

FIXAÇÃO SACROPÉLVICA COM USO DE PARAFUSOS ILÍACOS: AVALIAÇÃO DA TÉCNICA E COMPLICAÇÕES

SACROPELVIC FIXATION USING ILIAC SCREWS: EVALUATION OF TECHNIQUE AND COMPLICATIONS

FIJACIÓN SACROPÉLVICA CON USO DE TORNILLOS ILÍACOS: EVALUACIÓN DE LA TÉCNICA Y COMPLICACIONES

LENDL DO VALE MENDONÇA¹, RENÉ KUSABARA², FABIO MASTROMAURO DE OLIVEIRA², YOSHINOBU NAGASSE², IBERÉ RIBEIRO², CLÓVIS YAMAZATO², EDUARDO SOARES DE SOUZA¹

1. Hospital Bandeirantes, Serviço de Cirurgia de Coluna, São Paulo, SP, Brasil.
2. Sociedade Brasileira de Coluna, São Paulo, SP, Brasil.

RESUMO

A fixação sacropélvica surgiu como uma necessidade de proteção à instrumentação sacral em construções longas, devido as falhas na interface implante- osso, e ao tratamento de doenças, nas quais não há possibilidades de fixação sacral, como infecções e tumores. Devido às dificuldades anatômicas e à complexa biomecânica espino-pélvica, diversas técnicas foram criadas. A fixação através de parafusos ilíacos se tornou, através de diversos estudos, uma técnica consagrada, minimizando complicações frequentes, como pseudoartrose e falha do implante. Porém, esta possui desvantagens, como fratura da asa do íliaco e lesão cutânea decorrente de proeminência dos materiais. Esse estudo se destina a revisar, de uma forma abrangente, a literatura acerca da técnica, levando-se em consideração aspectos relevantes para o seu melhor conhecimento e aplicação. **Nível de Evidência III; Estudo Terapêutico.**

Descritores: Região Lombossacral; Parafusos Ósseos; Fusão Vertebral.

ABSTRACT

Sacropevic fixation arose from the need to protect the sacral instrumentation in long constructions, due to failures in the implant-bone interface and the treatment of diseases in which there is no possibilities of sacral fixation such as infections and tumors. Due to anatomic difficulties and the complex spinopelvic biomechanics several techniques were developed. The fixation with iliac screws has become according to multiple studies, a well-established technique that minimizes frequent complications such as pseudoarthrosis and implant failure. However, it has disadvantages such as iliac wing fracture and skin lesions due to the protrusion of materials. The present study aims to comprehensively review the literature on the technique taking into account relevant aspects to its better knowledge and application. **Level of Evidence III; Therapeutic Study.**

Keywords: Lumbosacral Region; Bone Screws; Spinal Fusion.

RESUMEN

La fijación sacropélvica surgió como una necesidad de proteger la instrumentación del sacro en construcciones largas, debido a fallas en la interfaz implante-hueso y al tratamiento de enfermedades en las que no hay posibilidades de fijación del sacro, como infecciones y tumores. Debido a las dificultades anatómicas y a la compleja biomecánica espino-pélvica, se desarrollaron varias técnicas. La fijación con tornillos ilíacos se ha convertido, de acuerdo con diversos estudios, en una técnica bien establecida que minimiza complicaciones frecuentes como pseudoartrosis y falla del implante. Sin embargo, tiene desventajas, como fractura del ala ilíaca y lesiones de la piel debido a la prominencia de los materiales. Este estudio se destina a revisar de forma amplia la literatura acerca de la técnica, teniendo en cuenta aspectos relevantes para su mejor conocimiento y aplicación. **Nivel de Evidencia III; Estudio Terapéutico.**

Descriptores: Región Lumbosacra; Tornillos Óseos; Fusión Vertebral.

INTRODUÇÃO

As primeiras técnicas desenvolvidas para fixação pélvica na instrumentação vertebral datam da década de 70 quando Luque desenvolveu a fixação múltipla sublaminaar usando fios conectados a uma haste em forma de L para prevenir a rotação desta.¹ Posteriormente em 1976 Allen e Ferguson descreveram sua experiência com a técnica de Galveston.² Esta técnica envolvia a implantação de hastes em forma de L, diferenciadas em sua porção distal, ancoradas entre as tábuas interna e externa do íliaco. Com o avanço dos

instrumentais e o desenvolvimento da fixação através das hastes de Cotrel-Dobousset a fixação sacropélvica passou a ser realizada através do uso de ganchos e parafusos pediculares,² estes foram utilizados pela primeira vez em 1973 por Vidal e posteriormente modificados por Dubousset e Farcy.³

Apesar dos avanços das técnicas cirúrgicas a artrodese da junção lombossacra ainda se mantém desafiadora com altos índices de falhas principalmente naqueles casos que exigem o tratamento através de construções longas.⁴ Diversos aspectos contribuem para



a dificuldade no sucesso do tratamento. A complexa biomecânica espino-pélvica gera altos índices de pseudoartroses e falha implante-osso, além de contribuir com complicações tardias como o flat-back.

Ciente do aumento da utilização de instrumentação para tratamento de patologias espinhais e da dificuldade no caso das fixações sacro-pélvicas este artigo se propõe a revisar a técnica de parafusos ilíacos abordando aspectos gerais e comparando com outras técnicas.

Anatomia aplicada

O sacro é o pivô da junção espino-pélvica, articulando-se com a última vértebra lombar e com os dois ossos ilíacos em suas hemipelvas para formar a bacia no todo. Constitui-se de uma fusão de cinco vértebras e suas dimensões vão de cerca de 47 mm em S1 a 28 mm em S2 no sentido ântero-posterior na mulher; no homem essas medidas mudam para 50 mm em S1 e 31 mm em S2.⁵ Formado em sua maior parte por osso esponjoso possui na região do promontório sua maior densidade assim como na região alar. Outras medidas importantes dizem respeito ao pedículo de S1, que possui formato trapezoidal com cerca de 20 mm no plano horizontal e 25 a 30 mm no plano vertical.⁴ O sacro possui relação com diversas estruturas nobres tanto vasculares como neurológicas, que devem ser levadas em consideração quando na passagem de parafusos.⁵

Em seu estudo sobre fixação sacral Arlet⁴ cita o ilíaco como o único ponto de fixação pélvica que permite a implantação do parafuso anteriormente ao centro da coluna osteoligamentar. Além disso, compara o ilíaco a um osso longo com uma porção diafisária delimitada anteriormente pelo teto do acetábulo e a espinha ilíaca ântero-inferior e posteriormente pela porção entre as duas espinhas ilíacas posteriores. Essa região dita diafisária possui altura média de 32,1 mm e distância média entre a crista ilíaca ântero-posterior e a incisura isquiática de 70,8 mm.⁴ A espessura da espinha ilíaca póstero-superior varia desde 35 mm na altura de S2 até 17 mm na altura de S1.⁴ Essas medidas são importantes para o planejamento quanto ao tamanho dos implantes a serem utilizados.

Um conceito importante foi introduzido por O'Brien⁶ quando dividiu o sacro e a pelve em três zonas, utilizando ponto de vista anatômico e relacionado a instrumentação. A zona 1 é formada pelo corpo de S1 e porção cefálica da asa do sacro; a zona 2 inclui a asa do sacro e se estende até S5; a zona 3 inclui o ilíaco bilateralmente (Figuras 1 A-B).

Biomecânica

Em relação à complexa biomecânica sacropélvica vários estudos foram realizados com o intuito de estabelecer qual técnica teria melhores taxas de artrodese e menor falha de implantes.^{3,7-14} Os autores destes estudos submetiam as montagens a momentos de flexão e estabeleceram alguns conceitos importantes como o

ponto pivô. Maccord,⁷ em seu estudo de análise biomecânica de fixação lombossacra, demonstrou que o momento máximo de falha foi significativamente maior naqueles dispositivos que se estendiam até o ilíaco. Neste mesmo estudo chegou-se ao conceito do ponto pivô, que seria na transição lombossacra, uma intersecção entre a coluna média osteoligamentar no plano sagital com o disco intervertebral L5-S1 no plano transverso. Concluiu-se assim que a estabilidade da fixação pélvica era maior nas instrumentações anteriores ao ponto pivô, como os parafusos ilíacos.

Em outro estudo, sobre análise biomecânica, Perrault¹⁵ demonstrou que o comprimento menor do conector lateral diminui a força e o torque sobre o parafuso ilíaco assim como o uso de conectores intra-hastes.

Indicações

São diversas as indicações para a fixação sacropélvica: espondilolistese de alto grau,¹⁶⁻¹⁸ fraturas sacrais instáveis, tumores sacrais e fraturas por insuficiência.^{19,20} Porém, segundo Shen,² a indicação mais comum para a fixação pélvica é a correção de deformidades em pacientes adultos. Outro motivo relevante é a fixação em pacientes com escoliose neuromuscular devido à ótima correção no plano sagital e da inclinação pélvica.²¹ De uma maneira geral, qualquer paciente que necessite de uma construção que inicie no sacro e se prolongue até L2 ou mais proximal será importante a extensão da fixação para a pelve; assim como naqueles pacientes nos quais há uma deformidade importante nos planos coronal e sagital, onde há uma chance de evoluir com cifose no nível L5-S1 após a instrumentação, devido às altas forças de pull-out sofridas pelo sistema implicando na falha do implante.² Indicações diversas também se aplicam a pacientes com osteoporose e nos submetidos a sacrectomia.²⁰

Contraindicações relativas incluem pacientes com anatomia previamente alterada ou prejudicada devido a patologias que impeçam a fixação pélvica segura. Deve-se observar que o histórico de coleta de enxerto em região ilíaca não impede a fixação pélvica.¹⁸

Técnica

A técnica consagrada para a passagem de parafusos ilíacos consiste na exposição da espinha ilíaca póstero-superior com a preparação do ponto de entrada e passagem do probe em direção à espinha ilíaca ântero-inferior (EIAI)⁴ com uma inclinação de 20-45 graus para caudal e 30-45 graus em direção lateral.² Dissecção até a incisura isquiática é realizada para evitar a sua perfuração. O ponto de entrada pode variar segundo alguns autores; situando cerca de 2,4 cm acima da EIAI para estabelecer o melhor ponto de ancoragem dos parafusos²² ou abaixo da EIAI quando se visa colocar mais de um parafuso no ilíaco.²³ Em seu estudo anatômico e radiológico Schildhauer²⁴ encontrou para a trajetória EIPS-EIAI um comprimento médio de 141 mm em homens e 129 mm em mulheres

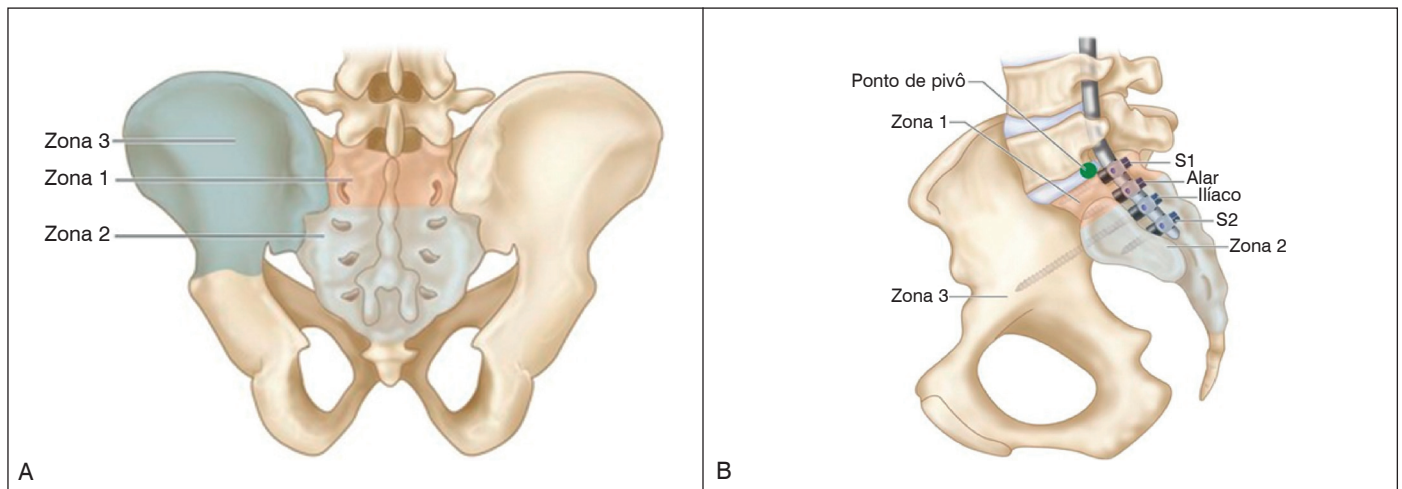


Figure 1. A) Vista coronal da pelve destacando as zonas de O'Brien; B) Vista sagital pélvica destacando os tipos de fixação lombossacra em relação as zonas de O'Brien.

e uma acomodação possível de implantes de 8 mm de diâmetro em homens e 6-7 mm em mulheres.

Outras trajetórias de parafusos também foram estudadas para verificar qual o melhor posicionamento do ponto de vista biomecânico e radiológico. Além da trajetória em direção a EIAI, a trajetória em direção à região supra-acetabular também se mostrou um boa alternativa com acomodação do parafuso e alto torque.¹⁹ Santos¹⁹ estudou o comprimento, diâmetro e melhor trajetória do parafuso ilíaco, chegando a conclusão que independente do parafuso ser direcionado para EIAI ou para região supra-acetabular, o importante era a profundidade do parafuso, onde demonstrou ser mais resistente após 80 mm e com o diâmetro de 9 mm. Ficou comprovado que a grande desvantagem da trajetória para o teto acetabular era o risco de sua violação.²⁵

Para evitar aumento no tempo cirúrgico e sangramento surgiram algumas técnicas a mão livre ou guiada através de navegadores.²⁶ Fridley²⁷ desenvolveu uma trajetória segura para a inserção de parafusos ilíacos tomando como parâmetros anatômicos a borda superior da lâmina de L5 e o processo espinhoso do mesmo. (Figura 2) Outros estudos falam da melhor fixação com dois parafusos em cada hemi-pelve em pacientes com escoliose neuromuscular⁷ e a importância de parafusos com maior diâmetro em detrimento de parafusos mais longos em casos de revisão de fixação ilíaca.²⁸ Kebaish²⁹ em seu estudo sobre revisão da fixação sacro-pélvica descreve a técnica utilizando parafuso S2-alar-ilíaco tendo como parâmetro de ponto inicial o forâmen de S1, 2 a 4 mm lateral e 4 a 8 mm distal, avançando na crista ilíaca em direção à incisura ciática, o que permite a colocação de parafusos pélvicos longos de grande diâmetro sem a proeminência do ponto de partida da EIPS.

Para verificar a posição do parafuso sem submeter o paciente a dissecções que aumentariam o tempo cirúrgico e o sangramento, Orchowski³⁰ fez um estudo utilizando o fluoroscópio e estabeleceu as seguintes relações: para avaliar a incisura isquiática utiliza-se a posição oblíqua obturador de Judet; para avaliar o acetábulo usam-se as visões em inlet e outlet; e para avaliar a integridade da cortical medial do ilíaco a incidência oblíqua ilíaco de Judet. Não houve visão radiológica correspondente para avaliar a cortical lateral do ilíaco.

Comparativo

Existem diversos trabalhos comparativos sobre técnicas de fixação sacro-pélvica, onde a maioria compara a técnica de Galveston com a de parafusos ilíacos bilaterais, apesar do princípio ser o mesmo. Rudt,⁵ por exemplo, concluiu que os parafusos ilíacos são de implantação mais fácil, há a possibilidade de uso de mais de um parafuso em cada ilíaco e a ancoragem no osso é mais eficiente determinando maior força contra o arrancamento e menor

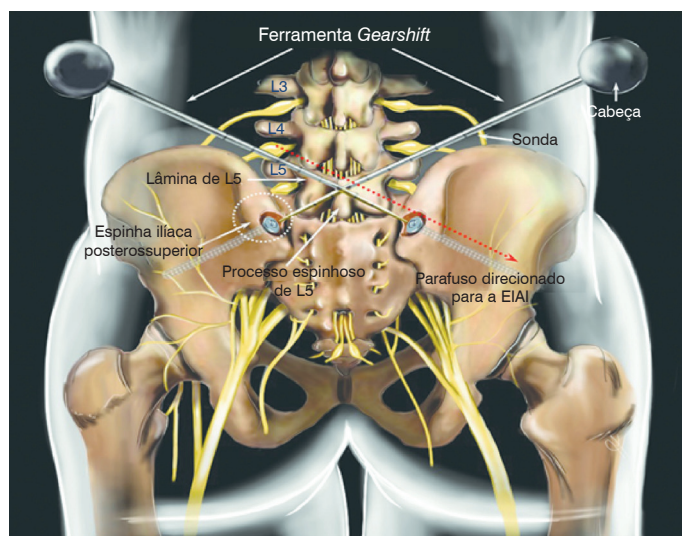


Figura 2. esquema representativo com parâmetros anatômicos para passagem de parafusos ilíacos pela técnica "free-hand" proposta por Fridley.

pull-out. Seguindo a mesma linha, Ernami¹² encontrou altos índices de pseudoartrose utilizando a fixação de Galveston na correção de deformidades espinhais de adultos e Peelle¹³ cita as complicações decorrentes da difícil modelagem da haste para se encaixar nas curvas do ilíaco. Em casos específicos como a sacrectomia também foi demonstrado o resultado superior dos parafusos ilíacos.³¹

Outros estudos ainda comparam os resultados com placas iliosacrais¹⁴ e enxerto L5-S1 associado com fixação sacral,¹¹ porém os parafusos ilíacos ainda são mais eficientes.

Um novo método que vem demonstrando bons resultados em relação aos parafusos ilíacos é a implantação dos mesmos através de S2-alar-ilíaco.² Ilyas,³² em um estudo onde avalia as complicações precoces clínico-radiográficas desta técnica em população adulta e pediátrica, encontrou dados animadores relacionados a baixas taxas de complicação como soltura do implante, dor tardia, revisão cirúrgica, infecção aguda e feridas persistentes. Chang⁹ comparou os parâmetros anatômicos das duas fixações e relatou o fato do ponto de implantação dos parafusos S2-alar-ilíacos ser mais profundo, diminuindo as complicações relacionadas à proeminência do implante. Porém, como desvantagem desse método, há um maior risco de violação da incisura isquiática, pela utilização de parafusos mais longos, e da articulação sacro-ilíaca, sem ter conhecimento das consequências clínicas a longo prazo.²⁷

Complicações

Hyun³³ descreve bem, em seu artigo de seguimento em médio prazo, as complicações encontradas com o uso de parafusos ilíacos: perda sanguínea, infecção pós-operatória, halos peri-implantes, lesão de estruturas como incisura isquiática e acetábulo e proeminência do material.

Extensa perda sanguínea é esperada nesse procedimento devido à necessidade de uma vasta dissecção, agravada naquelas técnicas que utilizam a visualização direta da incisura isquiática. Perda sanguínea maior que 5000 ml foi encontrada após decorticação vertebral.³³ Uma taxa de 8% de infecção foi encontrada por Phillips²¹ em tratamento de pacientes com escoliose neuromuscular. Rudt⁵ encontrou 4% de infecção em sua amostra na fixação sacropélvica de pacientes adultos. Cabe a discussão se a patologia influenciou na diferença encontrada de taxas de infecção, apesar da baixa amostra nos dois estudos.

Pseudoartrose sem dúvidas é a complicação mais preocupante, pois está relacionada diretamente a eficácia da técnica. Em trabalhos de seguimento com uma amostragem de 67 e 81 pacientes, Tsuchiya¹⁶ e Kuklo¹⁸ apresentaram taxas de pseudoartrose de 7,4% e 4,9% respectivamente. Contudo devemos observar que nos dois estudos as taxas foram menores naqueles grupos onde houve associação com dispositivos anteriores em L5-S1.

Desconforto, dor, ou ferida provocada pela proeminência do parafuso na região sacral foram complicações rotineiras encontradas nos vários estudos sobre o uso da técnica.^{5,16,18,33,34} Kasten³⁴ relatou a retirada de parafuso ilíaco em seis de 78 pacientes, cerca de 7,7%, devido a queixa de dor local. Halos ao redor dos parafusos ilíacos são comuns, porém não influencia necessariamente na avaliação da fusão lombossacra,³² ao contrário da fratura de material (haste, parafuso ou conector), sinal prodromático de pseudoartrose. Cabada³⁵ relata 31,8% de fratura de haste a nível lombossacro em seu estudo de seguimento de fixação sacropélvica em escoliose. O mesmo relatou uma relação interessante a respeito da idade e capacidade de marcha mostrando com significância estatística que aqueles pacientes com menos de 17 anos ou sem capacidade de marcha possuíam menor índice de falha do implante, porém não conseguiu significância com as duas características associadas.

CONCLUSÃO

De uma maneira geral é notória a consagração da técnica de fixação sacro-pélvica com o uso de parafusos ilíacos. Como evolução da técnica de Galveston, possui um respaldo biomecânico que

o torna eficiente com baixas taxas de pseudoartrose. Óbvio que, tratando-se de uma técnica com bons resultados e boa utilização, sofre variações com o intuito de aperfeiçoamento e minimização de suas complicações. Dentre esses aperfeiçoamentos o uso de navegadores e estudos de técnicas "hand-free" diminuem os riscos de violação de espaços como a incisura isquiática e o acetábulo além de diminuir o tempo cirúrgico e o sangramento, evitando infecções. Importante frisar também as diversas variações quanto

ao ponto de entrada do parafuso com o objetivo de promover maior conforto ao paciente ao diminuir sua proeminência. Isso fez com que a técnica de parafusos ilíacos se tornasse eficiente e segura para sua utilização em diversas patologias que exijam a fixação sacro-pélvica.

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

CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES: Cada autor contribuiu individual e significativamente para o desenvolvimento do manuscrito. LVM (0000-0001-7564-7413)*, RK (0000-0003-2673-7193)* e FMO (0000-0002-5217-1210)* foram os principais contribuintes na redação do manuscrito. YN (0000-0003-0708-2961)*, IB (0000-0003-2430-4466)*, CY (0000-0001-7920-7634)* e ESS (0000-0001-9529-4731)* participaram com a realização da pesquisa bibliográfica, a revisão do manuscrito e contribuíram com o conceito intelectual do estudo. *ORCID (Open Researcher and Contributor ID).

REFERÊNCIAS

- Luque ER. The anatomic basis and development of segmental spinal instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1982;7(3):256-9.
- Shen FH, Mason JR, Shimer AL, Arlet VM. Pelvic fixation for adult scoliosis. *Eur Spine J*. 2013;22(Suppl 2):265-75.
- Kostuik JP. Spinopelvic fixation. *Neurol India*. 2005;53(4):483-8.
- Arlet V, Ouellet J, Vialle E. Técnicas de fixação da coluna lombossacral. *Rev Coluna/Columna*. 2003;2(1):11-9.
- Rudt T, Zisuela RG, Kahl G, Santi M. Fijación espinopélvica en el adulto. Criterios de selección. *Rev Coluna/Columna*. 2012;11(2):160-1.
- García GVO, Soto RO, Uribe EV, Avila JM. Lumbopelvic fixation: a surgical alternative for lumbar stability. *Rev Coluna/Columna*. 2014;13(3):219-22.
- McCord DH, Cunningham BW, Shono Y, Myers JJ, McAfee PC. Biomechanical analysis of lumbosacral fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1992;17(8 Suppl):235-43.
- Saigal R, Lau D, Wadhwa R, Le H, Khashan M, Berven S, et al. Unilateral versus bilateral iliac screws for spinopelvic fixation: are two screws better than one? *Neurosurg Focus*. 2014;36(5):E10.
- Chang TL, Sponseller PD, Kebaish KM, Fishman EK. Low profile pelvic fixation: anatomic parameters for sacral alar iliac fixation versus traditional iliac fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34(5):436-40.
- Kim JH, Horton W, Hamasaki T, Freedman B, Whitesides TE, Hutton WC. Spinal instrumentation for sacral-pelvic fixation: a biomechanical comparison between constructs ending with either S2 bicortical, bitriangulated screws or iliac screws. *J Spinal Disord Tech*. 2010;23(8):506-12.
- Cunningham BW, Sefter JC, Hu N, Kim SW, Bridwell KH, McAfee PC. Biomechanical comparison of iliac screws versus interbody femoral ring allograft on lumbosacral kinematics and sacral screw strain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(6):198-205.
- Emami A, Deviren V, Berven S, Smith JA, Hu SS, Bradford DS. Outcome and complications of long fusions to the sacrum in adult spine deformity: Luque-Galveston, combined iliac and sacral screws, and sacral fixation. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2002;27(7):776-86.
- Peelle MW, Lenke LG, Bridwell KH, Sides B. Comparison of pelvic fixation techniques in neuromuscular spinal deformity correction: Galveston rod versus iliac and lumbosacral screws. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(20):2392-8.
- Finger T, Bayerl S, Onken J, Czabanka M, Woitzik J, Vajkoczy P. Sacropelvic fixation versus fusion to the sacrum for spondylolysis in multilevel degenerative spine disease. *Eur Spine J*. 2014;23(5):1013-20.
- Perrault FD, Aubin CE, Wang X, Schwend RM. Biomechanical analysis of forces sustained by iliac screws in spinal instrumentation for deformity treatment: preliminary results. *Stud Health Technol Inform*. 2012;176:307-10.
- Tsuchiya K, Bridwell KH, Kuklo TR, Lenke LG, Baldus C. Minimum 5-year analysis of L5-S1 fusion using sacropelvic fixation (bilateral S1 and iliac screws) for spinal deformity. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2006;31(3):303-8.
- Bridwell KH. Utilization of iliac screws and structural interbody grafting for revision spondylolisthesis surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(6 Suppl):88-96.
- Kuklo TR, Bridwell KH, Lewis SJ, Baldus C, Blanke K, Iffrig TM, et al. Minimum 2-year analysis of sacropelvic fixation and L5-S1 fusion using S1 and iliac screws. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2001;26(18):1976-83.
- Santos ER, Sembrano JN, Mueller B, Polly DW. Optimizing iliac screw fixation: a biomechanical study on screw length, trajectory, and diameter. *J Neurosurg Spine*. 2011;14(2):219-25.
- Tumialán LM, Mummaneni PV. Long-segment spinal fixation using pelvic screws. *Neurosurgery*. 2008;63(3 Suppl):183-90.
- Phillips JH, Gutheil JP, Knapp DR. Iliac screw fixation in neuromuscular scoliosis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2007;32(14):1566-70.
- Liu B, Wang J, Zhang L, Gan W. Radiographic study of iliac screw passages. *J Orthop Surg Res*. 2014;9:40.
- Yu BS, Zhuang XM, Zheng ZM, Li ZM, Wang TP, Lu WW. Biomechanical advantages of dual over single iliac screws in lumbo-iliac fixation construct. *Eur Spine J*. 2010;19(7):1121-8.
- Schildhauer TA, McCulloch P, Chapman JR, Mann FA. Anatomic and radiographic considerations for placement of transiliac screws in lumbopelvic fixations. *J Spinal Disord Tech*. 2002;15(3):199-205.
- Liu B, Zhang LY, Wang JW, Weil YS, Lin LM. [CT radiographic study of different paths of iliac screw path]. *Zhongguo Gu Shang*. 2011;24(2):141-4.
- Shin JH, Hoh DJ, Kalfas IH. Iliac screw fixation using computer-assisted computer tomographic image guidance: technical note. *Neurosurgery*. 2012;70(1 Suppl Operative):16-20.
- Fridley J, Fahim D, Navarro J, Wolinsky JP, Omeis I. Free-hand placement of iliac screws for spinopelvic fixation based on anatomical landmarks: technical note. *Int J Spine Surg*. 2014;8:3.
- Akesen B, Wu C, Mehbod AA, Sokolowski M, Transfeldt EE. Revision of loosened iliac screws: a biomechanical study of longer and bigger screws. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2008; 33(13):1423-8.
- Kebaish KM. Sacropelvic fixation: techniques and complications. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2010;35(25):2245-51.
- Orchowski JR, Polly DW, Kuklo TR, Klemme WR, Schroeder TM. Use of fluoroscopy to evaluate iliac screw position. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*. 2006;35(3):144-6.
- Mindea SA, Chinthakunta S, Moldavsky M, Gudipally M, Khalil S. Biomechanical comparison of spinopelvic reconstruction techniques in the setting of total sacrectomy. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2012;37(26):E1622-7.
- 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. *J Spinal Disord Tech*. 2015;28(4):E199-205.
- Hyun SJ, Rhim SC, Kim YJ, Kim YB. A mid-term follow-up result of spinopelvic fixation using iliac screws for lumbosacral fusion. *J Korean Neurosurg Soc*. 2010;48(4):347-53.
- Kasten MD, Rao LA, Priest B. Long-term results of iliac wing fixation below extensive fusions in ambulatory adult patients with spinal disorders. *J Spinal Disord Tech*. 2010;23(7):e37-42.
- Cabada CE, Burgos J, Barrios C, Vera P, Hevia E, Sanpera I, et al. Resultado a largo plazo de las fusiones largas espinopélicas en escoliosis: importancia de la edad, la capacidad de marcha y el tipo de fijación iliaca. *Rev Coluna/Columna*. 2013;12(4):285-90.