

Spinal İntramedüller Tümör Cerrahisi Komplikasyonlarında Yönetim

Beste Daltaban¹

Güven Gürsoy²

Özet

Primer omurilik tümörleri tüm merkezi sinir sistem tümörlerinin %2-4'üdür. İntramedüller tümörler tüm spinal tümörlerin en nadir görüleni olup tüm tümörlerin %20-30'unu oluşturmaktadır. İntramedüller tümörler arasında en sık astrositomlar ve ependimomlar görülmektedir. Tanıda en sık manyetik rezonans görüntüleme, kemik tutulum açısından bilgisayarlı tomografi kullanılmaktadır. Preoperatif nörolojik muayene, tümör lokalizasyonu ve derecesi postoperatif komplikasyonları belirleyen başlıca faktördür. Preoperatif motor defisit varlığında prognoz daha kötüdür. Torakal seviyedeki tümörlerin cerrahisinde komplikasyon oranı artmaktadır. Başlıca komplikasyonlar postoperatif nörolojik defisit, beyin omurilik sıvı kaçağı, enfeksiyon, operasyon bölgesinde epidural kanama, mesane ve bağırsak disfonksiyonu, sistemik komplikasyonlarda pulmoner emboli, derin ven trombozu sayılabilir. Komplikasyonların en aza indirilmesinde uygun hasta seçimi ile doğru ve güvenli cerrahi ön hazırlık yanında intraoperatif görüntülemelerin kullanılması, operasyon sonrası rehabilitasyon önemlidir. Bu bölümde spinal intramedüller tümör cerrahisi sonrası gelişebilecek komplikasyonlar, risk faktörleri ve önleme stratejileri derlenmiştir.

1. Giriş

Spinal tümörler erken teşhis ve tedavi edilmezse ciddi morbidite yaratan lezyonlardır. Lokalizasyon ve histolojik tiplerine göre sınıflandırılır. Primer omurilik tümörleri tüm merkezi sinir sistemi tümörlerinin yaklaşık %2-4'üdür. Primer ve metastatik tümörler içerir. Ekstradural, intradural

- 1 Muğla Eğitim ve Araştırma Hastanesi Beyin ve Sinir Cerrahisi A.D, Muğla/ Türkiye, bestedaltaban7@gmail.com, ORCID ID: 0009-0007-4804-1281
- 2 Dr. Öğrt. Üyesi, Muğla Eğitim ve Araştırma Hastanesi Beyin ve Sinir Cerrahisi A.D, Muğla/ Türkiye, guvengursoy@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0001-8374-7916

ekstramedüller, intradural intramedüller tümörler şeklinde sınıflandırılır. En sık ekstradural tümörler görülür. Ekstradural tümörler arasında en sık metastazlar görülür. Ekstramedüller tümörler arasında en sık menenjiom, schwannomlar görülmektedir. İntradural tümörler daha nadir olmakla birlikte intradural ekstramedüller çoğunluğu oluşturmaktadır (1).

En nadir görülen tipi ise intramedüller tümörler oluşturmaktadır. İntramedüller tümörler, nörolojik bozulmaya, fonksiyon azalmasına, düşük yaşam kalitesine veya ölüme yol açabilirler. Tanının gecikmesi mortalite ve morbiditeyi artıran en önemli nedendir. Her bir lezyonun ayırt edici özelliği olsa da klinik ve radyolojik olarak halen zorluk yaşanmaktadır. Preoperatif nörolojik durum ve lezyonun tipi tedavi sonuçlarını etkileyen en önemli etmenlerdir. Erken tanı koymak tedavi süreci ve iyilik hali için oldukça önemlidir (3).

İnadural intramedüller tümörler tüm primer spinal kord tümörlerinin %20-30'unu oluşturmaktadır (4). İntramedüller tümörlerin %80'i gliomlardır. Gliomlarında %60-70'i astrositom, %30-40'ı ependimomlardır. Astrositomlar çocuklarda daha sık görülürken ependimomalar erişkin yaş grubunda daha sıktır (5). Hemanjioblastomlar intramedüller tümörlerin %2-15'ini oluşturur ve nadir görülürler. İleri yaş grubunda ise en sık metastatik tümörler görülmektedir (2). Metastatik intramedüller tümörlerin %40-60'ı akciğeri %14'ü meme kökenlidir. Lipomlar ve daha az insidansla diğer intramedüller tümörler literatürde belirtilmiştir. (Tablo 1). İntramedüller tümörlerin oluşmasında genetik faktörlerde etkili olabilmektedir. İlişkili sendromlar arasında NF-1, NF-2, VonHippel-Lindau sayılabilir.

Tablo 1: İntramedüller spinal kord tümörler

Tümör sınıflaması	Tümör
Nöroepitelyal	• Astrositik (astrositoma, glioblastoma) • Embriyonal (primitif nöroektodermal) • Ependimal (ependimoma, subependimoma) • Mix glial • Nöronal ve mix nöro-glial (gangliositoma, ganglioglioma, ganglionöroblastoma) • Oligodendrogial (oligodendroglioma) • Orgini bilinmeyen (polar spongioblastoma)
Spinal sinir	• Nörofibroma • Schwannoma
Nonmeningotelyal, mesenkimal	• Hemangiyoblastom • Lipom, • Melanom, • Sarkom

Germ hücreli tümör	• Germinom, • Teratom
Kist	• Dermoid, • Epidermoid
Hematopoetik neoplazi	• Primer santral sinir sistemi lenfoma (mikroglial)
Metastatik tümör ve diğer neoplaziler	

2. Klinik ve inceleme yöntemleri

Başvuru şikâyeti omurga ağrısı ve nörolojik durum bozukluğudur. Başvuru anındaki nörolojik durum postoperatif iyilik halini belirleyen en önemli unsurlardan biridir. Preoperatif nörolojik durum motor defisit, yorgunluk, nörojenik kaldikasyo, duyu defisiti, üriner-gaita inkontinansı şeklinde olabilir.

Tanıda manyetik rezonans (MR) görüntüleme altın standarttır. Kemiği tutan lezyonlarda ayrıca bilgisayarlı tomografi (BT) önemli bir yer tutar. PET ve yüksek çözünürlüklü ultrason tanı, cerrahi planlama ve takip açısından kullanılmaktadır. Preoperatif diferansiyel tensör ve traktografi yöntemleri intramedüller tümörlere göre spinal kordun kranial ve kaudal demetlerinin yer değişimi göstermede oldukça etkili yöntemlerdir. Diffüzyon tensör görüntüleme ve traktografi ile preoperatif tümör rezeksiyon genişliği planlanabilmektedir.

Omurilik hasarına yönelik fonksiyonel ölçeklerden ASIA (American Spinal Injury Association) skalası, omurilik hasarı gelişen hastalarda motor ve duyu fonksiyonlarını sistematik değerlendirmek için kullanılan nörolojik sınıflama sistemidir. Bu skalayı kullanarak yaralanan omurilik seviyesi tespit edilmektedir. Hem rehabilitasyon hem de tedavi planlanması açısından kullanılabilir. Benzer şekilde McCormick Skalası (McCormick Scale) ile omurilik tümörleri ve diğer spinal patolojiler sonrası oluşan nörolojik durumu değerlendirmek için kullanılmaktadır. Özellikle cerrahi öncesi ve sonrası hastaların yürüyebilme ve günlük yaşam aktivitelerindeki bağımsızlık düzeyini objektif olarak sınıflandırmak için kullanılmaktadır.

3. Risk faktörleri, komplikasyonlar, önleme ve tedavi yaklaşımları

Komplikasyonların gelişmesinde tümörün cinsi ve derecesinin en önemli prognostik faktör olduğu, daha çok tümörün infiltratif ve non-infiltratif doğasıyla ilişkili olduğu savunulmuştur (16). Klekamp'ın sınıflandırmasına göre lezyon tanınmasında preoperatif görüntülemelerin oldukça önemli

olduğu ve ciddi bir analiz gerektirdiği savunulmuştur. Analizde son yıllarda preoperatif diferansiyel tensör ve traktografi yöntemlerinin kullanılması savunulmuştur. Bu yöntemlerle intramedüller tümörlere göre spinal kordun kraniyal ve kaudal demetlerinin yer değişimi göstermiştir. Preopreatif tümör rezeksiyon genişliğinin belirlenmesi açısından önemlidir (14).

İntramedüller tümörler spinal tümörler içerisinde '10'luk bir paya sahiptir ve çoğu glial tümörlerdir (7). İntramedüller tümör cerrahisinin yönetimi ve rezeksiyonu zordur. Adjuvan tedaviler halen tartışmalıdır (17). İntramedüller tümör radikal rezeksiyon iyi planlanma ile olmalıdır. Görüntüleme, nöromonitörizasyon, minimal invaziv yaklaşım, postoperatif radyoterapi nörolojik durum iyileşmesinde önemlidir. Preoperatif diffüzyon tensör ve traktografi, kontrastlı MRG ile lezyonun tam lokalizasyon tayinin yapılması, peroperatif nörosonitörizasyon kullanımı nörolojik durum açısından önemlidir. Preoperatif nörolojik durum postoperatif nörolojik durum ile ilgili en önemli faktördür. Peroperatif parezinin önüne geçilebilmesi açısından peroperatif pozisyonlama , uygun anestezi hazırlığı, intraoperatif nöromonitörizasyon kullanımı, minimal dorsal kolon manipülasyonu, erken rehabilitasyon nörolojik bozulmaların önüne geçilebilir. Literatürde preoperatif nörolojik durum ne kadar iyiye postoperatif nörolojik durum iyilik halinin yüksek olduğu görülmüştür (18,19)

Adamkiewicz arter perfüzyonu, erkek cinsiyet hakimiyeti, klinik bulguların uzun süreli varlığı, epidural kanama izlenmesi ve peroperatif kan transfüzyon ihtiyacı, BOS kaçağı olması ve tekrarlı cerrahi girişim ihtiyacı olması savunulmuştur (10,11).

Servikal ve servikotorasik bölgede perfüzyonun daha iyi olması, servikal spinal kanal genişliğinin geniş olması hipoperfüzyona engel olabilmesi nedenli komplikasyon oranının daha düşük olduğu savunulmuştur (11). Preoperatif syringomyeli varlığı preoperatif komplikasyon riskini azalttığı savunulmuştur (10-15).

İntradural intramedüller tümörler yerleşim yeri, tümörün histopatolojik özellikleri ve derecesi, rezeksiyon miktarı, preoperatif nörolojik durum tablosuna göre cerrahi sonrası komplikasyonlar oluşturmaktadır. En önemli komplikasyonlar arasında kalıcı nörolojik defisit, enfeksiyon, hematoma, BOS fistülü bulunmaktadır.

3.1 Nörodefisit :

Sun ve ark. duyuusal defisitlerin vakaların %23'ünde görülebileceğini bildirmiştir (6). Başka bir çalışmada en yaygın şikâyetin %40 oranla güçsüzlük olduğu bildirilmiştir (7). Literatürde komplikasyonların ortaya

çıkmasında yaşı önemli bir faktör olacağı, yetişkinlerde komplikasyon oranının çocuklardan daha sık olduğu bildirilmiştir (8). Bazı çalışmalarda ise yaşı önemli bir faktör olmadığı belirtilmiştir (7). Literatürde postoperatif dönemde motor fonksiyonlarda bozukluk oranının oldukça yüksek olduğu ve bunların yaklaşık %27,5'inde kalıcı olduğu bildirilmiştir (9). Bazı çalışmalarda kalıcı morbidite riskinin torakal seviyeden operasyon geçirenlerde daha fazla olduğu bildirilmiştir.

3.2 Hematom:

Intramedüller kitle eksizyonu sonrası hematomlar nadir görülmektedirler. Literatürde %8 oranında bildirilmiştir. Erken tanı ve acil reoprasyon planlanması, epidural kanamaya yönelik erken müdahalenin postoperatif nörolojik defisitini azaltılmasında önemli olduğu yapılan çalışmalarda vurgulanmıştır (35).

Hematom gelişmesi ise acil operasyon gerektirebilmektedir. Genellikle postoperatif dönemde ani saatler günler içerisinde gelişmekte, intramedüller, intradural, epidural şeklinde olabilmektedirler. Postoperatif dönemde ani ve yeni gelişen nörolojik defisit ile bulgu vermektedir. Tanıda ivedi MRG /BT görülmeli, hematom varlığında acil dekompresyon planlanmaktadır. Hafif olgularda ise konservatif takip önerilmektedir. Postoperatif dönemde görülen ciddi komplikasyonlardan biri epidural kanama olmasıdır.

3.3 BOS kaçağı:

Intramedüller kitle eksizyonu cerrahisinde durada oluşan defekt sonrası BOS kaçağının oluşmaması açısından dura su geçirmez suture edilmeli, otolog yağ grefti, yapay dura veya fibrin yapıştırıcı ile kapatılması önerilmektedir. Postoperatif 48 saat boyunca subfasial drenler kullanımı erken ve gecikmiş BOS sızıntısını önlemede güvenli ve etkili olmaktadır. Büyük dural defektlerde yağ grefti, fasya lata ve fibrin yapıştırıcı ile çok katmanlı dura yaması yapılması önerilmektedir (37). Erken mobilizasyon ve postoperatif yara bakımı riski azlatmaktadır.

Beyin omurilik sıvı kaçağı spinal cerrahi sonrası %10-25 oranında görülmektedir. Yapılan çalışmalarda intramedüller tümör eksizyonu sonrası duranın su geçirmez primer suturize edilmesi ve üzerine dura yaması yerleştirilmesinin BOS fistülü oranını azalttığı bildirilmiştir (33).

3.4 Enfeksiyon

Intramedüller tümör eksizyonu sonrası enfeksiyonlar, nadir fakat ciddi komplikasyonlar arasında yer alır ve hastanın fonksiyonel ve onkolojik

sonuçlarını olumsuz etkileyebilir. Enfeksiyon riskini azaltmak ve gelişen enfeksiyonları etkin şekilde yönetmek için çok yönlü yaklaşımlar ve yeni teknikler geliştirilmiştir. Risk faktörleri arasında diyabet, uzun operasyon süresi, yüksek vücut kitle indeksi, implant kullanımı, rekürren tümör cerrahisi, kan transfüzyonu ve erkek cinsiyet sayılmaktadır. Sık görülen enfeksiyona bağlı komplikasyonlar arasında menenjit, BOS fistülü, fonksiyonel bozulama yer almaktadır. Enfeksiyonun önlenmesinde riskli hasta grubunda profilaktik antibiyotik kullanımı, enfeksiyon gelişmesi halinde cerrahi debridman, implant varsa çıkarılması, uzun süreli antibiyotik tedavisi önerilmektedir. Cilt enfeksiyonuna bağlı yara problemlerinde, osteomyelit gelişmesi halinde hiperbarik oksijen tedavisi yapılan son çalışmalarda önerilmiştir. Enfeksiyon gelişmesi halinde multidisipliner çalışılmalı enfeksiyon kontrol protokolleri uygulanmaktadır.

İntramedüller tümör çıkarılması operasyon sonrasında %7-9 oranında enfeksiyon görüldüğü bildirilmiştir. Enfeksiyonların önlenmesinde preoperatif profilaktik antibiyoterapi kullanılması, cerrahi sürenin kısa tutulması, postoperatif antibiyotik tedavi devamı, fasya ve cildin sıkı kapatılması ve postoperatif yara bakımının düzenli yapılmasının enfeksiyon riskini azalttığı bildirilmiştir (34).

3.5 Sistemik komplikasyonlar

Postoperatif dönemde DVT profilaksisi yapılması ile DVT ve pulmoner embolinin önüne geçilmesi önemlidir. Erken mobilizasyon ve solunum egzersizlerinin yapılması önerilmektedir (36).

Preoperatif hasta hazırlığında pozisyonlama komplikasyonların önüne geçmek için önemlidir. Yapılan çalışmalarda torakal seviyedeki lezyonlarda park-bench pozisyonunun mikrocerrahi sırasında hava embolisi ve inme riskini artırdığı bildirilmiştir. Bu nedenle son yıllarda servikal ve torakal seviyedeki lezyonlar için lateral eğik pozisyon kullanılmaktadır. Tümör tarafı üstte kalacak şekilde, toraksın 15 derece yükselttiği baş nötr pozisyonda olacak şekilde pozisyon verilmesi uygulanmaktadır. Tüm basınç noktalarının periferik sinir arazisinin önüne geçilmesi için desteklenmesi önerilmektedir. Lateral eğik pozisyon solunum döngüsünde sabit bir omurga imkanı sağlar ve epidural venöz basıncın kontrolünü sağlar.

Postoperatif dönemde nörolojik durumda gerileme, peroperatif korda yapılan cerrahi müdahale birinci neden olarak sayılmaktadır. Postoperatif nörolojik defisit %17-44 oranında izlenmektedir. Bunun yanında arteriyel ve venöz dolaşım bozukluğuna sekonder vasküler hasarlanma, lezyonun çıkarılması için posteriyor median sulkus yaklaşımına bağlı sensoryal hasar

sayılabilir. bu durumlar operasyon sonrası erken dönem disfonksiyon, posteriyor kolon disfonksiyonu ile ilişkilidir(20-22). Bu bozulmalar kalıcı veya geçici olabilir. Postoperatif nöropatik ağrı sendromu özellikle syringomyeli varlığı ve servikal lezyon operasyonu sonrası daha sıktır(23,24).Hoshimaru ve ark. Torakal seviyenin manipülasyonlara daha duyarlı olduğunu ve morbidite riski açısından daha fazla risk taşıdığını bildirmişlerdir(25). Hida ve ark. İntramedüller tümör rezeksiyonun komplikasyon riskini azaltmada aşamalı operasyonun daha faydalı olduğunu öne sürmüştür(26). Postoperatif motor bozukluk, dizestezi ve ağrı şeklinde duyuşal bozuklukların yaşam kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu nednele komplikasyonların önüne geçilmesi açısından iyi planlanmış cerrahi önem arz etmektedir. Peroperatif anestezi, cerrahi planlama ve teknik ile birlikte intraoperatif nörofizyolojik görüntüleme postoperatif durum açısından önemlidir. İntraoperatif nöromonitör kullanımı postoperatif morbiditeyi azaltmaktadır (27-30). İntraoperatif monitörizasyon ile cerrahide somatosensoriyal uyarılmış potansiyeller (SSEP), ekstremitte kasları veya spinal epidural boşluk yoluyla transkraniyal motor uyarılmış potansiyeller (TcMEP) ler bulunur. Dorsal kolon haritalaması (DCM) yapılır. SSEP'ler duyuşal işlevsellik hakkında yol gösterici olmaktadır. TcMEP'ler motor yolların doğrudan izlenmesini sağlar. SSEP ve MEP birlikte kullanımı, tümörün lokalizasyon ve tipine bağlı etkilenebilen duyuşal ve motor yolların hasar tespibinde yüksek doğruluk sağlar (31,32). Tümör nedneli normal anatominin bozulduğu durumlarda, DCM ile dorsal median sulkus gibi anatomik işaretler belirlenir ve güvenli bir orta hat myelotomiye imkân tanır. Böylece intraoperaatif cerrahi yönlendirme ve morbiditeyi azaltma sağlanır. Nöromonitörizasyon ile güvenli cerrahi ve intraoperatif kord yaralanmasının miniuma indirilme imkânı sağlamaktadır.

4. Sonuç:

Spinal intramedüller tümör cerrahisi sonrası karşılaşılabilecek komplikasyonların önlenmesinde preoperatif uygun hasta seçimi, preoperatif tetkiklerin doğru planlanması, cerrahi hazırlıkların yapılması, peroperatif hasta pozisyonu, uygun anestezi, intraoperatif nöromonitörizasyon kullanılması, postoperatif bakım ve rehabilitasyonun sağlanması komplikasyonların önlenmesinde önemlidir.

Sonuç olarak, intramedüller tümör eksizyonu sonrası komplikasyonların etkin yönetimi, multidisipliner yaklaşımla erken tanı, uygun cerrahi teknikler ve sistematik postoperatif izlem sayesinde hastaların nörolojik iyilik hâlini ve uzun dönem fonksiyonel sonuçlarını belirgin şekilde iyileştirmektedir.

5- Kaynakça:

- 1- Van Goethem, J., Van Den Hauwe, L., Ozsarlak, O., De Schepper, A., & Parizel, P. (2004). Spinal tumors.. *European journal of radiology*, 50 2, 159-76.
- 2- Chamberlain, M., & Tredway, T. (2011). Adult Primary Intradural Spinal Cord Tumors: A Review. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 11, 320-328. <https://doi.org/10.1007/s11910-011-0190-2>.
- 3- Samartzis, D., Gillis, C., Shih, P., O'toole, J., & Fessler, R. (2015). Intramedullary Spinal Cord Tumors: Part I—Epidemiology, Pathophysiology, and Diagnosis. *Global Spine Journal*, 5, 425 - 435. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1549029>.
- 4- Grimm S, Chamberlain MC. Adult primary spinal cord tumors. Expert Rev Neurother 2009;9(10):1487–1495
- 5- DeSousa AL, Kalsbeck JE, Mealey J Jr, Campbell RL, Hockey A. Intraspinal tumors in children. A review of 81 cases. J Neurosurg 1979;51(4):437–445
- 6- Sun J, Wang Z, Li Z, Liu B. Microsurgical treatment and functional outcomes of multi-segment intramedullary spinal cord tumors. J Clin Neurosci 2009;16:666-71.
- 7- Vinas-Rios, J., Heck, V., Medina-Govea, F., Islas-Aguilar, M., & Kernich, N. (2024). Perioperative complications in primary intramedullary tumors of the spine in adults. A multicenter surveillance study of 307 patients from the German Spine Registry (DWG-Register). *Journal of Cranio-vertebral Junction & Spine*, 15, 427 - 432. https://doi.org/10.4103/jcvjs.jcvjs_130_24.
- 8- Milano MT, Johnson MD, Sul J, Mohile NA, Korones DN, Okunieff P, et al. Primary spinal cord glioma: A surveillance, epidemiology, and end results database study. J Neurooncol 2010;98:83-92.
- 9- Angevine PD, McCormick PC. Spinal cord ependymomas. Oper Tech Neurosurg 2003;6:9-14.
- 10- Houten JK, Cooper PR. Spinal cord astrocytomas: Presentation, management and outcome. J Neurooncol 2000;47:219-24.
- 11- Katsigiannis S, Carolus AE, Schmieder K, Brenke C. Posterolateral myelotomy for intramedullary spinal cord tumors: The other way to do it? Acta Neurochir (Wien) 2020;162:101-7.
- 12- Berhouma M, Bahri K, Houissa S, Zimmel I, Khouja N, Aouidj L, et al. Management of intramedullary spinal cord tumors: Surgical considerations and results in 45 cases. Neurochirurgie 2009;55:293-302.
- 13- Sandalcioğlu IE, Gasser T, Asgari S, Lazorisak A, Engelhorn T, Egelhof T, et al. Functional outcome after surgical treatment of intramedullary spinal cord tumors: Experience with 78 patients. Spinal Cord 2005;43:34-41.

- 14- Klekamp J. Spinal ependymomas. Part 1: Intramedullary ependymomas. *Neurosurg Focus* 2015;39:E6.
- 15- Klekamp J. Treatment of intramedullary tumors: Analysis of surgical morbidity and long-term results. *J Neurosurg Spine* 2013;19:12-26.
- 16- Rabadán AT, Hernandez D, Paz L. Extent of resection and postoperative functional declination of Klekamp's type A intramedullary tumors in adult patients. *Surg Neurol Int* 2016;7:S976-9.
- 17-Chandy MJ, Babu S. Management of intramedullary spinal cord tumours: review of 68 patients *Hindistan* 1999;47:224-8.
- 18- Rabadán AT, Hernandez D, Paz L. Extent of resection and postoperative functional declination of Klekamp's type A intramedullary tumors in adult patients. *Surg Neurol Int* 2016;7:S976-9.
- 19- Bansal S, Ailawadhi P, Suri A, Kale SS, Sarat Chandra P, Singh M, et al. Ten years' experience in the management of spinal intramedullary tumors in a single institution. *J Clin Neurosci* 2013;20:292-8.
- 20- G.I. Jallo, K.F. Kothbauer, E.J. Epstein, Intrinsic spinal cord tumor resection, *Neurosurgery*, 49 (2001), pp. 1124-1128
- 21- I.E. Sandalcioğlu, T. Gasser, S. Asgari, A. Lazorisak, T. Engelhorn, T. Egelhof, *et al.* Functional outcome after surgical treatment of intramedullary spinal cord tumors: experience with 78 patients, *Spinal Cord*, 43 (2005), pp. 34-41
- 22- S.J. Jones, S. Buonomassa, H.A. Crockard, Two cases of quadriplegia following anterior cervical discectomy, with normal perioperative somatosensory evoked potentials, *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 74 (2003), pp. 273-276
- 23- A.I. Mehta, C.A. Mohrhaus, A.M. Husain, I.O. Karikari, B. Hughes, T. Hodges, *et al.* Dorsal column mapping for intramedullary spinal cord tumor resection decreases dorsal column dysfunction, *J Spinal Disord Tech*, 25 (2012), pp. 205-209
- 24- A. Quinones-Hinojosa, R. Lyon, G. Zada, K.R. Lamborn, N. Gupta, A.T. Parsa, *et al.* Changes in transcranial motor evoked potentials during intramedullary spinal cord tumor resection correlate with postoperative motor function, *Neurosurgery*, 56 (2005), pp. 982-993, [discussion: 982-993]
- 25- T.H. Schwartz, P.C. McCormick, Intramedullary ependymomas: clinical presentation, surgical treatment strategies and prognosis, *J Neurooncol*, 47 (2000), pp. 211-218
- 26- V. Rajshekhar, P. Velayutham, M. Joseph, K.S. Babu, Factors predicting the feasibility of monitoring lower-limb muscle motor evoked potentials in patients undergoing excision of spinal cord tumors, *J Neurosurg Spine*, 14 (2011), pp. 748-753

- 27- J.P. Ney, D.N. van der Goes, Evidence-based guideline update: intraoperative spinal monitoring with somatosensory and transcranial electrical motor evoked potentials. Report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology and the American Clinical Neurophysiology Society, *Neurology*, 79 (2012), p. 292,[author replies 292-294]
- 28- K.F. Kothbauer, V. Deletis, E.J. Epstein, Motor-evoked potential monitoring for intramedullary spinal cord tumor surgery: correlation of clinical and neurophysiological data in a series of 100 consecutive procedures, *Neurosurg Focus*, 4 (1998), p. e1
- 29- F. Sala, G. Palandri, E. Basso, P. Lanteri, V. Deletis, F. Faccioli, *et al.*, Motor evoked potential monitoring improves outcome after surgery for intramedullary spinal cord tumors: a historical control study, *Neurosurgery*, 58 (2006), pp. 1129-1143,[discussion: 1129-1143]
- 30- M.R. Nuwer, R.G. Emerson, G. Galloway, A.D. Legatt, J. Lopez, R. Minahan, *et al.*, Evidence-based guideline update: intraoperative spinal monitoring with somatosensory and transcranial electrical motor evoked potentials: report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology and the American Clinical Neurophysiology Society, *Neurology*, 78 (2012), pp. 585-589
- 31- S.J. Hyun, S.C. Rhim, Combined motor and somatosensory evoked potential monitoring for intramedullary spinal cord tumor surgery: correlation of clinical and neurophysiological data in 17 consecutive procedures, *Br J Neurosurg*, 23 (2009), pp. 393-400
- 32- L. Pelosi, J. Lamb, M. Grevitt, S.M. Mehdian, J.K. Webb, L.D. Blumhardt, Combined monitoring of motor and somatosensory evoked potentials in orthopaedic spinal surgery, *Clin Neurophysiol*, 113 (2002), pp. 1082-1091
- 33- Jenkinson, M., Jenkinson, M., Simpson, C., Nicholas, R., Miles, J., Findlay, G., & Pigott, T. (2006). Outcome predictors and complications in the management of intradural spinal tumours. *European Spine Journal*, 15, 203-210. <https://doi.org/10.1007/s00586-005-0902-x>.
- 34- Leary, O., Setty, A., Gong, J., Ali, R., Fridley, J., Fisher, C., Sahgal, A., Rhines, L., Reynolds, J., Lazáry, Á., Laufer, I., Gasbarrini, A., Dea, N., Verlaan, J., Bettgowda, C., Boriani, S., Mesfin, A., Luzzati, A., Shin, J., Cecchinato, R., Hornicek, F., Goodwin, M., & Gokaslan, Z. (2025). Prevention and Management of Posterior Wound Complications Following Oncologic Spine Surgery: Narrative Review of Available Evidence and Proposed Clinical Decision-Making Algorithm. *Global Spine Journal*, 15, 143S - 156S. <https://doi.org/10.1177/21925682241237486>.
- 35- Vinas-Rios, J., Heck, V., Medina-Govea, F., Islas-Aguilar, M., & Kernich, N. (2024). Perioperative complications in primary intramedullary tumors

- of the spine in adults. A multicenter surveillance study of 307 patients from the German Spine Registry (DWG-Register). *Journal of Craniovertebral Junction & Spine*, 15, 427 - 432. https://doi.org/10.4103/jcvjs.jcvjs_130_24.
- 36- Waguia, R., Wang, T., Mehta, V., Ramirez, L., McCray, E., Pennington, Z., Price, M., Dalton, T., Baëta, C., Sciubba, D., Karikari, I., Abd-El-Barr, M., & Goodwin, C. (2021). Risk factors for prolonged length of stay in patients undergoing surgery for intramedullary spinal cord tumors. *Journal of Clinical Neuroscience*, 91, 396-401. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2021.06.046>.
- 37- Corvino, S., Berardinelli, J., Corazzelli, G., Altieri, R., Dallan, I., Corrivetti, E., & De Notaris, M. (2025). Surgical risk of CSF leakage following endoscopic transorbital approach for anterior and middle skull base pathologies: a systematic review and meta-analysis. *Neurosurgical Review*, 48.

