

Üst Servikal Travmada Enstrüman Kurgusu ve Kurtarma Cerrahisi

Instrumentation Planning in Upper Cervical Trauma and Salvage Surgical Techniques

ÖZ

Üst servikal bölge; kafa tabanı, atlas ve aksis kemiklerini kapsar ve bu bölgedeki yaralanmalar genellikle yüksek enerjili travmaların sonucunda oluşur. Travmatik fraktürlerde bazı hastalarda traksiyon ve/veya ortez gibi konservatif tedaviler kullanılabilir de, özellikle instabilite ve nöral bası varlığında cerrahi tedavi gerekebilmektedir. Cerrahi tedavide esas amaç; nörolojik yapılarda dekompresyon, ağrı kontrolü, segmental yıkılma ve deformiteyi önleme ve düzeltme, mekanik restorasyon ve erken ambulasyondur. Cerrahi tedavide farklı fraktür tiplerine uygun olarak interlaminar klempleme, telleme ve vidayla fiksasyon gibi birçok teknik tanımlanmıştır. Hangi cerrahi tedavinin yapılacağı; fraktürün tipine, anatomik bir varyasyon olup olmadığına, hastanın eşlik eden komorbiditelerine ve yaşına göre belirlenir. Örneğin vertebral arterde varyasyonu olan veya pedikül çapı ince olan hastalarda, alternatif vida yerleştirme teknikleri kullanılmalıdır. Yapılan çalışmalarda, tek taraflı stabilizasyonla bilateral stabilizasyon arasında da biyomekanik olarak benzer sonuçlar elde edilebildiği gösterilmiştir. Bu yazımızda üst servikal travması olan hastalarda cerrahi planlamada değerlendirilmesi gereken unsurları ve alternatif cerrahi kurtarma tekniklerini tartışmaktayız.

Anahtar Sözcükler: Üst servikal travma, Odontoid fraktür, Kurtarma cerrahisi, Posterior servikal enstrümantasyon

ABSTRACT

The upper cervical region consists of the skull base, atlas, and axis bones. Injuries in this region are usually a consequence of high-energy trauma. Conservative treatment modalities such as traction and orthosis may be applied in selected patients, however, surgical intervention is necessary especially if there is instability or neural compression. The main purposes of surgical treatment are to achieve neural decompression, pain control, prevention and correction of segmental collapse and deformity, mechanical restoration and early ambulation. Different surgical techniques including interlaminar clamps, wiring and screw fixation have been defined depending on the fracture types. The type of surgical approach is determined by the fracture type, existence of an anatomical variation, the age and comorbidities of the patient. For instance, alternative screw fixation techniques should be considered if there is a variation of the vertebral artery or the pedicle size is small. Biomechanical studies have shown that unilateral and bilateral fixation are both effective in achieving stability. In this article, we discussed the important aspects of preoperative planning of patients with upper cervical trauma and presented salvage surgical techniques.

Keywords: Upper cervical trauma, Odontoid fracture, Salvage surgery, Posterior cervical instrumentation

Üst servikal bölge; kafa tabanı, atlas ve aksis bölgesini kapsar ve bu bölgenin yaralanmaları genellikle yüksek enerjili travmalar sonrasında oluşur. Bu bölge; kompleks kemik ve vasküler anatomisi, atlas ve aksisin kafa tabanı ile ilişkisi ve stabilitenin ligamentöz yapılarla desteklenmesi açısından subaksiyel servikal bölgeden farklıdır (28). Ayrıca oksiput-C1 eklemdeki hareket açıklığının sagittal planda fazla olması, travma sonrası bu eklemde instabilitenin daha fazla görülmesinin sebebidir.

Travmatik servikal fraktürlerde tedavinin başlıca hedefleri; nörolojik yapıların dekompresyonu, ağrı kontrolü, segmental yıkılma ve deformiteyi önleme ve düzeltme, normal spinal mekaniğin restorasyonu, komplikasyonların önlenmesi ve erken ambulasyon ile rehabilitasyonu kapsar (44). Traksiyon ve ortez gibi invazif olmayan tedavilerle bu hedeflerin bir kısmı sağlanabilir de, cerrahinin konservatif tedaviye üstünlükleri de mevcuttur. Konservatif tedavinin yetersiz kaldığı vakalarda cerrahi tekniklerle stabilizasyon ve spinal kord dekompresyonu elde edilmektedir. Ayrıca cerrahi tedavi, erken

dönem stabilizasyon ve erken mobilizasyon sağlar, bakım ihtiyacı süresini kısaltır (2). Bugüne kadar birçok farklı cerrahi tedavi tekniği tanımlanmıştır. Uygun tedavinin seçimi, hasta bazlı kurgulanmalıdır.

İnstabilitenin Değerlendirilmesi

White ve Panjabi; spinal stabiliteyi, fizyolojik yüklenmeler altında omurganın spinal kord ve sinir köklerinin hasarlanmasına sebep olabilecek deplasman hareketlerini sınırlayabilme kapasitesi olarak tanımlamıştır (46). Öte yandan instabilite, omurganın nörolojik defisit, deformite veya ağrıyla sonuçlanabilecek aşırı deplasmanına denir. Üst servikal omurganın kompleks anatomisi ve fraktürlerin morfolojisindeki özgünlük sebebiyle bu bölgede instabiliteye karar vermek oldukça güçtür. Mevcut fraktür sınıflamalarında instabilite kriterleri belirtilmiş olsa da, bu kriterlerin çoğunda yalnızca direkt grafi görüntüleri değerlendirilmektedir ve CT veya MRI çekilen hastalardaki ek bulguların sınıflamayı değiştirip değiştirmeyeceği tartışmalıdır (35).

Atlantookspital dislokasyon veya oksipital kondil ve C1 yan kitlenin travmatik dislokasyonu, oksipitoservikal bileşkede akut instabilitenin en sık sebebidir. Tanı için birçok radyografik kriter tanımlanmış olsa da ilk radyolojik incelemelerde %75 hastada tanının atlandığı bildirilmiştir ve tanıda gecikmeyle birlikte tetrapleji ve ölüm gibi istenmeyen sonuçlar oluşabilir. Bu bölgedeki dislokasyon; alar ligamanlar, tektorial membran ve transvers atlantal ligaman hasarıyla birlikte C1-C2'nin rotasyonel ve translasyonel instabilitesine yol açar.

BT, travma sonrası servikal hasarlanmayı değerlendirmede etkilidir ancak diskoligamentöz instabiliteyi göstermemektedir. Öte yandan her servikal travmalı hastada rutin MRI görüntüsü almak kolay olmamaktadır ve yalnızca ağrısı devam eden veya yeni nörolojik bulguları olan hastalarda kısa dönem takipte kullanılması önerilmektedir. Ayrıca yapılan çalışmalar, servikal spondiloz ve BT'de komşu yumuşak dokularda belirgin ödem olan hastalarda diskoligamentöz hasar görülme riskinin daha fazla olduğunu göstermektedir (8).

Cerrahi Teknikler

Tarihsel olarak bakıldığında atlantoaksiyel instabilitenin tedavisi eksternal immobilizasyondur. Immobilizasyonla kaynamama oranlarında ve morbiditedeki yükseklik, bu tedavi yönteminin uygulanmasını sınırlandırmıştır. 1910 yılında Mixter ve Osgood, kalın ipek ipliklerle atlasın posterior arkusuyla aksisin spinöz çıkıntısını kilitleyen ilk dorsal atlantoaksiyel füzyon tekniğini sunmuştur. Daha sonra birçok posterior atlantoaksiyel stabilizasyon tekniği geliştirilmiştir. Posterior telleme teknikleri arasında Brooks füzyonu ve Gallie füzyonu ile interlaminar klamp (Halifax) sistemi sayılabilir (14). Biyomekanik çalışmalar, Brooks tekniğinin Gallie telleme tekniğine göre vertebra hareketini daha fazla sınırlandırabildiğini göstermiştir (13). Öte yandan Gallie telleme metoduyla aksiyel rotasyon %67 azaltılabilirken Brooks yöntemiyle bu oran %91'lere çıkmaktadır. Atlas ve aksisin rijid vida fiksasyonu ise daha fazla füzyon sağlamaktadır ve postoperatif rijid immobilizasyon süresi daha kısadır (19). C1 fraktürlerinde Gallie telleme, Brooks telleme, Halifax klamp ve Apofix klamp fiksasyonu kullanılabilir ancak bu tekniklerin hepsi C1 posterior arkusu ve C2 lamina ve spinöz çıkıntının sağlam olmasını gerektirmektedir. C1 arkusta bir patoloji varlığında ise Ma-

gerl vidalarının kullanılması önerilmektedir (33). Bu tekniklerin uzun dönem başarısı kemik artrodeziyle bağlantılıdır ve kemik yüzeylerin dekortikasyonu cerrahinin önemli bir aşamasını oluşturur. Sublaminar tel geçişiyle oluşabilecek spinal kord hasarına dikkat edilmelidir. Günümüzde telleme teknikleri tek başına kullanılmamaktadır, genellikle diğer C1-C2 füzyon teknikleriyle kombine şekilde uygulanmaktadır (11).

1979 yılında Magerl tarafından transartiküler fiksasyon tekniği tanımlanmıştır. Bu teknikte C2 pars bölgesine yerleştirilen vidalar, atlantoaksiyel faset eklemlerinden geçmekte ve vida uçları C1 yan kitlede sonlanmaktadır. Giriş noktası, C2-3 faset ekleminin medial sınırının 3 mm mediali ve 3 mm kranyalidir. Vida, C1 anterior arkusuna yönlendirilir ve aksiyal planda 0-10 derece mediale açılır. Posterior arkus sağlam hastalarda Gallie füzyonla, sağlam olmayan hastalarda C1 kanca ile kombine edilebilir (22,26). Biyomekanik çalışmalar, bu teknikte rotasyon ve lateral eğilmenin en az olduğunu göstermiştir, bu sebeple C1-2 füzyonda altın standart kabul edilir. Öte yandan vida seyrindeki dik kranyokaudal açıdan dolayı farklı bir insizyon gerektirebilir, özellikle üst torakal kifozu olan hastalarda kullanımı sınırlıdır (11,26).

Goel ilk olarak C1 yan kitle ve C2 pedikül vidalarının posterior servikal plakla birleştirilmesiyle atlantoaksiyel füzyon sağlamış, daha sonra Harms ve ark. tarafından bu yöntem modifiye edilmiştir (20). Harms tekniğinde ise C1 yan kitle vidaları ve C2 pedikül vidaları, rodlarla birleştirilmektedir. Goel, 160 hastalık serisinde 14 yıllık takipte %100 füzyon oranları ve atlantoaksiyel stabilite bildirmiştir (21). Kemik üzerine veya faset arasına yerleştirilen kemik greftleri, füzyonu kolaylaştırmaktadır. Bu teknikte vertebral arter hasarı riskinin transartiküler vidalarla eşit olduğu, yapılan çalışmalarda gösterilmiştir. Öte yandan transartiküler vida tekniğinden daha kolay olsa da C2 pedikülünü vidalamak, özellikle dar C2 pars kemiği veya medial yerleşimli transverse forameni olan hastalarda daha zordur (19). Ayrıca Goel tekniği, C2 sinir kökünün ligasyonunu gerektirmektedir. Bu durum, yapılan bir çalışmada hastaların %11.6'sında posterior skalp hipoestezisine sebebiyet vermiştir (30). Harms tekniğinde ise C2 ganglionu daha iyi korunabilmektedir.

Wright tarafından geliştirilen teknikte, C2 laminasına bilateral çapraz şekilde poliaksiyel vidalar yerleştirilir ve bu vidalar, rodlarla C1 yan kitle vidalarına bağlanır. Bu teknikte vertebral arter hasarı riski yoktur. Yapılan bir çalışmada C1 yan kitle ve C2 pedikül fiksasyonunun, C1 yan kitle ve C2 laminar vida fiksasyonu ile benzer esneklikte olduğunu göstermiştir (12).

C1 vidasında alternatif teknikler

Anatomik çalışmalarda C1 yan kitle vidalarının pedikül varyasyonları araştırılmış, C1 posterior ark vida fiksasyonu yöntemi de sunulmuştur. Bu tekniğin avantajı, pull-out kuvvetinin daha fazla olması ve C2 sinir kökü ve venöz kompleks gibi yapılara daha az hasar riski oluşturmasıdır (54). C1 pedikülüne vida yerleştirilmesi için C1 posterior arkusunun 4 mm çapında olması gerektiği savunulmuştur ancak Huang ve ark., 4 mm'den kısa pediküllerde de 3.5 mm vidalar yerleştirilebileceğini göstermiştir (11,24). Öte yandan yan kitle vidaları kullanılırken eğer anatomik bir varyasyon varsa, sagittal düzlemde vidanın daha kranyale doğru yönlendirilmesiyle daha uzun vidaların kullanılabileceği önerilmiştir (51).

C1 çentik (notching) tekniği, C1 yan kitle vidasının daha kranyal bir noktadan girişle gönderilmesidir. Giriş noktası, C1 yan

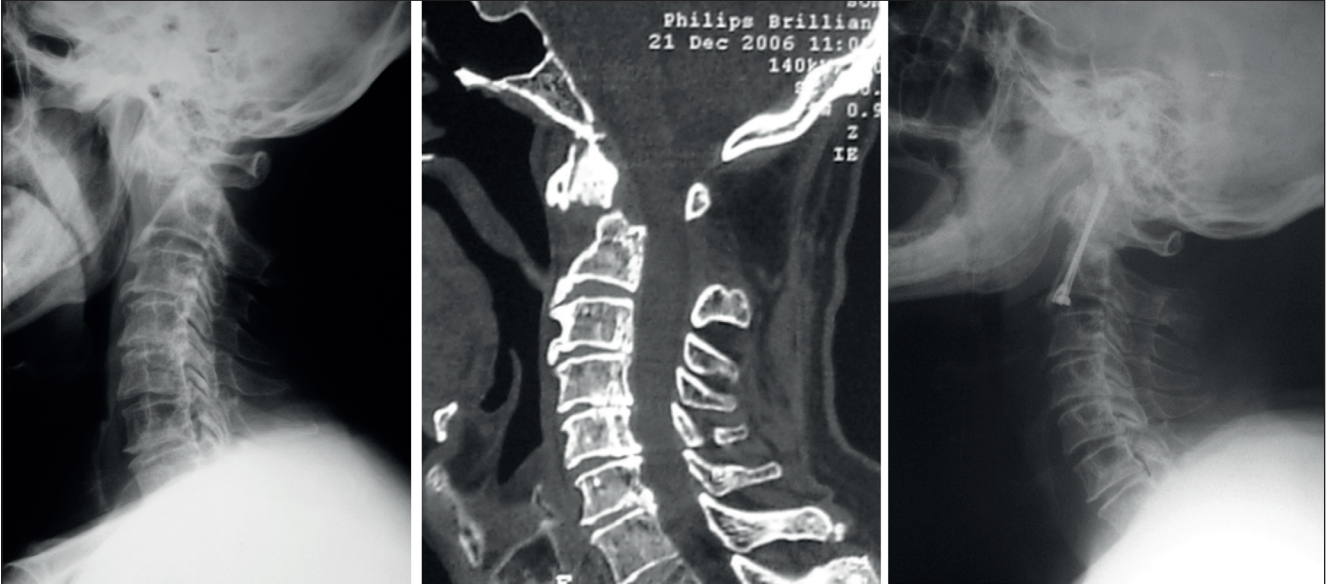
kitle vidası ve pedikül vidası giriş noktalarının ortasındadır ve paravertebral venöz pleksus ve C2 sinir kökünden daha uzaktadır (31). Ancak bu yöntemle vertebral arter hasarı riski, C1 yan kitle vidasına göre daha fazladır.

Çapraz vidalama tekniği, 65 yaş üzerindeki ve 7 yaş üzerindeki pediatrik hastalarda alternatif bir yöntem olarak sunulmuştur (Şekil 3) (27). Bu teknikte, C1-2 fiksasyonunda rijid stabilizasyon sağlanabilmektedir ve paravertebral venöz pleksus ve C2 sinir kökü hasarı riski azdır.

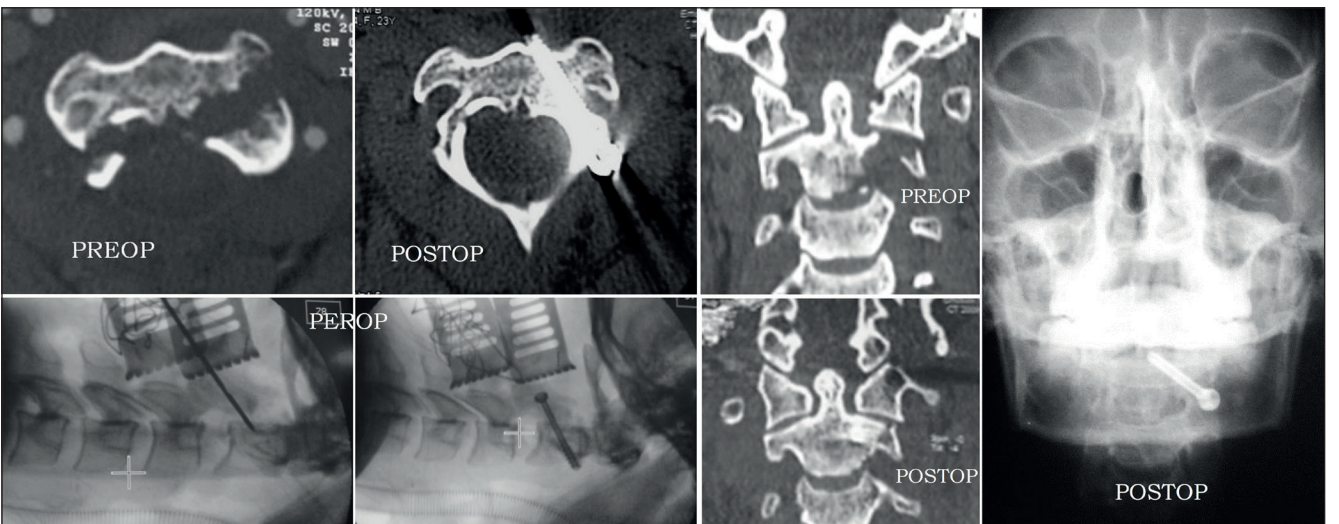
C2 vidasında alternatif teknikler

Wright tarafından alternatif olarak C2 translaminar vidalar sunulmuş ve bu vidalar C1 yan kitle vidalarıyla kombine edildiğinde %100 füzyon sağlanmıştır (52). Bu tekniğin bir modifikasyonunda ise C2 spinöz çıkıntının üst kısmı çıkartılmış ve bu alan, vida giriş noktası olarak belirlenmiştir. Ancak bu yöntem, bilateral vida yerleştirilmesine izin vermemektedir (29). Biyomekanik çalışmalarda translaminar vidaların, pars vidalarına kıyasla daha güçlü ancak pedikül vidalarından daha

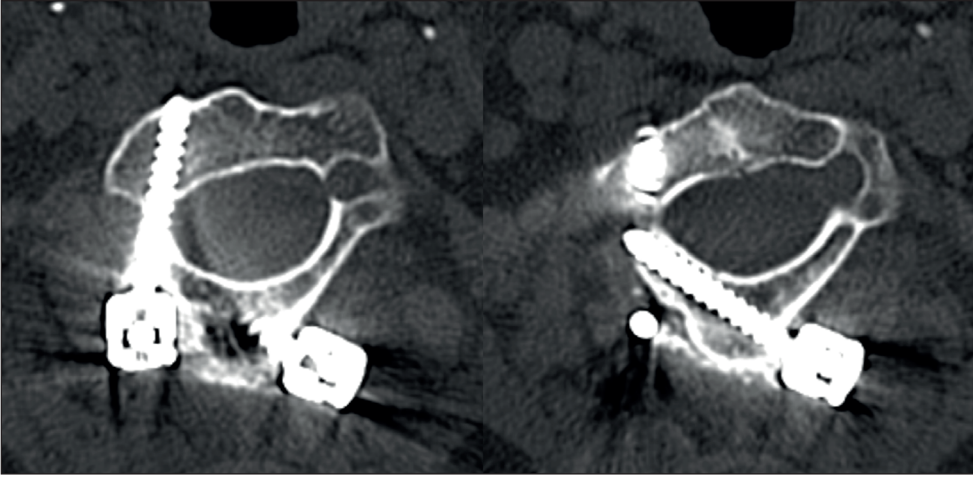
zayıf fiksasyon oluşturduğu gösterilmiştir (32). Bu yöntemde vertebral arter hasarı riski yoktur, bu yüzden bir kurtarma cerrahisi tekniği olarak kullanılabilir (11). Bir çalışmada ise C2 travmatik spondilolistezisi olan 4 hastada pars vidasıyla C2 vertebraşının anterior ve posterior kısımlarının fiksasyonu yapılmıştır. İki hastada ise C2 pars vidasıyla birlikte C3 yan kitle vidaları ve plak kullanılmış, her iki yöntemle de uzun dönemde başarılı klinik ve radyolojik sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 2) (15). Dalbayrak ve ark., C2 vertebra korpusunda öne eğilme, korpusun veya posterior elemanların anteriora belirgin yer değiştirmesi veya ciddi angulasyonu olan Hangman fraktürlü hastalarda NSA tekniğini tanımlamışlardır. Bu teknikte floroskopi altında bilateral C2 pedikül vidaları, C2 vertebra korpusunda 1-2 mm ilerletilerek yerleştirilir. Daha sonra standart bir rijid rod, spinöz çıkıntıdan kemik rezeksiyonu yapıldıktan sonra iki vidayı birleştirecek şekilde konur. Vida başları kilitlenirken, C2 korpusu, arkaya doğru çekilir. Öte yandan bu teknik, C2-3 faset ekleminin sağlam olmasını gerektirmektedir (16).



Şekil 1: Odontoid fraktürü olan bir hastada anterior vidalama ve cerrahi redüksiyon.



Şekil 2: Hangman fraktürü olan bir hastada tek taraflı (sol) pars vidası yerleştirilmesi ile fraktür fiksasyonu.



Şekil 3: Bir hastada C1 vertebraya sağ taraftan pedikül vidası yerleştirilirken, sol tarafta yüksek seyirli vertebral arter saptanması üzerine bu taraftaki vida, çapraz translaminar teknikle yerleştirilmiştir.

Hibrid teknikler

Kancalar, daha çok torakolomber deformitede kullanılsa da C1-2 füzyonda vida fiksasyonla kombine edilebilir (11). 2008 yılında 2 odontoid fraktür vakasında C1 kancası ve C2 pedikül vidasıyla fiksasyon sağlanmıştır (6). Bu tekniğin bir diğer alternatifi ise C1 kancalarının C2 pars veya laminar vidalarla kombinlenmesidir.

C1 kancalarının C1-2 transartiküler vida fiksasyonu ile kombinasyonu, uzun dönemde yeterli füzyonla sonuçlanmıştır (22). Bir çalışmada bu tekniğin, füzyon oranları ve fonksiyonel sonuçlarının C1 yan kitle ve C2 pedikül vidası fiksasyonu ile benzer olduğunu göstermiştir (40). Reis ve ark. ise C1-2 fiksasyonu için C2'de laminar kancalar ve C1 yan kitle vidalarını kombine etmişlerdir ve bu tekniğin sonuçlarının Harms tekniğiyle benzer olduğunu göstermişlerdir (47). Bu teknik, C2 vidası veya transartiküler vida yerleştirilemeyen hastalarda bir kurtarma prosedürü olarak kullanılabilir (11).

Yaşlı hastalarda tedaviye karar verme

Yaşlı hastalarda osteopeni ve dejeneratif değişikliklere bağlı olarak düşük enerjili travmalarda bile üst servikal patolojiler sıklıkla görülebilmektedir. 80 yaş üzerinde bu patolojilerin yarısı odontoid fraktürlerdir ve hastalar çoğunlukla asemptomatik olduğundan tanısı atlanabilmektedir (18). Ayrıca bu hasta grubunda üst servikal fraktürler, yüksek morbidite ve mortaliteye sahiptir. Van Middendorp ve ark.larının çalışmasında mortalite uzun dönemde %45.2, ilk hospitalizasyonda ise %18.7 olarak bildirilmiştir (53). Tedavi planlanırken hastaların komorbiditeleri ve beklenen yaşam süresi de göz önünde bulundurulmalıdır.

Yaşlı hastalarda en önemli sorunlardan biri de uzun dönemde kaynamama riskidir. Bu durum, hâlihazırda hiper mobil olan servikal omurgada yeni bir travma ile oluşabilecek nörolojik komplikasyon ve ani ölüm riskini artırmaktadır. Yapılan bir çalışmada tip 2 ve 3 odontoid fraktürü olan yaşlı hastalarda kaynamama oranı %78 bulunmuştur ve bu oranın cerrahi tedavi yapılan hastalarda, konservatif tedaviye göre daha az olduğu saptanmıştır (4). Aynı çalışmada kaynamama riskinde servikal boyunluk ve halo-vest arasında bir fark olmadığı gösterilmiştir.

Kemik ve vasküler anatomideki varyasyonlar

Özellikle C2 pedikülüne vida yerleştirmek, C1 ve C2 arasın-

da vertebral arterin anormal seyirinden ötürü bazı hastalarda zor olabilmektedir. Vertebral arterdeki varyasyonlar, konvensiyonel BT anjiyografinin rekonstrüksiyonuyla elde edilen ince kesit pedikül-oryantasyonlu görüntülerle daha detaylı şekilde saptanabilmektedir. Öte yandan bazı hastalarda da pedikülün boyutları, komplikasyon riskini artırmaksızın cerrahin vida yerleştirmesini güçleştirmektedir (19). Literatürde C2 pedikül vidasıyla gelişen nörolojik ve vasküler hasar riski, %11-66 olarak bildirilmiştir (34). 98 kadavrayla yapılan bir çalışmada, aksis vertebraların %20sinde C2 pedikül çapı 3.5 mm'den daha az bulunmuştur (1). Eğer vertebral arter oluşu altında kalan pedikülün yüksekliği 1.75-3.5 mm arasındaysa, vida giriş noktası posterior arkusta parsiyel drilleme ile oluşturulabilir. Eğer bu yükseklik 1.75 mm'den azsa giriş noktası atlas yan kitlesi ve pedikül arasından olmalıdır (33). Resnick ve ark., vertebral foramen girişini önlemek için C1 vida giriş noktalarının C2 vidalarının rostralinde ve C1 laminasının rostrokaudal orta noktasında olmasını, vida açılmasının ise yaklaşık 10 derece mediale doğru olmasını önermiştir (48). Li ve ark. ise vida giriş noktasını pedikül yüksekliği ve vertebral arter arasındaki ilişkiye göre belirlemişlerdir. Eğer pedikül yüksekliği 4 mm'den fazlaysa giriş noktası posterior arkusun inferior sınırının 2 mm superiorunda, eğer 4 mm'den azsa posterior arkusun inferior sınırının 1-1.5 mm superiorunda olmalıdır (33).

Elgafy ve ark., yüksek seyirli C2 transvers forameni nedeniyle vertebral arter hasarı ve vida malpozisyonu olan hastalarda kontralateral transartiküler vidalama yerine kullanılabilen farklı tekniklerin biyomekaniğini araştırmışlardır. Yazarlar, atlantoaksiyel eklemin bir tarafında transartiküler vida kullanılırken, diğer tarafta C1 yan kitle ve C2 pedikül veya C1 yan kitle ve C2 interlaminer vidaların kullanılabilceğini belirtmişlerdir. Eğer C2 pedikülü küçük ise de unilateral transartiküler vidanın karşısında C1 yan kitle ve C2 intralaminar vida kullanılmasını, atlantoaksiyel fiksasyonda biyomekanik olarak başarılı bulmuşlardır (19). Li ve ark., anstabil Hangman fraktürleriyle yaptıkları çalışmada yalnızca %69.4 hastada güvenli şekilde C2 ve C3 pedikül vidası yerleştirebilmişlerdir (34).

Atlantoaksiyel stabilizasyonda unilateral yüksek seyirli vertebral arter, vertebral arterin stenozu ve oklüzyonu veya unilateral pedikül displazisinde tek taraflı fiksasyon ve füzyon da alternatif bir teknik olarak sunulmuştur. Ma ve ark., unilateral ve bilateral fiksasyonun sonuçlarını karşılaştırmış,

her iki yöntemle de atlantoaksiyel stabilite ve osseöz füzyon sağlayabilmişlerdir (36). Paik ve ark., biyomekanik olarak unilateral C1 yan kitle vidasının C2 pedikül vidasıyla birlikte kullanımının atlantoaksiyel stabiliteyi sağladığını göstermişlerdir (45). Hue ve ark., atlantoaksiyel yaralanma ve tek taraflı vertebral arter anatomik deformitesi olan hastalarda dominant tarafta vida fiksasyonunun atlantoaksiyel redüksiyon, osseöz füzyon, ağrı skorlarında ve nörolojik fonksiyonlarda iyileşme sağlayabildiğini göstermişlerdir (25).

Bazı vertebral arter anomalileri; 1) birinci intersegmental arter mevcudiyeti (PFIA), 2) fenestre vertebral arter, 3) aşağı seyirli posterior inferior serebellar arter (PICA), ve 4) yüksek seyirli vertebral arterdir (11). PFIA'da vertebral arter, C2 transvers foramen den çıktıktan sonra C1 posterior arkusta dura içerisine girer ve C1 transvers foramen içerisinde seyretmez. Fenestre vertebral arterde hem PFIA hem de normal seyirli vertebral arter vardır ve bir loop veya fenestrasyon oluşmuştur. Bu iki arter, daha sonra C2 arkusu üzerinde birleşir ve vertebral arteri yeniden oluşturur. Yüksek seyirli vertebral arter, fazla medial veya kranyal seyirli olabilir ve bu seyir CT'de C2 transvers foramenin medial veya sefalat yerleşimiyle görülebilir (7). Bunun sonucunda C2 istmusunun yüksekliği azalır ve transartiküler vida fiksasyonu bu hastalarda zordur. Bazı çalışmalarda romatoid artritli olan hastalarda atlantoaksiyel eklem harabiyetiyle birlikte yüksek vertebral arter oluşu ve dar istmus oluştuğu da gösterilmiştir (38).

Vertebral arter anomalisi olan hastalarda yan kitle vidası yerleştirilirken uygulanan C2 nörektomi, vasküler yaralanma riskini artırır. Vertebral arter eğer C1 arkusun kaudalinden seyrediyorsa C1 yan kitle vidasının inferior yan kitleden yerleştirilmesi tehlikelidir. Bu hastalarda transartiküler vidalarla Magerl tekniği kullanılabilir. Eğer eşlik eden yüksek seyirli vertebral arter de varsa fiksasyonun C1 atlanarak oksiputa uzatılması önerilir. C2 seviyesinde vasküler anomali varlığında ise enstrümantasyon C3 seviyesine inebilir. PFIA tespit edilen hastalarda ise C1-2 fiksasyon için birkaç farklı yöntem mevcuttur. Tipik olarak C1 vidası atlanır ve oksiput fiksasyonu yapılır. Alternatif olarak C1 posterior arkusuna vida yerleştirilebilir (9). Bu teknikte C1 arkusta ayrışma riskine dikkat edilmelidir. Bazı hastalarda C1 arkusu üzerinden vida yerleştirilebilir. Başka bir alternatif yöntem ise arkusun altından bir giriş noktası belirlenerek yan kitle fiksasyon yapılmasıdır (11). Yapılan bir diğer çalışma ise, yüksek seyirli vertebral arter olgularında C2 pedikül vidası yerleştirilmesi için vertebral arterin mobilizasyonunu ve sonrasında C2 inferior korpusundan vida yerleştirilmesini önermiştir (23).

Odontoid fraktürde cerrahi teknik seçimi

Odontoid fraktürler, medulla oblongataya anatomik yakınlıkları sebebiyle oldukça tehlikelidir ve travma sonrası kranyoservikal bileşkede instabiliteye yol açma riskleri yüksektir. Tedavi yönteminin seçiminde fraktür tipi, eşlik eden travmatik hasarlanmalar, hasta yaşı ve komorbiditeleri etkili olmaktadır (50). Boyunluk ve Halo kullanımının etkinliğini karşılaştıran çalışmalarda boyunlukla %53, Halo vest ile %74 kaynama oranı bildirilmiştir. Eksternal immobilizasyonun başarısı, tip 1 kırıklarda, diğer tiplere göre daha fazladır. Öte yandan, tip 1 odontoid fraktürle birlikte eğer atlantookspital dislokasyon da mevcutsa düşük ağırlıklı traksiyon uygulaması önerilir (17). Tip 2 fraktürler instabil kabul edilir ve mutlak cerrahi önerilmektedir. Tip 1 ve tip 3 kırıklarda konservatif tedavi

uygulanabilmektedir ancak bazı tip 1 fraktürlere oksipitoatlantal dislokasyonlar eşlik etmekte, bazı tip 3 fraktürler ise odontoid boynuna yakın olmakta ve tip 2 kadar kaynamama riskine sahip olabilmektedirler (41). Kaynamamanın en önemli sebeplerinin; C2 gövdesine göre densin yeterli redüksiyonunun sağlanamaması ve densin intersinovyal yerleşimi olduğu savunulmuştur (42). Transverse atlantal ligaman hasarı, odontoid fraktürlerin %10'unda görülmektedir (50). Ligaman hasarıyla birlikte odontoid fraktürde kemik iyileşmesi sağlansa da atlantoaksiyel instabilite görülebilir, bu sebeple bu hastalarda erken stabilizasyon önerilmektedir (42). Anterior fiksasyonla, eğer transvers ligaman hasarı varsa C1-C2 stabilitesi sağlanamamaktadır.

Eksternal immobilizasyonla konservatif tedavide iyileşme oranları düşük, mortalite fazla olabilmektedir. Anterior odontoid vida fiksasyonunda kaynama oranı ise %88-100 olarak bildirilmiştir (40). Anterior odontoid vida fiksasyonunun, posterior C1-2 artrodeze olan avantajları; daha az yumuşak doku travması olması, kemik greftine ihtiyaç duyulmaması, vertebral arter hasarı riskinin daha düşük olması ve C1-2 hareketinin korunmasıdır (43). Anterior odontoid vidalamada bir veya iki vida kullanma teknikleri arasında füzyon oranları açısından fark bulunmamıştır (49). Öte yandan odontoidin ebatı nedeniyle iki vida tekniği her zaman mümkün olmamaktadır. Preoperatif BT ile odontoidin boyutlarını ve dansitesini dikkatlice değerlendirmek gerekmektedir. İki adet 3.5 mm kortikal vida yerleştirmek için kritik transvers dış çap 9 mmdir (41). Oh ve ark., anterior-inferior vida giriş noktasında sternum duvarının engel olmasını önlemek için perkütan vertebroplasti iğnesi kullanmışlardır. Bu iğne pedikül probundan daha kısa ve tutma yeri daha düz olduğu için, korpus yüzeyinde paralel seyire izin verebilmiştir (43). Yapılan bir çalışmada bir adet 4.5 mm kanüllü Herbert vidasının, 2 adet 3.5 mm AO vidasıyla yapılan fiksasyona göre daha fazla torsiyonel sağlamlık kazandırdığı gösterilmiştir (10). Ancak fraktür fragmanlarında yeterli kompresyon sağlamak için uygulanması gereken tork miktarına karar vermek güçtür, bu sebeple alternatif olarak 4 veya 4.5 mm'lik lag vidalar da kullanılabilir (42).

Öte yandan anterior fiksasyonu uygulamak her vakada mümkün olmamaktadır. Fıçı göğüs, kısa boyun, subaksiyel servikal spondiloz ve torasik kifoz, normal vida seyrini engelleyebilir (5,37). Cerrahi sırasında hastaların ekstansiyona getirilmesi gerekmektedir ve bu pozisyon, C1 posterior dislokasyonu olan hastalarda dislokasyonu kötüleştirilebilir ve ağır spinal kanal stenozu olan hastalarda spinal kord hasarına yol açabilir (3). Son olarak Grauer tip 2A ve 2B fraktürlerde anterior fiksasyon ideal tedaviyi sağlasa da tip 2C fraktürlerde fraktür hattı anterior-inferiordan posterior superiora doğru seyrederek. Tip 2C'de vidanın C2 korpusunda tutunacağı yer oldukça küçüktür ve kompresyon altında anterior deplasmanla sonuçlanabilir. Ayrıca bu hastalarda anatomik olmayan kaynama, kaynamama ve fibröz kaynama oluşabilir (39). Bu durumlarda C1-C2 hareketini kısıtlasa da, posterior atlantoaksiyel füzyon tercih edilmelidir. Ni ve ark., hareketi korumak için odontoid fraktürde füzyonsuz posterior atlantoaksiyel fiksasyon uygulaması, fraktür hattında füzyon başladığı zaman ise enstrümantasyon sistemini çıkartmışlardır. Hastaların %95.5'inde fraktür iyileşmesi olmuş, 22 hastanın 21'inde de enstrüman çıkartılmasından sonra C1-C2 hareketi korunabilmiştir (39).

KAYNAKLAR

1. Abou Madawi A, Solanki G, Casey AT, Crockard HA: Variation of the groove in the axis vertebra for the vertebral artery. Implications for instrumentation. *J Bone Joint Surg Br* 1997 79(5):820-823, 1997
2. Aebi M: Surgical treatment of upper, middle and lower cervical injuries and non-unions by anterior procedures. *Eur Spine J* 19(Suppl 1):S33-39, 2010
3. Amling M, Hahn M, Wening VJ, Grote HJ, Delling G: The microarchitecture of the axis as the predisposing factor for fracture of the base of the odontoid process. A histomorphometric analysis of twenty-two autopsy specimens. *J Bone Joint Surg Am* 76(12):1840-1846, 1994
4. Anderson LD, D'Alonzo RT: Fractures of the odontoid process of the axis. *J Bone Joint Surg Am* 56(8):1663-1674, 1974
5. Apfelbaum RI, Lonser RR, Veres R, Casey A: Direct anterior screw fixation for recent and remote odontoid fractures. *J Neurosurg* 93(2 Suppl):227-236, 2000
6. Aydinli U, Kara GK, Ozturk C, Serifoglu R: Surgical treatment of odontoid fractures with C1 hook and C2 pedicle screw construct. *Acta Orthop Belg* 74:276-281, 2008
7. Bahadur R, Goyal T, Dhatt SS, Tripathy SK: Transarticular screw fixation for atlantoaxial instability - modified Magerl's technique in 38 patients. *J Orthop Surg Res* 5:87, 2010
8. Brooks CA, Dower A, Donnellan C, Donnellan M, Abraszko R: Computed tomography-occult discoligamentous instability following blunt cervical spine trauma. *BMJ Case Rep* 14(8):e244136, 2021
9. Carmody MA, Martin MD, Wolfla CE: Persistent first intersegmental vertebral artery in association with type II odontoid fracture: Surgical treatment utilizing a novel C1 posterior arch screw: Case report. *Neurosurgery* 67:210-211, 2010
10. Chang KW, Liu YW, Cheng PG, Chang L, Suen KL, Chung WL, Chen UL, Liang PL: One Herbert double-threaded compression screw fixation of displaced type II odontoid fractures. *J Spinal Disord* 7(1):62-69, 1994
11. Chen Q, Brahimaj BC, Khanna R, Kerolus MG, Tan LA, David BT, Fessler RG: Posterior atlantoaxial fusion: a comprehensive review of surgical techniques and relevant vascular anomalies. *J Spine Surg* 6(1):164-180, 2020
12. Claybrooks R, Kayanja M, Milks R, Benzel E: Atlantoaxial fusion: A biomechanical analysis of two C1-C2 fusion techniques. *Spine J* 7(6):682-688, 2007
13. Crisco JJ 3rd, Panjabi MM, Oda T, Grob D, Dvorak J: Bone graft translation of four upper cervical spine fixation techniques in a cadaveric model. *J Orthop Res* 9(6):835-846, 1991
14. Cybulski GR, Stone JL, Crowell RM, Rifai MH, Gandhi Y, Glick R: Use of Halifax interlaminar clamps for posterior C1-C2 arthrodesis. *Neurosurgery* 22(2):429-431, 1988
15. Dalbayrak S, Yilmaz M, Firdin M, Naderi S: Traumatic spondylolisthesis of the axis treated with direct C2 pars screw. *Turk Neurosurg* 19(2):163-167, 2009
16. Dalbayrak S, Yaman O, Yilmaz M: A new technique in the surgical treatment of Hangman's fractures: Neurospinal Academy (NSA) technique. *J Craniovertebr Junction Spine* 4(2):59-63, 2013
17. Dalbayrak S, Yaman O: Management of upper cervical trauma in adults. *Türk Nöroşir Derg* 25:201-215, 2015
18. Delcourt T, Bégué T, Saintyves G, Mebtouche N, Cottin P: Management of upper cervical spine fractures in elderly patients: Current trends and outcomes. *Injury* 46 Suppl 1:S24-27, 2015
19. Elgafy H, Potluri T, Goel VK, Foster S, Faizan A, Kulkarni N: Biomechanical analysis comparing three C1-C2 transarticular screw salvaging fixation techniques. *Spine (Phila Pa 1976)* 35(4):378-385, 2010
20. Goel A: C1-C2 pedicle screw fixation with rigid cantilever beam construct: Case report and technical note. *Neurosurgery* 51(3):853-854, 2002
21. Goel A, Desai KI, Muzumdar DP: Atlantoaxial fixation using plate and screw method: A report of 160 treated patients. *Neurosurgery* 51:1351-1356, 2002
22. Guo X, Ni B, Xie N, Lu X, Guo Q, Lu M: Bilateral C1-C2 transarticular screw and C1 laminar hook fixation and bone graft fusion for reducible atlantoaxial dislocation: A seven-year analysis of outcome. *PLoS One* 9:e87676, 2014
23. Harman F, Oglin V, Yilmaz MO, Orhun O, Baran O, Boyukyilmaz S, Gezeran Y, Dalbayrak S, Dagcinar A: Different C2 screw placement techniques with mobilization of the vertebral artery in high-riding vertebral artery cases: Cadaver dissection. *J Craniovert Jun Spine* 14:341-345, 2023
24. Huang DG, He SM, Pan JW, Hui H, Hu HM, He BR, Li H, Zhang XF, Hao DJ: Is the 4 mm height of the vertebral artery groove really a limitation of C1 pedicle screw insertion? *Eur Spine J* 23:1109-1114, 2014
25. Hue YH, Chun HJ, Yi HJ, Oh SH, Oh SJ, Ko Y: Unilateral posterior atlantoaxial transarticular screw fixation in patients with atlantoaxial instability: Comparison with bilateral method. *J Korean Neurosurg Soc* 45(3):164-168, 2009
26. Jeanneret B, Magerl F: Primary posterior fusion C1/2 in odontoid fractures: Indications, technique, and results of transarticular screw fixation. *J Spinal Disord* 5:464-475, 1992
27. Jin GX, Wang H, Li L, Cui SQ, Duan JZ: C1 posterior arch crossing screw fixation for atlantoaxial joint instability. *Spine (Phila Pa 1976)* 38:E1397-404, 2013
28. Joaquim AF, Ghizoni E, Tedeschi H, Lawrence B, Brodke DS, Vaccaro AR, Patel AA: Upper cervical injuries - a rational approach to guide surgical management. *J Spinal Cord Med* 37:139-151, 2014
29. Kabir SM, Casey AT: Modification of Wright's technique for C2 translaminar screw fixation: Technical note. *Acta Neurochir (Wien)* 151:1543-1547, 2009
30. Kang MM, Anderer EG, Elliott RE, Kalhorn SP, Frempong-Boadu A: C2 nerve root sectioning in posterior C1-2 instrumented fusions. *World Neurosurg* 78:170-177, 2012
31. Lee SH, Kim ES, Eoh W: Modified C1 lateral mass screw insertion using a high entry point to avoid postoperative occipital neuralgia. *J Clin Neurosci* 20:162-167, 2013
32. Lehman RA Jr, Dmitriev AE, Helgeson MD, Sasso RC, Kuklo TR, Riew KD: Salvage of C2 pedicle and pars screws using the intralaminar technique: A biomechanical analysis. *Spine (Phila Pa 1976)* 33:960-965, 2008
33. Li L, Zhou FH, Wang H, Cui S: Posterior fixation and fusion with atlas pedicle screw system for upper cervical diseases. *Chinese J Traumatol* 11(6):323-328, 2008

34. Li G, Wang Q, Liu H: CT analysis of anatomical variation and injury affecting posterior pedicle screw fixation for unstable Hangman fractures. *Medicine (Baltimore)* 96(19):e6847, 2017
35. Liao S, Jung MK, Hörnig L, Grützner PA, Kreinest M: Injuries of the upper cervical spine-how can instability be identified? *Int Orthop* 44(7):1239-1253, 2020
36. Ma Z, Zhang YN, Ma X, Chen C, Feng HY: Comparison of the clinical efficacy of unilateral and bilateral pedicle screw short-segment fixation and fusion in the treatment of atlantoaxial fracture-dislocation. *Technol Health Care* 31(5):1619-1629, 2023
37. Mazur MD, Mumert ML, Bisson EF, Schmidt MH: Avoiding pitfalls in anterior screw fixation for type II odontoid fractures. *Neurosurg Focus* 31(4):E7, 2011
38. Miyata M, Neo M, Ito H, Yoshida M, Miyaki K, Fujibayashi S, Nakayama T, Nakamura T: Is rheumatoid arthritis a risk factor for a high-riding vertebral artery? *Spine (Phila Pa 1976)* 33:2007-2011, 2008
39. Ni B, Guo Q, Lu X, Xie N, Wang L, Guo X, Chen F: Posterior reduction and temporary fixation for odontoid fracture: A salvage maneuver to anterior screw fixation. *Spine (Phila Pa 1976)* 40(3):E168-174, 2015
40. Ni B, Zhao W, Guo Q, Zhang M, Chen J, Guo X, Lu X, Xie N: Comparison of outcomes between C1-C2 screw-hook fixation and C1-C2 screw-rod fixation for treating reducible atlantoaxial dislocation. *Spine (Phila Pa 1976)* 42:1587-1593, 2017
41. Nucci RC, Seigal S, Merola AA, Gorup J, Mroczek KJ, Dryer J, Zipnick RI, Hafer TR: Computed tomographic evaluation of the normal adult odontoid. Implications for internal fixation. *Spine (Phila Pa 1976)* 20(3):264-270, 1995
42. Ochoa G: Surgical management of odontoid fractures. *Injury* 36 Suppl 2:B54-64, 2005
43. Oh YG, Lee BJ, Jeon SR, Roh SW, Rhim SC, Park JH: Anterior odontoid screw fixation for the treatment of type 2 odontoid fracture with a kyphotic angulation or an anterior down-slope: A technical note. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 59(8):321-325, 2019
44. Okereke I, Mmerem K, Balasubramanian D: The management of cervical spine injuries – A literature review. *Orthop Res Rev* 13:151-162, 2021
45. Paik SC, Chun HJ, Bak KH, Ryu J, Choi KS: Unilateral C1 lateral mass and C2 pedicle screw fixation for atlantoaxial instability in rheumatoid arthritis patients: Comparison with the bilateral method. *J Korean Neurosurg Soc* 57(6):460-464, 2015
46. Panjabi MM, White AA 3rd: Basic biomechanics of the spine. *Neurosurgery* 7(1):76-93, 1980
47. Reis MT, Nottmeier EW, Reyes PM, Baek S, Crawford NR: Biomechanical analysis of a novel hook-screw technique for C1-2 stabilization. *J Neurosurg Spine* 17:220-226, 2012
48. Resnick DK, Benzel EC: C1-C2 pedicle screws fixation with rigid cantilever beam construct: Case report and technical note. *Neurosurgery* 50(2):426-428, 2002
49. Sasso R, Doherty BJ, Crawford MJ, Heggeness MH: Biomechanics of odontoid fracture fixation. Comparison of the one- and two-screw technique. *Spine (Phila Pa 1976)* 18(14):1950-1953, 1993
50. Sasso RC: C2 dens fractures: Treatment options. *J Spinal Disord* 14(5):455-463, 2001
51. Simsek S, Er U, Ozturk E, Yigitkanli K: Morphometric measurements of safety zones and orientation angles for freehand placement of revision screws in atlas lateral mass. *Turk Neurosurg*, 2021 (Online ahead of print)
52. Wright NM: Posterior C2 fixation using bilateral, crossing C2 laminar screws: Case series and technical note. *J Spinal Disord Tech* 17:158-162, 2004
53. van Middendorp JJ, Albert TJ, Veth RP, Hosman AJ: Methodological systematic review: Mortality in elderly patients with cervical spine injury: A critical appraisal of the reporting of baseline characteristics, follow-up, cause of death, and analysis of risk factors. *Spine (Phila Pa 1976)* 35(10):1079-1087, 2010
54. Yeom JS, Kafle D, Nguyen NQ, Noh W, Park KW, Chang BS, Lee CK, Riew KD: Routine insertion of the lateral mass screw via the posterior arch for C1 fixation: Feasibility and related complications. *Spine J* 12:476-483, 2012