

Anatomía quirúrgica en 3D de las osteotomías vertebrales cervicales

Premio AANC para Global Spine

Alfredo Guiroy*, Martín Gagliardi*, Matías Baldoncini*, Pablo Jalón*, Ignacio J. Barrenechea[†]

*Laboratorio de Neuroanatomía, División Neurocirugía, Hospital de Clínicas "José de San Martín", CABA, Argentina. [†]Museo de Ciencias Morfológicas "Dr. Juan Carlos Fajardo", Universidad Nacional de Rosario, Argentina.
Hospital General de Agudos Juan A. Fernández.

RESUMEN

Objetivo: Realizar osteotomías cervicales en preparados cadavéricos, siguiendo la clasificación moderna de 7 grados según Ames y colaboradores, tomando fotos 3D para poner en evidencia la magnitud de resección ósea de cada uno de los subtipos.

Material y Métodos: Se utilizaron dos preparados cadavéricos formolizados con inyección vascular, realizándose imágenes fotográficas en 3 dimensiones de los mismos. Las fotografías fueron tomadas con una cámara Nikon D90, con lente 50 mm Af 1.8G, flash Nikon SB700, y una barra regulable para fotografía. Se realizó sobre las preparaciones cadavéricas la disección cervical con incisión en línea media posterior y abordaje por vía anterior según Smith y Robinson. Se efectuó la exposición muscular y esquelitización ósea con exposición de láminas, apófisis espinosas, facetas articulares, ligamentos, discos, apófisis unciformes y cuerpos vertebrales. Mediante la utilización de un drill neumático de alta velocidad se realizaron 8 osteotomías, 4 por vía posterior y 4 por vía anterior.

Resultados: Las osteotomías realizadas por vía anterior fueron la discectomía anterior completa (denominada osteotomía grado I anterior), la corpectomía parcial o total incluyendo discectomía superior e inferior (denominada osteotomía grado III), la resección completa de la unión uncovertebral o articulación de Luschka (denominada osteotomía grado IV) y la resección vertebral completa o espondilectomía (denominada osteotomía grado VII). Por vía posterior, se realizaron la facetectomía parcial (denominada osteotomía grado I posterior), la facetectomía total u osteotomía de Ponte (denominada osteotomía grado II), la osteotomía de apertura angular (denominada osteotomía grado V) y la osteotomía de cierre angular o de sustracción pedicular (denominada osteotomía grado VI). Las imágenes fotográficas obtenidas fueron procesadas con los siguientes softwares con técnica anaglífica: Anaglyph Maker versión 1.08 y StereoPhoto Maker versión 4.54.

Discusión: Las osteotomías vertebrales constituyen gestos quirúrgicos útiles para la corrección de las deformidades espinales cervicales. A pesar de las distintas variantes técnicas de las mismas, no existía hasta hace poco un sistema que permitiera su nomenclatura y clasificación. Ames y colaboradores proponen en 2013 una nomenclatura para este tipo de maniobras, clasificándolas en 7 grupos con distintos. El aporte de la anatomía en 3D permitió mejorar la comprensión del grado de resección ósea necesario para cada tipo de osteotomía, y visualizar las estructuras nerviosas y vasculares en riesgo en cada tipo de abordaje.

Palabras Claves: Osteotomías Cervicales; Osteotomía De Ponte; Osteotomía 3D; Deformidad Cervical

ABSTRACT

Objective: To perform cervical osteotomies in cadaveric specimens, following the new classification of Ames et al. 3D pictures were taken to show the amount of bone resection on each subtype.

Material & methods: Using two formalized cadaveric specimens with vascular injection, we took 3D pictures of osteotomies following the Ames et al classification of cervical osteotomies. The pictures were taken with a Nikon D90 camera, with a 50 mm lens Af 1.8G, Nikon SB700 flash, and an adjustable titanium frame designed to take 3D pictures. Anterior cadaveric dissections were made based on the Smith & Robinson technique. We also performed a posterior approach to expose laminar surfaces, spinous processes, facets complexes, ligaments, discs, uncovertebral joints and vertebral bodies. With the aid of a pneumatic drill, 8 osteotomies (4 anterior and 4 posterior) were progressively made and pictured.

Results: The anterior osteotomies were: discectomy, corpectomy, discectomy with uncovertebral resection and spondilectomy. Posterior osteotomies were: partial facetectomy, complete facetectomy (Ponte), open wedge osteotomy and closing wedge osteotomy (pedicle subtraction). Pictures were processed and fused with Anaglyph Maker 1.08 and StereoPhoto Maker 4.54.

Conclusions: Cervical osteotomies are useful surgical maneuvers to correct spinal deformities. 3D anatomy helps to understand the degree of bone resection needed to make each osteotomy, exposing nervous and vascular structures at risk in these procedures.

Key Words: Cervical Osteotomies; Ponte Osteotomy; 3D Osteotomies; Cervical Deformities

INTRODUCCIÓN

Considerando el hecho de que no se encuentran en la bibliografía actual trabajos científicos anatómicos con disecciones cadavéricas que muestren osteotomías vertebrales cervicales, nuestro objetivo fue realizar osteotomías cervicales en preparados cadavéricos, siguiendo la clasificación moderna de 7 grados según Ames y colaboradores,³

tomando fotos 3D para poner en evidencia la magnitud de resección ósea de cada uno de los subtipos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron dos preparados cadavéricos formolizados con inyección vascular, realizándose imágenes fotográficas en 3 dimensiones de los mismos. Las fotografías fueron tomadas con una cámara Nikon D90, con lente 50 mm Af 1.8G, flash Nikon SB700, y una barra regulable para fotografía. Se realizó sobre las preparaciones cadavéricas la disección

Alfredo Guiroy
alfreguiroy@gmail.com

TABLA 1: DESCRIPCIÓN DE LOS 7 GRADOS DE OSTEOTOMÍAS PARA LA CORRECCIÓN DE LA CIFOSIS CERVICAL.

Grado de osteotomía	Resección	Descripción
1	Resección facetaria parcial (por vía anterior o posterior)	Resección de la cápsula facetaria o resección facetaria parcial por abordaje posterior o discectomía por vía anterior que incluya parcialmente la articulación uncovertebral
2	Resección facetaria total / osteotomía de Ponte	Resección de las carillas articulares superior e inferior de una articulación específica. Pueden también researse láminas y apófisis espinosas.
3	Corpectomía parcial o total	Resección parcial o total del cuerpo vertebral incluyendo los discos superior e inferior al cuerpo resecado.
4	Resección uncovertebral completa hasta el foramen transverso	Osteotomía anterior hacia la cara lateral del cuerpo, resecando las articulaciones uncovertebrales hasta llegar al foramen transverso.
5	Osteotomía de apertura angular	Resección completa del arco posterior con fractura osteoclástica y generación de ángulo abierto.
6	Osteotomía de cierre angular / sustracción pedicular	Resección completa del arco posterior y resección pedicular con cierre angular.
7	Espondilectomía	Resección de uno o más cuerpos vertebrales y discos, incluyendo articulaciones uncovertebrales, láminas y facetas articulares.

Nótese que la osteotomía grado 1 puede ser realizada por vía anterior o posterior, por lo que hay 8 tipos de osteotomías cervicales, agrupadas en 7 grados. cervical con incisión en línea media posterior y abordaje por vía anterior según Smith y Robinson.⁶ Se efectuó la exposición muscular y esqueletización ósea con exposición de láminas, apófisis espinosas, facetas articulares, ligamentos, discos, apófisis unciformes y cuerpos vertebrales. Mediante la utilización de un drill neumático de alta velocidad se realizaron, en forma progresiva, 8 osteotomías, 4 por vía posterior y 4 por vía anterior.

RESULTADOS

Descripción de las osteotomías (Tabla 1)

GRADO 1: Resección Parcial De La Unión Facetaria

La osteotomía de Grado 1 incluye la resección parcial de la unión facetaria. Esto puede lograrse bien por vía anterior, a través de una discectomía y una resección parcial de la articulación uncovertebral (figs. 1A y 1B), o bien por vía posterior a través de la resección de la cápsula o de parte de las carillas articulares (figs. 2A y 2B). Esta maniobra tiene una utilidad limitada en las grandes deformidades cervicales, y depende de movilidad de la columna opuesta, es decir, en la vía posterior depende de la presencia de un disco móvil, y en la anterior de facetas articulares sin restricción de movimiento.

GRADO 2: Resección Completa De Facetas Articulares / Osteotomía De Ponte

La osteotomía grado 2 incluye la resección de ambas apófisis articulares, superior e inferior (figs. 3A y 3B). Puede

asociarse o no a laminectomías y flavectomías; sin embargo si la osteotomía incluye el cuerpo vertebral, aunque sea en forma parcial, no es incluida en este grupo. Al igual que las del grupo 1, estas resecciones requieren la movilidad de la columna anterior. El término “osteotomía de Ponte” suele ser utilizado para osteotomías tipo 2 multinivel.

GRADO 3: Corpectomía Parcial O Total

Una osteotomía de grado 3 incluye la resección parcial o total del cuerpo vertebral incluyendo los discos vertebrales adyacentes (figs. 4A y 4B). Este tipo de maniobras permiten no solo corregir deformidades severas, sino que además permiten la descompresión del canal raquídeo y de los forámenes intervertebrales. Al igual que en las osteotomías 1 y 2, la movilidad del segmento no fusionado (posterior) es necesaria para que la corrección de la deformidad sea posible. Por lo general, para facilitar la artrodesis y proveer soporte estructural, un aloinjerto de segmento fibular o una caja autoexpandible suele ser colocada en el defecto generado por la osteotomía.

GRADO 4: Resección Uncovertebral Completa al Foramen Transverso

Esta maniobra incluye una resección ósea anterior que se extiende hacia afuera a través de la porción lateral del cuerpo y de las articulaciones uncovertebrales, alcanzando el foramen transverso (figs. 5A y 5B). En los pacientes con anquilosis completa de la columna anterior, esta téc-

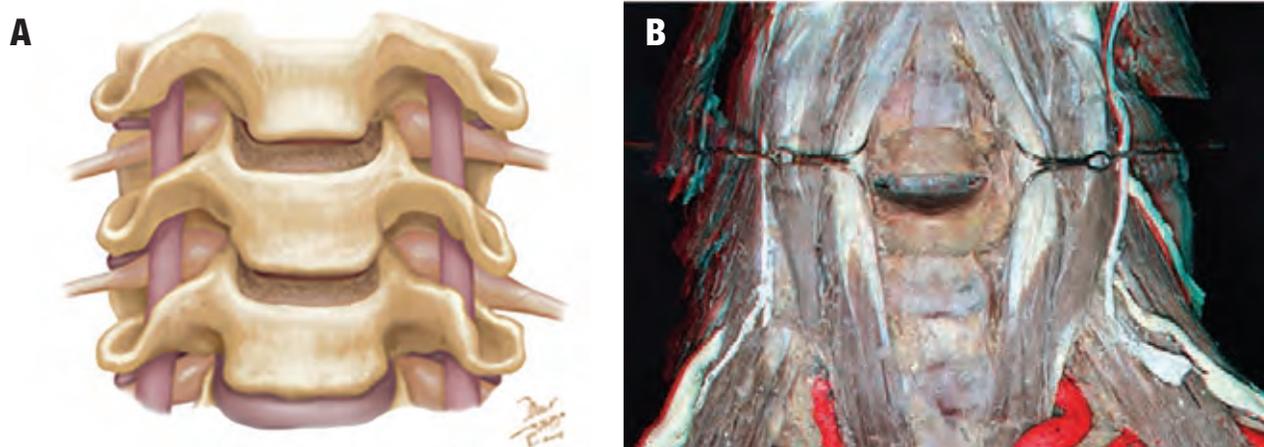


Figura 1: A: Osteotomía grado 1 anterior. B: Fotografía 3D de la Osteotomía grado 1 anterior.

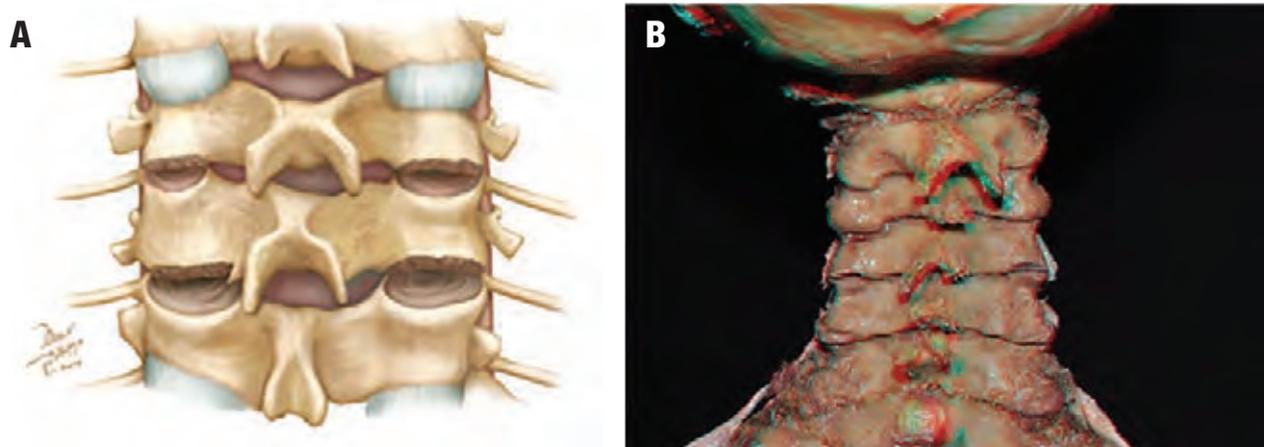


Figura 2: A: Osteotomía grado 1 posterior. B: Fotografía 3D de la Osteotomía grado 1 posterior.

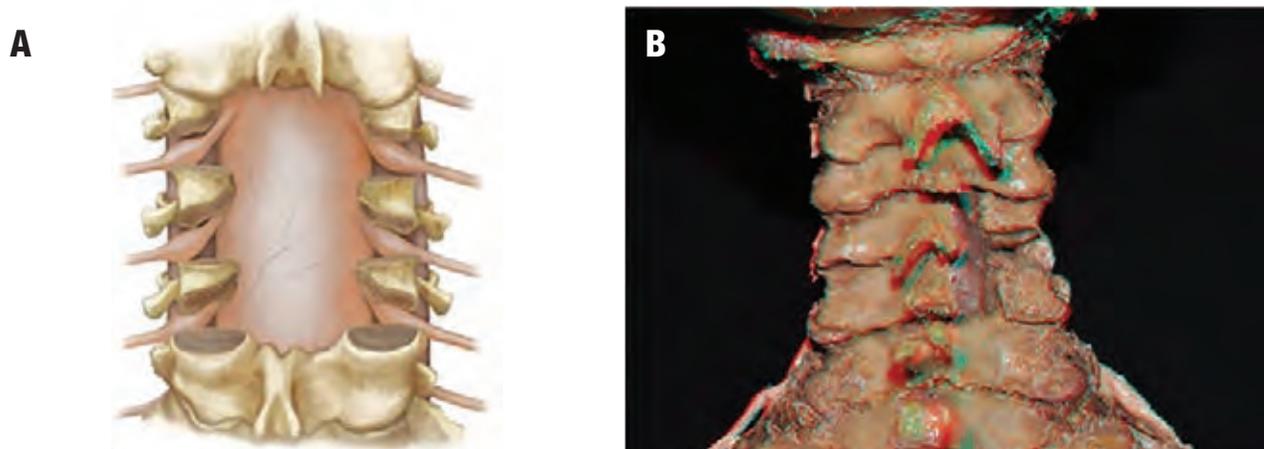


Figura 3: A: Osteotomía grado 2. B: Fotografía 3D de la Osteotomía grado 2.

nica puede ser clave en la corrección de la deformidad. A diferencia de la osteotomía grado 1, la cual incluye una resección parcial de las apófisis unciformes, la grado 4 requiere una resección completa uncovertebral (articulación de Luschka) y su extensión hasta el foramen transverso. Si bien en algunos casos se requiere la exposición y esquelización completa de la arteria vertebral para disminuir el riesgo de lesión de la misma, en general puede researse la apófisis unciforme disecando esta estructura de la ar-

teria vertebral sin llegar a exponer el vaso en forma completa. Por tanto, es importante conocer antes de la cirugía la anatomía de esta arteria mediante la realización de una angiotomografía. Suele estar indicada en la corrección de deformidades con anquilosis de la columna anterior, por lo general en combinación con osteotomías de grado 1.

GRADO 5: Osteotomía De Apertura Angular

Esta osteotomía (figs. 6A y 6B) incluye la resección com-

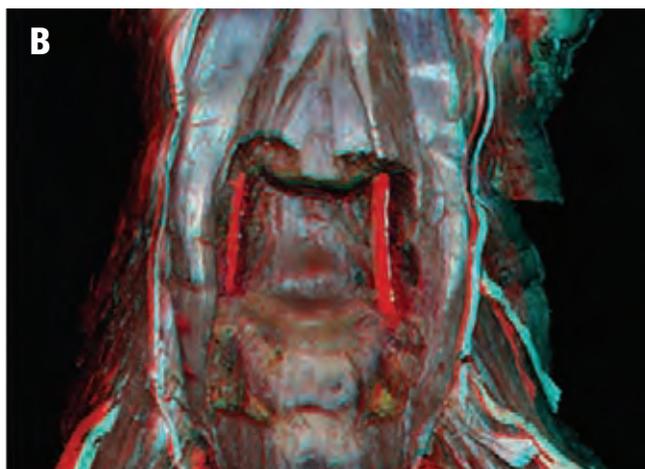
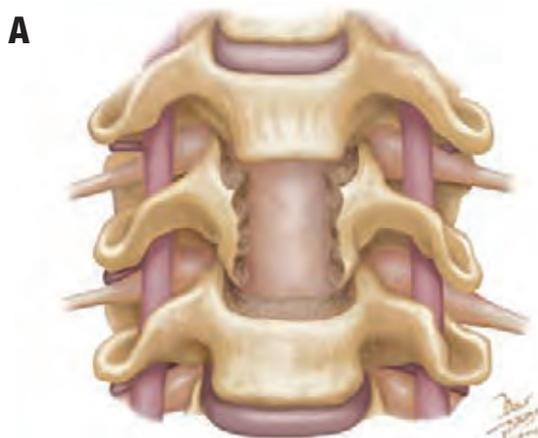


Figura 4: A: Osteotomía grado 3. B: Fotografía 3D de la Osteotomía grado 3.

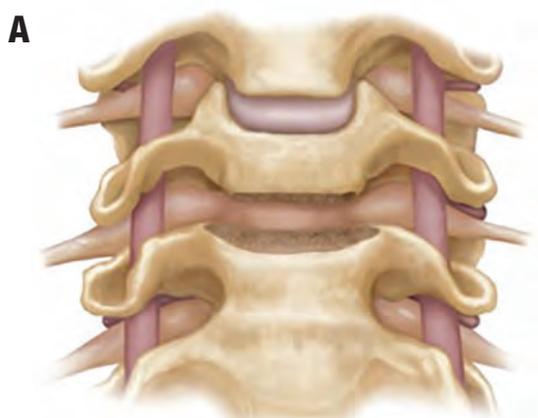


Figura 5: A: Osteotomía grado 4. B: Fotografía 3D de la Osteotomía grado 4.

pleta de los elementos posteriores, incluyendo láminas, apófisis espinosas y facetas articulares, seguido de una fractura osteoclástica con la creación de un ángulo abierto hacia adelante en la columna anterior (fractura por hiperextensión). Clásicamente la osteotomía de grado 5 incluye la resección parcial de la hemilamina inferior de C6, laminectomía de C7, laminectomía de la porción superior de T1. Con la descompresión de la raíz C8 se evita el daño de la misma durante el cierre de la osteotomía. El eje de rotación de este procedimiento se ubica en la columna media, con alargamiento de la columna anterior y acortamiento de la columna posterior. La indicación más habitual de esta maniobra suele ser la deformidad de la unión cervico-dorsal, por debajo del ingreso de la arteria vertebral al conducto homónimo.

GRADO 6: Osteotomía De Cierre Angular

Esta osteotomía incluye la resección completa de los elementos posteriores, incluyendo láminas, apófisis espinosas y facetas articulares, seguido de la resección de los pedículos y la creación de un ángulo de cierre en el cuerpo vertebral (figs. 7A y 7B). Este procedimiento suele realizarse a nivel de la unión cervico-torácica, por debajo del ingreso de la arteria vertebral al conducto transversal a nivel de C6.

A diferencia de la osteotomía de grado 5, la cual crea una apertura de la columna anterior, con el riesgo de complicaciones aerodigestivas, neurológicas y vasculares, el grado 6, al no producir elongación de la columna anterior evita estos inconvenientes. Esta maniobra es análoga a la sustracción pedicular que se realiza en la columna dorsal y lumbar para corregir deformidades.

GRADO 7: Resección Vertebral Completa (Espondilectomía)

Incluye la resección total de uno o más cuerpos vertebrales, incluyendo los discos intervertebrales adyacentes, las apófisis uncovertebrales, facetas, láminas y espinosas (figs. 8A y 8B). Esta osteotomía se logra a partir de abordajes combinados anteriores y posteriores, con la necesidad de colocar un reemplazo estructural protésico o un injerto óseo con placa atornillada en la columna anterior. Pocos reportes existen en la actualidad en relación a esta osteotomía, probablemente debido a su complejidad, así como a sus limitadas indicaciones.

DISCUSIÓN

A pesar de que las deformidades cervicales fijas son infre-

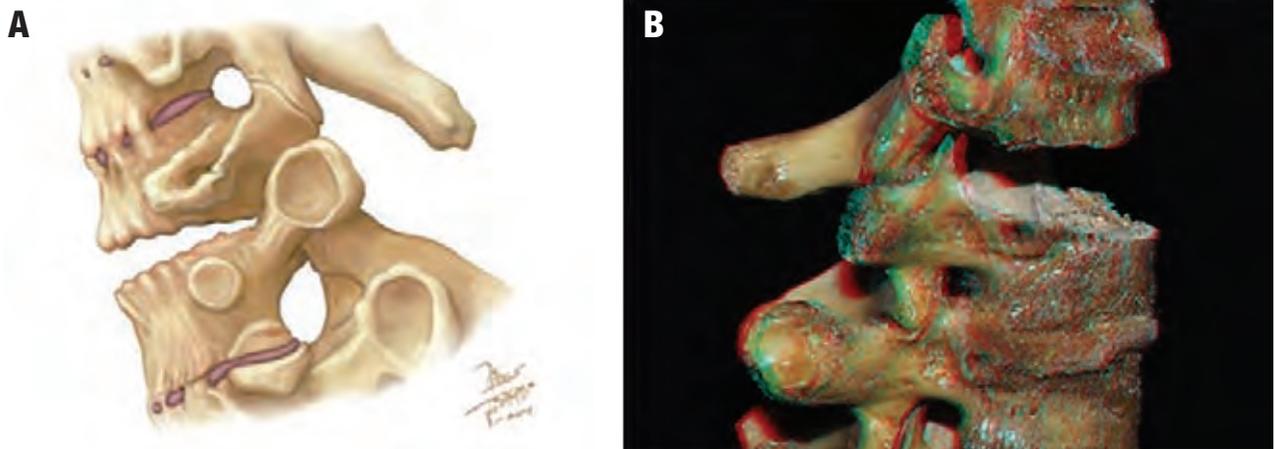


Figura 6: A: Osteotomía grado 5. B: Fotografía 3D de la Osteotomía grado 5.

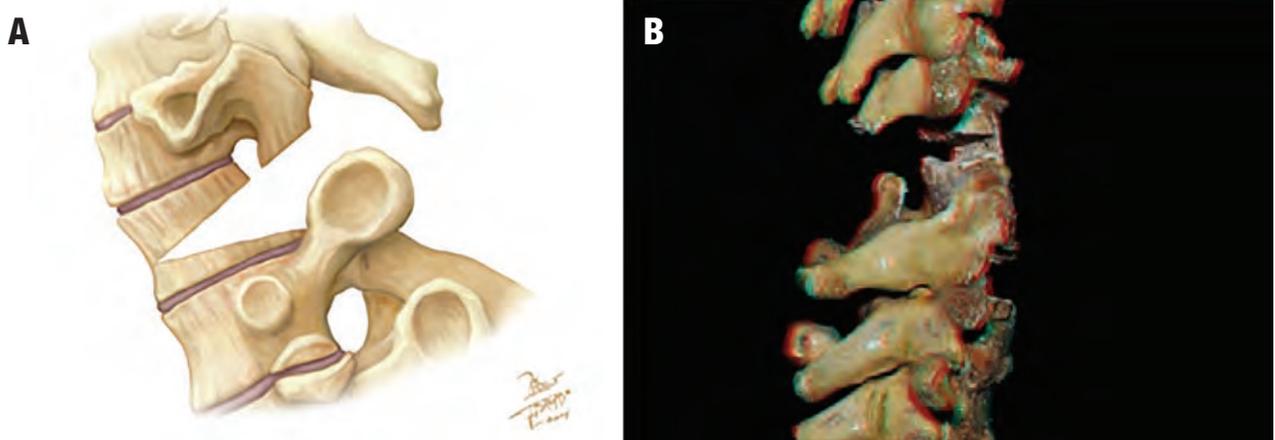


Figura 7: A: Osteotomía grado 6. B: Fotografía 3D de la Osteotomía grado 6.

cuentas, las mismas generan importantes limitaciones en la funcionalidad y calidad de vida de los pacientes.^{2,10} La cifosis cervical no sólo está asociada a déficits motores o sensitivos de diversa índole,¹² sino que además producen, en sus formas más severas, dificultad en la deglución y en la mirada horizontal.⁸ Hay en la literatura múltiples reportes de osteotomías posteriores;^{7,9,11} más aún, algunos autores han basado la corrección en la instrumentación transpedicular cervical. Abumi y col.¹ reportaron el uso de instrumentación transpedicular para corregir 30 pacientes con cifosis cervical, de los cuales 13 tenían una cifosis cervical fija. En estos pacientes se realizaron osteotomías y fusión 360 grados. Si bien el grado de corrección y la estrategia utilizada fue exitosa, esta técnica no ha resultado muy extendida dado el grado de complicaciones asociadas con este tipo de instrumentación.

La evolución en las técnicas quirúrgicas y la expansión de los límites anatómicos han permitido abordar muchas veces esta patología sólo por vía anterior. Además, en los casos de cifosis importantes, es necesario liberar la arteria vertebral en el ápex de la cifosis para evitar la angulación de las mismas durante la corrección.⁵ Es así que muchos autores han cambiado el paradigma de corrección de

las cifosis cervicales utilizando osteotomías grado III, IV o VII por vía anterior.^{4,5} Kim y col.⁴ publicaron recientemente su serie de 38 pacientes operados en el período 2000-2010. En dicho reporte, de los cuales 31 pacientes fueron reintervenciones, los autores describen la técnica de corrección de cifosis con osteotomías anteriores grado IV. Dichas osteotomías, como previamente descrito (figs. 5A y 5B), conlleva la resección de las apófisis unciformes, por lo que se requiere disecarlas de las arterias vertebrales. En dicho estudio se dividió a la población en dos cohortes; el grupo 1 fue sometido sólo a una osteotomía grado IV por vía anterior (N=17) y el grupo 2 (n=21) a una osteotomía grado IV por vía anterior combinada con una osteotomía de Smith-Petersen con instrumentación por vía posterior. No se presentaron complicaciones neurológicas o vasculares asociadas a esta técnica. Además, no se observaron cambios en el grado de corrección entre las dos cohortes, por lo que los autores concluyen que en ciertos casos seleccionados, esta osteotomía puede llevarse a cabo como único gesto para corregir la deformidad.

O'Shaughnessy y col.⁵ presentaron en 2008 su experiencia con 20 casos de deformidad cervical fija entre 1997 y 2005. Todos los pacientes fueron corregidos mediante la combi-

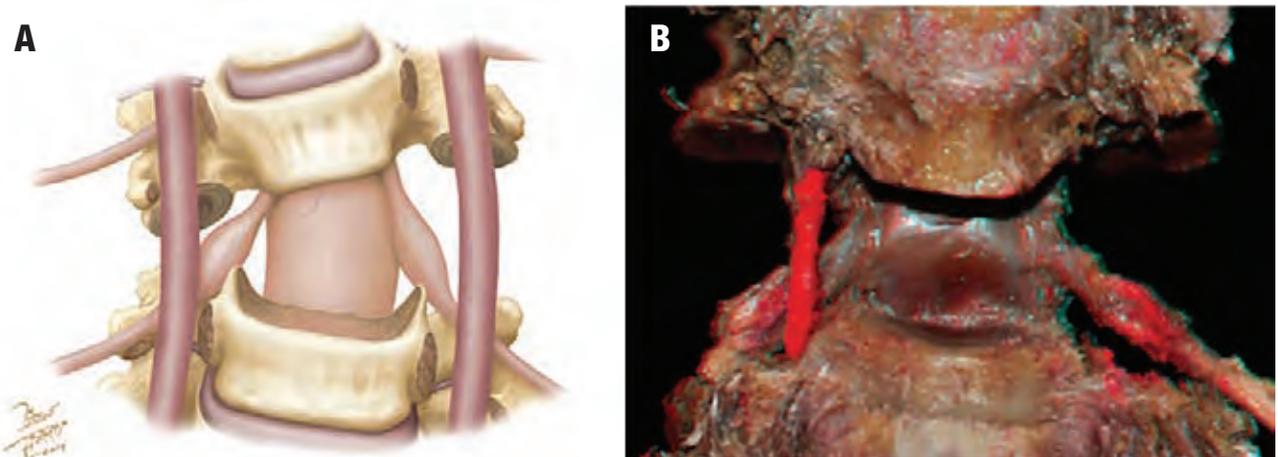


Figura 8: A: Osteotomía grado 7. B: Fotografía 3D de la Osteotomía grado 7.

nación de osteotomías anteriores (A) y posteriores (P) (en el 44% la secuencia fue AP, en el 19% PA, en el 6% APA y en el 31% PAP). En el 56% los casos fueron estadificados y en el 44% fueron realizados en el mismo día. En dicha serie los autores obtuvieron una corrección media desde $+38^\circ$ en el prequirúrgico a -10° en el postoperatorio. Dicha corrección estuvo asociada a una mejoría en la escala de Nurick desde 2.4 en el prequirúrgico a 1.5 en el postoperatorio y una mejoría en los criterios de Odom (38% excelente y 50% bueno en el postoperatorio). Considerando estos datos, podemos inferir la importancia en el manejo de estas técnicas de osteotomías para tratar este tipo de pacientes. Es importante recalcar que el manejo anatómico de estas osteotomías no debe suplir el criterio clínico. La minimización de complicaciones no sólo está asociada a una correcta técnica quirúrgica, sino también al adecuado estudio de la deformidad con todas las modalidades de imagen (incluido, cuando necesario, la realización de una angioTAC para observar la localización y variabilidad anatómica de las arterias vertebrales), la correcta indicación de la extensión de la fusión y la criteriosa utilización de las vías de abordaje elegidas. Es me-

nester además contar con monitoreo electrofisiológico intraoperatorio de potenciales evocados somatosensitivos y motores, además de neuroanestesiastas y neurointensitas entrenados para darle al paciente el soporte necesario y adecuado para la complejidad de estos procedimientos.

Por todo lo anteriormente expuesto, concluimos que las osteotomías vertebrales constituyen gestos quirúrgicos útiles para la corrección de las deformidades espinales cervicales. A pesar de las distintas variantes técnicas de las mismas, no existía hasta hace poco un sistema que permitiera su nomenclatura y clasificación, dificultando la comparación de resultados en las distintas series de investigación. Ames y colaboradores proponen en 2013 una nomenclatura para este tipo de maniobras, clasificándolas en 7 grupos con distintos grados de resección anatómica, que representan progresivos grados de potencial desestabilización. Dado que la comunidad neuroquirúrgica no se halla aun familiarizada con muchas de ellas, el aporte de la anatomía en 3D permite mejorar la comprensión del grado de resección ósea necesario para cada tipo de osteotomía, y visualizar las estructuras nerviosas y vasculares en riesgo en cada tipo de abordaje.

BIBLIOGRAFÍA

1. Abumi K, Shono Y, Taneichi H, Ito M, Kaneda K: Correction of cervical kyphosis using pedicle screw fixation systems. *Spine (Phila Pa 1976)* 24:2389-2396, 1999.
2. Ames CP, Blondel B, Scheer JK, Schwab FJ, Le Huec JC, Massicotte EM, et al: Cervical radiographical alignment: comprehensive assessment techniques and potential importance in cervical myelopathy. *Spine (Phila Pa 1976)* 38:S149-160, 2013.
3. Ames CP, Smith JS, Scheer JK, Shaffrey CI, Lafage V, Deviren V, et al: A standardized nomenclature for cervical spine soft-tissue release and osteotomy for deformity correction: clinical article. *J Neurosurg Spine* 19:269-278, 2013.
4. Kim HJ, Piyaskulkaew C, Riew KD: Anterior cervical osteotomy for fixed cervical deformities. *Spine (Phila Pa 1976)* 39:1751-1757, 2014.
5. O'Shaughnessy BA, Liu JC, Hsieh PC, Koski TR, Ganju A, Ondra SL: Surgical treatment of fixed cervical kyphosis with myelopathy. *Spine (Phila Pa 1976)* 33:771-778, 2008.
6. Robinson R, Smith G: Anterolateral cervical disc removal and interbody fusion for cervical disc syndrome. *Bull Johns Hopkins Hosp* 96:223-224, 1955.
7. Samudrala S, Vaynman S, Thiyananthan T, Ghostine S, Bergey DL, Anand N, et al: Cervicothoracic junction kyphosis: surgical reconstruction with pedicle subtraction osteotomy and Smith-Petersen osteotomy. Presented at the 2009 Joint Spine Section Meeting. Clinical article. *J Neurosurg Spine* 13:695-706, 2010.
8. Scheer JK, Tang JA, Smith JS, Acosta FL, Jr., Protosaltis TS, Blondel B, et al: Cervical spine alignment, sagittal deformity, and clinical implications: a review. *J Neurosurg Spine* 19:141-159, 2013.
9. Simmons ED, DiStefano RJ, Zheng Y, Simmons EH: Thirty-six years experience of cervical extension osteotomy in ankylosing spondylitis: techniques and outcomes. *Spine (Phila Pa 1976)* 31:3006-3012, 2006.
10. Tang JA, Scheer JK, Smith JS, Deviren V, Bess S, Hart RA, et al: The impact of standing regional cervical sagittal alignment on outcomes in posterior cervical fusion surgery. *Neurosurgery* 71:662-669; discussion 669, 2012.
11. Wollowick AL, Kelly MP, Riew KD: Pedicle subtraction osteotomy in the cervical spine. *Spine (Phila Pa 1976)* 37:E342-348, 2012.
12. Zdeblick TA, Bohlman HH: Cervical kyphosis and myelopathy. Treatment by anterior corpectomy and strut-grafting. *J Bone Joint Surg Am* 71:170-182, 1989.