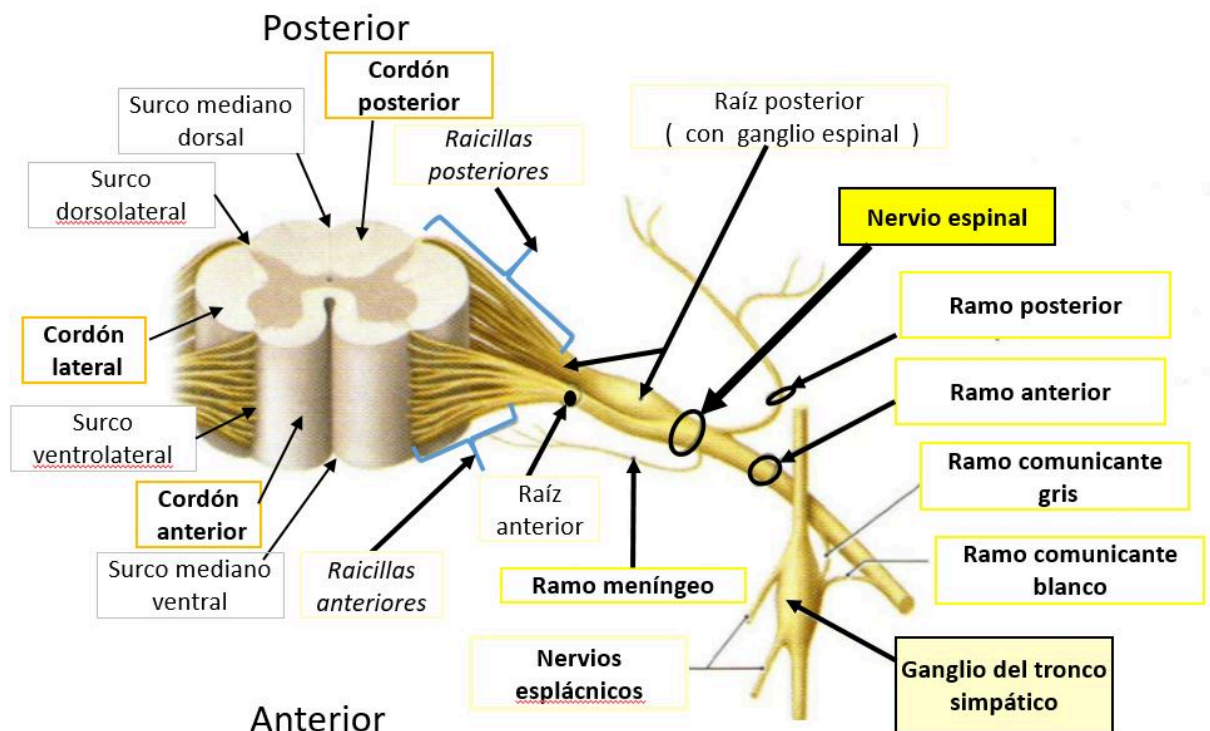


# PRINCIPIOS CLAVE DE ANATOMÍA, FISIOLOGÍA Y ANÁLISIS DE LA PREVENCIÓN DEL CASO

## 1. Anatomía (estructura y organización) de la médula espinal:

La médula espinal es una parte del sistema nervioso central que se encuentra ubicada dentro de la columna vertebral, esta es la continuación caudal del tronco encefálico. Se extiende desde el foramen magno hasta hasta el nivel de la primera o segunda vértebras lumbares [1], su función es conducir impulsos nerviosos a todo el cuerpo desde el cerebro.

Su estructura está formada por la superficie externa que incluye la fisura media anterior, el surco medio posterior, los surcos anterolaterales y los surcos posterolaterales y la superficie interna que se divide en materia gris (con forma de H o de mariposa desde una vista transversal), en la que se encuentra principalmente los cuerpos de las neuronas, esta se divide en las astas anterior, posterior y lateral, y en materia blanca la que comprende los axones de las neuronas, esta incluye a los cordones anterior, posterior y lateral, en la figura 1 [2] se pueden observar las partes de cada superficie.



*Fig. 1. Segmento de la médula espinal [2].*

La médula espinal está organizada mediante nervios espinales, los cuales se agrupan de acuerdo al segmento de la médula espinal a partir del cual se originan. De esta forma, existen nervios cervicales (C1 a C8), torácicos (T1 a T12), lumbares (L1 a L5), sacros (S1 a S5) y coccígeo [1]. Los

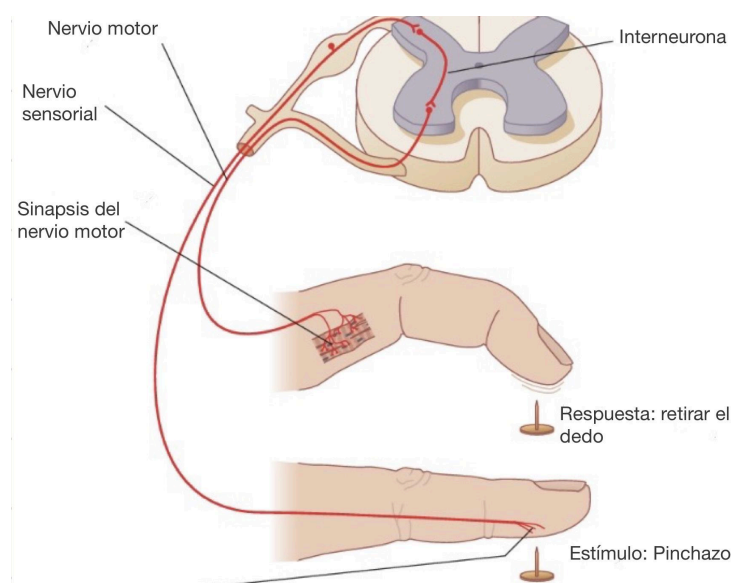
nervios espinales emergen por los forámenes intervertebrales correspondientes, en la región cervical, la cual incluye ocho nervios y siete vértebras, los nervios salen por la parte de arriba de cada vértebra, a excepción de C8 (el nervio emerge entre C7 y T1), a partir del nivel torácico, los nervios salen por la parte inferior de cada vértebra, en el nivel de L1 y L2 (donde la médula espinal termina), los nervios espinales descienden dentro del conducto vertebral antes de salir por su foramen intervertebral, lo que forma la cauda equina. Es importante notar que cada nervio espinal posee una raíz ventral (función motora) y una raíz dorsal (función sensitiva), que emergen de la médula y se unen antes de cada foramen intervertebral, formando el tronco del nervio espinal, el cual es corto y se divide en ramos anterior, posterior, comunicante y meníngeo. La organización de la médula espinal se puede observar en la lámina 170 de [3].

## 2. Fisiología de la médula espinal

Para comprender la neurofisiología de la médula espinal, es necesario tener una mejor comprensión del sistema nervioso. El sistema nervioso consta del sistema nervioso central (SNC) y del sistema nervioso periférico (SNP), estando la médula presente en la primera de estas. También es necesario distinguir entre las divisiones:

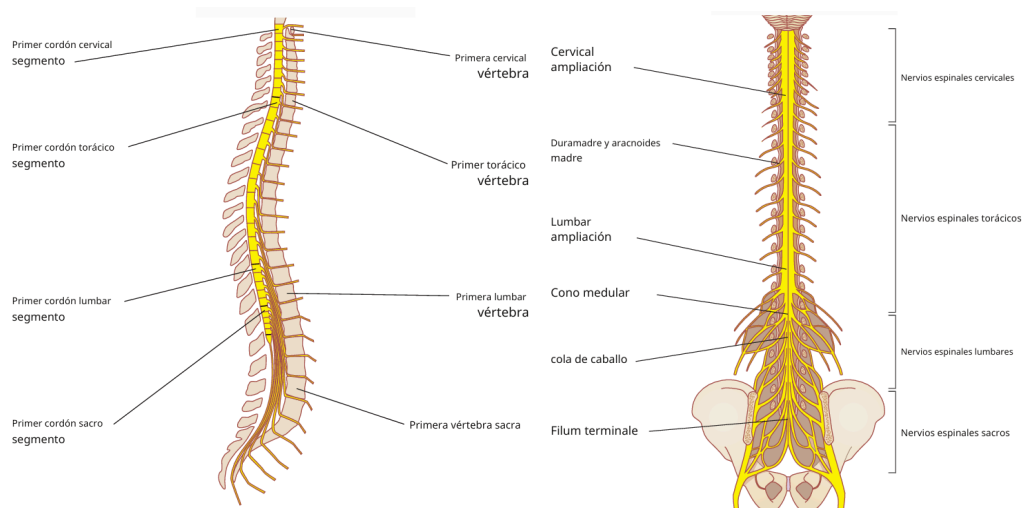
- División sensorial o aferente: aporta información del exterior hacia el sistema nervioso.
- División motora o eferente: transporta información del sistema nervioso hacia la periferia.
- Interneuronas: intercambian información entre nervios eferentes y aferentes.

El SNC incluye a la médula espinal, que es la porción más caudal del SNC y se extiende desde la base del cráneo hasta la primera vértebra lumbar. Está segmentada en 31 pares de nervios espinales, que contienen tanto nervios aferentes como eferentes.



**Fig. 2.** Actividad de los reflejos en el sistema nervioso[17]

La médula espinal tiene muchos nervios que salen de ella y estos comunican al cerebro con el resto del cuerpo, por lo que se divide en cuatro regiones: cervical, torácica, lumbar y sacra. Dentro de la médula hay dos vías nerviosas: las vías ascendentes, que llevan señales del cuerpo hacia el cerebro, y las vías descendentes, que llevan órdenes del cerebro al cuerpo. Cabe aclarar que muchos movimientos no necesitan de estas vías. Por ejemplo, si se toca algo puntiagudo, la mano se retirará automáticamente gracias al reflejo medular. En estos casos, las interneuronas permiten que las señales viajen más rápido.



**Fig. 3. Estructura de la médula espinal [17]**

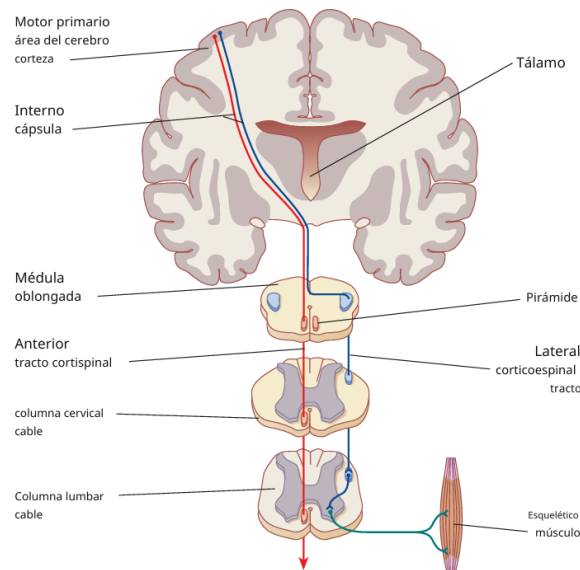
Como centro reflejo del cuerpo, la médula espinal también participa como centro integrador, controlando los reflejos somáticos y autónomos.

Los tractos descendentes son los responsables de la transmisión de impulsos motores que controlan el movimiento, la regulación del tono muscular, la modulación de los reflejos segmentarios espinales y la regulación de funciones viscerales. Las vías descendentes comprenden:

- Neuronas motoras superiores (UMN): van desde la corteza hasta la médula espinal.
- Neuronas motoras inferiores (LMN): se extienden desde la médula hasta los músculos y algunas glándulas efectoras.

Estas neuronas tienen una relevancia clínica que se hace evidente cuando sufren daño. Cuando las neuronas motoras superiores se lesionan, esto puede reflejarse en parálisis espástica, vejiga neurógena refleja o intestino neurógeno. En cambio, cuando las neuronas motoras inferiores se lesionan, ni los impulsos voluntarios ni los reflejos pueden transmitirse a los músculos, lo que lleva a parálisis flácida, vejiga neurogénica o intestino neurogénico.

Los tractos ascendentes están encargados de la transmisión de impulsos de la periferia hacia el sistema nervioso central, tales como la vibración, el estiramiento, el tacto profundo, la propiocepción, la conciencia cinestésica, el dolor, la temperatura y el tacto.



**Fig. 4. Médula espinal: organización interna[17]**

### **3. Estadísticas a nivel mundial y nacional de las causas de daño en la lesión medular**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) indicó que alrededor de 15,4 millones de personas sufren de una lesión en su médula espinal en 2021. Generalmente las lesiones traumáticas eran causadas por caídas o accidentes de tráfico, seguidas por lesiones violentas (considerando también conductas autolesivas) y las lesiones relacionadas con trabajo o deportes. Por otro lado, las lesiones no traumáticas (causadas por enfermedades como HTLV 1 o Mall de Potts) también están aumentando, en especial en las poblaciones envejecidas debido al incremento de enfermedades y afecciones degenerativas. [6]

En un análisis epidemiológico global en 2021 brindan datos sobre la incidencia global de lesiones traumáticas que se estima que son 23 casos por 1 millón de habitantes; esto puede desglosarse de la siguiente manera: en el Caribe, 19 casos por millón, y América Central, 24 por millón y Américas del sur, 25 por millón. Globalmente, la distribución de las lesiones medulares traumáticas presenta un comportamiento bimodal: en los hombres predominan entre las edades de 18 a 32 años, mientras que en las mujeres las LME predominan en aquellas con 65 años o más. Países pertenecientes a América Latina reportan aumento notorios en lesiones de médula espinal y cambios epidemiológicos debido a la violencia a la que se exponen los habitantes habitualmente. [7]

En el Perú, gracias al Instituto Nacional de Rehabilitación (INR) durante el año 2022 fueron atendidos 4033 pacientes con lesión medular y tan solo la mitad del año 2023, INR ya había brindado atención 2654 pacientes por lo cual se buscó incentivar actividades para visualizar la importancia del servicio de rehabilitación [8]. Ya que las personas que padecen este tipo de lesión suelen sufrir no solo físicamente, esto

puede llevar a problemas emocionales lo cuales pueden afectar a las familias de los mismo pacientes. [9]

#### **4. Causas por el que se produce una lesión medular**

Respecto a las causas, según la Organización Mundial de la Salud[11], cerca del 90 % de los casos de lesión medular se deben a traumatismos ocasionados principalmente por accidentes vehiculares, los cuales afectan en mayor medida a la población joven debido a factores como el exceso de velocidad o la conducción bajo los efectos de bebidas alcohólicas y estupefacientes. Dentro del mismo grupo se encuentran las caídas, que generalmente son la causa principal de esta lesión en adultos mayores. Por último, la violencia, ya sea provocada por terceros o por uno mismo, también es considerada una de las causas principales, debido al incesante aumento de casos de violencia en la sociedad.

Por otra parte, también es importante mencionar las causas no relacionadas con traumatismos, las cuales han ido en aumento en la población de mayor edad. Dentro de este grupo se encuentran los tumores en la columna vertebral o en la médula espinal, que se clasifican en cuatro tipos dependiendo de la zona en la que se ubiquen. Este tipo de afección puede causar potencialmente una discapacidad permanente en quien la padezca. Del mismo modo, infecciones como la meningitis, poliomielitis, mielitis transversa o absceso espinal pueden ser causantes de esta condición. Asimismo, las enfermedades degenerativas y vasculares, que provocan un deterioro progresivo de las funciones nerviosas y motoras, pueden generar una pérdida gradual de la movilidad en las zonas afectadas.

#### **5. Factores de riesgo**

Los factores de riesgo pueden cambiar dependiendo de la edad del paciente, en el caso de los pacientes pediátricos a nivel mundial su principal factor de riesgo es el trauma craneoencefálico, el mecanismo de trauma también es un factor a tomar en cuenta, los de alto riesgo son: la colisión de vehículo motorizado con expulsión del paciente, caídas de 2-3 veces la altura del niño, clavados en agua poco profunda y/o carga axial en la cabeza, mecanismo de aceleración/desaceleración de la cabeza, tracción sobre el cuello, trauma contuso multisistémico y deportes o actividades recreativas. También hay condiciones médicas que se relacionan con mayor riesgo de lesión espinal cervical, dentro de las cuales se encuentra la artritis reumatoide, la osteoporosis, los tumores óseos y la metástasis. Estos casos se presentan en condiciones de pérdida de masa ósea causando que los mecanismos de lesión no sean por traumas de alto impacto, sino por acciones cotidianas. Los trastornos de coagulación debido al tratamiento crónico con anticoagulantes tienden a generar hematomas epidurales, subdurales o intramedulares por traumatismos leves, las condiciones como el síndrome de Down, raquitismo, osteogénesis imperfecta, la enfermedad de Klippel-Feil, la acondroplasia, Ehlers Danlos, el síndrome de marfan y la osteodistrofia renal son patologías osteotendinosa que generalmente genera sitios de vulnerabilidad en la columna cervical. En la población pediátrica y general

se pueden tener complicaciones similares, como la retención urinaria y fecal e infecciones, también están las úlceras por presión, las infecciones de vías urinarias, escoliosis, espasticidad y contracturas; esto se puede solucionar/prevenir con cambios de posición rutinarios, adecuada higiene. fisioterapia y en casos de contracturas se puede tratar con antiespasmódicos, esto debe ser dentro de un entorno en el cual no genera demasiadas complicaciones al paciente, como un entorno familiar o un entorno con médicos especializados, debido a que los pacientes pediátricos necesitan una alta atención, su entorno debe ser el adecuado si no es el adecuado se pueden presentar más seguido las complicaciones, lo cual conlleva a un mayor dinero gastado lo cual se complica para las familias de bajo nivel social.[15]

Los factores de riesgo en adultos en el rango de edad de los 19 a los 64 años, el más frecuente son los accidentes de tránsito, los traumas raquimedulares se presentan mayormente en adultos menores a 40 años , estos sucesos se dan mayoritariamente en los países en vía de desarrollo a pesar de que la mayor cantidad de automotores están en los países desarrollados.(World Health Organization [OMS],2022.

También se deben mencionar las caídas que siguen presentes como predominantes de diferentes estudios, debido a que es la segunda causa de mortalidad no traumática, 684.000 personas fallecen al día, estas son producidas por personas que trabajan en altura, al consumo del alcohol, patologías subyacentes, la edad o efectos adversos de ciertos medicamentos.(World Health Organization [OMS], 2021).

Cabe recalcar que hay una alta prevalencia de lesión medular en los continentes de América y Asia, siendo en África donde no hay artículos suficientes para establecer comparaciones, tampoco se puede establecer una prevalencia global debido a la falta de información fiable de algunas regiones y países en vías de desarrollo.[16]

En la parte de Europa la incidencia es de 16 y 19.4 casos nuevos por millón de habitantes, con la notable excepción de los Países Bajos, España y Dinamarca teniendo una incidencia fue menor (2.3)

En España la incidencia fue de 12-20 casos por millón de habitantes, se tiene una estimación que 38.000 personas viven con lesión medular en España.[14]

En cuanto a la diferencia entre la cantidad de casos de lesión medular entre géneros, al revisar varias investigaciones con pacientes que presentan esta aflicción, siempre hay una mayor cantidad de hombres que de mujeres, normalmente en una relación de 6 a 4.

## **6. Vulnerabilidad en la médula espinal**

La demografía de daño en la médula espinal en adultos ha cambiado a lo largo de las décadas, notando un aumento en la prevalencia de daño en los mayores de edad, siendo las más comunes y frecuentes debido a caídas, en el caso de los jóvenes, ha decaído su porcentaje debido a las medidas de seguridad en deportes y medios de transporte, en el caso de la población pediátrica comparado con los adultos es menos común, siendo la columna cervical la más frecuente lesión de

columna, presentándose entre un 40-60% de todas las lesiones en los niños, los casos más comunes son accidentes automovilísticos, complicaciones en su desarrollo en el vientre de la madre, caídas o abuso infantil, los niños jóvenes son más propensos a tener lesiones cervicales superiores y niños mayores a lesiones cervicales inferiores similar a los casos en adultos, niños menores a 8 años se presentan una alta incidencia de subluxación sin fracturas. Los mecanismos sugeridos por SCIWORA incluyen lesiones por hiperextensión o flexión de columna vertebral inmadura y su elasticidad inherente que es muy vulnerable a fuerzas externas y permite un movimiento intersegmentario significativo y una protrusión transitoria del disco blando, lo que resulta en lesiones por distracción y/o lesión isquémica de la médula espinal. En el mundo haciendo comparativa de casos de muerte por lesión medular tanto en hombre como mujeres (68.3%-31.7%).

La fig 5. tiene como finalidad mostrar el porcentaje de incidencias de algunos niveles de lesión , por lo que se puede afirmar que las lesiones cervicales altas (C1-C4) y lumbares/sacras son el tipo de nivel de lesión más frecuente[13]

Nivel de lesión			
Cervical alta(C1-C4)	389 (29.9%)	96 (42.9%)	293 (27.2%)
Cervical baja (C5-C7)	290 (22.3%)	60 (26.8%)	230 (21.3%)
Torácica(T1-T12)	283 (21.7%)	31 (13.8%)	252 (23.4%)
Lumbar o sacra	341 (26.2%)	37 (16.5%)	304 (28.2%)

**Fig. 5. Niveles de daño[13]**

## 7. Referencias:

- [1] Kenhub, "Médula espinal: anatomía y funciones", *Kenhub*, 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.kenhub.com/es/library/anatomia-es/medula-espinal-es>. [Accedido: 31-mar-2025].
- [2] Dolopedia, "Segmento de la médula espinal", *Dolopedia*, 2025. [En línea]. Disponible: [https://dolopedia.com/uploads/media/3-antonio-jose/segmento\\_medula\\_espinal\\_bueno.JPG](https://dolopedia.com/uploads/media/3-antonio-jose/segmento_medula_espinal_bueno.JPG). [Accedido: 31-mar-2025].
- [3] F. H. Netter, *Atlas de Anatomía Humana*, 7ª ed. Barcelona: Elsevier, 2019, lámina 170.
- [4] L. S. Costanzo, *Fisiología*, 6ª ed. Barcelona, España: Elsevier, 2019.
- [5] K. E. Barrett, S. M. Barman, S. Boitano y H. L. Brooks, *Fisiología médica de Ganong*, 26ª ed. Madrid, España: McGraw-Hill, 2019.
- [6] Organización Mundial de la Salud (WHO), "Lesión de la médula espinal," World Health Organization, 1 de abril de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/spinal-cord-injury#:~:text=La%20expresión%20«lesiones%20de%20la,infecciones,%20toxinas%20o%20defectos%20congénitos>.



[7] Revista Colombiana de Medicina Física y Rehabilitación, "Actualización sobre la situación de la lesión medular en América Latina: Retos y oportunidades en su atención," Rev. Colomb. Med. Fís. Rehabil., 1 de abril de 2025. [En línea]. Disponible: <https://revistacmfr.org/index.php/rcmfr/article/view/360/414>.

[8] Gobierno del Perú, "Más de 2600 atenciones brindó el Instituto Nacional de Rehabilitación a pacientes con lesión medular," Gob.pe, 1 de abril de 2025. [En línea]. Disponible: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/827393-mas-de-2600-atenciones-brindo-el-instituto-nacional-de-rehabilitacion-a-pacientes-con-lesion-medular>.

[9] Revista Médica Herediana, "Repercusión familiar y apoyo social en familias de pacientes con lesión medular," Rev. Méd. Herediana, 2 de abril de 2025. [En línea]. Disponible: <https://revistas.upch.edu.pe/index.php/RMH/article/view/4243>.

[10] K. L. Kim, Fisiología médica Ganong, 26ª ed. México: McGraw-Hill, 2022.

[11] World Health Organization, "Spinal cord injury," WHO, Nov. 16, 2022. [En línea]. Disponible: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/spinal-cord-injury>. [Accedido: Abr. 01, 2025].

[12] C. Barbiellini Amidei, L. Salmaso, S. Bellio, and M. Saia, "Epidemiology of traumatic spinal cord injury: a large population-based study," Spinal Cord, vol. 60, no. 9, pp. 812–819, 2022. [En línea]. Disponible: <https://www.nature.com/articles/s41393-022-00795-w>.

[13] L. Van Den Hauwe, P. C. Sundgren, and A. E. Flanders, "Spinal trauma and spinal cord injury (SCI)," en Diseases of the brain, head and neck, spine 2020–2023: diagnostic imaging, 2020, pp. 231-240.

[14] Pérez, A. M. Valoración de la función respiratoria en la lesión medular.

[15] Castrillo HC, Solano MJC, Leitón SV. Particularidades y abordaje de la lesión espinal cervical en la población pediátrica . Revista Médica Sinergia. 2022;7(06):.

[16] Cañar Camacho, J. F., Ramírez Coronel, A. A., Romero Sacoto, L. A., Estrella González, M. de los Ángeles, & Maxi Maxi, E. A. (2023). Factores de riesgo y prevalencia de la lesión medular en adultos: una revisión sistemática. Revista Multidisciplinaria Investigación Contemporánea, 1(2), 79-100

[17] F. Sheerin, "Spinal cord injury: anatomy and physiology of the spinal cord," Emergency Nurse, vol. 12, no. 8, pp. 30–36, 2004, doi: 10.7748/en2004.12.12.8.30.