

Fijación de la columna cervical subaxial con tornillos pediculares. Informe de dos casos y revisión de la literatura

Dr. Nelson Alberto Morales Alba*

* Neurocirujano, Hospital Departamental de Villavicencio.

Correspondencia:
Calle 37A No. 28-53, Villavicencio, Colombia.
nelsmo@gmail.com

Fecha de recepción: febrero 29 de 2008

Fecha de aprobación: agosto 15 de 2008

Resumen

La fijación cervical con tornillos pediculares es una técnica quirúrgica de reciente aparición que fue descrita inicialmente para el manejo de lesiones traumáticas, pero que actualmente se utiliza incluso en tumores de columna y lesiones degenerativas. El autor presenta su experiencia con dos casos de lesión traumática de columna cervical tratados quirúrgicamente con fijación con tornillos pediculares cervicales en la columna subaxial. Se revisa la literatura disponible de estudios antropométricos, técnicas quirúrgicas, ventajas biomecánicas y complicaciones esperables con esta técnica. La fijación cervical con tornillos pediculares para lesiones traumáticas y no traumáticas es una opción quirúrgica demandante, con claras ventajas biomecánicas y riesgos establecidos, que debe ser tomada en cuenta en casos con indicación de doble abordaje anterior y posterior y fijaciones extensas.

Palabras clave: vértebra cervical, fusión espinal, instrumentación, traumatismos de la médula espinal.

Abstract

The cervical pedicle screw fixation is an emerging surgical technique described initially for the management of traumatic lesions, but actually used even in spinal tumors and degenerative disease. The author reports the experience with two cases of traumatic lesions of the cervical spine treated surgically with cervical pedicle screw fixation in the subaxial spine. He reviews the available literature on anthropometric studies, surgical techniques, biomechanical advantages and complications expected with this technique. The cervical pedicle screw fixation for traumatic and non traumatic lesions is a plaintiff surgical option with clear biomechanical advantages and established risks, which should be considered for cases with indications of double anterior and posterior approaches and long fixations.

Key words: Cervical vertebrae, spinal fusion, instrumentation, spinal cord injuries.

Introducción

La columna cervical, debido a su gran movilidad y por tener relación con estructuras críticas vasculares y nerviosas, representa un reto para el cirujano de columna al momento de evaluar y decidir la estrategia quirúrgica para el manejo de la inestabilidad. Debido a su complejidad anatómica, se plantean ventajas y limitantes al comparar los abordajes y técnicas de estabilización disponibles (1, 2). Clásicamente se ha descrito la fijación con tornillos pediculares a C2 y C7 (3) pero la fijación pedicular de la columna subaxial sigue siendo poco difundida.

Cuando existe una lesión inestable de elementos posteriores, tradicionalmente se ha indicado el uso de sistemas de placas o barras y tornillos de masas laterales, inicialmente propuesto por Roy-Camille (4, 5), o el uso de sistemas de ganchos propuesto por Magerl (6). Desde la década pasada, surgió la alternativa de fijación transpedicular de la columna subaxial, sin limitarse a C2 y C7. Varios estudios han demostrado que esta fijación proporciona mayor estabilidad con respecto a otras técnicas; sin embargo, el riesgo de lesionar el cordón espinal, las raíces nerviosas o la arteria vertebral, ha limitado

su uso, al igual que la gran variabilidad en las dimensiones y localización de los pedículos (7, 8).

Caso 1

Hombre de 37 años que sufre accidente de tránsito en motocicleta, con pérdida del movimiento voluntario en los miembros inferiores y el miembro superior derecho. Al examen clínico de ingreso se encuentra paraplejía de 1/5 y diparesia izquierda de 3/5 y derecha de 4/5, con un nivel sensitivo en C6. Por el tiempo de evolución no se consideró el uso de esteroides. Se evaluó con una radiografía de columna cervical que no mostró anomalías y una resonancia magnética (RM) de columna cervical que evidenció una contusión medular de C5 a C7 y una lesión ligamentaria posterior de C6 a C7, manifiesta por una hiperintensidad próxima a las apófisis espinosas (figura 1a) y por el aumento del espacio interespinoso C6-C7. La tomografía de columna cervical mostró fracturas diversas en el cuerpo, pedículo, pars y lámina izquierdos de C6 y C7 (figura 1b y 1c) que se consideran de tipo C2.1.3 según la clasificación AO (9).

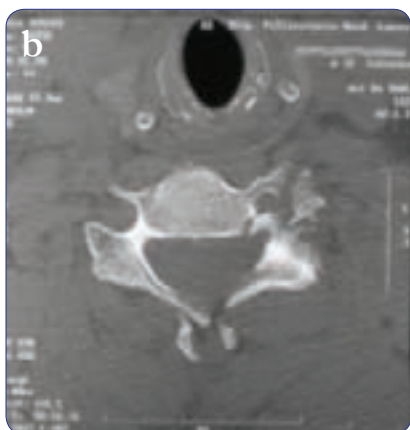


Figura 1. Imágenes prequirúrgicas del caso 1. a) Corte sagital de resonancia en el que se aprecia la lesión ligamentaria posterior de C5 a C7. b) y c) Cortes axiales de tomografía en los que se aprecian trazos de fractura de C6 y C7 respectivamente.

Se diagnosticó lesión rotacional y de compresión axial altamente inestable, por lo que se decidió ofrecer tratamiento quirúrgico para la estabilización de la columna cervical. Se contempló un abordaje anterior y un segundo tiempo posterior, sin embargo se optó por una vía posterior con fijación transpedicular de C5 a T1, teniendo en cuenta que la fijación transpedicular involucraba en una misma construcción la columna anterior y los elementos posteriores. En cirugía se encontró una notoria destrucción de elementos posteriores. Se colocaron tornillos pediculares utilizando el sistema Vertex (Medtronic Sofamor Danek) con una modificación a la técnica de la laminoforaminotomía o ventana. Se utilizó como punto de entrada el punto más lateral de la masa lateral y próximo al borde inferior de la faceta inmediatamente superior, con una angulación de 60 grados en el plano axial, con acceso percutáneo por contraincisión (7) tanto para la disección de la esponjosa como para la colocación de los tornillos, verificando bajo visión directa cualquier violación a la cortical superior y medial, reorientándose la misma de ser necesario. Se colocaron tornillos pediculares en forma bilateral de C5 a T1, excepto en el pedículo izquierdo de C6 por severa destrucción del mismo y alto riesgo de desplazamiento de los fragmentos. Se realizó una maniobra de reducción de la subluxación en flexión de C6-C7.

Luego del procedimiento quirúrgico el paciente mejoró notablemente de la diparesia y paraplejía y se inició el plan de rehabilitación y terapia física. El paciente comenzó a deambular por sus propios medios y a los tres meses estaba prácticamente recuperado con fuerza muscular de 4/5 en las cuatro extremidades. Los estudios imaginológicos de control mostraron la colocación de los tornillos pediculares, la restitución de la lordosis cervical y la consolidación de los trazos de fractura y artrodesis interlamina posterior (figura 2) con

una violación no crítica a la cortical externa del pedículo derecho de C6. El seguimiento clínico se postergó hasta los 14 meses, momento en el que el déficit neurológico motor ya había desaparecido.

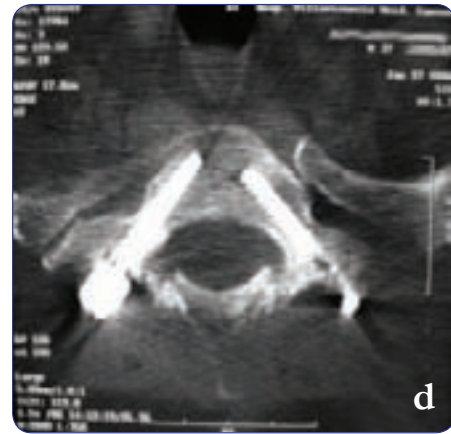
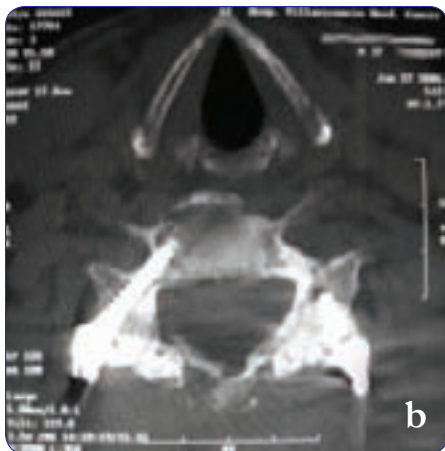


Figura 2. Imágenes posquirúrgicas de control del caso 1. Cortes axiales en los que se aprecian los tornillos en los pedículos y donde ya se observa la consolidación de los trazos de fractura y la artrodesis interlaminar. a) C5. b) C6. c) C7. d) T1. e) Radiografía lateral en la que se documenta el control final.

Caso 2

Hombre de 21 años que sufre un accidente de tránsito en bicicleta; inicialmente se encuentra diparético de 3/5, parapléjico y progresa rápidamente a la cuadriplejía a pesar del manejo inicial. Por el tiempo de evolución no se consideró el uso de esteroides. Los estudios imaginológicos iniciales mostraron fracturas en compresión y rotacionales de tipo C1.3.3 según la clasificación AO (9) en C4, C5 y C6 (figura 3). En C4 se encontró un estallido en tenaza con invasión de fragmentos al canal, en C5 una fractura en *split* con avulsión de la masa articular derecha de C5, y en C6 una fractura en *split* sagital incompleta que no alcanza el platillo inferior.

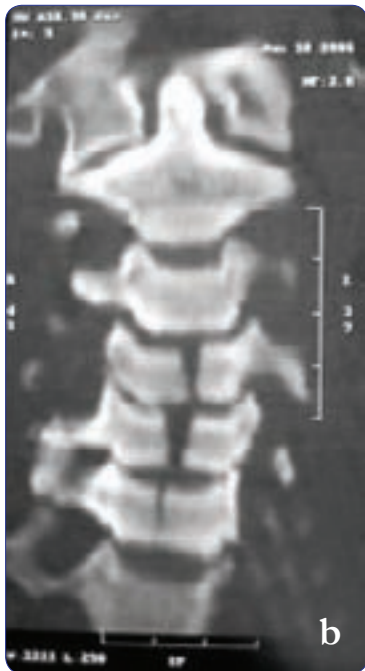
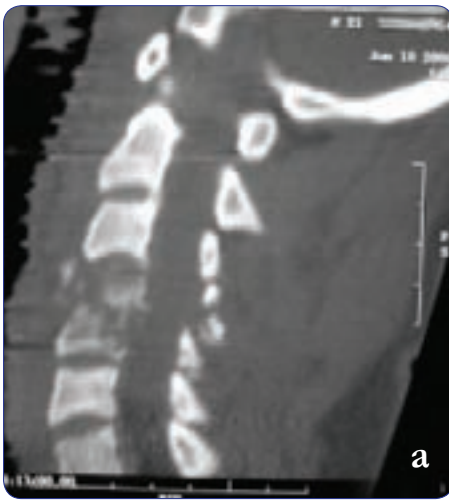


Figura 3. Imágenes prequirúrgicas del caso 2. a) Reconstrucción sagital en la que se aprecia el estallido de C4 y del platillo superior de C5. b) Reconstrucción coronal en la que se aprecian trazos de fractura en split de C4 a C6. c) Corte axial de C4 que muestra estallido del cuerpo vertebral. d) Fractura en split de C5 con avulsión de la masa articular derecha de C6 y de la lámina ipsilateral.

Estas lesiones se consideraron altamente inestables por lo que se contempló inicialmente realizar una estabilización quirúrgica combinada anterior y, en un segundo tiempo, posterior. Esta opción quirúrgica requiere una corpectomía de tres niveles por cuanto la fractura en C6 es paramediana y puede coincidir con la trayectoria de implantación del tornillo de una placa anterior. Finalmente, teniendo en cuenta el principio aplicado al caso 1, se decidió realizar una fijación transpedicular con una modificación de la técnica de la laminoforaminotomía de C3 a C6 empleando el sistema Axon (Synthes). Técnicamente se usó como entrada el punto más lateral de la masa lateral y próximo al borde inferior de la faceta inmediatamente superior, con una angulación de 60 grados en el plano axial y con acceso percutáneo por contraincisión (7), verificando bajo visión directa violaciones a la cortical superior y medial del pedículo, reorientándose la broca de ser necesario. En C4 no se colocaron tornillos por presentar una fractura severa con fragmentación de los pedículos. Con todo el sistema in situ se realizaron maniobras de compresión sobre el plano sagital con conector transversal para estabilizar las fracturas en hendidura (*split*).

Los estudios de control mostraron una adecuada colocación de los tornillos en los pedículos de C3, C5 y C6, con una violación no crítica a la cortical externa del pedículo derecho de C6 (figura 4).

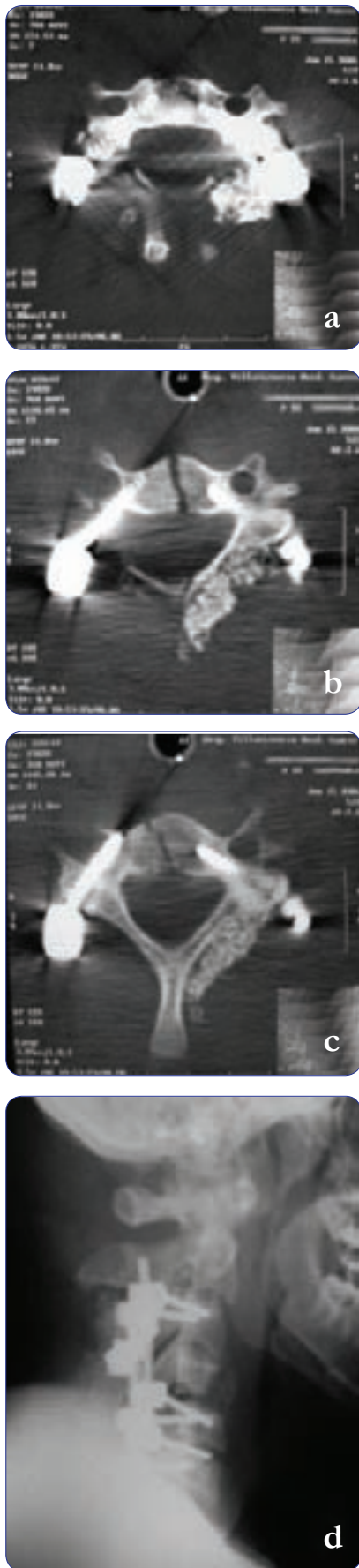


Figura 4. Imágenes de control del caso 2. a), b) y c) muestran imágenes de tomografía axial de C3, C5 y C6 respectivamente. Se aprecia la violación no crítica de la cortical externa del pedículo derecho de C6. d) Radiografía lateral final.

Tras la cirugía y el inicio de la terapia física, el paciente presentó mejoría logrando una fuerza muscular de 2/5 en los miembros superiores. Al cabo de seis meses, el paciente presentaba una fuerza muscular proximal de 3/5 en los miembros superiores con persistencia de la paraplejía. A un año de evolución no se apreció mejoría del estado neurológico motor, reflejo de una mielomalacia poscontusión evidenciada tempranamente en el seguimiento (figura 5). No se observaron otros cambios neurológicos a los 18 meses.

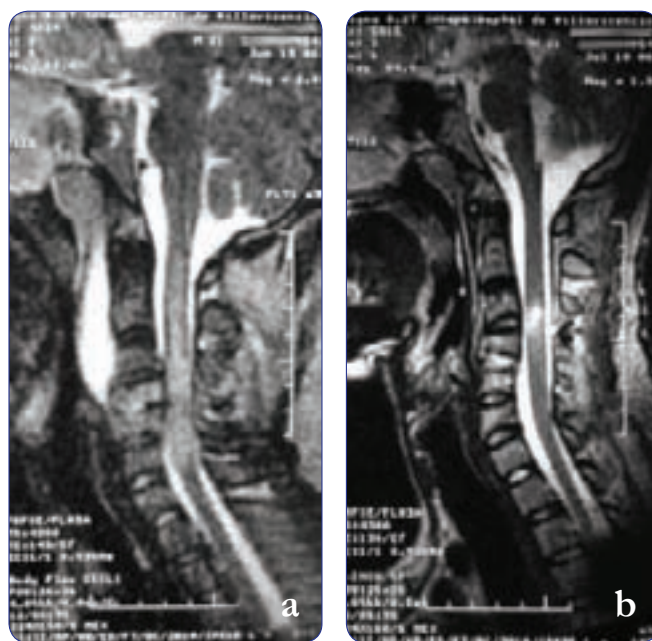


Figura 5. Imágenes de resonancia pre y posquirúrgica a un año. a) Se aprecia una hiperintensidad difusa del cordón medular de C3 a C6. b) Se observa un foco hiperintenso bien definido en C3 que corresponde al área de mielomalacia.

Revisión de la literatura

La primera descripción de la estabilización de la columna cervical por vía posterior data de 1891, cuando Hadra reportó la utilización de alambros posteriores para estabilizar casos de infección tuberculosa (10). Algo más de 100 años después, aparece la primera descripción de fijación pedicular cervical hecha por Abumi en 1994 (11). La fijación con tornillos pediculares cervicales ha sido considerada muy riesgosa por las estructuras neurovasculares relacionadas, a excepción de C2 y C7 (12). De acuerdo a la literatura, las fijaciones a masas laterales también implican el riesgo de lesionar las estructuras

neurovasculares vecinas, además del riesgo de aflojamiento, pseudoartrosis y pérdida de corrección de la curvatura fisiológica (13, 14, 15, 16, 17, 18). Sin embargo, es una alternativa útil en la fijación cervicotorácica o en fijaciones cervicales largas (19).

Existe gran variabilidad en las dimensiones y angulaciones de los pedículos cervicales, con diversos estudios antropométricos orientados a definir reparos y técnicas quirúrgicas. La

tabla 1 resume las dimensiones de los pedículos cervicales de varios estudios antropométricos publicados (6, 20, 21, 22, 23, 24, 25). La variación en las dimensiones del pedículo cervical es muy baja a lo largo de la infancia y adolescencia; por ejemplo, la longitud del pedículo de C3 entre los 0 y los 18 años solo aumenta en 1,8 mm, mientras que para C7 permanece casi sin cambios. Lo que aumenta con la edad es la longitud del eje total del túnel que genera un tornillo pedicular desde la cortical de la faceta hasta su lecho final en el cuerpo vertebral (26).

Tabla 1. Valores de las dimensiones del pedículo cervical en milímetros según diferentes estudios antropométricos (6, 20, 21, 22, 23, 24, 25).

			C3		C4		C5		C6		C7	
			A	E	A	E	A	E	A	E	A	E
Karaikovic y cols. 1997	H	Media	7,4	5,3	7,7	5,4	7,7	5,7	7,4	5,9	8	6,7
		Rango	6-10	4-7	5-10	4-7	6-9	4-8	5-10	4-8	6-10	5-9
	M	Media	6,2	4,5	6,8	4,5	6,6	5	6,5	5	6,9	5,9
		Rango	5-8	3-7	5-8	3-8	5-8	3-7	4-8	3-7	4-9	4-8
Ebraheim y cols. 1997	H	Media	6,8	4,9	6,9	4,7	6,5	4,9	6,4	5,2		
		Rango	5 - 8,2	3,5 - 6,7	5,5 - 9	3,1 - 6	5,5 - 8,5	3,5 - 6,5	5,1 - 9,5	4 - 6,8		
	M	Media	4,7	4,5	6,3	4,6	5,9	4,9	5,7	5		
		Rango	5 - 7	3 - 6	5,9 - 7,5	3,5 - 6	5 - 7,5	3,9,6,1	4,5 - 6,9	4 - 6		
U ur y cols. 2000	H	Media	6,5	5,1	6,6	5,4	6,7	5,5	6,8	5,8	7,2	6,1
		Rango	5,7 - 7	4,2 - 5,3	5,9 - 7,1	4,8 - 5,9	5,3 - 7,2	5,1 - 5,8	5,9 - 7,4	5,3 - 6,4	6,4 - 8,5	5,8 - 6,5
	M	Media	5,7	4,5	5,9	4,5	5,6	4,4	5,9	5,3	6,1	5,7
		Rango	5,2 - 6,4	3,7 - 5,4	5,2 - 6,5	3,9 - 5,6	5,4 - 5,7	3,7 - 5,6	5,4 - 6,7	4,9 - 5,6	5,7 - 6,5	5,1 - 6,1
Ludwing y cols. 2000		Media	7,58	5,38	7,7	6	7,4	6	7,4	6,2	7,3	6,5
		Rango	5,9 - 9,3	3,9 - 7,5	5,1 - 9,9	4,2 - 7,8	5,2 - 11	4,2 - 7,8	5,2 - 10,9	4,7-8,3	5,5 - 9,9	4,1 - 8,3
Sakamoto y cols. 2004	H		6,9 +/-0,8		6,8+/-0,7		6,8+/-0,5		7,2+/-0,8		7,7+/-0,9	
	M		5,5+/-0,3		5,7+/-0,4		6,1+/-0,7		6,1+/-0,7		7,0+/-0,9	
Bozbuga y cols. 2004		Media	6,9	4,5	6,7	4,4	7	4,7	6,9	4,7	7,2	4,9
		Rango	5,2 - 8,1	3,5 - 5,3	5,4 - 8,3	3,4 - 5,2	5,4 - 8,8	3,7 - 5,4	5,7 - 8,6	3,9 - 5,4	5,6 - 9,1	3,9 - 5,8
Masaki y cols. 2006	H		5,7+/-1		5,8+/-1		5,9+/-0,9		6,1+/-0,7		7+/-0,9	
	M		4,6+/-0,9		4,9+/-0,9		4,9+/-0,7		5,3+/-0,7		6+/-1	

H: hombre, M: mujer, E: espesor, A: altura

Karaikovic y cols. demostraron que la región más delgada y débil del pedículo es la cortical externa hacia la arteria vertebral y que el diámetro transversal siempre es inferior a la altura, lo cual debe ser tenido en mente por el cirujano que realice la

diseción y palpación del pedículo cervical (20). Según Abumi y Kaneda, la mano del cirujano de columna y un conocimiento íntimo de la anatomía son las mejores herramientas para una colocación precisa de los tornillos pediculares. Karaikovic

estudió 318 vértebras cervicales del Museo de Historia Natural de Cleveland (27), buscando reparos anatómicos fácilmente identificables para reconocer el punto de entrada y la orientación para la colocación segura de tornillos pediculares, evaluando reparos anatómicos, distancias y relaciones del eje del pedículo con la faceta como sigue:

- **Reparos de pedículos.** Se identificaron 4 reparos, dos de los cuales se encuentran de C2 a C7. El primero es la escotadura vertebral lateral (figura 6), que es la parte más medial del borde externo de las masas laterales. El segundo es el borde de la faceta articular inferior en su parte más baja. Para C2 únicamente, se usa como reparo adicional la cortical medial del pedículo, que puede palparse; para C7 únicamente, se usa una línea mediana que pasa por la apófisis transversa.

- **Distancias.** Se determinaron tres distancias: de la cortical pedicular medial al eje pedicular de C2, de la escotadura vertebral lateral al eje pedicular y del eje pedicular al borde del proceso articular inferior en la misma vértebra.

- **Relaciones.** Se establecieron tres relaciones: el eje pedicular con los tercios lateral, intermedio y medial de la masa lateral, el eje pedicular con la escotadura vertebral lateral y el eje pedicular con la apófisis transversa de C7 únicamente.

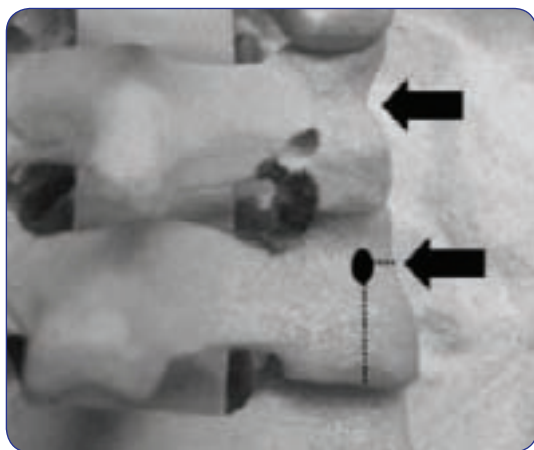


Figura 6. Detalle del modelo sintético de columna cervical donde se señalan la escotadura vertebral lateral (flechas) y las distancias del eje del pedículo a la misma y al borde inferior de la faceta (líneas punteadas). El área sombreada en el borde superior y lateral de la lámina corresponde a la que se reseca en la técnica de laminoforaminotomía.

Este estudio fue el primero en describir como reparo anatómico fácilmente ubicable y reproducible la escotadura vertebral lateral. El 78,3% de los especímenes mostraron una distancia de 1 a 3 mm entre el eje del pedículo y la escotadura vertebral. En todos los grupos se encontró el punto de re-

ferencia para la entrada al pedículo mayormente en el tercio externo de la faceta, excepto en C6 donde fue frecuentemente encontrado en el tercio medial. En este estudio se demuestra que el punto de proyección del pedículo se encuentra próximo a la escotadura vertebral en el tercio externo de la faceta en C3-C4 y gradualmente se aleja medialmente de C5 a C7; este hallazgo, al igual que en otros estudios, se considera relacionado con el aumento en la amplitud del canal debido al engrosamiento cervical de la médula espinal. Se concluye que los parámetros cuantitativos son importantes pero que son aún más trascendentales los cualitativos, especialmente para el médico que se enfrenta a la colocación de un tornillo pedicular cervical (27). Los valores finales se resumen en la tabla 2.

Tabla 2. Distancias promedio y rangos entre el eje del pedículo y los reparos anatómicos según el estudio de Karaikovic y cols. (27).

Nivel	Distancia entre el eje del pedículo y el borde inferior de la faceta	Rango	Distancia entre la escotadura lateral y el eje del pedículo	Rango
C2	11,1	6,6 a 20,4	2,3	-3 a 7
C3	9,7	6,1 a 13,1	0,8	-2 a 3
C4	10	5,2 a 16,6	0,8	-1 a 3
C5	10,3	6,7 a 14	1,9	-2 a 6
C6	11,3	8,2 a 15,1	3,3	0 a 8
C7	12,4	8,1 a 17,7	4,2	2 a 8

Técnica quirúrgica

Teniendo en cuenta la información disponible, desde la década anterior se han propuesto diferentes técnicas quirúrgicas.

Técnica de Abumi (1994) (11, 22, 28, 29, 30). El punto de penetración para los pedículos de C3 a C7 es ligeramente lateral al centro de la masa articular y cercano al borde inferior de la apófisis articular inferior de la vértebra craneal adyacente. El ángulo de inserción de los tornillos pediculares está entre

25 y 45 grados hacia la línea media sobre el plano axial y, en el plano sagital, paralelo al borde superior del pedículo de C5 a C7 y ligeramente en dirección cefálica de C3 a C4. La tomografía axial prequirúrgica se debe evaluar para definir el ángulo más adecuado para cada nivel. Se realiza un fresado del hueso esponjoso de la masa lateral hasta apreciar con claridad el introito (cortical y esponjosa) del pedículo. Los estudios biomecánicos no han demostrado diferencias significativas en la resistencia al *pull out* con esta técnica (2) y es a la fecha la técnica con el mayor número de casos publicados.

Técnica de laminoforaminotomía o ventana (1996) (31). Descrita inicialmente en cadáveres. Se reseca parte del borde superior y extremo externo de la lámina junto con una porción de la faceta respectiva dejándose expuesto el borde superior medial del pedículo. El punto de entrada para la inserción del tornillo se determina haciendo seguimiento de la trayectoria evidenciada por la palpación directa del pedículo a través de la laminoforaminotomía (ventana) hecha. Se disecciona la trayectoria con un explorador romo de 2,5 mm a través del hueso esponjoso del pedículo hasta el cuerpo vertebral. La angulación en los planos sagital y axial depende de la proyección anatómica directa del pedículo palpado.

Técnica clásica de Jaenaret (1994) (32). El punto de entrada en la masa lateral está aproximadamente 3 mm debajo de la faceta articular de la vértebra superior y 2 mm lateral a la línea media vertical de la masa lateral. El tornillo se dirige en sentido posterior-anterior y lateral-medial en un ángulo de 30 a 45 grados.

Técnica con guía fluoroscópica de Yukawa (2006) (33). Utilizando fluoroscopia se obtiene una visión de toda la columna cervical y de la orientación lateral de los pedículos. Luego se determina, por proyecciones oblicuas en angulación progresiva, la orientación y el ángulo preciso en el que por fluoroscopia se aprecie la cortical del pedículo en forma circular y más homogénea, quedando el eje radiológico alineado con el eje anatómico del pedículo, generalmente de 30 a 55 grados. En la inserción utilizan una inclinación máxima en el plano axial de 35 grados para evitar una excesiva retracción de los tejidos. El punto de entrada en la masa lateral corresponde al centro del círculo de la cortical del pedículo. Se disecciona la esponjosa del pedículo utilizando clavos guía, cuya orientación se verifica por fluoroscopia en diversas orientaciones.

Técnica de colocación guiada por neuronavegación y asistida por tomografía computada de Nolte (1995). Originalmente descrita por Nolte y cols. (34) para la columna lumbar en 1995, esta técnica ha tenido diversidad de cambios a la fecha y actualmente se aplica en otros niveles de la columna

(35). Es la única técnica aprobada por la FDA. Consiste en la superposición de imágenes virtuales en tiempo real de la proyección del tornillo sobre imágenes axiales prequirúrgicas de tomografía computarizada o resonancia magnética.

Aspectos biomecánicos

La mayor ventaja de la fijación pedicular cervical en la columna subaxial es que permite involucrar en la misma fijación los componentes anteriores y posteriores de los cuerpos vertebrales. El procedimiento es técnicamente más demandante que la fijación de masas laterales y, además de requerir un excelente conocimiento de la anatomía, aumenta el tiempo de exposición fluoroscópica (36). La fijación pedicular ha demostrado que es la construcción única más estable en la columna cervical, independientemente del número de niveles (10). En fijación monosegmentaria, la técnica transpedicular ha demostrado una significativa mayor estabilidad que la fijación con placa e injerto anterior (ACDF); iguales resultados se observaron al comparar la fijación pedicular cervical con cualquier otro método de fijación en dos niveles, y se encontró una ventaja biomecánica mayor al comparar las diferentes construcciones en cuanto a fuerzas torsionales, flexión o extensión (37). La laminectomía en una columna cervical sana no produce inestabilidad, pero en pacientes con patología previa específica puede generarla (38, 39). En esta situación cobra mayor importancia una fijación transpedicular pues, en una patología tumoral que requiera extensas descompresiones y resecciones de masas laterales, es una alternativa clara para la fijación sin tener que involucrar un mayor número de segmentos.

Las placas anteriores no ofrecen gran estabilidad ante fuerzas de flexión o rotación y es aún menor a mayor número de niveles fijados (40), condición en la que la fijación pedicular cervical tiene ventaja demostrada. El grado de estabilidad en flexión y extensión depende del tipo de tornillo pedicular y barra utilizados, siendo los sistemas constreñidos al parecer un poco más estables (41, 42). Los tornillos de masas laterales como único implante son útiles en casos de baja inestabilidad con necesidad de estabilizaciones cortas como, por ejemplo, la inestabilidad ligamentaria de un solo nivel. En fusiones largas (por ejemplo, la corrección de deformidades en cifosis), la alta estabilidad de los tornillos pediculares puede aumentar la tasa de fusión, disminuyendo la cantidad de segmentos que se deben fusionar, y favorece una temprana rehabilitación al haber menor restricción por tiempo de inmovilización posoperatoria (7, 43). Jones y cols. compararon la fijación bicortical a masas laterales con la fijación pedicular cervical y encontraron prácticamente el doble de resistencia a fuerzas de arrancamiento en esta última técnica (355 vs. 677 Newtons) (44). Kothe y cols. compararon la estabilidad en reposo en columnas de cadáveres con tornillos pediculares y

tornillos de masas laterales tras varios ciclos de movimiento, demostrando una mayor estabilidad con la fijación pedicular y concluyendo que este método de fijación estaría indicado en pacientes con hueso de pobre calidad o con indicación de fijación multinivel. La fijación a masas laterales muestra un aflojamiento significativamente mayor ante fuerzas de flexión lateral, al igual que en flexión y extensión al compararla con la fijación transpedicular (45).

Abumi también describe y demuestra que con la fijación pedicular es posible reducir indirectamente las hernias discales traumáticas no extruidas dando extensión por vía posterior (1). Igualmente, demuestra sus resultados tratando patologías no traumáticas como deformidades por artritis reumatoidea y tumores, concluyendo que la fijación pedicular tiene aplicación en dichas entidades (29, 46, 47). Según el mismo autor, la fijación pedicular cervical en casos de patología tumoral tiene como ventajas: la superioridad biomecánica, la capacidad de corregir la deformidad sin la necesidad de un procedimiento anterior, la falta de necesidad de soporte externo, y la posibilidad de realizar descompresión en el mismo procedimiento (48).

Complicaciones

La violación de la cortical en tornillos pediculares ha sido reportada entre el 6,7% (12) y el 65% (22) dependiendo de la técnica utilizada, en trabajos antropométricos en cadáveres (tabla 3).

Tabla 3. Porcentajes aproximados de precisión y violaciones de cortical en la colocación de tornillos pediculares cervicales en tres técnicas quirúrgicas según Ludwing y cols (22).

%	Reparos anatómicos solamente	Laminoforaminotomía	Neuro-navegación
In situ	12,5	45	76
Violación no crítica	22	15	13
Violación crítica	66	40	10,5

En trabajos clínicos, Abumi posee la casuística más grande publicada (10, 12, 28, 30, 31, 37), con 712 tornillos en 180 pacientes, con las siguientes complicaciones:

- Lesión radicular directa por el tornillo en 2 casos (1,11%)
- Lesión de la arteria vertebral en 1 caso (0,55%)
- Estenosis foraminal sintomática en 1 caso (0,55%)
- Seudoartrosis en 1 caso (0,55%)
- Infección superficial en 2 casos (1,11%)
- Infección profunda en 2 casos (1,11%)
- Cambios degenerativos en el segmento móvil adyacente en 3 casos (1,66%)

Se observaron violaciones a las corticales del pedículo por el tornillo en el 6,7% (Abumi, 45 tornillos):

- 21 tornillos en la pared medial
- 10 tornillos en la pared inferior
- 10 tornillos en la pared lateral
- 4 tornillos en la pared superior

Se ha demostrado que las violaciones críticas y no críticas al canal de la vertebral no necesariamente generan lesión vascular (49). Se entiende por violación menor aquella en la que permanece el mayor volumen del tornillo en la esponjosa del pedículo pero hay exposición directa a la luz del canal de la vertebral; se habla de violación no crítica cuando hay evidente invasión del tornillo al canal de la vertebral sin perder contacto con la esponjosa del pedículo y de violación crítica cuando hay invasión al canal de la vertebral y el tornillo no guarda contacto con la esponjosa del pedículo (22).

Conclusiones

La fijación pedicular cervical con tornillos es una opción quirúrgica en casos de inestabilidad traumática y no traumática accesible en nuestro medio. Es una técnica con ventajas respecto a las demás modalidades de fijación de la columna cervical que ofrece la opción de, por un único abordaje, tener mayor estabilidad respecto incluso a la combinación de fijaciones anteriores y posteriores tradicionales.

En los dos casos informados se presentaron dos violaciones no críticas de la cortical de los pedículos respectivos de un total de 13 tornillos (15%) que está en concordancia con la literatura consultada en la incidencia de violaciones no críticas de la cortical del pedículo por la técnica de laminoforaminotomía pero sin embargo muy por encima de la informada por Abumi, mayor autoridad en la materia. Es de resaltar que no se presentó ninguna violación crítica y los resultados mecánicos fueron muy satisfactorios.

La fijación pedicular cervical es una técnica útil, accesible y factible en nuestro medio, que ofrece como ventaja una mayor estabilidad por un único abordaje, pero a su vez plantea riesgos neurovasculares que obligan a un alto grado de dominio de la anatomía y a un planeamiento preoperatorio extremo, convirtiéndola en una técnica quirúrgica demandante pero útil en casos selectos que requieran fijaciones extensas y por doble abordaje según las técnicas tradicionales.

Referencias bibliográficas

1. Abumi K, Shono Y, Kotani Y, Kaneda K. Indirect posterior reduction and fusion of the traumatic herniated disc by using a cervical pedicle screw system. *J Neurosurg* 2000 Jan; 92(1 Suppl): 30-7.
2. Kowalski J, Ludwig S, Hutton W, Heller J. cervical spine pedicle screws: a biomechanical comparison of two insertion techniques. *Spine* 2000 Nov 15; 25(22): 2865-7.
3. Ebraheim N, Rollins JR Jr, Xu R, Jackson WT. Anatomic consideration of C2 pedicle screw placement. *Spine* 1996 Mar 15; 21(6): 691-5.
4. An HS, Gordin R, Renner K. Anatomic considerations for plate-screw fixation of the cervical spine. *Spine* 1991; 16(Suppl): S548-51.
5. Ebraheim N. Posterior lateral mass screw fixation: anatomic and radiographic considerations. *Univ Pen Orthopaedic Journal* 1999 Spring; 12: 66-72.
6. Chazono M, Soshi S, Inoue T, Kida Y, Ushiku C. Anatomical considerations for cervical pedicle screw insertion. *J Neurosurg Spine* 2006 Jun; 4(6): 472-7.
7. Richter M, Cakir B, Schmidt R. Cervical pedicle screws: conventional versus computer-assisted placement of cannulated screws. *Spine* 2005 Oct 15; 30(20): 2280-7.
8. Karaićovic EE, Yingsakmongkol W, Griffiths HJ, Gaines RW. Possible complications of anterior perforation of the vertebral body using cervical pedicle screws. *J Spinal Disord Tech* 2002 Feb; 15(1): 75-8.
9. Blauth M, Kathrein A, Mair G, Schmid R, Reinhold M, Rieger M. Classification of injuries of the subaxial cervical spine. En: Aebi M, Arlet V, Webb J, editores. *AOSpine manual clinical applications (Vol 2)*. Davos: Thieme NY; 2007.
10. Liu JK, Das K. Posterior fusion of the subaxial cervical spine: indications and techniques. *Neurosurg Focus* 2001 Apr 15; 10(4): E7.
11. Abumi K, Itoh H, Taneichi H, Kaneda K. Transpedicular screw fixation for traumatic lesions of the middle and lower cervical spine: description of the techniques and preliminary report. *J Spinal Disord* 1994 Feb; 7(1): 19-28.
12. Abumi K, Shono Y, Manabu I, Hiroshi T, Kotani Y, Kaneda K. Complications of pedicle screw fixation in reconstructive surgery of the cervical spine. *Spine* 2000 Apr 15; 25(8): 962-9.
13. Anderson PA, Henley MB, Grady MS, Montesano PX, Winn HR. Posterior cervical arthrodesis with AO reconstruction plates and bone graft. *Spine* 1991; 16(Suppl): S72-9.
14. Fehlings MG, Cooper PR, Errico TJ. Posterior plates in the management of cervical instability: long-term results in 44 patients. *J Neurosurg* 1994; 81: 341-9.
15. Graham AW, Swank ML, Kinard RE, Lowery GL, Dials BE. Posterior cervical arthrodesis and stabilization with a lateral mass plate. *Spine* 1996; 21: 323-9.
16. Heller JG, Silcox DH 3rd, Sutterlin CE 3rd. Complications of posterior cervical plating. *Spine* 1995; 20: 2442-8.
17. Jonsson HJ, Rauschnig W. Anatomical and morphometric studies in posterior cervical spinal screw-plate systems. *J Spinal Disord* 1994; 7: 429-38.
18. Levine AM, Mazel C, Roy-Camille R. Management of fracture separations of the articular mass using posterior cervical plating. *Spine* 1992; 17(Suppl): S447-54.
19. Albert TJ, Klein GR, Joffe D, Vaccaro AR. Use of cervicothoracic junction pedicle screws for reconstruction of complex cervical spine pathology. *Spine* 1998 Jul 15; 23(14): 1596-9.
20. Karaićovic EE, Daubs MD, Madsen RW, Gaines RW Jr. Morphologic characteristics of human cervical pedicles. *Spine* 1997 Mar 1; 22(5): 493-500.
21. Ebraheim NA, Xu R, Knight T, Yeasting RA. Morphometric evaluation of lower cervical pedicle and its projection. *Spine* 1997 Jan 1; 22(1): 1-6.
22. Ludwig S, Kramer D, Balderston R, Vaccaro A, Foley K, Albert T. Placement of pedicle screws in the human cadaveric cervical spine comparative accuracy of three techniques. *Spine* 2000 Jul 1; 25(13): 1655-67.
23. Sakamoto T, Neo M, Nakamura T. Transpedicular screw placement evaluated by axial computed tomography of the cervical pedicle. *Spine* 2004 Nov 15; 29(22): 2510-4.
24. Bozbuga M, Ozturk A, Ari Z, Sahinoglu K, Bayraktar B, Cecen A. Morphometric evaluation of subaxial cervical vertebrae for surgical application of transpedicular screw fixation. *Spine* 2004 Sep 1; 29(17): 1876-80.
25. Uğur HC, Attar A, Uz A, Tekdemir I, Egemen N, Çağlar S, Genç Y. Surgical anatomic evaluation of the cervical pedicle and adjacent neural structures. *Neurosurgery* 2000 Nov; 47(5): 1162-8.
26. Vara CS, Thompson GH. A cadaveric examination of pediatric cervical pedicle morphology. *Spine* 2006 May 1; 31(10): 1107-12.
27. Karaićovic EE, Kunakornsawat S, Daubs MD, Madsen TW, Gaines RW Jr. Surgical anatomy of the cervical pedicles: landmarks for posterior cervical pedicle entrance localization. *J Spinal Disord* 2000 Feb; 13(1): 63-72.
28. Abumi K, Kaneda K, Shono Y, Fujiya M. One-stage posterior decompression and reconstruction of the cervical spine by using pedicle screw fixation systems. *J Neurosurg* 1999 Jan; 90(1 Suppl): 19-26.
29. Abumi K, Kaneda K. Pedicle screw fixation for nontraumatic lesions of the cervical spine. *Spine* 1997 Aug 15; 22(16): 1853-63.
30. Ludwig S, Kowalski JM, Edwards CC 2nd, Heller JG. Cervical pedicle screws: comparative accuracy of two insertion techniques. *Spine* 2000 Oct 15; 25(20): 2675-81.
31. Miller RM, Ebraheim NA, Xu R, Yeasting RA. Anatomic consideration of transpedicular screw placement in the cervical spine: an analysis of two approaches. *Spine* 1996 Oct 15; 21(20): 2317-22.
32. Jeanneret B, Gebhard JS, Magerl F. Transpedicular screw fixation of articular mass fracture-separation: results of an anatomical study and operative technique. *J Spinal Disord* 1994; 7: 222-9.
33. Yukawa Y, Kato F, Yoshihara H, Yanase M, Ito K. Cervical pedicle screw fixation in 100 cases of unstable cervical injuries: pedicle axis views obtained using fluoroscopy. *J Neurosurg Spine* 2006 Dec; 5(6): 488-93.

34. Nolte LP, Zamurano LJ, Jiang Z, Wang Q, Langlotz F, Berlemann U. Image guided insertion of transpedicular screw: a laboratory setup. *Spine* 1995; 20: 497-500.
35. Kotani Y, Abumi K, Ito M, Minami A. Improved accuracy of computer-assisted cervical pedicle screw insertion. *J Neurosurg* 2003 Oct; 99(3 Suppl): 257-63.
36. Kandziora F, Pflugmacher R, Scholz M, Schnake K, Putzier M, Khodadadyan-Klostermann C, Haas NP. Posterior stabilization of subaxial cervical spine trauma: indications and techniques. *Injury* 2005 Jul; 36 Suppl 2: B36-43.
37. Kotani Y, Cunningham BW, Abumi K, McAfee PC. Biomechanical analysis of cervical stabilization systems. An assessment of transpedicular screw fixation in the cervical spine. *Spine* 1994 Nov 15; 19(22): 2529-39.
38. Mikawa Y, Shikata J, Yamamuro T. Spinal deformity and instability after multilevel cervical laminectomy. *Spine* 1987 Jan-Feb; 12(1): 6-11.
39. Borne GM, Bedou GL, Pinaudeau M. Treatment of pedicular fractures of the axis. A clinical study and screw fixation technique. *J Neurosurg* 1984 Jan; 60(1): 88-93.
40. Macdonald RL, Fehlings MG, Tator CH, Lozano A, Fleming JR, Gentili F, Bernstein M, Wallace MC, Tasker RR. Multilevel anterior cervical corpectomy and fibular allograft fusion for cervical myelopathy. *J Neurosurg* 1997 Jun; 86(6): 990-7.
41. Schmidt R, Wilke H, Claes L, Puhl W, Richter M. Pedicle Screws enhance primary stability in multilevel cervical corpectomies: biomechanical in vitro comparison of different implants including constrained and unconstrained posterior instrumentations. *Spine* 2003 Aug 15; 28(16): 1821-8.
42. Abumi K, Shono Y, Taneichi H, Ito M, Kaneda K. Correction of cervical kyphosis using pedicle screw fixation systems. *Spine* 1999 Nov 15; 24(22): 2389-96.
43. Rhee JM, Kraiwattanapong C, Hutton WC. A comparison of pedicle and lateral mass screw construct stiffnesses at the cervicothoracic junction. *Spine* 2005 Nov 1; 30(21): E636-40.
44. Jones EL, Heller JG, Silcox DH, Hutton WC. Cervical pedicle screws versus lateral mass screws. Anatomic feasibility and biomechanical comparison. *Spine* 1997 May 1; 22(9): 977-82.
45. Kothe R, Ruther W, Schneider E, Linke B. Biomechanical analysis of transpedicular screw fixation in the subaxial cervical spine. *Spine* 2004 Sep 1; 29(17): 1869-75.
46. Abumi K, Takada T, Shono Y, Kaneda K, Fujiya M. Posterior occipitocervical reconstruction using cervical pedicle screws and plate-rod systems. *Spine* 1999 Jul 15; 24(14): 1425-34.
47. Ito M, Abumi K, Takeda N, Satoh S, Hasegawa K, Kaneda K. Pathologic features of spinal disorders in patients treated with long-term hemodialysis. *Spine* 1998 Oct 1; 23(19): 2127-33.
48. Oda I, Abumi K, Ito M, Kotani Y, Oya T, Hasegawa K, Minami A. Palliative spinal reconstruction using cervical pedicle screws for metastatic lesions of the spine: a retrospective analysis of 32 cases. *Spine* 2006 Jun 1; 31(13): 1439-44.
49. Neo M, Sakamoto T, Fujibayashi S, Nakamura T. The clinical risk of vertebral artery injury from cervical pedicle screws inserted in degenerative vertebrae. *Spine* 2005 Dec 15; 30(24): 2800-5.