



Servikal Spinal Dejeneratif Hastalıkların Cerrahisinde İntraoperatif Görüntüleme Teknikleri ve Önemi

Intraoperative Imaging Techniques and Their Importance in the Surgery of Cervical Spinal Degenerative Disease

Balkan ŞAHİN¹, Erdal COŞKUN², Kudret TÜREYEN³, Mehmet SEÇER⁴

¹Şişli Hamidiye Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, İstanbul, Türkiye

²Pamukkale Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Denizli, Türkiye

³Bahçeşehir Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

⁴Alaaddin Keykubat Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Antalya, Türkiye

Yazışma adresi: Balkan ŞAHİN ✉ balkansahin@gmail.com

ÖZ

Toplumun yaşam süresinin artması ve yaşlanmasının doğal bir sonuç olarak ise servikal dejeneratif hastalıklar, spinal cerrahi pratiğinde sık karşılaşılan patolojilerdir. Bu patolojilere cerrahi yaklaşım esnasında intraoperatif görüntüleme, cerrahi tekniğin doğru uygulanabilmesi ve cerrahinin başarı açısından son derece önemlidir. Servikal spinal dejeneratif hastalıkların cerrahisinde intraoperatif görüntüleme cerrahi başarı için mutlaka kullanılmalıdır. Tüm spinal yaklaşımlarda olduğu gibi servikal omurga cerrahisi sırasında da servikal omurganın radyografik olarak görüntülenmesi esastır ve omurga cerrahleri tarafından önerilmekte, rutin olarak kullanılmaktadır. Bu ameliyatlarda cerrahi bilgi ve tecrübenin, cerrahinin başarısına aktarılabilmesi ve güvenli bir cerrahi yapılabilmesi için elzemdir. Bu amaçla C - Kollu Floroskopi, O -arm / O -arm tabanlı navigasyon sistemleri, BT Navigasyon Eşliğinde Robotik Cerrahi, İntraoperatif Nörofizyolojik Monitörizasyon kullanılan intraoperatif görüntüleme yöntemleridir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Servikal, Dejeneratif, İntraoperatif, Görüntüleme

ABSTRACT

As a natural consequence of increasing life expectancy and aging of the population, cervical degenerative diseases are common pathologies in spinal surgery practice. During the surgical approach to these pathologies, intraoperative imaging is extremely important for the correct application of the surgical technique and the success of the surgery. Intraoperative imaging should be used to ensure surgical success in the surgery of cervical spinal degenerative diseases. As in all spinal approaches, radiographic imaging of the cervical spine during cervical spine surgery is essential and it is recommended and routinely used by spine surgeons. In these operations, it is essential to transfer surgical knowledge and experience to ensure the success of the surgery and to perform safe surgery. For this purpose, C-arm Fluoroscopy, O-arm/O-arm-based navigation systems, Robotic Surgery with CT Navigation, and Intraoperative Neurophysiological Monitoring are the intraoperative imaging methods used.

KEYWORDS: Cervical, Degenerative, Intraoperative, Imaging

■ GİRİŞ

Servikal omurgada oluşan yaşlanmanın sonucu olan servikal dejeneratif hastalıklarda disk yüksekliğinde azalma, ligamanlarda kalınlaşma, servikal instabilite, faset eklem artrozu ve lordoz kaybı ortaya çıkmaktadır. Bu dejeneratif değişiklikler; aksiyel boyun ağrısı ve/veya disk hernileri, spinal kanal ve foraminal darlıklar, radikülopati veya miyelopati semptomları olarak karşımıza çıkabilir (17). Toplumun yaşam süresinin artması ve yaşlanmasının doğal bir sonucu olarak servikal dejeneratif hastalıklar, spinal cerrahi pratiğinde sık karşılaşılan patolojilerdir. Bu patolojilere cerrahi yaklaşım esnasında intraoperatif görüntüleme, cerrahi tekniğin doğru uygulanabilmesi ve cerrahinin başarı açısından son derece önemlidir. Tüm spinal yaklaşımlarda olduğu gibi servikal omurga cerrahisi sırasında da servikal omurganın radyografik olarak görüntülenmesi esastır ve omurga cerrahları tarafından önerilmekte, rutin olarak kullanılmaktadır (20-22). Yine intraoperatif nörofizyolojik monitörizasyon görüntülemeler spinal cerrahi sürecinin bir parçası olarak kullanılmakta ve önerilmektedir (19,32) (Şekil 1).

■ İNTRAOPERATİF GÖRÜNTÜLEMEDE KULLANILAN YÖNTEMLER

C - Kollu Floroskopi

Röntgen'in 1895'teki devrim niteliğindeki keşfinden bu yana, radyografi teknolojisinin kullanımı tıbbi uygulamanın temel taşlarından biri olmuştur (7). Servikal vertebraların intraoperatif floroskopisi, implantların değerlendirilmesinde ve servikal lordozun değerlendirilmesi ve yanlış seviyedeki omurga cerrahisini önlemede kritik bir adımdır (11,18,32). Unutulmaması gerekir ki, yanlış seviyede ameliyat yapmak, cerrahların yaklaşık %50'sinin kariyerleri boyunca yapabilecekleri yaygın bir hatadır (8,16).

Optimal servikal omurga floroskopisi, C1-T1 omurlarını lateral projeksiyonda gösterebilir. Ancak hastanın omuzları alt

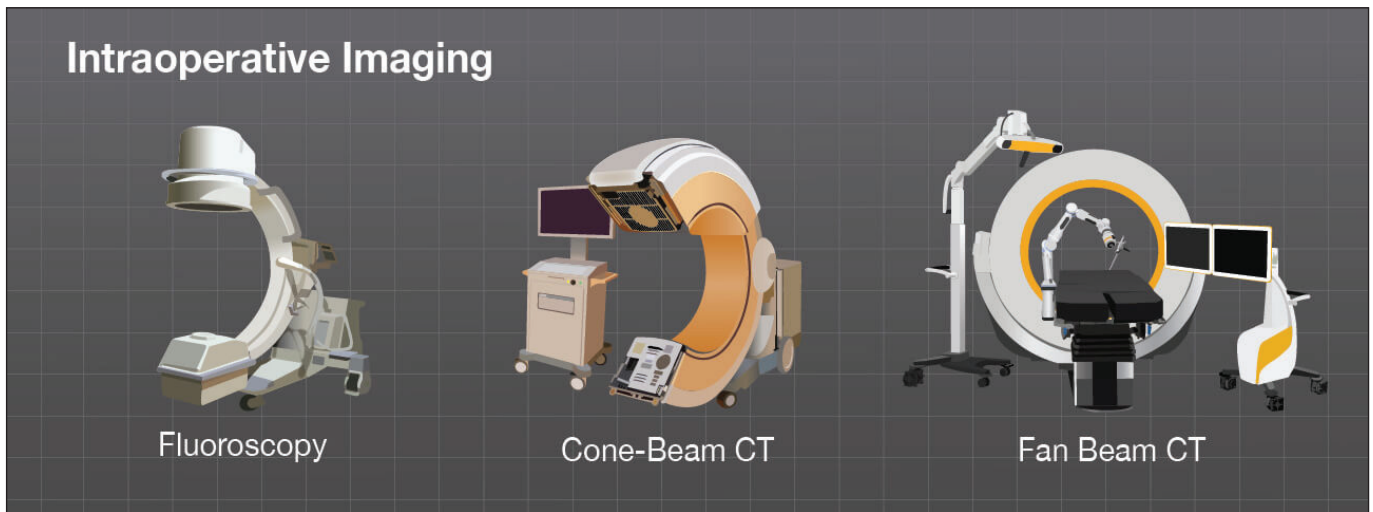
servikal omurları gizleyebileceğinden görüntüleme her zaman mümkün değildir (1). Servikal omurgaya girişim yapan tüm cerrahlarca bilinen bu durum için traksiyon önerilmektedir ve bu amaçla farklı aparatlar üzerinde de çalışmıştır (29) (Şekil 2). Servikotorakal bileşkenin görüntülenmesinde traksiyon ile görüntü elde edilemezse yüzücü pozisyonunda lateral grafi ile servikotorakal bileşke görüntüleri elde edilebilir (Şekil 3). Yine üst servikal omurganın intraoperatif AP görüntülemelerinde mandubula ve dişler (varsa dental implantlar) özellikle C2 densin ayırt edilmesi gereken durumlarda problem yaratabilmektedir. Bu sebeple preoperatif pozisyon kontrol edilmelidir, intraoperatif ağız açma aparatları ile veya ağız içine cerrahi gazlı bez yerleştirilerek ağız açıklığı sağlanarak görüntü elde edilebilir (Şekil 4).

Servikal seviye ve ideal bir AP radyografisinden çeşitli sapmalar açısından farklılıklar olsa da, yapılan bir araştırmada, ön servikal cerrahi sırasında implantın orta hatta yerleşimini belirlemek için unsinat ucun ve pedikülün medial sınırının en güvenilir radyografik ölçümler olduğunu göstermektedir (5).

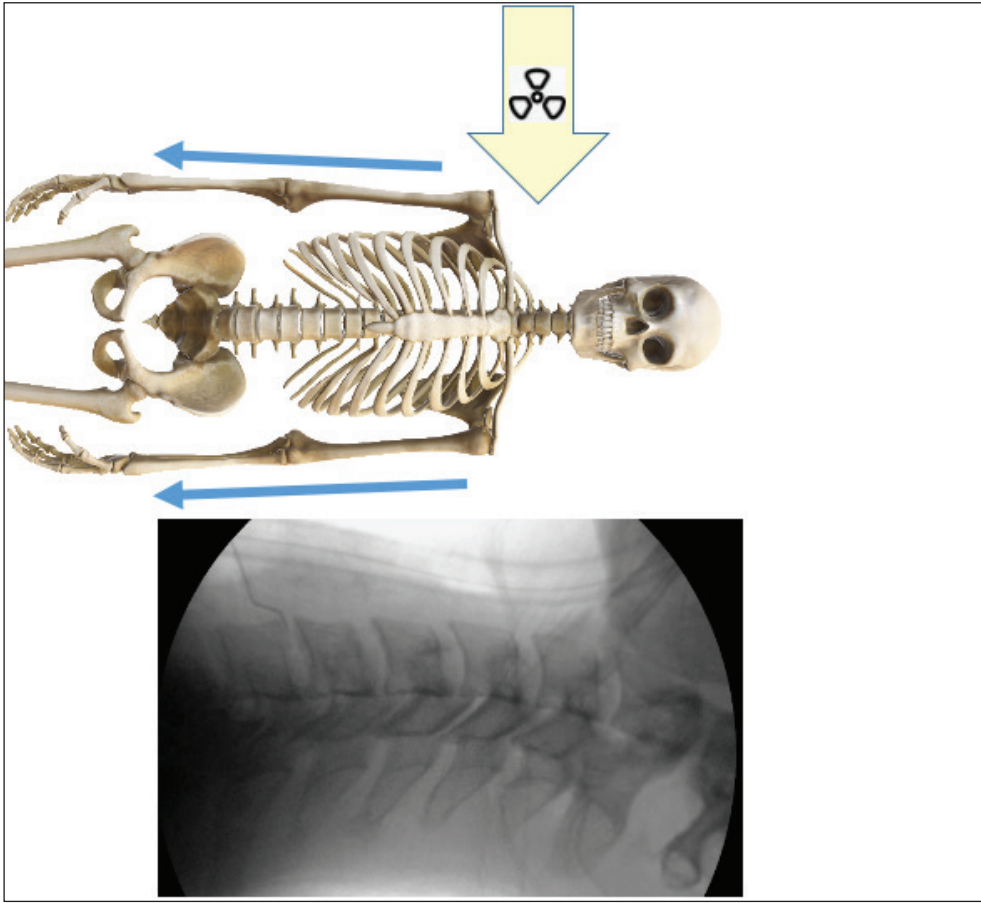
Servikal omurga cerrahisi, başarılı bir sonuç elde etmek için diğer spinal prosedürler gibi C-kollu görüntülemeye bağımlıdır. Bu seviyede operasyonun bir dezavantajı, servikal omurganın enstrümantasyonunun bazen cerrahın vida ilerlemesini radyografik olarak kontrol ederken hastanın üzerine eğilmesini gerektirmesidir. Bu gereklilik, cerrahi önemli miktarda radyasyona maruz kalma riskiyle karşı karşıya bırakır (7).

Jones ve ark., omurga prosedürleri sırasındaki doz oranlarının, omurga dışı prosedürlere göre 10 ila 12 kat daha fazla olduğu sonucuna varmışlardır, bu özellikle endişe verici bir gerçektir (13).

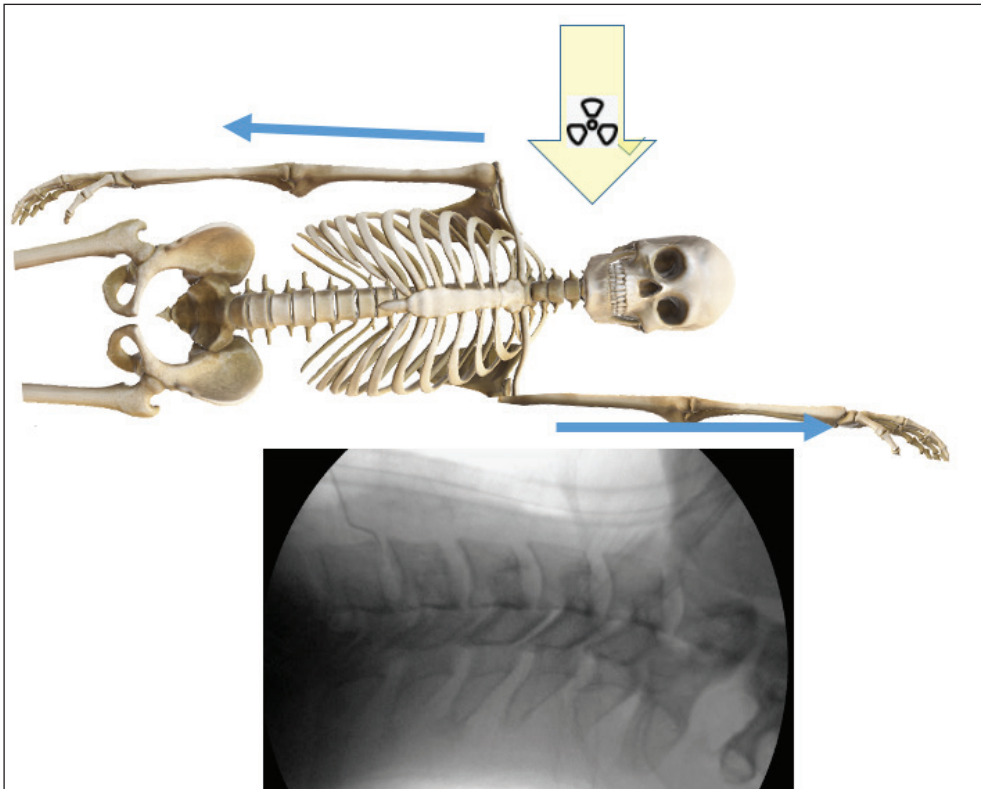
Bununla birlikte, mini-C-kollu floroskopi radyasyon dozunu azaltma yeteneklerine de sahip olan pratik ve uygun maliyetli bir görüntüleme aracı olarak ortaya çıkmıştır (24-26,31).



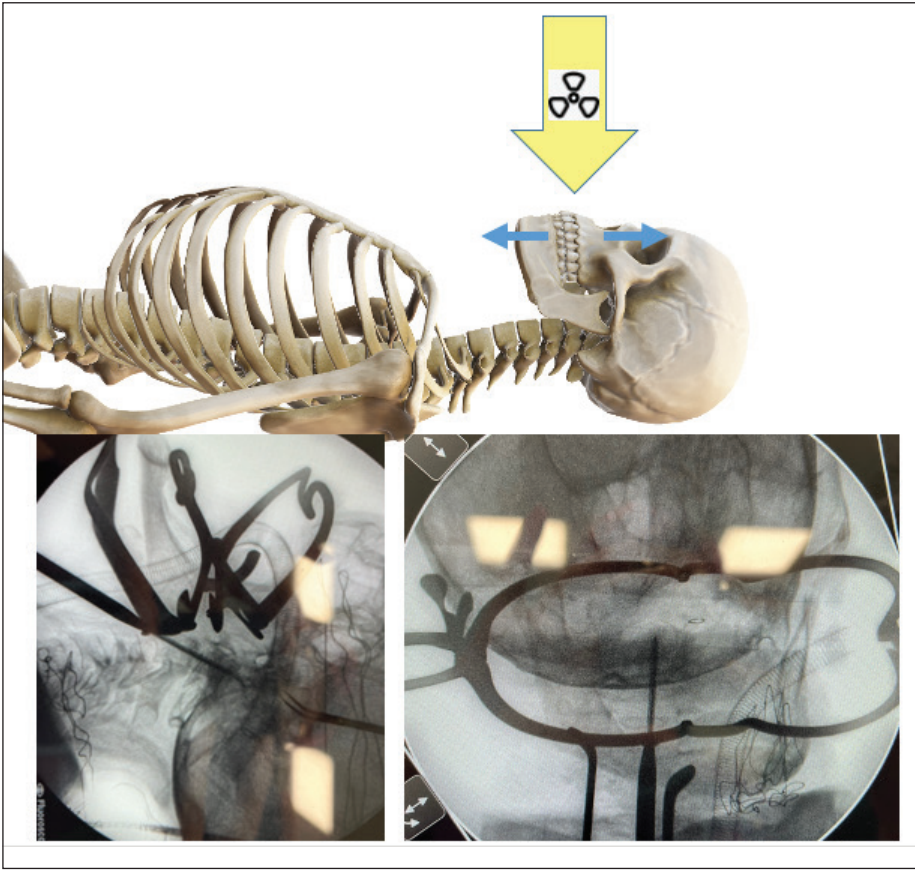
Şekil 1: İntraoperatif görüntüleme araçları (32).



Şekil 2: Omuz Traksiyonu ile lateral floroskopi ile C1-T1 vertebralarnın görünümü.



Şekil 3: Yüzücü Pozisyonunda lateral floroskopi ile C1-T1 vertebralarnın görünümü elde edilebilir.



Şekil 4: Ağız açma aparatı kullanılarak C2 densfloroskopi görünümü.

C-kollu floroskopi, avantajlarına rağmen uygulamada bazı kaçınılmaz eksikliklere sahiptir;

X-ışını maruziyeti, üst üste binen görüntüler konumu tam olarak gösterememesi, X-ışını tüpünü hareket ettirildiğinde görüntünün önemli ölçüde değişmesi ve sadece iki boyutlu bir görüntü elde edilmesi olarak sayılabilir (15).

O –Arm / O –Arm Tabanlı Navigasyon Sistemleri

Son zamanlarda, cerrahi alanda teknoloji ilerledikçe, O-arm ve O arm tabanlı navigasyon görüntüleme artık pratik olarak kabul edilmektedir ve O-arm tabanlı navigasyon ile ameliyatın sonuçları tatmin edicidir (23). Ancak O-arm kılavuzluğunda servikal pedikül vidası yerleştirmek genellikle güvenli kabul edilse de, rapor edilen malpozisyon oranı %2,9 ile %22,9 arasında değişmektedir (3,6,23,30). Bu malpozisyon sonuçları, C kollu floroskopi ile ya da freehand tekniği ile karşılaştırıldığında O-arm navigasyon sisteminin diğerlerine üstünlüğü ezici olarak kabul edilemez (23).

Literatüre göre, spinal cerrahi için intraoperatif bilgisayarlı tomografi (BT) kılavuzlu navigasyon sistemi kullanmanın çeşitli faydaları vardır: cerrahi doğruluğu artırır, radyasyona maruziyetini azaltır ve vidalanan tek bir dizide farklı ameliyat seviyelerinin çok düzlemli görüntüleri elde edilebilir. Pozisyonlar cerrahi alanda kontrol edilebilir, bu da başarısızlık olasılığını azaltır (14). Ayrıca intraoperatif BT tabanlı navigasyon cihazlarıyla vidanın yörüngesini ve konumunu vidayı göndermeden kontrol edebilir ve bu daha iyi sonuçlar elde edilmesini sağlar (14).

Bununla birlikte, vaka raporları dışında, Costa ve ark.nın çalışması, 3D navigasyon sistemi kullanılarak ameliyat edilen C1-2 travmatik kırığı olan 17 hastayı bildiren ilk çalışmadır (4). Jacob ve ark. da O-kol navigasyonu ile benzer sonuçlar sunmuş ve vida yerleşiminin doğruluğunu analiz etmiştir (12). Çoğu çalışma, yüksek vida yerleştirme doğruluğu ve düşük cerrahi komplikasyon dahil olmak üzere intraoperatif BT tabanlı navigasyon ile C1-2 füzyonunun olumlu bir faydasını göstermiştir. Bununla birlikte, bir navigasyon cihazı kullanılarak yapılan cerrahi, atlantoaksiyel lezyonlarda her zaman iyi sonuçlar vermemektedir. Hur ve ark. cerrahi olarak tedavi edilen 48 hastayla rapor ettikleri çalışmada, pedikül fiksasyonu sırasında navigasyon aletlerini kullandıktan sonra bile korteks ihlalinin tamamen kaybolmadığını bildirdiler (9).

İntraoperatif navigasyon sisteminin kullanmanın çeşitli avantajları vardır. İlk olarak, pedikül vidasının yerleştirilmesinin doğruluğu, cerrahi sırasında herhangi bir anatomik varyasyonun görselleştirilmesini sağlayan anatomik yapının 3 boyutlu bir görüntüsü ile geliştirilebilir. Bu, intraoperatif navigasyon cihazları üzerine yapılan çalışmalarda yaygın olarak ifade edilen bir özelliktir.

İntraoperatif navigasyon sisteminin kullanırken bazı endişeler vardır. Birincisi, tam navigasyon sisteminin başlatmak maliyetlidir, metal artefaktlar nedeniyle taranan görüntü bozulabilir ve cihazların kurulumu için fazladan zaman harcamak, çalışma süresini uzatabilir. Ancak Konvansiyonel floroskopik kılavuzlu cihazla karşılaştırıldığında, intraoperatif BT kılavuzlu cihazla

operasyon, operasyon süresini azalttığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır (14). Metal artefaktlardan kaynaklanan bozulmuş bir görüntü ve O-arm kolunun cerrahi alanı kısıtlaması, ameliyatta problemlere sebep olabilir. Jacob ve ark. özellikle dental implantlar varlığında intraoperatif görüntüleri ayırt edilmesinde çeşitli sıkıntılar zorluk bildirmişlerdir (12).

BT Navigasyon Eşliğinde Robotik Cerrahi

Robotik cerrahinin kullanılmaya başlandığı dönemde, omurga girişimlerinin yarısından fazlasında teknik ve/veya klinik problemler ortaya çıkmıştır (2). Bu problemlerin aşılmasıyla birlikte robotik cerrahi, tüm cerrahi alanlarda olduğu gibi spinal cerrahide de ciddi bir ivme kazanmış durumdadır. Açık cerrahi ya da perkütan teknik ile vida konumlandırılan robotik cerrahi sistemleri mevcut olup, robotik spinal cerrahi sistemleri, navigasyonla planlama için, preoperatif BT veya intraoperatif BT kullanılır. Bu sistemlerin halihazırda maliyet ve yaygınlık problemi olmakla birlikte aslında uzun vadede ekonomik olarak avantaj sağladığı, güvenli ve konforlu bir tedavi seçeneği olduğu düşünülmektedir (27). gelecekte yaygınlaşacağı ve rutin kullanıma gireceği düşünülmektedir.

İntraoperatif Nörofizyolojik Monitörizasyon

Omurga cerrahisinde kullanımı 1970'lerde skolyoz cerrahisinde somatosensoryel uyandırılmış potansiyellerin (SEP) kaydedilmesiyle olmuştur. SEP ile periferik sinirden başlayarak kordun dorsal ve lateral kısımlarına yol alan duyu yolları izlenebilmekte, ama motor işlevsellik değerlendirilememektedir. Motor uyandırılmış potansiyeller (MEP) omuriliğin ventral kısmında yer alan motor yollar hakkında bilgi vermektedir. MEP ve SEP bir uyarı ile elde edilen verileri göstermektedir, omuriliğin sürekli olarak gözlenebilmesi için sürekli EMG (free-run EMG) yöntemi de bu incelemelere eklenmiştir. Her üç modaliteyle birlikte duyarlılık ve özgüllük %90- 100 düzeylerine çıkarılmıştır (19). Komplikasyon riskini azaltmak için somatosensoryel uyandırılmış potansiyeller (SSEP), transkraniyal motor uyandırılmış potansiyeller (TcMEP)ve elektromiyografi (EMG) ile intraoperatif nörofizyolojik monitörizasyon (IOM) kullanılmaktadır (28).

■ SONUÇ

Servikal spinal dejeneratif hastalıkların cerrahisinde intraoperatif görüntüleme cerrahi başarı için mutlaka kullanılmalıdır. Bu ameliyatlarda cerrahi bilgi ve tecrübenin, cerrahinin başarısına aktarılabilmesi ve güvenli bir cerrahi yapılabilmesi için elzemdir. İmkânlar dahilinde kullanılacak yöntem cerraha intraoperatif güvenli hareket alanı sunacaktır.

■ KAYNAKLAR

1. Balestrino A, Gondar R, Jannelli G, Zona G, Tessitore E: Surgical challenges in posterior cervicothoracic junction instrumentation. *Neurosurg Rev* 44:3447-3458, 2021
2. Barzilay Y, Liebergall M, Fridlander A, Knoller N: Miniature robotic guidance for spine surgery-introduction of a novel system and analysis of challenges encountered during the clinical development phase at two spine centres. *Int J Med Robot* 2:146-153, 2006

3. Chachan S, Bin Abd Razak HR, Loo WL, Allen JC, Shree Kumar D: Cervical pedicle screw instrumentation is more reliable with O-arm-based 3D navigation: Analysis of cervical pedicle screw placement accuracy with O-arm-based 3D navigation. *Eur Spine J* 27:2729-2736, 2018
4. Costa F, Ortolina A, Attuati L, Cardia A, Tomei M, Riva M, Balzarini L, Fornari M: Management of C1-2 traumatic fractures using an intraoperative 3D imaging-based navigation system. *J Neurosurg Spine* 22:128-133, 2015
5. Derman PB, Waldorff E, Zhang N, Haddas R: Accuracy of various fluoroscopic landmarks for determination of midline implant placement within the cervical disc space. *Eur Spine J* 30:554-559, 2021
6. Gan G, Kaliya-Perumal AK, Yu CS, Nolan CP, Oh JYL: Spinal navigation for cervical pedicle screws: Surgical pearls and pitfalls. *Global Spine J* 11:196-202, 2021
7. Giordano BD, Baumhauer JF, Morgan TL, Rehtine GR: Cervical spine imaging using standard c-arm fluoroscopy: Patient and surgeon exposure to ionizing radiation. *Spine* 33: 1970-1976, 2008
8. Goodkin R, Laska LL: Wrong disc space level surgery: Medicolegal implications. *Surg Neurol* 61: 323-341; discussion 341-342, 2004
9. Hur JW, Kim JS, Ryu KS, Shin MH: Accuracy and safety in screw placement in the high cervical spine: Retrospective analysis of o-arm-based navigation-assisted c1 lateral mass and c2 pedicle screws. *Clin Spine Surg* 32:E193-E199, 2019
10. <https://www.brainlab.org/wp-content/uploads/2018/11/brainlab-intraoperative-imaging.jpg>
11. Ito Y, Sugimoto Y, Tomioka M, Hasegawa Y, Nakago K, Yagata Y: Clinical accuracy of 3D fluoroscopy-assisted cervical pedicle screw insertion. *J Neurosurg Spine* 9:450-453, 2008
12. Jacobs C, Roessler PP, Scheidt S, Plöger MM, Jacobs C, Disch AC, Schaser KD, Hartwig T: When does intraoperative 3D-imaging play a role in transpedicular C2 screw placement? *Injury* 48:2522-2528, 2017
13. Jones DP, Robertson PA, Lunt B, Jackson SA: Radiation exposure during fluoroscopically assisted pedicle screw insertion in the lumbar spine. *Spine (Phila Pa 1976)* 25:1538-1541, 2000
14. Lee JS, Son DW, Lee SH, Ki SS, Lee SW, Song GS: Comparative analysis of surgical outcomes of C1-2 fusion spine surgery between intraoperative computed tomography image based navigation-guided operation and fluoroscopy-guided operation. *J Korean Neurosurg Soc* 63:237-247, 2020
15. Liu YJ, Tian W, Liu B, Li Q, Hu L, Li ZY, Yuan Q, Lü YW, Sun YZ: Comparison of the clinical accuracy of cervical (C2-C7) pedicle screw insertion assisted by fluoroscopy, computed tomography-based navigation, and intraoperative three-dimensional C-arm navigation. *Chin Med J (Engl)* 123(21):2995-2998, 2010
16. Mody MG, Nourbakhsh A, Stahl DL, Gibbs M, Alfawareh M, Garges KJ: The prevalence of wrong level surgery among spine surgeons. *Spine (Phila Pa 1976)* 33:194-198, 2008
17. Montgomery DM, Brower RS: Cervical spondylotic myelopathy. Clinical syndrome and natural history. *Orthop Clin North Am* 23:487-493, 1992

18. Morgan H: Wrong disc space level surgery: Medicolegal implications. *Surg Neurol* 62:278, 2004
19. Müslüman M, Özdemir B, Altaş K, Mirkhasilova M, Can SM, Kılıç M, Yılmaz A: Nöroşirürji ameliyatlarında intraoperatif nörofizyolojik monitörizasyonun yeri ve önemi. *Şişli Etfal Hastanesi Tıp Bülteni* 51(1):1-7, 2017
20. Rampersaud YR, Simon DA, Foley KT: Accuracy requirements for image-guided spinal pedicle screw placement. *Spine (Phila Pa 1976)* 26:352-359, 2001
21. Reichle E, Sellenschloh K, Morlock M, Eggert C: Placement of pedicle screws using different navigation systems. A laboratory trial with 12 spinal preparations. *Orthopade* 31:368-371, 2002
22. Rezcıllah AT, Xu R, Ebraheim NA, Jackson T: Axial computed tomography of the pedicle in the lower cervical spine. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 30:59-61, 2001
23. Shin HK, Jeon SR, Roh SW, Park JH: Benefits and pitfalls of o-arm navigation in cervical pedicle screw. *World Neurosurgery* 159:e460-e465, 2022
24. Shoaib A, Rethnam U, Bansal R, De A, Makwana N: A comparison of radiation exposure with the conventional versus mini C arm in orthopedic extremity surgery. *Foot Ankle Int* 29:58-61, 2008
25. Singer G: Occupational radiation exposure to the surgeon. *J Am Acad Orthop Surg* 13:69-76, 2005
26. Sinha S, Evans SJ, Arundell MK, Burke FD: Radiation protection issues with the use of mini C-arm image intensifiers in surgery in the upper limb. Optimisation of practice and the impact of new regulations. *J Bone Joint Surg Br* 86:333-336, 2004
27. Süner Hİ, Martínez-Olascoaga DO, Pérez González JL, Pérez RL, Carrascosa-Granada A, Domínguez I: Robotik omurga cerrahisi. *Türk Nöroşir Derg* 32:242-249, 2022
28. ThirumalaPD, Muralidharan A, Loke YK, Habeych M, Crammond D, Balzer J: Value of intraoperative neurophysiological monitoring to reduce neurological complications in patients undergoing anterior cervical spine procedures for cervical spondylotic myelopathy. *J Clin Neurosci* 25:27-35, 2016
29. Truong VT, Al-Shakfa F, Boubez G, Shedid D, Yuh SJ, Wang Z: Enhanced visualization of the cervical vertebra during intraoperative fluoroscopy using a shoulder traction device. *Asian Spine J* 14:502-506, 2020
30. Wada K, Tamaki R, Inoue T, Hagiwara K, Okazaki K: Cervical Pedicle screw insertion using o-arm-based 3D navigation: Technical advancement to improve accuracy of screws. *World Neurosurg* 139:e182-e188, 2020
31. White SP: Effect of introduction of mini C-arm image intensifier in orthopaedic theatre. *Ann R Coll Surg Engl* 89:268-271, 2007
32. Yoshimoto H, Sato S, Hyakumachi T, Yanagibashi Y, Kanno T, Masuda T: Clinical accuracy of cervical pedicle screw insertion using lateral fluoroscopy: A radiographic analysis of the learning curve. *Eur Spine J* 18:1326-1334, 2009