



# Servikal Spinal Dejeneratif Hastalıklarının Cerrahisinde Navigasyon Kullanımı

## The Use of Navigation in the Surgery of Cervical Spinal Degenerative Diseases

Mehmet Yiğit AKGÜN<sup>1</sup>, Serdar Onur AYDIN<sup>2</sup>, Pınar DOĞAN<sup>3</sup>, Nail ÖZDEMİR<sup>4</sup>, Özkan ATEŞ<sup>1</sup>, Erkan KAPTANOĞLU<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Koç Üniversitesi Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Dr. Lütfi Kırdar Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi, İstanbul, Türkiye

<sup>3</sup>Diyarbakır Devlet Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi, Diyarbakır, Türkiye

<sup>4</sup>Beyin ve Sinir Kliniği, Beyin ve Sinir Cerrahisi, İzmir, Türkiye

<sup>5</sup>Özel Klinik, Beyin ve Sinir Cerrahisi, İstanbul, Türkiye

**Yazışma adresi:** Mehmet Yiğit AKGÜN ✉ myigitakgun@gmail.com

### ÖZ

Bilgisayar tabanlı intraoperatif navigasyonun kullanılması ile enstrüman işlemlerinde daha fazla doğruluk oranları, karmaşık spinal anatominin cerrahi sırasında daha iyi anlaşılması, daha düşük radyasyon maruziyeti, cerrahi süresinin kısalması ve daha düşük komplikasyon oranları gibi hasta ve cerrah açısından avantajlı sonuçlar elde edilmiştir. Bu sistemler, ameliyathanede hastanın pozisyonunu değiştirmeden ve operasyonla aynı anda üç boyutlu görüntülemeye olanak sağlar. Bu yeni görüntüleme teknikleri, ameliyathanedeki üç boyutlu görüntüler ile hastanın o anki pozisyonu ve pozisyona bağlı anatomisi hakkında bilgi verir ve anlık görüntü verilerine dayalı navigasyon desteği sağlar. Bu teknolojiyi kraniocervikal bileşkeden servikotorasik bileşkeye kadar olan tüm servikal bölge operasyonlarında uygulamak mümkündür. Navigasyon eşliğinde yapılan cerrahi işlemlerin, standart floroskopi kullanımına göre vida yanlış pozisyonu riskini, ameliyat süresini, ortalama kan kaybını, radyasyona maruz kalma süresini ve komplikasyon oranlarını azaltma potansiyeli vardır.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Servikal, Omurga, Dejeneratif, Navigasyon, Stabilizasyon

### ABSTRACT

With the use of computer-based intraoperative navigation, advantageous results for the patient and the surgeon have been obtained, and include greater accuracy in instrument operations, a better understanding of complex spinal anatomy during surgery, lower radiation exposure, shorter surgical time, and lower complication rates. These systems allow three-dimensional imaging simultaneously with the operation and without changing the patient's position in the operating room. These new imaging techniques provide information about the patient's current position and position-related anatomy with three-dimensional images in the operating room and provide navigation support based on snapshot data. It is possible to apply this technology in all cervical region operations, from the craniocervical junction to the cervicothoracic junction. Navigation-guided surgical procedures have the potential to reduce the risk of screw malposition and improve operative time, mean blood loss, radiation exposure time, and complication rates compared to standard fluoroscopy use.

**KEYWORDS:** Cervical, Spine, Degenerative, Navigation, Stabilization

## ■ GİRİŞ

Radyoloji ve görüntüleme alanındaki çeşitli teknolojik gelişmeler, 1990'ların başından bu yana, spinal cerrahide intraoperatif görüntü rehberliği (*image-guided*) kullanımını üzerinde etkili olmuştur. Modern intraoperatif bilgisayarlı tomografi tabanlı navigasyon cihazları, daha önceki geleneksel floroskopik tabanlı üç boyutlu (3D) görüntü kılavuzluğundaki cerrahinin yerini almıştır (5). Bilgisayar tabanlı intraoperatif navigasyonun kullanılması ile enstrüman işlemlerinde daha fazla doğruluk oranları, karmaşık spinal anatominin cerrahi sırasında daha iyi anlaşılması, daha düşük radyasyon maruziyeti, cerrahi süresinin kısalması ve daha düşük komplikasyon oranları gibi hasta ve cerrah açısından avantajlı sonuçlar elde edilmiştir (14,17). İntraoperatif navigasyon, enfeksiyon, artrodez, revizyon cerrahisi ve kompleks anatomili deformite, travma ve tümör gibi farklı cerrahi prosedürler için öncelikle lokalizasyon belirleme, enstrüman yerleştirilmesinde giriş yeri, açısı ve kritik sınırları belirleme, insizyon tasarımının yapılması ve yeterli dekompresyon yapıldığının anlaşılması amacıyla kullanılmaktadır. Özellikle minimal invaziv omurga cerrahisinin doğasında var olan sınırlı görüş alanları ve fazla skopi görüntüleme ihtiyacı nedeniyle, bu teknolojik gelişmelerin önemli ve olumlu etkisi görülmektedir (16).

Görüntü rehberliği sistemlerinin kullanımı spinal cerrahideki girişimsel işlemlerin doğruluğunu artırır (2). Bu sistemler, ameliyathanede hastanın pozisyonunu değiştirmeden ve ope-

rasyonla aynı anda üç boyutlu görüntülemeye olanak sağlar. Daha çok torakolomber bölge cerrahilerinde navigasyon sistemlerinin kullanıldığını görsek de servikal bölge cerrahilerinde kullanımını hızla artmaktadır (16).

Bu yeni görüntüleme teknikleri, ameliyathanedeki üç boyutlu görüntüler ile hastanın o anki pozisyonu ve pozisyona bağlı anatomisi hakkında bilgi verir ve anlık görüntü verilerine dayalı navigasyon desteği sağlar. Bu teknolojiyi kranioservikal bileşkeden servikotorasik bileşkeye kadar olan tüm servikal bölge operasyonlarında uygulamak mümkündür (13).

Omurilik, sinir kökleri ve vertebral arterlerin yanı sıra enstrüman yerleştirilmesi için torakolomber bölgeye göre daha küçük ve narin kemik yapıların varlığı nedeniyle servikal anatomi, özellikle yüksek servikal seviyelerde o bölgeye özgün cerrahi problemler içerir (21). Ayrıca, rutinde intraoperatif floroskopi kullanımında alt servikal omurgada omuz kosta gibi diğer kemik dokuların komşulukları sebebiyle görüntü kalitesi ve anatominin anlaşılması daha zor olabilir. İntraoperatif 3D navigasyon, özellikle cerrahi sırasındaki floroskopinin giriş çıkışı nedeniyle cerrahi işlemde yaşanan kesintiyi azaltması, cerrahi sürenin kısalması, enstrüman yerleşiminin anlık takibiyle doğruluğunu artırma gibi servikal omurga cerrahisinde önemli bir yere sahip olmuştur (18). Navigasyonun operasyon odasında yerleşim yeri ve peroperatif görüntü örneği Şekil 1'de verilmiştir.



**Şekil 1:** Servikal cerrahide nöronavigasyonun peroperatif görüntüleri. (A: yerleşim şekli, B: Passive frame'in lokasyonu ve navigasyona tanıtılmış vida gönderici ile vidanın gönderilmesi, C: Real time navigasyon görüntüsü).

## ■ NÖRONAVİGASYON ve ANTERİÖR SERVİKAL CERRAHİ

Anterior servikal girişimlerde nöronavigasyon işlemleri özellikle operasyon sonrası görülebilecek disfaji ve komşu segment dejenerasyonu gibi riskleri azaltabilecek minimal invaziv endoskopik teknikler için önemlidir (25). Navigasyon teknolojisinin anterior servikal cerrahide kullanımı posterior girişimlere göre daha az tercih edilse de korpektomiler, tümör rezeksiyonları, revizyon prosedürleri ve odontoid vida yerleştirilmesi için navigasyon sistemlerinin faydalı olduğu gösterilmiştir. Kranioservikal bileşke vakaları için faydaları vurgulanmıştır (21,22).

Zou ve ark. yaptığı çalışmada odontoid fraktürü olan 21 hasta izosentrik C kollu üç boyutlu navigasyon sistemi kullanılarak opere edilmiş, hastaların ameliyat sonrası değerlendirilmesi Smiley-Webster skorlama sistemi ile skorlanarak navigasyon sistemi destekli anterior odontoid vida fiksasyonunun odontoid fraktürü tedavisinde etkili bir yaklaşım olduğu gösterilmiştir (28).

Kim ve ark. yaptığı bir çalışmada O-arm navigasyon sistemi kullanılarak C5-C6, C6-C7 ve C7-T1 seviyelerinde foraminal disk herniasyonu olan 8 hastada transkorporal anterior servikal

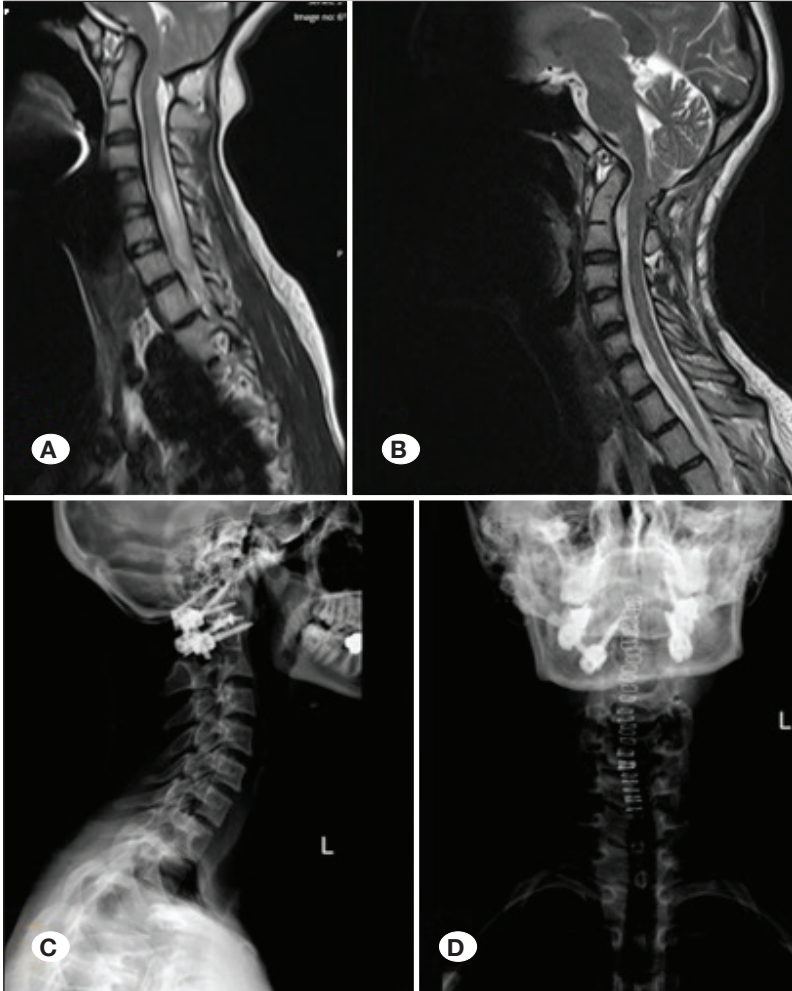
foraminotomi ve sekestre disk parçasının çıkarılması minimal invaziv yöntemle başarıyla gerçekleştirilmiştir (12).

Anterior servikal cerrahi de navigasyon için kullanılacak referans noktaları belirgin olmaması ve az olması nedeniyle görüntü sapmalarına karşı dikkatli olunmalıdır. Referans noktası olarak dışardan sabitlenmiş bir klemp, ameliyat masası veya cilde sabitlenmiş bir çerçeve kullanılabilir (7).

## ■ NÖRONAVİGASYON ve POSTERİÖR SERVİKAL CERRAHİ

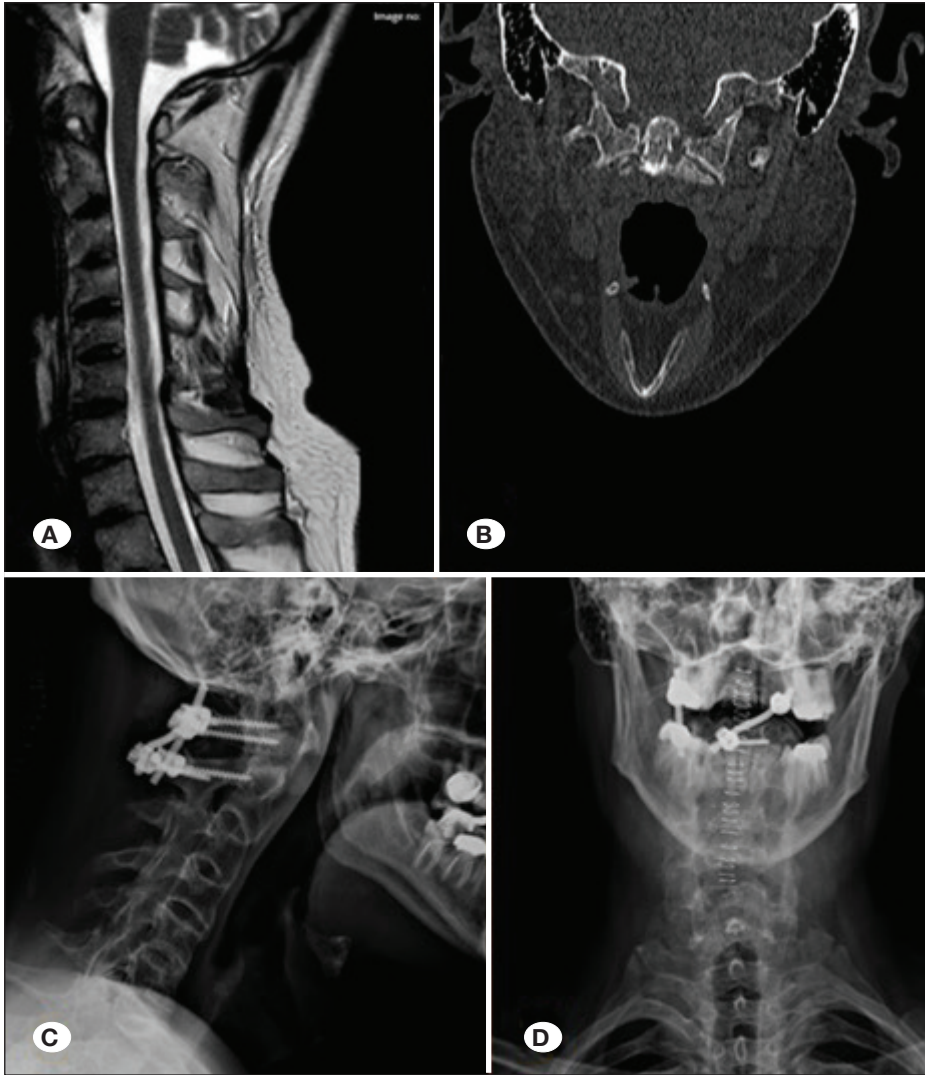
### C1-2 füzyon

C1-C2 vertebraları ve kraniyobileşke bölgesinin kompleks anatomisi ve hayati yapılarla komşulukları nedeniyle cerrahi enstrüman işlemlerini zorlaştırır. Kemik yapıların kişiden kişiye değişmesi ve çeşitli vasküler varyasyonlar sebebiyle cerrahi tekniğin hastaya özgü modifikasyonu gerekebilir, hatta vida-sına enstrüman yerleştirilmesine müsaade etmeyen durumlar söz konusu olabilir (20). Bilgisayar destekli 3D navigasyon sistemlerinin, geleneksel floroskopi eşliğindeki C1-C2 cerrahilerine göre vida yerleştirme doğruluğunu artırarak daha faydalı olduğu gösterilmiştir (3). Bazı vaka örnekleri Şekil 2 ve Şekil 3'te gösterilmiştir.



**Şekil 2:** Kranioservikal bileşke anomalisi ve buna bağlı holokord syringomiyelisi (**A-** Pre op; **B,C,D-** Post op görüntülemeler) olan hastada C1-2 bıçaklı kafes ve posterior stabilizasyon işlemi navigasyon yardımı ile gerçekleştirilmiştir.





**Şekil 3:** Ankilozan spondiliti ve C2 fraktürü olan hastada (A,B- Pre op; C,D-Post op görüntülemeler) C1-2 posterior stabilizasyon işlemi navigasyon yardımı ile gerçekleştirilmiştir.

Yang ve ark. yaptığı çalışmada, atlantoaksiyal instabilitesi olan toplamda 24 hastanın 12'si Iso-C 3D navigasyon sistemi ile diğer 12'si ise geleneksel skopi eşliğinde opere edilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır (24). Çalışmanın sonucunda navigasyon kullanımının vida yerleştirme doğruluğunu önemli ölçüde artırdığı ve radyasyon maruziyetini azalttığı ve kan kaybının azaltılabildiği gösterilmiştir (24).

Başka çalışmalarla da C1-2 fiksasyonu yapılan hastalarda intraoperatif 3D navigasyon kullanımının geleneksel skopiye kıyasla vida kırılma oranını, operasyon süresini, ortalama kan kaybını ve radyasyon süresi gibi faktörlerde avantajları gösterilmiştir (10,19).

### ■ POSTERİOR SERVİKAL PEDİKÜL ve MASS VIDALARI

Pedikül vida kullanımı servikal bölgede pedikül hacminin küçük boyutlu olması ve komşu nöro-vasküler yapılara zarar verme riski gibi zorlukları nedeniyle torakolomber omurgadan daha yavaş ilerleme göstermiştir (15). Lateral mass vidaları

daha güvenli bir yöntem olarak görülse de pedikül vidalarına göre biyomekanik stabilite açısından daha zayıftır (11). Vaka öncesinde mutlaka pedikül anatomisine bakılmalı, pedikül vida yerleştirilmesine uygun olmayan hastalara dikkat edilerek komplikasyon riski en aza indirilmelidir (26).

Arab ve ark. yaptığı toplamda 40 hastanın dahil edildiği bir çalışmada 20 hastaya navigasyon rehberliğinde, 20 hastaya modifiye Magerl tekniği ile posterior servikal lateral mass vidası yerleştirilmiş ve sonuçlar karşılaştırılmıştır (1). Çalışma sonucunda navigasyon sisteminin vida malpozisyonlarını azalttığını gösterirken komplikasyon ve kanama miktarı açısından belirgin bir fark olmadığı belirtilmiştir.

Ishikawa ve ark. yaptığı çalışmada, 30 hasta floroskopi, 32 hasta navigasyon rehberliğinde opere edilmiş ve posterior servikal pedikül vida yerleştirilmesi sonuçları karşılaştırılmıştır(8). Sonuç olarak navigasyon eşliğinde yapılan cerrahilerde vidaların doğruluğunu artırdığı ancak navigasyon sistemi ile bile vertebral arterde yaralanmaya veya nörolojik komplikasyonlara neden olan ciddi komplikasyonların meydana gelebileceği vurgulanmıştır.

2021 yılında Tarawneh ve ark. yaptığı meta-analiz çalışmada 2006 ve 2019 yılları arasında yapılmış toplam 17 çalışma değerlendirilmiş, navigasyon rehberliğinde ve geleneksel floroskopi eşliğinde servikal pedikül vida yerleştirilmesi işleminin doğruluk ve güvenilirliği karşılaştırılmıştır (23). 11 tanesi floroskopik yöntem, 6 tanesi navigasyon yardımıyla işlemleri içeren toplamda 1065 hasta, 4278 posterior servikal vida işlemi çalışmaya dahil edilmiş ve sonuç olarak navigasyona dayalı tekniklerin istatistiksel olarak önemli ölçüde daha doğru bir vida yerleştirme ve bunun sonucunda daha düşük komplikasyon oranları sağladığı gösterilmiştir.

Pedikül vidası uygulanması için vidanın giriş noktasını, pedikül açısını ve yerleştirme sırasındaki hareketinin takip edilebileceği navigasyon sistemleri ile servikal pedikül vidalarının güvenli bir şekilde yerleştirilebileceği anlaşılmaktadır (6,9).

### ■ SERVİKAL UNİLATERAL / BİLATERAL DEKOMPRESYON İŞLEMLERİ

3D navigasyon sistemleri ile endoskopik veya minimal invaziv dekompresyon ve foraminotomi işlemleri için seviye tespiti ve dekompresyon sınırlarının belirlenmesi gibi faydaları mevcuttur (4). Servikal radikülopati vakalarında tam-endoskopik posterior foraminotomi işlemleri navigasyon sistemleri yardımıyla gerçekleştirilerek daha güvenli ve efektif olduğu gösterilmiştir (27).

Del Curto ve ark. yaptığı çalışmada tek taraflı foraminal disk hernileri veya C6-7 veya C7-T1 seviyesinde foraminal stenozu olan 14 hastaya METRx tübüler ekartör kullanılarak O-kol navigasyon rehberliğinde posterior dekompresyon uygulanmış ve navigasyon rehberliğinde yapılan dekompresyon işlemlerinin alt servikal bölge foraminal stenoz tedavisi için güvenli, etkili ve instabiliteyi önleyen minimal invaziv bir prosedür olduğunu göstermişlerdir (4).

### ■ SONUÇ

Servikal omurga cerrahisinde enstrüman yerleştirilmesi ve minimal invaziv işlemlerdeki kısıtlı görüş zorlukları nedeniyle intraoperatif navigasyon işlemleri hızla çekicilik kazanmıştır. Servikal omurgadaki navigasyon sistemleri için en büyük kısıtlama hâlâ navigasyon sapmalarının cerrahi sırasında kaymasına engel olmak için kullanılan referans noktasının yerleştirilmesidir. Navigasyon eşliğinde yapılan cerrahi işlemlerin, standart floroskopi kullanımına göre vida yanlış pozisyonu riskini, ameliyat süresini, ortalama kan kaybını, radyasyona maruz kalma süresini ve komplikasyon oranlarını azaltma potansiyeli vardır.

### ■ KAYNAKLAR

1. Arab A, Alkherayf F, Sachs A, Wai EK: Use of 3D navigation in subaxial cervical spine lateral mass screw insertion. *J Neurol Surg Rep* 79:e1-e8, 2018
2. Assaker R, Reyns N, Vinchon M, Demondion X, Louis E: Transpedicular screw placement: Image-guided versus lateral-view fluoroscopy: In vitro simulation. *Spine (Phila Pa 1976)* 26:2160-2164, 2001
3. Czabanka M, Haemmerli J, Hecht N, Foehre B, Arden K, Liebig T, Woitzik J, Vajkoczy P: Spinal navigation for posterior instrumentation of C1-2 instability using a mobile intraoperative CT scanner. *J Neurosurg Spine* 27:268-275, 2017
4. Del Curto D, Kim JS, Lee SH: Minimally invasive posterior cervical microforaminotomy in the lower cervical spine and C-T junction assisted by O-arm-based navigation. *Comput Aided Surg* 18:76-83, 2013
5. Holly LT, Foley KT: Image guidance in spine surgery. *Orthop Clin North Am* 38:451-461; abstract viii, 2007
6. Hott JS, Deshmukh VR, Klopfenstein JD, Sonntag VK, Dickman CA, Spetzler RF, Papadopoulos SM: Intraoperative Iso-C C-arm navigation in craniocervical surgery: The first 60 cases. *Neurosurgery* 54:1131-1136; discussion 1136-1137, 2004
7. Hott JS, Papadopoulos SM, Theodore N, Dickman CA, Sonntag VK: Intraoperative Iso-C C-arm navigation in cervical spinal surgery: Review of the first 52 cases. *Spine (Phila Pa 1976)* 29:2856-2860, 2004
8. Ishikawa Y, Kanemura T, Yoshida G, Ito Z, Muramoto A, Ohno S: Clinical accuracy of three-dimensional fluoroscopy-based computer-assisted cervical pedicle screw placement: A retrospective comparative study of conventional versus computer-assisted cervical pedicle screw placement: Clinical article. *J Neurosurg Spine SPI* 13:606-611, 2010
9. Ishikawa Y, Kanemura T, Yoshida G, Matsumoto A, Ito Z, Tauchi R, Muramoto A, Ohno S, Nishimura Y: Intraoperative, full-rotation, three-dimensional image (O-arm)-based navigation system for cervical pedicle screw insertion. *J Neurosurg Spine* 15:472-478, 2011
10. Jacobs C, Roessler PP, Scheidt S, Ploger 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
11. Jones EL, Heller JG, Silcox DH, Hutton WC: Cervical pedicle screws versus lateral mass screws. Anatomic feasibility and biomechanical comparison. *Spine (Phila Pa 1976)* 22:977-982, 1997
12. Kim JS, Eun SS, Prada N, Choi G, Lee SH: Modified transcorporeal anterior cervical microforaminotomy assisted by O-arm-based navigation: A technical case report. *Eur Spine J* 20 Suppl 2:S147-152, 2011
13. Kirnaz S, Gebhard H, Wong T, Nangunoori R, Schmidt FA, Sato K, Hartl R: Intraoperative image guidance for cervical spine surgery. *Ann Transl Med* 9:93, 2021
14. Kirnaz S, Navarro-Ramirez R, Wipplinger C, Schmidt FA, Hussain I, Kim E, Hartl R: Minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion using 3-dimensional total navigation: 2-dimensional operative video. *Oper Neurosurg (Hagerstown)* 18:E9-E10, 2020
15. Ludwig SC, Kramer DL, Vaccaro AR, Albert TJ: Transpedicle screw fixation of the cervical spine. *Clin Orthop Relat Res*:77-88, 1999
16. Moses ZB, Mayer RR, Strickland BA, Kretzer RM, Wolinsky JP, Gokaslan ZL, Baaj AA: Neuronavigation in minimally invasive spine surgery. *Neurosurg Focus* 35:E12, 2013

17. Navarro-Ramirez R, Lang G, Lian X, Berlin C, Janssen I, Jada A, Alimi M, Hartl R: Total navigation in spine surgery; a concise guide to eliminate fluoroscopy using a portable intraoperative computed tomography 3-dimensional navigation system. *World Neurosurg* 100:325-335, 2017
18. Nottmeier EW, Pirris SM, Edwards S, Kimes S, Bowman C, Nelson KL: Operating room radiation exposure in cone beam computed tomography-based, image-guided spinal surgery: clinical article. *J Neurosurg Spine* 19:226-231, 2013
19. Ould-Slimane M, Ferracci FX, Le Pape S, Perez A, Michelin P, Gauthe R: Posterior C1C2 harms fusion with 3D surgical navigation. *Orthop Traumatol Surg Res* 104:585-588, 2018
20. Paramore CG, Dickman CA, Sonntag VK: The anatomical suitability of the C1-2 complex for transarticular screw fixation. *J Neurosurg* 85:221-224, 1996
21. Pirris SM, Nottmeier EW: A case series on the technical use of three-dimensional image guidance in subaxial anterior cervical surgery. *Int J Med Robot* 11:44-51, 2015
22. Starkweather CK, Morshed R, Rutledge C, Tarapore P: Navigated placement of two odontoid screws using the o-arm navigation system: A technical case report. *Cureus* 12:e10724, 2020
23. Tarawneh AM, Haleem S, D'Aquino D, Quraishi N: The comparative accuracy and safety of fluoroscopic and navigation-based techniques in cervical pedicle screw fixation: Systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg Spine*, 2021 (Online ahead of print)
24. Yang YL, Zhou DS, He JL: Comparison of isocentric C-arm 3-dimensional navigation and conventional fluoroscopy for C1 lateral mass and C2 pedicle screw placement for atlantoaxial instability. *J Spinal Disord Tech* 26:127-134, 2013
25. Yao N, Wang C, Wang W, Wang L: Full-endoscopic technique for anterior cervical discectomy and interbody fusion: 5-year follow-up results of 67 cases. *Eur Spine J* 20:899-904, 2011
26. Yoshihara H, Passias PG, Errico TJ: Screw-related complications in the subaxial cervical spine with the use of lateral mass versus cervical pedicle screws: A systematic review. *J Neurosurg Spine* 19:614-623, 2013
27. Zhang C, Wu J, Xu C, Zheng W, Pan Y, Li C, Zhou Y: Minimally invasive full-endoscopic posterior cervical foraminotomy assisted by o-arm-based navigation. *Pain Physician* 21:E215-E223, 2018
28. Zou D, Zhang K, Ren Y, Wu Y, Yang Y, Li Y: Three-dimensional image navigation system-assisted anterior cervical screw fixation for treatment of acute odontoid fracture. *Int J Clin Exp Med* 7:4332-4336, 2014