valores equivalentes entre T11 e L2 e um aumento gradativo dos diâmetros de L3 a L5.

Verificou-se uma constante diminuição dos diâmetros sagitais de T12 a L5, com um aumento de 1,24 mm entre T9-T10; 0,45 mm entre T12 e T11 e de -0,57 mm entre L1 e T12.

A variabilidade das dimensões dos pedículos ao longo da porção da coluna vertebral analisada (T9-L5) seguiu um mesmo padrão, tanto em homens como em mulheres. Porém, os valores médios observados foram significativamente diferentes, sendo que os homens apresentaram suas medidas maiores do que as mulheres.

Existiram evidências de diferenças em relação às medidas dos diâmetros axiais entre as populações descritas na literatura, sendo que em indivíduos orientais se observa valores menores que em ocidentais. Esta diferença não é constatada para as medidas sagitais, o que permite inferir uma morfologia mais alongada no sentido sagital para a raça oriental.

Sugere-se para futuros trabalhos que a medição do ângulo do pedículo seja analisada, visto que se trata de uma medida que pode apresentar diferenças e interferir no processo cirúrgico. Outra sugestão é a análise da relação entre o diâmetro das vértebras e a incidência de parafusos incorretamente posicionados ou com ruptura dos pedículos.

REFERÊNCIAS

ABUZAYED, B.; TUTUNCULER, B.; KUCUKYURUK, B.; TUZGEN, S. Anatomic basis of anterior and posterior instrumentation of the spine: morphometric study. **Surg Radiol Anat (Surgical and radiologic anatomy: SRA)**, v. 32, n. 1, p. 75-85, 2010.

ALCORTA, S.; SALVAT, J.; SALABERRY, J. C.; CERVIO, A.; POMATA, H.; URBINA, C.; PIROLO, G.; FUSTER, C. Neuronavegación em cirurgias intracraneales. **Revista Argentina de Neurocirurgia**, v.17, n.3, p.174-77, 2003.

AUMUELLER, G.; AUST, G.; DOLL, A.; ENGELE, J.; KIRSCH, J.; MENSE, S.; REIBIG, D.; SALVETTER, J.; SCHMIDT, W.; SCHMITZ, F.; BAROWSKI, S. K.; WOLFF, W.; WURZINGER, L.J.; ZILCH, H.G. **Anatomia**. Rio de Janeiro: Guanabara-koogan, 2009.

BARROS Fº, T.E.P. **Coluna vertebral**: diagnóstico e tratamento das principais patologias. São Paulo: Sarvier, 1995. cap. 18, p. 139.

BIENFAIT, Marcel. **Os desequilíbrios estáticos**: Fisiologia, patologia e tratamento fisioterápico. São Paulo: Summus Editorial, 1995.

BRITO, J.N.P.O.; SOUZA, E.B.; MONTE Fº, M. Estudo anatômico experimental em vértebras torácicas na determinação das medidas axiais e sagitais dos pedículos e angulações do parafuso-transpedicular para fixação da coluna vertebral. **Anais da Faculdade de Medicina da Universidade Federal de Pernambuco**, v. 48, p. 07-10, 2003.

CARDOSO, M.J.; DMITRIEV A. E.; HELGESON M.; LEHMAN R. A.; KUKLO T. R.; ROSNER M. K. Does superior-segment facet violation or laminectomy destabilize the adjacent level in lumbar transpedicular fixation? An *In vitro* human cadaveric assessment. **Spine**, v. 33, n. 26, p. 2868-2873, 2008.

CASTILLA, J. M; MARTÍN. V.; ARCONADA O.; DELGADO P.; SALAZAR A. R. Primeiros passos em neuronavegación. **Neurocirugía**, v. 14, p. 398-408, 2003.

CASTRO, W.; HALM, H.; JEROSCH, J. Accuracy of pedicle screw placement in lumbar vertebrae. **Spine**, v. 22, p. 452-458, 1997.

CHAYNES, P.; SOL, J. C.; VAYSSE, J. B.; LAGARRIGUE, J. Vertebral pedicle anatomy in relation to pedicle screw fixation: a cadáver study. **Surgical Radiologic Anatomy**, v. 23, p. 85-90, 2001.

CHRISTODOULOU, A.G. APOSTOLOU T.; PLOUMIS A.; TERZIDIS I.; HANTZOKOS I.; POURNARAS J. Pedicle dimensions of the thoracic and lumbar vertebrae in the greek population. **Clinical Anatomy**, v.18, p. 404-408, 2005.

CINOTTI, G. STEFANO G.; MAURIZIO R.; FRANCO P. Pedicle instrumentation in the thoracic spine: A morphometric and cadaveric study for placement of screws. **Spine**, v. 24, p. 114-119, 1999.

CRENSHAW, A. H. **Cirurgia ortopédica de Campbell, vol.5**. São Paulo: Manole, 1997. cap. 81, p. 3855.

DÂNGELO, J. G.; FATTINI, C. A. **Anatomia básica dos sistemas orgânicos**. São Paulo: Atheneu, 2004. cap. 19, p. 375.

DATIR, S.P.; MITRA, S.R. Morphometric study of the thoracic vertebral pedicle in an Indian population. **Spine**, v. 29, n. 11, p. 1174-1181, 2004.

DEFINO, H.L.; MORO C. A.; FUENTES A. E. R.; PAULIN J. B. P. Avaliação da angulação dos parafusos e utilização do estabilizador transversal na estabilidade do sistema de fixação pedicular. **Revista Brasileira Ortopédica**, v. 31, n. 11, p. 295-230, 1996.

DELFINO, H.L.; TREJO R. A; SERBINO J.W. FUENTES A. E. R. Fixação pedicular: determinação experimental do ponto de introdução e perfuração. **Revista Brasileira Ortopédica**, v. 32, n. 1, p. 51 - 58 1997.

DEFINO, H.L.A. e MAUAD FILHO, J. Estudo morfométrico do pedículo das vértebras torácicas e lombares. **Revista Brasileira de Ortopedia e Traumatologia**, v. 34 n. 2 pp. 97-108, 1999.

DEFINO, H.L.A.; SHIMANO, A.C. Ensaios mecânicos de um sistema de fixação pedicular com barra transversal. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 9, n. 4, pp.14-20, 2001.

DEFINO, H.L.A.; VENDRAME, J.R.B. Estudo Morfométrico do pedículo das vértebras lombares. **Acta Ortopédica Brasileira**. v. 15, n. 4, pp.183-186, 2007.

DHAWAN, A.; KLEMME, W.R.; POLLY, D.W. Thoracic Pedicle Screws. Comparison of Start Points and Trajectories. **Spine**, v. 33, n. 24, p. 2675-81, 2008.

GOOS, C.M. **Gray's anatomy**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. cap. 4, p. 83.

GREENBERG, M. S. Thoracolumbar spine fractures. In: M. S. Greenberg (Ed.). Handbook of Neurosurgery. Lakelnd, Florida: Greenberg Graphics Inc, v.2, 1997. Thoracolumbar spine fractures, p.784

HAAKER R.G; EICHHOFF U.; SCHPPHOFF E.; STEFFEN R.; JERGAS M.; KRAMER J. Verificationof the position of pedicle screws in lumbar spinal fision. *Eur Spine J*, v. 6, p. 125-128, 1997.

HOU, S.; HU, R.; SHI, Y. Pedicle morphology of the lower thoracic and lumbar spine in a Chinese population. **Spine**, v. 18, p. 1850-1855, 1993.

HUSTED, D.S.; HAIMS, A. H.; FAIRCHILD, T. A.; KERSHAW, T. S.; YUE, J. J. Morphometric comparison of the pedicle rib unit to pedicles in the thoracic spine. **Spine**, v. 29, n. 2, p. 139-146, 2004.

IUTAKA, A.S.; NARAZAKI D.K.; SANTIAGO A.S.; MARCON R.; CRISTANE A.F.; OLIVEIRA R.P.; BARROS FILHO T.E.P. Estudo do posicionamento dos parafusos pediculares no tratamento das fraturas da coluna toracolombar. **Acta Ortopédica Brasileira**. São Paulo, v. 14, n. 5, p. 261-263, 2006.

JURATLI S.M.; MIRZA S. K.; FULTON-KEHOE. D.; WICKIZER T. M. ; FRANKLIN G. M. Mortality After Lumbar Fusion Surgery. **Spine**, v. 34, n. 7, p. 740-747, 2009.

KAPTANOGLU E, CEMIL B, GURCAY AG, TUN K, CEVIRGEN B. Morphometric characteristics of the inner and outer diameter of lumbar pedicles on computed tomography. **Neurologia i neurochirurgia polska**, v. 43, n. 6, p. 533-537, 2009.

KIM, J.H., LEE, H.M.; CHUNG, I.B. Morphometric study of the pedicles of thoracic and lumbar vertebrae in Koreans. **Spine**, v. 18, p. 1850-1855, 1994.

KIM, JH.; CHOI, GM; CHANG, IB; AHN, SK; SONG, JH; CHOI, HC. Pedicular and extrapedicular morphometric analysis in the Korean population: computed tomographic assessment relevance to pedicle and extrapedicle screw fixation in the thoracic spine. **J Korean Neurosurg Soc (Journal of Korean Neurosurgical Society)**, v. 46, n. 3, p. 181-188, 2009.

LANDIS J.R., KOCH G.G. The measurements of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, p. 159-174, 1977.

LIAU K. M.; YUSOF M. I.; ABDULLAH M.S.; ABDULLAH S.; YUSOF A. H. Computed Tomographic Screw Fixation of Thoracic Pedicle. **Spine**, v. 31, n. 16, p. 545-550, 2006.

LIEN S. B.; LIOU N. H.; WU, S.S. Analysis of anatomic morphometric of the pedicles and teha safe zone for through-pedicle procedures in the thoracic and lumbar spine. **Eur Spine J.**, v. 16, p. 1215-1222, 2007

LIPSON, S.J. Spinal-fusion surgery- advances and concerns. **The New England Journal of Medicine**, v. 350, n. 7, p. 643-44, 2004.

MASINI, M.; BARROS, R.S.; PAIVA, W. Neurocirurgia contemporânea brasileira. **Boletim Científico da Sociedade Brasileira de Neurocirurgia**, v. 3, n. 9, 2005. Disponível em: <http://www.clinicaqueops.com.br/arquivos/contemporanea_3_10.pdf>. Acesso em 20 de janeiro de 2010.

MATUOKA, C.M.; BASILE Jr., R.. Estudo anatômico do pedículo vertebral lombar e estruturas neurais adjacentes. **Acta Ortopédica Brasileira**, v. 10, n. 3, p.25 - 34 2002.

MCLAIN, R.F.; FERRARA, L.; KABINS, M. Pedicle morphometric in the upper thoracic spine: Limits to safe screw placement in older patients. **Spine**, v. 27, n. 22, p. 2467-2471, 2002.

MITRA, S.R.; DATIR, S.P.; JADHAV, S.O. Morphometric study of the lumbar pedicle in the indian population as related to pedicular screw fixation. **Spine**, v. 27, n. 5, p. 453-459, 2002.

MOORE, K. L.; DALLEY, A. F. **Anatomia orientada para a clínica**. 5 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. cap. 1, p. 76.

NOJIRI K.; MATSUMOTO M.; CHIBA K.; TOYAMA Y. Morphometric analysis of the thoracic and lumbar spine Japanese on the use of pedicle screws. **Surg Radiol Anat.** V. 27, n. 2, p. 123-128, 2005.

OFIRAM, E. POLLY D. W.; GILBERT T. J.; CHOMA T. J. Is it safer to place pedicle screws in the lower thoracic spine than in the upper lumbar spine? **Spine**, v. 32, n. 1, p. 49-54, 2007.

OLSEWSKI J. M.; SIMMONS E. H.; KALLEN F. C. Morphometric of the lumbar spine: anatomical related transpedicular fixation. **J Bone Joint Surg.** Vol. 72 pp. 541-549, 1990.

ORTMAIER, T.; WEISS H.; DOBELE S.; SCHREIBER U. Experiments on robot-assisted navigated drilling and milling of bones for pedicle screw placement. **The International Journal of Medical Robotics and Computer Assisted Surgery**, v. 2, n. 4, p. 350-363, 2006.

PALASTANGA, N.; FIELD, D.; SOAMES, R. **Anatomia e movimento humano: estrutura e função.** São Paulo: Manole, 2000. cap. 5, p. 509, 550.

PANJABI M.M.; VIJAY M.; THOMAS G.; KOICHIRO T.; JOANNE D.; MARTIN K.; MARK P. Human lumbar vertebrae. Quantitative three-dimensional anatomy. **Spine**, v.16, p. 888-901, 1992.

PAPADOPOULOS, E.C.; GIRARDI F.; SAMA A.; SANDHUB H.; CAMMISA F. Accuracy of single-time multilevel registration in image-guided spinal surgery. **Spine**, v. 20, n. 10, pp.263-268, 2004.

PARENT, S. LABELLE H.; SKALLI W.; LATIMER B.; GUISE J. Morphometric analysis of anatomic scoliotic specimens. **Spine**, v. 27, n. 21, p. 2305-2311, 2002.

PERINI, A.P. **Software para orientação de neurocirurgia guiada por um transdutor espacial 3D.** 2007. 145 f. Dissertação de Mestrado em Física Aplicada à Medicina e Biologia. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Ribeirão Preto. 2007.

RIBAS, G.C. Das trepanações pré-históricas à neuronavegação: evolução histórica das contribuições da neuroanatomia e das técnicas de neuroimagem à prática cirúrgica. **Arquivo Brasileiro de Neurocirurgia**, v. 25, n. 4, p. 166-175, 2006.

ROCKWOOD Jr., C.A. **Fraturas em adultos**. São Paulo: Manole, 1993. cap. 16, p. 1286.

SCHLENZKA D., LAINE T. e LUND T. Computer: assisted spine surgery. **European Spine Journal**, Supl. 1, p. S57-S64, 2000.

SCHWENDER, J. CASNELLIE M. T.; PERRA J. H.; TRANSFELDT E.E.; PINTO M.R.; DENIS F.; GARVEY T. A.; POLLY D. W. ; MEHBOD A. A. ; DYKES D. C.; WINTER R. B.; WROBLEWSKI J. M. Perioperative complications in revision anterior lumbar spine surgery: incidence and risk factors. **Spine**, v. 34, n.1, p 87-90, 2008.

SCHWARZENBACH, O.BERLEMAN U.; JOST B.; VISARIUS H.; ARM E.; LANGLOTZ F.; NOLTE L-P.; OZDOBA C. . Accuracy of computer-assisted pedicle screw placement. **Spine**, v.22, n.4, p.452- 458, 1997.

SCOLES P. V.; LINTIN A. E.; LATIMER B.; LEVY M. E.; DIGIOVANNI B. F. Vertebral body and posterior element morphology: the normal spine in middle life. **Spine**, v. 13, n. 10, pp. 1081- 1202, 1988.

SPENCE, A. **Anatomia Humana Básica**. São Paulo: Manole, 1991. cap. 5, p. 125.

SUGISAKI K.; NA H.S.; ESPINOZA O. A. A.; RHIM R.; ANDERSSON G.B.; INOUE N. In vivo three-dimensional morphometric analysis of the lumbar pedicles isthmus. **Spine**. V. 34, n. 24, p. 2599-604, 2009

SUK S.; LEE S. M.; CHUNG E. R.; KIM J. H.; KIM S. S. Selective thoracic fusion with segmental pedicle screw fixation in the treatment of thoracic idiopathic scoliosis. **Spine**, v.30, n. 14, pp. 1602-1609, 2005.

TAKESHITA K.; MARUYAMA T.; CHIKUDA H.; SHODA N.; SEICHI A.; ONO T.; NAKAMURA K. Diameter, length, and direction of pedicle screws for scoliotic spine: analysis by multiplanar reconstruction of computed tomography. **Spine**, v. 34, n. 8, p. 798-803, 2009.

TAN S. H; TEO E. C; CHUA H. C. Quantitative three-dimensional anatomy of cervical, thoracic and lumbar vertebrae of Chinese Singaporeans. **Eur Spine J**, v.13, n.10, p.137-146, 2004

TORTORA, G. J. **Corpo humano: fundamentos de anatomia e fisiologia**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. cap. 6, p. 118.

_____. **Princípios de anatomia humana**. 10 ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. cap. 7, p. 199.

UGUR, H.Ç.; ATTAR A.; UZ A.; TEKDEMIR I.; EGEMEN N.; GENÇ Y. Thoracic pedicle: surgical anatomic evaluation and relations. **Journal of Spinal Disorders**, v. 14, n. 1, p. 39-45, 2001.

VACCARO, A.R. Spinal pedicle fixation revisited the role of x-rays and other cirurgical factors. **Spine**, v. 31, n. 6, p. 717-721, 2006.

ZHENG, C.; HUANG, Q.; HU, Y.; WANG, X.; CHEN, W. Computed tomographic morphometric of thoracic pedicles: safety pedicle parameter measurement of the Chinese immature thoracic spine. **Int Orthop (International orthopaedics)**. v. 33, n. 6, p. 1663-1668, 2009.

ZINDRICK, M.R. Wiltse LL, Doornik A, Widell EH, Knight GW, Patwardhan AG, Thomas JC, Rothman SL, Fields BT Analysis of the morphometric characteristics of the thoracic and lumbar pedicles, **Spine**, v. 12, p. 160-166, 1987.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TÍTULO DA PESQUISA: **ANÁLISE MORFOMÉTRICA DOS PEDÍCULOS TORACOLOMBARES DE INDIVÍDUOS DA REGIÃO SUL DO BRASIL**

PESQUISADOR: Ana Paula Massuda Valadão de Oliveira

ORIENTADOR: Prof. Dr. Luiz Roberto Aguiar

ESCLARECIMENTOS

1. A presente pesquisa tem por objetivo:
 - Determinar as medidas axiais (látero-laterais) e sagitais (súpero-inferiores) dos pedículos toracolombares;
 - comparar as médias das medidas dos diâmetros axiais e sagitais entre as vértebras;
 - comparar as médias das medidas dos diâmetros axiais e sagitais entre os gêneros;
 - comparar as medidas obtidas com as das populações estudadas e apresentadas em publicações;
 - determinar a existência de padrões morfométricos dos pedículos de T9 a L5.
2. O público-alvo da pesquisa refere-se a pacientes entre 20 e 70 anos, portadores de fraturas de coluna toracolombar causadas por acidentes automobilísticos, motociclísticos, atropelamento e/ou quedas; inicialmente atendidos no Hospital Universitário Cajuru e que realizaram exames tomográficos com aquisição para neuronavegação.

3. Ao participar desta pesquisa, Vossa Senhoria estará fornecendo informações sobre gênero e idade. O (a) Sr (a) estará autorizando a utilização de seus exames tomográficos para a medição dos pedículos toracolombares; a realização desta pesquisa não influenciará na indicação e/ou no seu processo cirúrgico. Sempre que quiser poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através do e-mail: apmassuda@uol.com.br, <mailto:prof.ricardobramante@bol.com.br> telefone 8407-6016, da pesquisadora.
4. Estes procedimentos investigativos estão baseados nas normas e critérios para pesquisa em saúde, sendo assim, seguem procedimentos previstos na Resolução no. 196/96 do Conselho Nacional de Saúde. Nenhum dos procedimentos usados oferecerá riscos à sua integridade física, mental e individual.
5. Os benefícios pretendidos através desta pesquisa estão ligados diretamente a Vossa Senhoria, pois com os resultados obtidos há uma melhora no cuidado com pacientes portadores de fraturas de coluna toracolombares. Tendo a consciência de que os pedículos toracolombares diferem entre as populações, os profissionais da saúde estão aptos a lidar com os traumas que dificultem ou até mesmo impossibilitem o movimento da coluna, dando o suporte necessário para uma melhor recuperação do paciente. Caberá à pesquisadora divulgar os resultados obtidos, entre todas as pessoas e instituições envolvidas.
6. *Não haverá nenhum tipo de despesa para participar desta pesquisa, bem como nada será pago por sua participação.*

Após estes esclarecimentos, solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Portanto preencha, por favor, os itens que se seguem:

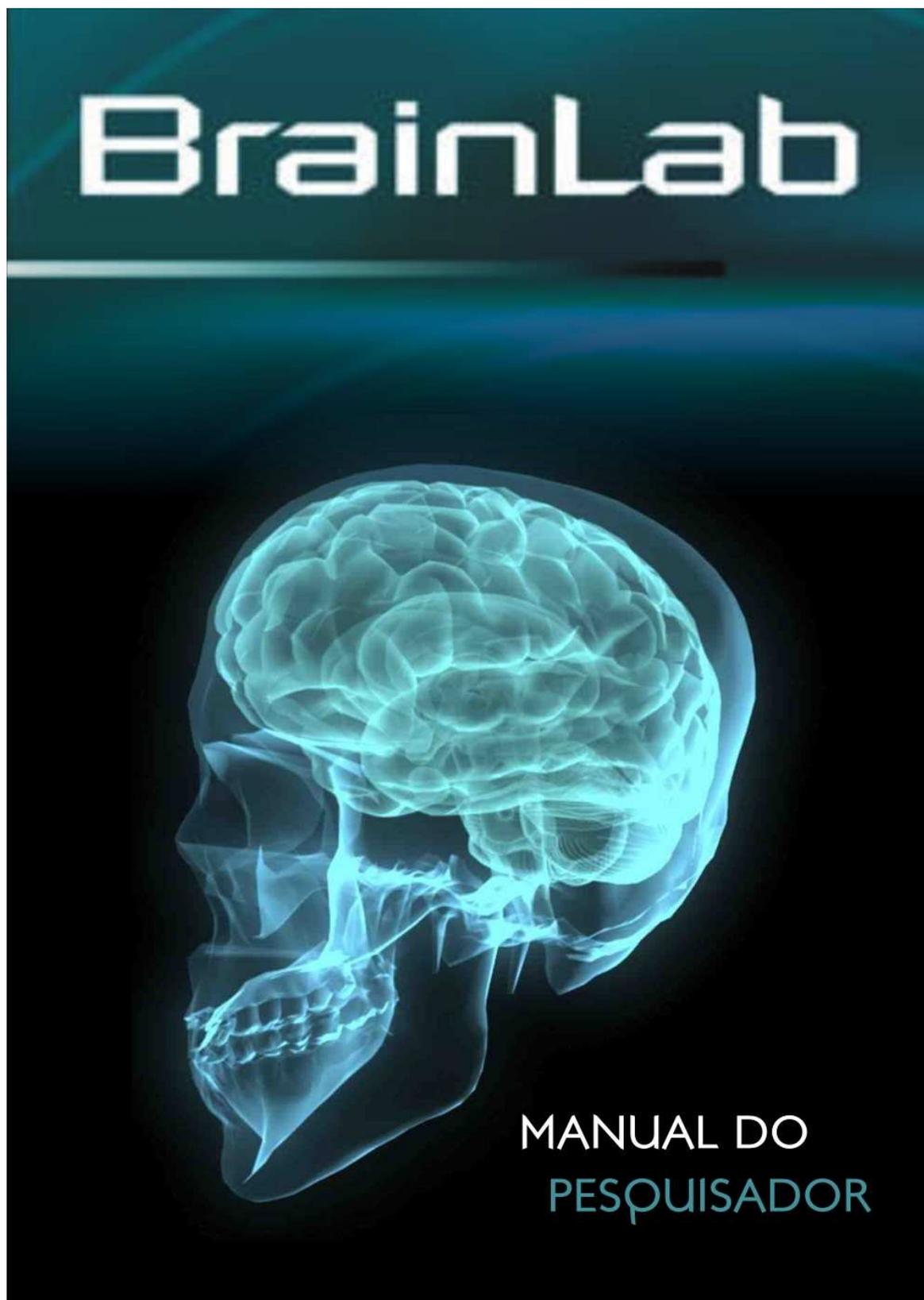
CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Tendo em vista os itens acima apresentados, eu, de forma livre e esclarecida,
manifesto meu consentimento em participar da pesquisa

Nome do Participante da Pesquisa	Assinatura

Assinatura da Pesquisadora	Assinatura do Orientador

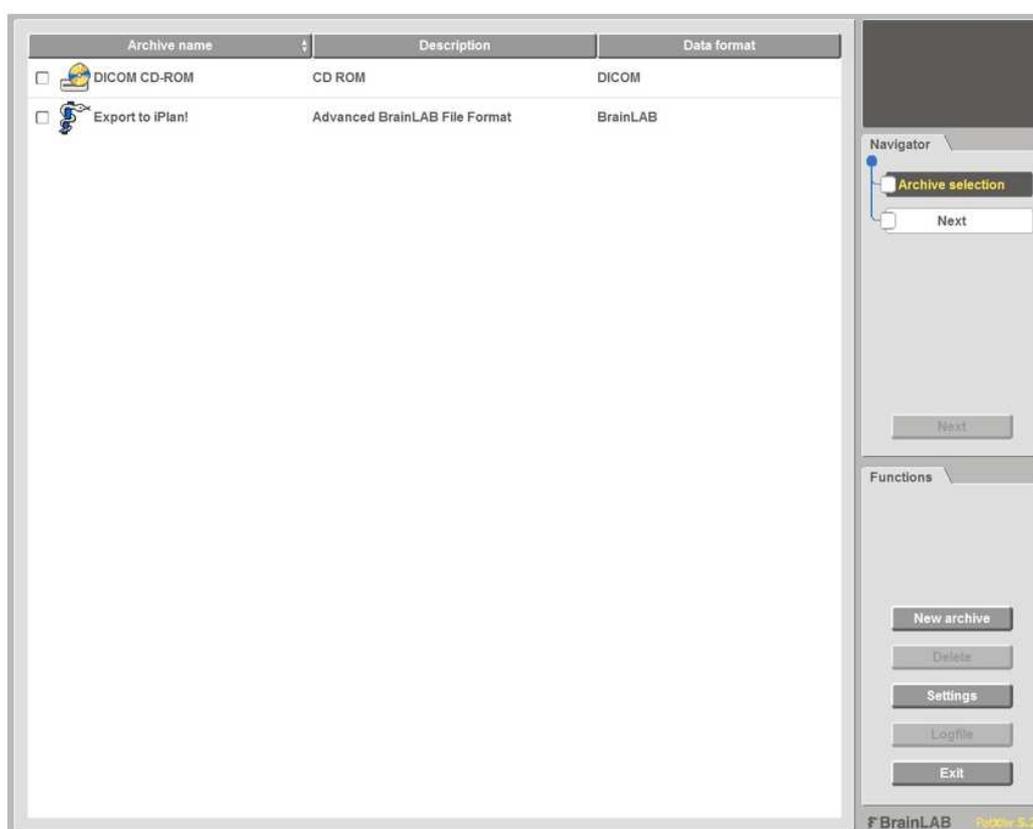
APÊNDICE 2 – MANUAL



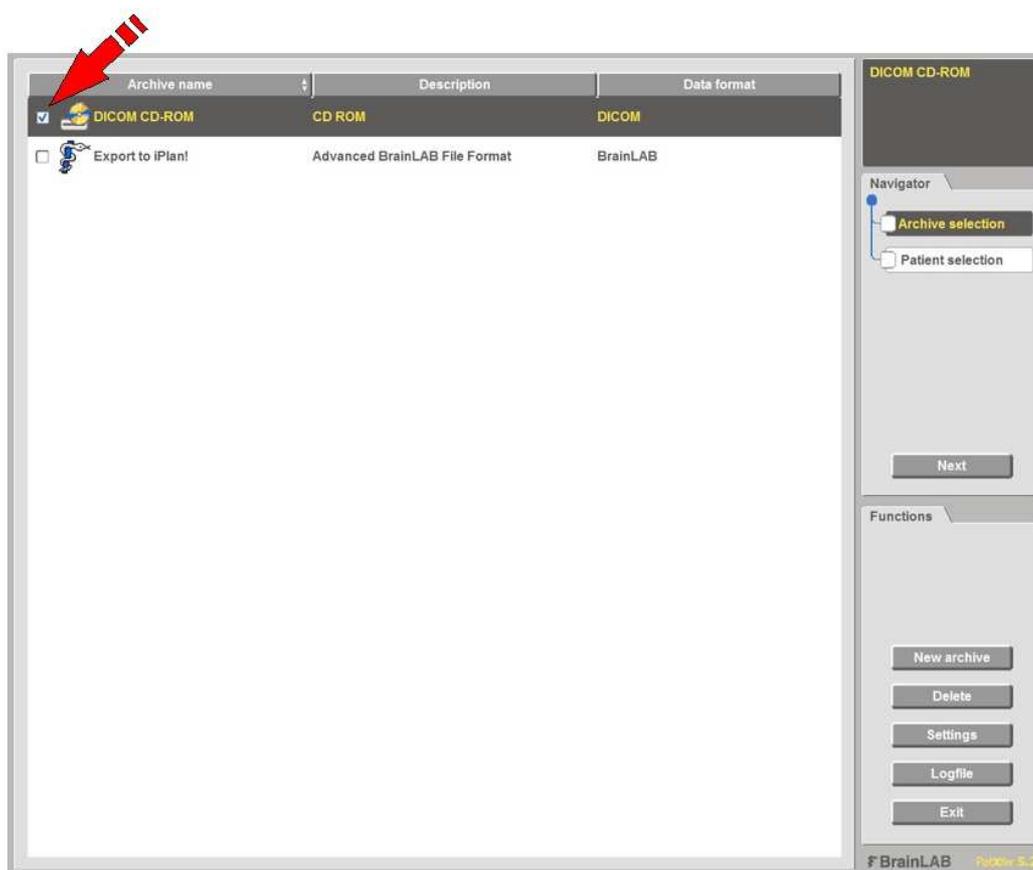
No desktop dar 2 (dois) cliques no ícone PatXfer 5.2.



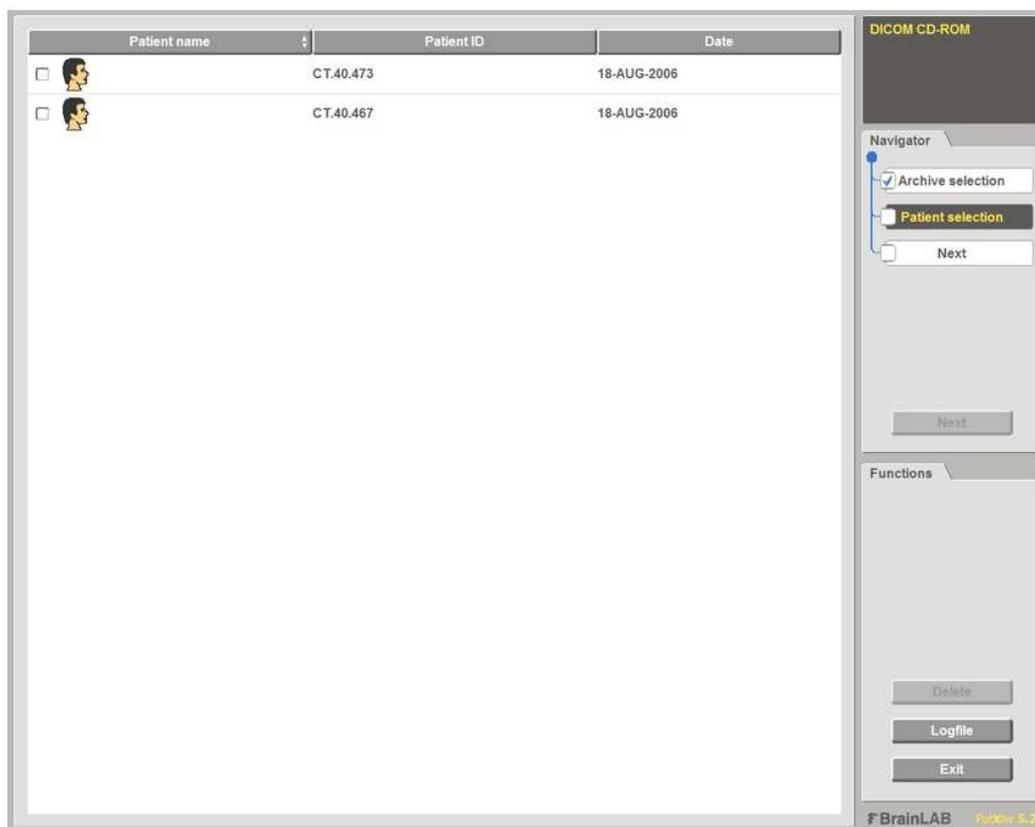
A tela solicitará de qual lugar será carregado o arquivo para o trabalho.
Insira o CD na unidade de leitura que contém a Tomografia Computadorizada.



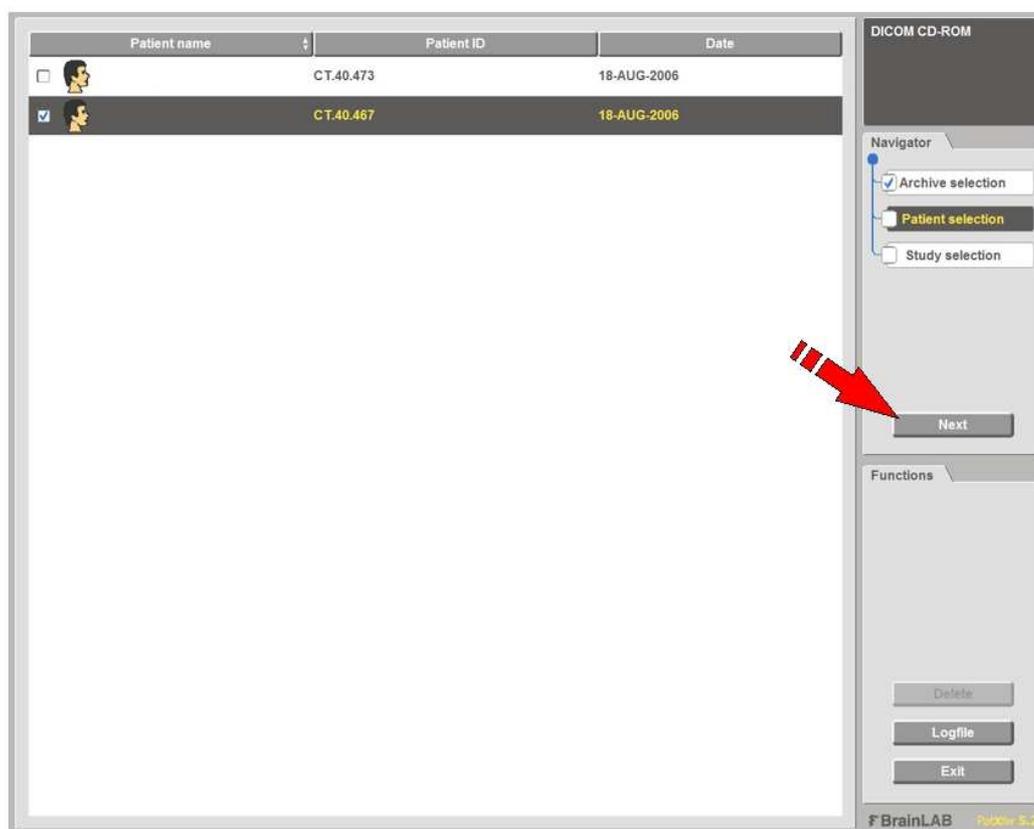
Marque a opção DICOM CD-ROM conforme a figura e clique em Next.



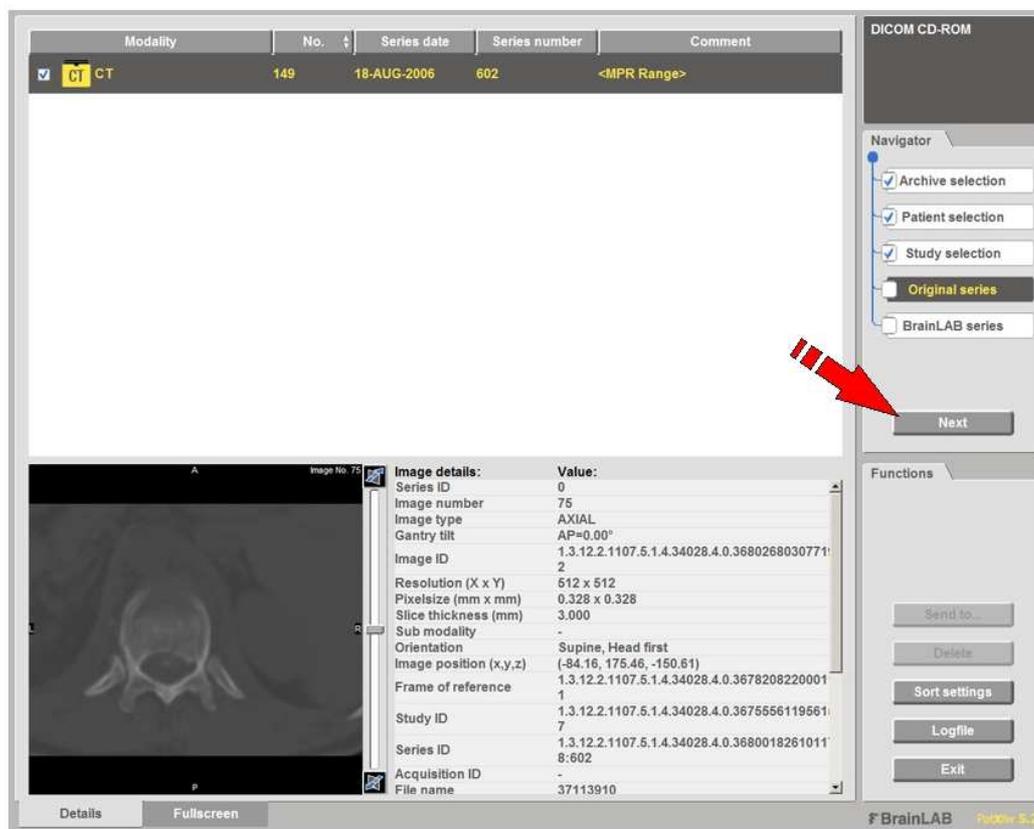
Feito a leitura do CD, o sistema mostrará o(s) paciente(s) encontrado(s).



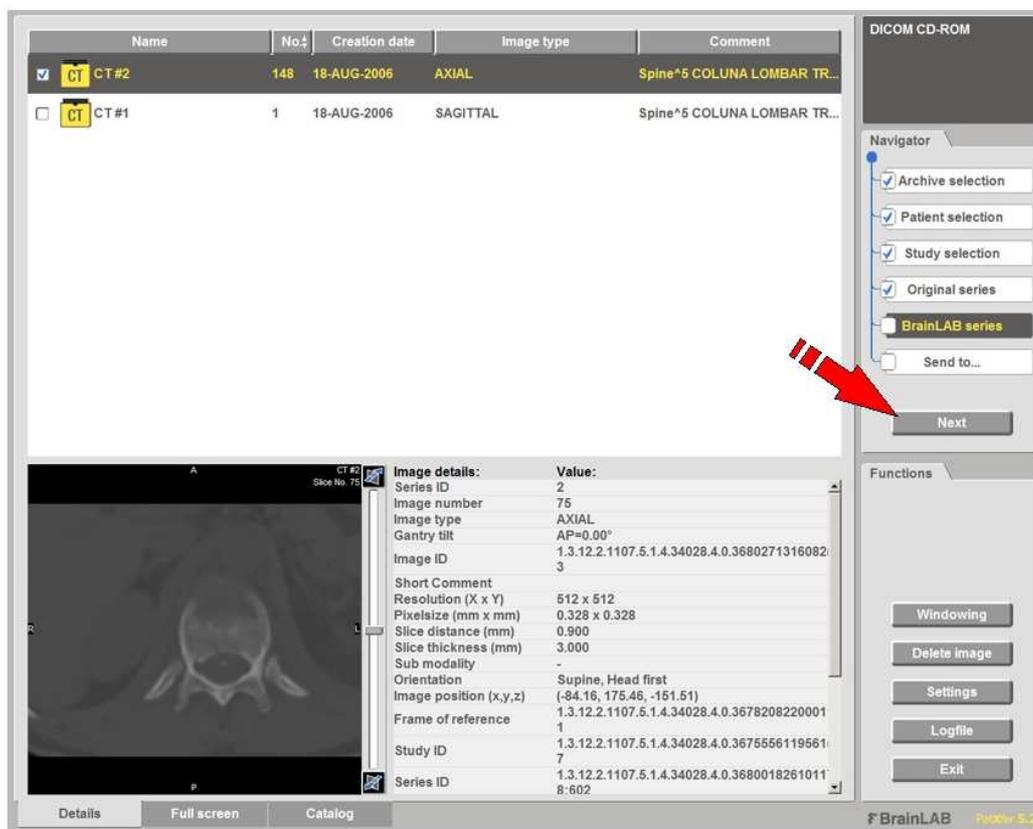
Selecionar o paciente desejado e clique em Next.



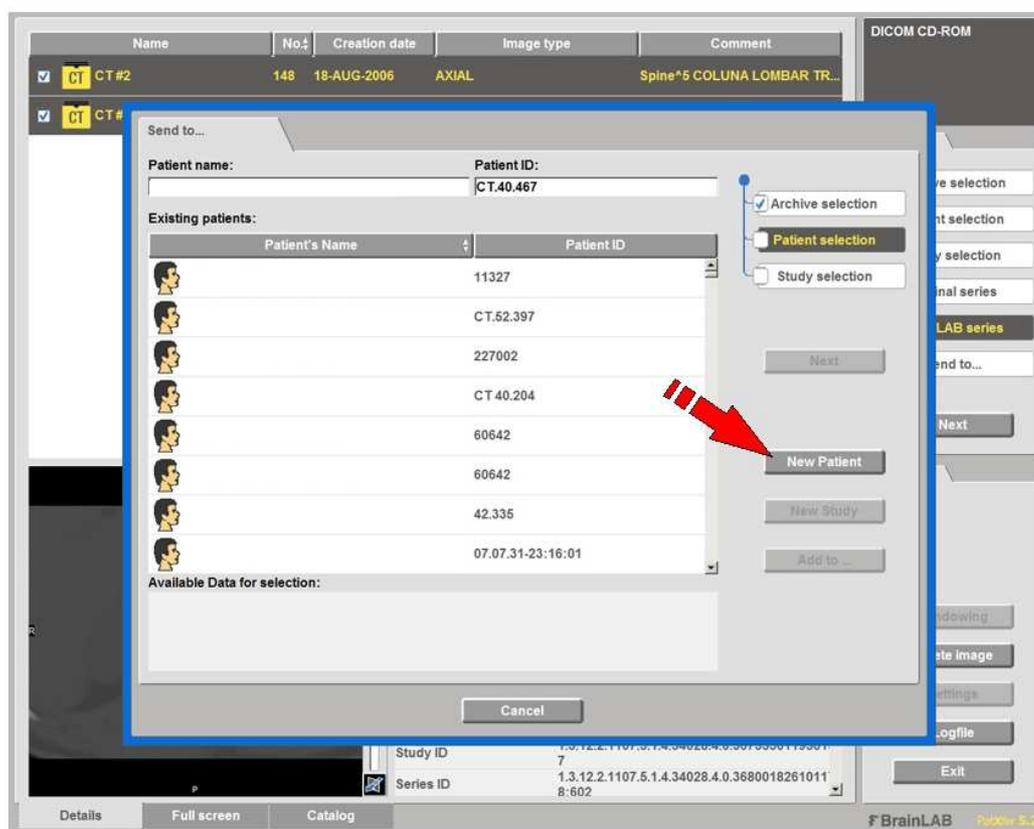
O software fará a leitura das imagens do CD, clique em Next.



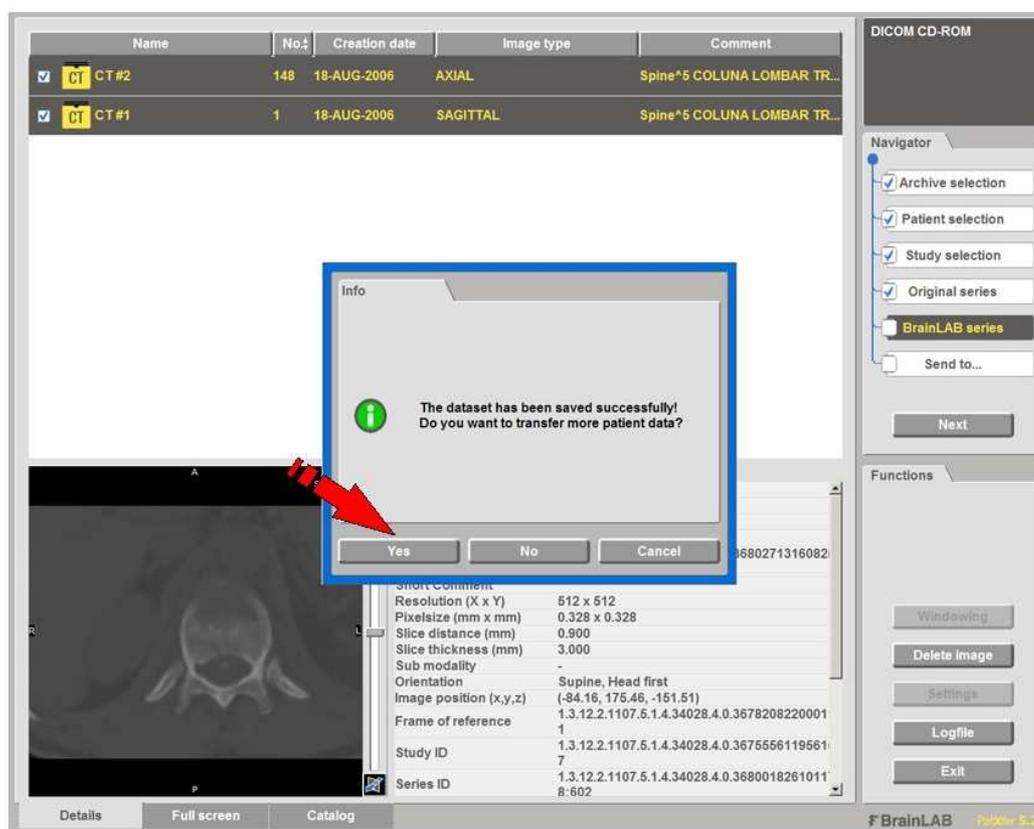
Clique em Next. O software fará a exportação das imagens.



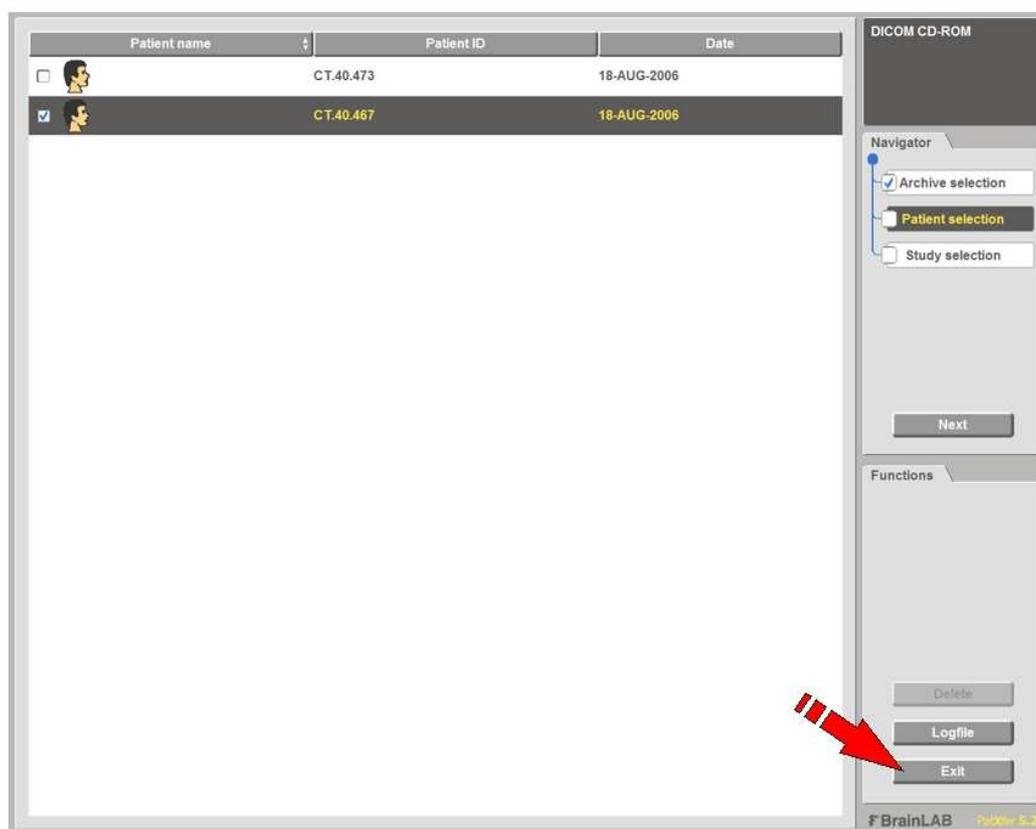
Clicar no botão New Patient para criar o arquivo do paciente onde as imagens serão armazenadas. Fará toda a leitura das imagens.



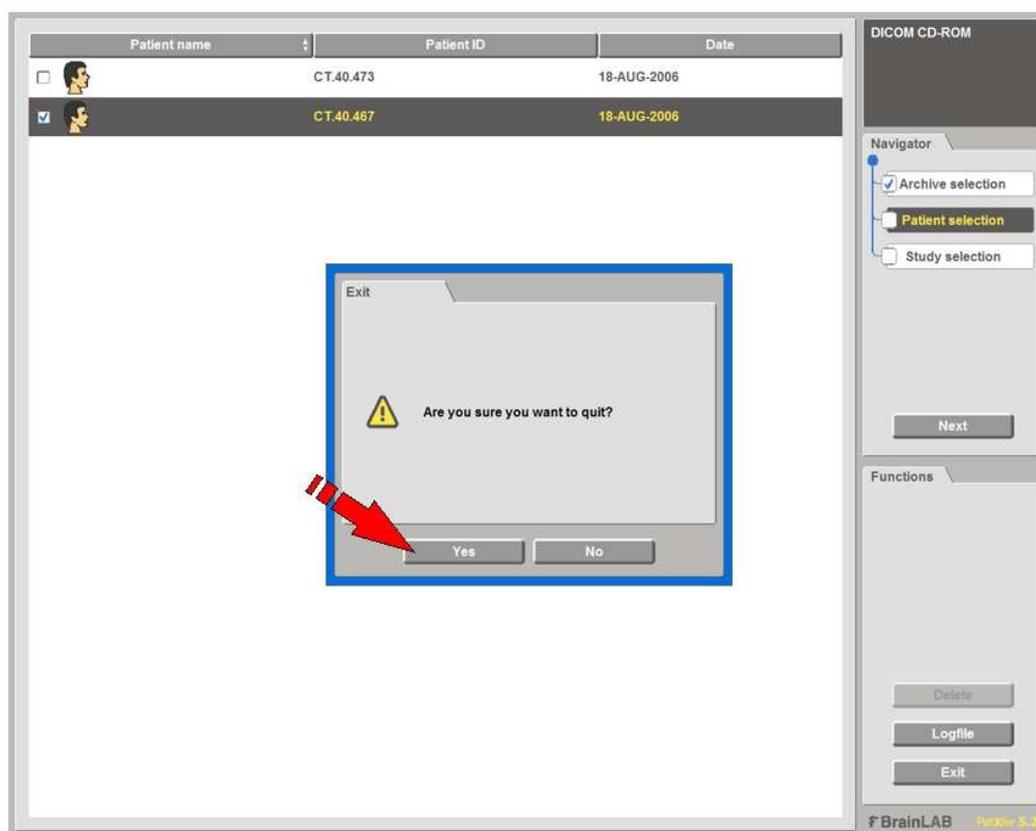
Feita a leitura, o software pergunta se você quer transferir os dados do paciente? Clique em Yes.



Clique em Exit.



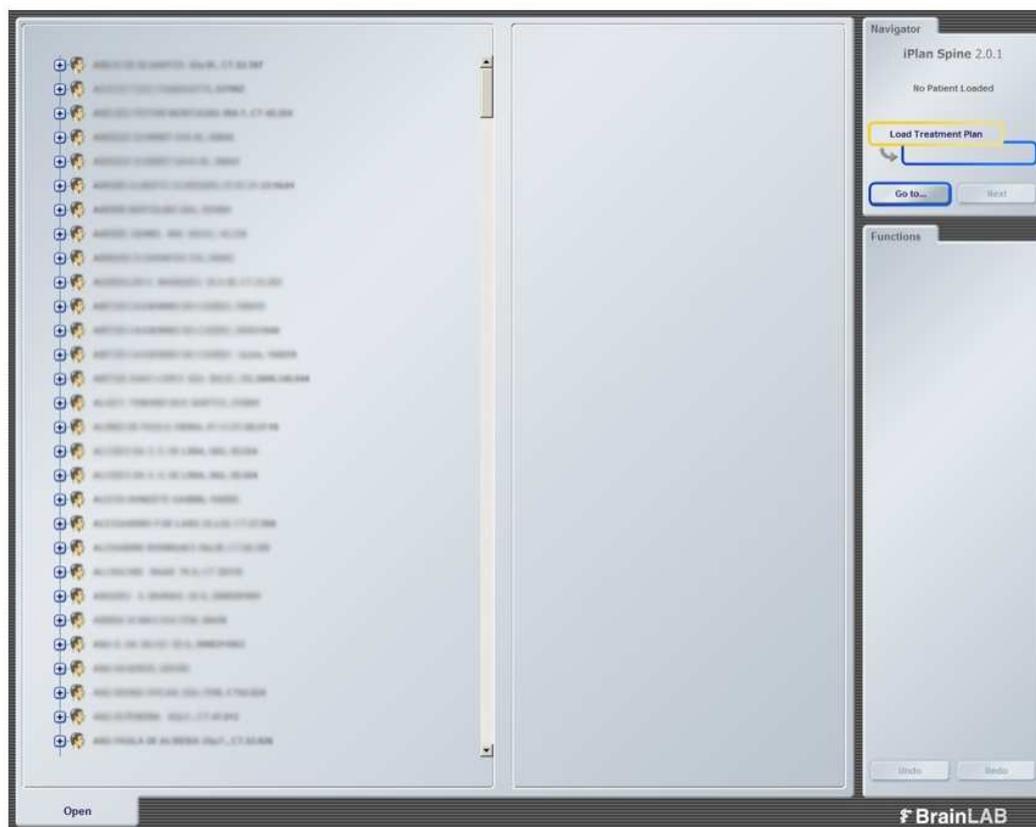
Clique em Yes para sair do software.



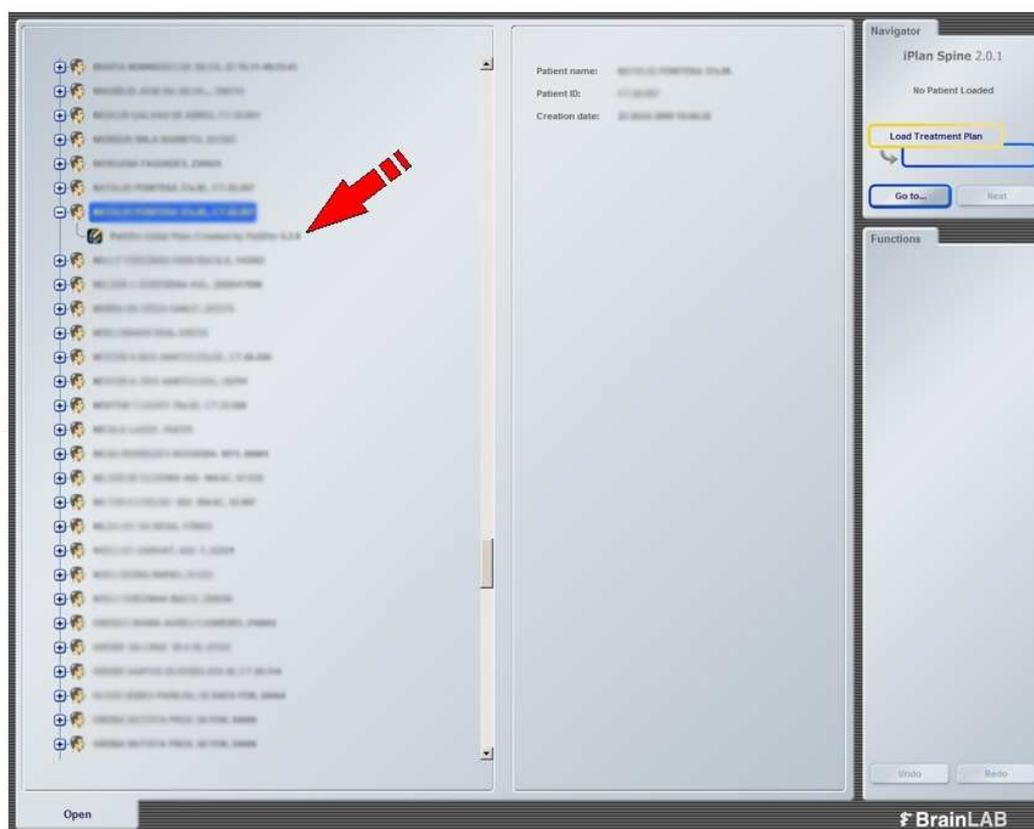
No desktop dar 2 (dois) cliques no ícone BrainLab iPlan Spine 2.0.1.



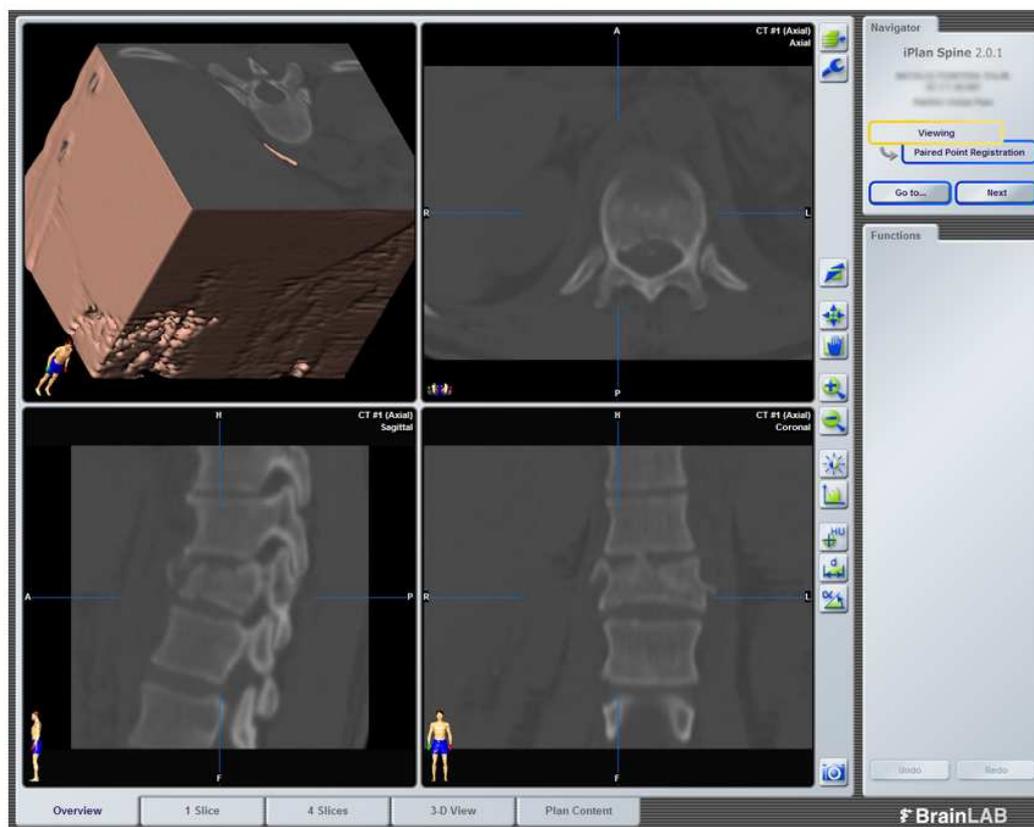
Abrirá a tela Open com o nome de todos os pacientes existentes. Selecionar o paciente desejado dando 2 (dois) cliques sobre o nome do paciente.



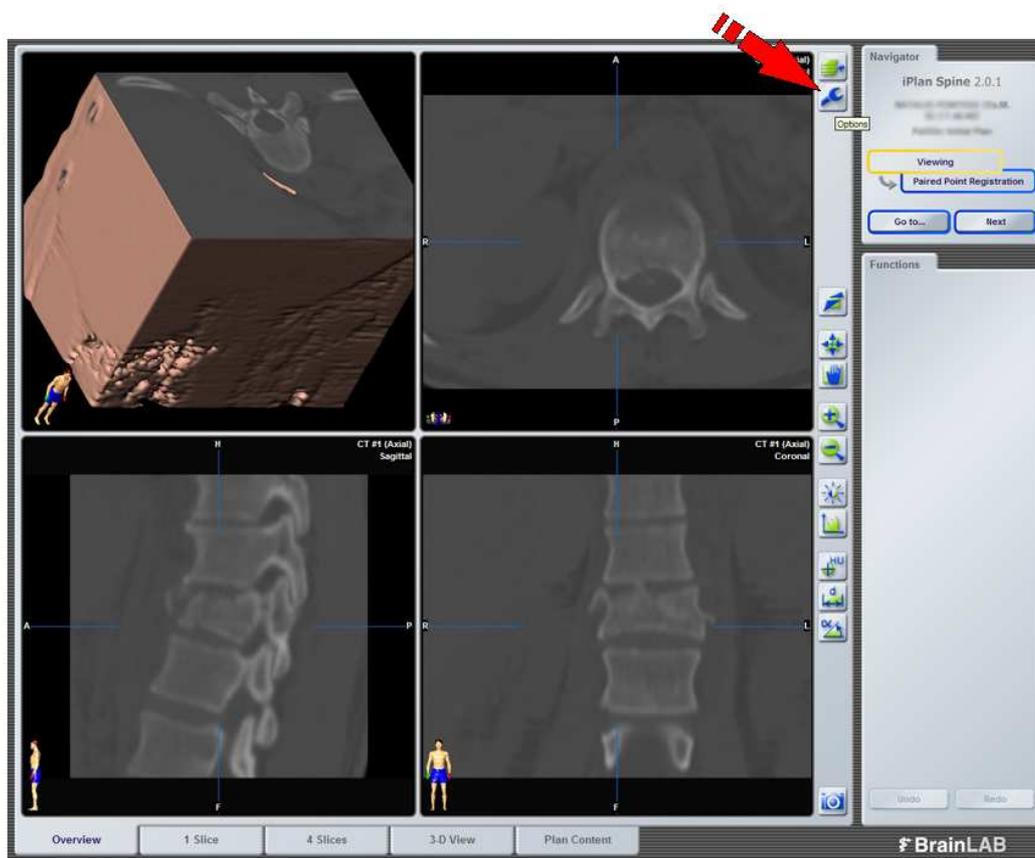
Dar 2 (dois) cliques sobre o arquivo aberto anteriormente.



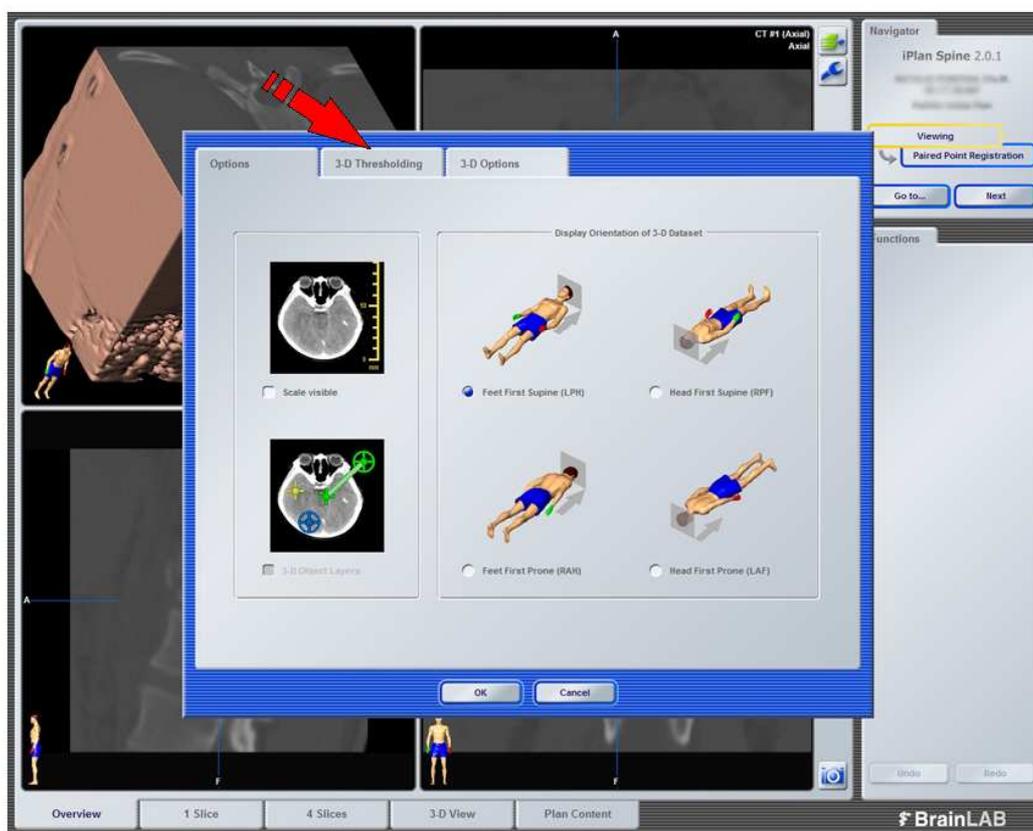
A tela Overview mostrada será mostrada em 4 quadrantes.



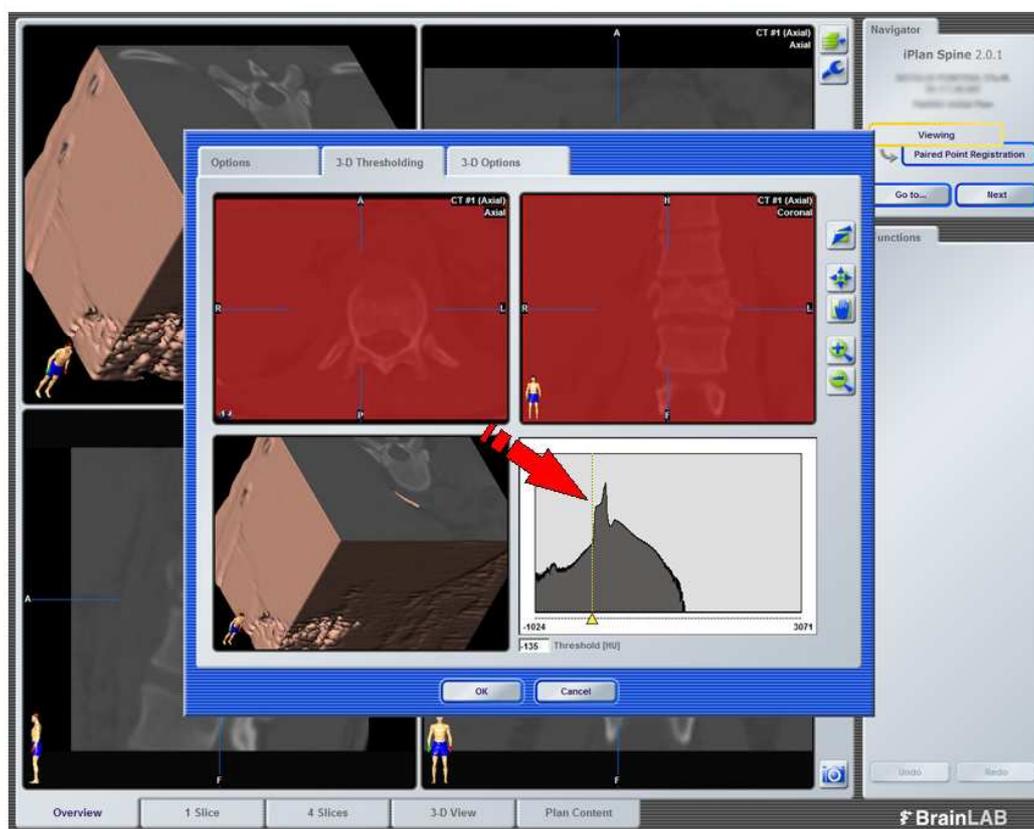
Clicar no ícone Options.



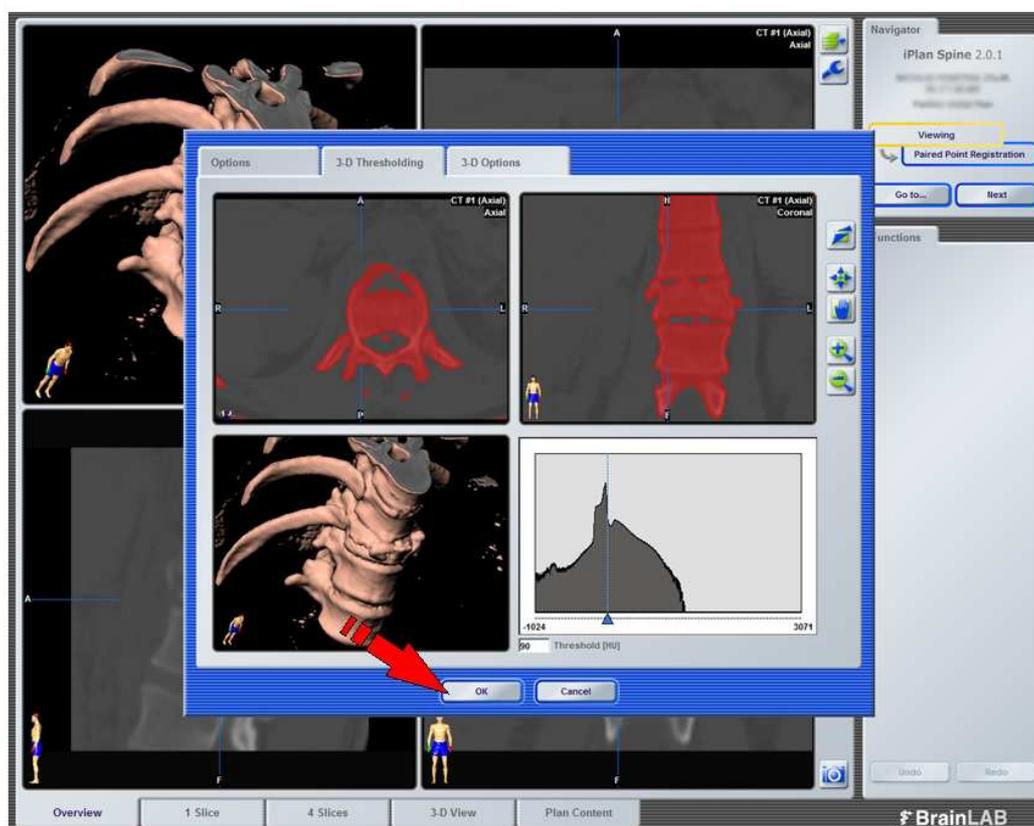
Clicar na aba 3-D Thresholding e o sistema irá para a próxima tela.



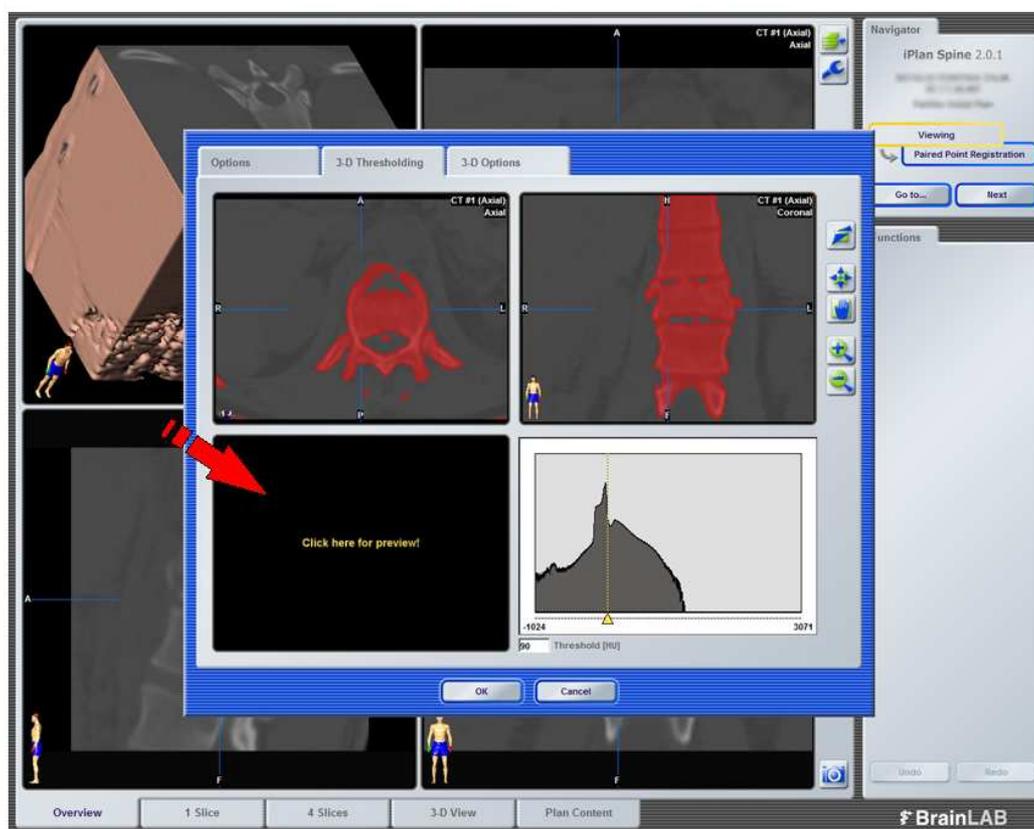
No quadrante direito inferior Threshold (TU) movimentar o marcador para realizar a limpeza da imagem.



Se a imagem estiver boa, clique no botão OK, senão ajuste-a melhor.



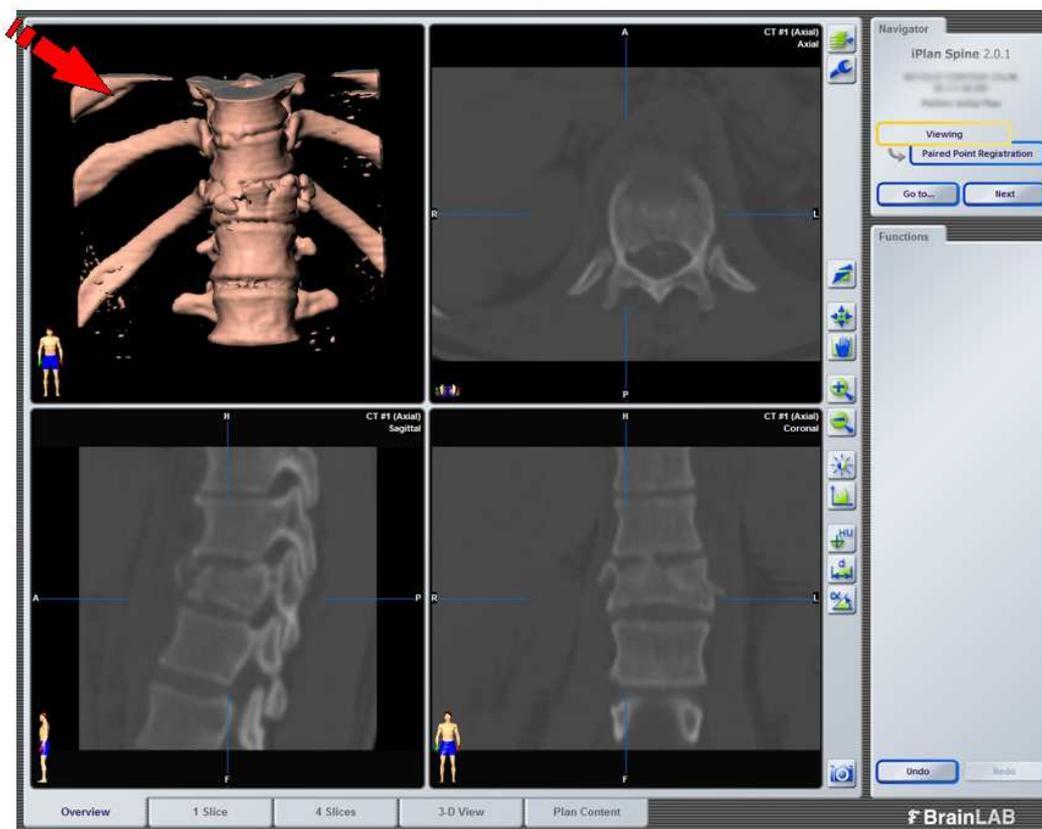
Clickar no quadrante esquerdo inferior (click here for preview!) Para visualizar a imagem depois do ajuste.



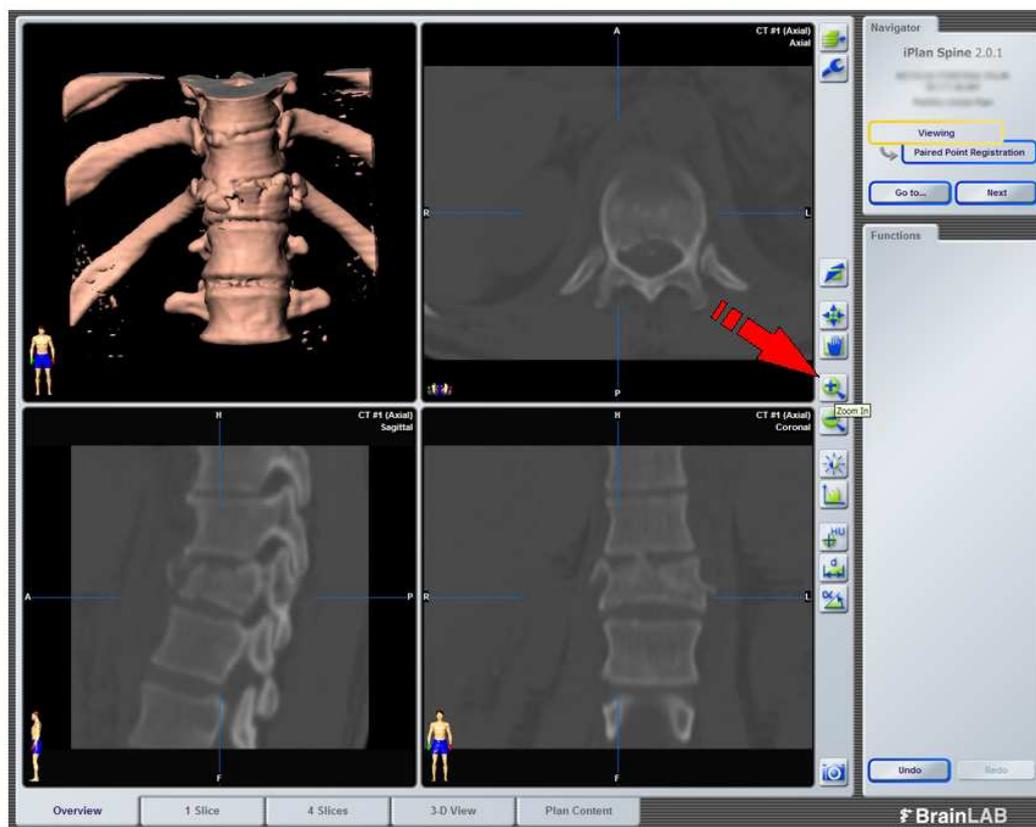
A tela Overview mostra a imagem ajustada para o trabalho.



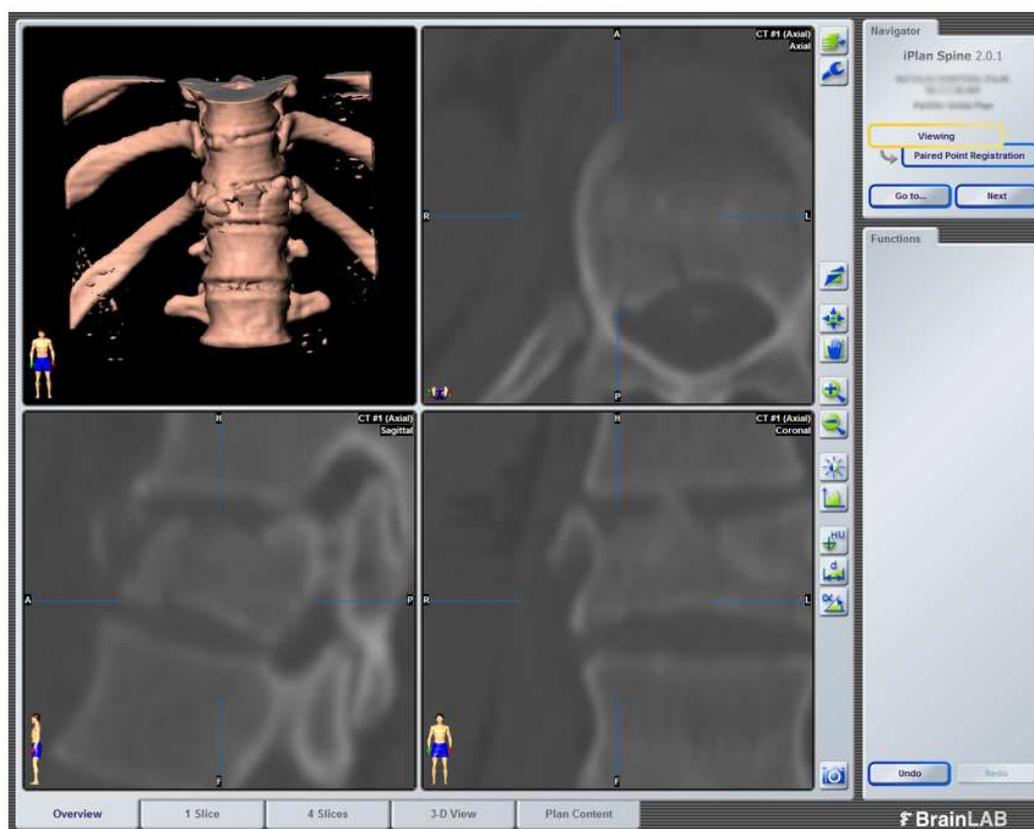
No quadrante superior esquerdo clique na imagem para ajustar, movimentando-a com o mouse para melhor identificação das vértebras.



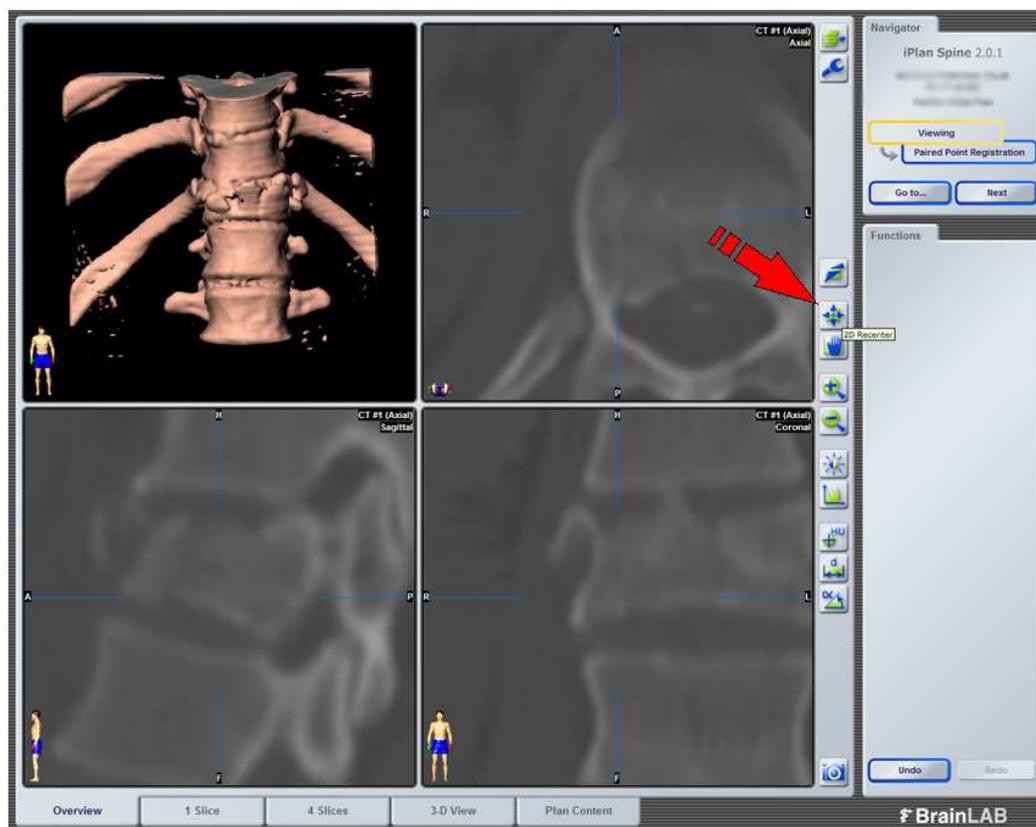
Clicar 4 vezes no botão Zoom In.



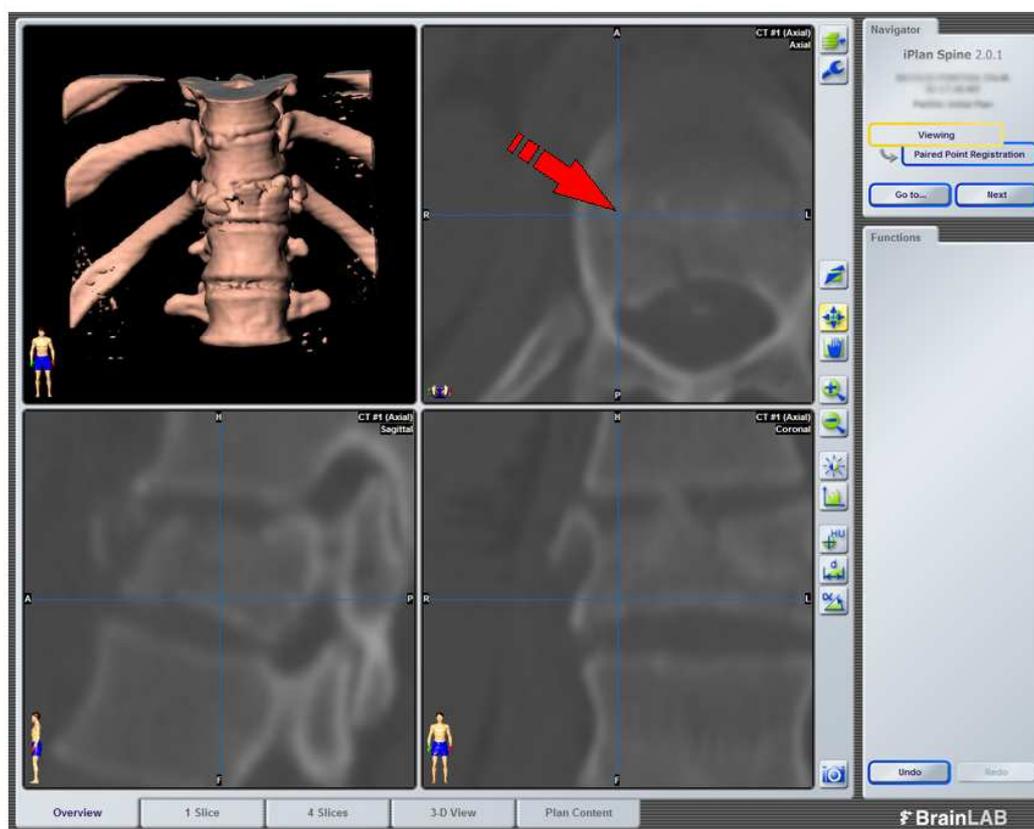
A imagem ficará aumentada em aproximadamente 150%.



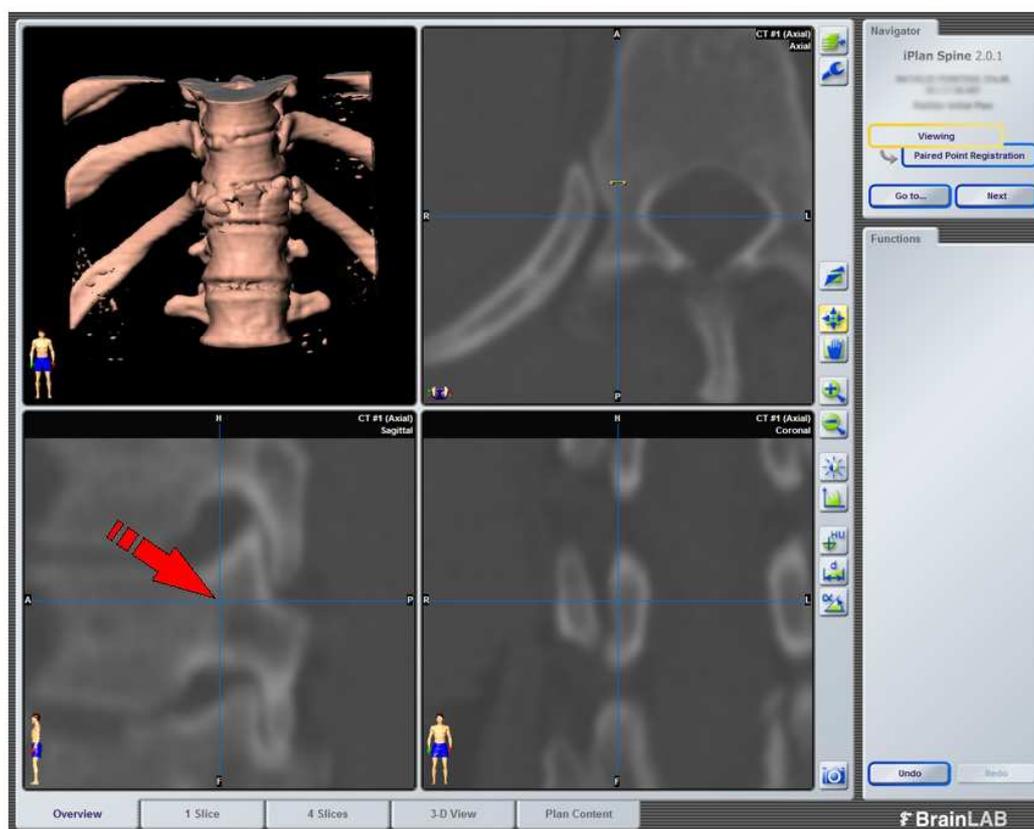
Clicar no ícone 2D Recenter para marcá-lo.



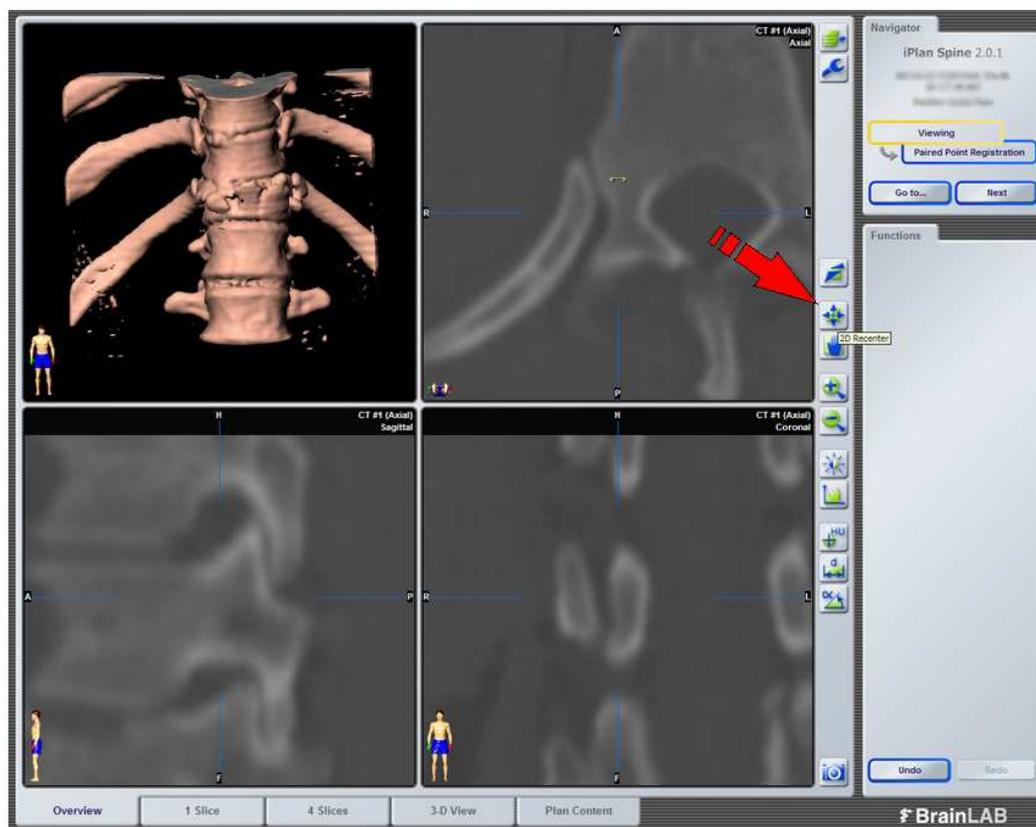
A imagem ficará com as linhas completas.



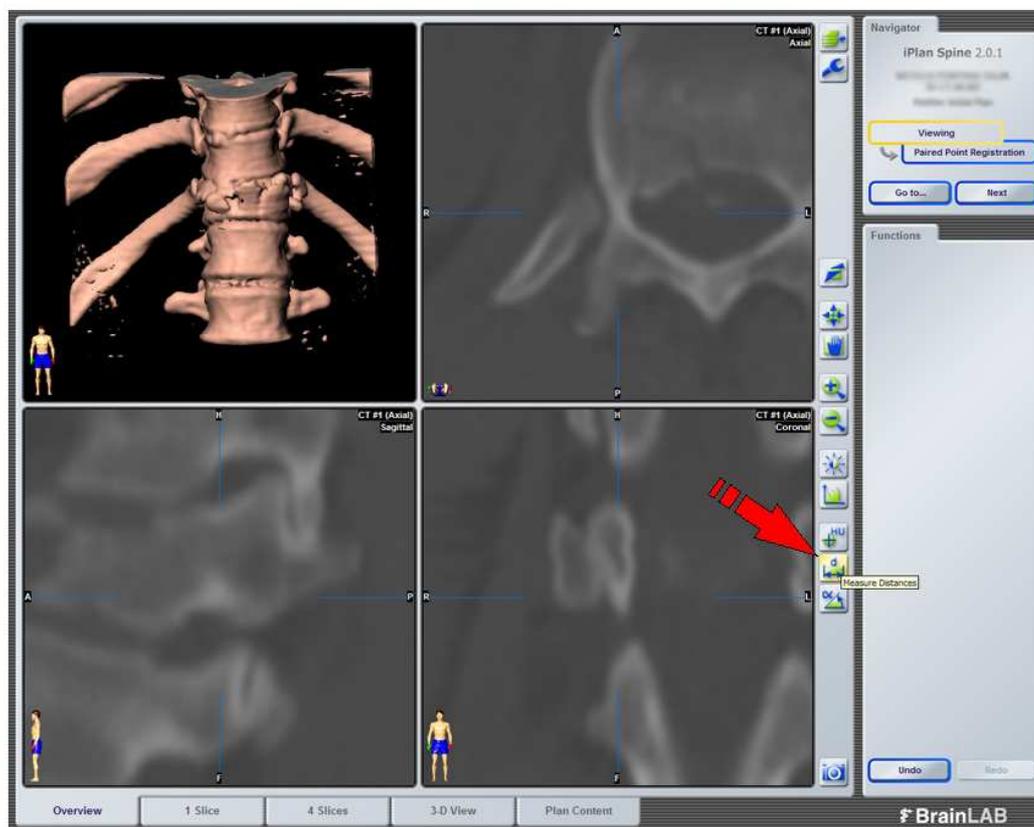
No quadrante inferior esquerdo (Sagittal), movimentar as linhas vertical e horizontal para encontrar a primeira vértebra a ser medida sempre de cima para baixo, procurando a melhor visualização para poder realizar as medidas.



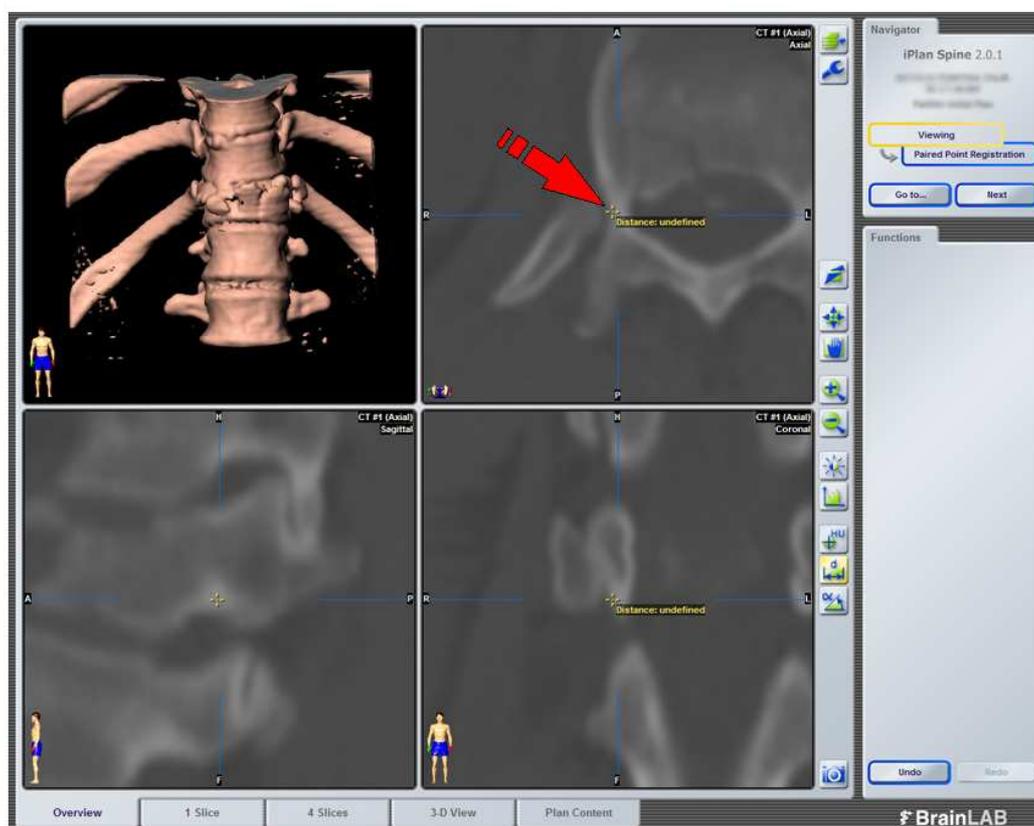
Clicar no ícone 2D Recenter para desmarcar as linhas.



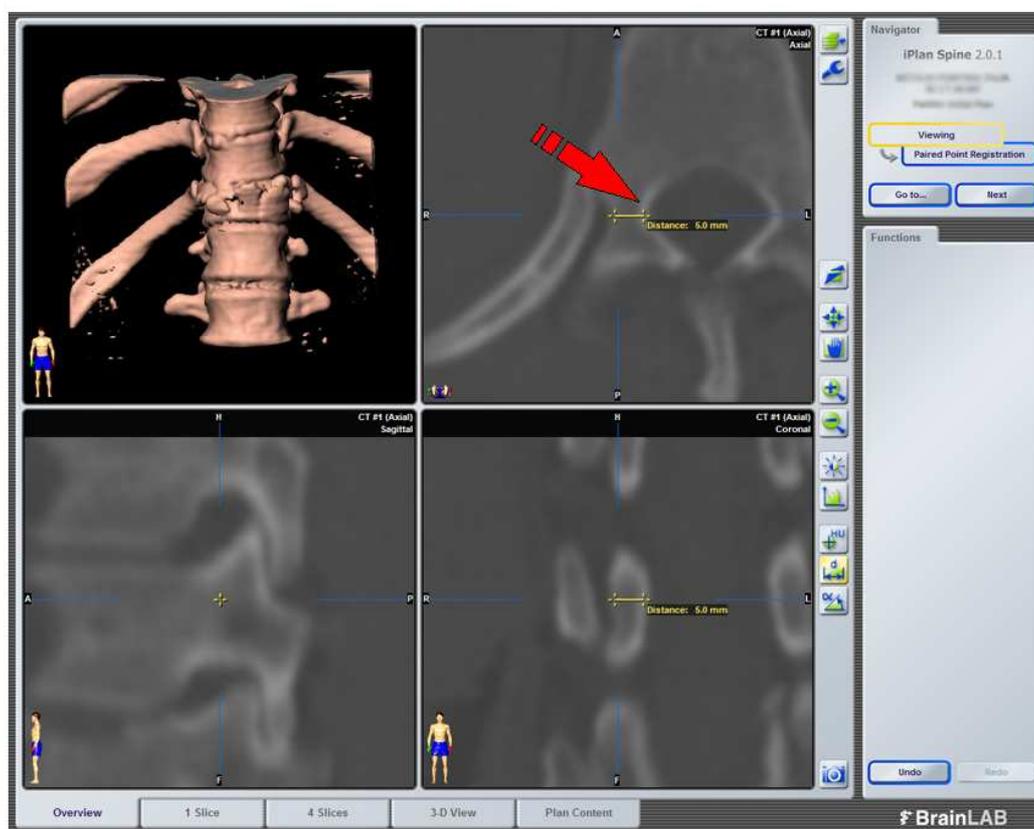
Clicar no ícone Measure Distance para marcá-lo e poder realizar a medida desejada.



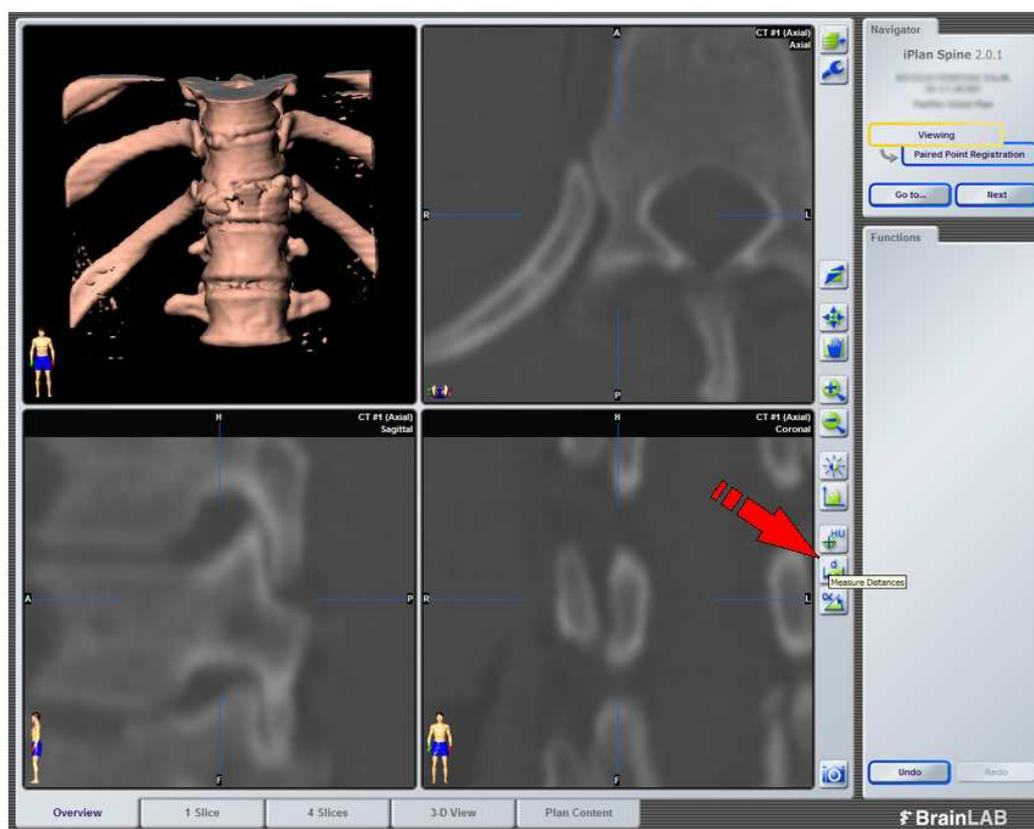
No quadrante superior direito (axial) vá com o mouse até o ponto desejado e clique para marcar o primeiro ponto da medida.



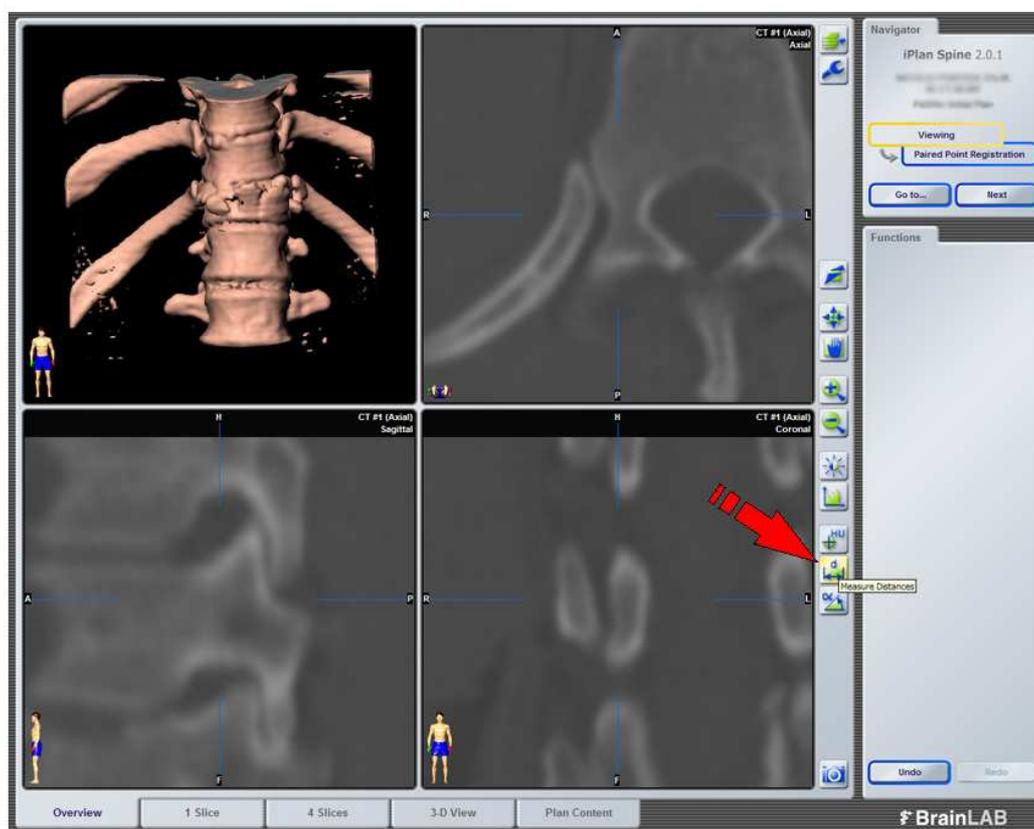
Em seguida clique no segundo ponto desejado para obter a medida gerada em mm automaticamente pelo software.



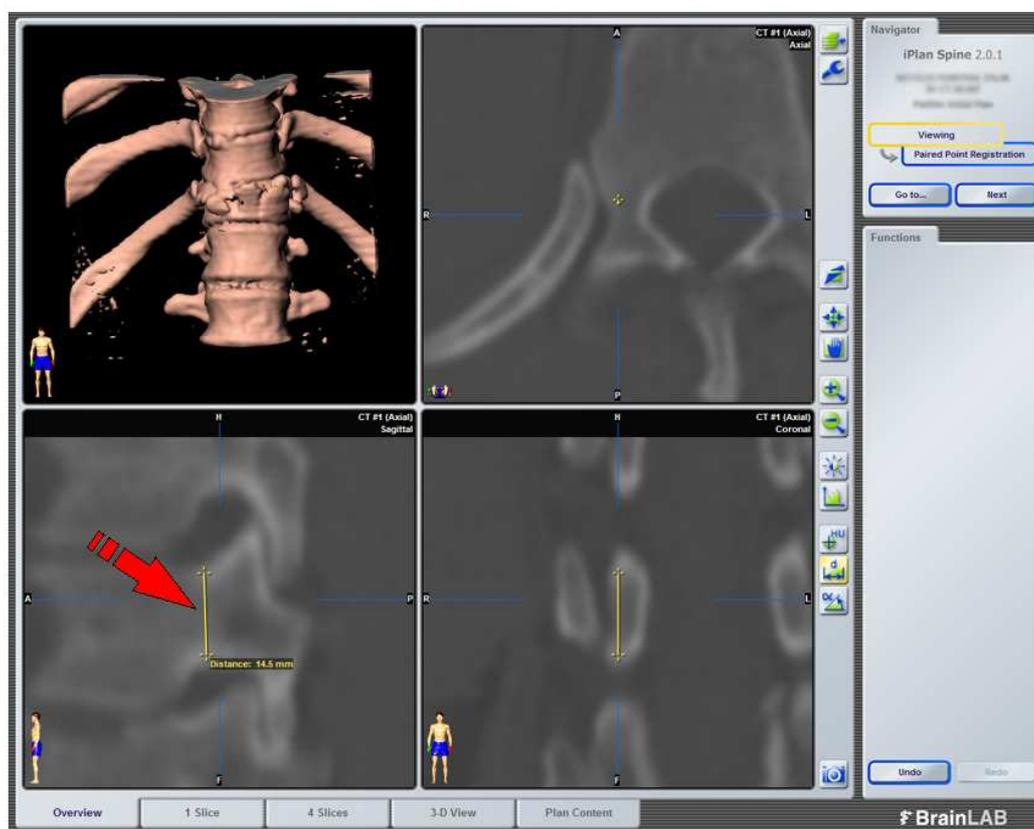
Clicar no ícone Measure Distance para desmarcá-lo.



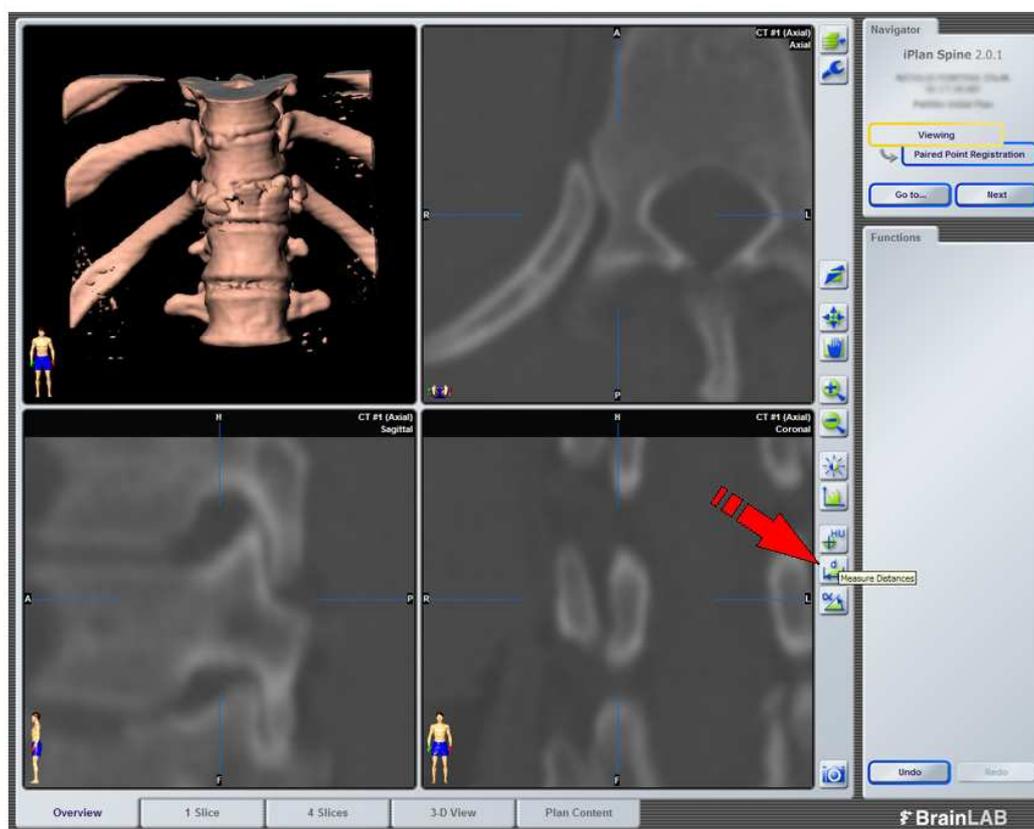
Clicar no ícone Measure Distance para marcá-lo.



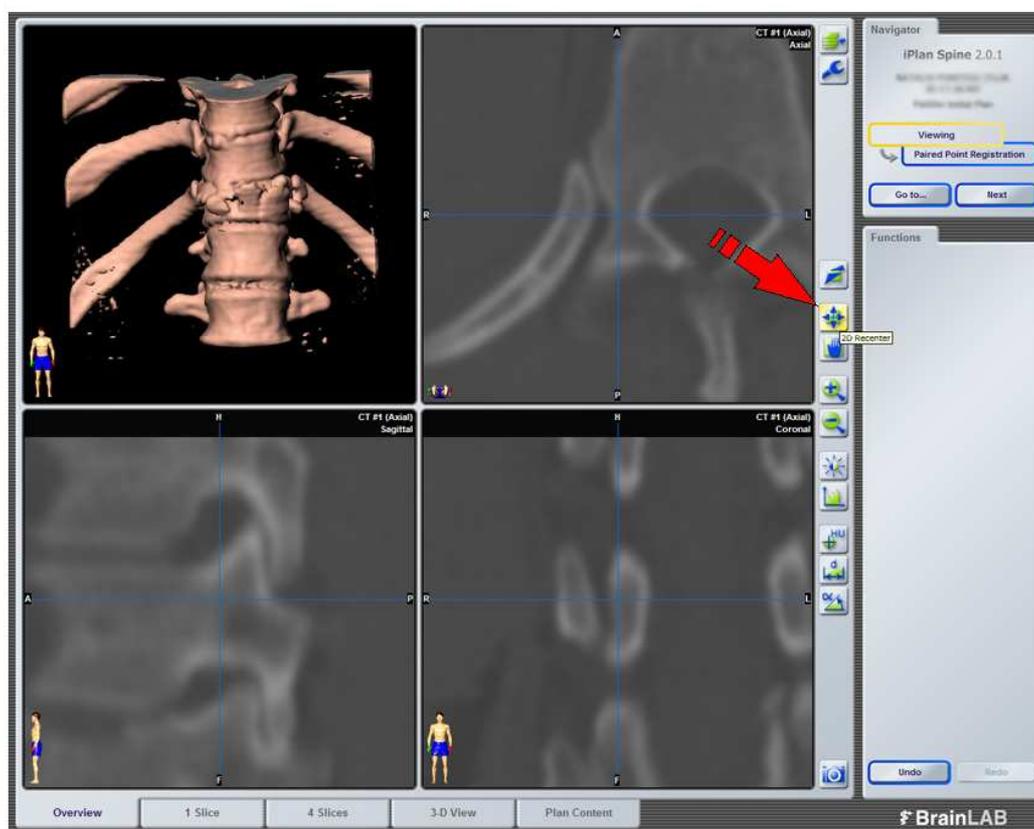
No quadrante inferior esquerdo (Sagittal) faça a medida do pedículo marcando o primeiro ponto e depois o segundo para obter a medida desejada.



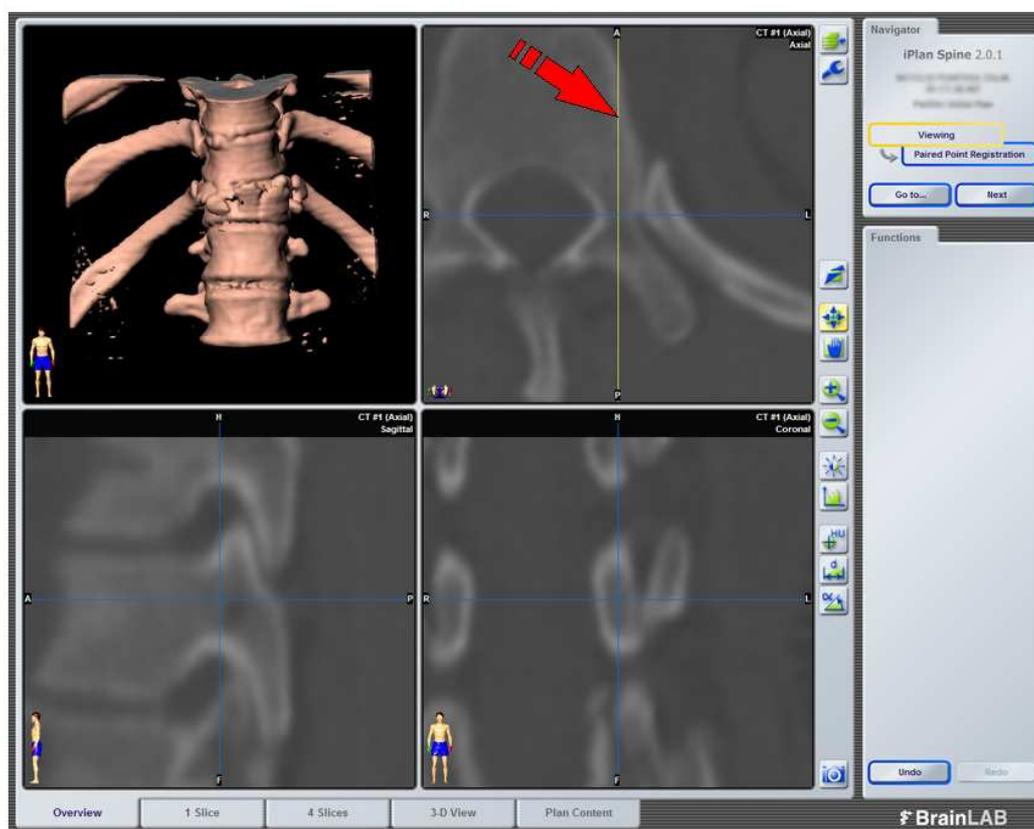
Clicar no ícone Measure Distance para desmarcá-lo.



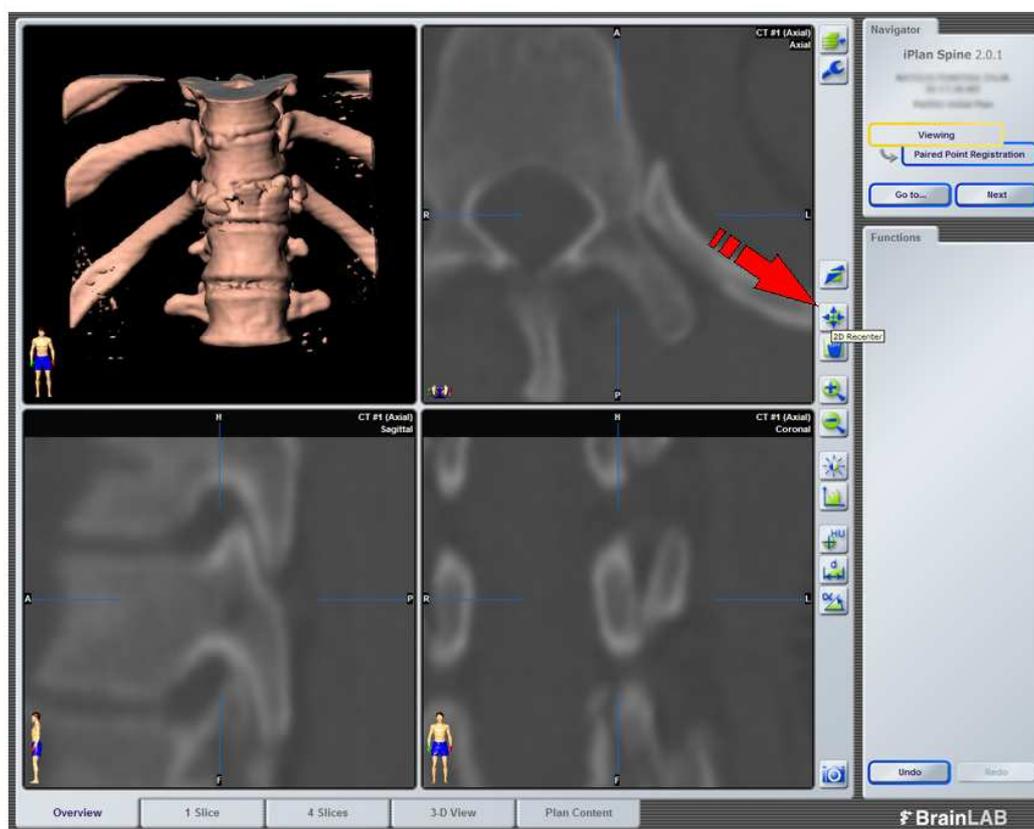
Clicar no ícone 2D Recenter para marcá-lo.



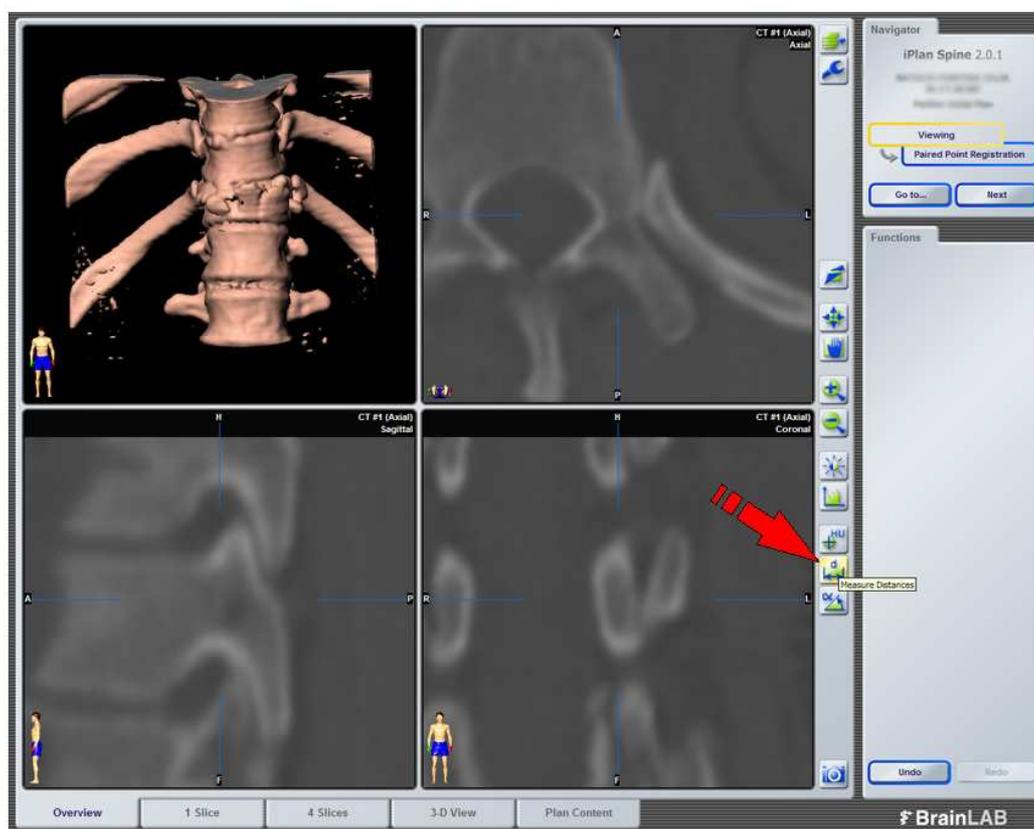
No quadrante superior direito movimente a linha vertical para fazer a medida do outro pedículo.



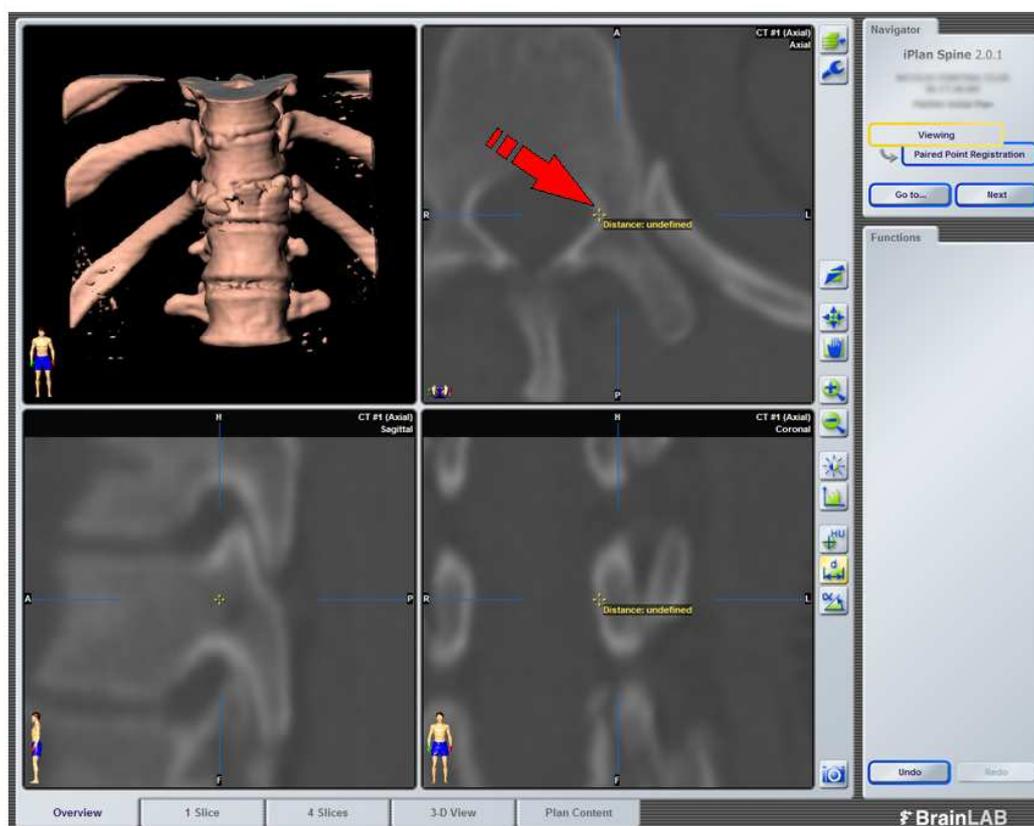
Clicar no ícone 2D Recenter para desmarcá-lo.



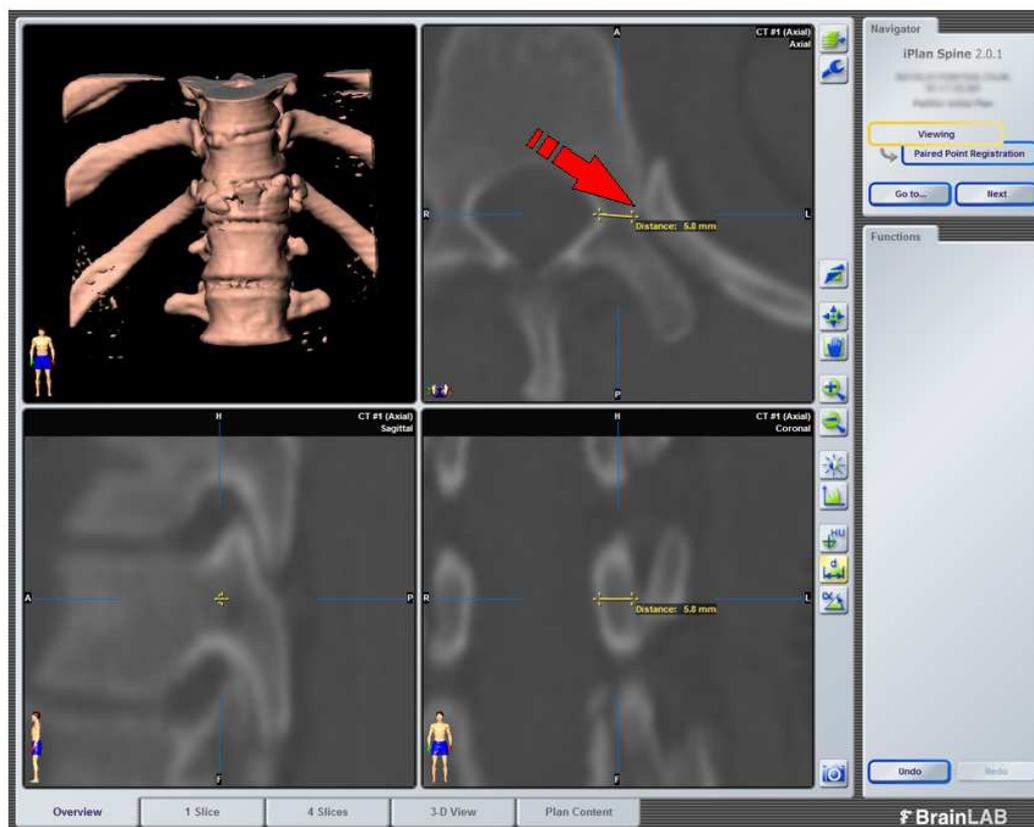
Clicar no ícone Measure Distance para marcá-lo.



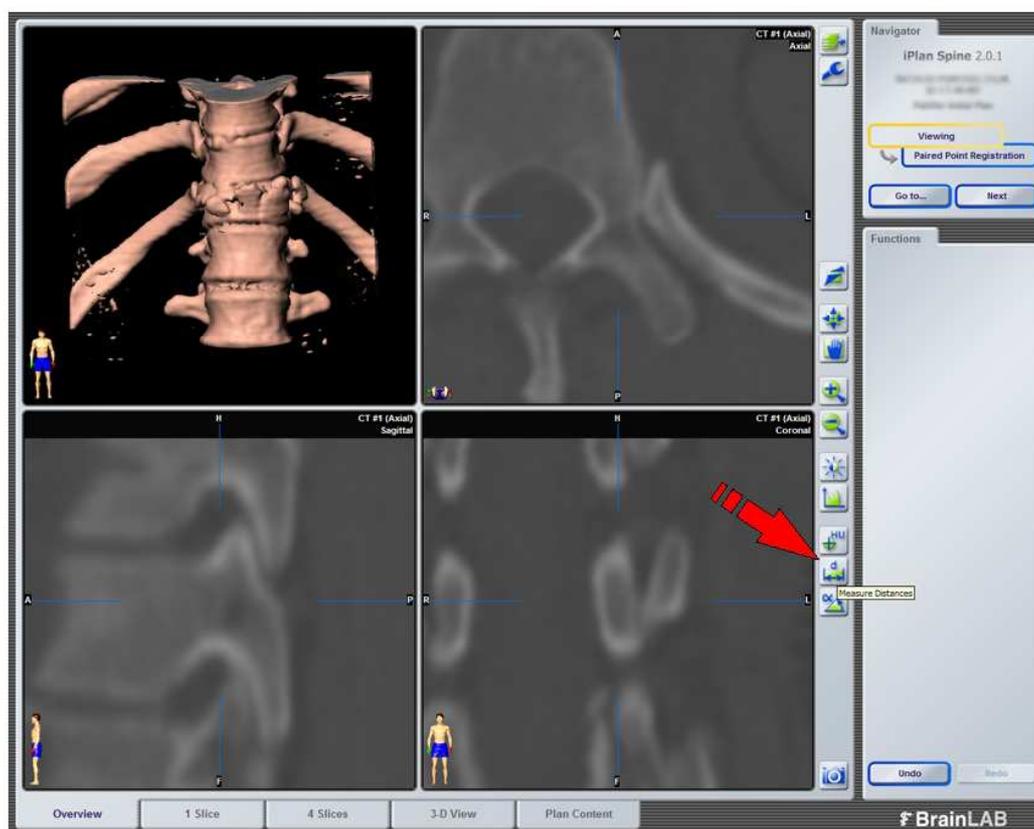
No quadrante superior direito (axial) vá com o mouse até o ponto desejado e clique para marcar o primeiro ponto da medida.



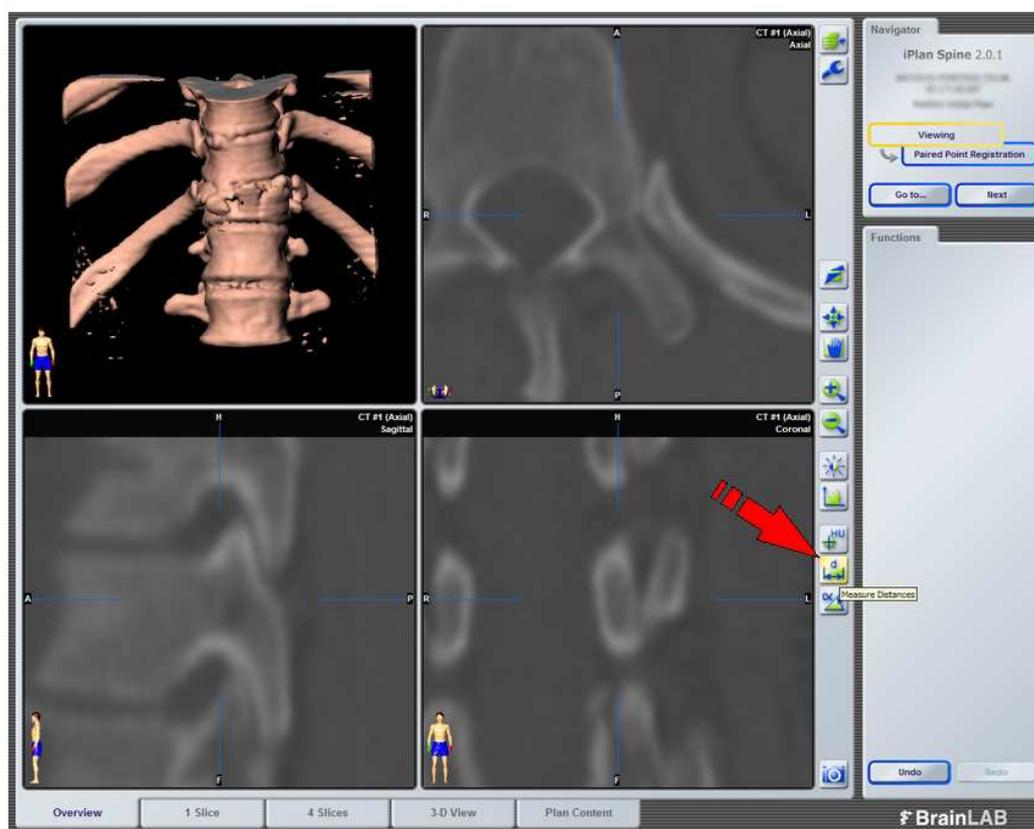
Em seguida clique no segundo ponto desejado para obter a medida gerada em mm automaticamente pelo software.



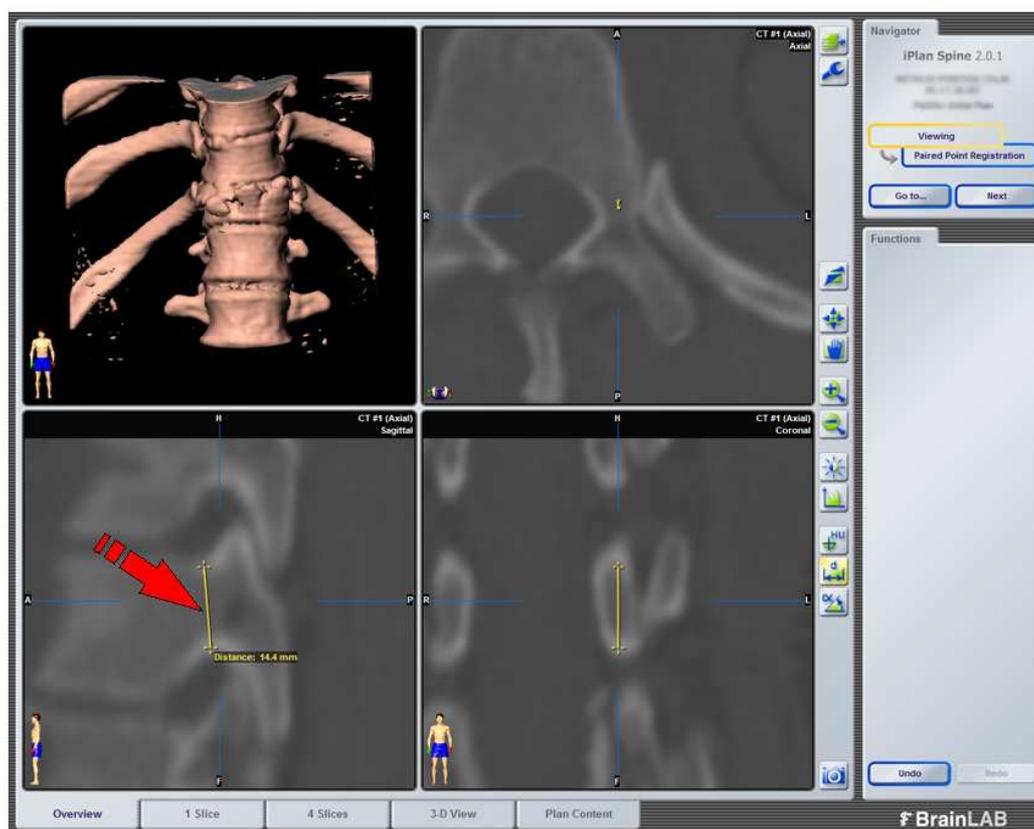
Clicar no ícone Measure Distance para desmarcá-lo.



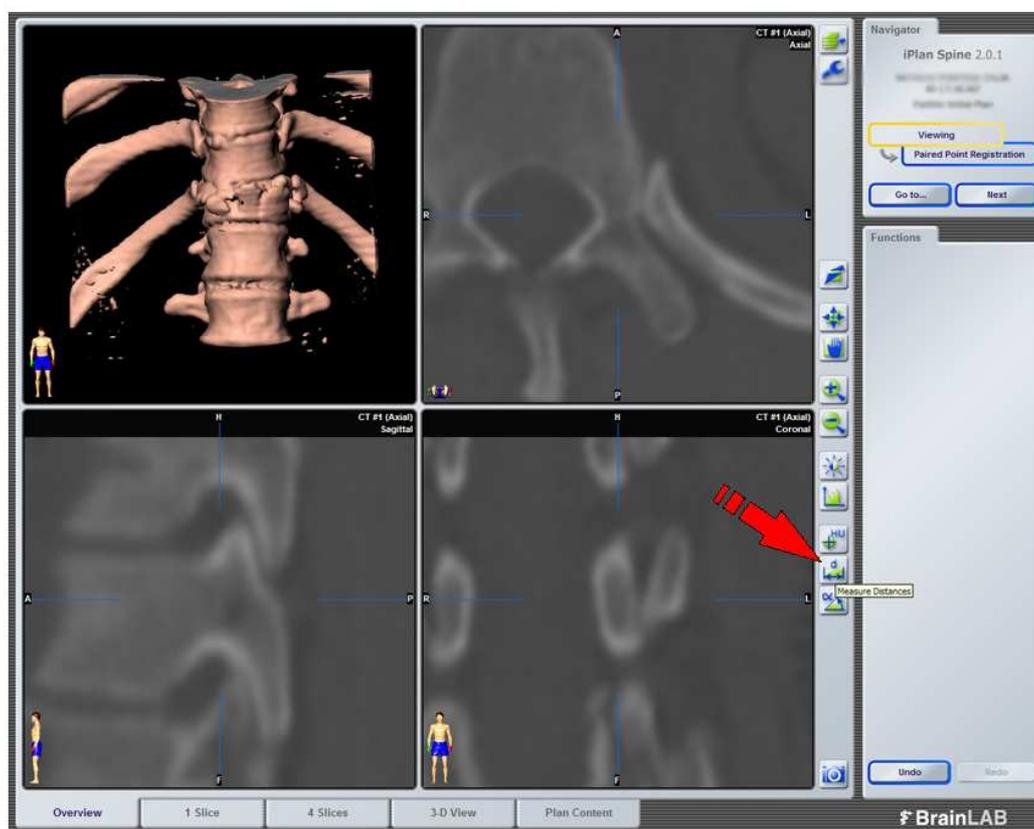
Clicar no ícone Measure Distance para marcá-lo.



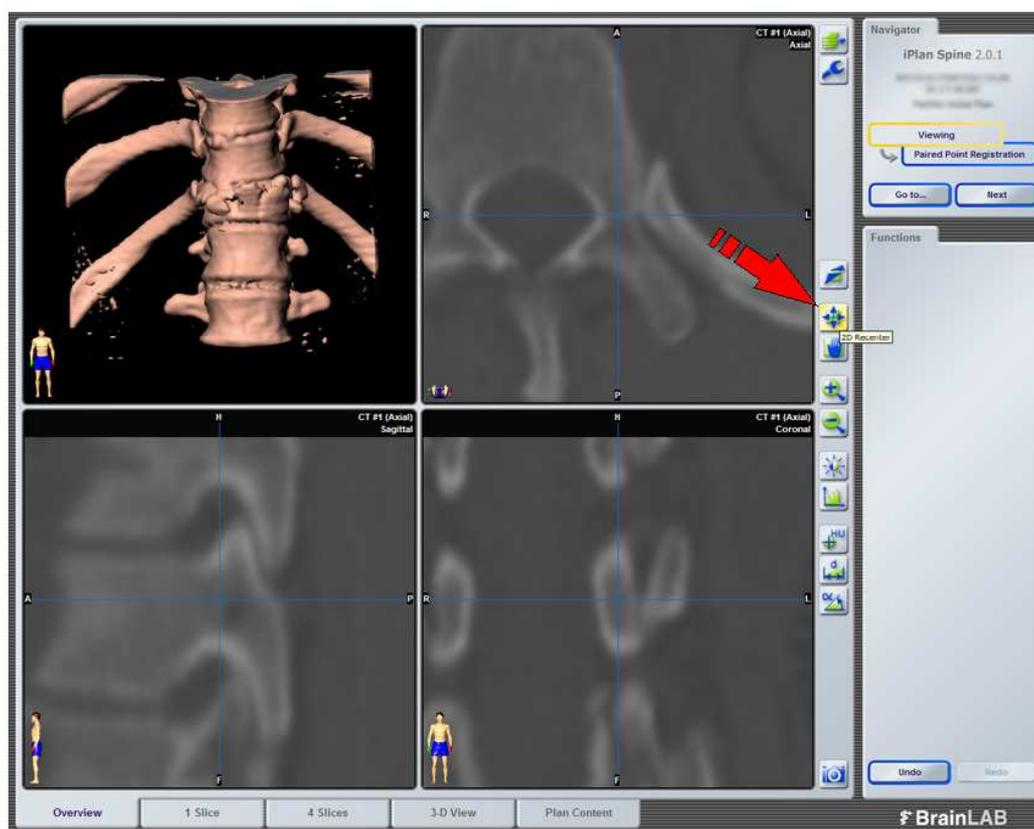
No quadrante inferior esquerdo (Sagittal) faça a medida do pedículo marcando o primeiro ponto e depois o segundo para obter a medida desejada.



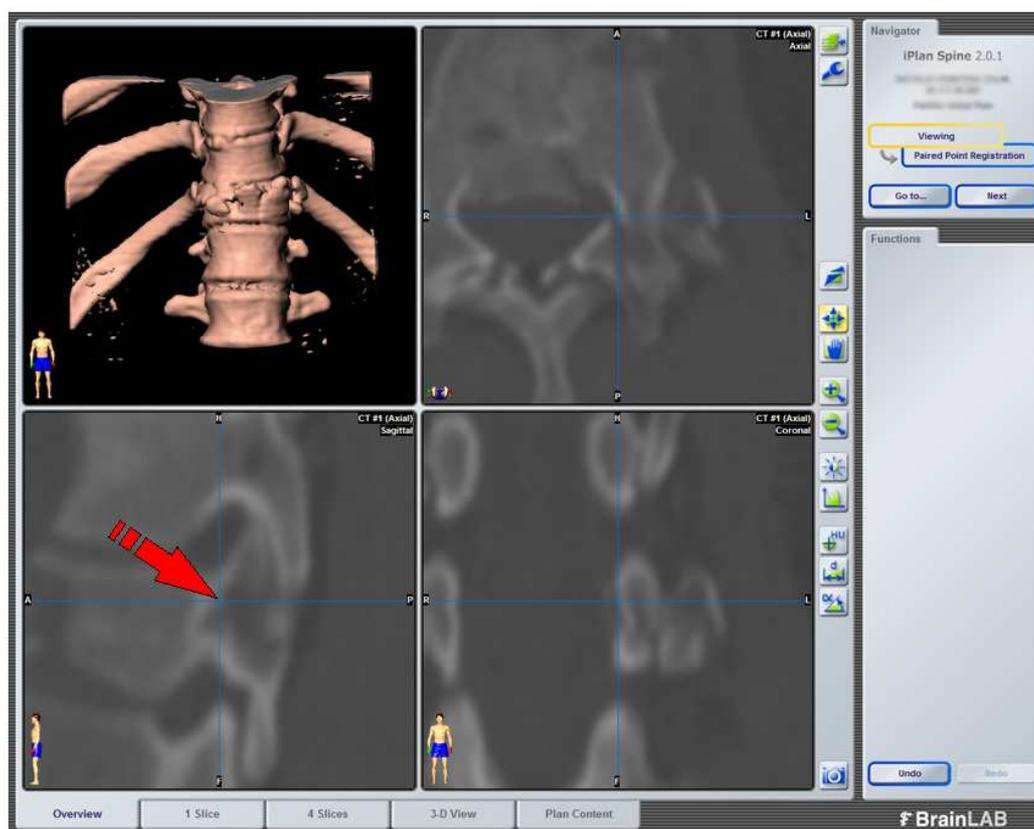
Clicar no ícone Measure Distance para desmarcá-lo.



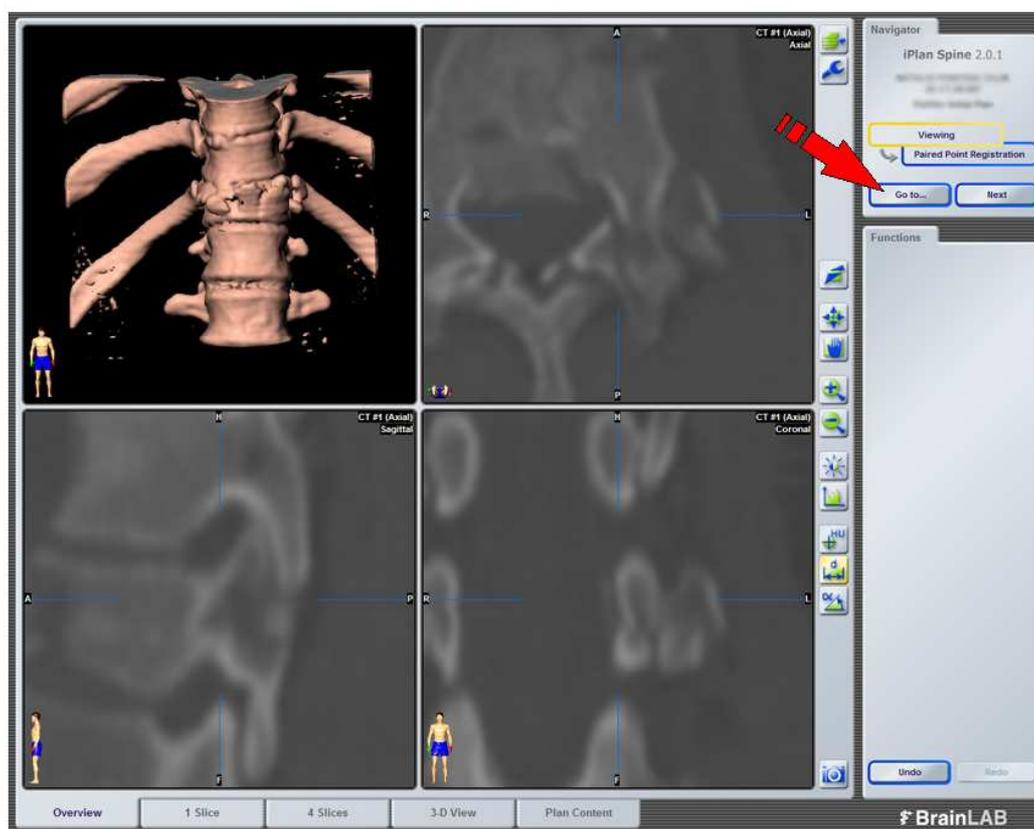
Clicar no ícone 2D Recenter para marcá-lo.



No quadrante inferior esquerdo (Sagittal) movimente as linhas vertical e horizontal até encontrar a próxima vértebra a ser medida, buscando a melhor visualização para poder mensurar.



Repita os passos anteriores para medir quantas vértebras forem necessárias.
Após terminar todas as medidas clicar no botão Go to...



Na tela iPlan! Navigator clicar na opção Exit e depois OK para sair do software.

