



Síndrome del foramen magno: correlación neuroanatómica

Foramen magnum syndrome: neuro-anatomical correlation

Juan Pablo Ichazo Castellanos,* Marco Antonio Garfias Rodríguez,*
Miguel Adolfo Abdo Toro,† Berenice García Guzmán,*§
Agustín Dorantes Argandar*§

Citar como: Ichazo CJP, Garfias RMA, Abdo TMA, García GB, Dorantes AA. Síndrome del foramen magno: correlación neuroanatómica. Acta Med GA. 2024; 22 (3): 218-224. <https://dx.doi.org/10.35366/116829>

Resumen

El síndrome del foramen magno es la presentación clínica más frecuente de una diversidad de etiologías que tienen su origen en los márgenes de dicha estructura anatómica. Sus manifestaciones clínicas incluyen una gama diversa de signos y síntomas, muchas de ellas explicadas por la correlación anatómica con las estructuras afectadas. Su estudio es un reflejo claro de la importancia de la neuroanatomía en la aplicación clínica. La mayor parte de las etiologías tumorales de esta zona son de índole benigna, por ende, potencialmente resecables, de allí la importancia de su reconocimiento y diferenciación con otras entidades autoinmunes, congénitas, etcétera. Si no son reconocidos a tiempo, pueden ser mortales a causa de una compresión alta de la porción superior de la médula cervical y/o médula oblongada. Aunque estos tumores son infrecuentes (aproximadamente 1% de todos los tumores espinales e intracraneales), los más comunes son los meningiomas, schwannomas, neurofibromas y los quistes dermoides. La mejor manera de no pasar por alto este tipo de cuadros es el tener en mente la definición y los elementos constitutivos del “síndrome del foramen magno”, lo cual facilitará la recolección y comprensión de los datos clínicos encontrados en el paciente.

Palabras clave: foramen magno, neuroanatomía, bulbo raquídeo.

Abstract

Foramen magnum syndrome is the most frequent clinical presentation of diverse etiologies originating in the anatomical structure's margins. Its clinical manifestations include various signs and symptoms, many of which are explained by the anatomical correlation with the affected structures. His study clearly reflects the importance of neuroanatomy in clinical application. Most of the tumor etiologies in this area are benign in nature and, therefore, potentially resectable. Hence, it is important to recognize and differentiate them from other autoimmune, congenital entities, etc. If not recognized in time, they can be fatal due to high compression of the upper portion of the cervical cord and/or medulla oblongata. Although these tumors are rare (approximately 1% of all spinal and intracranial tumors), the most common are meningiomas, schwannomas, neurofibromas, and dermoid cysts. The best way not to overlook this type of picture is to keep in mind the definition and the constitutive elements of the “foramen magnum syndrome”, which will facilitate the collection and understanding of the clinical data found in the patient.

Keywords: foramen magnum, neuroanatomy, bulbar spinal cord.

* Centro de Neurocirugía de Base de Cráneo y Neurocirugía de Mínima Invasión, Hospital Angeles Pedregal, Centro de Especialidades Quirúrgicas. Laboratorio de Neuroanatomía Quirúrgica, Facultad Mexicana de Medicina de la Universidad La Salle. CDMX, México.

† Departamento de Neurocirugía, Hospital de Especialidades, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social. CDMX, México.

§ Clínica de Hipótesis, Grupo de Neuroespecialidades, Hospital Angeles Pedregal. CDMX, México.

Correspondencia:

Agustín Dorantes Argandar
Correo electrónico: agustin.dorantes@gmail.com

Aceptado: 10-11-2023.

www.medigraphic.com/actamedica



Abreviaturas:

- D10 = núcleo dorsal del nervio vago.
- ECV = tracto espinocerebeloso ventral.
- FLM = fascículo longitudinal medial.
- F12 = fibras del nervio hipogloso.
- LE = lemnisco espinal.
- LM = lemnisco medio.
- NA = núcleo ambiguo.
- NE5 = núcleo espinal del trigémino.
- NS = núcleo solitario.
- NV = núcleos vestibulares.
- N12 = núcleo del hipogloso.
- OAD = núcleo olivar accesorio dorsal.
- OAM = núcleo olivar accesorio medial.
- OI = núcleo olivar inferior.
- PCI = pedúnculo cerebeloso inferior.
- PICA = arteria cerebelosa postero inferior.
- PR = tracto piramidal.
- TE5 = tracto espinal del trigémino.
- TS = tracto solitario.
- 5TV = tracto trigémino talámico ventral.

INTRODUCCIÓN

Las lesiones del foramen magno son de particular importancia debido a la necesidad de diferenciarlos entre un espectro amplio de entidades nosológicas como ser tumorales, vasculares, autoinmunes, congénitas, etcétera. La patología que compromete esta área es múltiple y puede originarse en los elementos extradurales musculares, osteoligamentarios, de elementos que

recubren las estructuras nerviosas (como las meninges), de los vasos sanguíneos o lesiones propias del tronco encefálico.

Los tumores extramedulares intradurales más frecuentes son los schwannomas y meningiomas, estos últimos representan aproximadamente de 1.5 a 3% de todos los meningiomas; los tumores intramedulares son representados principalmente por los astrocitomas y ependimomas; cordomas y metástasis son las lesiones extradurales más representativas.

La mejor manera de no prescindirlas es el tener en mente la definición y los elementos constitutivos de este síndrome, lo cual facilitará la recolección y comprensión de datos clínicos encontrados en el paciente.

ANATOMÍA DEL FORAMEN MAGNO

Delimitado por las tres porciones del hueso occipital: posterior al foramen la escamosa, anterior la porción basal (clival) y lateral la condilar, la cual une la parte escamosa con la clival.¹

1. Relaciones óseas (Figura 1)

La apertura foraminal adopta una forma ovalada, más amplia en su parte posterior que en la anterior, en esta última asienta el proceso odontóideo y en la posterior transcurre la médula oblongada.¹

Figura 1:

Relaciones del hueso occipital y foramen magno (FM). **A)** Vista endocraneana del FM. **B)** Vista posterior desde el exocráneo. **C)** FM visto desde inferior, se aprecia la dirección del canal del hipogloso en relación con el cóndilo occipital. **D)** Vista de mayor aumento del FM desde el endocráneo, se detallan los canales óseos por donde emergen los nervios craneales, así como el foramen yugular y fisura petroclival.

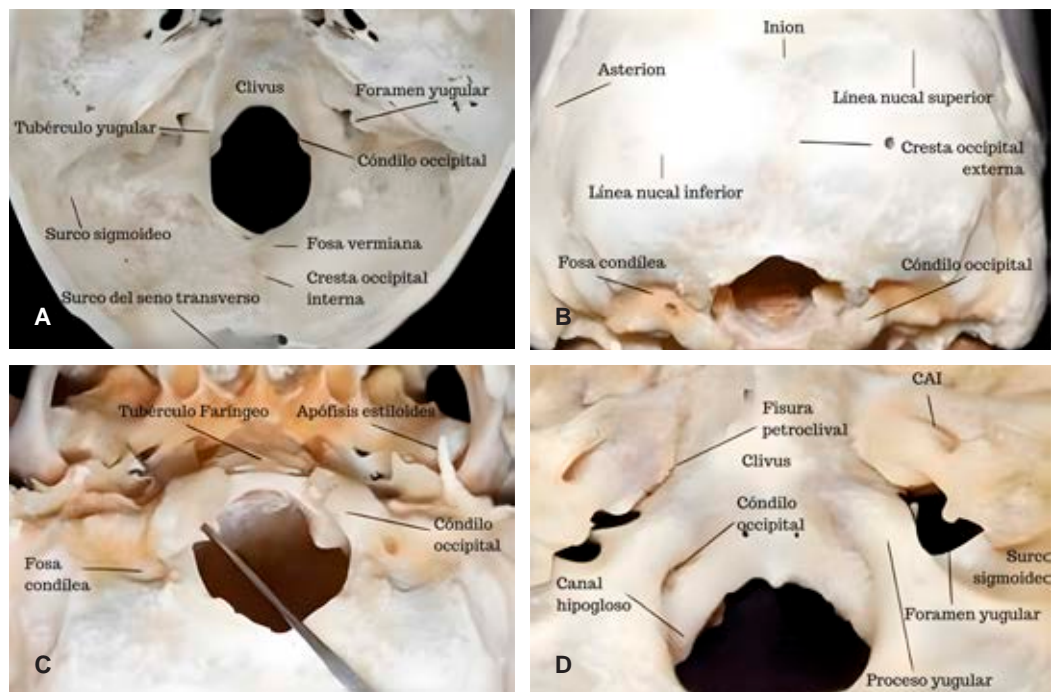




Figura 2: Visión posterior del foramen magno (FM). **A)** Imagen anatómica centrada en el cóndilo occipital del lado derecho. Se observan estructuras anatómicas intradurales presentes en un abordaje lateral extremo retrocondilar. **B)** Vista posterior del FM y fosa posterior. Se ha retirado el tronco cerebral, cerebelo y cerebro; se expone la base de cráneo de la fosa posterior.

La cara interna de la porción escamosa tiene una disposición cóncava hacia adelante, en su borde superior se articula con el hueso parietal conformando la sutura lambdoidea y en la porción inferolateral con la mastoides mediante la sutura occipitomastoidea. La configuración externa destaca la protuberancia occipital externa o inion, localizado a 1 cm por debajo de la protuberancia occipital interna, a su vez se presentan las líneas nucales superior e inferior que dan inserción a la musculatura de la nuca. En la configuración interna destaca la inserción de la hoz del cerebelo en la cresta occipital interna, así como la impresión de los senos transversos y sagital, delimitando cuatro porciones, las dos superiores que alojan a los polos occipitales y las inferiores a los hemisferios cerebelosos.^{2,3}

La porción basilar articulada con el cuerpo esfenoidea por la sincondrosis esfenoclivar, separada de la porción petrosa del temporal por la sutura petroclival, donde discurre el seno petroso inferior.⁴ La porción condilar presenta una disposición anteroposterior y de lateral a medial; delante e inferior a ellos se encuentra el foramen del hipogloso, en la superficie externa de la base de los cóndilos se encuentra el canal condíleo, por donde discurre la vena emisaria, la cual conecta el plexo vertebral con el seno sigmoideo.^{4,5}

a) El atlas

Carece de cuerpo y proceso espinoso, presenta dos masas laterales unidas mediante los arcos anteriores y posteriores, en la cara superior del arco posterior presenta el surco de la arteria vertebral y el primer nervio espinal cervical, el ligamento transversal del odontoides se inserta en la cara medial de las masas laterales.⁶

b) El axis

En la parte superior del cuerpo vertebral se encuentra el proceso odontoides, con una altura de 1 a 1.5 cm, 1 cm de ancho, articulándose hacia ventral con el atlas.⁴

La articulación atlantoaxoidea está localizada entre el proceso odontoides y la parte posterior del arco anterior del axis, fortalecida por los ligamentos longitudinales anteriores, posteriores y el ligamento cruciforme, la porción transversal de éste se dispone por detrás del proceso odontoides, dividiendo el canal raquídeo en dos compartimientos, el anterior albergando al odontoides y el posterior alberga el contenido del raquis. De manera más externa las membranas occipitoatlantoideas anterior y posterior se insertan en el borde anterior y posterior del foramen magno y en los bordes superior del arco anterior y posterior del atlas.^{6,7}

2. Relaciones nerviosas (Figura 2)

Son la porción caudal del tallo cerebral, cerebelo y cuarto ventrículo, la parte rostral de la médula espinal, los nervios craneales bajos y nervios cervicales altos.⁸

a) Médula espinal

La transición entre la médula espinal y la médula oblonga es a nivel de la emergencia de la primera raíz ventral espinal, dada la inconstancia de la raíz dorsal. A este nivel se encuentran los surcos medianos anterior y posterior, la fisura media anterior, el surco posteromediano, la emergencia de las raíces nerviosas motoras y la entrada de las raíces sensitivas, el detalle que diferencia a la de niveles

inferiores es la presencia de un surco intermedio lateral dada por la presencia de los fascículos grácil medialmente y cuneiforme lateralmente.^{9,10}

b) Ligamento dentado

De morfología triangular fijados en la superficie lateral de la duramadre, a nivel de la unión craneovertebral se sitúa entre la arteria vertebral y el primer nervio espinal anteriormente, y posterior ramas de la arteria espinal posterior y el nervio craneal accesorio.¹⁰

c) Tallo encefálico

La rama ventral del primer nervio cervical demarca el límite entre la médula espinal y la médula oblonga, en su cara ventral se encuentran las pirámides bulbares, en frente de la porción clival del foramen magno y la parte rostral del proceso odontoideo. La superficie posterior se encuentra conformada en dos mitades, la superior conformada por la mitad inferior del IV ventrículo y pedúnculos cerebelosos inferiores, y la inferior compuesta por los fascículos grácil medialmente y cuneiforme lateralmente.^{11,12}

d) Médula oblongada (Figura 3)

Presenta una porción abierta y cerrada, ambas separadas por el óbex, quedando cefálica a éste la porción abierta que contiene diversas estructuras, tanto de sustancia blanca como gris.

e) Núcleos¹³ (Figura 4)

Núcleo ambiguo (NA): inerva los músculos del paladar blando, faringe, laringe y esófago superior por los nervios

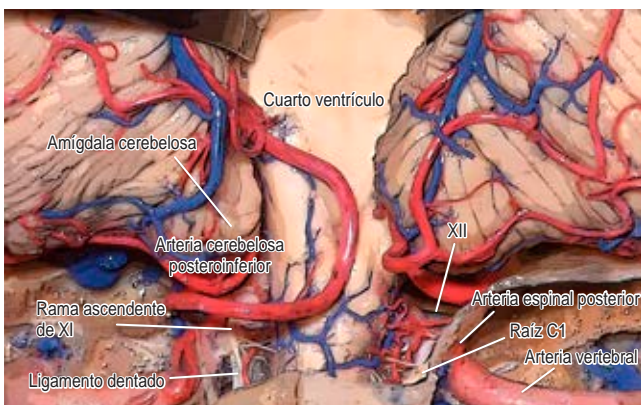


Figura 3: Vista posterior del foramen magno (FM), se expone el piso del IV ventrículo, que se encuentra por encima del FM.

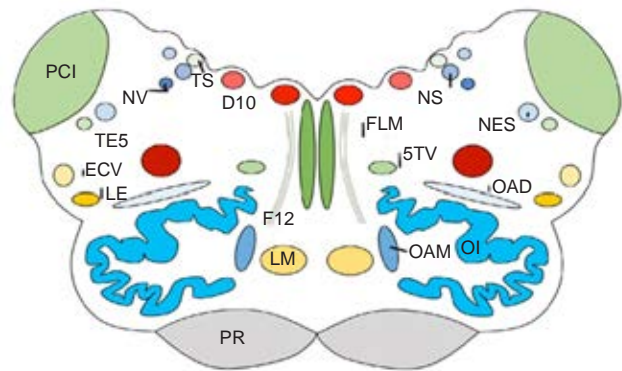


Figura 4: Anatomía interna de la médula oblongada. Corte transversal a nivel intermedio de la oliva. Núcleos motores (rojos): núcleo ambiguo (NA), núcleo del hipogloso (N12), núcleo dorsal del nervio vago (D10). Núcleos sensitivos (azules): núcleo espinal del trigémino (NE5), núcleo olivar accesorio dorsal (OAD); núcleo olivar accesorio medial (OAM), núcleo olivar inferior (OI), núcleo solitario (NS), núcleos vestibulares (inferior y medial) (NV). Tractos ascendentes (amarillos): lemnisco medio (LM), tracto espinocerebeloso ventral (ECV), lemnisco espinal (LE). Tractos descendentes (gris): tracto piramidal (PR). Otros tractos o fibras (verdes): fascículo longitudinal medial (FLM), pedúnculo cerebeloso inferior (PCI), tracto espinal del trigémino (TE5), tracto solitario (TS), tracto trigémino-talámico ventral (5TV), fibras del nervio hipogloso (F12).

craneales glossofaríngeo, vago y accesorio. Regula la frecuencia cardíaca a través de neuronas parasimpáticas del X nervio.

Núcleo del hipogloso (N12): la porción motora da movimiento a la lengua, emerge por el surco preolivar, entre la pirámide y la oliva formando el nervio craneal XII.

Núcleo dorsal del nervio vago (D10): núcleo parasimpático más grande del tallo cerebral formado por neuronas motoras, cuyas fibras preganglionares formarán parte del nervio vago al salir por el surco retro-olivar. Regulan la función motora glandular y del músculo liso en vísceras de tórax y abdomen.

Núcleo espinal del trigémino (NE5): recibe aferencias ipsilaterales de los nervios trigémino, facial, glossofaríngeo y vago a través del tracto espinal del trigémino. Sus fibras ascienden a través del tracto trigémino-talámico ventral, desucándose en su trayecto hacia el tálamo contralateral. Transmite sensaciones de tacto, dolor y temperatura de la cabeza.

Núcleos olivares: incluyen al olivar inferior (OI), olivar accesorio medial (OAM) y olivar accesorio dorsal (OAD). Reciben información del tracto espi-olivar proveniente del asta posterior contralateral de todos los segmentos medulares; del núcleo rojo (a través del tracto tegmental

dorsal) y corteza cerebral ipsilaterales. Sus fibras transcurren por el pedúnculo cerebeloso inferior. Estos núcleos se encargan de la coordinación de patrones de movimiento aprendidos.¹⁴

Núcleo solitario (NS): recibe información a través del tracto solitario, proveniente de los ganglios inferior del hipogloso, vago y ganglio geniculado del nervio facial. La porción caudal participa en los reflejos viscerales nauseoso y vasovagales; la porción cefálica recibe información del gusto por los nervios facial y glossofaríngeo.

Núcleos vestibulares (NV) inferior y medial: contienen neuronas aferentes del nervio vestibulo-coclear. Ingresan al cerebelo por el pedúnculo cerebeloso inferior y otras descienden por el tracto vestibulo-espinal; otras provenientes del núcleo vestibular medial forman parte del fascículo longitudinal medial.

f) Sustancia blanca¹³ (Figura 4)

Lemnisco medio (LM): formado por fibras ascendentes de los núcleos grácil y cuneiforme posterior a su decusación, terminan en la porción lateral del núcleo ventral-posterior del tálamo. Transmite información propioceptiva consciente.

Tracto espinocerebeloso ventral (ECV): fibras ascendentes decusadas en su origen, pasan por la porción anterior del cordón lateral en la médula espinal, pasan a través de la médula oblongada y a nivel del mesencéfalo ingresan al cerebelo por el pedúnculo cerebeloso superior. Transmite información propioceptiva inconsciente de miembros inferiores.

Lemnisco espinal (LE): conformado por tractos espinotalámico y espinotectales. Contiene información termoalgésica contralateral del tronco y extremidades, concluyen en el núcleo ventral-posterior del tálamo.

Tracto piramidal (PR): motoneuronas de la vía corticoespinal a través de la pirámide bulbar antes de la decusación. Transmite información motora cortical.

Fascículo longitudinal medial (FLM): contiene fibras ipsi y contralaterales provenientes de los núcleos vestibulares, terminan en los núcleos abducens, troclear y oculomotor. Permite la coordinación de los movimientos oculares.

Pedúnculo cerebeloso inferior (PCI): contiene el tracto espinocerebeloso conformado por los núcleos olivares y vestibulares.

Tracto espinal del trigémino (TE5): formado por fibras ipsilaterales de los nervios trigémino, facial, glossofaríngeo y vago que terminan en el núcleo espinal del trigémino, transmiten sensaciones de tacto, dolor y temperatura de la cabeza.

Tracto solitario (TS): formado por fibras de los ganglios inferior del hipogloso, vago y geniculado del nervio facial

que terminan en el núcleo solitario. Transmite información del gusto y aferencias de reflejos relacionados con los nervios glossofaríngeo y vago.

Tracto trigémino-talámico ventral (5TV): contiene fibras ascendentes provenientes del núcleo espinal del trigémino que se decusan para terminar en el tálamo contralateral. Transmite sensaciones generales de tacto, dolor y temperatura de la cabeza.

Fibras del nervio hipogloso (F12): axones provenientes de las neuronas ubicadas en el XII nervio, al salir por el surco preolivar forman al nervio hipogloso, encargado de la movilización de la lengua.

g) Cerebelo

Los hemisferios cerebelosos y amígdalas contactan el borde superior y están dispuestos de manera lateral, en la línea media contacta el vermis con el nódulo, úvula y pirámide.¹³

3. Relaciones vasculares (Figura 3)

Los elementos vasculares en la zona del foramen magno (FM) son la arteria vertebral y sus ramas, la cerebelosa posteroinferior y ramos meníngeos del sistema carotídeo.

Ambas arterias vertebrales nacen de las arterias subclavias y ascienden a través de los procesos transversos de las primeras seis vértebras cervicales. La arteria vertebral, por encima del orificio en la transversa del axis, tiene un trayecto hacia lateral en busca de la transversa del atlas. Después de atravesar el proceso transverso del atlas, se dirige hacia medial, detrás de la articulación atlantooccipital, por el surco vertebral sobre la lámina del atlas, sector donde la encontramos en el triángulo suboccipital, cubierta por el semiespinoso de la cabeza. Luego perfora la duramadre y se hace intradural por detrás de ambos cóndilos del occipital. Ambas arterias tienen un trayecto intradural en el FM hacia cefálico y en dirección ventral, al nivel aproximadamente del surco bulbo-protuberancial forman el tronco basilar.

Las ramas de la vertebral en el foramen magno son al espinal anterior y posterior, las arterias meníngeas anterior y posterior y la cerebelosa posteroinferior.

Las arterias espinales posteriores nacen en la parte posterior y medial de la vertebral y, en general, en la zona extradural, ocasionalmente pueden nacer en la intradural o en la cerebelosa posteroinferior. La arteria cerebelosa posteroinferior es la rama más larga de la vertebral, en general su origen es intradural, pero ocasionalmente puede originarse en la zona extradural. La arteria espinal anterior tiene su origen en la vertebral justo antes de la unión de ambas vertebrales en el tronco basilar y da irrigación a la vía piramidal. Las ramas meníngeas de la arteria vertebral,

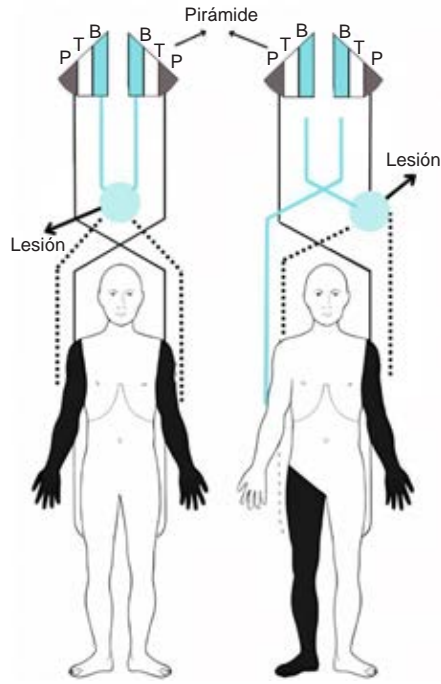


Figura 5:

Esquema de patrón de progresión de afectación neurológica en el síndrome del foramen magno.

junto con la faríngea ascendente y la occipital, irrigan la duramadre en el FM. Cabe mencionar la presencia de canales duros alrededor del foramen magno como el seno marginal, occipital, sigmoideo, petroso inferior y plexo venoso basilar.¹³

a) Manifestaciones clínicas

1. Hipoestesia en la región dorsal superior, denominada “en capa”.
2. Atrofia de la musculatura intrínseca de las manos.
3. Dolor cervical y/o suboccipital.
4. Disestesias en manos.
5. Parálisis del nervio VII.
6. Estereoanestesia (astereognosia).

Se presenta un patrón de debilidad progresiva de proximal a distal que inicia del brazo ipsilateral, posteriormente a la pierna ipsilateral, seguido por la pierna contralateral y finalmente en el brazo contralateral (siguiendo “las manecillas del reloj”). Otra configuración es la triplegia ocasionada por la compresión de los tractos corticoespinales decusados a nivel del foramen magno; es común la atrofia de la musculatura de la mano y/o antebrazo, así como de la musculatura intercostal. El compromiso de tractos sensitivos puede ser uni o bilateral, con una progresión similar al descrito anteriormente.¹⁵ El dolor suboccipital o en la región cervical posterior es usualmente el primer síntoma

y causa más común de consulta. En muchas ocasiones el dolor puede irradiarse al hombro o brazo ipsilateral.

b) Correlación anatómico-clínica de las manifestaciones neurológicas

Hipoalgesia y termoanestesia de tronco y extremidades contralaterales: se presenta por lesión del tracto espino-talámico que asciende a través del LE.

Hipoalgesia y termoanestesia facial ipsilateral: por lesión del TE5 y NE5.

Dolor cervical y suboccipital: compresión ventral de las raíces C2 y C3.

Dolor y parestesia facial ipsilateral: compresión de TE5 y NE5, lo que explica el dolor y las parestesias ipsilaterales.

Disfonía, disfagia, disartria y pérdida ipsilateral del reflejo nauseoso: resultan de la lesión del NA, y algunas fibras de los glossofaríngeo y vago. La disfagia se presenta por lesión de un generador central de patrones que controla el proceso de deglución.

Paresia progresiva en “manecillas de reloj”: compresión paulatina y hacia dorsal de los fascículos corticoespinales. La evolución característica se debe a la somatotopía en dicho fascículo, siendo las zonas mediales correspondientes a la inervación de miembros torácicos, porción medial tórax y lateral de los miembros pélvicos.

Se esquematiza la disposición somatotópica de la vía corticoespinal, deduciendo el patrón de progresión de afectación a miembros superiores ipsi y contralateral, posteriormente a miembros pélvicos contra e ipsilateral, siguiendo las manecillas del reloj (Figura 5).

CONCLUSIÓN

Las manifestaciones del síndrome del foramen magno son de evolución corta y manifestaciones tardías, siendo éstas diversas, tanto en síntomas como en signos, la mayor parte de los cuales se explican fácilmente por la correlación anatómica con las estructuras anatómicas adyacentes afectadas. Su estudio es un reflejo claro de la importancia de la correlación neuroanatómica y clínica para su identificación, entendimiento y resolución médica o quirúrgica.

REFERENCIAS

1. Abbott KH. Foramen magnum and high cervical cord lesions simulating degenerative disease of the nervous system. *Ohio State Med J.* 1950; 46 (7): 645-651.
2. Bhatki AM, Carrau RL, Snyderman CH, Prevedello DM, Gardner PA, Kassam AB. Endonasal surgery of the ventral skull base--endoscopic transcranial surgery. *Oral Maxillofac Surg Clin North Am.* 2010; 22 (1): 157-168.
3. Campero A, Ajler P, Emerich J. Abordaje posterolateral. En: Campero A, Ajler P, Emerich J (Eds.). *Abordajes neuroquirúrgicos al cerebro y*

- a la base de cráneo. Buenos Aires: Ediciones Journal; 2012. p. 111-121.
4. Cocke EW Jr, Robertson JH, Robertson JT, Crook JP Jr. The extended maxillotomy and subtotal maxillectomy for excision of skull base tumors. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg.* 1990; 116 (1): 92-104.
 5. Crockard HA. The transmaxillary approach to the clivus. In: Sekhar LN, Janecka IP (Eds.). *Surgery of cranial base tumors.* Nueva York: Raven Press; 1993. p. 169-180.
 6. Dehdashti AR, Karabatsou K, Ganna A, Witterick I, Gentili F. Expanded endoscopic endonasal approach for treatment of clival chordomas: early results in 12 patients. *Neurosurgery.* 2008; 63 (2): 299-307; discussion 307-309.
 7. Cushing H, Eisenhardt I. *Meningiomas.* Springfield: Charles C. Thomas; 1938. p. 169-180.
 8. Derome P. The transbasal approach to tumors invading the base of the skull. In: Schmidek HH, Sweet WH (Eds.). *Current techniques in operative neurosurgery.* Nueva York: Grune and Stratton; 1977. p. 223-245.
 9. DiChiro G, Anderson WB. The clivus. *Clin Radiol.* 1965; 16: 211-223.
 10. George B. Meningiomas of the foramen magnum. In: Schmidek HH (Ed.). *Meningiomas and their surgical management.* Philadelphia: Saunders; 1991. p. 459-470.
 11. Kassam A, Snyderman CH, Mintz A, Gardner P, Carrau RL. Expanded endonasal approach: the rostrocaudal axis. Part II. Posterior clinoids to the foramen magnum. *Neurosurg Focus.* 2005; 19 (1): E4.
 12. Lanzino G, Paolini S, Spetzler RF. Far-lateral approach to the craniocervical junction. *Neurosurgery.* 2005; 57 (4 Suppl): 367-371.
 13. Rhoton AL Jr. The far-lateral approach and its transcondylar, supracondylar, and paracondylar extensions. *Neurosurgery.* 2000; 47 (3 Suppl): S195-S209.
 14. Nanda A, Vincent DA, Vannemreddy PS, Baskaya MK, Chanda A. Far-lateral approach to intradural lesions of the foramen magnum without resection of the occipital condyle. *J Neurosurg.* 2002; 96 (2): 302-309.
 15. Rhoton AL Jr. The foramen magnum. *Neurosurgery.* 2000; 47 (3 Suppl): S155-S193.