

Dr. Ülkün Ünlü ÜNSAL¹, Dr. Adem BURSALI²

¹Manisa Şehir Hastanesi Nöroşirürji Kliniği/ Manisa, ²Balıkesir Devlet Hastanesi, Balıkesir

Derleme / Review

SPİNAL DEFORMİTELERDE NÖROMONİTÖRİZASYON NEUROMONITORIZATION IN SPINAL DEFORMITIES

ÖZ

Spinal cerrahide teknik ve enstrümanların gelişmesinin sonucunda spinal cerrahlar gittikçe komplike deformite olgularını düzeltme başlamışlardır; doğal olarak bu da deformite cerrahisinde spinal kord hasarı ve buna bağlı nörolojik defisit gelişme riskini artırmıştır. Bu oluşabilecek komplikasyonları azaltmak için günümüz teknolojinin son imkânlarından faydalanılarak intraoperatif nöromonitörizasyon kullanımı son iki dekattır artmıştır. Somatosensoryel Uyarılmış Potansiyeller (SEP), Motor Uyarılmış Potansiyeller (MEP), İntraoperatif Elektromyografi (EMG) teknikleri iyatrojenik nöral yaralanma riskini azaltarak cerrahi sonuçları iyileştirmiştir. Spinal deformite cerrahisinde Multimodal Somatosensoryel Uyarılmış Potansiyeller (SEP)+ Motor Uyarılmış Potansiyeller (MEP) kombine kullanımının sensivite ve spesifitesinin en yüksek orana sahip olduğu bildirilmiştir.

Anhtar Sözcükler: Nöromonitörizasyon, Spinal deformite, Somatosensoryel uyarılmış potansiyel, Motor uyarılmış potansiyel

ABSTRACT

With the developments in techniques and instruments in spinal surgery, spinal surgeons have increasingly begun to correct the complicated deformity cases. As a result, the number of spinal cord damage and associated neurological deficiency in deformity surgeries has increased. In order to reduce these complications, the use of intraoperative neuromonitoring has gained popularity in the last two decades, using the latest technology of today, Somatosensory Evoked Potential (SEP), Motor Evoked Potential (MEP), Intraoperative Electromyography (EMG) techniques improved surgical outcomes by reducing the risk of iatrogenic neural injury. It has been reported that the combined use of multimodal neuromonitoring SEP+MEP has the highest sensitivity and specificity in spinal deformity surgeries.

Keywords: Neuromonitoring, Spine deformity, Somatosensory evoked potential, Motor evoked potential

GİRİŞ

Geçtiğimiz son 20 yılda spinal deformitelerin yönetimi önemli bir şekilde değişti. Başta pedikül vidaları olmak üzere çeşitli enstrümanların kullanımının ortaya çıkması ve yaygınlaşmasına ek olarak osteotomi tekniklerinin gelişmesi daha agresif deformitelerin düzeltilmesine izin vermiştir. Ne yazık ki deformite cerrahisinde buna bağlı olarak nörolojik komplikasyonlar da artmış; bu komplikasyonlar agresif düzeltmelere, aşırı kan kaybına, revizyon cerrahisine ve aşamalı prosedürlere bağlanmıştır (3,15).

Buradaki ana nedenler enstrümanların spinal kanal veya foramene yerleştirilmesi, korreksiyon manevraları sırasında oluşabilecek nöral hasarlanma, deformitenin düzeltilmesi için kompresyon-distraksiyon manevraları ve vertebranın rotasyonu için yapılan rotasyon manevralarıdır. Komplikasyonlar minör bir duyuşsal kayıptan paraplejiye, mesane ve barsak fonksiyon kaybına kadar geniş bir aralıkta oluşabilir. Deformite cerrahisinde komplikasyon oranı Scoliosis Research Society (SRS)'e göre %1-1,8 olarak bildirilmesine rağmen son yıllarda yayınlanan makalelerde %17,8'lere

kadar çıkmıştır (5,10,20). Bu komplikasyonları önlemek için Vazuella ve Stagnara 1973 yılında uyandırma tekniğini tanımlamış; bu teknikte hasta ameliyat sırasında uyandırılıp spinal kord hasarı hakkında bilgi edinilmesi sağlanmıştır (21). Ancak nörolojik defisit cerrahinin hangi evresinde ortaya çıktığını göstermemesi, cerrahi sırasında hastanın yeniden uyutulması, entübasyon tüpünün çıkma riski, hava embolisi, hasta ile kooperasyon kurulamama ihtimali ve bu esnada anesteziye bağlı problemlerin ortaya çıkma ihtimali spinal cerrahları başka bir yöntem aramaya itmiştir.

Spinal cerrahide oluşabilecek komplikasyonları önlemek için intraoperatif nöromonitorizasyon (IONM)'u ilk olarak 1970'lerde Nash ve ark'ı 34 skolyoz hastasında somatosensoryel uyarılmış potansiyeller (SEP)'in kaydedilmesiyle kullanmışlardır (14). Deformite cerrahisinde esasında spinal kordun nöromonitorizasyonundaki temel amaç; spinal kordun işlevsel bozukluğunun en erken evrede ve tam hasar oluşmadan tespit edilmesi ve kalıcı hasar oluşmasını önlemektir (18). Bununla birlikte nörolojik hasarın büyüklüğü hakkında cerraha fikir vererek cerrahi planlamayı yapmasını sağlamaktır (4). SRS'in 2009 yılındaki bildirisinde, intraoperatif nöromonitorizasyonun bir inceleme olarak değil ameliyatın bir parçası olarak düşünülmesi gerektiği vurgulanmıştır (19).

SOMATOSENSORYEL UYARILMIŞ POTANSİYELLER (SEP)

SEP öncelikle periferik sinirleri elektriksel olarak uyararak ve deformite cerrahisi sırasında korteks ve subkorteks üzerindeki potansiyeli kaydederek dorsal kolonların bütünlüğünü izler. Periferik sinirlerden gelen tekrarlanan küçük amplitüdü sinyalleri ölçüp analiz ederek ve verilerin ortalamasını tek bir sinyale alarak, ölçülebilir bir amplitüd ve gecikme gösterimi sağlar. Tipik olarak ulnar sinir, üst ekstremitede için bir referans olarak kullanılır. Alt ekstremitede için posterior tibial sinir kullanılır. Uyarı, dorsal sinir kökleri boyunca, dorsal kolon omurilik yollarına ve bunların kaydedildiği somatosensoryel kortekse taşınır. Kortikal kayıt belirlenmiş noktalardan cilt altına yerleştirilen iğne ile tespit edilir. Amplitüdde önemli bir azalma ve/veya gecikmede önemli bir artış, hastanın nörolojik durumundaki potansiyel değişiklikler ile ilişkilidir. Uyarana karşı elde edilen yanıtın amplitüdünde meydana gelen %50'den fazla düşme spinal kord hasarı için anlamlıdır. SEP ile periferik sinirden başlayarak kordun dorsal ve lateral kısımlarında yol alan duyu yolları izlenebilmektedir. Spinal kord duysal yollarındaki hasarı tespit etmede yüksek bir özgüllüğe sahip olan SEP'in bazı limitasyonları mevcuttur. Uyarıların ortalaması alındığı için gerçek zamanlı olarak

yanıt gerçekleşmez bu da değişikliklerin tanımlanmasını geciktirir. Mekanik hasar, vasküler yaralanma, ya da hipotansif anestezi gibi motor fonksiyonlarda etkilenmeye neden olan ancak duysal yapılarda herhangi bir değişiklik oluşturmayan durumlarda yanlış negatif sonuç verebilir. Ayrıca motor işlevsellik değerlendirilememektedir. Motor nöronların yer aldığı ve kortikospinal traktusun rotası olan spinal kordun ön 2/3'ünde meydana gelen hasarlarda SEP'te yanıt da değişiklik gözlenmeyebilir. Birçok faktör SEP'in amplitüd ve latansını etkileyebilir. Son olarak SEP'in spinal köklerin çok düzeyli innervasyonu nedeniyle izole edilmiş kök yaralanmalarını tanımlamada sınırlı etkinliği mevcuttur. SEP intraoperatif nöromonitorizasyon için çok önemli bir bileşendir; ancak Motor uyarılmış potansiyeller (MEP) ve Elektromyografi (EMG) ile birlikte kullanıldığında en etkilidir (12).

MOTOR UYARILMIŞ POTANSİYELLER (MEP)

Yapılan SEP çalışmalarının ortaya çıkacak motor hasarı tam göstermemesi spinal cerrahları yeni arayışlara itmiştir. Bu amaçla cerrahi sırasında transkraniyal elektrik stimülasyonu ile MEP değerlerinin tespit edilmesinin yararlı olacağı kanısına varılmıştır. Bu yöntemde skalpe yerleştirilen bir elektrod aracılığıyla kortikal yolla verilen uyarının üst ekstremitede birinci dorsal interosseous kaslar, abductor policis brevis ve/veya abdükör digiti-minimi, alt ekstremitede ise tibialis anterior, abductor hallucis ve gastrocnemius kaslarından kayıt edilmesi usulüne dayanır. Motor uyarılmış potansiyeller (MEP) spinal kordun ventral kısmında yer alan motor yollar hakkında bilgi verir. Motor yollarındaki hasarın tespitinde MEP kullanılması altın standarttır (2,6). SEP dorsal kolon hasarının tespitinde duyarlıdır. MEP ventral kolonu ilgilendiren izole kortikospinal yolak hasarlarını ve iskemilerini tespit etmektedir. Hızlı geri bildirim yapması cerrahi sırasında büyük ölçüde kolaylık sağlamaktadır. Özellikle servikal ve torakal girişimlerde kullanımı yaygındır. Motor fonksiyon kayıplarının tespitinde MEP ve SEP arasında 5-16 dakika arasında değişen bir zamanlama farkı vardır (2).

Ventral ve dorsal kolonun kanlanması tamamen farklıdır. Ventral kolonun beslenmesinin tek olması yaralanma riskini artırmaktadır. Hyun ve ark. kombine SEP ve MEP ile izlenen 100 ardışık operasyonda; operasyon sırasında oluşan sistemik hipotansiyon ile spinal kord yaralanması arasında korelasyon bulduklarını bildirmişlerdir (7). Modi ve ark. MEP'in iskemiye bağlı ortaya çıkan nörolojik hasarı tespit etmede (özellikle dorsal kolonda olan kanamalarda) yetersiz kalması nedeni ile yanlış negatif sonuçlar verdiğiğini bildirmişlerdir (8).

MULTİMODAL NÖROMONİTÖRİZASYON (MEP+SEP)

İntraoperatif nöromonitörizasyon hem ventral hem de dorsal kolonun fonksiyonlarının aynı anda kayıt edilmesi ortaya çıkan hasarın tespit edebilme şansını artıracaktır. SRS'in 2009 yılındaki bildirisinde nöromonitörizasyonun olası spinal kord hasarının erken tanı konulmasında ve alınan erken kayıtlarla gelişebilecek komplikasyonların önlenmesinde etkinliğinden söz edilmiştir (19). Pastorelli ve ark. iki gruba ayırarak yaptıkları deformite cerrahisi olgularında; sadece SEP kullanılan olgularda hasar tespitinde sensitivitenin %67-spesifitenin %90 olduğunu belirtirlerken, SEP+MEP kombine kullanılan sensitivitenin %100-spesifitenin %98'e çıktığını bildirmişlerdir(16). Kundnani ve ark. adölesan idiyoPATİK skolyoz nedeniyle opere edilen 354 hastalık serilerinde MEP'in motor hasarı tespit etmede SEP'ten daha üstün olduğunu ve multimodal SEP+MEP kombine kullanımının standart olması gerektiğini bildirmişlerdir (11). Pelosi ve ark. 79'u spinal deformite olmak üzere 97 hastalık serilerinde kombine MEP+SEP kullanımının daha güvenli ve daha sensitive olduğunu belirtmişlerdir (17).

İNTRAOPERATİF ELEKTROMYELOGRAFI (EMG)

Spontan Elektromyografi (sEMG):

Spontan elektromyografi kasların spontan elektriksel aktivitesini tespit eder. Periferik motor sinirlerin uyarımı ile ipsilateral kastan alınan elektriksel aktivitedir. EMG değişiklikleri innerve olan siniri indirekt olarak gösterir. Gözlemlemek amacıyla multipl EMG iğnesi yerleştirilir. Alçak sesli yükselticilerle devamlı EMG kaydı monitörlenir ve gereğinde seslendirilir. Dolayısıyla kasın elektriksel aktivitesinde herhangi bir değişiklik görülebilir ve duyulabilir. Diğer yöntemlerin aksine, spontan elektromyografi sinir kökü işlevi hakkında gerçek zamanlı bilgi sağlayabilir. Nöromusküler blokaj kontraendikedir. Anesteziden etkilenmez. Koter ve yüksek hızlı drill gibi cihazlardan etkilenir (13).

Uyarılmış Elektromyografi (tEMG):

İlk olarak Calancie ve ark. tarafından bir hayvan modelinde tanımlanan bu yöntem; operasyon esnasında bir periferik sinir veya sinir kökünün steril problemlerle uyarılmasıdır. Spinal cerrahilerde pediküle gönderilen vidanın pedikülün medial ve inferior kısmını kırıp kırmadığını kontrol etmek için kullanılır. Burada dikkat edilmesi gereken; kas gevşetici ajanlar kullanılması, verilen uyarının çevre dokulara yayılmaması ve daha önceden oluşan sinir hasarı; bu üç faktör yanlış negatif sonuç verilmesine sebep olabilir (1).

UYGUN ANESTEZİ

Preoperatif değerlendirmede hipertansiyon ve diyabetin nöromonitörizasyonu etkilediği unutulmamalıdır. Anestezide total intravenöz anestezinin geliştirilmesiyle birlikte inhaler anestezinin yerini alması giderek kas gevşeticilere ihtiyacın azalmasına bunun sonucu olarak operasyon sırasında motor işlevleri izlenebilir kılmaya imkân sağlamıştır. Seçilen anestezi tipi elektrofizyolojik sonuçları etkileyebilir. Özellikle inhalasyon anestetikleri SEP ve MEP'in uyarılma eşiklerini yükselterek, dalga amplitüdlerini düşürerek, latansıda uzatarak etkileyebilir. Bu nedenle deformite cerrahisi sırasında en uygun anestezi tipi total intravenöz anestezidir. İndüksiyon ve entübasyon sonrasında hastaya hiçbir şekilde inhalasyon anestezisi verilmemelidir. Cerrahi sonlanıncaya kadar hastaya kas gevşetici uygulanmamalıdır (9,12).

SONUÇ

Omurga ve omurilik cerrahisinde nöromonitörizasyonun önemi giderek artmaktadır. Her bir modalitenin avantaj ve dezavantajlarını bilmemiz spinal cerrahilerde nöromonitörizasyonun tanısıl değerini artırmamıza yardımcı olur. Multimodal kullanımın tekli monitörlmeye üstün olduğu aşikardır ve günümüzde deformite cerrahisinde çok değerlidir. Bu teknolojiye daha iyi faydalanarak nöral hasarı engellemek cerrah, anestezi uzmanı ve nörofizyolog'un multidisipliner çalışması ile mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Aydınlar E: İntraoperatif omurilik monitörlemesi. İçinde: Zileli M, Özer F(ed), Omurga ve Omurilik Cerrahisi. Üçüncü Baskı, Cilt 1, İzmir: İntertıp Yayınevi, 2014:413-419
2. Bhagat S, Durst A, Grover H, Blake J, Lutchman L, Rai AS, Crawford R: An evaluation of multimodal spinal cord monitoring in scoliosis surgery: A single centre experience of 354 operations. Eur Spine J 24(7):1399-1407, 2015
3. Deletis V, Sala F: Intraoperative neurophysiological monitoring of the spinal cord during spinal cord and spine surgery: A review focus on the corticospinal tracts. Clin Neurophysiol 119(2):248-264, 2008
4. Diab M, Smith AR, Kuklo TR, Spinal Deformity Study Group: Neural complications in the surgical treatment of adolescent idiopathic scoliosis. Spine (Phila Pa 1976) 32(24):2759-2763, 2007
5. Glassman SD, Hamill CL, Bridwell KH, Schwab FJ, Dimar JR, Lowe TG: The impact of perioperative complications on clinical outcome in adult deformity surgery. Spine (Phila Pa 1976) 32(24):2764-2770, 2007

6. Greenberg M: Electrodiagnostics. In: Greenberg M (ed), *Handbook of Neurosurgery*. 6th ed, New York: Thieme Publishers, 2006:145-148
7. Hyun SJ, Rhim SC, Kang JK, Hong SH, Park BR: Combined motor- and somatosensory-evoked potential monitoring for spine and spinal cord surgery: Correlation of clinical and neurophysiological data in 85 consecutive procedures. *Spinal Cord* 47(8):616-622, 2009
8. Modi HN, Suh SW, Yang JH, Yoon JY: False-negative transcranial motor-evoked potentials during scoliosis surgery causing paralysis: A case report with literature review. *Spine (Phila Pa 1976)* 34(24):E896-900, 2009
9. Karaoglu DG, Calis F: Intraoperative neuromonitoring in neurological surgery; development, place and results. *Türk Nöroşir Derg* 28(3):298-302, 2018
10. Kelly MP, Lenke LG, Godzik J, Pellise F, Shaffrey CI, Smith JS, Lewis SJ, Ames CP, Carreon LY, Fehlings MG, Schwab F, Shimer AL: Retrospective analysis underestimates neurological deficits in complex spinal deformity surgery: A Scoliosis-RISK-1 Study. *J Neurosurg Spine* 27(1):68-73, 2017
11. Kundnani VK, Zhu L, Tak H, Wong H: Multimodal intraoperative neuromonitoring in corrective surgery for adolescent idiopathic scoliosis: Evaluation of 354 consecutive cases. *Indian J Orthop* 44(1):64-72, 2010
12. Laratta JL, Ha A, Shillingford JN, Makhni MC, Lombardi JM, Thuet E, Lehman RA, Lenke LG: Neuromonitoring in spinal deformity surgery: A multimodality approach. *Global Spine J* 8(1):68-77, 2018
13. Chung I, Grigorian AA: EMG and evoked potentials in the operating room during spinal surgery. In: Schwartz M, (ed). *EMG Methods for Evaluating Muscle and Nerve Function*. InTech 2011:325-340
14. Nash CL Jr, Lorig RA, Schatzinger LA, Brown RH: Spinal cord monitoring during operative treatment of the spine. *Clin Orthop Relat Res* 126:100-105, 1977
15. Nuwer MR, Dawson EG, Carlson LG, Kanim LE, Sherman JE: Somatosensory evoked potential spinal cord monitoring reduces neurologic deficits after scoliosis surgery: Results of a large multicenter survey. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 96(1):6-11, 1995
16. Pastorelli F, Di Silvestre M, Plasmati R, Michelucci R, Greggi T, Morigi A, Bacchin MR, Bonarelli S, Cioni A, Vommaro F, Fini N, Lolli F, Parisini P: The prevention of neural complications in the surgical treatment of scoliosis: The role of the neurophysiological intraoperative monitoring. *Eur Spine J* 20 Suppl 1:S105-114, 2011
17. Pelosi L, Lamb J, Grevitt M, Mehdian SM, Webb JK, Blumhardt LD: Combined monitoring of motor and somatosensory evoked potentials in orthopaedic spinal surgery. *Clin Neurophysiol* 113(7):1082-1091, 2002
18. Schwartz DM, Sestokas AK: A systems-based algorithmic approach to intraoperative neurophysiological monitoring during spinal surgery. *Semin Spine Surgery* 14:136-145, 2002
19. Scoliosis Research Society. Position Statement on Somatosensory Evoked Potential Monitoring of Neurological Spinal Cord Function. Scoliosis Research Society, 1992
20. Smith JS, Klineberg E, Lafage V, Shaffrey CI, Schwab F, Lafage R, Hostin R, Mundis GM Jr, Errico TJ, Kim HJ, Protosaltis TS, Hamilton DK, Scheer JK, Soroceanu A, Kelly MP, Line B, Gupta M, Deviren V, Hart R, Burton DC, Bess S, Ames CP; International Spine Study Group: Prospective multicenter assessment of perioperative and minimum 2-year postoperative complication rates associated with adult spinal deformity surgery. *J Neurosurg Spine* 25(1):1-14, 2016
21. Vauzella C, Stagnara P, Jouvinroux P: Functional monitoring of spinal cord activity during spinal surgery. *Clin Orthop Relat Res* 93:173-178, 1973