

## Üç Boyutlu Yazıcı Yardımı ile Kişiyi Özel C1-C2 Füzyon Yapılan Hastaların Klinik Sonuçları

### Clinical Outcome of Patients with Individualized 3D Printing Assisted C1-C2 Fusion

<sup>1</sup>Ceren Kızmazoğlu, <sup>2</sup>Hasan Emre Aydın, <sup>2</sup>İsmail Kaya, <sup>3</sup>Reşit Buğra Hüsemoğlu, <sup>1</sup>Orhan Kalemci, <sup>1</sup>Ercan Özer

<sup>1</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye,  
<sup>2</sup>Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Kütahya, Türkiye  
<sup>3</sup>Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyomekanik Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

**Özet:** Bu çalışmanın amacı, C1 lateral mass - C2 pedikül vidalama kullanılarak posterior C1 - C2 füzyon yapılacak olan hastaların 3 boyutlu (3B) yazıcı ile oluşturulan preoperatif modelleri üzerinde cerrahi planlama ve uygulamasının klinik sonuçlara etkisini araştırmaktır. Kliniklerimize atlantoaksiyel dislokasyon nedeniyle başvuran 11 hasta bu çalışmaya alınmıştır. Üç boyutlu baskı materyalinin üretimi için özel tasarımı katmanlı üretim teknolojisi olan üç boyutlu yazıcı kullanıldı. Preoperatif modeller üzerinde cerrahi planlama yapıldı ve uygulandı. Hastaların yaş ortalaması 52.54±20.45 yaş (24-75) idi. 11 hastanın 7'si erkek (%63.6), 4'ü kadındı (%36.4). Bu hastaların 2'si (%18.2) konjenital anomali nedeni, 9'u (%81.8) travma nedeniyle kliniğimize başvurdu. Hastaların operasyon süresi ortalama 260.90±79.17 dakika idi. Preoperatif atlantodental aralık ortalaması 3.44±1.38 mm, postoperatif atlantodental aralık ortalaması 2.20±0.89 mm olarak bulundu. Preoperatif üç boyutlu modellemenin yardımı ile yapılan C1-C2 füzyonu atlantoaksiyel dislokasyonun tedavisinde etkili bir yöntemdir. Bu modellerin kullanımı, ameliyat öncesi simülasyon yapma becerisini artırarak cerrahlara avantajlar sunar. 3B'li modelleme tekniği ameliyat sırasında, vida malpozisyonu azaltır, ameliyat süresini kısaltarak intraoperatif güvenliği artırır.

**Anahtar Sözcükler:** Atlantoaksiyel; cerrahi planlama; dislokasyon; üç boyutlu yazıcı

Kızmazoğlu C, Aydın HE, Kaya İ, Hüsemoğlu RB, Kalemci O, Özer E, 2019 Üç Boyutlu Yazıcı Yardımı İle Kişiyi Özel C1-C2 Füzyon Yapılan Hastaların Klinik Sonuçları, *Osmangazi Tıp Dergisi*, 41(4): 413- 420 **Doi:** 10.20515/otd.478156

**Abstract:** The aim of this study was to investigate the effect of surgical planning and application on the clinical outcomes of preoperative models of patients who underwent posterior C1 - C2 fusion using C1 lateral mass - C2 pedicle screw technique. Eleven patients who were admitted to our clinic with atlantoaxial dislocation were included in this study. Fused deposition modeling three-dimensional printer with special design was used for the production of three-dimensional printing material. Surgical planning was performed on preoperative models and applied. The mean age of the patients was 52.54 ± 20.45 years (24-75). Of the 11 patients, 7 were male (63.6%), 4 were female (36.4%). Two (18.2%) of these patients had congenital dislocation, 9 (81.8%) were admitted to our clinic due to trauma. The mean operation time of the patients was 260.90 ± 79.17 min. The mean preoperative atlantodental interval was 3.44 ± 1.38 mm and the mean postoperative atlantodental interval was 2.20 ± 0.89 mm. C1-C2 fusion with preoperative three-dimensional modeling is an effective method in the treatment of atlantoaxial dislocation. The use of these models offers surgeons advantages by increasing the ability to perform preoperative simulation. The 3D modeling technique reduces screw malposition during surgery and shortens the operation time and increases intraoperative safety.

**Key Words:** Atlantoaxial; surgical planning; dislocation; three-dimensional printer

Kızmazoğlu C, Aydın HE, Kaya I, Husemoglu RB, Kalemci O, Ozer E, 2019 Clinical Outcome of Patients With Individualized 3D Printing Assisted C1-C2 Fusion, 41(4): 413- 420 **Doi:** 10.20515/otd.478156

**ORCID ID of the authors:** C.K.0000-0001-6146-0842; H.E.A. 0000-0002-8932-1542; I.K. 0000-0002-5117-8066; R.B.H. 0000-0003-1979-160X; O.K. 0000-0002-8607-6860; E.Ö. 0000-0001-9011-5706

## 1. Giriş

Servikal atlantoaksiyel eklemde; travma, konjenital deformite, tümör, enfeksiyon veya romatolojik dejenerasyon sonucu atlantoaksiyel instabilite gelişebilir. Atlantoaksiyal instabilite, nörolojik disfonksiyon, solunum sıkıntısı, hatta ani ölüm gibi ciddi komplikasyonlara neden olduğu için tedavi edilmelidir (1).

C1-C2 anatomi ve biyomekanik bilgilerinin artmasıyla birlikte, atlantoaksiyel instabilitede C1-C2 telleme, interlaminar klemp tekniği, transartiküler vida tekniği ve vida-rod sistemi tekniği gibi çeşitli posterior füzyon teknikleri uygulanmıştır (2-4). Son yıllarda C1-C2 vida rot füzyon tekniği yaygın olarak kullanılmaktadır (4,5). Posterior füzyon sırasında venöz pleksustan kanama, vertebral arter, hipoglossal sinir veya omurilik hasarı oluşabilir. Vertebral arter hasarı hayatı tehdit edici bir komplikasyondur (6).

Üç boyutlu (3B) yazıcı, bilgisayar ortamında tasarlanmış 3 boyutlu bir modeli fiziki gerçek bir nesneye çeviren ileri teknoloji ürünü cihazdır. Günümüzde 3B teknolojisi hastanın anatomisinin preoperatif değerlendirme, protez ve medikal alet geliştirilmesi için kullanılmaya başlanmıştır (7). 3B yazıcılar kompleks cerrahi yaklaşımların preoperatif simülasyonunu sağlayarak cerrahi başarıyı arttırmıştır. 3B modelleme, 3B konvansiyonel nörogörüntülemeye göre daha üstündür. Cerrahin bir anatomik modellemeyi görerek ve dokunarak patolojiyi anlaması, sadece görmeye göre daha üstündür (8). Her hastanın atlantoaksiyel anatomik yapısı aynı değildir, pedikül hipoplazisi ve vertebral arter seyri kişiden kişiye farklılık gösterir. Hastaya özgü 3B modeller, cerraha preoperatif olarak cerrahi planlama ve uygulama imkanı sunarak preoperatif komplikasyonları azaltmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, C1 lateral mass - C2 pedikül vidası tekniği kullanılarak posterior

C1 – C2 füzyon yapılacak olan hastaların 3B yazıcı ile oluşturulan preoperatif modelleri üzerinde cerrahi planlama ve uygulamasının klinik sonuçlara etkisini araştırmaktır.

## 2. Gereç ve Yöntem

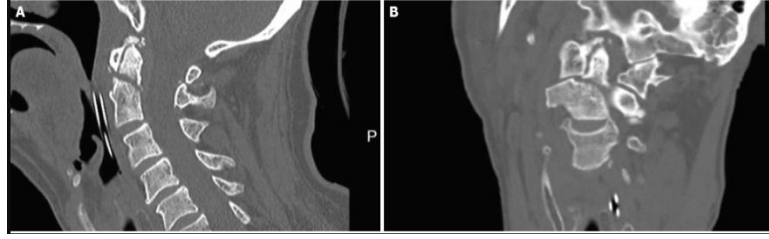
Bu çalışmada atlantoaksiyel dislokasyon nedeniyle 2015-2018 yılları arasında kliniklerimize yatırılarak opere edilen 11 hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Bu çalışma için etik kurul onayı alınmıştır (Karar no: 2018-14/7).

### *Üç Boyutlu Modellerin Hazırlanması ve Basımı*

Üç boyutlu baskı materyalinin üretiminde farklı aşamalar mevcuttur. Servikal görüntülemeye elde edilen kaynak veri, tipik 2 boyut olarak görselleştirilmektedir. Algoritma ve işleme araçları sonrasında anatominin 3B görünüşü elde edilmektedir (9). Çalışmada 3B baskı materyali görüntü alımı, görüntü işleme sonrası rötuş ve 3B basım üretim zinciri olmak üzere aşağıdaki adımlar izlenmiştir.

### *Görüntü Alımı*

3B baskı materyallerinin yaratılmasında verinin kalitesine göre nesnenin kalitesi değişmektedir. Hastaların preop radyografi görüntüleri 1mm kesitli bilgisayarlı tomografi (BT) ile alınmıştır. Elde edilen veriler DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) formatında kaydedilmiştir (Şekil 1).

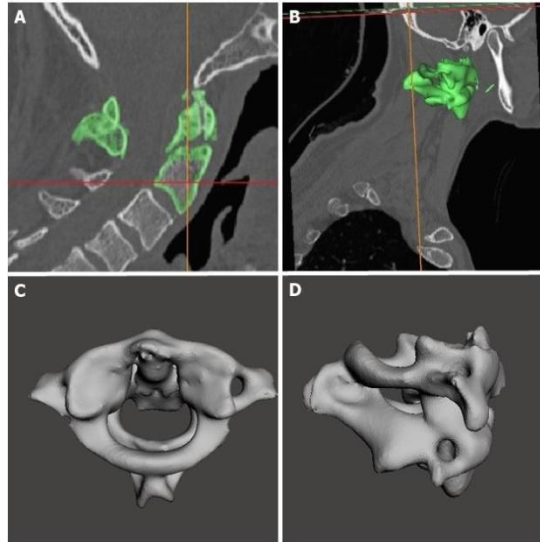


Şekil 1. Tip II odontoid kırığı preoperatif aksiyel (A) ve koronal (B) BT görüntüsü

### Model 3B İşleme

Hastalardan alınan BT verilerinden elde edilen DICOM görüntüleri sırasıyla Mimics yazılımı (Materialize, Leuven, Belçika) kullanılarak segmentasyon işlemleri yapılmış sonrasında yüzey iyileştirmeler

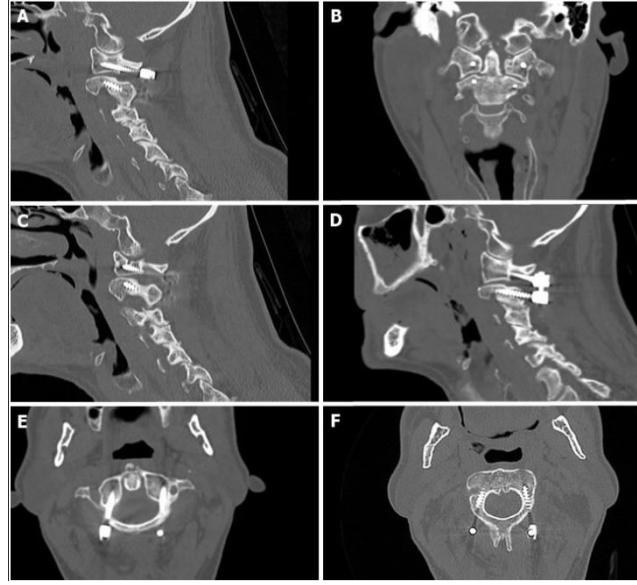
gerçekleştirilmiştir. Rötüslanan görsel 3B baskı materyali üretimi için STL (Surface Tessellation Language) dosyası formatında baskı için hazırlanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. DICOM görüntüleri sırasıyla Mimics yazılımı ile STL formatına çevrilerek baskıya hazırlanması

STL formatındaki dosya CAD çizim verileri ile katmanlar şeklinde açık kod kaynaklı bir dilimleme yazılımı olan Slic3r ile gerçekleştirilmiştir. Bu sayede modelin G-Kodları oluşturulmuştur. G-Kod verileri 3B yazıcıya gönderilerek termoplastik malzeme (filament) birlikte yazdırma işlemine geçilmiştir. 3B yazıcıya gönderilmesiyle

fiziksel bir model elde edilmiştir. Modellerin basımında termoplastik malzeme olan PLA (Polilaktik asit) filamentleri kullanılmıştır. Modellerin üretimi özel tasarımı katmanlı üretim teknolojisi (Fused Deposition Modelling) destekli 3B yazıcı ile basım işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3).



**Şekil 3.** Modellerin özel tasarımı katmanlı üretim teknolojisi (Fused Deposition Modelling) destekli 3B yazıcı ile basımı; preoperatif olarak cerrahi planlama ve vidaların yerleştirilmesi.

### İstatiksel analiz

Çalışma verilerinin istatistiksel analizlerin yapılması amacıyla statistical package for social sciences version 22.0 (SPSS, Chicago, IL, USA) programı kullanıldı. Elde edilen veriler ve verilerin ortanca değeri (SD) işlenerek istatistik programına aktarıldı. Preoperatif ve postoperatif atlantodental aralık arasındaki fark için Wilcoxon işaret sıralama testi kullanıldı. p değeri <0.05 anlamlı kabul edildi.

### 3. Bulgular ve Analizler

Hastaların yaş ortalaması 52.54±20.45 yaş (24-75) idi. 11 hastanın 7'si erkek (%63.6),

4'ü kadındı (%36.4). Bu hastaların 2'si (%18.2) konjenital anomali nedeniyle, 9'u (%81.8) travma nedeniyle kliniğimize başvurdu. Opere edilen hastaların 2'sinde (%18.2) peroperatif duramater hasarı oldu. Dural yaralanmalar 5/0 Poliglaktin sütür ile sütüre edildi ve fibrin glue uygulandı. Hastalarımızın postoperatif defisitleri preoperatif defisitlerine göre, 7 hastada (%63.6) aynı kalırken, 1 hastada (%9.1) arttı ve 3 hastada (%27.3) azaldı. Bir hastamız postoperatif 42. günde exitus oldu (Tablo 1).

**Tablo 1.**  
Hastaların tanımlayıcı ve klinik özellikleri

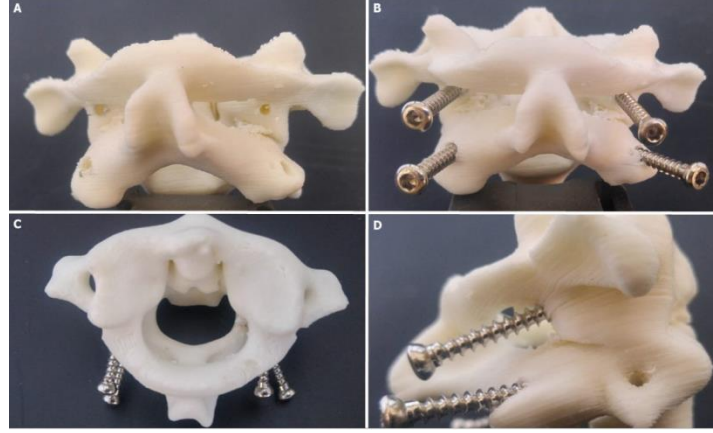
	Hasta (N)	%/ort.
<b>Cinsiyet</b>		
Erkek	7	63,6
Kadın	4	36,4
<b>Etiyoloji</b>		
Os odontoideum /Atlantoaksiyel Dislokasyon	2	18,2
Travma	9	81,8
<b>Cerrahi operasyon</b>		
C1-C2 füzyon	9	81,8
C1-C2/ üst veya alt	2	18,2

füzyon		
<b>Peroperatif dura hasarı</b>	2	18,2
<b>Postoperatif yara yeri akıntısı</b>	4	36,4
<b>Preoperatif defisit</b>	7	63,6
var	4	36,4
yok		
<b>Postoperatif defisit</b>		
Aynı	7	63,6
Arttı	1	9,1
Azaldı	3	27,3
<b>Mortalite</b>	1	9,1

Hastaların operasyon süresi ortalama  $2.20 \pm 0.89$  olarak bulundu. Preoperatif ve postoperatif atlantodental aralık arasında anlamlı fark bulundu ( $p=0.005$ ) (Tablo 2)(Şekil 4).  
 Hastaların operasyon süresi ortalama  $260.90 \pm 79.17$  dakika (170-410) idi. Preoperatif atlantodental aralık (mm) ortalaması  $3.44 \pm 1.38$ , postoperatif atlantodental aralık (mm) ortalaması

**Tablo 2.**  
Hastalar ile ilgili sonuçların ortalamaları

Hasta (N=11)	Ortalamalar
Yaş (yıl)	$52.54 \pm 20.45$
Hasta yatış süresi (gün)	$29.63 \pm 20.43$
Hasta takip süresi (ay)	$11.54 \pm 9.10$
Operasyon süresi (dakika)	$260.90 \pm 79.17$
Preoperatif Atlantodental aralık (mm)	$3.44 \pm 1.38$
Postoperatif Atlantodental aralık (mm)	$2.20 \pm 0.89$
Sağ C2 vida uzunluğu (mm)	$24.36 \pm 4.88$
Sol C2 vida uzunluğu (mm)	$25.27 \pm 4.12$



*Şekil 4. C1-C2 füzyon uygulanan hastanın postoperatif görüntülemeleri*

#### 4. Tartışma ve Sonuç

Spinal cerrahi teknolojisinde gelişme ve füzyon tekniklerinin artması ile atlantoaksiyal füzyon atlantoaksiyel instabiliteyi tedavi etmede başlıca yöntemlerden biri haline gelmiştir. Üç boyutlu baskı teknolojisi ile cerrahi planlanan anatomik yapı preoperatif olarak cerrah tarafından incelenip plan yapılmaktadır.

Atlantoaksiyal transartiküler vida fiksasyonunda, yüksek füzyon oranı olmasına rağmen; vertebral arter, omurilik ve hipoglossal sinirde potansiyel yaralanma riski bu tekniğin dezavantajlarıdır (10). C1-C2 fiksasyon ve füzyon tekniği daha az komplikasyon ile mükemmel immobilizasyon sağlayabildiğinden son dekada yaygın olarak kullanılmaktadır (11). Biz kendi kliniklerimizde C1-C2 vida rod ile füzyon tekniğini kullandık.

Gao ve ark. yaptıkları 44 hastayı kapsayan çalışmada, 38 hastaya 3B yazıcı ile preoperatif modelleme uygulamış, 6 hastaya uygulamamış; 31 hastada postoperatif dönemde tam redüksiyon olurken, 10 hastada tam redükte olmamıştır. Preoperatif atlantodental aralık ortalaması  $8.04 \pm 2.78$  mm, postoperatif atlantodental aralık ortalaması  $0.78 \pm 1.26$  mm olarak saptamış ve preoperatif atlantodental aralığın postoperatif

atlantodental aralığa göre anlamlı olarak azaldığını saptamışlardır (12). Bizim çalışmamızda 11 hastaya preoperatif 3B modelleme yapılmış, 11 hastada tam redüksiyon sağlanmıştır. Çalışmamızda, preoperatif atlantodental aralık ortalaması  $3.44 \pm 1.38$ mm, postoperatif atlantodental aralık ortalaması  $2.20 \pm 0.89$ mm olarak bulduk ve preoperatif atlantodental aralığın postoperatif atlantodental aralığa göre anlamlı olarak azaldığını saptadık.

Literatürdeki servikal pedikül vida malpozisyon oranı %5-16'dır (5, 13). Yang ve ark. yaptığı çalışmada O arm navigasyon ve floroskopiye karşılaştırmıştır. Navigasyon ile doğru vida yerleştirme oranı %95.8, floroskopi ile %83.3 olarak bulunmuştur (13). Jing ve ark. yaptıkları çalışmada O-arm navigasyonlu preoperatif BT görüntüleme sistemi kullanarak 30 hastaya oksipitoservikal füzyon uygulamıştır. Toplam 139 servikal vida yerleştirilmiş, doğru gönderme oranı %93.53 olarak saptanmıştır (14). Bizim çalışmamızda 44 vida preoperatif 3B modelleme ve preoperatif floroskopi ile yerleştirildi. Doğru gönderme oranı %95.45 olarak saptandı. Bizim çalışmamız preoperatif modellemenin doğru gönderme oranını artırdığını göstermiştir.

Jing ve ark. yaptıkları çalışmada 25 hastada (%83.33) klinik iyileşme, 5 hastada (%16.67) kliniğin preoperatif göre aynı kaldığını saptamıştır (14). Zheng ve ark. yaptıkları çalışmada hastaların %63'ünde postoperatif dönemde nörolojik iyileşme saptamışlardır (1). Bizim çalışmamızda hastalarımızın postoperatif defisitleri preoperatif defisitlerine göre, 7 hastada (%63.6) aynı, 1 hastada (%9.1) artmış ve 3 hastada (%27.3) azalmış olarak saptandı.

Jing ve ark. yaptıkları çalışmada toplam ortalama operasyon süresi 319.73±87.17 dakika (14); Zheng ve ark. ise ortalama operasyon süresini (sadece vida yerleştirme) 133.0±43.5 dk olarak saptamıştır (1). Bizim çalışmamızda toplam ortalama operasyon süresi 260.90±79.17 dk (170-410) olarak saptanmış ve diğer çalışmalara göre preoperatif modellemenin operasyon süresini kısalttığı bulunmuştur.

Kiran ve ark. 94 hastada yaptıkları çalışmada, C1-C2 füzyon uygulanan hastalarda pars C2 vida uzunluğu ortalaması 16.4±2.6 mm, pedikül vida uzunluğunu ortalama 18.8±2.7mm olarak saptamış ve floroskopi kullanımını güvenilir olarak bulmuştur (15). Bizim hastalarımızda gönderilen, sağ C2 pedikül vida uzunluğu ortalaması 24.36±4.88 mm, sol C2 pedikül vida uzunluğu ortalaması 24.36±4.88 mm idi.

Jing ve ark. yaptıkları çalışmada ortalama hasta yatış süresini 12.50 gün olarak belirtmiştir (14). Bizim kliniklerimizde

ortalama yatış süresi 29.63±20.43 gün olarak saptanmıştır. Bunun nedeni çoğu hastamızın multitravmaya maruz kalıp multidispliner olarak takip edilmesidir.

Jing ve ark. yaptıkları çalışmada komplikasyon oranını %6.67 (2 hasta) olarak saptandı. Bir hastada C1 lateral mass'a vida koyarken intraoperatif vertebral arter hasarı, 1 hastada da takiplerde vida gevşemesi olmuş (14). Zheng ve ark. yaptıkları çalışmada, 6 hastada (%7) venöz pleksus yaralanması, 4 hastada (%4.7) C2 kök yaralanması, 1 hastada idrar yolu enfeksiyonu ve 1 hastada yara yeri enfeksiyonu bildirmiştir (1). Bizim çalışmamızda hastaların 2'sinde (%18.2) peroperatif dura mater hasarı oldu. Dört hastada (%36.4) postoperatif yara yeri akıntısı oldu. Bir hastamız postoperatif kardiyak arrest ile yoğun bakımda exitus oldu.

Bizim çalışmamız, preoperatif 3B'lu modellemenin yardımı ile yapılan C1-C2 fiksasyon ve füzyonun atlantoaksiyel dislokasyonun tedavisinde etkili bir yöntem olduğunu göstermiştir. Bu modellerin kullanımı, ameliyat öncesi simülasyon yapma becerisini artırarak cerrahlara avantajlar sunar. 3B'lu modelleme tekniği ameliyat sırasında, vida malpozisyonu azaltır, ameliyat süresini kısaltarak, intraoperatif güvenliği artırır. Gelecekte ucuz ve kişiye özel modelleme yapılması olanağı sağladığı için yalnız nöroşirurji değil tüm cerrahi kliniklerde kullanımı artacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Zheng Y, Hao D, Wang B, He B, Hu H, Zhang H. Clinical outcome of posterior C1-C2 pedicle screw fixation and fusion for atlantoaxial instability: A retrospective study of 86 patients. *J Clin Neurosci.* 2016;32:47-50.
2. Dickman CA, Sonntag VK, Papadopoulos SM, Hadley MN. The interspinous method of posterior atlantoaxial arthrodesis. *J Neurosurg.* 1991;74(2):190-8.
3. Harms J, Melcher RP. Posterior C1-C2 fusion with polyaxial screw and rod fixation. *Spine.* 2001;26(22):2467-71.
4. Huang DG, Hao DJ, He BR, Wu QN, Liu TJ, Wang XD, et al. Posterior atlantoaxial fixation: a review of all techniques. *The spine journal : official journal of the North American Spine Society.* 2015;15(10):2271-81.
5. Winegar CD, Lawrence JP, Friel BC, Fernandez C, Hong J, Maltenfort M,

- et al. A systematic review of occipital cervical fusion: techniques and outcomes. *J Neurosurg Spine*. 2010;13(1):5-16.
6. Akinduro OO, Baum GR, Howard BM, Pradilla G, Grossberg JA, Rodts GE, Jr., et al. Neurological outcomes following iatrogenic vascular injury during posterior atlanto-axial instrumentation. *Clin Neurol Neurosurg*. 2016;150:110-6.
  7. Vakharia VN, Vakharia NN, Hill CS. Review of 3-Dimensional Printing on Cranial Neurosurgery Simulation Training. *World Neurosurg*. 2016;88:188-98.
  8. Ploch CC, Mansi C, Jayamohan J, Kuhl E. Using 3D Printing to Create Personalized Brain Models for Neurosurgical Training and Preoperative Planning. *World Neurosurg*. 2016;90:668-74.
  9. Rengier F, Mehndiratta A, von Tengg-Koblick H, Zechmann CM, Unterhinninghofen R, Kauczor HU, et al. 3D printing based on imaging data: review of medical applications. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2010;5(4):335-41.
  10. Elliott RE, Tanweer O, Boah A, Morsi A, Ma T, Frempong-Boadu A, et al. Atlantoaxial fusion with transarticular screws: meta-analysis and review of the literature. *World Neurosurg*. 2013;80(5):627-41.
  11. Elliott RE, Tanweer O, Boah A, Morsi A, Ma T, Frempong-Boadu A, et al. Outcome comparison of atlantoaxial fusion with transarticular screws and screw-rod constructs: meta-analysis and review of literature. *Journal of spinal disorders & techniques*. 2014;27(1):11-28.
  12. Gao F, Wang Q, Liu C, Xiong B, Luo T. Individualized 3D printed model-assisted posterior screw fixation for the treatment of craniovertebral junction abnormality: a retrospective study. *J Neurosurg Spine*. 2017;27(1):29-34.
  13. 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. *Journal of spinal disorders & techniques*. 2013;26(3):127-34.
  14. Jing L, Sun Z, Zhang P, Wang J, Wang G. Accuracy of Screw Placement and Clinical Outcomes After O-Arm-Navigated Occipitocervical Fusion. *World Neurosurg*. 2018;117:e653-e9.
  15. Sai Kiran NA, Sivaraju L, Vidyasagar K, Aryan S, Raj V, Rajagopal N, et al. Safety and Accuracy of Anatomic and Lateral Fluoroscopic-Guided Placement of C2 Pars/Pedicle Screws and C1 Lateral Mass Screws, and Freehand Placement of C2 Laminar Screws. *World Neurosurg*. 2018;118:e304-e15