UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE MEDICINA DE RIBEIRÃO PRETO

MARIANA DEMÉTRIO DE SOUSA PONTES

Descrição e validação da técnica de inserção do parafuso S2 - asa do íliaco

Ribeirão Preto

2020

MARIANA DEMÉTRIO DE SOUSA PONTES

Descrição e validação da técnica de inserção do parafuso S2 - asa do ilíaco

Versão Original

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Programa: Mestrado Profissional em Medicina.

Área de concentração: Medicina.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Fernando Pereira da Silva Herrero.

Ribeirão Preto

2020

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

FICHA CATALOGRÁFICA

Pontes, Mariana Demétrio de Sousa

Descrição e validação da técnica de inserção do parafuso S2 - asa do ilíaco, 2020.

51 p. il., 30cm.

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto/USP. Programa: Mestrado Profissional em Medicina. Área de concentração: Medicina.

Orientador: Herrero, Carlos Fernando Pereira da Silva

1.Coluna vertebral. 2.Articulação sacroilíaca. 3.Sacro. 4.Tomografia. 5.Processamento de imagem assistida por computador. 6.Artrrodese. 7.Reprodutibilidade dos testes. 8.Estudos de validação.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Mariana Demétrio de Sousa Pontes

Descrição e validação da técnica de inserção do parafuso S2 - asa do íliaco

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina
de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo,
para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Programa: Mestrado Profissional em Medicina.

Área de concentração: Medicina.

Aprovado em: ____ / ____ / ____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho

Ao meu irmão,

***Fernando**, pelo amor, cuidado, incentivo e
exemplo que recebi por toda a vida, e por
reconhecer que a produção científica é uma
atividade nobre e digna.*

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Ao Prof. Dr. **Fernando Herrero**, pelo exemplo de honestidade e de caráter, por todas as oportunidades de amadurecimento profissional e pessoal, pelo suporte emocional, pelo cuidado expresso em forma de preocupação e pela admirável confiança depositada em mim desde os meus primeiros dias como Médica Residente do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Reconheço que sua postura ética é, sem dúvidas, referência para mim em qualquer atividade que eu venha a desenvolver. Além de atuar como um orientador ímpar, tornou-se um amigo que levarei para o resto da vida.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, **Celina e Fernando**, e ao meu irmão, **Fernando**, pelo amor genuíno, pelo apoio incondicional, pela felicidade de me ver realizada e pela certeza de que estaremos sempre juntos. Tenho muito orgulho da nossa família.

Aos meus eternos amigos, **Ana Carolina Marques, Carlos Henrique Alencar, Igor Franklin, Marina Pires, Stefany Prata, Tayana Romão, Vinícius Lima**, e à minha querida prima, **Juliana Wiemer**, pela sintonia, pelo companheirismo, pelas discussões despretensiosas, pelos momentos de descontração e pelos sonhos compartilhados. Não há distância que tire da gente o que é verdadeiro.

Ao Prof. Dr. **Maximiliano Porto**, por acompanhar de perto todas as etapas da minha formação profissional, pela amizade, pelos conselhos e por ser um verdadeiro alicerce quando as dificuldades batem à porta.

Ao Prof. Dr. **Daniel Maranhão**, pela amizade, pelo exemplo de ser humano íntegro e de profissional de altíssimo desempenho e pela humildade que muito me inspiram. Agradeço por ter me proporcionado oportunidades que nunca imaginei que teria, o que evidencia sua confiança no meu potencial.

Aos meus colegas de trabalho e amigos que ganhei no HC FMRP USP, em particular, à minha dupla, **Breno Faleiros**, ao **Bruno Adona** e ao **Henrique Melo**, meu agradecimento especial por tudo que vivemos, dividimos e aprendemos nos últimos anos.

Ao Prof. Dr. **Marcelo Riberto** e ao Dr. **Marcelo Simão**, pela disponibilidade de participar como membros da banca do Exame de Qualificação, contribuindo com análises construtivas essenciais para o resultado final deste trabalho.

Aos meus professores do Curso de Medicina da Universidade de Fortaleza, em nome dos Profs. **Rui Colares e Paulo Colares**, por terem plantado a semente no meu interesse pela área acadêmica desde os primeiros anos da graduação.

Aos alunos de Iniciação Científica da FMRP USP, **Lucas Klarosk e Lucas Américo** pela colaboração no desenvolvimento da pesquisa e, acima disto, pela oportunidade de compartilhar conhecimento.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES).

RESUMO

PONTES, Mariana Demétrio de Sousa. **Descrição e validação da técnica de inserção do parafuso S2 - asa do ilíaco**. 2020. 51 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Medicina) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2020.

A fixação espinopélvica continua sendo um tema desafiador na cirurgia da coluna vertebral. Para superar as complicações relacionadas à fixação L5-S1, foram descritas técnicas de estabilização sacropélvica, dentre elas a do parafuso S2-asa do ilíaco (S2AI). Este trabalho tem os objetivos de descrever como aferir os parâmetros sacropélvicos necessários para a inserção do parafuso S2AI e de validar esta técnica de aferição. Os dados avaliados, em reconstruções multiplanares de tomografia computadorizada (TC), foram os parâmetros da trajetória do implante, incluindo comprimento, diâmetro e ângulos de trajetória nos planos axial e sagital. A partir da reconstrução sagital, angula-se tridimensionalmente o eixo da série de cortes axiais de modo que seja possível visualizar a vértebra S2, o ponto de entrada do parafuso e a espinha ilíaca anteroinferior (EIAI) no mesmo plano. O ponto de entrada é demarcado e, para medir o comprimento do parafuso, traçam-se linhas tangenciando as corticais interna e externa do ilíaco. O diâmetro é determinado pela menor distância entre as tábuas interna e externa do ilíaco e o ângulo de trajetória no plano axial é formado pela linha média anteroposterior do sacro e a linha do comprimento do parafuso. O ângulo de inclinação craniocaudal em relação ao platô de S1 corresponde ao grau de inclinação feito no plano sagital para encontrar a imagem em que o ponto de entrada e a EIAI são vistos no mesmo plano. Nos 34 exames avaliados, as médias dos parâmetros encontradas foram: $98,1 \pm 10,55$ mm para o menor comprimento; $108,9 \pm 11,97$ mm para o maior comprimento; $13,8 \pm 3,21$ mm para o diâmetro; $41,1 \pm 6,43^\circ$ para o ângulo de trajetória no plano axial para o parafuso de menor comprimento; $38,1 \pm 5,85^\circ$ para o ângulo de trajetória no plano axial para o parafuso de maior comprimento; e $7,1 \pm 1,36^\circ$ para o ângulo de trajetória do implante no plano sagital. A correlação inter e intraobservador dos parâmetros morfométricos do parafuso S2AI mostrou-se de moderada a excelente em relação a quase todas as variáveis estudadas, exceto para a medida do ângulo de trajetória no plano sagital, a qual não apresentou significância estatística. Conclui-se, portanto, que foi possível descrever um método de aferição dos

parâmetros sacropélvicos necessários para a inserção segura do parafuso S2AI ideal para cada paciente por meio de reconstruções multiplanares de TC, e que o platô de S1 talvez não seja um bom parâmetro para a avaliação do ângulo de trajetória no plano sagital.

Descritores: Coluna vertebral. Articulação sacroilíaca. Sacro. Tomografia. Processamento de imagem assistida por computador. Artrodese. Reprodutibilidade dos testes. Estudos de validação.

ABSTRACT

PONTES, Mariana Demétrio de Sousa. ***Description and validation of S2 - alar iliac screw insertion technique.*** 2020. 51 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Medicina) - Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2020.

Spinopelvic fixation remains a challenging subject in spine surgery. To overcome L5-S1 fixation complications, sacropelvic stabilization techniques have been described, including the S2-alar iliac (S2AI) screw technique. This study aims to describe how to measure the sacropelvic parameters necessary for S2AI screw insertion and to validate this measurement technique. Data was evaluated by pelvic computed tomography (CT) multiplanar reconstructions, including implant trajectory parameters: screw length, screw diameter and screw trajectory angles in axial and sagittal planes. From the sagittal reconstruction, the series of axial images axis is angled three-dimensionally until it is possible to see the vertebra S2, the screw entry point and the anterior inferior iliac spine (AIIS) in the same plane. The screw entry point is marked and, to measure the screw length, lines are drawn tangentiating the inner and the outer iliac cortex. The screw diameter is determined by the shorter distance between internal and external iliac cortex and the screw trajectory angle in the axial plane is measured by sacrum anterior-posterior midline and by screw length line. The cephalocaudal inclination angle in relation to S1 plateau corresponds to the inclination degree done in the sagittal plane to find the image which the entry point and the AIIS are seen in the same plane. In 34 exams evaluated, the following averages were found: 98.1 ± 10.55 mm for the shortest screw length; 108.9 ± 11.97 mm for the longest screw length; 13.8 ± 3.21 mm for the screw diameter; $41.1 \pm 6.43^\circ$ for the screw trajectory angle in the axial plane for the shortest screw; $38.1 \pm 5.85^\circ$ for the screw trajectory angle in the axial plane for the longest screw; and $7.1 \pm 1.36^\circ$ for the implant trajectory angle in the sagittal plane. The inter and intraobserver correlation found for S2AI screw morphometric parameters was from moderate to excellent for almost all the variables, except for the trajectory angle measurement in the sagittal plane, which did not present statistical significance. It is concluded, therefore, that it was possible to describe a sacropelvic parameters measurement method for the safe insertion of the ideal

S2AI screw for each patient through multiplanar CT reconstructions, and that S1 plateau may not be a good parameter for assessing the trajectory angle in the sagittal plane.

Key words: *Spine. Sacroiliac joint. Sacrum. Tomography. Image processing, computer-assisted. Arthrodesis. Reproducibility of results. Validation studies.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Ilustração da trajetória do parafuso S2AI através da articulação sacroilíaca entre as corticais interna e externa do osso ilíaco _____ 21
- Figura 2 - Imagens de TC em (A) Reconstrução sagital, (B) Plano axial e (C) Reconstrução coronal _____ 29
- Figura 3 - Reconstrução realizada por meio da função 3D MPR. Angulação do eixo (azul) da série de cortes axiais (roxo) _____ 29
- Figura 4 - Imagens obtidas por meio da reconstrução multiplanar em 3D após procedimento demonstrado na figura 3. (A) Imagem no plano axial oblíquo em que a vértebra S2, o ponto de entrada (E) e a EIAI são vistos no mesmo corte. (B) Reconstrução coronal oblíqua, na qual é possível visualizar o intervalo entre os forames dorsais de S1 e de S2 para a demarcação precisa do ponto de entrada do parafuso S2AI _____ 30
- Figura 5 - Aferição dos comprimentos do parafuso S2AI. A partir do ponto de entrada, são traçadas linhas tangenciando as corticais da asa do ilíaco em direção à EIAI. O comprimento da linha equivale ao comprimento do parafuso _____ 30
- Figura 6 - O maior diâmetro do parafuso S2AI corresponde à menor distância do espaço (virtual) entre as corticais interna e externa da asa do ilíaco _____ 31
- Figura 7 - Exemplo em que foi escolhido um parafuso sacroilíaco de 7,5 mm de diâmetro (alma). Do diâmetro máximo de 11 mm, foram subtraídos 3,75 mm (metade do diâmetro da alma do implante) medialmente e lateralmente para evitar a violação das corticais da asa do ilíaco pelas roscas do parafuso. Após, as medidas de comprimento foram ajustadas de acordo com o novo limite de segurança do trajeto _____ 31

Figura 8 - Desenho esquemático de um corte axial oblíquo para o planejamento do diâmetro do parafuso S2AI. (A) Demarcações do maior comprimento do parafuso tangenciando a cortical medial do osso ilíaco direito e com subtração medial de metade do diâmetro do implante no osso ilíaco esquerdo. (B) Parafuso S2AI inserido seguindo o planejamento realizado à direita: Notar a violação da cortical medial do ilíaco em laranja. (C) Parafuso S2AI inserido seguindo o planejamento realizado à esquerda: Não há violação das corticais do ilíaco. _____ 32

Figura 9 - Medida que determina o ângulo de inclinação anteroposterior no plano axial do parafuso S2AI. É utilizada a linha média anteroposterior do sacro como parâmetro (perpendicular à linha horizontal da pelve) em relação às linhas que correspondem às medidas dos comprimentos do parafuso _____ 33

Figura 10 - Medida que determina o ângulo de inclinação craniocaudal do parafuso S2AI: Ângulo formado entre o platô de S1 e o grau de inclinação realizado no plano sagital para a obtenção do plano de trajetória do parafuso (Figura 3) _____ 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros morfométricos do parafuso S2AI medidos a partir das reformatações multiplanares das TCs _____	34
Tabela 2 - Confiabilidade interobservador dos parâmetros do parafuso S2AI _____	35
Tabela 3 - Confiabilidade intraobservador dos parâmetros do parafuso S2AI _____	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DICOM	<i>digital imaging and communications in medicine</i>
DP	desvio padrão
EIAI	espinha ilíaca anteroinferior
EIPS	espinha ilíaca posterossuperior
FOV	<i>field of view</i> / campo de visão
IC	intervalo de confiança
ICC	coeficiente de correlação intraclass
L5	quinta vértebra lombar
MPR	<i>multiplanar reformatting</i>
S1	primeira vértebra sacral
S2	segunda vértebra sacral
S2AI	parafuso da segunda vértebra sacral à asa do ilíaco
TC	tomografia computadorizada

LISTA DE SÍMBOLOS

°	grau (medida de ângulo)
®	marca registrada (nome comercial)
%	porcentagem
±	mais ou menos
<	menor que
=	igual a
HU	unidades Hounsfield
kV	kilovolt
mA	miliampere
mm	milímetro

SUMÁRIO ^a

1. INTRODUÇÃO	19
2. OBJETIVOS	23
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
4. RESULTADOS	28
5. DISCUSSÃO	36
6. CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	42
ANEXOS	46
Anexo A – Ofício de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa	47
Anexo B – <i>Checklist</i> do planejamento do parafuso S2AI por meio de TC	48
Anexo C – Protocolo da pesquisa	49
APÊNDICE	50
Apêndice A – Artigo aceito para publicação na Revista Brasileira de Ortopedia	51

^a Normas de acordo com as **Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP. Parte I (ABNT)**. 3ª edição. São Paulo, 2016. Disponível em: https://teses.usp.br/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=67&lang=pt-br. Acesso em: 14 de novembro de 2019.

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A fixação espinopélvica continua sendo um tema desafiador na cirurgia da coluna vertebral. Forças biomecânicas, particularidades anatômicas e qualidade óssea são algumas das razões pelas quais os cirurgiões continuam a explorar opções de fixação para as correções das deformidades que se estendem à pelve.¹⁻²

A fixação da coluna vertebral incluindo a pelve é comumente indicada para agregar força de ancoragem à instrumentação, visando a reduzir as complicações relacionadas à fixação L5-S1, nos casos de obliquidade pélvica, de espondilolistese de alto grau (grau 3 ou superior), de deformidade com retificação da lordose lombar que requer osteotomia corretiva, de osteoporose na junção lombossacra, de trauma espinopélvico, bem como de outras grandes deformidades da coluna.²⁻⁷

Nesse contexto, estudos demonstraram elevadas taxas de complicações em fixações longas da coluna vertebral cruzando a articulação L5-S1 com ancoragem distal exclusiva em S1.^{3,8} Vários fatores podem ter contribuído para os altos índices de pseudoartrose, de fratura do pedículo de S1 e de falha dos implantes utilizados na fixação sacral associada a longas artrodeses na coluna toracolombar, incluindo a direção e a profundidade da inserção do parafuso, a qualidade óssea inadequada nesta região e a carga excessiva resultante de um longo braço de alavanca de fusão acima do sacro.^{5,9-11} Para contornar tais intercorrências, várias técnicas de fixações sacropélvicas foram descritas, dentre as quais, barras transilíacas, parafusos ilíacos e sacroilíacos, permitindo o uso de implantes com dimensões significativamente maiores, aumentando a rigidez e a estabilidade da instrumentação necessárias para o tratamento efetivo das deformidades da coluna.¹⁻⁴ A técnica de Galveston, descrita nos anos 80, utiliza instrumentação com barras inseridas entre as tábuas do osso ilíaco e, para isso, frequentemente, exige dobras complexas e tridimensionais das hastes.⁶ A técnica do parafuso ilíaco, por sua vez, em relação às barras transilíacas, tem como vantagens a facilidade de inserção, assim como a permissão de maior resistência ao arrancamento, apesar de poder exigir incisões fasciais e cutâneas separadas.^{2,8} Além disso, conectores intercambiáveis que unem a fixação lombar à fixação sacropélvica são frequentemente utilizados e a ampla dissecação das partes moles necessária para isto aumenta a morbidade do procedimento, podendo comprometer a integridade, bem como a vascularização da

musculatura e dos retalhos cutâneos dessa área, tornando a porção distal da incisão mais propensa à deiscência da ferida operatória.²

Uma opção de fixação sacropélvica mais recentemente desenvolvida, a qual tem apresentado benefícios em relação aos demais métodos, pela relativa facilidade de inserção e menores índices de complicações, é a técnica do parafuso S2 - asa do íliaco (S2AI). Nesta técnica, um parafuso com ponto de entrada em S2, especificamente 1 mm inferior e 1 mm lateral ao forame dorsal de S1, é inserido, de forma aberta ou percutânea, através da articulação sacroilíaca e percorre seu trajeto no osso íliaco em direção à espinha ilíaca anteroinferior (EIAI).^{1,4,8,12-16}

Figura 1 - Ilustração da trajetória do parafuso S2AI através da articulação sacroilíaca entre as corticais interna e externa do osso íliaco

Fonte: Hoernschemeyer (2017)

Estudos retrospectivos que compararam as complicações a curto prazo entre as técnicas do parafuso ilíaco e do parafuso S2AI mostram que a fixação S2AI esteve associada a menores incidências de quebra do implante, de infecção de sítio cirúrgico e de deiscência de ferida operatória, além de ter apresentado menor necessidade de revisão cirúrgica e menor taxa de dor pélvica posterior no pós-operatório.^{14,17} O ponto de entrada do parafuso ilíaco tradicional é na espinha ilíaca posterossuperior (EIPS) e a inserção deste requer considerável dissecação de partes moles, incluindo fáscia e musculatura paravertebral.²

O parafuso S2AI é uma técnica de fixação pélvica com ponto de entrada ao nível da segunda vértebra sacral, isto é, mais inferior, medial e anterior, evitando assim a proeminência da instrumentação, que pode conduzir à dor no local do implante e ao aumento do risco de deiscência da ferida operatória.^{3,14,18-19} Outra vantagem da técnica S2AI descrita é eliminar a necessidade de conectores modulares, utilizados na fixação tradicional pela técnica do parafuso ilíaco, para unir a fixação sacropélvica à artrodese posterior da coluna. Isso se deve ao fato de o ponto de entrada do parafuso S2AI estar alinhado com o ponto de entrada do parafuso pedicular de S1, o que pode reduzir também uma potencial causa de falha relacionada aos implantes.¹⁻⁴ Além disso, estudos sugerem que a fixação percutânea minimamente invasiva do parafuso S2AI, bem como a introdução guiada por navegação estereotáxica ou robótica são opções viáveis, seguras e acuradas para a inserção precisa do parafuso.^{8,20-23}

Por outro lado, uma das potenciais desvantagens dessa técnica, de acordo com estudos em cadáveres, é o fato de que 60% dos parafusos S2AI podem violar a cartilagem da articulação sacroilíaca sem efetivamente artrodesá-la.² Porém, a significância clínica disto ainda é desconhecida.^{6,17-19}

Dentre os riscos da técnica S2AI, encontram-se o de violação do canal vertebral, de lesões de estruturas viscerais, como intestinos e órgãos urogenitais, e de estruturas neurovasculares, principalmente artérias e veias ilíacas internas e plexo lombossacral.^{3,24} Assim, o conhecimento detalhado da anatomia e das características morfológicas do parafuso se faz necessário para minimizar estes possíveis danos. No entanto, os estudos sobre a técnica do parafuso S2AI, apesar de exporem a trajetória do implante, não detalham, de maneira pormenorizada, como aferir, por meio de exames de imagem, os parâmetros necessários para a inserção deste parafuso. Além disso, a maioria dos estudos avaliou a trajetória dos implantes espinopélvicos por meio de exames de imagem ou em cadáveres sem qualquer lesão ou deformidade.^{3,15,25} Como a fixação espinopélvica é frequentemente realizada com a finalidade de correção de grandes deformidades, casos em que a assimetria pélvica eventualmente está presente, acredita-se que a individualização do planejamento cirúrgico é imprescindível para evitar complicações e, conseqüentemente, para a aquisição de bons resultados.

OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

Descrever como aferir, por meio de exame de tomografia computadorizada (TC), os parâmetros sacropélvicos necessários para a inserção segura do parafuso S2AI ideal para cada paciente.

Validar a técnica de aferição dos parâmetros sacropélvicos por meio da análise da concordância inter e intraobservador.

MATERIAL E MÉTODOS

3. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (HC FMRP USP), com processo HC nº 788/2019 (CAAE: 08968219.4.0000.5440) (Anexo A).

Trata-se de um estudo descritivo considerando exames de tomografia computadorizada (TC) da pelve, adquiridos no HC FMRP USP. Os dados clínicos incluídos no estudo foram o sexo e a idade do paciente.

Em março de 2019, foram selecionadas de forma consecutiva as 100 TCs de pelve mais recentes do arquivo da instituição de pacientes de ambos os sexos acima de 18 anos de idade. Destas, 66 foram excluídas por apresentarem cirurgia prévia na região pélvica ou lombossacral e/ou patologias acometendo o seguimento sacropélvico (fratura, tumor, infecção, anomalias congênitas, espondilite anquilosante), totalizando $n = 34$ casos, dos quais 18 são do sexo masculino e 16, do sexo feminino, cuja faixa etária variou de 18 a 86 anos, com média de 52,11 anos, mediana de 57,5 anos e desvio padrão (DP) de 18,56 anos.

Os exames foram realizados nos aparelhos de tomografia computadorizada *multislice* do HC FMRP USP (Philips® Big Bore 16 canais, Holanda e Toshiba® Aquilion 64 canais, Japão), com protocolo de *field of view*/campo de visão (FOV) 500 mm, 120 kV, miliamperagem (mA) variando de acordo com peso do paciente, espessura do corte e intervalo de reconstrução de 1 mm.

Foi feito o *download* de todas as TCs em formato *digital imaging and communications in medicine* (DICOM), e os exames foram transferidos para o *software* Horos®, versão 1.1.7. As imagens foram analisadas em janela dedicada para estruturas ósseas (nível da janela entre 300 e 350 HU) e reconstruídas no *software*, que permite ao operador processar e editar dados de imagem 2D e reconstruí-las em modelos 3D multiplanares com precisão, de forma que a determinação do ponto de entrada dos parafusos foi feita com acurácia, bem como o plano e a direção dos mesmos. A ferramenta *reslicing* foi utilizada para obter o alinhamento anatômico preciso.

Considerando o ponto de entrada descrito para a inserção dos parafusos S2AI no ponto médio entre os forames dorsais e de S1 e S2^{3,26}, foi descrita a técnica de aferição e realizada a medida dos seguintes parâmetros morfométricos por dois avaliadores:

- a) comprimentos do parafuso: maior e menor distâncias, em milímetros, do ponto de entrada à EIAI, tangenciando a cortical medial do ílio, para o maior comprimento, e a cortical lateral do ílio, para o menor comprimento;
- b) diâmetro do parafuso: largura mínima da asa do ilíaco, em milímetros, que corresponde ao espaço virtual da trajetória do parafuso S2AI, em que não ocorre violação de nenhuma cortical (sem risco de lesão para estruturas viscerais e neurovasculares);
- c) ângulos de trajetória do parafuso no plano axial: ângulos de inclinação anteroposterior para a inserção do parafuso S2AI. Medidos entre as linhas de trajetória do parafuso que correspondem ao maior e ao menor comprimentos e a linha média anteroposterior do sacro;
- d) ângulo de trajetória do parafuso no plano sagital: ângulo de inclinação craniocaudal em relação ao platô de S1 para a inserção do parafuso S2AI.

Os avaliadores foram (1) a autora, aluna de pós-graduação e médica residente de Ortopedia e Traumatologia do 3º ano, e (2) um aluno de graduação em Medicina do 4º ano. A técnica de medição das variáveis foi descrita pela autora, a qual realizou um período de treinamento com o graduando, que consistiu em aula expositiva e três turnos de treinamento com as imagens, seguindo um *checklist* (Anexo B), com intervalos semanais. A autora realizou novamente a avaliação dos exames após intervalo mensal.

Os dados foram tabulados e analisados no *software* Microsoft Excel® versão 15.29 e os resultados foram mostrados em forma de média, valores máximo e mínimo, DP e intervalo de confiança (IC), considerando nível de confiança de 95%. Para fins de análise da reprodutibilidade das medidas, por meio da concordância inter e intraobservador, os dados foram importados para o *software* IBM SPSS *Statistics*® versão 25 e utilizou-se o coeficiente de correlação intraclass (ICC), com a seguinte interpretação: < 0,4: fraca; de 0,4 a 0,6: moderada; de 0,6 a 0,75: forte; de 0,75 a 1,0: excelente. Foram considerados estatisticamente significativos valores de $p < 0,05$.

RESULTADOS

4. RESULTADOS

O exame de TC é disponibilizado no plano axial. Primeiramente, é necessário reconstruir as imagens nos planos coronal e sagital (Figura 2).

Figura 2 - Imagens de TC em (A) Reconstrução sagital, (B) Plano axial e (C) Reconstrução coronal

Fonte: imagem obtida pela autora

Em seguida, utiliza-se a reconstrução sagital para angular tridimensionalmente, por meio da função 3D *multiplanar reformatting* (MPR), o eixo da série de cortes axiais de modo que este fique próximo ao eixo longo do sacro (Figura 3) e que seja possível, com isso, obter uma imagem no plano axial oblíquo, na qual sejam visualizados a vértebra S2, o ponto de entrada do parafuso e a EIAI no mesmo plano (Figura 4A). O ponto de entrada do parafuso S2AI é demarcado na cortical posterior do sacro no plano axial oblíquo (Figura 4A), com auxílio da reconstrução no plano coronal oblíquo para visualizar o ponto médio entre os forames dorsais de S1 e de S2 (Figura 4B).

Figura 3 - Reconstrução realizada por meio da função 3D MPR. Angulação do eixo (azul) da série de cortes axiais (roxo)

Fonte: imagem obtida pela autora

Figura 4 - Imagens obtidas por meio da reconstrução multiplanar em 3D após procedimento demonstrado na figura 3. (A) Imagem no plano axial oblíquo em que a vértebra S2, o ponto de entrada (E) e a EIAI são vistos no mesmo corte. (B) Reconstrução coronal oblíqua, na qual é possível visualizar o intervalo entre os forames dorsais de S1 e de S2 para a demarcação precisa do ponto de entrada do parafuso S2AI.

Fonte: imagem obtida pela autora

Após definido o ponto de entrada, aferem-se os limites seguros de comprimentos do parafuso a ser inserido da seguinte forma: sabendo-se que o parafuso é direcionado para a EIAI³, traçam-se linhas, a partir do ponto de entrada, tangenciando as corticais interna e externa da asa do osso ilíaco (Figura 5). A linha que tangencia a cortical interna corresponde ao maior comprimento possível do parafuso S2AI. De modo similar, a linha tangente à cortical externa equivale ao menor comprimento.

Figura 5 - Aferição dos comprimentos do parafuso S2AI. A partir do ponto de entrada, são traçadas linhas tangenciando as corticais da asa do ilíaco em direção à EIAI. O comprimento da linha equivale ao comprimento do parafuso.

Fonte: imagem obtida pela autora

O maior diâmetro possível do parafuso a ser inserido é determinado pela menor medida de largura entre as tábuas interna e externa do íliaco (Figura 6). Pelo fato de os diâmetros dos parafusos sacroilíacos disponíveis serem determinados pela medida da alma do implante, ou seja, do diâmetro interno, é de fundamental importância subtrair 1/2 do diâmetro do parafuso escolhido medialmente e lateralmente, com o intuito de que a rosca não viole as corticais da asa do ilíaco. Posteriormente, ajustam-se as medidas dos comprimentos dos implantes para os novos limites de segurança do trajeto (Figura 7). A Figura 8 demonstra um desenho esquemático do planejamento do diâmetro do parafuso S2AI.

Figura 6 - O maior diâmetro do parafuso S2AI corresponde à menor distância do espaço (virtual) entre as corticais interna e externa da asa do íliaco.

Fonte: imagem obtida pela autora

Figura 7 - Exemplo em que foi escolhido um parafuso sacroilíaco de 7,5 mm de diâmetro (alma). Do diâmetro máximo de 11 mm, foram subtraídos 3,75 mm (metade do diâmetro da alma do implante) medialmente e lateralmente para evitar a violação das corticais da asa do íliaco pelas roscas do parafuso. Após, as medidas de comprimento foram ajustadas de acordo com o novo limite de segurança do trajeto.

Fonte: imagem obtida pela autora

Figura 8 - Desenho esquemático de um corte axial oblíquo para o planejamento do diâmetro do parafuso S2AI. (A) Demarcações do maior comprimento do parafuso tangenciando a cortical medial do osso ilíaco direito e com subtração medial de metade do diâmetro do implante no osso ilíaco esquerdo. (B) Parafuso S2AI inserido seguindo o planejamento realizado à direita: Notar a violação da cortical medial do íliaco em laranja. (C) Parafuso S2AI inserido seguindo o planejamento realizado à esquerda: Não há violação das corticais do ílio.

Fonte: imagem obtida pela autora

Para determinar os ângulos da trajetória do parafuso no plano axial, utiliza-se a linha média anteroposterior do sacro e medem-se os ângulos formados entre esta e as linhas das medidas do maior e do menor comprimentos do parafuso (Figura 9).

Figura 9 - Medida que determina o ângulo de inclinação anteroposterior no plano axial do parafuso S2AI. É utilizada a linha média anteroposterior do sacro como parâmetro (perpendicular à linha horizontal da pelve) em relação às linhas que correspondem às medidas dos comprimentos do parafuso.

Fonte: imagem obtida pela autora

Para determinar o ângulo de inclinação craniocaudal em relação ao platô de S1 (Figura 10), utiliza-se o grau de inclinação do eixo dos cortes axiais feito no plano sagital (Figura 3) para encontrar a imagem em que o ponto de entrada e a EIAI são vistos no mesmo plano (Figura 4A).

Figura 10 - Medida que determina o ângulo de inclinação craniocaudal do parafuso S2AI: Ângulo formado entre o platô de S1 e o grau de inclinação do eixo dos cortes realizado no plano sagital para a obtenção do plano de trajetória do parafuso (Figura 3).

Fonte: imagem obtida pela autora

Nos 34 exames avaliados, tem-se que a medida do maior comprimento do parafuso variou de 86,8 a 137,5 mm, com média de 108,9 mm (IC 95%: 104,96 - 113,01 mm) e a do menor comprimento, de 73,7 a 117,6 mm, com média de 98,1 mm (IC 95%: 94,62 - 101,72 mm). O menor diâmetro do espaço virtual entre as tábuas interna e externa do íliaco variou de 9,2 a 21,2 mm, com média de 13,8 mm (IC 95%: 12,75 - 14,91 mm). Em relação ao ângulo de trajetória no plano axial para a inserção do parafuso de maior comprimento, observou-se uma média de 38,1° (IC 95%: 36,12 - 40,06°) e uma variação média em relação ao ângulo de trajetória do menor comprimento do parafuso de 3,3° (IC 95%: 2,79 - 3,92°). O ângulo de trajetória no plano sagital variou de 4,8 a 10,2°, com média de 7,1° (IC 95%: 6,61 - 7,53°).

Tabela 1 - Parâmetros morfométricos do parafuso S2AI medidos a partir das reformatações multiplanares das TCs.

Medida	Parâmetro do parafuso S2AI	Média ± DP
mm	menor comprimento	98,1 ± 10,55
	maior comprimento	108,9 ± 11,97
	diâmetro	13,8 ± 3,21
graus	ângulo trajetória axial para o menor comprimento	41,1 ± 6,43
	ângulo trajetória axial para o maior comprimento	38,1 ± 5,85
	ângulo trajetória sagital	7,1 ± 1,36

Fonte: resultados obtidos pela autora

A confiabilidade interobservador foi classificada como forte para as medidas do menor comprimento (ICC: 0,742 - IC 95%: 0,480 - 0,872) e do diâmetro do parafuso (ICC: 0,699 - IC 95%: 0,387 - 0,851). Em relação ao maior comprimento (ICC: 0,553 - IC 95%: 0,231 - 0,832) e aos ângulos de trajetória no plano axial para o maior (ICC: 0,478 - IC 95%: 0,040 - 0,739) e para o menor comprimento (ICC: 0,591 - IC 95%: 0,382 - 0,909), a confiabilidade interobservador foi classificada como moderada. Não foi encontrada significância estatística na correlação interobservador no que diz respeito ao ângulo de trajetória no plano sagital (p=0,740).

Tabela 2 - Confiabilidade interobservador dos parâmetros do parafuso S2AI.

Parâmetro do parafuso S2AI	ICC (IC 95%)	P
menor comprimento	0,742 (0,480 - 0,872)	p<0,001
maior comprimento	0,553 (0,231 - 0,832)	p<0,001
diâmetro	0,699 (0,387 - 0,851)	p<0,001
ângulo trajetória axial para o menor comprimento	0,591 (0,382 - 0,909)	p<0,05
ângulo trajetória axial para o maior comprimento	0,478 (0,040 - 0,739)	p<0,05
ângulo trajetória sagital	0,249 (-0,141 - 0,364)	p=0,740

Fonte: resultados obtidos pela autora

A confiabilidade intraobservador foi classificada como excelente para quase todas as medidas, incluindo menor (ICC: 0,932 - IC 95%: 0,690 - 0,986) e maior comprimentos (ICC: 0,962 - IC 95%: 0,829 - 0,992) do parafuso, diâmetro (ICC: 0,770 - IC 95%: 0,096 - 0,954) e ângulos de trajetória no plano axial para o maior (ICC: 0,773 - IC 95%: 0,235 - 0,958) e menor comprimentos (ICC: 0,862 - IC 95%: 0,068 - 0,974). Assim como na confiabilidade interobservador, não foi encontrada significância estatística na correlação intraobservador no que diz respeito ao ângulo de trajetória no plano sagital (p=0,101).

Tabela 3 - Confiabilidade intraobservador dos parâmetros do parafuso S2AI.

Parâmetro do parafuso S2AI	ICC (IC 95%)	P
menor comprimento	0,932 (0,690 - 0,986)	p=0,001
maior comprimento	0,962 (0,829 - 0,992)	p<0,001
diâmetro	0,770 (0,096 - 0,954)	p<0,05
ângulo trajetória axial para o menor comprimento	0,862 (0,068 - 0,974)	p=0,002
ângulo trajetória axial para o maior comprimento	0,773 (0,235 - 0,958)	p=0,003
ângulo trajetória sagital	0,610 (0,209-0,918)	p=0,101

Fonte: resultados obtidos pela autora

DISCUSSÃO

5. DISCUSSÃO

A literatura acerca da técnica do parafuso S2AI, apesar de evidenciar a trajetória do implante, falha em detalhar uma maneira acurada para aferir, por meio de exames de imagem, os parâmetros sacropélvicos necessários para a inserção segura deste parafuso em cada paciente individualmente, o que mostra a importância do presente estudo para agregar evidência para futura resolução dessa lacuna.

Neste estudo, após a descrição de um método de aferição por meio de reconstruções multiplanares feitas com realinhamento anatômico preciso, com a finalidade de validação deste método, foram aferidos os comprimentos, o diâmetro e os ângulos de trajetória do implante (Tabela 1). Foram encontrados valores semelhantes aos descritos na literatura em relação aos comprimentos e ao diâmetro, visto que, em um artigo de revisão, Wu (2017) informa que o diâmetro dos parafusos S2AI varia de 6,5 a 8,5 mm e o comprimento, de 65 a 120 mm.¹⁴ Em uma avaliação de asiáticos, Kwan (2012) sugeriu que parafusos entre 85 e 120 mm de comprimento são potencialmente seguros com base na população do estudo, sem diferença entre os gêneros.³ A trajetória lateral de segurança foi estimada de $39,3^\circ \pm 3,1$ a $50,4^\circ \pm 6,1$ em homens e de $39,5^\circ \pm 3,1$ a $50,2^\circ \pm 5,9$ em mulheres, e a faixa de comprimento do parafuso dentro dessa trajetória de segurança foi de $85 \text{ mm} \pm 22,2$ a $122,6 \text{ mm} \pm 11,4$ e de $86,4 \text{ mm} \pm 22,7$ a $122,2 \text{ mm} \pm 11,9$ para homens e mulheres, respectivamente.³

No que se refere aos valores encontrados para os ângulos de trajetória do implante, os achados do presente estudo diferem da literatura internacional no que diz respeito à angulação no plano sagital. Chang (2009), ao avaliar 20 tomografias da pelve de adolescentes esqueleticamente maduros, indica, aproximadamente, 40° de angulação lateral no plano transversal e, também, 40° de angulação caudal no plano sagital para encontrar a via ideal do parafuso S2AI, com potencial de minimizar a proeminência do implante e simplificar a técnica para obtenção da fixação pélvica², o que é muito discrepante ao achado de $7,1^\circ \pm 1,36$ encontrado neste trabalho. Este autor, porém, não detalha quais parâmetros foram utilizados para a obtenção deste resultado. Elder (2017) recomenda um grau de angulação lateral semelhante, de 30 a 45° , e um grau de angulação caudal relativamente menor, entre 20 e 45° .¹⁸ Em outro estudo, em que foi realizada a inserção por técnica minimamente invasiva do parafuso S2AI em cadáveres, comprimentos de 90 mm, em média, foram possíveis, com

variação de 69 a 120 mm. A média de angulação anteroposterior foi de 42° e a de angulação craniocaudal foi também maior, em torno de 29° caudal.⁸

A partir desta discrepância de valores encontrados em relação ao ângulo de trajetória do implante no plano sagital, aponta-se, como principal fator responsável, a falta de detalhamento da técnica de aferição adotada nestas publicações. Provavelmente, utilizou-se o solo como parâmetro, o que pode aumentar o risco de insucesso, uma vez que o posicionamento do paciente e as próprias deformidades apresentadas podem mascarar o valor angular em relação ao solo, tornando-o pouco confiável. Além disso, questiona-se, de forma acessória, sobre a presença de possíveis variações anatômicas ósseas da pelve de indivíduos brasileiros. Desta forma, fica clara a importância da descrição detalhada da técnica empregada na aferição dos parâmetros anatômicos, uma vez que a comparação dos resultados se torna inviável com técnicas diferentes de medição. No presente estudo, foram feitas as aferições na tentativa de sugerir o platô superior de S1 como parâmetro para a medida do ângulo de trajetória craniocaudal, porém os resultados encontrados não apontam que este seja um parâmetro ideal.

Sabe-se que a transição lombossacral resiste a forças de cisalhamento e é, evidentemente, uma das regiões mais importantes da coluna vertebral em termos de mobilidade e de suporte de carga.³ Em relação às propriedades biomecânicas do parafuso S2AI, a literatura atual mostra que não há diferença significativa relacionada à rigidez e à falha da instrumentação entre as técnicas do parafuso S2AI e dos parafusos ilíacos convencionais.^{1,4,12,14} O'Brien (2013) evidenciou que o parafuso S2AI de 65 mm foi biomecanicamente equivalente ao parafuso ilíaco de 90 mm e ao parafuso S2AI de 80 mm.¹ Seria esperado que o parafuso ilíaco relativamente mais longo fosse mais forte do que um parafuso S2AI de 65 mm. O menor comprimento do S2AI já permite a penetração das corticais da articulação sacroilíaca e evita a possível perfuração da asa do ilíaco à medida que a anatomia se estreita.¹ Ademais, nota-se que a fixação ilíaca é realizada em leito esponjoso e a dos parafusos S2AI, em comparação, têm aquisição cortical na articulação sacroilíaca, o que pode oferecer estabilidade adicional apesar do menor comprimento.¹ Já, em relação aos parafusos pediculares sacrais de S1 e S2, o maior comprimento do S2AI, bem como a aquisição de múltiplas corticais, torna este método de instrumentação biomecanicamente mais estável.³ Burns (2016) não encontrou, em seu estudo, diferenças significativas para a rigidez

torcional em extensão, flexão e inclinação lateral entre as construções S2AI e parafuso ilíaco. Também não houve diferenças significativas entre parafusos S2AI e parafusos ilíacos para o torque de inserção ou resistência ao arrancamento.⁴

São reconhecidas algumas limitações neste estudo, dentre elas, primeiro, o pequeno número de exames avaliados; segundo, a ausência de deformidade nos casos selecionados; e, por fim, a aplicação clínica limitada. No entanto, este é o primeiro estudo que descreve passo a passo a técnica de aferição dos parâmetros do parafuso S2AI.

Como sugestão para trabalhos futuros, cita-se uma avaliação morfométrica do parafuso S2AI na população brasileira, ou seja, se seria possível estabelecer um padrão anatômico levando em consideração o sexo e a faixa etária. Outra proposta é de um estudo clínico sobre uma das potenciais desvantagens do S2AI, se existe relação entre os sintomas álgicos pós-operatórios e a ausência de consolidação relativamente frequente da artrodese sacroilíaca após violação da articulação pelo implante.

CONCLUSÃO

6. CONCLUSÃO

Foi possível descrever um método de aferição dos parâmetros sacropélvicos necessários para a inserção segura do parafuso S2AI ideal para cada paciente por meio de reconstruções multiplanares de TC.

A correlação inter e intraobservador dos parâmetros morfométricos do parafuso S2AI mostrou-se de moderada a excelente em quase todas as variáveis estudadas, exceto para a medida do ângulo de trajetória no plano sagital.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS ^b

1. O'BRIEN, J. R.; YU, W.; KAUFMAN, B. E.; BUCKLEN, B.; SALLOUM, K.; KHALIL, S. et al. Biomechanical evaluation of S2 alar-iliac screws effect of length and quad-cortical purchase as compared with iliac fixation. **Spine**, v. 38, n. 20, p. 1250-1255, 2013.
2. CHANG, T.; SPONSELLER, P. D.; KEBASH, K. M.; FISHMAN, E. K. Low profile pelvic fixation: anatomic parameters for sacral alar-iliac fixation versus traditional iliac fixation. **Spine**, v. 34, n. 5, p. 436-440, 2009.
3. KWAN, M. K.; JEFFRY, A.; CHAN, C. Y. W.; SAW, L. B. A radiological evaluation of the morphometry and safety of S1, S2 and S2-ilium screws in the asian population using three dimensional computed tomography scan: an analysis of 180 pelvis. **Surgical and Radiologic Anatomy**, v. 34, n. 3, p. 217-227, 2012.
4. BURNS, C. B.; DUA, K.; TRASOLINI, N. A.; KOMATSU, D. E.; BARS, J. M. Biomechanical comparison of spinopelvic fixation constructs: iliac screw versus S2-alar-iliac screw. **Spine Deformity**, v. 4, n. 1, p. 10-15, 2016.
5. KIM, Y. J.; BRIDWELL, K. H.; LENKE, L. G.; CHO, K. J.; EDWARDS, C. C.; RINELLA, A. S. Pseudarthrosis in adult spinal deformity following multisegmental instrumentation and arthrodesis. **The Journal of Bone & Joint Surgery**, v. 88, n. 4, p. 721-728, 2006.
6. KEBASH, K. M. Sacropelvic fixation: techniques and complications. **Spine**, v. 35, n. 25, p. 2245-2251, 2010.
7. EMAMI, A.; DEVIREN, V.; BERVEN, S.; SMITH, J. A.; HU, S. S.; BRADFORD, D. S. Outcome and complications of long fusions to the sacrum in adult spine deformity: luque-galveston, combined iliac and sacral screws, and sacral fixation. **Spine**, v. 27, n. 7, p. 776-786, 2002.
8. O'BRIEN, J. R.; MATTEINI, L.; YU, W. D.; KEBASH, K. M. Feasibility of minimally invasive sacropelvic fixation percutaneous S2 alar iliac fixation. **Spine**, v. 35, n. 4, p. 460-464, 2010.
9. EDWARDS, C. C.; BRIDWELL, K. H.; PATEL, A.; RINELLA, A. S.; BERRA, A.; LENKE, L. G. Long adult deformity fusions to L5 and the sacrum: a matched cohort analysis. **Spine**, v. 29, n. 18, p. 1996-2005, 2004.

^b Normas de acordo com as **Diretrizes para apresentação de dissertações e teses da USP. Parte I (ABNT)**. 3ª edição. São Paulo, 2016. Disponível em: https://teses.usp.br/index.php?option=com_content&view=article&id=52&Itemid=67&lang=pt-br. Acesso em: 14 de novembro de 2019.

10. KLINEBERG, E.; MCHENRY, T.; BELLABARBA, C.; WAGNER, T.; CHAMPMAN, J. Sacral insufficiency fractures caudal to instrumented posterior lumbosacral arthrodesis. **Spine**, v. 33, n. 16, p. 1806-1811, 2008.
11. LEONG, J. C.; LU, W. W.; ZHENG, Y.; ZHU, Q.; ZHONG, S. Comparison of the strengths of lumbosacral fixation achieved with techniques using one and two triangulated sacral screws. **Spine**, v. 23, n. 21, p. 2289-2294, 1998.
12. HOERNSCHEMEYER, D. G.; PASHUCK, T. D.; PFEIFFER, F. M. Analysis of the S2 alar-iliac screw as compared with the traditional iliac screw: does it increase stability with sacroiliac fixation of the spine? **The Spine Journal**, v. 17, n. 6, p. 875-879, 2017.
13. NOTTMEIER, E. W.; PIRRIS, S. M.; BALSEIRO, S.; FENTON, D. Three-dimensional image-guided placement of S2 alar screws to adjunct or salvage lumbosacral fixation. **The Spine Journal**, v. 10, n. 7, p. 595-601, 2010.
14. WU, A. M.; CHEN, D.; CHEN, C. H.; LI, Y. Z.; TANG, L.; PHAN, K. et al. The technique of S2-alar- iliac screw fixation: a literature review. **AME Medical Journal**, v. 2, n. 12, 2017.
15. O'BRIEN, J. R.; YU, W. D.; BHATNAGAR, R.; SPONSELLER, P.; KEBASH, K. M. An anatomic study of the S2 iliac technique for lumbopelvic screw placement. **Spine**, v. 34, n. 12, p. 439-442, 2009.
16. MATTEINI, L. E.; KEBASH, K. M.; VOLK, W. R.; BERGIN, P. F.; YU, W. D.; O'BRIEN, J. R. An S-2 alar iliac pelvic fixation: technical note. **Neurosurgical Focus**, v. 28, n. 3, p. 13, 2010.
17. ILYAS, H.; PLACE, H.; PURYEAR, A. A comparison of early clinical and radiographic complications of iliac screw fixation versus S2 alar iliac (S2AI) fixation in the adult and pediatric populations. **Journal of Spinal Disorders Techniques**, v. 28, n. 4, p. 199-205, 2015.
18. ELDER, B. D.; ISHIDA, W.; LO, S. L.; HOLMES, C.; GOODWIN, C. R.; KOSZTOWSKI, T. A. et al. Use of S2-alar-iliac screws associated with less complications than iliac screws in adult lumbosacropelvic fixation. **Spine**, v. 42, n. 3, p. 142-149, 2017.
19. GUPTA, S.; SMITH, E.; FALK, D.; O'BRIEN J. S2 alar-iliac screws versus iliac screws for pelvic fixation. **AME Medical Journal**, v. 2, n. 5, 2017.
20. EL-DAFRAWY, M. H.; KEBASH, K. M. Percutaneous S2 alar iliac fixation for pelvic insufficiency fracture. **Orthopedics**, v. 37, n. 11, p. 1033-1035, 2014.
21. RAY, W. Z.; RAVINDRA, V. M.; SCHMIDT, M. H.; DAILEY, A. T. Stereotactic navigation with the O-arm for placement of S-2 alar iliac screws in pelvic lumbar fixation: technical note. **Journal of Neurosurgery - Spine**, v. 18, n. 5, p. 490-495, 2013.

22. BEDERMAN, S. S.; HAHN, P.; COLIN, V.; KIESTER, P. D.; BHATIA, N. N. Robotic guidance for S2-alar-iliac screws in spinal deformity correction. **Clinical Spine Surgery**, v. 30, n. 1, p. 49-53, 2017.
23. HYUN, S. J.; KIM, K. J.; JAHNG, T. A. S2 alar iliac screw placement under robotic guidance for adult spinal deformity patients: technical note. **European Spine Journal**, v. 26, n. 8, p. 2198-2203, 2017.
24. MIRKOVIC, S.; ABITBOL, J. J.; STEINMAN, J.; EDWARDS, C. C.; SCHAFFLER, M.; MASSIE, J. et al Anatomic consideration for sacral screw placement. **Spine**, v. 16, n. 6S, p. 286-294, 1991.
25. ZHU, F.; BAO, H. D.; YUAN, S.; WANG, B.; QIAO, J.; ZHU, Z. Z. et al. Posterior second sacral alar iliac screw insertion: anatomic study in a chinese population. **European Spine Journal**, v. 22, n. 7, p. 1683-1689, 2013.
26. JOST, G. F.; WALTI, J.; MARIANI, L.; CATTIN, P. A novel approach to navigated implantation of S-2 alar iliac screws using inertial measurement units. **Journal of Neurosurgery - Spine**, v. 24, n. 3, p. 447-453, 2016.

ANEXOS

ANEXOS

Anexo A – Ofício de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo

HOSPITAL DAS CLÍNICAS DA FACULDADE DE MEDICINA
DE RIBEIRÃO PRETO DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Ofício nº 788/2019
CEP/MGV

Ribeirão Preto, 13 de março de 2019

Prezada Senhora,

O trabalho intitulado “**DESCRIÇÃO E VALIDAÇÃO DA TÉCNICA DE INSERÇÃO DO PARAFUSO S2 – ASA DO ILÍACO**” - versão março/2019, foi analisado “AD REFERENDUM” pelo Comitê de Ética em Pesquisa, e enquadrado na categoria: **APROVADO**, bem como a solicitação de dispensa do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, de acordo com o Processo HCRP nº 2673/2019.

Este Comitê segue integralmente a Resolução nº 466/12 CNS/MS.

Lembramos que devem ser apresentados a este CEP, o Relatório Parcial e o Relatório Final da pesquisa.

Atenciosamente.

DRª. MARCIA GUIMARÃES VILLANOVA
COORDENADORA DO COMITÊ DE ÉTICA EM
PESQUISA DO HCRP E DA FMRP-USP

Ilustríssima Senhora

MARIANA DEMÉTRIO DE SOUSA PONTES

Depto. de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor

Anexo B – *Checklist* do planejamento do parafuso S2AI por meio de TC

1. Aquisição do exame de TC da pelve em formato DICOM;
2. Transferência do arquivo para o *software* Horos® através do ícone “importar”;
3. Clicar com o botão direito sobre o exame e selecionar a opção de visualização em janela óssea;
4. Realizar as reconstruções nos planos sagital e coronal;
5. Na barra de ferramentas, clicar em “3D Viewer” e, em seguida, na ferramenta “3D MPR”. Aparecerá uma tela com as imagens nos planos axial, sagital e coronal;
6. Realizar a reconstrução multiplanar no corte mediano do plano sagital, com inclinação do eixo da série de cortes axiais, de modo que se encontre a imagem no plano axial oblíquo em que a vértebra S2 e a EIAI sejam vistas na mesmo corte;
7. Com auxílio da reconstrução coronal oblíqua, ajustar o eixo longitudinal no centro da pelve, e a linha do corte axial oblíquo no ponto médio entre os forames de S1 e S2;
8. Medir, na reconstrução sagital, o ângulo de inclinação sagital em relação ao platô do S1;
9. Demarcar, no plano axial oblíquo, o ponto de entrada do parafuso S2AI;
10. Ainda no plano axial oblíquo:
 - Aferir o diâmetro viável do parafuso S2AI e reduzir metade do diâmetro do implante escolhido medialmente e lateralmente;
 - Aferir o comprimento do parafuso nos limites seguros (sem violar corticais do ílio);
 - Aferir o ângulo de inclinação axial em relação à linha média anteroposterior (perpendicular à linha horizontal da pelve).

Anexo C – Protocolo da pesquisa

ANÁLISE MORFOMÉTRICA DO PARAFUSO S2AI

Nome (iniciais): _____

Registro HC: _____

Idade: _____ anos

Data do exame: ____ / ____ / ____

Maior comprimento do parafuso: _____ mm

Menor comprimento do parafuso: _____ mm

Diâmetro do parafuso: _____ mm

Ângulo de trajetória do parafuso no plano axial (Maior comprimento): _____ °

Ângulo de trajetória do parafuso no plano axial (Menor comprimento): _____ °

Ângulo de trajetória do parafuso no plano sagital: _____ °

APÊNDICE

APÊNDICE

Apêndice A – Artigo aceito para publicação na Revista Brasileira de Ortopedia

Revista Brasileira de Ortopedia

DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE AFERIÇÃO DOS PARÂMETROS SACROPÉLVICOS PARA A INSERÇÃO DO PARAFUSO S2-ASA DO ILÍACO

--Manuscript Draft--

Manuscript Number:	
Full Title:	DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE AFERIÇÃO DOS PARÂMETROS SACROPÉLVICOS PARA A INSERÇÃO DO PARAFUSO S2-ASA DO ILÍACO
Short Title:	DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE AFERIÇÃO DOS PARÂMETROS SACROPÉLVICOS PARA A INSERÇÃO DO PARAFUSO S2-ASA DO ILÍACO
Article Type:	Original Study
Section/Category:	Basic Science Section
Keywords:	Sacroiliac joint; Sacrum; Spine.
Corresponding Author:	Mariana Demétrio de Sousa Pontes Universidade de São Paulo Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto Ribeirão Preto, SP BRAZIL
Corresponding Author Secondary Information:	
Corresponding Author's Institution:	Universidade de São Paulo Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto
Corresponding Author's Secondary Institution:	
First Author:	Mariana Demétrio de Sousa Pontes, Orthopedic resident / Masters student
First Author Secondary Information:	
Order of Authors:	Mariana Demétrio de Sousa Pontes, Orthopedic resident / Masters student
	Lucas Klarosk Ismael, Medical Student
	Lucas Américo Francisco, Medical Student
	Carlos Fernando Pereira da Silva Herrero, Prof. Dr.
Order of Authors Secondary Information:	
Manuscript Region of Origin:	BRAZIL