

CIRUGÍA DE 360° EN EL TRATAMIENTO DE LA ESPONDILOLISTESIS LUMBOSACRA DE ALTO GRADO: TÉCNICA POR ÚNICA VÍA POSTERIOR

CIRURGIA DE 360 GRAUS NO TRATAMENTO DA ESPONDILOLISTESE LOMBOSSACRAL DE ALTO GRAU: TÉCNICA POR VIA POSTERIOR ÚNICA

360 DEGREES SURGERY IN THE TREATMENT OF HIGH-GRADE LUMBOSACRAL SPONDYLOLISTHESIS: SURGICAL TECHNIQUE ONLY BY POSTERIOR APPROACH

SALVADOR MATTAR DÍAZ¹, DAVID NICOLÁS ESMERAL OJEDA², FRANCISCO BASORA PAYAMPS³

RESUMEN

Objetivo: El tratamiento de las espondilolistesis lumbosacras de altos grados (IV y espondiloptosis) incluye la reducción del desplazamiento si es posible, descompresión, y la fijación y artrodesis del segmento afectado. Esta patología provoca un grado de incapacidad grave en los pacientes así como deformidad en su postura lumbosacra, llevándolos a adoptar una marcha anódina, acompañada de retracción de isquiotibiales de forma crónica. Con el fin de ofrecer una mejoría clínica, reducir el tiempo quirúrgico y la tasa de morbilidad, se propone esta técnica quirúrgica que permite realizar todo por única vía posterior, como una alternativa en el tratamiento quirúrgico de estos pacientes. **Métodos:** Los autores describen una técnica para descomprimir y fijar la columna lumbosacra, realizando una instrumentación transpedicular en L4 y S1, discectomía más TLIF (Caja intersomática para fusión lumbar) en L4-L5, laminectomía niveles L4-L5, L5-S1, S1-S2, artrodesis postero-anterior de S1 a L5 tunelizando a través de ambas vértebras y colocando injerto fibular (peroné). Los autores revisaron, retrospectivamente, 9 pacientes intervenidos con esta técnica, entre los años 2000 y 2010. A todos se les evaluó y controló durante 12 meses, en promedio, posteriores a su intervención quirúrgica. **Resultados:** Los síntomas mecánicos y radicales mejoraron en el seguimiento a corto y largo plazo. Los estudios radiológicos demostraron adecuada fusión ósea en todos los pacientes. No se observaron fallas relacionadas con la instrumentación. **Conclusiones:** Los autores afirman que esta técnica es segura y eficiente por vía posterior para lograr la descompresión y la fijación in situ sin corrección sagital. El uso de esta técnica evita el uso de los abordajes por vía anterior o combinados, y disminuye el porcentaje de sangramiento, la tasa de morbilidad y los altos costos.

Descriptores: Espondilolistesis; Fusión vertebral; Equilibrio postural; Dolor de la región lumbar; Artrodesis.

RESUMO

Objetivo: O tratamento da espondilolistese lombossacral de alto grau (grau IV e espondiloptose) inclui a redução do deslocamento, se possível, descompressão e fixação e artrodese do segmento afetado. Essa doença causa nível grave de incapacidade e deformidade postural na região lombossacral, levando os pacientes a adotar marcha anódina, acompanhada por retração crônica dos músculos isquiotibiais. Esta técnica realizada por acesso unicamente posterior visa proporcionar a melhora clínica, reduzir o tempo cirúrgico e a morbidade. **Métodos:** Os autores descrevem uma técnica para descomprimir e fixar a coluna lombossacral por instrumentação transpedicular em L4 e S1, discectomia mais TLIF (artrodese transforaminal intersomática) em L4-L5, laminectomia nos níveis L4-L5, L5-S1, S1-S2, fusão pósterio-anterior S1-L5 para tunelização através de ambos os corpos vertebrais e enxerto ósseo de fíbula. Os autores revisaram retrospectivamente nove pacientes submetidos a essa técnica entre 2000 e 2010. Todos os pacientes foram avaliados e acompanhados por 12 meses, em média, após a cirurgia. **Resultados:** Os sintomas mecânicos e radiculares melhoraram no acompanhamento a curto e longo prazo. Estudos radiológicos mostraram fusão óssea adequada em todos os pacientes. Não houve falhas relacionadas com a instrumentação. **Conclusões:** Os autores afirmam que esta técnica é segura e eficiente para realizar descompressão posterior e fixação in situ sem correção sagital. A utilização desta técnica evita o acesso por via anterior ou combinado e reduz a hemorragia, a morbidade e os custos elevados.

Descritores: Espondilolistese; Fusão vertebral; Equilíbrio postural; Dor lombar; Artrodese.

ABSTRACT

Objective: The treatment of high-grade lumbosacral spondylolisthesis (grade IV and spondyloptosis) includes the reduction of the displacement if possible, decompression, fixation and arthrodesis of the affected level. This disease causes severe level of disability and a postural lumbosacral deformity, leading the patients to assume anodyne gait with a chronic contraction of the hamstrings. This technique performed solely by posterior approach aims to provide clinical improvement, reduce surgical time and morbidity. **Methods:** The authors describe a technique to decompress and fix the lumbosacral spine by trans pedicular instrumentation in L4 and S1, discectomy and TLIF (Transforaminal Lumbar Interbody Fusion) in L4-L5, laminectomy at levels L4-L5, L5-S1, S1-S2, posterior-anterior fusion from S1 to L5 for tunneling through both vertebral bodies and a fibular bone graft. The authors retrospectively reviewed nine patients who underwent this technique between 2000 and 2010. All patients were assessed and followed for 12 months on average after surgery. **Results:** The mechanical and radicular symptoms improved in the follow-up period in the short and long term. Radiological studies showed adequate bone fusion in all patients. There were no instrumentation-related failures. **Conclusions:** The authors claim that this technique is safe and effective for decompression and posterior fixation in situ without sagittal correction. This technique prevents access by the anterior or combined approaches and reduce bleeding, morbidity and high costs.

Keywords: Spondylolisthesis; Spinal fusion; Postural balance; Low back pain; Arthrodesis.

1. Neurocirujano, Cirujano de Columna. Clínica Bautista, Centro Integral de Columna S. A., Clínica del Caribe. Universidad Simón Bolívar – Barranquilla, Colombia.

2. Neurocirujano. Clínica Bautista, Centro Integral de Columna S. A., Clínica del Caribe – Barranquilla, Colombia.

3. Neurocirujano. Cirujano de Columna. Clínica Bautista, Centro Integral de Columna S. A. Clínica del Caribe – Barranquilla, Colombia.

Trabajo realizado na Clínica Bautista, Centro Integral de Columna S. A. Clínica del Caribe, Barranquilla, Colombia.

Correspondência: Universidad Simón Bolívar. Carrera 51 B No. 94-334 - Barranquilla, Colombia. E-mail: info@cirugiadelacolumna.com

INTRODUCCIÓN

La Espondilo-ptosis es una luxación completa de la articulación lumbo-sacra, asociada frecuentemente al descenso vertical de la quinta vértebra lumbar por delante del sacro. Hay diferentes reportes de espondilo-ptosis en todo el mundo pero se desconoce la frecuencia a nivel nacional o mundial.

Los pacientes con espóndilo-ptosis padecen de dolor lumbar y con frecuencia de dolor radicular, los cuales se intensifican con el aumento de la actividad física, déficit motor y sensitivo en Miembros Inferiores y ocasionalmente síntomas que semejan claudicación intermitente o un síndrome de cola de caballo¹⁻⁵.

El examen neurológico muestra deformidad en su postura lumbo-sacra, llevándolos a adoptar una marcha anodina (de pato) producida de retracción severa de isquio-tibiales, verticalización de la pelvis, disminución de la altura del tronco y en muchos pacientes se asocia a escoliosis estructurada. En los estudios radiológicos se observa una luxación de L5 sobre el sacro y un ángulo mayor de 50 grados de desplazamiento en L5⁶⁻⁸.

El tratamiento quirúrgico de la espóndilo-ptosis continúa siendo controversial. En los años setenta y ochenta, Bradford⁹ y Verbiest¹⁰ reportaron sus resultados con tracción preoperatoria, reducción transoperatoria, descompresión y fusión póstero-lateral, seguidos de un abordaje transabdominal para fusión intervertebral entre L5-S1. El abordaje era técnicamente difícil y se asociaba con riesgos vasculares y neurales. Cloward y Wiltberger apud Calandruccio e Benton¹¹ describieron la fusión intervertebral por vía posterior con injertos óseos autólogos en el espacio discal. Estas técnicas por el mismo desplazamiento anterior de L5 sobre S1, se asociaban con complicaciones neurológicas por la manipulación excesiva del saco dural.

El tratamiento pretende aliviar el dolor y corregir el déficit neurológico así como prevenir la deformidad a pesar de las fuerzas de torsión y cizallamiento de la unión lumbo-sacra. Se han utilizado técnicas de fusiones anteriores, posteriores o combinadas, los cuales, tienen ventajas y desventajas. La pseudoartrosis se asocia en gran porcentaje a la fusión posterior y como consecuencia, progresión del desplazamiento¹²⁻¹⁷.

Por vía posterior, conseguir la reducción de la listesis en pacientes con severo imbalance sagital y compromiso clínico es lo recomendable, pero no siempre es posible. Se describen complicaciones por falta de soporte en la columna anterior que conllevan a pseudoartrosis y fallas en la instrumentación^{18,19}. En 2 las últimas décadas se han tratado de desarrollar nuevas técnicas para combinar la artrodesis con instrumentación lumbar posterior²⁰⁻³¹.

La fusión sin instrumentación en jóvenes y adultos es reportada como satisfactoria en muchos reportes, pero se presentaba la pseudoartrosis^{6,32-35}. Cuando se adiciona la instrumentación pedicular a la fusión póstero-lateral puede disminuir la pseudoartrosis^{36,37}. La instrumentación pedicular en compresión acompañada de la fusión intervertebral proporciona la máxima inmovilización del segmento fijado³⁸.

Las indicaciones para el uso de ortesis posoperatoria no están bien definidas. Las ortesis convencionales sin extensión a caderas o Miembros Inferiores no inmoviliza la articulación lumbo-sacra y tiene poco efectividad para reducir la carga de los sistemas de fijación interna^{39,40}.

Muchos reportes indican que los pacientes operados por espóndilo-listesis de alto grado tienen gran riesgo de presentar complicaciones neurológicas mayores por lo que las maniobras de reducción transoperatoria de la listesis continúan siendo controversiales^{6,41-48}.

Hanson et al.⁴⁹ en 2002 se refiere a que el uso de injerto de fíbula autólogo u homólogo no es claro en la literatura. El homólogo se remodela más lentamente por lo que aumenta el tiempo del riesgo de ruptura aunque no existieron diferencias significativas ni pérdida de corrección en su experiencia, por lo que recomienda este último.

Describimos el procedimiento que en un solo tiempo quirúrgico por vía posterior se logra la descompresión del canal, fusión intervertebral posterior de L4-L5, L5-S1 y fijación transpedicular L4 a S1, como una alternativa para el tratamiento de estos pacientes asumiendo un menor porcentaje de morbilidad operatoria.

MATERIAL Y MÉTODOS

En este estudio observacional y descriptivo, tipo serie de casos, fueron evaluados ambulatoriamente en el Centro Integral de Columna en el período de Febrero del 2000 a Septiembre del 2010, 9 pacientes (7 mujeres y 2 hombres) con un promedio de edad de 47 años (rango de 41 a 58 años) con diagnóstico clínico e imagenológico de Espóndilo-listesis L5-S1 grado IV en 6 pacientes y de Espóndilo-ptosis en 3 pacientes, según la clasificación de Meyerding. Dos pacientes con Espóndilo-ptosis tuvieron una cirugía lumbo-sacra posterior fallida previamente.

La consulta de los pacientes incluía la recolección de datos, anamnesis dirigida y examen neurológico y biomecánico de la columna vertebral. Todos tenían Lumbalgia mecánica, 7 tenían dolor radicular en uno o ambos Miembros inferiores, todos presentaban retracción de isquio-tibiales y deformidad cifótica postural.

A todos se les realizaron Radiografías simples (Rayos X) de columna lumbo-sacra estáticas y dinámicas para medición académica de la inclinación sacra, el porcentaje de desplazamiento y el ángulo de la cifosis lumbo-sacra y Resonancia Magnética Nuclear (RMN) de columna lumbar simple para confirmar el estado del disco L4-L5 y la compresión neural ventral o foraminal. A los 2 pacientes con cirugía fallida se les realizó además, Tomografía Axial Computarizada (TAC) simple para analizar los pedículos L4 y S1 bilaterales y el estado de artrodesis o pseudoartrosis (Tabla 1).

Las cirugías fueron realizadas por el autor principal con su grupo de trabajo en las clínicas del Caribe y Bautista de la ciudad de Barranquilla, Colombia, instituciones de tercer nivel de complejidad de la ciudad de Barranquilla, Atlántico. El procedimiento quirúrgico se realizó bajo anestesia general, posición decúbito prono conservando la lordosis lumbo-sacra y dejando el abdomen libre; abordaje posterior medial convencional desde la espinosa de L3 a S2, colocación de tornillos pediculares bajo fluoroscopia en L4 y S1 bilaterales, laminectomía descompresiva de pedículo a pedículo de L4 a S2, retracción dural medial en espacio L4-L5, discectomía y colocación de 1 caja (con matriz ósea) para fusión intervertebral lumbar transforaminal (TLIF) en L4-L5, retracción dural medial en S1-S2, tunelización con clavo de Steinman en dirección posterior-medial del cuerpo de S2, atravesando el espacio intervertebral L5-S1 hasta 10 mm antes del ángulo anterior-superior L5, drilando con reamer canulado 7-10 mm de diámetro para colocar injerto único de peroné (fíbula) (Figura 1). El peroné fue autólogo en los 3 primeros pacientes de la serie y homólogo en los siguientes 6 pacientes. Se procedió a decorticar la región póstero-lateral de L4 a S1 para la artrodesis combinando injerto óseo autólogo y homólogo. Se colocó

Tabla 1. Distribución de pacientes por sexo, edad, síntomas, antecedentes, grado de listesis.

Caso	Sexo	Edad	Síntomas	Cirugía previa	Grado de listesis
1	M	51	Dolor Lumbar – Dolor Radicular	N	V
2	F	47	Dolor Lumbar – Dolor Radicular	N	IV
3	M	54	Dolor Lumbar	N	IV
4	F	53	Dolor Lumbar – Dolor Radicular	N	IV
5	F	49	Dolor Lumbar	N	IV
6	F	47	Dolor Lumbar – Dolor Radicular	S	V
7	F	60	Dolor Lumbar – Dolor Radicular	S	V
8	F	46	Dolor Lumbar – Dolor Radicular	N	IV
9	F	58	Dolor Lumbar – Dolor Radicular	N	IV

el sistema de fijación en compresión con ayuda de pinza porta-barras sin realizar corrección del deslizamiento de la vértebra L5.

En el posoperatorio se administraron antibióticos profilácticos, analgésicos comunes, medias elásticas para evitar trombo-embolismos, Rayos X de columna lumbar estáticas antes de su egreso.

Los pacientes fueron controlados en el posoperatorio inmediato a las 2 semanas, 45 días, 3, 6 y 12 meses. A todos se les solicitó a los 3 y 6 meses Rayos X de columna lumbo-sacra estáticas y dinámicas con la finalidad de observar si existía movimiento en los segmentos fijados, la colocación y el estado del TLIF y los implantes y el estado de la fusión ósea (Figura 2).

A 3 pacientes se les solicitó TAC y RMN de columna lumbar simples a los 45 días por continuar con parestesias en Miembros Inferiores (Figura 3).

La escala de valoración clínica pos operatoria utilizada fue la Escala Visual Análoga (EVA).

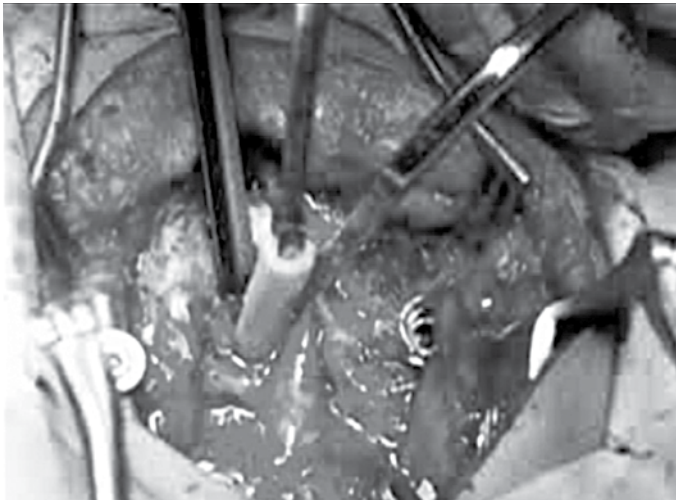


Figura 1. Inserción de peroné en sacro.

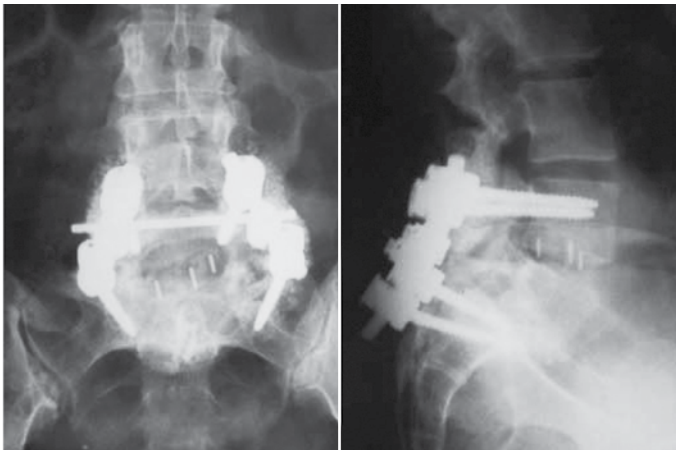


Figura 2. Rayos X de columna lumbar.

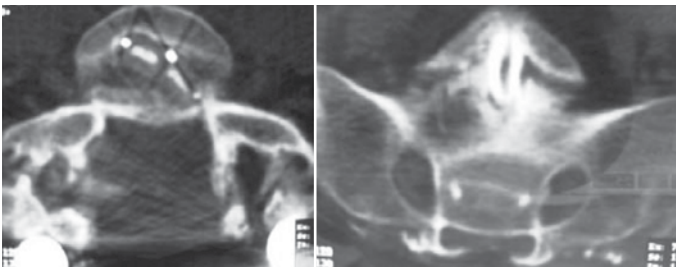


Figura 3. TAC de columna lumbar.

RESULTADOS

Las cirugías tuvieron una duración de tiempo con un rango entre 200 y 260 minutos (promedio 240 minutos) y un sangrado promedio transoperatorio de 850 ml (rango de 500 a 2.000 ml). Se presentaron 2 desgarros duros secundarios la tunelización sacra, los cuales fueron suturados durante la intervención.

En el seguimiento posoperatorio no se presentaron fallas en los implantes, signos de pseudoartrosis ni de infección temprana o tardía. De los 3 pacientes que se le solicitaron estudios de TAC y RMN de control, uno persiste aún con parestesias en Miembros Inferiores que no le ocasiona déficit motor.

Un año antes de terminar la serie, la evaluación con la escala EVA mostró satisfacción en todos los pacientes con los resultados quirúrgicos en un puntaje promedio del dolor lumbar en el peroperatorio de 6.5% a 1.6% en el posoperatorio y del dolor radicular en el peroperatorio de 4.5% a 1.1% en el posoperatorio, excepto el paciente que continuó con el déficit sensitivo. El puntaje promedio total de mejoría fue del 75% (Tabla 2).

Tabla 2. Escala Visual Análoga, pre y posoperatoria.

Paciente	Dolor lumbar - Pre-op	Dolor lumbar - Pos-op	Dolor radicular - Pre-op	Dolor radicular - Pos-op
1	7	2	5	1
2	9	1	9	1
3	6	1	0	0
4	8	3	5	2
5	5	1	0	0
6	4	1	4	0
7	5	3	5	3
8	10	1	8	1
9	5	2	5	2

DISCUSIÓN

Existen varios factores que deben tenerse en cuenta para el mejor tratamiento de la espándilo-listesis tales como, los síntomas preoperatorios, el balance postural sagital y la edad del paciente. El reto es mejorar el balance sagital, descomprimir y fijar la columna lumbo-sacra, pero disminuyendo los riesgos neurológicos especialmente.

El tratamiento pretende aliviar el dolor y corregir el déficit neurológico así como prevenir la deformidad a pesar de las fuerzas de torsión y cizallamiento de la unión lumbo-sacra. Se han utilizado técnicas de fusiones anteriores, posteriores o combinadas. La pseudoartrosis se asocia en gran porcentaje a la fusión posterior y como consecuencia, progresión del desplazamiento¹²⁻¹⁷.

De Wald⁵⁰ afirma que la finalidad del tratamiento quirúrgico debe ser fusionar la menor cantidad de segmentos posibles, restaurar el balance vertical axial y fusionar los discos intervertebrales si no son competentes⁵¹.

Aunque algunos autores han mostrado buenos resultados con la fusión póstero-lateral, otros recomiendan que cuando la listesis es mayor a grado IV debe combinarse con la fusión anterior^{6,49,52,53}. Advierten también que por lo general estos pacientes cursan con deformidades congénitas de las láminas, los pedículos y las apófisis transversas de L5 disminuyendo el área de artrodesis y aumentando el porcentaje de pseudoartrosis²⁷.

Ante los efectos de la severidad de la listesis en estos pacientes ya maduros esqueléticamente que provoca cifosis lumbo-sacra, hiperlordosis lumbar compensatoria y verticalización del sacro por la rotación pélvica, el cirujano debe intentar traer el cuerpo de L5 de anterior a posterior, reducir la hiperlordosis y desrotar el sacro. Debido a los riesgos que esto conlleva, nosotros proponemos la descompresión y fijación posterior, sin corrección.

Muchos autores sugieren que la técnica de fusión trans-vertebral usando injertos tricorticales de peroné o de cresta ilíaca se asocia con reabsorción ósea o fractura del injerto. Otros estudios muestran que la distracción del espacio L5-S1 aumenta la inestabilidad

angular, lo que contribuye a fractura del injerto⁵⁴⁻⁵⁶.

Bartolozzi et al.²⁵ describen las ventajas con el uso de una caja de titanio trans-sacral, la cual, crea un fuerte soporte anterior disminuyendo los problemas relacionados con los injertos óseos.

Nos parece que la escala EVA es apropiada y de fácil implementación para evaluar a los pacientes en el posoperatorio de cirugías de columna lumbo-sacra.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio demuestran que con la artrodesis circunferencial 360° por única vía posterior, se obtiene una fusión

estable que se refleja en la adecuada evolución clínica de los pacientes con espónido-listesis de alto grado.

Creemos que una evolución posoperatoria satisfactoria no requiere una reducción anatómica de la listesis y aunque no promovemos las maniobras de reducción de la listesis, la descompresión y la fijación rígida en compresión de los dos últimos segmentos de la columna vertebral, ofrece una alternativa quirúrgica de buenos resultados clínicos posoperatorios y de mínima morbilidad. Recomendamos la reducción de la listesis en pacientes inmaduros esqueléticamente.

Se necesitan estudios futuros para determinar la superioridad de la técnica anterior sobre la posterior o la combinada.

REFERENCIAS

- Gill GG, Manning JG, White HL. Surgical treatment of spondylolisthesis without spine fusion; excision of the loose lamina with decompression of the nerve roots. *J Bone Joint Surg Am.* 1955;37(3):493-520.
- Hensinger RN, Lang JR, MacEwen GD. Surgical management of spondylolisthesis in children and adolescents. *Spine.* 1976;1:207-16.
- Newman PH. Surgical treatment for derangement of the lumbar spine. *J Bone Joint Surg Br.* 1973;55(1):7-19.
- Sevastikoglou JA, Spangfort E, Aaro S. Operative treatment of spondylolisthesis in children and adolescents with tight hamstrings syndrome. *Clin Orthop Relat Res.* 1980;(147):192-9.
- Verbiest H. Impending lumbar spondyloptosis. Problems with posterior decompression and foraminotomy: treatment by anterior lumbosacral console fusion. *Clin Neurosurg.* 1973;20:197-203.
- Boxall D, Bradford DS, Winter RB, Moe JH. Management of severe spondylolisthesis in children and adolescents. *J Bone Joint Surg Am.* 1979;61(4):479-95.
- Dandy DJ, Shannon MJ. Lumbo-sacral subluxation. (Group 1 spondylolisthesis). *J Bone Joint Surg Br.* 1971;53(4):578-95.
- Goldstein LA, Haake PW, Devanny JR, Chan DP. Guidelines for the management of lumbosacral spondylolisthesis associated with scoliosis. *Clin Orthop Relat Res.* 1976;(117):135-48.
- Bradford DS. Treatment of severe spondylolisthesis. A combined approach for reduction and stabilization. *Spine (Phila Pa 1976).* 1979;4(5):423-9.
- Verbiest H. The treatment of lumbar spondyloptosis or impending lumbar spondyloptosis accompanied by neurologic deficit and/or neurogenic intermittent claudication. *Spine (Phila Pa 1976).* 1979;4(1):68-77.
- Calandrucio RA, Benton BF. Anterior lumbar fusion. *Clin Orthop Relat Res.* 1964;35:63-8.
- Dommissie GF. Lumbo-sacral interbody spinal fusion. *J Bone Joint Surg Br.* 1959;41(1):87-95.
- Hodgson AR, Wong SK. A description of a technic and evaluation of results in anterior spinal fusion for deranged intervertebral disk and spondylolisthesis. *Clin Orthop Relat Res.* 1968;56:133-62.
- Laurent LE, Osterman K. Operative treatment of spondylolisthesis in young patients. *Clin Orthop Relat Res.* 1976;(117):85-91.
- Scaglietti O, Frontino G, Bartolozzi. Technique of anatomical reduction of lumbar spondylolisthesis and its surgical stabilization. *Clin Orthop Relat Res.* 1976;(117):165-75.
- Speed K. Spondylolisthesis. Treatment by Anterior Bone Graft. *Arch. Surg.* 1938;37:175-89.
- Wiltse LL, Hutchinson RH. Surgical Treatment of Spondylolisthesis. *Clin.Orthop.* 1964;35:116-35.
- Sasso RC, Shively KD, Reilly TM. Transvertebral Transsacral strut grafting for high-grade isthmic spondylolisthesis L5-S1 with fibular allograft. *J Spinal Disord Tech.* 2008;21(5):328-33.
- Cole CD, McCall TD, Schmidt MH, Dailey AT. Comparison of low back fusion techniques: transforaminal lumbar interbody fusion (TLIF) or posterior lumbar interbody fusion (PLIF) approaches. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2009;2(2):118-26.
- Boos N, Marchesi D, Zuber K, Aebi M. Treatment of severe spondylolisthesis by reduction and pedicular fixation. A 4-6-year follow-up study. *Spine (Phila Pa 1976).* 1993;18(12):1655-61.
- Hanson DS, Bridwell KH, Rhee JM, Lenke LG. Dowel fibular strut grafts for high-grade dysplastic isthmic spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2002;27(18):1982-8.
- Smith JA, Deviren V, Berven S, Kleinstueck F, Bradford DS. Clinical outcome of trans-sacral interbody fusion after partial reduction for high-grade l5-s1 spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2001;26(20):2227-34.
- Harms J, Jeszenszky D, Stoltze D. True spondylolisthesis reduction and monosegmental fusion in spondylolisthesis. In: Bridwell KH, DeWald RL, editors. *The Textbook of Spinal Surgery.* 2nd ed. Philadelphia, PA: Lippincott-Raven Press; 1997. p. 1337-47.
- Morscher E, Gerber B, Fasel J. Surgical treatment of spondylolisthesis by bone grafting and direct stabilization of spondylolysis by means of a hook screw. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1984;103(3):175-8.
- Bartolozzi P, Gandolfi P, Regis D, Cassini M, Ricci M. La stabilizzazione anteriore con "Titanium Cages" applicata con tecnica laparoscopica nella chirurgia della spondilolistesi L5-S1. *Giorn Ital OrtopTraumatol.* 1997;23:13-9.
- Fabris DA, Costantini S, Nena U. Surgical treatment of severe L5-S1 spondylolisthesis in children and adolescents. Results of intraoperative reduction, posterior interbody fusion, and segmental pedicle fixation. *Spine (Phila Pa 1976).* 1996;21(6):728-33.
- Molinari RW, Bridwell KH, Lenke LG, Ungacta FF, Riew KD. Complications in the surgical treatment of pediatric high-grade, isthmic dysplastic spondylolisthesis. A comparison of three surgical approaches. *Spine (Phila Pa 1976).* 1999;24(16):1701-11.
- Regan JJ, Yuan H, McAfee PC. Laparoscopic fusion of the lumbar spine: minimally invasive spine surgery. A prospective multicenter study evaluating open and laparoscopic lumbar fusion. *Spine (Phila Pa 1976).* 1999;24(4):402-11.
- Bohlman HH, Cook SS. One-stage decompression and posterolateral and interbody fusion for lumbosacral spondyloptosis through a posterior approach. Report of two cases. *J Bone Joint Surg Am.* 1982;64(3):415-8.
- Roca J, Ubierna MT, Cáceres E, Iborra M. One-stage decompression and posterolateral and interbody fusion for severe spondylolisthesis. An analysis of 14 patients. *Spine (Phila Pa 1976).* 1999;24(7):709-14.
- Smith MD, Bohlman HH. Spondylolisthesis treated by a single-stage operation combining decompression with in situ posterolateral and anterior fusion. An analysis of eleven patients who had long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72(3):415-21.
- Newton PO, Johnston CE 2nd. Analysis and treatment of poor outcomes following in situ arthrodesis in adolescent spondylolisthesis. *J Pediatr Orthop.* 1997;17(6):754-61.
- Muschik M, Zippel H, Perka C. Surgical management of severe spondylolisthesis in children and adolescents. Anterior fusion in situ versus anterior spondylolysis with posterior transpedicular instrumentation and reduction. *Spine (Phila Pa 1976).* 1997;22(17):2036-42.
- Carragee EJ. Single-level posterolateral arthrodesis, with or without posterior decompression, for the treatment of isthmic spondylolisthesis in adults. A prospective, randomized study. *J Bone Joint Surg Am.* 1997;79(8):1175-80.
- Grzegorzewski A, Kumar SJ. In situ posterolateral spine arthrodesis for grades III, IV, and V spondylolisthesis in children and adolescents. *J Pediatr Orthop.* 2000;20(4):506-11.
- Hanley EN Jr. The indications for lumbar spinal fusion with and without instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976).* 1995;20(Suppl24): 143S-153S.
- Deguchi M, Rapoff AJ, Zdeblick TA. Posterolateral fusion for isthmic spondylolisthesis in adults: analysis of fusion rate and clinical results. *J Spinal Disord.* 1998;11(6):459-64.
- Bridwell KH. Load sharing principles: the role and use of anterior structural decompression in adult deformity. *Instr Course Lect.* 1996;45:109-15.
- Miller RA, Hardcastle P, Renwick SE. Lower spinal mobility and external immobilization in the normal and pathologic condition. *Orthop Rev.* 1992;21(6):753-7.
- Rohlmann A, Bergmann G, Graichen F, Neff G. Braces do not reduce loads on internal spinal fixation devices. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 1999;14(2):97-102.
- Ani N, Keppler L, Biscup RS, Steffee AD. Reduction of high-grade slips (grades III-V) with VSP instrumentation. Report of a series of 41 cases. *Spine (Phila Pa 1976).* 1991;16(Suppl 6):S302-10.
- Boos N, Marchesi D, Zuber K, Aebi M. Treatment of severe spondylolisthesis by reduction and pedicular fixation. A 4-6-year follow-up study. *Spine (Phila Pa 1976).* 1993;18(12):1655-61.
- DeWald RL, Faut MM, Taddonio RF, Neuwirth MG. Severe lumbosacral spondylolisthesis in adolescents and children. Reduction and staged circumferential fusion. *J Bone Joint Surg Am.* 1981;63(4):619-26.
- Dick WT, Schnebel B. Severe spondylolisthesis. Reduction and internal fixation. *Clin Orthop Relat Res.* 1988;(232):70-9.
- Hu SS, Bradford DS, Transfeldt EE, Cohen M. Reduction of high-grade spondylolisthesis using Edwards instrumentation. *Spine (Phila Pa 1976).* 1996;21(3):367-71.
- Maurice HD, Morley TR. Cauda equina lesions following fusion in situ and decompressive laminectomy for severe spondylolisthesis. Four case reports. *Spine (Phila Pa 1976).* 1989;14(2):214-6.
- Schoenecker PL, Cole HO, Herring JA, Capelli AM, Bradford DS. Cauda equine syndrome after in situ arthrodesis for severe spondylolisthesis at the lumbosacral junction. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72(3):369-77.
- Transfeldt EE, Dendrinos GK, Bradford DS. Paresis of proximal lumbar roots after reduction of L5-S1 spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976).* 1989;14(8):884-7.
- Hanson DS, Bridwell KH, Rhee JM, Lenke LG. Dowel fibular strut grafts for high-grade dysplastic isthmic spondylolisthesis. *Spine (Phila Pa 1976).* 2002;27(18):1982-8.
- DeWald R. Spondylolisthesis. In: Bridwell K, DeWald R, editors. *The Textbook of Spinal Surgery.* 2nd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1997. p. 1202-10.
- Shufflebarger HL, Geck MJ. High-grade isthmic dysplastic spondylolisthesis: monosegmental surgical treatment. *Spine (Phila Pa 1976).* 2005;30(Suppl6):S42-8.
- Marchetti PG, Bartolozzi P. Classification of spondylolisthesis as a guideline for treatment. In: Bridwell KH, DeWald RL, editors. *The Textbook of Spinal Surgery.* 2nd ed. Philadelphia, PA: Lippincott-Raven Press; 1997. p. 1211-54.
- Harris IE, Weinstein SL. Long-term follow-up of patients with grade-III and IV spondylolisthesis. Treatment with and without posterior fusion. *J Bone Joint Surg Am.* 1987;69(7):960-9.
- Smith M, Bohlman HH. Spondylolisthesis treated by a single-stage operation combining decompression with in situ posterolateral and anterior fusion: an analysis of eleven patients who had long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am.* 1990;72:415-21.
- Cervenansky J, Skrovina B, Maar D. [Use of fibular bone grafts in reconstructive surgery]. *Chir Narzadow Ruchu Ortop Pol.* 1962;27:297-307.
- Streitz W, Brown JC, Bonnett CA. Anterior fibular strut grafting in the treatment of spondylolisthesis. *Clin Orthop Relat Res.* 1977;(128):140-8.