

Dr. Ramazan PAŞAHAN Inönü Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Anabilim Dalı, Malatya
✉ r.pasahan@hotmail.com**Derleme / Review**Geliş tarihi : 01.12.2021
Kabul tarihi : 07.12.2021

Kranioservikal Bölgeye Posterior Yaklaşım

Posterior Approach to Craniocervical Region

ÖZ

Kranioservikal geçiş bölgesi, C0-C1-C2 vertebraları içerir ve anatomik olarak omurganın diğer yapılarından farklılık göstermektedir (beyin sapı, omurilik, kranial sinirler ve vertebral arter). Bu nedenle cerrahi uygulamalar da farklılık göstermektedir. Kranioservikal bölge ciddi anatomik yapıları çevrelediğinden, cerrahi sırasında ciddi nörolojik ve vasküler yaralanmalardan kaçınmak veya minimize etmek için 3D BT ve MRG incelemeleri önem arz etmektedir. Bu yazıda C0-C1-C2 posterior stabilizasyon teknikleri tartışılacaktır.

Anahtar Sözcükler: Kranioservikal, Posterior stabilizasyon, İnstabilite

ABSTRACT

The craniocervical transition region includes C0-C1-C2 vertebrae and anatomically differs from other structures of the spine (brainstem, spinal cord, cranial nerves and vertebral artery). Therefore, it differs in surgical applications. Since the craniocervical region surrounds serious anatomical structures, 3D CT and MRI examinations are important to avoid or minimize serious neurological and vascular injuries during surgery. C0-C1-C2 posterior stabilization techniques will be discussed in this article.

Keywords: Craniocervical, Posterior stabilization, Instability

GİRİŞ

Kranioservikal geçiş bölgesi, C0-C1-C2 vertebraları içerir ve anatomik olarak omurganın diğer yapılarından farklılık göstermektedir (beyin sapı, omurilik, kranial sinirler ve vertebral arter). Bu nedenle cerrahi uygulamalar da farklılık göstermektedir (23). Omurga travmaları (atlanto-okspital çıkık, oksipital kondil kırıkları ve vb.), konjenital hastalıklar (baziler invaginasyon, os odontoideum), tümör invazyonu (klival kordomalar, spinal metastaz), iyatrojenik yaralanmalar, spinal enfeksiyonlar ve romatoid artrit gibi romatolojik hastalıklar instabilite nedeni olabilir (9,18). Oksipitoservikal bölge mimarisi nedeniyle baş fleksiyon, ekstansiyon ve rotasyon hareketlerinin %30-50'sini oluşturmaktadır. Bununla beraber kuvvetli birçok bağ ile güçlü bir stabilizasyon mevcuttur (23).

Tarihsel gelişime bakıldığında, daha önceleri oksipitoservikal bölge için; in situ füzyonlar ve telleme gibi sınırlı tedavi seçenekleri mevcuttu. Füzyon için otolog kemik greftleri (iliak kanat, kosta gibi) telleme yapılarak veya telsiz yerleştirilirdi. Cerrahi sonrası uzun dönem halo yelek kullanılmasına rağmen, yüksek oranda psödoartroz oluşmaktaydı (18). Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile stabilite sunan vidalar, plaklar ve rotlar mevcuttur. Herhangi bir nedenle instabilitesi durumunda stabilizeyi sağlamak adına, oksipitoservikal fiksasyon teknikleri uygulanmaktadır.

Cerrahi öncesi; kranioservikal bölge ciddi anatomik yapıları çevrelediğinden, cerrahi sırasında ciddi nörolojik ve vasküler yaralanmalardan kaçınmak veya minimize etmek için 3D BT ve MRG incelemeleri önem arz etmektedir.

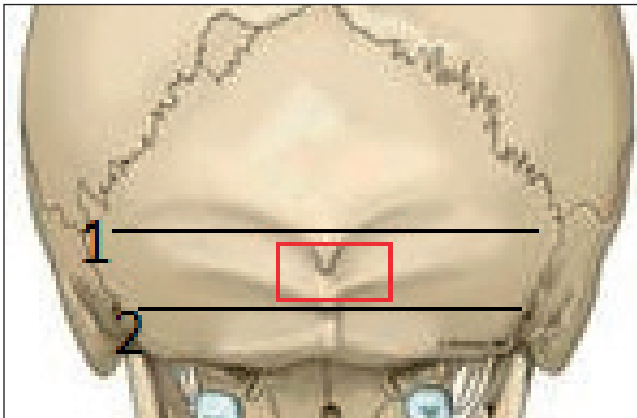
Kranioservikal füzyon ve stabilizasyon'da önemli olan, kafatası, C1 ve C2'nin düzgün hizalanmasıdır. Hizalamadaki amaç açığı düzeltmek değil, kişiye uygun bakış açısı, yutma ve nefes almayı engellemeyecek şekilde çene pozisyonunu restore etmek olmalıdır (7,17). Oksipitoservikal posterior yaklaşım şekilleri;

OKSPİTAL KEMİK FİKSASYONU

Oksiput'u servikal bölgeye sabitlemek için uygulanan yöntemdir. Genellikle T plak sistemleri kullanılmaktadır. Oksipital vidaları yerleştirmeden önce hastaya özel oksipital kemik anatomisi ve internal dural venöz sinüsün yeri hakkında doğru bilgi gereklidir. Dış oksipital çıkıntı (POE), oksipital kemiğin dış yüzeyinde orta hat kemiksi çıkıntıdır. Üst ense çizgisi, POE'den her iki yönde oksipital kemiğin lateral açısına lateral olarak uzanan sırttır. Torkula, POE seviyesinde, kafatasının iç kısmında yer alır. Torkula, dural venöz sinüslerin birleştiği yerdir (Şekil 1).

Oksipital kemiğin orta hatta bulunan POE en kalın yeridir ve medialden laterale, süperiordan inferiora foramen magnuma doğru kemik kalınlığı azalır (19). Genel kural oksipital vida POE belirgin olmaması ve cilt sorunları yaşanmaması adına hemen POE'nin altından yapılır. Bu bölgede kemiğin en kalın olduğu bölge orta hat olduğundan vida orta hatta yakın bir şekilde yerleştirilmesi uygun olacaktır.

Batista ve ark. aseptomatik 100 yetişkin hastada POE kalınlığının 7,4 ile 22,3 mm (ortalama 14 mm) olduğunu rapor etmiştir. POE'nin 1 cm altında ise 2,9 ile 13,4 mm arasında değişiklik göstermekte olduğunu bildirmişlerdir (1). Oksipital kemiğin bu kadar geniş ölçüm farklılığından dolayı cerrahi öncesi bu gölgenin anatomisini iyi anlamak



Şekil 1: Superior ense hattı enine sinüs ve torkula bu çizginin içindedir (1). İnferior ense çizgisi rektus kapitis posterior majör ve rektus kapitis posterior minör kasın insersio noktası (2). Kırmızı dikdörtgen, oksipital vidaların yerleştirilmesi gereken yerdir.

adına oksipital bölgeyi gösteren bilgisayarlı tomografisi, oksipital kemiğin kalınlığı ve morfolojisi hakkında bilgi verecektir. Ayrıca konjenital kranioservikal bileşke malformasyonları veya sendromik hastalıklarda vertebral arter anomali olabileceği unutulmamalıdır. Doğacak iyatrojenik yaralanmalardan kaçınmak için MR veya BT anjiyografi yapılması uygun olacaktır. İntraoperatif skopi eşliğinde oksipital lateral grafi çekilerek vida gönderilmesi sinüs penetrasyonu ve parankimal yaralanmaları azaltacaktır.

TELLEME

Modern oksipital plaka/vidalı çubuk sistemlerinin geliştirilmesiyle, mevcut uygulamada kablo kullanımı çok daha az yaygındır. Kemik greftinin lateralinde iki suboksipital burr deliği açılır. Dura, çapak deliğinden foramen magnuma kadar ayrılır. Çapak deliklerinden foramen magnuma geçirilen teller, sabitleme için kemik greftinin etrafına bağlanır. Ameliyattan sonra, çocuklar kemik artrodezi oluşana kadar en az 4-6 ay boyunca bir halo yelek giydirilir (16).

KANCA

2002'de Faure, kanca tekniğini tanımladı (5). Oksipital kemiğin skuamöz kısmına çapak delikleri yerleştirilir (orta hattan 2 cm ve üst ense hattının 3 cm altına). Dura iç tabladan diseke edilir. İki oksipital kanca arka arkaya yerleştirilir ve çubuk, çoğaltılmış kancalardan geçirilir. Çubuğun kaudal ucu servikal laminer kancalara bağlanır. Alternatif olarak, Paquis ve ark. önerilen servikal interlaminalar pençeler (19). Çubuk, oksipitoservikal bağlantının eğriliği ile hizalanacak şekilde şekillendirilmiştir ve ayar vidaları çubuğu yerine sabitler. Oksipital kemiğin kalınlığı 7 mm'yi aştığında, oksipital kancalar oksipital vidalarla değiştirilir. Kancalar alternatif olarak bir "pençe yapısı" oluşturmak için foramen magnum üzerine mandallanır (13).

PLAK VIDA SİSTEMLERİ

Teknik olarak; POE hizasında plak yerleştirilecekse, plak orta hatta olacak şekilde hizalanır ve POE yüksek devirli motor ile plağın yerleştirileceği yüzey düzeltilir ve tam oturması sağlanır, POE nin bir cm altına yerleştirilecekse bu işleme gerek yoktur. Plak oksital yüzeye uygun eğilir ve yerleştirildikten sonra plak üzerindeki deliklerden yüksek devirli motor kullanılarak daha sağlam tutması açısından bi kortikal delinir. Fakat bu delme işlemi sırasında BOS gelebilir, sinüs zedelenebilir veya parankim hasarı olabilir. Vida deliği açılmadan önce BT görüntülerinden ortalama vida boyu tahmin edilebilir ve intraoperatif skopi ışığında delinmesi komplikasyonu minimize edecektir. Komplikasyonun

oluşması hâlinde açılan deliğe vida yerleştirilerek BOS sızıntısı ve kanama çözülmüş olur (Şekil 2).

OKSİPİTAL KONDİL VİDASI

Oksipital kondil vidalamada, standart posterior orta hat oksipital POE ile C3 seviyesine kadar cilt insizyonu kullanılarak, bilateral paravertebral adaleler supperiostal sıyrılarak oksiput alt kenarı C1 ve C2 ortaya konulduktan sonra disektör yardımı ile laterallerde posterior kondiler foramenler ve emisser venlere ulaşana kadar devam edilir (26). Kondil vidası yerleştirme noktası, foramen magnumun posteromedial kenarının 4-5 mm lateralinde, oksipital kondille kondiler fossanın kesişme noktası giriş noktasını oluşturur. Giriş noktasında dril yardımı ile ve drilin tepesi basiona yönelmiş hâlde ve sagittal planda 15 derece mediale (12 – 22 derece arası), ve 5 derece kraniale yönlendirilerek yapılır (26). Bu işlem yapılırken kafa tabanına paralel olarak yapılması gerekmektedir. Aksi takdirde süperiorda hipoglossal kanala, inferiorda atlantookspital ekleme hasar verilebilir. Drilleme sırasında skopi ve hipoglossal sinir nöromonitörizasyonu komplikasyonları azaltacaktır. Vida yerleştirildiğinde 10-14 mm vida lalesi dışarıda bırakılmasında fayda vardır rot yerleştirildiğinde vertebral arter bası altında kalmamasını sağlar (11,26).

C0-C1 TRANSARTİKÜLER VİDA

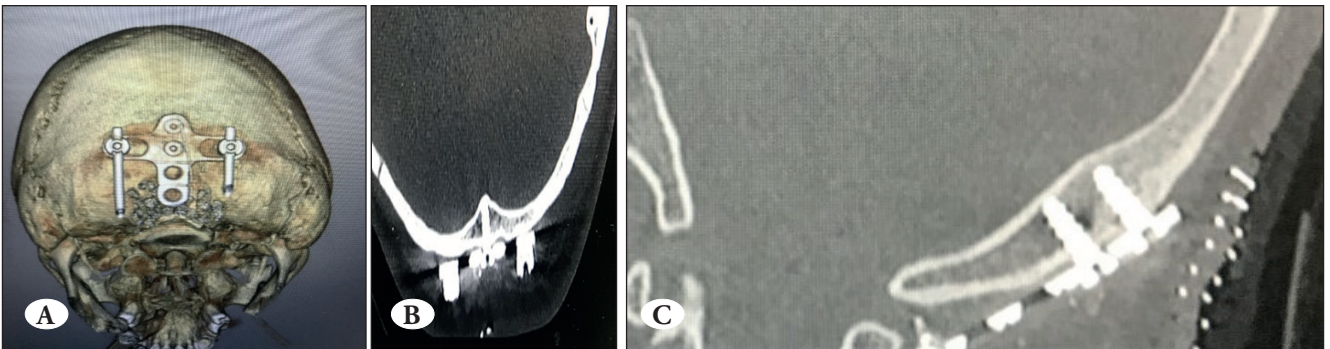
Transartiküler vida yerleştirme noktası C1 lateral kitlesi inferioru ile C1 arkusun kesişme noktasıdır. Drill ile bu noktadan girilerek oksipitoatlantal eklem boyunca 10-20 derece mediyale, 45 derece kraniyale yönlendirilerek kondile doğru vida gönderilir. Takigawa ve ark. C0-C1 transartiküler vida ve oksipital kondil vida tekniklerini, oksipital plak vida teknikleriyle karşılaştırmışlardır ve füzyon oranlarını benzer bulmuşlardır (25).

C1 LATERAL KİTLE VİDASI

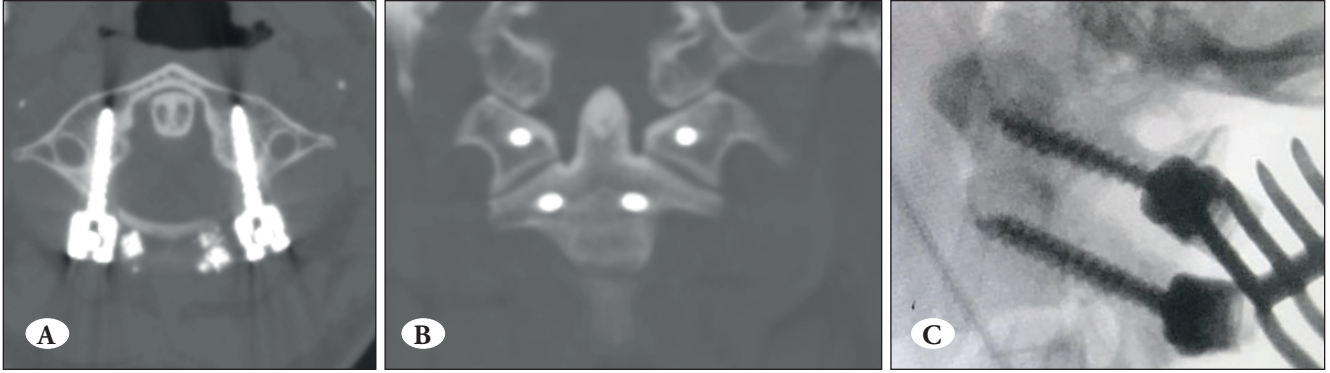
C1-2 eklemi, C1 lateral kitle vidasında anahtar anatomik belirteçler (16). C1 posterior arkusunu boyunca lateral kitleyi görene kadar subperiostal aşağı doğru diseke edilir. Subperiostal diseksiyon venöz kanamayı minimize edecektir. Böylelikle C1 lateral kitlesi ortaya konulur. Fakat açılanmadan dolayı C1 arkusu lateral kitleye ulaşmaya izin vermezse bu durumda posterior arkus bir miktar drillenir ve gerekli açı oluşturulur. C1 lateral kitlesinin orta noktasından dril yardımı ile 20 derece medial ve C1 anterior arkusu hedeflenerek skopi eşliğinde drillendikten sonra vida gönderilir. Vida çapı ve uzunluğu preop BT incelemesi ve ölçümlerle yapılmalıdır (2,16) (Şekil 3). Bikortikal vidalama internal karotid arter ve hipoglossal siniri hasarı riskini artırdığından dolayı unikortikal vida tercih edilebilir (4). İşlem sırasında C2 kökü ekartasyonu ve vida yerleştirildikten sonra sinir irritasyonuna bağlı oksipital nevralsi görülebilmektedir (21). C2 kökünün sakrifikasyonu bu komplikasyonları engellediğini bildiren yazılar mevcuttur (3).

C1 PEDİKÜL VİDASI (C1 POSTERİOR ARKUS VİDASI)

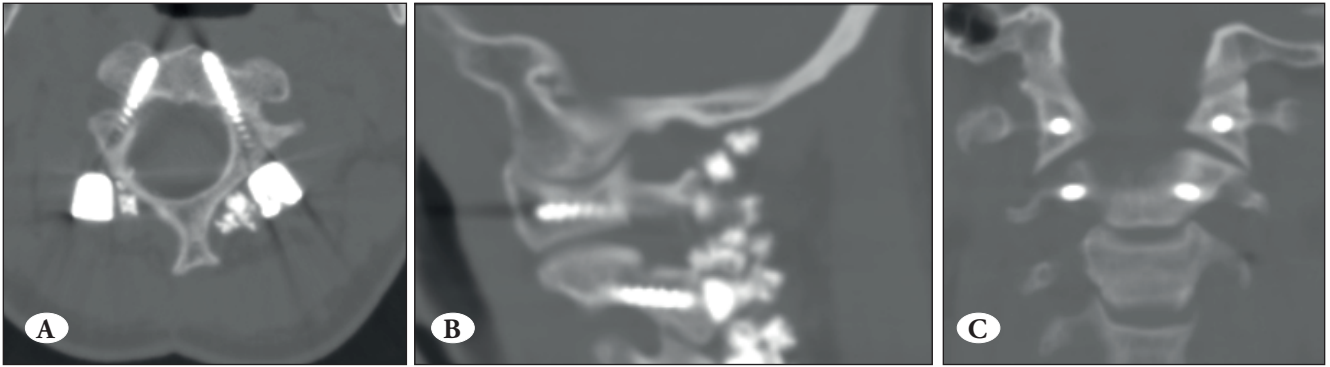
Atlas'ın gerçek bir pedikülü olmamakla birlikte C1 posterior arkusu ile lateral kitlenin birleşim noktası "C1 pedikülü" olarak tanımlanır (10). Vidanın yerleştirileceği nokta C1 posterior tüberkülünden yaklaşık 16-20 mm laterali ve posterior arkusun alt kenarının 1-3 mm üst kısmı olarak tanımlanmaktadır. Vida yönlendirilirken 10 derece mediyale, 3-5 derece kraniyale açı verilerek gönderilir. C1 pedikül vidasının, lateral kitle vidasından daha uzun olduğu için bazı araştırmacılar daha sağlam olduğunu ve kanamanın daha az olduğunu belirtmişlerdir (12). Fakat vertebral arter posterior arkusun süperior marjininden geçtiğinden dolayı yaralanma riski fazladır.



Şekil 2: A) oksipital vida plak ve rot sisteminin 3DBT görüntüsü, B) oksipital vida aksiyal BT görüntüsü, C) oksipital vida sagittal BT görüntüsü.



Şekil 3: A) C2 lateral kitle vidası aksiyal BT görüntüsü, B) C2 lateral kitle koronal BT görüntüsü, C) intraoperatif C1-2 lateral skopi görüntüsü.



Şekil 4: A) C2 pedinkül vidası aksiyal BT görüntüsü, B) C2 pedinkül vidası sagittal BT görüntüsü, C) C2 pedinkül vidası koronal BT görüntüsü.

C2 PEDİKÜL VİDASI

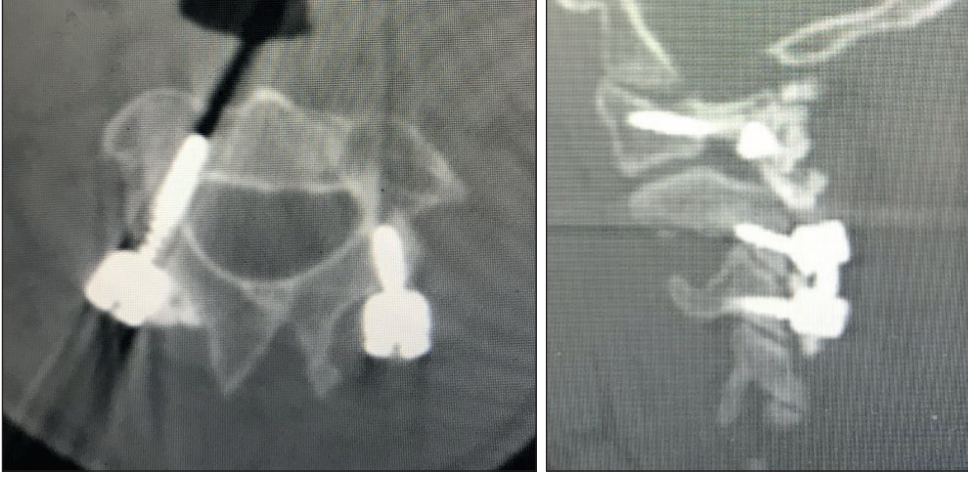
C2'nin pedikülü, inferior artiküler faseti C2 vertebraına bağlayan yapıdır. C2 pedinkül vidası; C2 pars ve C2 lamina vidası karşılaştırıldığında daha kuvvetli bir tutuş sağlamaktadır (24). Vida yerleştirme noktası C2 istmus yüzeyi dört eşit parçaya bölünerek üst iç kısımda kalan bölge olarak tanımlanır. Disektör yardımı ile kordun kenarından pedinkülün medial kısmı hissedilir ve mediyal açı ortalama 20-30 derece verilerek skopi eşliğinde C2 istmus süperior ve mediyaline doğru yerleştirilir (16) (Şekil 4).

C2 PARS VİDASI

C2'nin parsı süperior ve inferior artiküler prosesleri birbirine bağlayan kemik yapısıdır. Vida yerleştirme noktası C2 pars'ın medial kısmının 2-3 mm laterali ve C2-3 faset ekleminin hemen rostralidir. C2 pedinkül vidası yerleştirilemeyen hastalarda bu vidalama tekniği kullanılabilir. Vida skopi eşliğinde sagittal planda C2 süperior fasetine, transvers planda 0 -5 derece mediyal olacak şekilde yerleştirilir (8). C2 pedikül vidasına göre daha kısa vida kullanılır (Şekil 5).

C2 TRANSLAMİNAR VİDA

Aksis pars-pedikül vidasının muhtemel risklerinden sakınmak amacı ile Wright tarafından 2004 yılında uygulanmaya başlamıştır (28). Karşılıklı olarak iki poliaksiyel vidanın C2 laminasına yerleştirilmesi esasına dayanır. C2 pedikül vidasının anatomik olarak uygulanma zorlukları ve komplikasyonları nedeni ile alternatif bir teknik olarak geliştirilmiştir. Cerrahi teknik olarak, klasik median insizyonu takiben paravertebral kas diseksiyonu atlas ve aksis laterale kadar diseke edilerek cerrahi görüş tamamlanır. Sol C2 laminasına kontralateral olarak sağ taraftan spinöz proses altından lamina açısına uygun olarak yüksek devirli tur ile vida giriş deliği hazırlanır vida deliğinin duvarları kontrol edilir ve ölçülmüş olan vida yerleştirilir. Karşı taraf laminanın vidası yerleştirilirken diğer vida projeksiyonuna dikkat ederek yukarı veya aşağı doğru yönlendirilebilir. Ortalama vida boyu 31,6 mm (27 - 37 mm) olarak tespit edilmiştir (27). Laminar vidanın çapraz olarak yerleştirilebilmesinin dışında aynı taraftan da uygulanabileceği klinik olarak gösterilmiştir. Biyomekanik olarak aksis pedikül-pars vidası ile karşılaştırıldığında sadece lateral eğilmede güçsüz olduğu tespit edilmiştir. Ancak uygulanmasının kolay olması, komplikasyon oranının



Şekil 5: C2 sağ pedinkül vidası sol pars vidası aksiyal BT görüntüsü (sol), C1 lateral kitle vidası C2 pars vidası sagittal BT görüntüsü (sağ).

düşük olması ve daha az diseksiyon gerekmesi nedeniyle günümüzde kullanımı giderek artmaktadır (22).

MAGERL TEKNİĞİ (TRANSARTİKÜLER FİKSASYON)

C1-2 trans-artiküler vida; 1986 yılında Magerl ve Seeman tarafından ilk kez tanımlanmıştır (15). Vida 4 kortikal yüzey ve C1-2 eklemi geçerek sabitleme yaptığı için geçmişte tanımlanan telleme tekniklerine göre çok güçlü bir stabilizasyon sağlamaktadır. Sisteme posterior greft ile birlikte sublaminal telleme de eklendiğinde % 100 füzyon oranına ulaşabilmektedir. Bu nedenle C1-2 fiksasyonda psödoartrozu engelleyen ciddi bir gelişme olarak üst servikal posterior estrümantasyonda yerini almıştır (6). Uygulamalar arttıkça tekniğin bazı dezavantajları ortaya çıkmaya başlamıştır. Transartiküler vidanın yerleştirilebilmesi için dizilimin sağlanmış olması ve anatominin uygun olması gereklidir. Anatomik varyasyonlar nedeni ile %23 oranında hastada transartiküler vida yerleştirilememektedir (14,20). Cerrahi teknik olarak hasta yüzüstü pozisyonda, baş çivili başlıkta, anatomik dizilimi sağlayacak şekilde floroskopik kontrol altında yerleştirilir. Radyolojik olarak dizilimin sağlandığı onaylandıktan sonra median cilt insizyonu, paramedian subperiostal kas diseksiyonu yapılarak C1-C2 vertebralarının posterio-laterale kadar diseke edilir. C2 kökü prepare edildikten sonra C2 pars-pedikül kompleksinin mediyal ve lateral kenarları diseke edilir. Klasik vida giriş deliği C2-3 eklemine 2-3 mm yukarı ve C2 parsından çekilen bir hattın 2-3 mm lateralindedir. Ancak, cerrahi anatomik yaklaşım olarak C2 pars-pedikül kompleksinin mediyal ve lateral duvarları tespit edilir ve vidanın C1-C2 eklemine geçeceği projeksiyon planlanır. Klasik teknikteki pars orta hat çizgisi hedef alınarak yeterli kaudal açılma sağlanabilir. Yeterli eğim sağlanamazsa kesi-

yerinin daha distalinden bir tünel açarak vida yerleştirilebilir. İşlem sırasında radyolojik olarak vida projeksiyonu takip edilmeli ve atlas anterior tuberkülü hedef olarak alınmalıdır. Monoaksiyel vida yerleştirilebileceği gibi enstrümantasyon oksipite veya alt servikal bölgeye uzatılacak ise poliaksiyel vidalar da yerleştirilebilir. Sadece C1-2 füzyon yapılacak ise biyomekanik olarak daha güçlü olması için interlaminal greft ile C1-2 posterior sublaminal telleme de yapılabilir.

Günümüzde navigasyon ve nöromonitör eşliğinde vida yerleştirme işlemi yapılmaktadır. Bu sayede nörovasküler yaralanma riski minimize edilmeye çalışılmaktadır. Fakat bu sistemlerin maliyeti fazla olduğundan bazı merkezler dışında kullanılamamaktadır. Bu nedenle ameliyat öncesi 3DBT, BT ve/veya MR anjiyografi görüntüleri kullanılarak, anatomik bilgi, iyi cerrahi ekspozur ve tecrübe ile vida malpozisyonu ve nörovasküler yaralanma en aza indilecektir.

KAYNAKLAR

1. Batista UC, Joaquim AF, Fernandes YB, Mathias RN, Ghizoni E, Tedeschi H: Computed tomography evaluation of the normal craniocervical junction craniometry in 100 asymptomatic patients. *Neurosurg Focus* 38:E5, 2015
2. Blagg SE, Don AS, Robertson PA: Anatomic determination of optimal entry point and direction for C1 lateral mass screw placement. *J Spinal Disord Tech* 22:233-239, 2009
3. Dewan MC, Godil SS, Mendenhall SK, Devin CJ, McGirt MJ: C2 nerve root transection during C1 lateral mass screw fixation: Does it affect functionality and quality of life? *Neurosurgery* 74:475-80; discussion 480-481, 2014
4. Eck JC, Walker MP, Currier BL, Chen Q, Yazemski MJ, An KN: Biomechanical comparison of unicortical versus bicortical C1 lateral mass screw fixation. *J Spinal Disord Tech* 20:505-508, 2007

5. Faure A, Monteiro R, Hamel O, et al: Inverted-hook occipital clamp system in occipitocervical fixation. Technical note. *J Neurosurg* 97:135-141, 2002
6. Haid RW Jr, Subach BR, McLaughlin MR, Rodts GE Jr, Wahlig JB Jr: C1-C2 transarticular screw fixation for atlantoaxial instability: A 6-year experience. *Neurosurgery* 49(1):65-70, 2001
7. Henderson Sr F, Rosenbaum R, Narayanan M, Mackall J, Koby M: Optimizing alignment parameters during craniocervical stabilization and fusion: A technical note. *Cureus* 12(3):e7160, 2020
8. Gunnarsson T, Massicotte EM, Govender PV, Raja Rampersaud Y, Fehlings MG: The use of C1 lateral mass screws in complex cervical spine surgery: Indications, techniques, and outcome in a prospective consecutive series of 25 cases. *J Spinal Disord Tech* 20:308-316, 2007
9. Joaquim AF, Ghizoni E, Giacomini LA, Tedeschi H, Patel AA: Basilar invagination: Surgical results. *J Craniovertebr Junction Spine* 5:78-84, 2014
10. Kim JH, Kwak DS, Han SH, Cho SM, You SH, Kim MK: Anatomic consideration of the C1 laminar arch for lateral mass screw fixation via C1 lateral lamina: A Landmark between the Lateral and Posterior Lamina of the C1. *J Korean Neurosurg Soc* 54: 25-29, 2013
11. Le TV, Burkett C, Ramos E, Uribe JS: Occipital condyle screw placement and occipitocervical instrumentation using three-dimensional image-guided navigation. *J Clin Neurosci* 19: 757-760, 2012
12. Ma XY, Yin QS, Wu ZH, Xia H, Liu JF, Xiang M, Zhao WD, Zhong SZ: C1 pedicle screws versus C1 lateral mass screws: Comparisons of pullout strengths and biomechanical stabilities. *Spine* 34: 371-377, 2009
13. Macki M, Hamilton T, Pawloski J, Chang V. Occipital fixation techniques and complications. *J Spine Surg* 6(1):145-155, 2020
14. Madawi AA, Casey AT, Solanki GA, Tuite G, Veres R, Crockard HA: Radiological and anatomical evaluation of the atlantoaxial transarticular screw fixation technique. *J Neurosurg* 86(6): 961-968, 1997
15. Magerl F, Seemann P: Stable posterior fusion of the atlas and axis by trans-articular screw fixation. In: Kehr P, Weinder A, (eds). *Cervical Spine I*. Wien, NY: Springer-Verlag, 1986: 322-327
16. Malcolm GP, Ransford AO, Crockard HA: Treatment of non-rheumatoid occipitocervical instability. Internal fixation with the Hartshill-Ransford loop. *J Bone Joint Surg Br* 76:357-366, 1994
17. Nagashima S, Nagae M, Arai Y, Tonomura H, Takatori R, Sukenari T, Fujiwara H, Sawada K, Mikami Y, Kubo T: A new method of measuring the occipitocervical angle that could be applied as an intraoperative indicator during occipitocervical fusion. *Clin Spine Surg* 30(7):E981-E987, 2017
18. Newman P, Sweetnam R: Occipito-cervical fusion. An operative technique and its indications. *J Bone Joint Surg Br* 51:423-431, 1969
19. Paquis P, Breuil V, Lonjon M, et al: Occipitocervical fixation using hooks and screws for upper cervical instability. *Neurosurgery* 44:324-30, 1999
20. Paramore CG, Dickman CA, Sonntag VK: The anatomical suitability of the C1-2 complex for transarticular screw fixation. *J Neurosurg* 85(2):221-224, 1996
21. Rhee WT, You SH, Kim SK, Lee SY: Troublesome occipital neuralgia developed by c1-c2 harms construct. *J Korean Neurosurg Soc* 43:111-113, 2008
22. Sciubba DM, Noggle JC, Vellimana AK, Conway JE, Kretzer RM, Long DM, Garonzik IM: Laminar screw fixation of the axis. *J Neurosurg Spine* 8(4):327-334, 2008
23. Siddiqui J, Grover PJ, Makalanda HL, Champion T, Bull J, Adams A: The spectrum of traumatic injuries at the craniocervical junction: A review of imaging findings and management. *Emerg Radiol* 24:377-385, 2017
24. Su BW, Shimer AL, Chinthakunta S, Salloum K, Ames CP, Vaccaro AR, Bucklen B: Comparison of fatigue strength of C2 pedicle screws, C2 pars screws, and a hybrid construct in C1- C2 fixation. *Spine (Phila Pa 1976)* 39: E12-19, 2014
25. Takigawa T, Simon P, Espinoza Orías AA, Hong JT, Ito Y, Inoue N, An HS: Biomechanical comparison of occiput-C1-C2 fixation techniques: C0-C1 transarticular screw and direct occiput condyle screw. *Spine (Phila Pa 1976)* 37: E696-701, 2012
26. Uribe JS, Ramos E, Baaj A, Youssef AS, Vale FL: Occipital cervical stabilization using occipital condyles for cranial fixation: Technical case report. *Neurosurgery* 65:1216-1217, 2009
27. Wang MY: C2 crossing laminar screws: Cadaveric morphometric analysis. *Neurosurgery* 59(1 Suppl 1): S84-S88, 2006
28. Wright NM: Posterior C2 fixation using bilateral, crossing C2 laminar screws: Case series and technical note. *J Spinal Disord Tech* 17(2):158-162, 2004