

Artigo de revisão

ANATOMIA MACROSCÓPICA, MICROSCÓPICA, VASCULAR E ENVOLTÓRIOS MENÍNGEOS DA MEDULA ESPINHAL – orientações para o estudante de Medicina

THE SPINAL CORD'S MACROSCOPIC,
MICROSCOPIC AND VASCULAR ANATOMY
AND ITS MENINGEAL WRAPS – a guide

Matheus Costa Cabral ^{a *}

Renan Liboreiro Kilesse ^a

Andressa Antunes Prado de França ^a

Cristiano Andrade Quintão Coelho Rocha ^a

Ronaldo Afonso Torres ^a

Alice Abranges A. de Castro ^a

Elaine Teixeira Fernandes ^a

Márcio Luiz Rinaldi ^a

Filipe Moreira de Andrade ^a

^a Faculdade Governador Ozanam Coelho / Ubá-MG

RESUMO

Introdução: A medula espinhal é o órgão do sistema nervoso central que apresenta menor modificação durante o desenvolvimento embrionário, sendo estruturalmente simples em relação aos demais órgãos desse sistema.

Objetivo: O objetivo do presente estudo é realizar uma revisão literária sobre a macroscopia, a microscopia, a vascularização e os envoltórios meníngeos da medula espinhal. **Métodos:** O presente estudo consiste em uma revisão de literatura realizada através da busca de artigos científicos nas bases de dados Scielo e PubMed, utilizando descritores do DeCS (Descritores em ciências da Saúde) e MeSH (Medical Subject Headings).

Resultados: Macroscopicamente, a medula espinhal é dividida em substância branca e substância cinzenta, esta sendo composta por um conjunto de corpos de neurônios e aquela

por um conjunto de axônios organizados em tratos e fascículos ascendentes e descendentes. Microscopicamente, a substância cinzenta é dividida em colunas, enquanto a branca é dividida em função das conexões que os tratos e fascículos fazem com órgãos supramedulares do sistema nervoso central. A vascularização da medula se origina em grande parte das artérias vertebrais direita e esquerda e das artérias segmentares do pescoço, tórax e abdômen. Em relação aos envoltórios meníngeos, a medula é revestida por três membranas meníngicas; a pia-máter é a mais interna e a dura-máter, a mais externa; entre essas duas membranas, há a aracnoide. **Conclusão:** O estudo das características morfológicas da medula espinhal é de suma importância no entendimento das alterações características da disfunção ou lesão de segmentos medulares específicos.

Palavras-chave: Medula espinhal. Macroscopia da medula espinhal. Vascularização da medula espinhal. Tratos e fascículos medulares. Meninges.

ABSTRACT

Introduction: The spinal cord is the organ of the central nervous system that presents fewer modifications during the embryonic development, being structurally simple when compared to the others organs of this system. **Objective:** This study's purpose is to realize a literary review about the macroscopic and microscopic aspects of the spinal cord and its vascularization and meningeal wraps. **Methods:** The present study consists of a literature review conducted through

* E-mail: matheus_c.cabral@yahoo.com.br



the search of scientific articles in the ScIELO and PubMed databases using DeCS descriptors and Medical Subject Headings (MeSH). **Discussion:** Macroscopically, the spinal cord is divided into white matter and gray matter, it is composed by a set of neurons's bodies which consists of a set of axons organized in ascending and descending tracts and fascicles. Microscopically, the gray matter is divided into columns. The white matter, however, is microscopically divided according to the connections that the tracts and fascicles make with supramedullary organs of the central nervous system. The vascularization of the spinal cord originates largely from the right and left vertebral arteries and the segmental arteries of the neck, thorax and abdomen. In relation to meningeal wraps, the medulla is covered by three meningeal membranes, the pia mater being the most internal, the outermost, dura mater, and between these two membranes there is the arachnoid. **Conclusion:** The study of the spinal cord's morphological characters it's extremely important for the understand of characteristic alterations of the dysfunction or lesion of specific spinal segments.

Keywords: Spinal cord. Spinal cord macroscopy. Spinal cord vascularization. Spinal tracts and fascicles. Meninges.

INTRODUÇÃO

A medula espinhal é uma massa cilindroide, com menor diâmetro anteroposterior em relação ao laterolateral, de tecido nervoso que está localizada no canal vertebral, sendo este constituído pela junção dos forames vertebrais das vértebras cervicais, torácicas e lombares. É onde o tubo neural foi menos modificado durante o desenvolvimento embrionário e corresponde ao órgão de maior simplicidade do sistema nervoso central (Orhan, Alireza, Pruitt, 2013).

Superiormente, a medula espinhal tem sua delimitação na transição com o bulbo, na altura do atlas (C1), aproximadamente no nível do forame magno do osso occipital. Inferiormente,

termina ao nível da segunda vértebra lombar (L2), após diminuir sua espessura gradativamente a partir da décima primeira vértebra torácica (T11) ao emitir as raízes que constituem a cauda equina, formando o cone medular terminal, de onde emerge o filamento terminal que se insere no primeiro segmento coccígeo (Orhan, Alireza, Pruitt, 2013).

Em sentido craniocaudal, a medula se divide nas seguintes porções: cervical, torácica, lombar e sacrococcígea e seu calibre não é uniforme, possuindo duas dilatações denominadas de intumescências cervical e lombar. Estas últimas são regiões medulares de aglomeração dos corpos neuronais que constituem os corpos dos neurônios motores inferiores responsáveis por emitir as raízes nervosas que constituirão os troncos do plexos braquial e lombossacral, destinados a inervação dos membros superiores e inferiores, respectivamente (Cho, 2015).

Microscopicamente, a medula espinhal é constituída por áreas de substância cinzenta e substância branca, sendo que esta última é formada por tratos e fascículos ascendentes e descendentes (Orhan, Alireza, Pruitt, 2013).

A vascularização da medula provém em grande parte da artéria espinhal anterior, espinhal posterior direita e espinhal posterior esquerda, ramos da artéria vertebral esquerda e artéria vertebral direita antes da união dessas no nível do sulco bulbopontino para constituir a artéria basilar. Além dessas artérias, uma menor parte da vascularização desse órgão é proveniente das artérias radiculares, ramos das artérias segmentares do pescoço, tórax e abdômen (Amato, Stolf, 2015).

A medula espinhal é revestida por envoltórios de tecido conjuntivo denominados meninges, que são: dura-máter, aracnoide e pia-máter. A membrana meníngea mais externa é a dura-máter, a mais interna é a pia-máter, e entre essas está a aracnoide. Essas membranas, além de revestir o tecido nervoso medular, delimitam cavidades ou espaços, que são: espaço epidural, subdural e subaracnóideo. Desse modo, o objetivo do presente estudo é realizar uma revisão literária sobre a macroscopia, a

microscopia, a vascularização e os envoltórios meníngeos da medula espinhal (Tokmak, Ozek, Iplikcioglu, 2015).

METODOLOGIA

Realizou-se uma revisão de literatura, utilizando as palavras ou frases “medula espinhal, macroscopia da medula espinhal, vascularização da medula espinhal, tratos e fascículos medulares e menínges”, como base para as buscas nos sites ScIELO e PubMed, utilizando descritores do DeCS (Descritores em ciências da Saúde) e MeSH (Medical Subject Headings). Os artigos encontrados foram filtrados com os seguintes critérios de inclusão: somente os textos “completos” e escritos nas seguintes línguas: inglês, espanhol e português. Além disso, foram utilizados livros de neuroanatomia, neurologia, anatomia, semiologia, fisiologia e patologia como forma de embasamento teórico para realização do presente estudo. Houve a exclusão de dados obtidos nas pesquisas que não apresentaram relevância para o estudo.

RESULTADOS

Macroscopicamente, a superfície medular externa possui sulcos longitudinais, que são as estruturas que dividem esse órgão em diferentes segmentos anatômicos. Esses sulcos percorrem a medula por toda sua extensão e são: sulco mediano posterior, fissura mediana anterior, sulco lateral anterior direito, sulco lateral anterior esquerdo, sulco lateral posterior direito, sulco lateral posterior esquerdo e, apenas na medula cervical, sulco intermédio posterior. Este último é o marcador anatômico da divisão das fibras aferentes que constituem o fascículo grátil (medial) e o fascículo cuneiforme (lateral), continuando internamente como septo intermédio posterior (Orhan, Alireza, Pruitt, 2013).

Microscopicamente, a substância branca medular é constituída pela organização dos axônios de neurônios aferentes e eferentes, que

são denominados tratos ou fascículos. Para fins didáticos, é possível sistematizar essas vias em dois grandes grupos, sendo: vias descendentes e vias ascendentes (Orhan, Alireza, Pruitt, 2013).

A medula é vascularizada em grande parte pela artéria espinhal anterior, espinhal posterior direita e espinhal posterior esquerda, ramos da artéria vertebral esquerda e vertebral direita antes da união dessas no nível do sulco bulbopontino para constituir a artéria basilar. Além dessas artérias, uma menor parte da vascularização desse órgão é proveniente das artérias radiculares, ramos das artérias segmentares do pescoço, tórax e abdômen, que são: tireóidea inferior, intercostais, lombares e sacrais (Amato, Stolf, 2015).

Todo o sistema nervoso central é revestido por membranas de tecido conjuntivo, denominadas de meninges. Na medula, há a paquitomeníngue, a dura-máter e a leptomeníngue, a aracnoide e a pia-máter (Tokmak, Ozek, Iplikcioglu, 2015).

DISCUSSÃO

Macroscopia Medular

Além de delimitar os segmentos anatômicos desse órgão, os sulcos são estruturas que marcam a trajetória de estruturas nervosas e vasculares. Assim sendo, a fissura mediana anterior é o local onde descende a artéria espinhal anterior; o sulco lateral posterior direito e o sulco lateral posterior esquerdo são o local onde penetram na medula os prolongamentos centrais aferentes dos gânglios espinhais dorsais e onde descendem as artérias espinhal posterior direita e espinhal posterior esquerda, respectivamente; e os sulcos laterais anteriores direito e esquerdo são os locais onde emergem as raízes ventrais dos nervos espinhais, provenientes dos segundos neurônios motores do corno anterior da medula (Orhan, Alireza, Pruitt, 2013).

Internamente, é possível observar duas regiões anatômica e histologicamente distintas,

que são as substâncias negra e branca da medula espinhal. A substância branca é constituída predominantemente pelos axônios dos neurônios, cujos corpos celulares estão predominantemente na substância cinzenta, sendo esta última circundada pela substância branca. A substância branca é macroscopicamente dividida em funículos e dois grandes fascículos visíveis e diferenciáveis a olho nu. Assim, entre a fissura mediana anterior e o sulco lateral anterior, há o funículo anterior; entre o sulco lateral anterior e o sulco lateral posterior, há o funículo lateral; e, entre o sulco lateral posterior e o sulco mediano posterior, há o funículo posterior, sendo este último dividido em fascículo grátil (medial) e fascículo cuneiforme (lateral) pelo sulco e septo intermédio posterior (Cho, 2015).

Na região central está localizada a substância cinzenta da medula espinhal, com forma de , a qual anatomicamente se subdivide em coluna anterior, coluna posterior, coluna intermédia lateral e coluna intermédia central. Nesta última está localizado o canal do epêndima ou canal central da medula, local correspondente ao canal central do tubo neural; e na coluna intermédia lateral está a coluna lateral medular, região anatomicamente importante por ser a origem dos neurônios pré-ganglionares do componente simpático do sistema nervoso autônomo. Essa divisão é realizada com base em duas linhas horizontais, uma anterior e outra posterior, que tangenciam o ramo horizontal e duas linhas que tangenciam as bordas mediais dos ramos verticais direito e esquerdo do H formado pela substância cinzenta medular (Orhan, Alireza, Pruitt, 2013).

A coluna anterior possui uma base situada posteriormente e em contato com a substância cinzenta intermédia lateral e um ápice anteriormente. Já a coluna posterior possui, de anterior para posterior, uma base, um pescoço e um ápice (Hotson, Anderson, 2012).

A medula espinhal é segmentada, não havendo septos ou sulcos que dividem esses segmentos, sendo estes identificados através da conexão dos nervos espinhais com a medula. Existem 31 pares de nervos espinhais e, portanto,

31 segmentos medulares, sendo: 8 cervicais, 12 torácicos, 5 lombares, 5 sacrais e 1 coccígeo. Cabe ressaltar que há uma correspondência entre os segmentos medulares e as vértebras e a isso se dá o nome de topografia vertebromedular. Assim, como existem 8 pares de nervos espinhais cervicais e apenas 7 vértebras cervicais, o primeiro nervo cervical emerge acima da primeira vértebra cervical, enquanto o oitavo emerge abaixo da sétima. Os demais nervos emergem abaixo das vértebras correspondentes (Hotson, Anderson, 2012).

Para identificar o segmento medular que corresponde a cada vértebra, basta somar 2 ao número da vértebra. Essa regra é verídica apenas para as vértebras de C2 a T10. A T11 e a T12 correspondem a todos os segmentos lombares; a L1, a todos os segmentos sacrais (Cho, 2015).

Microscopia Medular – Vias Descendentes

Em descrições morfológicas prévias, a divisão das vias descendentes medulares era baseada na relação dessas vias com uma região anatômica da porção ventral do bulbo, a pirâmide bulbar. Assim, essas vias eram divididas em dois grupos: as vias piramidais e as vias extrapiramidais. Entretanto, essa classificação não é mais válida, sendo a divisão de Kuyper a mais utilizada pelos neuroanatomistas; portanto, esta divisão será levada em consideração no presente estudo (Hotson, Anderson, 2012).

Os tratos descendentes localizados no funículo lateral da medula são os responsáveis pela motricidade voluntária da musculatura distal dos membros superiores e inferiores, ou seja, os movimentos finos. Esses tratos correspondem às vias piramidais, mas atualmente, pela classificação de Kuyper, são denominados de tratos do sistema lateral; são eles: trato corticoespinhal lateral e trato rubro espinhal (Orhan, Alireza, Pruitt, 2013).

O trato corticoespinhal lateral tem origem no giro pré-central do córtex cerebral e segue em trajetória de superior para inferior pela cápsula interna. No tronco encefálico, descende pelas pirâmides bulbares, onde decussa na decussação

das pirâmides. Ipsilateralmente em relação à sua origem, emite ramos que fazem sinapse com os corpos neuronais dos segundos neurônios motores, localizados no corno anterior da medula, que são responsáveis pela motricidade voluntária da musculatura distal dos membros (Orhan, Alireza, Pruitt, 2013).

O trato rubroespinal tem origem no núcleo rubro do mesencéfalo, onde recebe aferências do córtex motor e de aparelhos sensitivos especializados para a realização de reflexos. Também termina fazendo sinapse com os corpos neuronais dos segundos neurônios motores (Rubin, Rabinstein, 2013).

Os tratos descendentes localizados no funículo anterior da medula são: corticoespinal anterior, teto espinal, reticuloespinal pontinho, reticuloespinal bulbar, vestíbulo espinal lateral e vestíbulo espinal medial (Hotson, Anderson, 2012).

O trato corticoespinal anterior tem origem no giro pré-central do lobo frontal e termina nos núcleos dos neurônios motores da medula. É responsável pelo controle da motricidade voluntária da musculatura axial e da parte proximal de ambos os membros (Zhang et al., 2013).

O trato teto espinal se origina no colículo superior do teto mesencefálico e termina na coluna anterior da medula, sendo responsável pela movimentação reflexa da cabeça por estímulos visuais, auditivos e sensoriais (Rubin, Rabinstein, 2013).

O trato reticuloespinal pontino tem origem na formação reticular da ponte e termina nas colunas lateral e anterior da substância cinzenta medular, sendo responsável pela motricidade voluntária da musculatura axial e proximal, controle da marcha e ajustes posturais ao atuar na contração da musculatura extensora do membro inferior. Já o trato reticuloespinal bulbar se origina na formação reticular do bulbo e termina ao fazer sinapse com os neurônios das colunas anterior e lateral da medula espinal, sendo responsável pelo relaxamento da musculatura extensora do membro inferior e motricidade voluntária da musculatura axial e

proximal dos membros (Hotson, Anderson, 2012).

Os tratos vestibuloespinal lateral e vestibuloespinal medial têm origem no núcleo vestibular lateral e medial, respectivamente, e terminam na coluna anterior. São responsáveis pela manutenção do equilíbrio, manutenção do centro de gravidade corporal e ajustes posturais da cabeça e pescoço (Zhang et al., 2013).

Microscopia Medular – Vias Ascendentes

As vias ascendentes medulares possuem íntima relação com os ramos centrais dos neurônios sensitivos dos gânglios sensitivos espinhais (dorsal). Esses ramos terminam fazendo sinapse com neurônios da coluna anterior da substância cinzenta, neurônios internunciais, neurônios cordonais de associação, neurônios pré-ganglionares da coluna lateral ou neurônios cordonais de projeção. O neurônio com o qual esses ramos centrais sensitivos fazem sinapse é que vai determinar sua função e trajetória anatômica, que se faz por meio das vias ascendentes da medula espinal (Cho, 2015).

As vias ascendentes são divididas, para fins didáticos, em três grandes grupos: vias ascendentes do funículo posterior, vias ascendentes do funículo lateral e vias ascendentes do funículo anterior (Zhang et al., 2013).

As vias ascendentes do funículo posterior são constituídas pelos fascículos grátil e cuneiforme, sendo este mais lateral e aquele mais medial. Esses dois fascículos são originados a partir dos ramos ascendentes longos das fibras do grupo medial da raiz dorsal, terminam fazendo sinapse nos núcleos grátil e cuneiforme, situados no bulbo, e estão separados pelo septo intermédio posterior. São responsáveis por transmitir impulsos nervosos referentes à propriocepção consciente, tato epicrítico, sensibilidade vibratória e estereognosia (Orhan, Alireza, Pruitt, 2013).

As vias ascendentes do funículo anterior são constituídas pelo trato espinotalâmico anterior que se origina na coluna posterior da medula, cruza para lado oposto através da comissura anterior e termina fazendo sinapse nos

núcleos talâmicos. É responsável pela aferência do tato protopático e pressão (Orhan, Alireza, Pruitt, 2013).

As vias aferentes do funículo lateral são constituídas pelos tratos espinotalâmico lateral, espinocerebelar anterior e espinocerebelar posterior. O trato espinotalâmico lateral se origina na coluna posterior da medula e termina fazendo sinapse com os núcleos talâmicos, sendo responsável pela aferência sensitiva referente à temperatura e dor. O trato espinocerebelar anterior se origina na coluna posterior e substância cinzenta intermédia e termina fazendo sinapse no córtex cerebelar, sendo responsável pela transmissão de aferências referentes ao tônus muscular para o cerebelo e, portanto, é crucial para a propriocepção inconsciente. Cabe ressaltar que, além disso, esse trato é responsável por transmitir ao cerebelo o grau de excitação do trato corticoespinhal lateral, sendo relevante para uma plausível execução do ato motor (Orhan, Alireza, Pruitt, 2013).

Por último, o trato espinocerebelar posterior também se origina na coluna posterior da medula e termina fazendo sinapse com o córtex cerebelar, sendo responsável pela transmissão de informações referentes à propriocepção inconsciente, como relatado anteriormente para o trato espinocerebelar anterior (Cho, 2015).

Vascularização da Medula Espinal

A coluna anterior, a coluna lateral, o funículo anterior e o funículo lateral da medula são irrigados pela artéria espinhal anterior, a qual é constituída por dois ramos confluentes provenientes das artérias vertebral direita e vertebral esquerda, como anteriormente relatado. A artéria espinhal anterior possui trajetória descendente na fissura mediana anterior até o cone medular e, ao longo de sua trajetória, emite as artérias sulcais, que perfuram a substância medular através da fissura mediana anterior (Rubin, Rabinstein, 2013).

A coluna posterior e o funículo posterior são irrigados pela artéria espinhal posterior direita e espinhal posterior esquerda; estas emergem

da artéria vertebral direita e vertebral esquerda, assumindo trajetória descendente, medialmente aos filamentos radiculares das raízes dorsais da medula, através dos sulcos laterais posteriores (Amato, Stolf, 2015).

As artérias radiculares acompanham as raízes dos nervos espinhais correspondentes. Por último, as artérias radiculares anteriores terminam se anastomosando com as artérias espinhais anteriores, enquanto as artérias radiculares posteriores fazem anastomose com as artérias espinhais posteriores (Rubin, Rabinstein, 2013).

Envoltórios Menígeos

A dura-máter é a mais espessa das meninges, composta por uma grande quantidade de fibras colágenas organizadas. Essa membrana fibrosa envolve toda a medula espinhal desde a transição com dura-máter craniana, ao nível do forame magno, até o nível da segunda vértebra sacral. Ela continua com o epineuro das raízes dos nervos espinhais, obliterando os orifícios necessários à passagem dos nervos (Zhang, Wadhwa, Haydel, Toms, Johnson, Guthikonda, 2013).

A aracnoide está intimamente aderida à dura-máter e se insere à pia-máter através das trabéculas aracnóideas. Já a pia-máter é mais delicada e compõe-se basicamente por tecido conjuntivo frouxo, que está intimamente aderida ao tecido nervoso medular, acompanhando-o em todos os seus acidentes anátomicos (Tokmak, Ozek, Iplikcioglu, 2015).

Após o término da medula no cone medular, a pia-máter continua caudalmente, passando a receber o nome de filamento terminal da pia-máter. Este perfura o saco dural, onde recebe grande parte de suas fibras e passa a ser denominado de filamento da dura-máter espinhal, o qual se insere no periosteio da região posterior do cóccix e constitui o ligamento coccígeo. Além disso, a pia-máter possui dois ligamentos denticulados em cada superfície lateral, que se estendem longitudinalmente ao longo da medula espinhal e inserem-se na dura-

máter e aracnoide, funcionando como meios de fixação da medula no saco dural (Tokmak, Ozek, Iplikcioglu, 2015).

Os envoltórios meníngeos da medula espinhal delimitam cavidades ou espaços: epidural (espaço entre a dura-máter e o periôsteo do canal vertebral que contém tecido adiposo e o plexo venoso vertebral interno); subdural (espaço virtual entre a dura-máter e a aracnoide que contém pequena quantidade de líquido hialino); e subaracnóideo (espaço entre a aracnoide e a pia-máter que contém o líquido cerebroespinhal).

CONCLUSÃO

O conhecimento da organização neuroanatômica da medula espinhal auxilia o médico no reconhecimento de síndromes que apresentam lesões em regiões específicas da medula espinhal. Ressalta-se também a relevância clínico-cirúrgica de se entender a vascularização da medula: o conhecimento anatômico da vascularização dessa região é importante, por exemplo, no planejamento cirúrgico vascular de procedimentos na aorta, com o intuito de minimizar o risco de isquemia e evitar a oclusão iatrogênica das vias segmentares de irrigação medular. Por último, o conhecimento anatômico da disposição meníngea medular é essencial para a interpretação correta das correlações clínicas que envolvem essa estrutura anatômica. O espaço extradural medular contém tecido adiposo e um importante plexo venoso que se comunica com o plexo venoso do espaço epidural craniano, veias profundas da face e veias orbitais. Essa disposição ajuda na interpretação de condições clínicas que envolvem essas complexas anastomoses do sistema venoso medular.

REFERÊNCIAS

- Amato ACM, Stolf NAG. Anatomia da circulação medular. *J Vasc Bras.* 2015; 14(3):248-252.
- Cho TA. Spinal cord functional anatomy. *Continuum (Minneapolis Minn).* 2015; 21(1):13-35.
- Defino H. Trauma raquimedular. *Revista da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto.* 1999; 32(4):388-400.
- Fernando M, Graciela M, Panuncio A, Sebastián L. Revisión anatomo-clínica de las meninges y espacios intracranianos con especial referencia al hematoma subdural crónico. *Revista Mexicana de Neurociencia.* 2008; 9(1):47-60.
- Hotson G, Anderson WS. Bypassing the Spinal Cord: Functional Electrical Stimulation Guided by Electrocorticography Decoding. *Neurosurgery.* 2012; 71 (6):17-18.
- Molliqaj G, Payer M, Schaller K, Tessitore E. Acute traumatic central cord syndrome: A comprehensive review. *Neurochirurgie.* 2014; 60 (1-2):5-11.
- Netra R, Min L, Shao HM, Wang JC, Bin Y, Ming Z. Spinal extradural meningeal cysts: an MRI evaluation of a case series and literature review. *J Spinal Disord Tech.* 2011; 24(2):132-136.
- Orhan B, Alireza M, Pruitt AA. The Spinal Cord: A Review of Functional Neuroanatomy. *Neurologic Clinics.* 2013; 31(1):1-18.
- Pearce JM. The development of spinal cord anatomy. *Eur Neurol.* 2008; 59(6):286-291.
- Rubin MN, Rabinstein AA. Vascular Diseases of the Spinal Cord. *Neurologic Clinics.* 2013; 31(1):153-181.
- Sousa EPD, Araújo OF, Sousa CLM, Muniz MV, Oliveira IR, Neto NGF. Principais complicações do traumatismo raquimedular nos pacientes internados na unidade de neurocirurgia do Hospital de Base do Distrito Federal. *Com. Ciências Saúde.* 2013; 24(4):321-330.
- Tokmak M, Ozek E, Iplikcioglu AC. Spinal Extradural Arachnoid Cysts: A Series of 10 Cases. *J. Neurol Surg. A Cent. Eur. Neurosurg.* 2015; 76(5):348-352.
- Zhang S, Wadhwa R, Haydel J, Toms J, Johnson K, Guthikonda B. Spine and Spinal Cord Trauma: Diagnosis and Management. *Neurologic Clinics.* 2013; 31(1):183-206.
- Zhao W, Cohen-Adad J, Polimeni JR, Keil B, Guerin B, Setsompop K, Serano P, Mareyam A, Hoecht P, Wald LL. Nineteen-channel receive array and four-channel transmit array coil for cervical spinal cord imaging at 7T. *Magn Reson Med.* 2014; 72(1):291-300.