

SACRECTOMIA EN BLOQUE PARA TUMORES GIGANTES DEL SACRO PRESERVANDO LAS RAICES DE S1. REPORTE DE NUEVA TECNICA QUIRURGICA Y RESULTADO FUNCIONAL

Autores

J.M. Saavedra^{1,2}, J.L. Buritica¹, P. Sanchez¹, W. Riveros¹

1. Hospital Universitario Mayor – Méderi, Departamento de Neurocirugía, Bogotá, Colombia

2. Universidad del Rosario, Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Bogotá, Colombia

Resumen

Los tumores primarios de sacro son lesiones raras que se caracterizan por ser localmente agresivos, de naturaleza osteolítica y con gran potencial para recurrir a corto plazo. Se han descrito múltiples opciones de manejo y tratamiento de los mismos, incluyendo quimioterapia y radioterapia además de resección quirúrgica con el fin de proveer control a largo plazo sobre el crecimiento tumoral y/o cura definitiva. (5, 6, 7)

Dada la naturaleza histológica de dichas lesiones, la sacrectomía en bloque es la técnica quirúrgica que menos recurrencia local implica (8) sin embargo, dado el compromiso extenso que presentan los tumores sacros en el momento del diagnóstico, usualmente la resección quirúrgica implica el sacrificio de raíces nerviosas, impactando directamente en morbilidad a largo plazo. Las complicaciones mayores secundarias que más frecuentemente se observan incluyen alteración para la deambulación, función genitourinaria y gastrointestinal, y finalmente, función sexual. (4).

El objetivo del presente artículo es describir tres casos en donde se realizan sacrectomía en bloque de tumores primarios de sacro con preservación de raíces nerviosas y sus desenlaces a 36 meses de seguimiento postquirúrgico.

Abstract

Sacral primary tumors are rare lesions that are characterized to be locally expansive and aggressive, often present with osteolysis and with great chances to recur at short-run term after a first surgical resection. There are multiple described options for management and treatment, including radiotherapy and chemotherapy for the relief of pain and surgical resection in order to provide long-term control over tumor growth or definitive cure.

Given the nature of such lesions, en bloc sacrectomy is the surgical technique that involves less local recurrence, however, given the extension of sacral tumors at diagnosis, usually surgical resection means sacrificing nerve roots, directly impacting over long-term morbidity.

Secondary major complications most frequently observed include impaired ambulation, genitourinary, gastrointestinal and sexual function.

The aim of this article is to describe three cases where en bloc sacrectomy were performed for management of primary sacral tumors (two giant cell tumors and

one hemangioma) with preservation of nerve roots and their outcome up to 36 months of postoperative follow-up.

Introducción

Los tumores primarios de sacro son raros y representan el 1-7% de los tumores espinales. Son un reto diagnóstico puesto que aquellos que se tornan sintomáticos usualmente se encuentran en estadios avanzados con compromiso de estructuras anatómicas adyacentes, dado su usual crecimiento hacia retroperitoneo, produciendo clínica inespecífica e inusual. De ellos, el cordoma representa la lesión neoplásica más frecuente y el tumor de células gigantes le sigue en frecuencia siendo éste el 5% de los tumores primarios óseos. Para el tumor de células gigantes, la incidencia es mayor en pacientes de 20-40 años. Al examen físico, los hallazgos que presentan en su mayoría son dolor radicular y paresia de miembros inferiores, secundario a compresión espinal o de raíz nerviosa. Aunque se trata de una lesión histológicamente benigna, son tumores localmente agresivos de componente osteolítico y con alta tasa de recurrencia en caso en donde se plantea manejo quirúrgico sin sacrectomía en bloque. Por otro lado, la tasa de supervivencia es del 93% y hasta un 3% presentan transformación maligna con metastasis usualmente pulmonar. (5)

Tradicionalmente, el manejo quirúrgico de sacrectomía total en bloque involucra amputación de raíces nerviosas altas, impactando directamente en morbilidad y mortalidad a corto y largo plazo, con

secuelas funcionales irreversibles. El objetivo del artículo es describir la técnica quirúrgica y reportar los resultados clínicos de la resección total de tumores gigantes del sacro, preservando anatómica y funcionalmente la raíz de S1.

Materiales y métodos:

Se trata de un estudio descriptivo con una cohorte de seguimiento a 36 meses. Con previa aprobación del comité de ética médica en el Hospital Universitario Mayor - MÉDERI, se realiza recolección de información retrospectiva sobre las variables demográficas, características tumorales, imagenológicas y resultado a corto y largo plazo de los casos que recibieron sacrectomía total en bloque (Tabla 1). Dentro de las variables demográficas, además del sexo, raza y edad, se incluye la descripción del examen físico y neurológico de ingreso con el fin de realizar una comparación objetiva de los periodos pre y post operatorios de funcionalidad y morbilidad según la escala modificada de Biagini et al (Tabla 2), adicionalmente, se incluye información sobre la modalidad de imágenes diagnósticas pre y postoperatorias (Radiografías, tomografía axial computarizada y resonancia magnética nuclear con contraste), la extensión y dimensiones tumorales.

Se describe la técnica quirúrgica y se incluye información sobre el abordaje quirúrgico, márgenes de resección y la reconstrucción y estabilización pélvica utilizada. Adicionalmente, se realiza reconstrucción de la técnica

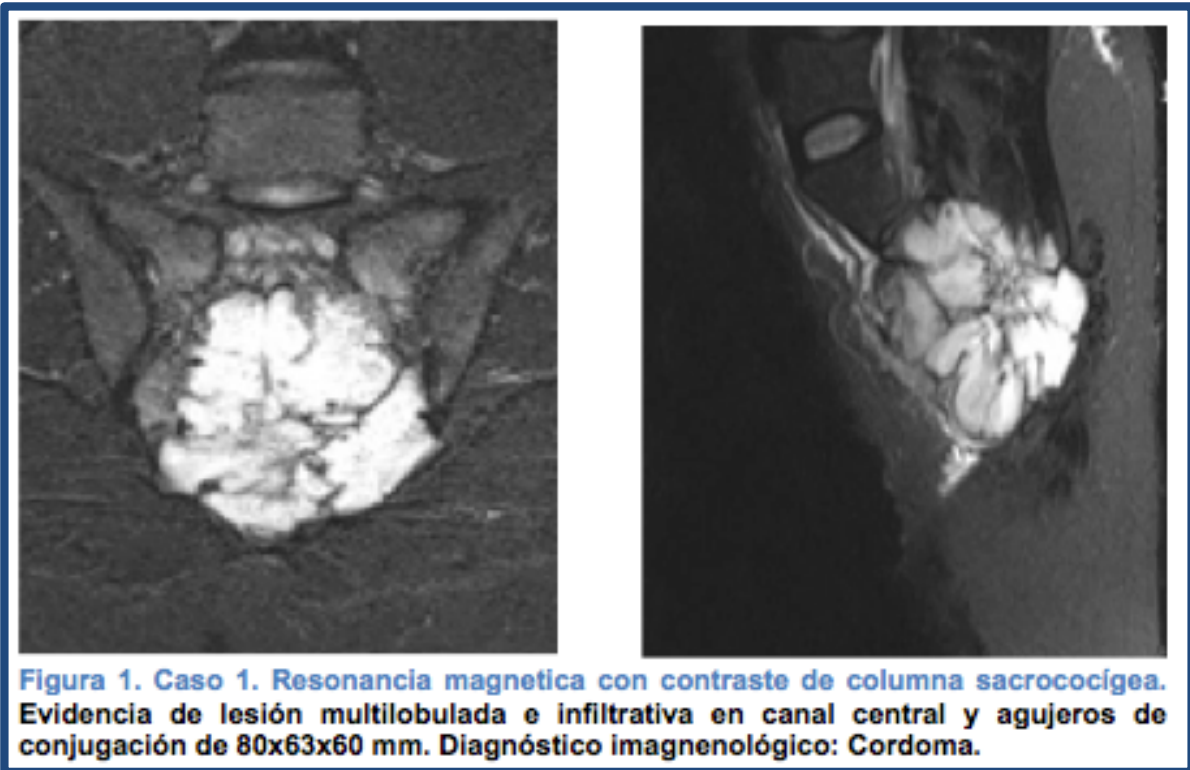
quirúrgica sobre especímenes cadavéricos.

Se describen 3 casos llevados a sacrectomía en bloque entre febrero de 2012 y febrero de 2015. Un equipo quirúrgico multidisciplinario entre Neurocirugía, Coloproctología y Cirugía Plástica realizó un abordaje combinado con el fin de realizar extracción del tumor con márgenes amplios y preservación de raíces bilaterales S1.

La estancia hospitalaria, complicaciones a corto (primeros 30 días postoperatorios) y largo plazo

evolución consistente en dolor lumbar de alta intensidad, irradiado a miembro inferior izquierdo con parestesias sin dermatoma claro. En el momento de la consulta sin antecedentes de importancia.

Se realiza resonancia magnética (Fig. 1) sacrococcígea con contraste que evidencia lesión multilobulada e infiltrativa en canal central central y agujeros de conjugación de 80 x 63 x 60 mm, compatible imagenológicamente con cordoma.



(posterior a 30 días postoperatorios) además de funcionalidad a 36 meses se incluyen posteriormente.

Caso 1:

Paciente masculino de 43 años que consulta por cuadro clínico de 2 días

Caso 2:

Paciente femenina de 18 años con cuadro clínico de dos meses de evolución consistente en dolor lumbar irradiado a miembro inferior izquierdo, en el momento álgica, con disminución de arcos de movimiento,

resonancia de columna lumbosacra (Fig. 2) y escanografía (Fig. 3) sacrococcigea con evidencia de lesión de aspecto neoplásico infiltrante de tipo lítico a nivel de ala sacra izquierda (S1,S2) con extensión epidural de 6x5x5 cm sugestivo de tumor de células gigantes.

Caso 3:

Paciente femenina de 40 años de edad con cuadro de un año de evolución, exacerbado desde hace una semana, dado por dolor lumbar y sacro irradiado a miembros inferiores, de predominio muslo de miembro inferior derecho, sin seguir dermatoma claro, sin asociarse a pérdida de la fuerza o síntomas sensitivos, sin embargo, con limitación funcional para la marcha por lo que impide su valoración. Refiere tumor de células gigantes documentado hace 8 meses, manejado con 4 ciclos de quimioterapia, último en julio del 2012. Ingresó remitida por servicio de hematología para transfusión de 2

unidades de glóbulos rojos dada hemoglobina en 6. Adicionalmente, al examen físico con palidez mucocutánea generalizada e hiporreflexia patelar y aquiliana bilateral. Se realiza TAC de abdomen y pelvis y resonancia magnética de columna lumbar con contraste, con evidencia de masa pélvica de origen sacra, de diámetros 117 x 110 cm con diagnóstico imagenológico de tumor de células gigantes (Fig. 4 y 5). Presento shock hipovolémico como complicación temprana postoperatoria, con revisión postquirúrgica con hallazgo de hemoperitoneo. Adicionalmente, dentro de las imágenes diagnósticas postoperatorias dentro del primer mes, se demuestra recidiva tumoral y no recibe manejo adyuvante neoplásico.

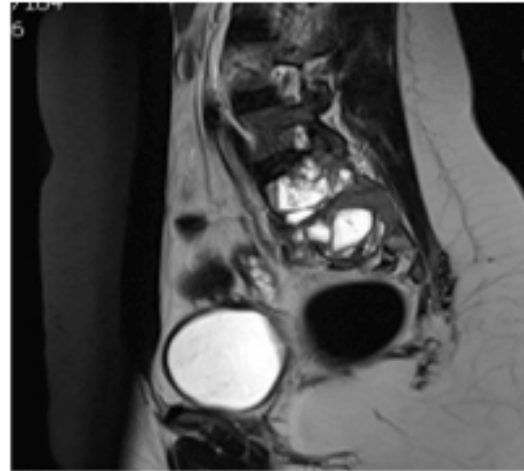
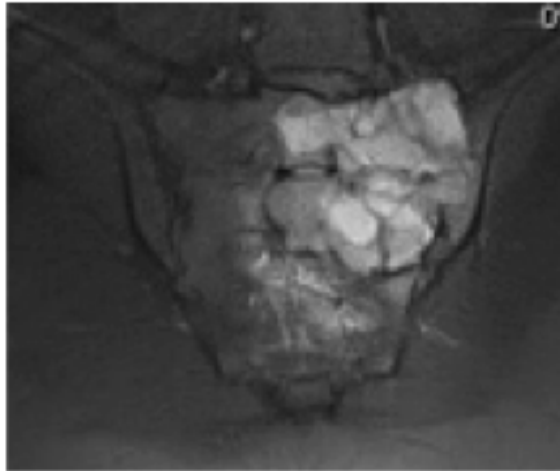


Figura 2. Caso 2. Resonancia Magnética Columna Lumbosacra. Lesión de aspecto neoplásico infiltrante de tipo lítico a nivel de ala sacra izquierda (S1,S2) con extensión epidural de 6x5x5 cm sugestivo de tumor de células gigantes.

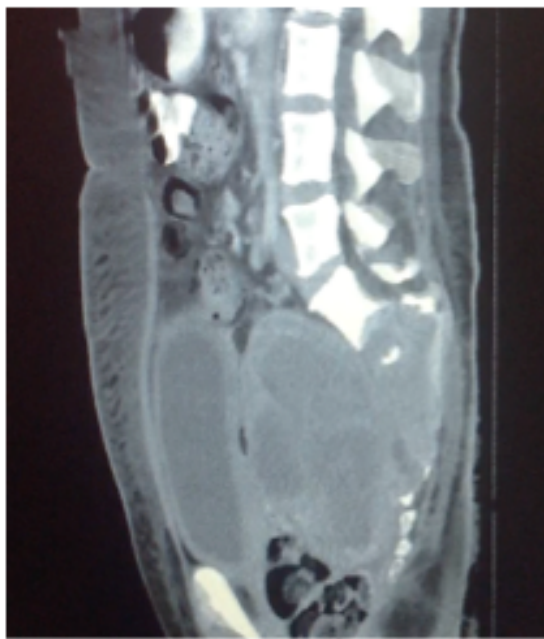


Figura 4. Caso 3. Tomografía axial computarizada de abdomen y pelvis. Masa que parece originarse del sacro, con extensión a los alerones iliacos, de aspecto sólido, densidad heterogénea, lobulada, infiltrante a las estructuras vecinas. La lesión tiene diámetros mayores de 117 mm x 110 mm, comprime y desplaza el útero, recto y la vejiga, sin descartar infiltración a éstas estructuras.



Figura 5. Caso 3. Resonancia magnética de columna lumbar con contraste. Masa infiltrante de aspecto neoplásico localizada en la pelvis con compromiso infiltrativo en el sacro, sólida con componente quístico y captación del medio de contraste.

Técnica Quirúrgica:

Técnica quirúrgica: Caso 1

Se realiza laparotomía infraumbilical con disección hasta retroperitoneo identificando promontorio, sacro y coxis anterior, cambio de posición decúbito prono se realiza incisión en Y invertida desde L2 hasta coxis, se realiza laminectomía hasta S1 hasta S5 identificando forámenes de S2 hasta S5 infiltrados de tumor, se realiza corte de esfínter anal y retiro de lesión tumoral acompañada de vertebrectomía de total de sacro, colocación de malla para aislamiento de espacio retroperitoneal, se procede a realización de reconstrucción sacropélvica mas artrodesis de L4-L5 a porción iliaca (Fig. 6).

Técnica quirúrgica: Caso 2

Se realiza procedimiento quirúrgico en conjunto con coloproctología y cirugía plástica. Se realiza laparotomía infraumbilical con disección hasta retroperitoneo identificando promontorio, sacro y coxis anterior, cambio de posición decúbito prono realizando incisión lumbosacra en ancla, disección por planos hasta encontrar tabla ósea sacra encontrándose lesión sacra con componente epidural, se realiza sacrectomía preservando las raíces de S1 de manejo bilateral, se realiza artrodesis transpedicular l3-l4-l5 y transiliacos en dos puntos de manera bilateral y conectores interbarra (Fig. 7 y 8). Cicatriz sin signos de infección (Fig. 9).



Figura 6. Caso 1. Reconstrucción sacropélvica. Radiografía y Tomografía axial Computarizada de columna lumbosacra. Cambios Postoperatorios y evidencia de artrodesis L4-L5 a porción iliaca.



Figura 7. Caso 2. Tomografía Axial Computarizada y Rx de Columna Lumbosacra. Cambios postquirúrgicos de sacrectomía en bloque. Artrodesis transpedicular L3-L4-L5 y transiliacos bilaterales.

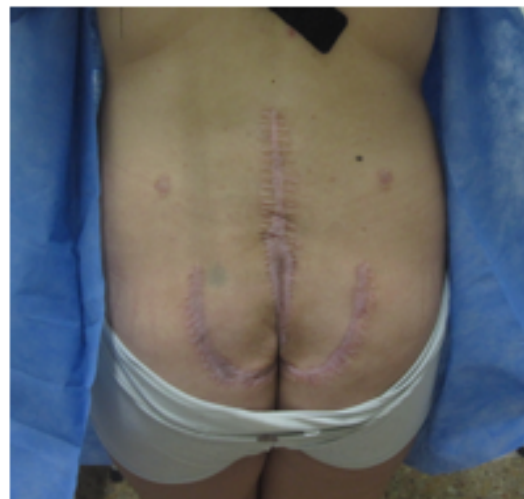


Figura 8. Caso 2. Reconstrucción 3-D Tomografía Axial Computarizada. Sistema de artrodesis transpedicular L3-L4-L5 y transiliacos en dos puntos bilaterales y conector interbarra.

Figura 9. Caso 2. Cicatriz Postoperatoria.

Técnica quirúrgica: Caso 3.....



Figura 10. Caso 3. Rx de Columna Lumbosacra. Instrumentación posterior de la columna lumbosacra con tornillos transpediculares y barras laterales, en L4, L5 y alerones iliacos. Laminectomía bilateral L5-S1

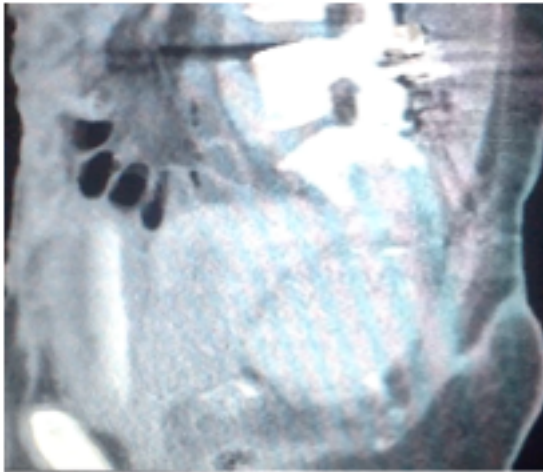


Figura 11. Caso 3. Tomografía Axial Computarizada de Columna Sacrococcígea con Contraste. Resección casi completa del hueso sacro con material de osteosíntesis en región lumbosacra. Extensa masa localizada en región sacra residual, con extensión anterior, dimensiones de 97 x 75 x 142 mm. Se encuentra en relación con

Resultados:

Se reporta la técnica quirúrgica realizada en tres pacientes que ingresan al Hospital Universitario Mayor en Bogotá, Colombia, entre los años 2012 a 2015, con edades entre 18 y 43 años, con clínica inespecífica dado por dolor lumbar irradiado a miembros inferiores, sin seguir dermatoma claro, sin signos de radiculopatía compresiva o irritativa, y en uno de ellos con paresia de miembros inferiores y disminución de los reflejos músculotendinosos. En la tabla 1 se incluyen las variables demográficas, imagenológicas, tumorales, quirúrgicas y postoperatorias.

Variables												
Pacientes	Demográficos			Tumoral		Quirúrgico		Complicaciones POP		Seguimiento POP		
	Edad	Raza	Sexo	Examen neurológico prequirúrgico	Histología	Extensión	Tipo de sacrectomía	Margenes de resección	Reconstrucción		Corto Plazo	Largo Plazo
Caso 1	43	Caucásico	Masculino	Dolor Lumbar irradiado a miembro inferior izquierdo. No dermatoma claro	Tumor de Células Gigantes	Lesión multilobulada infiltrativa en canal central y agujero de conjugación de 80 x 63 x 60 mm	En Bloque. Preservación raíz S1 bilateral	Amplios	Reconstrucción sacropelvica mas artrodesis de L4-L5 a porción ilíaca	EHP: 73 días, Sepsis de tejidos blandos, Lavado quirúrgicos y desbridamiento de colgajo, Infección de vias urinarias por Proteus mirabilis	Vejiga Neurogénica	36 meses Marcha normal, Función vesical e intestinal conservada. Función sexual preservada.
Caso 2	18	Caucásico	Femenino	Dolor Lumbar irradiado a miembro inferior izquierdo. No dermatoma claro	Tumor de Células Gigantes	Lesión infiltrante de tipo lítico a nivel de ala sacra izquierda (S1, S2) con extensión epidural de 60x50x50 mm	En Bloque. Preservación raíz S1 bilateral	Amplios	Artrodesis transpedicular L3-L4-L5 y transiliacos en dos puntos bilaterales y conectores interbarra	EHP: 98 días, Infección de vias urinarias por Escherichia coli, Fungemia por Candida albicans, Infección de colgajo por Pseudomonas aeruginosa	Vejiga Neurogénica, Colostomía	Marcha normal, Función vesical e intestinal conservada. Función sexual preservada.
Caso 3	41	Caucásico	Femenino	Dolor lumbar irradiado a miembros inferiores, principalmente a muslo derecho. Marcha no evaluable. Reflejo patelar y aquiliano bilateral +/++++	Tumor de Células Gigantes	Lesión pélvica, infiltrante, lobulada, densidad heterogénea, con extensión a alerones ilíacos de diámetros 117x110 mm que comprime y desplaza útero, recto y vejiga	En Bloque. Preservación raíz S1 bilateral	Contaminada. Sacrectomía desde S2	Artrodesis Transpedicular L4-S1	EHP: 82 días. Shock Hipovolémico. Infección de vias urinarias por Escherichia coli, Insuficiencia renal aguda	Recidiva Tumoral. Inestabilidad hemodinámica que impide segundo evento quirúrgico, colostomía	Marcha normal, Función vesical e intestinal conservada.

Tabla 1. Variables Demográficas, Histopatológicas, Quirúrgicas, Postoperatorias. EHP:
Estancia Hospitalaria. POP: Postoperatorio.

En los tres casos, se realizan imágenes diagnósticas, en donde la tomografía axial computarizada con contraste y la resonancia magnética nuclear, ambos de columna lumbosacra y sacrococcígea, son determinantes para una primera impresión diagnóstica imagenológica de tumor de células gigantes. Dada la funcionalidad de los casos presentados, se realiza evaluación preoperatoria según la clasificación de Biagini et al. (tabla 2). En los primeros dos casos, no se observó lesión motora, función vesical e intestinal normal, sin embargo, el último caso ingresa con déficit motor que imposibilita la marcha, con un puntaje total de 2.

Se realiza sacrectomía total en bloque preservando raíces S1

bilaterales, posterior a evaluación preoperatoria de la función vesical, motora e intestinal. Los márgenes de resección quirúrgica, según hallazgos intraoperatorios y patología macroscópica, fueron clasificados de la siguiente manera: los márgenes con resección amplia son aquellos en donde es identificable tejido sano en la periferia del tumor; marginal si hay disección a través de la pseudocapsula que expone el tumor, siendo éste tejido sano, sin embargo reactivo al tejido tumoral, sin hallazgo microscópico de ruptura tumoral y por último contaminado, en casos en donde hay resección amplia o marginal intralesional o ruptura de tejido tumoral. (8)

Dada la clasificación previa, en los

Función	Puntaje	Descripción
Vesical	0	Normal
	1	Deseo miccional con continencia limitada y/o aumento en el volumen residual postmiccional y/o incontinencia por estrés
	2	No deseo miccional y/o incontinencia total
Intestinal	0	Normal
	1	Deseo de deposición con incontinencia fecal en situaciones de estrés
	2	No deseo de deposición con incontinencia total
Motor	0	Normal
	1	Déficit motor que requiere ayuda de soporte externo para caminar y/o actividades cotidianas
	2	Imposibilidad para la marcha

Tabla 2. Clasificación de función neurológica posterior a resección de sacro (Adaptado de Biagini et al, 1997)

primeros dos casos se realiza sacrectomía en bloque con márgenes amplios, identificado tejido sano perilesional a comparación del tercer caso en donde se realiza sacrectomía contaminada, en donde no es posible, dado su extenso compromiso a órganos adyacentes, realización de sacrectomía con márgenes libres de tejido tumoral. En los tres casos se realiza tunelización de raíces sacras preservan de esta manera raíces S1 bilaterales.

La estancia hospitalaria de los tres casos se prolonga por encima de 60 días, siendo 73, 98 y 82 días respectivamente, lo que impacta directamente en incidencia de complicaciones a corto plazo (menor a 30 días postoperatorio): Infecciones; en nuestros casos, siendo infección de vías urinarias la más común (dos casos por *Escherichia coli*, un caso por *Proteus mirabilis*) seguida por infección de colgajo con sepsis de tejidos blandos (en dos casos, uno de ellos por *Pseudomonas aeruginosa*) y finalmente fungemia (en un caso por *Candida albicans*). En uno de los casos, se presentó shock hemorrágico como complicación perioperatoria, con posterior requerimiento de transfusión de hemoderivados y revisión quirúrgica post-sacrectomía, encontrado hemoperitoneo.

Un total de 3 complicaciones a largo plazo (más de 30 días postoperatorio) fueron identificadas: incontinencia urinaria en dos casos, colostomía en dos casos, recidiva tumoral en un caso. Es importante tener en cuenta que la recidiva tumoral local se presentó en el caso en donde se realiza sacrectomía con márgenes

contaminados a comparación de los otros dos casos en quienes se logran márgenes amplios, y en quienes no hay evidencia a largo plazo de recidiva tumoral o siembras metastásicas a distancia.

Se realiza seguimiento en un plazo postoperatorio de 36 meses para evaluación de función motora, vesical e intestinal, según la clasificación de Biagini et al (Tabla 2). (5). Además de recidiva tumoral local o a distancia. En los tres casos hay recuperación completa de la función vesical, intestinal y motora, e incluso de función sexual, dada la preservación bilateral de raíces sacras a nivel de S1.

Ningún paciente recibió terapia adyuvante neoplásica.

Discusión

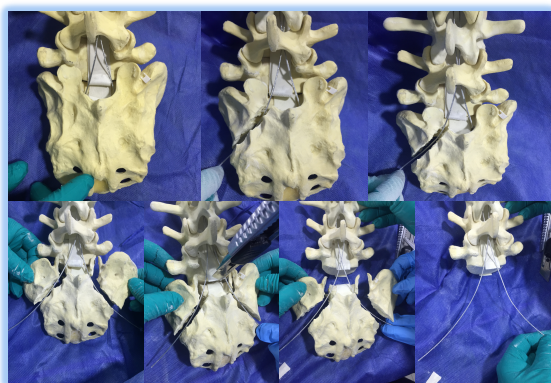
La técnica quirúrgica clásica para la resección de tumores gigantes del sacro por patología oncológica debe ser, por consenso en la literatura, la sacrectomía en bloque. Esta técnica permite una resección oncológica satisfactoria pero es mórbida y tiene como consecuencia el déficit neurológico del paciente.

En este artículo se presenta una técnica que, manteniendo los principios de las resecciones en bloque permite preservar anatómica y funcionalmente la raíz de S1 permitiendo la marcha funcional del paciente en el postoperatorio.

Con un equipo quirúrgico multidisciplinario conformado por cirujanos de Colon y Recto, Cirujanos plásticos y Neurocirujanos, se procede inicialmente con el paciente en supino.

El equipo de cirugía de colon y recto realiza una laparotomía mediana, expone el colon descendente y el recto. Separa estas estructuras junto con los elementos vasculares de la pared anterior del sacro y en la mayoría de los casos de la porción más anterior del tumor y deja en el lecho operatorio una membrana de teflón. Se realiza luego una colostomía.

En el mismo tiempo quirúrgico el paciente es posicionado en prono y el equipo de Neurocirugía realiza una incisión en doble J. Se disecciona por planos hasta exponer las laminas de L3, L4, L5 y el sacro en su totalidad.



Se realiza una laminectomía de L5 y S1. Se liga el saco dural lo más distal posible y se corta.

Se realiza una discectomía total L5-S1.

Con un motor eléctrico se fresa un canal posterior siguiendo el trayecto del foramen S1 hasta exponer la raíz durante todo el trayecto desde la salida del saco dural hasta la salida del foramen. Se moviliza y protege la raíz y se fresa de la misma manera un canal anterior al foramen.

Se realiza la misma maniobra de manera bilateral logrando de esta

manera desprender el cuerpo del sacro de los alerones sacros. Se realiza el corte distal del sacro y se desprende de las estructuras ligamentarias.

Se realiza la sacrectomía en bloque preservando intactas las raíces de S1 de manera bilateral.

Posteriormente se realiza una reconstrucción lumboilíaca con tornillos transpediculares en L3, L4 y L5 y tornillos transilíacos.

Conclusiones

La sacrectomía en bloque modificada llevada a cabo por un grupo multidisciplinario a través de un abordaje combinado anterior y posterior permite la resección total de tumores gigantes del sacro manteniendo anatómica y funcionalmente la raíz de S1.

La reconstrucción a través de una fijación lumbo-ilíaca con tornillos transpediculares en L3, L4 y L5 y tornillos transilíacos después de una sacrectomía en bloque mantiene la estabilidad espino-pélvica y permite una marcha funcional.

Bibliografía

1. Kazim SF, Enam SA, Hashmi I, Lakdawala RH. Polyaxial screws for lumbo-iliac fixation after sacral

- tumor resection: experience with a new technique for an old surgical problem. *Int. J. Surg.* 2009 Dec. 7(6):529–33.
2. Surgery N. Anatomy of the sacrum. 2003;15(2):1–4.
 3. Oncology S, Anderson TMD, Surgery O, Material C. En bloc resection of primary sacral tumors: classification of surgical approaches and outcome. 2005;3(C):111–22.
 4. Oncology S, Moran D1, Zadnik PL. Maintenance of bowel, bladder, and motor functions after sacrectomy. *Spine J.* 2015 Feb 1;15(2):222-9. 2014 Sep 6.
 5. Clarke MJ, Dasenbrock H, Bydon A, Posterior-only approach for en bloc sacrectomy: clinical outcomes in 36 consecutive patients. *Neurosurgery.* 2012 Aug;71(2):357-64
 6. Luksanaprukpa P, Buchowski JM, Management of spinal giant cell tumors. *Spine J.* 2016 Feb;16(2):259-69
 7. Fourney DR, Rhines LD, En bloc resection of primary sacral tumors: classification of surgical approaches and outcome. *J Neurosurg Spine.* 2005 Aug;3(2):111-22.
 8. Bydon M, De la Garza-Ramos R, En Bloc Resection of a Giant Cell Tumor in the Sacrum via a Posterior-Only Approach Without Nerve Root Sacrifice: Technical Case Report. *Neurosurgery.* 2015 Sep;11 Suppl 3:E472-8.
 9. Sahakitrungruang C, Chantra K, Dusitanond N, Atittharnsakul P, Rojanasakul A. Sacrectomy for primary sacral tumors. *Dis. Colon Rectum.* 2009 May;52(5):913–8.
 10. Clarke MJ, Dasenbrock H, Bydon A, Sciubba DM, McGirt MJ, Hsieh PC, et al. Posterior-only approach for en bloc sacrectomy: clinical outcomes in 36 consecutive patients. *Neurosurgery .* 2012 Aug, 71(2):357–64.
 11. Guo W, Tang X, Zang J, Ji T. One-stage total en bloc sacrectomy: a novel technique and report of 9 cases. *Spine (Phila. Pa. 1976).* 2013 May;38(10):E626–31.
 12. Yin X, Fan W, Liu F, Zhu J, Liu P, Zhao J. Technique and surgical outcome of total resection of lower sacral tumor. 2015;8(2):2284–8.
 13. Gonçalves VM, Lima Á, Gíria J, Carvalho N, Parreira J, Cunha M. Case Report Modified Kraske Procedure with Mid-Sacrectomy and Coccygectomy for En Bloc Excision of Sacral Giant Cell Tumors. 2014;2014.
 14. Health N, Corporation I, Hospital I. Surgical techniques for total sacrectomy and spinopelvic reconstruction. 2003;15(2).
 15. Perez-orribo HRLF, Garcia-marin VM, Plata-bello JM, Martin-malagon AI. Anterior-only Partial Sacrectomy for en bloc Resection of Locally Advanced Rectal Cancer. 2014;273–7.
 16. Luksanaprukpa P, Buchowski JM, Singhatanadgige W, Rose PC,

- Bumpass DB. Management of spinal giant cell tumors. *Spine J.* Elsevier Inc.; 2015;1–11.
17. Lumbosacropelvic junction reconstruction resulting in early ambulation for patients with lumbosacral neoplasms or osteomyelitis. 2003;15(2).
 18. Bydon M, De la Garza-Ramos R, Bettegowda C, Suk I, Wolinsky J-P, Gokaslan ZL. En Bloc Resection of a Giant Cell Tumor in the Sacrum via a Posterior-Only Approach Without Nerve Root Sacrifice: Technical Case Report. *Neurosurgery.* 2015 Sep;11 Suppl 3(3):E472–8.
 19. Sciubba DM, Chi JH, Rhines LD, Gokaslan ZL. Chordoma of the spinal column. *Neurosurg. Clin. N. Am.* 2008 Jan;19(1):5–15.
 20. Moran D, Zadnik PL, Taylor T, Groves ML, Yurter A, Wolinsky J-P, et al. Maintenance of bowel, bladder, and motor functions after sacrectomy. *Spine J.* Elsevier Inc; 2015;15(2):222–9.
 21. Service O, Sloan M, Cancer K. Conservative surgery in the treatment of giant cell tumor of the sacrum: 35 years' experience. 2015.
 22. Zang J, Guo W, Yang R, Tang X, Li D. Is total en bloc sacrectomy using a posterior-only approach feasible and safe for patients with malignant sacral tumors? 2015;22(June):563–70.
 23. Li D, Guo W, Tang X, Ji T, Zhang Y. Surgical classification of different types of en bloc resection for primary malignant sacral tumors. *Eur. Spine J.* 2011 Dec; 20(12):2275–81.
 24. Varga PP, Szoverfi Z, Lazary A. Surgical resection and reconstruction after resection of tumors involving the sacropelvic region.
 25. Services S, City SL. Giant cell tumor of the sacrum. 2003;15(2):13–6.
 26. Varga PP, Lazary A. Chordoma of the sacrum: “en bloc” total sacrectomy and lumbopelvic reconstruction. *Eur. Spine J.* 2010 Jun;19(6):1039–40.
 27. Journal AS. Management of Sacral Tumors Requiring Spino-Pelvic Reconstruction with Different Histopathologic Diagnosis : Evaluation with. 2015;(33).
 28. Branch SN, Services G, Permanente GH. Sacral hemangioblastoma in a patient with von Hippel – Lindau disease Case report and review of the literature. 2003;15(2):1–4.
 29. Verlaan JJ, Kuperus JS, Slooff WB, Hennipman a, Oner FC. Complications, secondary interventions and long term morbidity after en bloc sacrectomy. *Eur. Spine J.* 2015 Oct; 24(10):2209–19.
 30. Early S, Mahar A, Oka R, Newton P. Biomechanical Comparison of Lumbosacral Fixation Using Luque-Galveston and Colorado II Sacropelvic Fixation : Advantage

- of Using Locked Proximal Fixation. 2005;30(12):1396–401.
31. Shen FH, Harper M, Foster WC, Marks I, Arlet V. A Novel “ Four-Rod Technique ” for Lumbo-Pelvic Reconstruction : Theory and Technical Considerations. 2006;31(12):1395–401.
 32. Zheng BYXZZ, Wang ZLT, Lu WW. Biomechanical advantages of dual over single iliac screws in lumbo-iliac fixation construct. 2010;1121–8.
 33. Zheng Z, Yu B, Chen H, Aladin DMK, Zhang K, Zhang J, et al. Effect of Iliac Screw Insertion Depth on the Stability and Strength of Lumbo-Iliac Fixation Constructs An Anatomical and Biomechanical Study. 2009;34(16):565–72.
 34. Garofalo F, Summa PGDI, Christoforidis D, Pracht M, Laudato P, Raffoul W, et al. Multidisciplinary Approach of Lumbo-Sacral Chordoma : From Oncological Treatment to Reconstructive Surgery. 2015;(August):544–54.
 35. Le VH, Heckmann N, Jain N, Wang L, Turner AWL, Lee TQ, et al. Biomechanical Evaluation of Supplemental Percutaneous Lumbo-Sacro-Iliac Screws for Spinopelvic Fixation Following Total Sacrectomy. 2015;28(4):181–5.
 36. Thomas J, Boszczyk BM. GRAND ROUNDS A novel ““ pelvic ring augmentation construct ”” for lumbo-pelvic reconstruction in tumour surgery. 2012;1797–803.
 37. Smith JK, Lury K, Castillo M. Imaging of Spinal and Spinal Cord Tumors. 2006;274–93.