

Tratamiento de fracturas atlantoaxiales combinadas en el adulto mayor empleando instrumentación posterior tornillo-barra c1-c2

Treatment of combined atlantoaxial fractures in the elderly with c1-c2 posterior screw-rod instrumentation

David Vergara-García MD.^{1,2,3,4}, José L. Buriticá MD.^{1,2,4}, Jorge Torres MD.^{1,2,4}, Leonardo Laverde MD.^{1,2,4}

¹ Departamento de Neurocirugía, Hospital Universitario de la Samaritana. Bogotá, Colombia.

² Servicio de Neurocirugía, Hospital Universitario Mayor, Hospital Universitario Barrios Unidos, Méderi. Bogotá, Colombia.

³ Programa de posgrado de Neurocirugía, Universidad del Rosario. Bogotá, Colombia.

⁴ Centro de Entrenamiento e Investigación en Neurocirugía, Hospital Universitario de la Samaritana. Bogotá, Colombia.

Rev. Chil. Neurocirugía 45: 209-215, 2019

Resumen

Introducción: Dado que la instrumentación posterior tornillo-barra C1-C2 ha demostrado tener buenos resultados postoperatorios en diferentes tipos de patologías con inestabilidad atlantoaxial independiente de la edad, es razonable pensar en su potencial aplicabilidad en el escenario de las fracturas atlantoaxiales combinadas en pacientes adultos mayores, para quienes el manejo quirúrgico ha demostrado ser beneficioso. **Objetivo:** Realizar una descripción retrospectiva de los resultados postoperatorios obtenidos en pacientes adultos mayores con fracturas atlantoaxiales combinadas llevados a manejo quirúrgico con instrumentación posterior tornillo-barra C1-C2. **Materiales y Métodos:** Se realizó revisión de las historias clínicas de pacientes mayores de 65 años admitidos a dos hospitales de la ciudad de Bogotá DC entre enero de 2016 hasta enero de 2017, diagnosticados con fracturas traumáticas agudas combinadas del atlas y del axis y llevados a instrumentación posterior C1-C2 con constructos tornillo-barra. De la historia clínica se tomaron datos demográficos, clínicos, tipos de fractura, estado neurológico, estado de dolor, estado de fusión ósea, entre otros. **Resultados:** Se obtuvieron siete pacientes masculinos, con edad promedio 72,3 años. Ninguno presentó complicaciones perioperatorias o deterioro neurológico postoperatorio. Se evidenció fusión ósea y estabilidad del constructo en el 100% de los pacientes al año postoperatorio, con resolución completa del dolor cervical en 5 individuos, y parcial en los dos restantes. **Conclusiones:** La instrumentación posterior con constructos tornillo-barra C1-C2 es una excelente opción para el manejo quirúrgico de pacientes adultos mayores con fracturas atlantoaxiales combinadas dada su baja tasa de complicaciones y alta tasa de fusión ósea.

Palabras clave: Atlantoaxial, atlas, axis, C1, C2, fractura cervical, fracturas combinadas, adulto mayor.

Abstract

Introduction: Since C1-C2 posterior screw-rod instrumentation has shown good postoperative results in different types of pathologies with atlantoaxial instability independent of age, it is reasonable to think about its potential applicability in the scenario of combined atlantoaxial fractures in elderly patients, for whom surgical management has proven beneficial. **Objective:** To perform a retrospective description of the postoperative results obtained in elderly patients with combined atlantoaxial fractures brought to surgical management with C1-C2 posterior screw-rod instrumentation. **Materials and Methods:** Medical records of patients older than 65 years admitted to two hospitals in the city of Bogotá DC from January 2016 to January 2017, diagnosed with combined acute traumatic fractures of the atlas and the axis, taken to later C1-C2 posterior screw-rod instrumentation were reviewed. Demographic and clinical data, type of fractures, neurological status, pain status, bone fusion status, among others, were collected. **Results:** Seven male patients were obtained, with an average age of 72.3 years. None presented perioperative complications or postoperative neurological deterioration. Bone fusion and stability of the construct were evidenced in 100% of the patients a year after surgery, with complete resolution of cervical pain in 5 individuals, and

partial resolution in the remaining two. **Conclusions:** C1-C2 posterior screw-rod instrumentation is an excellent option for the surgical management of elderly patients with combined atlantoaxial fractures given its low rate of complications and high rate of bone fusion.

Key words: Atlantoaxial, atlas, axis, C1, C2, cervical fracture, combined fractures, elderly.

Introducción

En pacientes mayores de 60 años las lesiones del atlas y del axis abarcan el 70% de las lesiones traumáticas cervicales¹. Un 70% de las fracturas del atlas y un 30% de las fracturas de C2 se asocian a otras lesiones cervicales concomitantes¹⁻³. Ocurren frecuentemente secundarias a traumas cervicales de baja energía en personas de edad avanzada, como caídas; mientras que en jóvenes se asocian a traumas de alta energía, como accidentes de tránsito o accidentes deportivos².

Comparado con fracturas aisladas del atlas o del axis, las fracturas atlantoaxiales combinadas tienen mayor riesgo de déficit neurológico e inestabilidad, por lo cual requieren un manejo oportuno⁴. La gran mayoría se tratan de forma conservadora^{3,5}. Sin embargo, en adultos mayores este tipo de manejo se ha visto asociado a un incremento en la morbilidad y tasas de fusión ósea escasamente modestas^{2,6-8}. Por tal razón, hay evidencia creciente que este subgrupo de pacientes obtiene mayor beneficio con el manejo quirúrgico⁹⁻¹².

Una de las técnicas más populares para el manejo de la inestabilidad atlantoaxial es la instrumentación posterior con constructos tornillo-barra¹³⁻¹⁵. Sin embargo, no existe evidencia de su uso en pacientes adultos mayores con fracturas C1-C2 combinadas. Dado que el procedimiento ha demostrado consistentemente tener buenos resultados postoperatorios en otro tipo de patologías independiente de la edad, evidenciando altas tasas de fusión ósea y bajas tasas de complicaciones, es razonable pensar en su potencial aplicabilidad en el escenario de las fracturas atlantoaxiales combinadas de esta población¹⁶⁻²⁰. El presente estudio busca realizar una descripción retrospectiva de los resultados postoperatorios obtenidos en pacientes adultos mayores con fracturas atlantoaxiales combinadas que fueron llevados a manejo quirúrgico con instrumentación posterior tornillo-barra C1-C2.

Materiales y Métodos

Diseño del estudio y selección de pacientes

El presente es un estudio observacional, descriptivo y retrospectivo. A través de revisión de las bases de datos de procedimientos quirúrgicos del Hospital Universitario Mayor Méderi y del Hospital Universitario de la Samaritana (Bogotá DC, Colombia) se identificaron los pacientes mayores de 65 años admitidos entre enero de 2016 hasta enero de 2017 con diagnóstico de fracturas traumáticas agudas combinadas y complejas del atlas y del axis que fueron llevados a manejo quirúrgico a través de instrumentación posterior C1-C2 con constructos tornillo-barra. Se realizó revisión individualizada de las historias clínicas e imágenes de dichos pacientes, excluyendo aquellos con presencia de trauma en otras regiones corporales diferentes a la unión atlantoaxial, enfermedades atlantoaxiales preexistentes (panus odontoideo y os odontoideo), fijaciones occipitocervicales y fijaciones transarticulares C1-C2.

Definición de las variables

Las variables clínicas obtenidas incluyeron datos demográficos de los pacientes, comorbilidades médicas, mecanismo de lesión traumática, estado neurológico y grado de la escala de la American Spinal Injury Association (ASIA) al ingreso, postoperatorio inmediato y un año después de la lesión, características de la(s) fractura(s), técnica quirúrgica empleada, duración de la intervención quirúrgica, volumen de pérdida de sangre intraoperatoria, duración de la estadía postoperatoria general, duración de la estadía postoperatoria en la unidad de cuidados intensivos (UCI), complicaciones quirúrgicas y no quirúrgicas, necesidad de reintervenciones, grado de fusión ósea a los 6 meses postoperatorios, estabilidad del constructo y escala visual análoga de dolor cervical al ingreso, postoperatoria inmediata y un año después

de la lesión. Se registraron las características de la fractura de atlas, identificando si era del arco anterior, del arco posterior, de ambos arcos o de la masa lateral. Se registraron las características de la fractura del axis, identificando si comprometía la apófisis odontoides (tipo I, IIa, IIb, IIc, o III), la pars interarticular bilateralmente (Hangman tipo I, II, IIa o III), la masa lateral (linear o conminuta) o el cuerpo vertebral. Adicionalmente se registraron la presencia de luxación atlantoaxial, la distancia atlantoodontoides, el desplazamiento lateral de la masa lateral de C1 sobre la masa lateral de C2, el ángulo C2-C3 y la distancia entre los bordes de los extremos de las fracturas. En cuanto a la técnica quirúrgica se exploró acerca del uso de tornillos de masa lateral de C1 combinados con tornillos de pedículo, pars o lámina de C2. El grado de fusión ósea se definió acorde a la clasificación de fusión ósea de Lenke. La estabilidad del constructo se verificó mediante ausencia de hipodensidades en la interface tornillo-hueso y ausencia de ruptura o desplazamiento del material de artrodesis.

Análisis estadístico

Las variables cualitativas se describen utilizando frecuencias y porcentajes y las cuantitativas se describen utilizando medianas. Los datos se analizaron con Microsoft Excel 2013 (Microsoft, Redmond, Washington).

Resultados

Siete pacientes mayores de 65 años fueron diagnosticados con fracturas atlantoaxiales combinadas y tratados con artrodesis posterior C1-C2 por medio de constructos tornillo-barra. Las características demográficas y clínicas de la población se muestran en la Tabla 1. La edad promedio fue de 72,3 años, y todos los pacientes de género masculino. La comorbilidad más frecuente fue la hipertensión arterial, presente en tres de los pacientes (42%). Las caídas

Tabla 1.
Características demográficas y clínicas de los participantes

n	Edad (años)	Género	Comorbilidades	Mecanismo de lesión	EVA de dolor al ingreso	ASIA al ingreso	Características de las fracturas	Técnica quirúrgica	Complicaciones peroperatorias	Grado de Fusión Lenke 6 meses POP	EVA de dolor 1 año POP	ASIA 1 año POP
1	87	M	HTA, DM	Caída	7	E	Fractura de arco posterior de C1	C1ML	No	A	0	E
2	83	M	HTA	Caída	8	E	Fractura de odontoides tipo III	C2 Pars	No	A	0	E
3	67	M	Valvulopatía aórtica	Caída	7	E	Fractura de arco anterior y posterior de C1	C1ML	No	A	0	E
4	67	M	HTA	Caída	7	D	Fractura de arco anterior y posterior de C1	C2TP	No	A	2	D
5	66	M	-	Caída	6	E	Fractura de arco anterior y posterior de C1	C1ML	No	A	0	E
6	66	M	EPOC	Caída	6	E	Fractura de arco anterior y posterior de C2	C2TP	No	A	0	E
7	70	M	Artritis reumatoide	Caída	8	D	Luxación C1-C2	C2Pars	No	A	2	D
							Fractura de odontoides tipo IIB	C1ML	No	A	2	D
							Luxación C1-C2	C2TP	No	A	2	D

M = Masculino; HTA: Hipertensión arterial; DM: Diabetes Mellitus; EPOC: Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica; EVA: Escala visual análoga; ASIA: American Spinal Injury Association; POP: Postoperatorio; C1ML: Tornillo de masa lateral de C1; C2 Pars: Tornillo de pars de C2; C2TP: Tornillo pedicular de C2; C2TL: Tornillo laminar de C2.



Figura 1. Paciente de 66 años quien sufrió caída de su propia altura mientras caminaba. [A, B] En tomografía de cráneo simple inicial se observa fractura de arco anterior y posterior de C1 y fractura de odontoides tipo IIb. [C, D] Radiografía cervical AP y lateral luego de instrumentación posterior C1-C2 con constructos tornillo-barra.

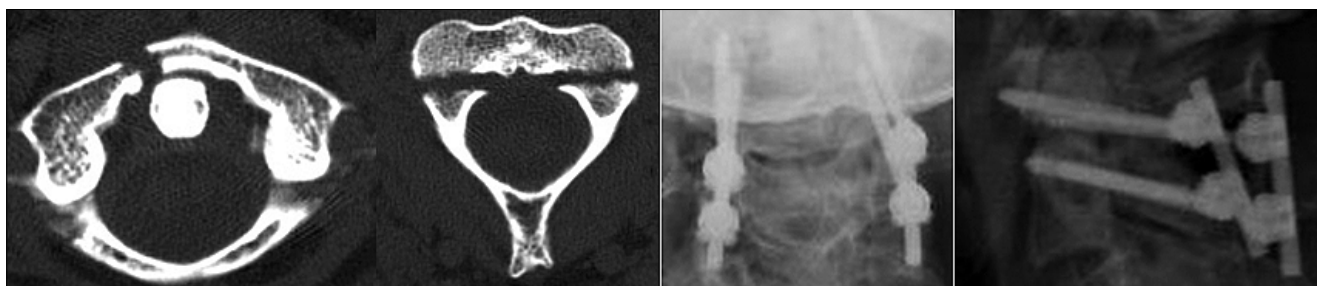


Figura 2. Paciente de 83 años quien sufrió caída de su propia altura mientras caminaba. [A, B] En tomografía de cráneo simple inicial se observa fractura de arco anterior y posterior de C1 y fractura de pars interarticularis de C2 (Hangman) tipo I. [C, D] Radiografía cervical AP y lateral luego de instrumentación posterior C1-C2 con constructos tornillo-barra.

fueron el mecanismo de lesión identificado en el 100% de esta población. Al momento del ingreso cinco pacientes presentaron dolor cervical de intensidad moderada y los otros dos de intensidad severa. Dos pacientes presentaron alteración de su estado neurológico al ingreso, considerándose un trauma raquímedular ASIA D; el resto no tenían alteraciones.

El tipo de fractura más común para el atlas fue la fractura de arco anterior y posterior, presente en tres de los siete pacientes (Figura 1 y 2). En cuanto a C2 los tipos más comunes fueron fractura de odontoides (Figura 1) y fractura de masa lateral. Es de anotar que tres pacientes cursaron también con luxación C1-C2.

Cuatro pacientes fueron llevados a instrumentación posterior C1-C2 bilateral con tornillos y barras para masa lateral de C1 y pedículos de C2, dos para masa lateral de C1 y pars de C2 y uno para masa lateral de C1 y lámina de C2. El tiempo promedio de cirugía fue de 200 minutos (rango 160 a 240 min), con un volumen estimado de pérdida sanguínea de 250 ml (rango 100 a 500 ml). La estancia postoperatoria general

fue de 5 días (rango 2 a 9 días), con una estancia en UCI promedio de 1 día (rango 1 a 3 días).

El posicionamiento correcto de los tornillos fue corroborado en el postoperatorio inmediato con una radiografía cervical simple anteroposterior y lateral y una tomografía de columna cervical simple, apreciando correcto posicionamiento del material de instrumentación en los siete pacientes. No hubo presencia de complicaciones quirúrgicas y no quirúrgicas asociadas a la intervención, ni requerimiento de reintervenciones.

En todos los pacientes fue posible realizar seguimiento postoperatorio a las dos y seis semanas, a los tres y seis meses, y al año. Para la revisión de los seis meses postoperatorios se les solicitó una tomografía de columna cervical simple en aras de corroborar fusión ósea, encontrando que 100% de los pacientes presentaban hallazgos imagenológicos sugestivos de adecuada fusión, grado A de la clasificación de fusión ósea de Lenke (Tabla 2), y estabilidad del constructo²¹. La intensidad de dolor cervical evaluada con EVA al año demostró que cinco de los siete pacientes no presentaban dolor

residual, y los dos pacientes restantes persistían con dolor residual de leve intensidad. No hubo empeoramiento del estado neurológico de ninguno de los participantes luego de la cirugía. La evaluación al año postoperatorio de los dos pacientes que presentaron compromiso de sus funciones neurológicas al ingreso demostró discreta mejoría de sus funciones motoras y sensitivas.

Discusión

El atlas (C1) y el axis (C2) poseen una compleja configuración anatómica que se mantiene en armonía biomecánica y funcional en relación a un potente complejo de estructuras óseas y ligamentarias²². Una de las principales causas de inestabilidad de este segmento de la columna son las fracturas traumáticas²³. Su incidencia presenta una distribución bimodal, con un pico durante la adultez temprana (20-30 años), cuyo mecanismo de lesión más frecuente son cargas axiales por trauma de alta energía (ej. accidentes de tránsito o accidentes deportivos); y otro pico en la vejez (> 65 años) explicado princi-

Tabla 2.
Grado de fusión ósea según Lenke

Grado de fusión	Descripción
A: Definitivamente sólido	Masa de fusión sólida, grande, trabeculada de localización bilateral
B: Posiblemente sólido	Masa de fusión sólida de localización unilateral con evidencia contralateral de pequeña masa de fusión
C: Probablemente no sólido	Masas de fusión pequeñas, delgadas y posiblemente agrietadas de localización bilateral
D: Definitivamente no sólido	Reabsorción de injerto óseo bilateralmente o presencia de pseudoartrosis bilateral

palmente por traumas de baja energía (ej. caídas)². En pacientes mayores de 60 años las lesiones del atlas y del axis abarcan el 70% de las lesiones traumáticas cervicales¹. Nuestro estudio es una muestra representativa de lo reportado por la evidencia en tanto los pacientes incluidos tenían más de 65 años y presentaron caídas como mecanismo de baja energía causal de lesión traumática cervical.

Las fracturas aisladas de C1 representan hasta el 11% de las fracturas cervicales, pero también pueden asociarse con otras lesiones cervicales hasta en un 70% de los casos^{1,2}. Un 30% de las fracturas de odontoides y un 30% de las espondilolistesis traumáticas de C2 (fracturas de Hangman) se asocian también a fracturas combinadas atlantoaxiales³. De esta manera, las fracturas combinadas de C1 y C2 representan el 3% de todas las lesiones cervicales agudas²⁴. Las combinaciones de fracturas C1-C2 más comunes son: fractura de Hangman y fractura de odontoides, fractura del arco posterior de C1 y fractura de odontoides, fractura de Jefferson y fractura de odontoides, y fractura de masa lateral de C2 y fractura de odontoides³. A pesar de que cada uno de nuestros pacientes presentó una combinación específica de tipos de fractura C1-C2 podemos reconocer que encajan con las combinaciones más frecuentes reportadas por la literatura.

La incidencia de déficit neurológico es más frecuente en fracturas combinadas C1-C2 (12%) comparado con fracturas aisladas del atlas o del axis (0-2%)⁴. En nuestro estudio dos pacientes ingresaron con déficit neurológico asociado a la fractura, representando el 28% de nuestra muestra.

Hay diferentes estrategias para el manejo de las fracturas atlantoaxiales combinadas³. En la mayoría de esce-

narios el manejo conservador con inmovilización rígida (collar rígido o halo vest) por 12 semanas suele ser suficiente^{3,5}. Sin embargo, en presencia de signos de inestabilidad, factores de riesgo de pseudoartrosis, o alto riesgo de morbilidad con el manejo conservador, se prefiere un manejo quirúrgico temprano (de 3 a 12 días posterior a la lesión)^{1,3}. Dentro de los signos imagenológicos de inestabilidad se incluyen: distancia atlantodontoidea de ≥ 5 mm; fractura de Hangman con angulación C2-C3 $\geq 11^\circ$; desplazamiento lateral de la masa lateral de C1 sobre la masa lateral de C2 $> 8,1$ mm; y fractura de la masa lateral de C1 con deformidad en "Cock-robin"^{1-3,5,25}. Los factores de riesgo para pseudoartrosis incluyen: fractura de odontoides con fragmento desplazado hacia posterior, con aumento de angulación $> 10^\circ$, desplazamiento > 5 mm o conminución; edad > 65 años; y osteoporosis¹.

En el paciente adulto mayor el uso de inmovilización externa, particularmente el halo vest, se asocia a aumento de la morbilidad y una tasa de fusión escasamente modesta de 80 a 83%^{2,6-8}. La cirugía, por otro lado, ha demostrado ser segura y con baja tasa de complicaciones⁹⁻¹². Por tal razón, en este subgrupo de pacientes el tratamiento es en la mayoría de casos quirúrgico a menos que existan contraindicaciones para su realización. Los participantes de nuestro estudio fueron llevados a manejo quirúrgico porque existía evidencia imagenológica de inestabilidad C1-C2, cumpliendo por lo menos con uno de los criterios previamente mencionados; y su edad era mayor 65 años, lo cual los ponían en mayor riesgo de pseudoartrosis y complicaciones asociadas al manejo conservador.

Dentro de las opciones para manejo quirúrgico de fracturas atlantoaxiales se han descrito: fijación anterior triple

con tornillo transodontoideo más tornillos transarticulares C1-C2 bilaterales, fijación anterior con tornillo transodontoideo, fijación anterior con tornillos transarticulares C1-C2 bilaterales, fijación posterior con tornillos transarticulares C1-C2 bilaterales y fijación occipitocervical^{11,12,26,28}.

Los constructos tornillo-barra constituyen otra opción quirúrgica para realizar fijación atlantoaxial, dentro de las cuales se mencionan la técnica de Goel-Harms (masas laterales de C1 y pedículos/pars de C2) y la técnica de Wright (masas laterales de C1 y láminas de C2), cuyo uso en la actualidad se ha popularizado ampliamente para el manejo de inestabilidad C1-C2¹³⁻¹⁵. La tasa de fusión descrita para estos constructos se encuentra alrededor del 100%, con una tasa muy baja (menor al 2%) de complicaciones neurológicas o vasculares¹⁶⁻²⁰. Adicionalmente, permite reducir luxaciones intraoperatoriamente, y es un procedimiento técnicamente accesible para el cirujano^{29,30}. Los participantes de nuestro estudio fueron llevados a fijación posterior atlantoaxial con constructos tornillo-barra. No hubo evidencia de complicaciones quirúrgicas asociadas. Se alcanzó una tasa de fusión ósea del 100% con estabilidad del constructo en todos los pacientes, y hubo muy bajas tasas de dolor cervical postoperatorio residual.

Si bien nuestro estudio presenta limitaciones relacionadas con su naturaleza observacional, retrospectiva y un tamaño muestral pequeño debido a la baja prevalencia de esta entidad, acorde al conocimiento de los autores este constituye el primer estudio reportado a la fecha donde se describe el tratamiento de fracturas atlantoaxiales combinadas en el adulto mayor empleando instrumentación posterior tornillo-barra C1-C2, con excelentes resultados postoperatorios.

Conclusiones

El manejo de pacientes con edad avanzada con fracturas atlantoaxiales combinadas es un reto. En nuestras

instituciones la instrumentación posterior con constructos tornillo-barra C1-C2 ha sido una técnica segura y efectiva para el manejo de estas fracturas, con altas tasas de fusión y baja tasa

de complicaciones asociadas.

Recibido: 20 de febrero de 2019
Aceptado: 03 de abril de 2019

Referencias

1. Babak Kalantar S. Fractures of the C1 and C2 Vertebrae. *Semin Spine Surg* [Internet]. 2013;25(1):23-35. Available from: <http://dx.doi.org/10.1053/j.semss.2012.07.002>
2. Smith RM, Bhandutia AK, Jauregui JJ, Shasti M, Ludwig SC. Atlas Fractures. Diagnosis, Current Treatment Recommendations, and Implications for Elderly Patients. *Clin Spine Surg* [Internet]. 2018;00(00):1-7. Available from: <https://doi.org/10.1097/BSD.0000000000000631>
3. Ryken TC, Hadley MN, Aarabi B, Dhall SS, Gelb DE, Hurlbert RJ, et al. Management of acute combination fractures of the Atlas and Axis in Adults. *Neurosurgery* [Internet]. 2013;72(SUPPL.2):151-8. Available from: <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e318276ee55>
4. Dickman CA, Hadley MN, Browner C, Sonntag VK. Neurosurgical management of acute atlas-axis combination fractures. A review of 25 cases. *J Neurosurg* [Internet]. 1989;70(1):45-9. Available from: <https://doi.org/10.3171/jns.1989.70.1.0045>
5. Viswanathan VK, Subramanian S. Guidelines on the Management of Atlanto-Axial Fractures in Adults: A Short Review. *Open Access J Surg* [Internet]. 2017;7(3):5-8. Available from: <http://dx.doi.org/10.19080/OAJS.2017.07.555711>
6. Daentzer D, Flörkemeier T. Conservative treatment of upper cervical spine injuries with the halo vest: an appropriate option for all patients independent of their age? *J Neurosurg Spine* [Internet]. 2009;10(6):543-50. Available from: <https://doi.org/10.3171/2009.2.SPINE08484>
7. Tashjian RZ, Majercik S, Biffi WL, Palumbo MA, Cioffi WG. Halo-vest immobilization increases early morbidity and mortality in elderly odontoid fractures. *J Trauma - Inj Infect Crit Care* [Internet]. 2006;60(1):199-203. Available from: <https://doi.org/10.1097/01.ta.0000197426.72261.17>
8. Weller SJ, Malek AM, Rossitch E. Cervical spine fractures in the elderly. *Surg Neurol* [Internet]. 1997;47(96):274-280; discussion 280-281. Available from: [https://doi.org/10.1016/S0090-3019\(96\)00362-X](https://doi.org/10.1016/S0090-3019(96)00362-X)
9. Omeis I, Duggal N, Rubano J, Cerabona F, Abrahams J, Fink M, et al. Surgical treatment of C2 fractures in the elderly: a multicenter retrospective analysis. *J Spinal Disord Tech* [Internet]. 2009;22(2):91-5. Available from: <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e3181723d1b>
10. Agrillo U, Mastroradi L. Acute combination fracture of atlas and axis: "Triple" anterior screw fixation in a 92-year-old man. Technical note. *Surg Neurol* [Internet]. 2006;65(1):58-62. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.surneu.2005.04.043>
11. Wu AM, Wang XY, Chi YL, Xu HZ, Weng W, Huang QS, et al. Management of acute combination atlas-axis fractures with percutaneous triple anterior screw fixation in elderly patients. *Orthop Traumatol Surg Res* [Internet]. 2012;98(8):894-9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2012.09.006>
12. Josten C, Jarvers J-S, Glasmacher S, Spiegl UJ. Odontoid fractures in combination with C1 fractures in the elderly treated by combined anterior odontoid and transarticular C1/2 screw fixation. *Arch Orthop Trauma Surg* [Internet]. 2018;0(0):0. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00402-018-3013-y>
13. Harms J, Melcher RP. Posterior C1 - C2 Fusion With Polyaxial Screw and Rod Fixation. *Spine (Phila Pa 1976)* [Internet]. 2001;26(22):2467-71. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11707712>
14. Goel A, Laheri V. Plate and screw fixation for atlanto-axial subluxation. *Acta Neurochir (Wien)* [Internet]. 1994;129(1-2):47-53. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00192-016-2952-5>
15. Wright NM. Posterior C2 Fixation Using Bilateral, Crossing C2 Laminar Screws. Case Series and Technical Note. *J Spinal Disord Tech* [Internet]. 2004;17(2):158-62. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15260101>
16. Elliott RE, Tanweer O, Boah A, Morsi A, Ma T, Frempong-boadu A, et al. Outcome Comparison of Atlantoaxial Fusion With Meta-Analysis and Review of Literature. *J Spinal Disord* [Internet]. 2014;27(1):11-28. Available from: <https://doi.org/10.1097/BSD.0b013e318277da19>
17. Elliott RE, Tanweer O, Boah A, Morsi A, Ma T, Smith ML, et al. Atlantoaxial Fusion with Screw-Rod Constructs: Meta-Analysis and Review of Literature. *World Neurosurg* [Internet]. 2014;81(2):411-21. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wneu.2012.03.013>
18. Du JY, Aichmair A, Kueper J, Wright T, Lebl DR. Biomechanical analysis of screw constructs for atlantoaxial fixation in cadavers: a systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg Spine* [Internet]. 2015;22(February):151-61. Available from: <https://doi.org/10.3171/2014.10.SPINE13805>
19. Elliott RE, Tanweer O, Boah A, Smith ML, Frempong-Boadu A. Comparison of safety and stability of C-2 pars and pedicle screws for atlantoaxial fusion: meta-analysis and review of the literature. *J Neurosurg Spine* [Internet]. 2012;17(6):577-93. Available from: <http://thejns.org/doi/10.3171/2012.9.SPINE111021>
20. Bransford RJ, Russo AJ, Freeborn M, Nguyen QT, Lee MJ, Chapman JR, et al. Posterior C2 instrumentation: Accuracy and complications associated with four techniques. *Spine (Phila Pa 1976)* [Internet]. 2011;36(14). Available from: <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181fdaf06>
21. Dobran M, Nasi D, Esposito DP, Iacoangeli M. Posterior Fixation with C1 Lateral Mass Screws and C2 Pars Screws for Type II Odontoid Fracture in the Elderly: Long-Term Follow-Up. *World Neurosurg* [Internet]. 2016;96:152-8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wneu.2016.08.100>
22. Goel A, Cacciola F. The craniovertebral junction. 1st ed. Goel A, Cacciola F, editors. Stuttgart, Germany: Thieme; 2011. 338-356 p.
23. Menendez JA, Wright NM. Techniques of Posterior C1-C2 Stabilization. *Neurosurgery* [Internet]. 2007;60(1):103-11. Available from: <https://doi.org/10.1227/01.NEU.0000249220.50085.E4>
24. Guiot B, Fessler RG. Complex atlantoaxial fractures. *J Neurosurg* [Internet]. 1999;91(2 Suppl):139-43. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10505495>
25. Mead LB, Millhouse PW, Krystal J, Vaccaro AR. C1 fractures: a review of diagnoses, management options, and outcomes. *Curr Rev Musculoskelet Med* [Internet]. 2016;9(3):255-62. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s12178-016-9356-5>
26. Schleicher P, Pingel A, Kandziora F. Safe management of acute cervical spine injuries. *EFORT Open Rev* [Internet]. 2018;3(5):347-57. Available from: <https://doi.org/10.1302/2058-5241.3.170076>

27. Kandziora F, Scholz M, Pingel A, Schleicher P, Yildiz U, Patrick K, et al. Treatment of Atlas Fractures: Recommendations of the Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU). *Glob Spine J* [Internet]. 2018;8(2_suppl):5S-11S. Available from: <https://doi.org/10.1177/2192568217726304>
28. Gonschorek O, Vordemvenne T, Blattert T, Katscher S, Schnake KJ. Treatment of Odontoid Fractures: Recommendations of the Spine Section of the German Society for Orthopaedics and Trauma (DGOU). *Glob Spine J* [Internet]. 2018;8(2_suppl):12S-17S. Available from: <https://doi.org/10.1177/2192568218768227>
29. Yuan B, Zhou S, Chen X, Wang Z, Liu W, Jia L. Gallie technique versus atlantoaxial screw-rod constructs in the treatment of atlantoaxial sagittal instability: A retrospective study of 49 patients. *J Orthop Surg Res* [Internet]. 2017;12(1):1-8. Available from: <https://doi.org/10.1186/s13018-017-0607-y>
30. Huang D, Hao D, He B, Wu Q. Posterior atlantoaxial fixation: a review of all techniques. *Spine J* [Internet]. 2015;15(10):2271-2281. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2015.07.008>

Correspondencia a:

David Vergara-García MD.
Departamento de Neurocirugía. Hospital Universitario de la Samaritana.
Carrera 8 No. 0-29 Sur, Bogotá DC.
Tel: (+571) 4077075 Ext 10472
david.vergara@urosario.edu.co