

90

Perkutan Omurga Uygulamaları

Yusuf Kurtuluş Duransoy, Mesut Mete, Ali Arslantaş

Giriş

Çağımızın teknik olanakları omurga cerrahisinde ciddi gelişmelere neden olmakta, minimal invaziv yöntemler ve perkutan girişimler giderek popüler hale gelmektedir. Perkutan yöntemlerde skar dokusu, yumuşak doku hasarı, kan kaybı ve postoperatif ağrı ve narkotik kullanımı ve hastanede kalış süresi daha azdır. Ancak, dar bir alandan çalışmanın sonucu nörovasküler yaralanma riski fazladır ve ayrıca yetersiz dekompresyon ile sonuçlanabilir.

Servikal Perkutan Girişimler

Servikal omurgada perkutan girişimler aşağıdaki başlıklar altında incelenebilir;

- 1- Servikal posterior perkutan girişimler
 - a) Perkutan yan kitle ve pedikül vidalaması (rotlu sistemler)
 - b) Perkutan transfacet vidalama
 - c) Hangman kırıklarında perkutan C2 pedikül (pars) vidalaması
 - d) Perkutan posterior atlantoaxial transartiküler vidalama
- 2- Servikal anterior perkutan girişimler
 - a) Perkutan anterior atlantoaxial transartiküler vidalama
 - b) Perkutan anterior transodontoid vidalama

1- Servikal Posterior Perkutan Girişimler

Dejeneratif, tümöral ve travmatik durumlarda stabilizasyon için servikal yan kitle ve/veya pediküler vida fiksasyonu yaygın olarak kullanılan tekniklerdir (56,58,89). Ayrıca uzun segment anterior servikal füzyon cerrahileri yüksek oranda psödoartroz ile sonuçlanmaktadır (3). Bu nedenle bu girişimlere posterior yan kitle ve/veya pediküler vida ile fiksasyon eklenmesi gereği vardır. Böylece sistemin biyomekanik gücü artacak ve füzyon oranları yükselecektir.

Yan kitle vida ve rot sistemi Roy-Camille tarafından geliştirilmiş bir tekniktir. Magerl, Anderson, Ann ve Fehlings ise bu tekniği modifiye etmişlerdir. Yan kitle vidalamasında vertebral arter (VA) ve nöral yaralanma riski vardır. Servikal pediküler vida fiksasyonu, Abumi'nin 1994'de alt servikal travmalı 13 hastaya servikal pediküler vida ile stabilizasyon uygulamasından bu yana oldukça yaygın kullanılmaya başlanmıştır. Pediküler vidalar üç kolon fiksasyonuna izin verir ve posterior gerilim bandını restore eder. Ancak, hem yan kitle hem de pediküler vidalama gibi rotlu sistemlerin adale diseksiyonuna bağlı boyun ağrısı oranları fazladır (3,49,88,89).

Son zamanlarda perkutan fiksasyon teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Perkutan servikal yan kitle ve transfacet vidalama ya da Hangman kırıklarında perkutan pediküler vidalama ve atlantoaxial instabilitede perkutan posterior ya da anterior atlantoaxial transartiküler vidalama yöntemleri de yaygın olarak kullanılmaya başlanmış yöntemlerdir.

Dejeneratif disk hastalığının başarılı tedavisi, yapılan spesifik cerrahi müdahale kadar, doğru planlanan ve uygulanan rehabilitasyon programına da bağlıdır.

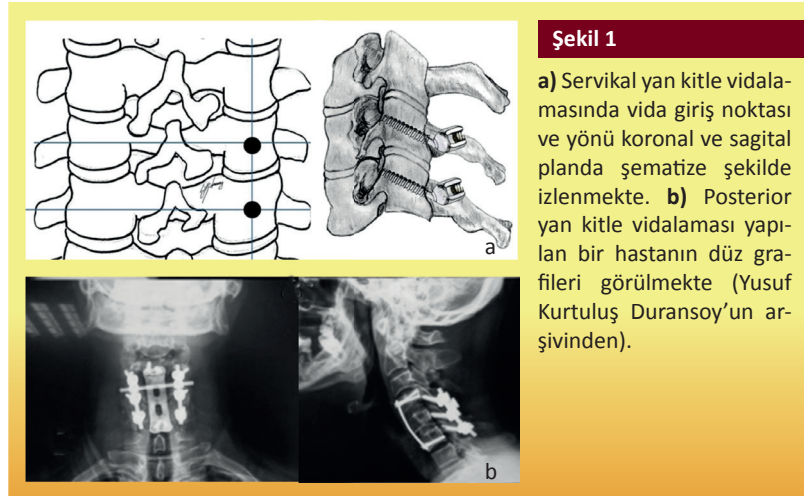
a) Perkutan servikal yan kitle ve pedikül vidalaması (rotlu sistemler)

Açık teknik genellikle geniş bir cilt insizyonu ve adale diseksiyonu gerektirir. Yan kitle ve pedikül vida fiksasyonu perkutan olarak tüp içerisinden de uygulanabilmektedir. Ancak sadece iki ya da üç seviye fiksasyona izin verir (88). Ayrıca tübüler bir retraktör içinden rot yerleştirme gereksinimi nedeniyle uzun bir paramedian cilt kesisi ve belirgin bir adale diseksiyonu gerektirmektedir. Sonuçta rotlu sistemler gerçek perkutan fiksasyon tekniği olarak değerlendirilemez.

Cerrahi Teknik: Hasta prone pozisyonunda radyolüsent bir masaya yatırılır. İşlem sırasında skopik görüntüleme kullanılır. Cilt üzerinden yan kitleye doğru bir K teli yerleştirilir. Vida yönü sagittal planda faset ekleme paralel olmalıdır. Giriş noktası yan kitlenin ortasındadır (Şekil 1a, b).

Perkutan sistemler ancak iki yada üç seviye fiksasyona izin verir.

Rotlu sistemler gerçek perkutan yöntem olarak kabul edilmez.



Vida giriş noktası üzerinde 1,5-2cm cilt insizyonu yapılır ve teleskopik tübüler dilatatörler sırasıyla yerleştirilir. Yan kitle yüzeyi en geniş tüp içinden monopolar koter ile koterize edilir ve bir hipofiz rongeur ile adale ve yumşak dokular çıkartılır. Faset eklem içeriği kürete edildikten sonra ilik kıyından alınan spongios otogreft kemikler füzyon amacıyla buraya yerleştirilir. Yan kitlenin orta noktasından 1mm medial olarak girilip, 20 derece lateral açı ile faset eklemine paralel olarak bir K teli yerleştirilir ve kanüllü bir yiv açıcı ile K teli üzerinden 14mm derinlikte bir yiv oluşturulur. Ardından 3,5mm çapında ve uygun boyda poliaksiyel bir vida buradan gönderilir. Komşu yan kitleye de aynı şekilde vida gönderildikten sonra tübüler retraktör içinden bir rot alt vidadan üsttekine doğru gönderilir. Bu yerleştirme esnasında tüp retraktör hafifçe yukarı kaldırılarak alt vida başına rotun yerleşmesi kolaylaştırılır (88).

Transfaset vidaların sıyrılma olasılığı yan kitle vidalarına göre daha azdır.

Takayasu ve DalCanto transfaset vidalamada kullanılan farklı iki tekniktir.

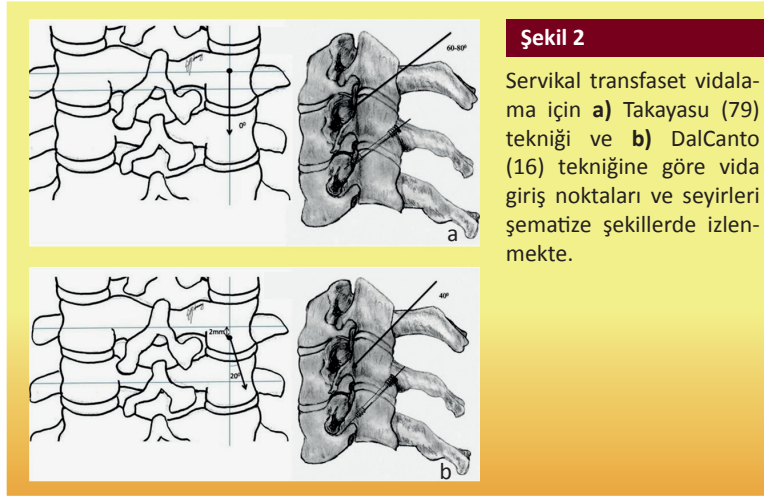
b) Perkutan servikal transfaset vidalama

Transfaset vidalama tekniği Takayasu ve ark. (79) tarafından 2003 yılında tanımlanmıştır. Alt servikal omurların fiksasyonu için kullanılabilen bir teknik olup, amaç faset eklemleri hareketsiz bırakmak ve faset eklem yüzeylerini komprese etmektir. Bu tekniğin en önemli özelliği vidaları birbirine bağlayan rotlara ihtiyaç duyulmamasıdır. Üstelik gerçekten perkutan uygulanabilir. Perkutan transfaset vida fiksasyonu, servikal yan kitle fiksasyonuna bir alternatiftir. Nörovasküler yaralanma riski daha azdır ve daha düşük bir vida profiline sahiptir. Ayrıca perkutan yöntemde adale diseksiyonu daha az olduğundan postoperatif aksiyel ağrı daha az olacaktır (3,56,58,79,99).

Klekamp ve ark. yaptıkları biyomekanik bir çalışmada transfaset vidalarının sıyrılma riskinin yan kitle vidalarından daha az olduğunu göstermişlerdir (99). DalCanto ve ark. (16) transfaset vidaları ile yan kitle vidalarının iki segment fiksasyonda benzer biyomekanik güçlere sahip olduklarını göstermişlerdir. Miyanji ve ark.58 da benzer biyomekanik sonuçlar elde etmişlerdir.

Literatürde farklı transfaset vida yerleştirme teknikleri tanımlanmıştır. Takayasu (79) tekniğinde vida giriş noktası yan kitlenin 1/3 üst-ortasındadır. Vida yönü sagittal planda 60-80 derece anterior ve koronal planda sıfır derece lateral açı ile kaudal olarak nörovasküler yapıları doğru olup dört korteksi geçmektedir (Şekil 2A).

Bu teknik güvenli görünse bile uzun vidalar ile VA yaralanma riski vardır. DalCanto ve ark. (16) yaptıkları kadavra çalışmalarında yan kitlenin orta noktasının 2mm kaudalinden girerek sagittal planda 40 derece anterior ve koronal planda 20 derece lateral açılanma ile kaudal olarak vida göndermişlerdir (Şekil 2B).



Şekil 2

Servikal transfacet vidalama için a) Takayasu (79) tekniği ve b) DalCanto (16) tekniğine göre vida giriş noktaları ve seyirleri şematize şekillerde izlenmektedir.

Hangman kırıkları Effendi ardından Levin Edwards tarafından sınıflandırılmıştır.

Klekamp ve ark. ise DalCanto tekniğine benzer şekilde yan kitlenin orta noktasının 1mm medial ve 1-2mm kaudalinden girip sagittal planda 40 derece anterior ve koronal planda 20 derece lateral açılanma ile kaudale doğru vida göndermişlerdir (99). Miyamoto ve ark. (57) modifiye bir transfacet vidalama tekniği olarak dört yerine üç korteks delerek uygulama yapmışlar ve bu işlemler sırasında herhangi bir nörovasküler yaralanma ile karşılaşmadıklarını bildirmişlerdir. Miyanji ve ark. (58) ise yan kitlenin tam ortasını giriş yeri olarak kullanıp sagittal planda faset ekleminde dik açı ile, koronal planda ise 5 derecelik lateral açı ile kaudale doğru vidalama yapmışlardır. Liu ve ark. (49) transfacet vidalarının güvenliğini belirlemek için 20 kadavra servikal omurgasında 160 transfacet vidalama yapmışlardır. Bu araştırmacılar vidaları yan kitlenin orta noktasının 1mm medialinden sagittal planda 37 derece ön, koronal planda ise 16 derece lateral açı ile kaudale doğru göndermişler ve hiçbir arter ya da sinirin vidalarla sıkıştığını görmediklerini bildirmişlerdir.

Cerrahi Teknik: Hasta genel veya lokal anestezi altında, radyolüsent bir masada, prone pozisyonunda yatırılır. Vidaları uygun açı ile gönderebilmek için oksipital kemiği alandan uzaklaştıracak servikal nötral pozisyon tercih edilir. Skopi altında antero-posterior (A-P) ve lateral görüntüler elde edilerek tercih edilen tekniğe göre giriş noktasına bir kılavuz tüp yerleştirilir ve ardından Kirschner (K) teli yerleştirilir ve tekniğe uygun yönde ilerletilir. Kanüllü bir yiv açıcı ile K teli üzerinden vida yolu açılır. Skopi kontrolü sırasında hesaplanan uygun boydaki kanüllü kompresyon vidası K teli üzerinden yerleştirilir. Faset ekleminde istenen kompresyon sağlandıktan sonra K teli çıkartılır. Aynı şekilde karşı tarafa da vidalama yapılarak bu segment stabilize edilmiş olur.

Hangman kırıklarında C2 pedikül vidalaması kırık kemik parçalarını komprese ederek osteosenteze izin verir ve hareket segmentini korur.

c) Hangman kırıklarında perkutan C2 pedikül (pars) vidalaması

Hangman (asılmış adam) kırığı, axisin travmatik spondilolistezisi olarak da bilinmektedir (15,65,81,93). Effendi (22) 1981'de hangman kırıklarını sınıflandırmış, Levine ve Edwards ise 1985'de bunu modifiye etmişlerdir (15,65,81). Levine ve Edwards sınıflamasına göre: Tip1'de C2 ile C3 arasında açılanma olmayıp deplasman 3mm'den daha azdır. Tip2'de 11 derece ya da daha fazla açılanma ve 3,5mm'den daha fazla deplasman vardır. Tip2A'da ise daha az deplasman olmakla birlikte 11 dereceden daha fazla açılanma vardır. Ancak Tip3'te şiddetli bir açılanma ve deplasman mevcut olup tek ya da iki taraflı faset dislokasyonu vardır (15). Tip 1'de konservatif tedavi uygundur. Ancak Tip 2 ve 3'te anterior ya da posterior cerrahi girişim gerekebilmektedir. İdeal tedavi yöntemi konusunda tartışmalar devam etmekteyse de son zamanlarda gündeme gelen C2 pedikül vidalaması (transpediküler osteosentez) etkili bir tedavi yöntemi olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem kırık kemik parçalarını birbirine komprese ederek osteosenteze izin verirken hareket segmentini korur (15,65,93,97). Ancak pedikül çevresindeki nörovasküler yapıların anatomik varyasyonları nedeniyle zor bir tekniktir (64,81,93,97). Ayrıca ligaman hasarı ya da travmatik disk hernisi varlığında bu tekniğin tek başına kullanılması uygun değildir (15,81,93).

C2 pedikül vidalaması ilk olarak 1964'de Laconte ve ark. tarafından tanımlanmış, ardından Saillant ve Bleyne tarafından uygulanmıştır. Daha sonraları bir çok uygulama yapılmıştır (15,65,81,93,97). Dalbayrak ve ark. (15) anstabil hangman kırıklı 4 hastada pars vidası uygulaması ile radyolojik ve klinik iyileşme elde ettiklerini bildirmişlerdir. Tian ve ark. (81) anstabil hangman kırıklı 14 hastada üç boyutlu skopi ve navigasyon rehberliğinde C2 pedikül vidası uygulamışlar ve yöntemin güvenli olduğunu bildirmişlerdir. Rajasekaran ve ark. (65) tip 2 hangman kırıklı 20 hastayı pars vidaları ile tedavi ettiklerini, bu hastaların 18'inde füzyon elde ettiklerini ve hiçbir hastada nörolojik defisit gelişmediğini bildirmişlerdir.

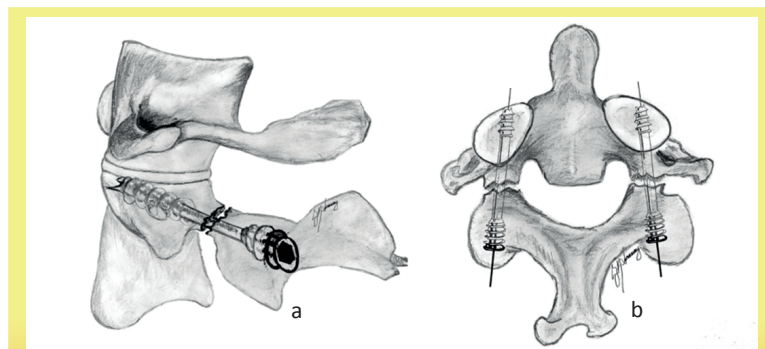
Son zamanlarda üç boyutlu skopi ve yardımcı navigasyon sistemlerindeki gelişmelere paralel olarak perkutan pedikül vida uygulamaları başlamıştır (75,93,97). Sugimoto ve ark. (75) politravması olan 69 yaşında hangman kırıklı bir hastayı üç boyutlu skopi ve navigasyon kullanarak perkutan C2 pedikül vidası ile başarılı bir şekilde tedavi ettiklerini bildirmişlerdir. Wu YS ve ark. (93) anstabil hangman kırıklı 10 hastayı skopi rehberliğinde perkutan C2 pedikül vidası ile tedavi etmişler ve peroperatuar hiçbir komplikasyonla karşılaşmadıklarını bildirmişlerdir. Yoshida ve ark. (97) anstabil hangman kırıklı bir hastayı perkutan C2 pars vidasıyla etkili ve güvenli bir şekilde tedavi ettiklerini bildirmişlerdir.

Perkutan yöntemin daha kısa ameliyat süresi, daha az kan kaybı, düşük enfeksiyon riski, daha çabuk iyileşme süresi gibi avantajları mevcuttur.

Perkutan teknikte, pedikül ve çevresindeki nörovasküler anatominin varyasyonları açısından daha detaylı bir preoperatif değerlendirme gerekmektedir. Bu tekniği uygulamadan önce bu bölgenin açık cerrahi anatomisinin iyi bilinmesi gereklidir. Yine de perkutan yöntem teknik olarak güvenli ve daha kolaydır. Ayrıca perkutan yöntemin daha kısa ameliyat süresi, daha az kan kaybı, düşük enfeksiyon riski, daha az adale hasarı ve daha çabuk iyileşme gibi bir takım avantajları vardır (93,97).

Cerrahi Teknik: Rutin genel anestezi işlemleri ve entübasyon sonrası A-P skopi görüntüsü alabilmek üzere ağız içine rulo sağ bezi yerleştirilerek ağızın açık kalması sağlanır. Ardından hasta radyolüsent bir masaya prone pozisyonunda yatırılır ve boyun hafif ekstansiyonda sabitlenir. C2 spinöz çıkıntısının 5cm lateral ve 4cm kaudale 1cm cilt insizyonu yapıldıktan sonra C2 lamina üzerine bir kılavuz tüp yerleştirilir. Bu kılavuz tüp içinden skopi ve navigasyon kontrolünde keskin uçlu bir K teli yerleştirilir ve el matkabı ile C2 isthmusu içinden omur cismi ön korteksine ulaşana dek gönderilir. Kanüllü bir yiv açıcı ile rehber tel üzerinden vida yolu açıldıktan sonra 3.5mm çaplı ve uygun boyda kanüllü kompresyon vidası rehber tel üzerinden yerleştirilir ve kompresyon etkisini artırmak için iyice sıkılır (Şekil 3a,b).

Magerl ve Seemann posterior atlantoaxial transartiküler vidalamayı tanımlamıştır.



Şekil 3

Hangman kırığının tedavisi için C2 pars vidasının seyri; a) Sagittal, b) Koronal planda şematize şekillerde izlenmekte.

d) Perkutan posterior atlantoaxial transartiküler vidalama

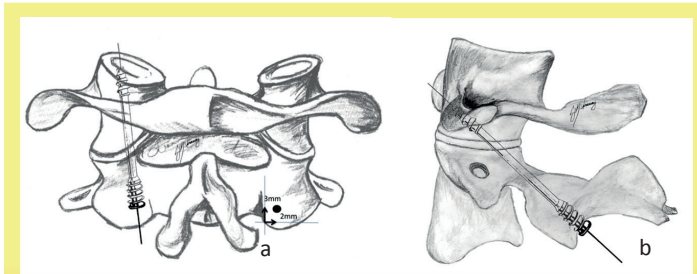
Atlantoaxial bileşke füzyonu için geçmişte kullanılmış olan, posterior telleme yöntemleri (Brooks ve Gallie gibi) biyomekanik olarak zayıftır ve füzyon oranları düşüktür. Yan kitle ve pedikül vidalaması gibi rotlu fiksasyon teknikleri biyomekanik olarak güçlü olmasına rağmen VA yaralanma oranları yüksektir ve ciddi doku hasarına neden olur. Transoral C1-C2 plak uygulamaları da biyomekanik olarak güçlüdür ancak artmış enfeksiyon riski, cerrahi alanın darlığı ve mukozal iyileşmenin gecikmesi gibi dezavantajları vardır (42,66). Magerl ve Seemann 1987'de posterior atlantoaxial transartiküler vidalama (PTV)'yi ta-

nımlamışlardır. Bu yöntem atlantoaxial subluksasyonda standart bir cerrahi teknik haline gelmiştir. Biyomekanik olarak güçlüdür ve %95-100 gibi yüksek füzyon oranlarına sahiptir (42,60,66,69,71,86,94). Ancak ileri torakal kifozu olan hastalarda bu teknik çok zor hatta imkansızdır. Solunum kapasitesi düşük hastalarda prone pozisyonu bu yöntemin dezavantajıdır. Ayrıca omurilik yaralanması, nörovasküler yaralanma, vida malpozisyonu ya da vida kırılması gibi komplikasyonlar bildirilmiştir (42,66). Neo ve ark. (60) atlantoaxial instabilitesi olan 43 hastayı açık yöntem PTV ile tedavi etmişler, işlem sırasında kullandıkları özel bir alet ile bu yöntemin güvenli olduğunu bildirmişlerdir.

Perkutan PTV McGuire ve Harkey tarafından tarif edilmiştir (69,94). ElSaghir ve ark. (23) 2005'de romatoid artritli atlantoaxial anstabiliteye sahip 57 hastada özel bir el aleti ve tornavida kullanarak perkutan PTV'yi güvenli yapmışlardır. Kaminski ve ark. (38) travmatik atlantoaxial anstabilite nedeniyle 47 hastaya perkutan PTV uygulamışlar, ameliyat süresi ve kanama miktarının az, komplikasyon oranlarının düşük olduğunu bildirmişler ve %100 füzyon saptamışlardır. Blauth ve ark. (8) açık ve perkutan PTV'yi karşılaştırmışlar ve füzyon oranlarında fark olmadığını bildirmişlerdir. Schmidt ve ark. (69) 17 hastayı içeren çalışmalarında perkutan teknikle açık tekniği karşılaştırmışlar, perkutan teknikte daha az kan kaybı ve daha kısa ameliyat süresi olduğunu bildirmişlerdir.

Perkutan tekniğin avantajı kısa ameliyat süresi ve azalmış kan kaybıdır (8,38,69,94). Bununla birlikte transartiküler vida fiksasyonu teknik olarak zor bir işlem olup VA yaralanma riski vardır (60,94).

Perkutan PTV'da vida giriş yolu C2 inferior fasetinin inferior medial köşesinin 3mm superior ve 2mm lateralinden başlar ve C2 isthmusundan geçer (20) (Şekil 4a,b).



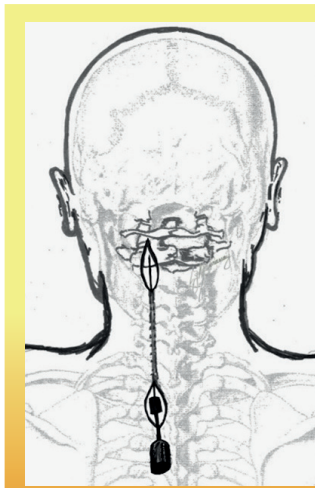
Şekil 4

Posterior transartiküler vidalama için vida giriş noktası ve seyri; a) Koronal, b) Sagittal planda şematize şekillerde izlenmekte.

PTV biyomekanik olarak güçlüdür ve %95-100 füzyon sağlar.

PTV'de vidanın kranial açısını verebilmek amacıyla üst torakale ek insizyon yapmak gerekir.

Cerrahi Teknik: Genel anestezi altındaki hasta prone pozisyonunda masaya yatırılır. Skopi kontrolü sonrası C1-C2 segmenti üzerinde vertikal cilt insizyonu yapılır. Ayrıca vidanın kranial açısını verebilmek için üst torakal bölgede trokarın geçebileceği bir cilt insizyonu daha yapılır. Torakar buradan yukarı doğru cilt altından bir tünel açılarak arzu edilen vida giriş noktasına doğru geçirilir (Şekil 5).



Şekil 5

Posterior transartiküler vidalama için hasta pozisyonu ve cilt kesisinin lokalizasyonu şematize şekilde izlenmekte.

Trokar içinden K teli geçirilir ve giriş noktasına yerleştirilir. Tercih edilen tekniğe göre açılı verilerek atlantoaxial eklemi çaprazlayıp C1 yan kitlesine yerleştirilir. Kanüllü yiv açıcı ile yuva hazırlandıktan sonra uygun boyda 3.5mm çaplı vida K teli üzerinden yerleştirilir.

2- Servikal Anterior Perkutan Girişimler

a) Perkutan anterior atlantoaxial transartiküler vidalama

Anterior transartiküler vidalama (ATV) tek bir cerrahi yaklaşım ile güçlü stabilizasyon sağlamak ve prone pozisyonundan kaçınabilmek gibi avantajlara sahiptir. Bu nedenle, atlantoaxial anstabilite tedavisinde alternatif bir yöntem olarak görünmektedir (2,66). Ayrıca doğal potansiyel boşluklardan yaklaşılması nedeniyle posterior kas diseksiyonundan daha az yumşak doku hasarı oluşturmaktadır (42,66,86). Potansiyel riski aşırı laterale gidilirse VA yaralanması, aşırı yukarı gidilirse oksipitoservikal füzyona neden olmasıdır (2). Bununla birlikte ATV'da VA yaralanma riski, PTV'dan daha azdır (94).

ATV'de vertebral arter yaralanması PTV'den daha azdır.

Barbour 1971'de ilk kez anterior C1-C2 transartiküler yaklaşımı tanımlamıştır. Ancak bu yaklaşım literatürde hak ettiği ilgiyi görmemiştir. Du Toit 1976'da odontoid kırığında bu tekniği modifiye ederek kullanmış iyi sonuç elde etmiştir. Lesoin 1987'de bu yaklaşımı tekrar modifiye ederek faydalı sonuç elde etmişlerdir (42). Lu ve Ebraheim, (50) Lesoin'in tarif ettiği vida giriş yerini 15 kadavra üzerinde skopi kontrolünde uygulamışlar, nörovasküler yaralanma olmaması için vida yönünü koronal planda 5-25 derece lateral, sagittal planda 10-25 derece posterior açı ile kraniale doğru olarak belirlemişlerdir. Apostolides ve ark. (6) anstabil atlas-aksis kırıklı 85 yaşında bir olguda bilateral ATV ile birlikte odontoid vidası kullanarak üçlü anterior vida tekniğini tarif etmişlerdir. Vaccaro ve ark. (83) nonunionlu tip 2-odontoid kırığında Barbour'un tarif ettiği metotla C1-C2 anterior transartiküler vidalama yaparak füzyon elde etmişlerdir. Reindl ve ark. (66) anstabil odontoid kırığı ile birlikte atlantoaxial dislokasyonu olan bir olguda üçlü anterior vida fiksasyonunu başarıyla uygulamışlardır. Sonraları Agrillo ve ark. (2) kombine atlas ve axis kırıklı 92 yaşında bir hastada transodontoid vidalama ile birlikte bilateral ATV'yı kullanmışlar (üçlü anterior vidalama), bu tekniğin kolay ve güvenli bir teknik olduğunu bildirmişlerdir.

ATV ve PTV arasında biomekanik olarak fark yoktur.

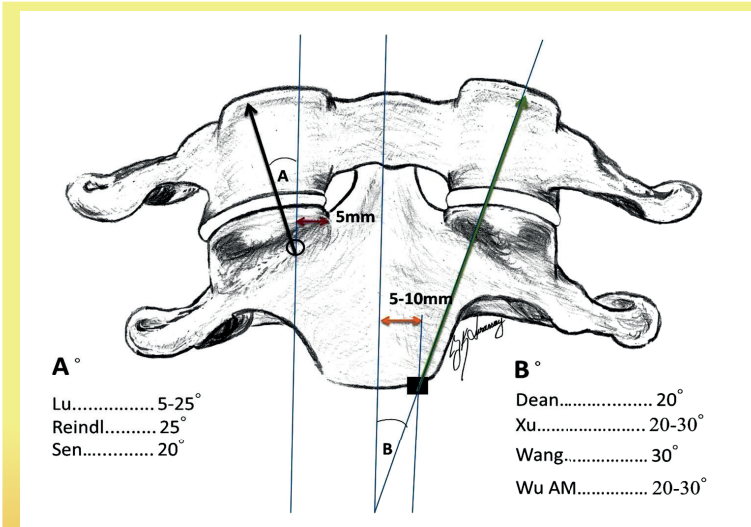
Kim ve ark. ATV ve PTV arasında biyomekanik açıdan belirgin bir fark olmadığını göstermişlerdir (42). Sen ve ark. Da (71) benzer biyomekanik sonuçlar elde etmişlerdir. Koller ve ark. (42) sağlıklı 42 erişkinin BT'leri üzerinde yaptıkları morfometrik çalışmalarında ATV fiksasyonunun teknik özelliklerini tanımlamışlar, Xu ve ark. (94) altmış hastanın üç boyutlu BT'lerinde 120 perkutan ATV ve PTV için vida yolu ölçümü yapmışlar ve VA yaralanma risklerini hesaplamışlardır. Perkutan ATV'da VA yaralanma riskinin perkutan PTV'dan daha az olduğunu göstermişlerdir.

Dean ve ark. (18) tip 2 odontoid kırığıyla kombine atlas kırıklı bir hastada üçlü anterior vida fiksasyonunu minimal invaziv olarak başarıyla uygulamışlar ve bu yöntemin güvenli olduğunu vurgulamışlardır. Wu AM ve ark. (92) kombine C1-C2 kırıklı 7 hastaya 2012 yılında perkutan anterior odontoid vidası ile birlikte perkutan bilateral ATV yapmışlar, VA ya da sinir yaralanması ile karşılaşmamışlar ve tüm hastalarda füzyon elde etmişlerdir. Wang ve ark. (86) travmatik atlantoaxial anstabiliteye sahip 7 hastada minimal invaziv endoskopik yardımcı ATV uygulamışlar, peroperatuar önemli bir komplikasyonla karşılaşmamışlar ve tüm hastalarda füzyon elde etmişlerdir.

Perkutan yöntemde daha az yumşak doku diseksiyonu, daha az kan kaybı, daha az postoperatif ağrı ve daha düşük efeksiyon riski olduğu bildirilmektedir (86,92).

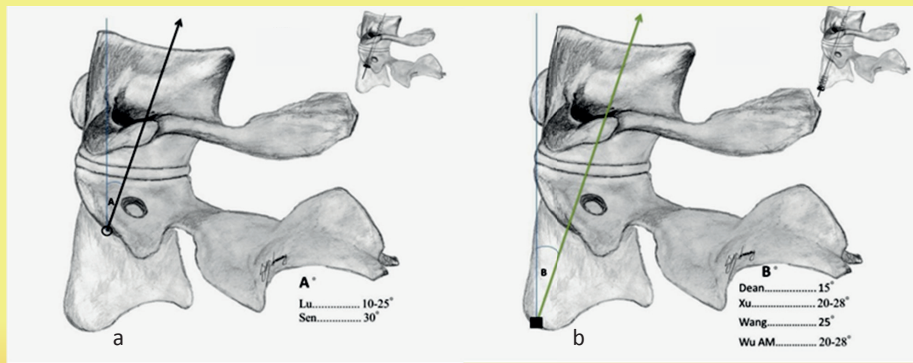
ATV'da önerilen vida giriş yeri A-P görüntülerde C2 omur cisminin alt kenarının orta noktasından 5-10mm lateraldir (42,86,92,94). Lu, (50) Reindl (66) ve Sen (71) ise vida giriş yeri olarak odontoid tabanından 5mm lateralde atlantoaxial eklem medyalini tarif etmişlerdir. Vida yolu koronal planda Xu (94) ve Wu AM'a (92) göre 20-30, Dean'a (18) göre 20, Lu'ya (50) göre 5-25, Sen'e (71) göre 20, Reindl'e (66) göre 25, Wang'a (86) göre 30 derece lateral açı ile kraniale doğru seyredir (Şekil 6).

Sagittal planda ise vida yolu C1-2 eklemine ortasından geçer. Lu'ya (50) göre 10-25, Sen'e (71) göre 30, Dean'a (18) göre 15, Wang'a (86) göre 25, Xu (94) ve Wu AM'a (92) göre 20-28 derece posteriora doğrudur (Şekil 7a,b, Şekil 8).



Şekil 6

Anterior transartiküler vidalama için vida giriş yeri ve seyri koronal planda şematize şekilde izlenmektedir.



Şekil 7

Anterior transartiküler vidalama için vida giriş yeri ve seyri sagittal planda şematize şekilde izlenmektedir.

ATV için giriş yerine göre değişik açılar tanımlanmıştır.



Şekil 8

Anterior transartiküler vidalama yapılmış bir hastanın direkt grafileri görülmekte (Yusuf Kurtuluş Duransoy'un arşivinden).

b) Perkutan anterior transodontoid vidalama

Odontoid kırıkları bütün servikal omurga kırıklarının %9-15'ini oluşturmaktadır (85). Anderson ve D'Alonzo odontoid kırıklarını üç tipe ayırmışlardır. Tip II kırıklar ve tip III

kırıkların bir kısmı anstabil olup ideal tedavi yöntemi transodontoid vidalamadır (21). Ancak transodontoid vidalama odontoid kırığının direk osteosentez ile tedavisini sağlayan bir yöntem olup %85-100 gibi yüksek füzyon oranları bildirilmekte ve aynı zamanda atlantoaxial rotasyon hareketini bozmamaktadır (13,21,85).

İlk olarak 1982'de Böhler (10) tarafından tarif edilen transodontoid vidalama tekniği minimal invaziv uygulamalara öncülük etmiştir. Daha sonraları bu işlemi kolaylaştırmaya yönelik bir takım cihazlar kullanılmaya başlanmıştır (5,13,20,21,33,41,74,85). Dickman (20) 1995'te kanüllü vidaları K teli ile birlikte kullanmış, Apfelbaum (5) odontoid vidalamayı rehber bir tüp sistemi içinden uygulamış, Hashizume (33) ise 2003 yılında endoskopik olarak odontoid vidalamayı bildirmiştir. Duransoy ve ark. (21) klasik anterior retrofaringeal girişim ile transodontoid vidalamada K telini yeni bir rehber bir kanül aracılığı ile minimal invaziv olarak yerleştirdikleri olgu serilerini sunmuşlardır (Şekil 9).

Transodontoid vidalama odontoid kırıklarında %85-100 oranında füzyon sağlamaktadır.



Şekil 9

Duransoy ve ark. tarafından kullanılan rehber kanül (Yusuf Kurtuluş Duransoy'un arşivinden).

C4-5 seviyesinde sağ sternokleidomastoid medialinden 1cm vertikal cilt insizyonu yapılır.

Perkutan odontoid vidalamayı ilk kez Kazan ve ark. (41) kadavra örneklerinde tarif etmişlerdir. Daha sonra Chi, Sucu, Wang gibi diğer yazarlar perkutan klinik uygulamaları bildirmişlerdir (13,74,85). Chi ve ark. (13) perkutan teknikle 10 hastaya transodontoid vidalama yapmışlar ve perkutan yöntemin güvenli olduğunu, kan kaybının ve postoperatif ağrının çok az olduğunu bildirmişlerdir. Wang ve ark. (85) odontoid vidalama için perkutan ve açık yöntemi karşılaştırdıkları bir çalışmada operasyon zamanı ve kan kaybının perkutan grupta daha az olduğunu belirtmişlerdir. Aynı yazarlar perkutan yöntemde öğrenme zamanının uzun olduğunu radyasyona maruz kalma açısından ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığını bildirmişlerdir. Sucu ve ark. (74) da teleskopik tüp sistemi ile perkutan transodontoid vidalama yaptıkları 5 olgulu serilerini yayınlamışlar, bu yöntemin güvenli ve etkili olduğunu bildirmişlerdir.

Anterior Transartiküler ve Transodontoid Vidalamada Cerrahi Teknik

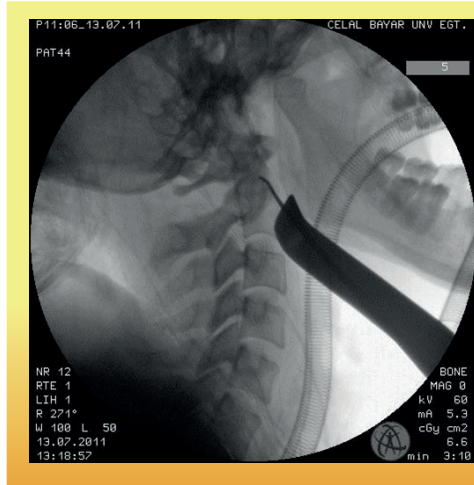
Hasta genel anestezi altında, supine pozisyonunda baş hafif ekstansiyonda radyolüsent bir masaya yatırılır. Ağız içine rulo sargı bezi yerleştirilerek ağız açık bırakılır ve skopi 2 yönlü çekim yapmak üzere uygun şekilde yerleştirilir. C4-5 seviyesinde sağ sternokleidomastoid adale medialinden 1cm vertikal cilt insizyonu yapılır. Buradan uzun bir lomber ponksiyon iğnesi ile 25-30cc %0,9'luk NaCl karotid kılıf ve trakeo-özofageal kompleks arasına verilir. Bu işlem karotid kılıf ve trakeo-özofageal kompleks arasındaki nörovasküler bantları gevşetecektir. Platisma ve SCM fasyası bir klemp ile künt olarak ayrılır. Künt uçlu rehber tüp karotid arter kılıfının mediali ile trakea ve özofagusun laterali arasındaki doğal doku planları arasından künt diseksiyonla vertebra cisimlerinin ön yüzüne ilerletilir. Rehber tüp omur cisimleri ön kenarı boyunca yukarı ilerletilir ve C2 omur cismi ön-alt kenarına ulaşılır. Bu aşamada transodontoid vidalama yapılacaktır; rehber tüp içinden keskin uçlu K teli C2 omur ön-alt kenarın ortasından odontoid çıkıntının arka üst ucuna doğru, kırık hattını çaprazlayacak şekilde, bir el matkabı ile ilerletir. Kanüllü bir yiv açıcı ile vida yuvası açıldıktan sonra uygun boyda 3.5mm çaplı kanüllü kompresyon vidası K teli üzerinden gönderilir (Şekil 10A,B).



Şekil 10

a) Odontoid vidalama için K telinin yönelimini gösteren peroperatuar skopi görüntüleri izlenmekte (Yusuf Kurtuluş Duransoy'un arşivinden). b) Odontoid vidalama uygulanmış bir hastanın düz grafilere izlenmekte (Yusuf Kurtuluş Duransoy'un arşivinden).

Transartiküler vidalama yapılacaksa, önce çalışma kanülü atlantoaxial eklem önüne kaydırılır ve elektrokoter ile eklem yüzeyi önündeki yumşak dokular temizlenip açılı bir küret ile eklem aralığı dekortike edilir İlik kıyidan alınan spongios kemik greft bu aralığa ve eklem ön yüzüne yerleştirilir (Şekil 11).



Şekil 11

Açılı bir küret ile C1-C2 eklem aralığının dekortike edilişi peroperatuar skopi görüntüsünde izlenmekte (Yusuf Kurtuluş Duransoy'un arşivinden).

Açılı bir küret ile C1-C2 eklem aralığı dekortike edilir.

Sol transartiküler vidalama için skopi kontrolü altında rehber tüp tercih edilen tekniğe göre uygun giriş noktasına yerleştirilir. Rehber tüp içinden K teli tercih edilen tekniğe göre sagittal ve koronal açılar verilerek C1 yan kitlesinin merkezine doğru el matkabı ile ilerletilir. Ardından rehber tüpün dışından daha geniş bir çalışma kanülü yerleştirilir ve rehber tüp çıkarılır. K teli üzerinden kanüllü bir yiv açıcı ile vida yolu açıldıktan sonra 3.5mm çapında uygun boyda kompresyon vidası K teli üzerinden gönderilir. Vidanın uygun yerleşimi kontrol edildikten sonra K teli çıkartılır. Aynı işlem sol taraftan yapılacak bir kesi ile sağ atlantoaxial ekleme de uygulanır (Şekil 12).

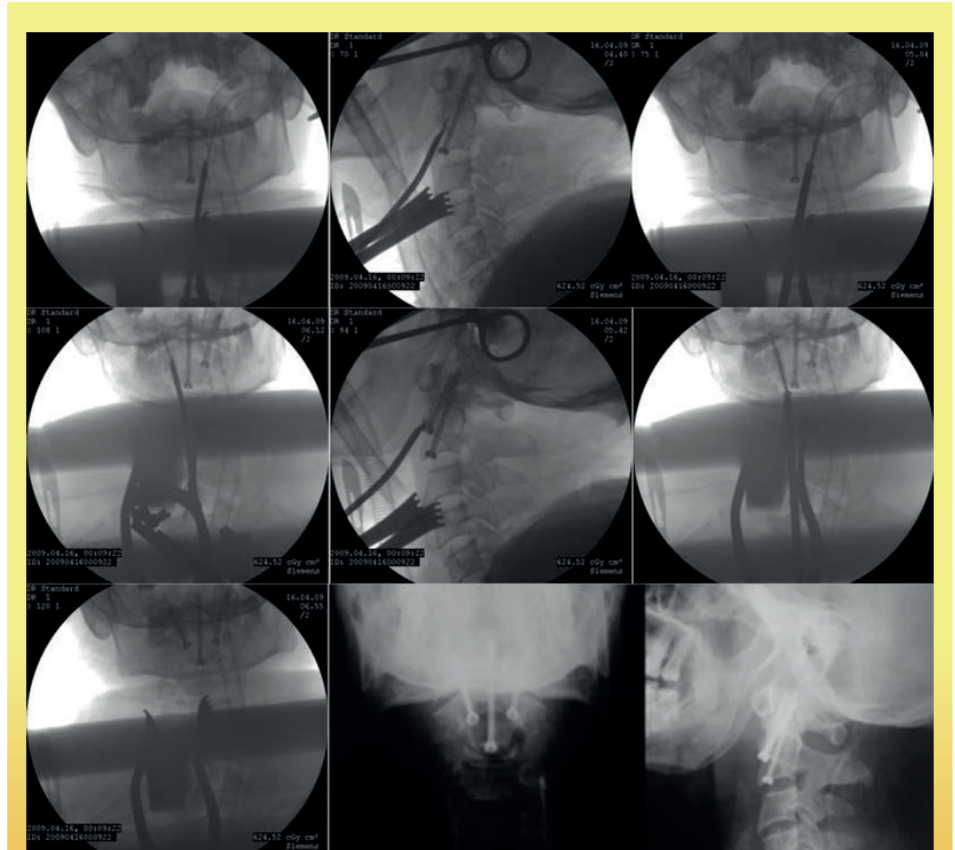
Perkutan Torakolomber Girişimler

Dejeneratif omurga hastalıkları, travma, tümör, spondilolistezis, ve deformite gibi omurga patolojilerinin tedavisinde füzyon ve stabilizasyon yaygın olarak kullanılan işlemlerdir (14,45,59,61,72,78). Lomber intervertebral füzyon yaygın olarak kabul görmüş bir yöntem olup, ilk olarak 1930'da Capener tarafından tanımlanmıştır. Cloward 1953'de anterior lomber intervertebral füzyonu (ALIF) ve posterior lomber intervertebral füzyonu

(PLIF) spondilolistezis tedavisinde kullanmıştır (4,84). ALIF'un avantajları paraspinal kas hasarı oluşturmaması, posterior omurga elemanlarını koruması ve nöral yaralanma riskini azaltmasıdır. Harms ve ark.'nın 1998'de tanımladıkları transforaminal lomber intervertebral füzyon (TLIF) da iyi bilinen bir tekniktir (14,72,84). Bu teknikte anterior abdominal yapılar, damarlar, sempatik sinirler, peritoneal ve retroperitoneal yapıların yaralanma riski yoktur (14). Pimenta ve ark. ise 2001'de hem abdominal yapılardan sakınan hem de posterior osteoligamentöz yapıları koruyan uzak lateral intervertebral füzyonu tanımlamışlardır. Bu tekniğin diğerlerine göre avantajı normal omurga anatomisini koruması, nöral yaralanma riskinin daha az olmasıdır (84). Ancak birçok biyomekanik çalışma intervertebral lomber füzyonların özellikle ekstansiyon ve aksiyel rotasyonda tek başına solid fiksasyonu sağlamadığını göstermiştir. Tek başına intervertebral füzyon işlemini takiben yüksek oranda psödoartroz görülmektedir. Bu nedenle füzyon oranlarını iyileştirmek için ek posterior stabilizasyon ihtiyacı vardır (4,44). Stabilizasyon için ise pediküler vida kullanımı iyi bilinen bir uygulama olup birçok omurga hastalığında etkili olduğu bilinmektedir (4,14,45,59,61,72,78). Ancak pedikül vidalama tekniğinde vida giriş noktalarına ulaşabilmek ve vidalara uygun açıyı verebilmek için, ciddi bir kas diseksiyonu ve sonuç olarak kas ve faset eklem denervasyonuna bağlı uzamış postoperatif ağrı vardır. Ayrıca uzun ameliyat süresi, belirgin kan kaybı ve artmış enfeksiyon riski ile birliktedir. Hastanede kalış ve iyileşme süresi de uzundur (36,45,59,61,96). Bu nedenlerle daha az invaziv ama aynı derecede etkinliğe sahip olan perkutan pediküler vidalama (PPV) ve perkutan transfaset vidalama (PTFV) kullanılmaya başlanmıştır.

Uzak lateral intervertebral füzyonun avantajı normal omurga anatomisini koruması, nöral yaralanma riskinin daha az olmasıdır.

Tek başına intervertebral füzyon işlemi takiben yüksek oranda psödoartroz görülmektedir. Ek posterior stabilizasyon ihtiyacı vardır.



Şekil 12

Üçlü anterior vidalama yapılmış bir hastanın peroperatuar skopi ve postoperatuar düz grafi görüntüleri izlenmekte (Yusuf Kurtuluş Duransoy'un arşivinden).

Foley ve ark. tarafından 2003'de minimal invaziv TLIF (MisTLIF) tanımlanmıştır. MisTLIF kas hasarını, kan kaybını, postoperatif ağrıyı, hastanede kalış süresini, postoperatif narkotik kullanımını azaltır ve erken mobilizasyona izin verir. Minimal invaziv yaklaşımlar arasında ALIF ve axial lomber intervertebral füzyon (AxiaLIF) da lomber füzyon için etkili bir alternatif teknik olarak yerini almıştır. Bu minimal invaziv intervertebral füzyonların yaygınlaşmasıyla birlikte PPV veya PTFV bu yöntemlere ek olarak yaygın kullanılmaya başlanmıştır (72).

Perkutan torakolomber pediküler vidalama

Perkutan pediküler vidalama (PPV) teknikleri giderek daha popüler olmakta ve endikasyonları genişlemektedir (9,43,45,29,78,96). PPV uygulamasının, geleneksel pedikül vida yerleştirme tekniklerine göre bir takım avantajları vardır. Paravertebral kas hasarı, kan kaybı, postoperatif analjezik kullanımı, operasyon zamanı ve hastanede kalma süresi daha azdır (9,12,14,28,29,36,44,45,59,96).

Ancak perkutan sistemin kısıtlı bir görüş alanı vardır ve klasik sisteme nazaran vida yerleştirmek daha zordur. Bu nedenle kanüllü vida sistemi geliştirilmiştir. Ayrıca günümüzde görüntülü navigasyon sistemleri de vida yerleştirmeyi kolaylaştırmaktadır (36,61). Yine de ameliyat öncesi tüm vidalar için hassas bir planlama yapılmalıdır (45).

Oh ve ark. (61) 237 hastalık spondilolistezis serilerinde 126 hastaya 558 pedikül vidasını klasik yöntemle, 111 hastaya 498 pedikül vidasını ise perkutan olarak uygulamışlar, pedikül penetrasyonları ve bu penetrasyonların şiddeti açısından belirgin bir istatistiksel fark bulmamışlardır. Lowery ve Kulkarni skopi yardımı ile PPV yaptıkları 80 hastadan 10'unda (%12,5) vidaların revizyon gerektiren yanlış yerleşime sahip olduğunu belirlemişlerdir. Diğer taraftan Wiesner ve ark. L2,S1 segmentler arasında perkutan teknikle yerleştirdikleri 408 pedikül vidasının yanlış yerleşim oranını %6,6 olarak bildirmişlerdir (45). Lee SH ve ark. (44). PPV yaptıkları düşük dereceli isthmik spondilolistezisli 73 hastalık serilerinde vida yanlış yerleşim oranını %4,1 olarak bildirilmişlerdir.

PPV'de vida malpozisyon oranı literatürde %4,1-12,5'dir.

PPV'nın bir dezavantajı da uzun öğrenme süresidir.9,96 Vida malpozisyon oranı literatürde %4,1-12,5 rapor edilmesine rağmen, bu cerrahi işlemin teknik olarak zor olduğu akılda tutulmalı ve sadece deneyimli omurga cerrahları tarafından yapılmalıdır (45). Mobbs ve ark. (59) PPV ile yerleştirdikleri 700 vidadan sadece 2'sinde yanlış yerleşim olduğunu bildirmişlerdir. Ancak vidaların hepsi tecrübeli tek bir cerrah tarafından yerleştirilmiştir.

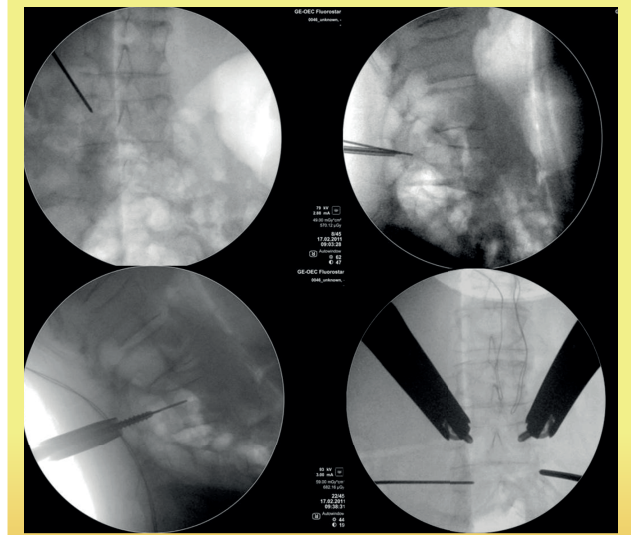
Perkutan yöntemde skopi kontrolü daha çok gerekecektir ve bu nedenle daha fazla radyasyon etkilenmesi vardır (12,45,59,61). Bununla birlikte Grass ve ark. hem cerrahi ve radyasyon süreleri açısından hem de vida yerleştirme doğruluğu açısından perkutan yöntemle klasik yöntem arasında fark olmadığını saptamışlardır (45). Lehmann ve ark. (45) ise koyunlarda yaptıkları bir çalışmada perkutan grupta daha uzun radyasyon süresi saptadıklarını, her iki grup arasında cerrahi sürede fark olmadığını ama kan kaybının perkutan grupta daha az olduğunu bildirmişlerdir.

PPV açık nöral dekompresyon gerekmeden, anstabil kırıklarda uygun bir yöntemdir.

PPV torakolomber travmalarda da popüler olarak kullanılmakta olup seçilmiş hastalarda kısa segment fiksasyon sonuçları oldukça iyidir (9,29,36,43,78). Açık nöral dekompresyon gerekmeyen, anstabil kırıklarda uygun bir yöntemdir (29). Lee JK ve ark. (43) torakolomber patlama kırıklı 59 hastanın 32'sine perkutan 27'sine açık teknikle kısa segment pediküler vidalama yaptıkları retrospektif bir çalışmada perkutan grupta daha kısa ameliyat süresi, daha az kan kaybı ve daha kısa sürede ağrı kontrolü elde ettiklerini, her iki grupta da postoperatif dönemde kifoza engellediklerini bildirmişlerdir. Takami ve ark. (78) torakolomber patlama kırığına sahip, hafif nörolojik defisitli ya da defitsiz 21 hastayı içeren bir çalışmada; kırık vertebra korpusu içine hidroksiapatit blokları yerleştirmişler, bir üst ve bir alt vertebralara kısa segment PPV uygulamışlar ve 5 ay sonra vidaları geri çıkarmışlardır. Bu hastalarda omurga açılanmasını iyi bir şekilde önlediklerini, komşu segment hasarını engellediklerini, kısa süre içinde mobilizasyon sağladıklarını belirtmişler ve özellikle genç hastalarda bu yöntemin iyi bir seçim olduğunu bildirmişlerdir. Wang J ve ark. (87) anstabil patlama kırıklı 26 hastada füzyonsuz PPV ile kısa segment fiksasyon uygulamışlar ve 9-12 ay içinde vidaları çıkartmışlar, takipte komşu segment disk degenerasyonu gelişmediğini bildirmişlerdir. Yang ve ark. (96) torakolomber patlama kırıklı 21 hastayı içeren retrospektif çalışmalarında PPV tekniğinin güvenli ve etkili bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmalar PPV'nın açık teknik karşısında iyi bir alternatif olduğunu göstermektedir. Ancak füzyonsuz yapılan bu girişimlerde kırık iyileştikten sonra vidalar geri çıkartılmalıdır (96).

Cerrahi teknik: Pedikül laterale 1-1,5cm vertikal cilt kesisi yapılır. Buradan yerleştirilen 14 Gauch (G) bir iğnenin ucu skopide oval görünen pedikül tabanının superolateral kenarı hedeflenerek ilerletilir. Ardından iğne içinden 20cm boyda bir K teli iki yönlü skopi

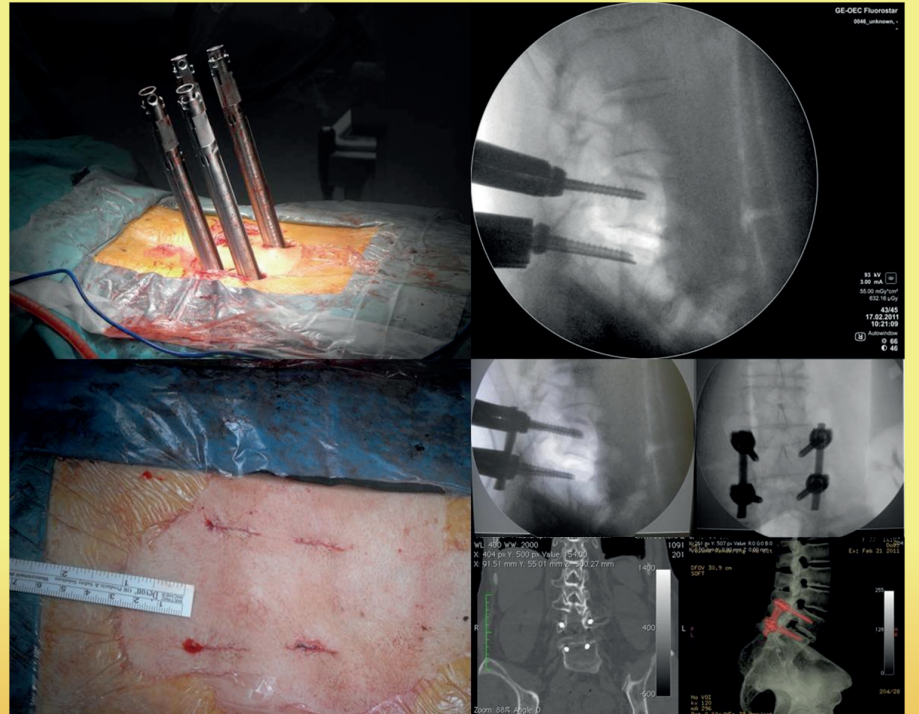
kontrolü ile pedikülden korpusa doğru yerleştirilir. İğne çıkarıldıktan sonra K teli üzerinden kanüllü yiv açıcı ile vida yuvası açıldıktan sonra kanüllü pedikül vidası pedikülden korpus içine yerleştirilir. Eğer kanüllü vida kullanılmayacaksa uygun kanüllü yiv açıcı ile vida yuvası açıldıktan sonra K teli çıkartılarak kanülsüz pedikül vidası gönderilebilir. Aynı şekilde diğer omur pedikülüne de vida yerleştirildikten sonra uygun rot yerleştirici sistem ile rot her iki vida başına yerleştirilir ve skopi ile doğru yerleşim kontrol edildikten sonra sistem sıkılaştırılır (44,61) (Şekil 13,14).



Şekil 13

Lomber perkutan pedikül vidalaması sırasında peroperatuar skopi görüntüleri izlenmekte (Erkan Kaptanoğlu'nun arşivinden izniyle).

Pedikül laterale 1-1,5cm vertikal cilt kesisi yapılır. Buradan yerleştirilen 14 Gauch (G) bir iğnenin ucu pedikül tabanının superolateral kenarı hedeflenerek ilerletilir.



Şekil 14

Lomber perkutan pedikül vidalaması yapılan bir hastanın peroperatuar ve postoperatuar görüntüleri izlenmekte (Erkan Kaptanoğlu'nun arşivinden izniyle).

Perkutan lomber transfacet vidalama

Transfacet vida fiksasyonu erişkinde ALIF sonrası ya da anterior psödoartroz durumlarında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (4). Transfacet açık vida tekniği Boucher (11) tarafından 1959'da tanımlanmıştır. Ayrıca 1984'de Magerl açık translaminer facet vidalama tekniğini tanımlamıştır (4,24,84). Bu tekniğin bir diğer özelliği de vidaların düşük profile sahip olmasıdır. Ayrıca vidalar kompresyon özelliğinde olup facet eklemi komprese ederek teorik olarak facet artrodezi yapma potansiyeline sahiptir (84). Biyomekanik çalışmalarda transfacet vidalama tekniğinin pedikül vidaları ile benzer derecede omurga stabilizasyonu sağladığı gösterilmiştir (4,24,84). Klinik çalışmalarda ise %90 üzerinde füzyon elde edildiği bildirilmiştir (4,84). Transfacet pedikül vidalamasının biyomekanik olarak fleksiyon-ekstansiyon yüklenmelerine karşı direnci rotlu pedikül vidaları kadar güçlüdür (24).

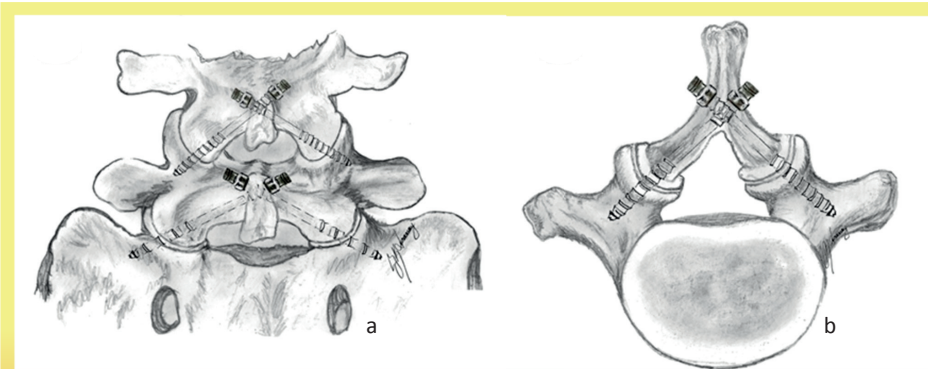
Perkutan tekniğin lokal anestezi altında yapılabilmesi, ameliyat süresinin kısa olması ve kas hasarı oluşturmaması gibi avantajları vardır. Ayrıca daha az kan kaybı ve daha az postoperatif ağrıya neden olur. BT veya skopi rehberli PTFV hızlı, güvenli ve etkili bir yöntemdir (4,84).

Jang ve Lee (35) ALIF ve PTFV uyguladıkları 44 hasta ile ALIF ve PPV yaptıkları 40 hastayı karşılaştırdıkları retrospektif bir çalışmada füzyon oranları açısından iki grup arasında fark saptamadıklarını bildirmişlerdir. Amoretti ve ark. (4) 2005 yılında, ALIF işlemi yapılmış 79 hastaya ve anterior pseudoartrozlu 28 hastaya PTFV yapmışlar yüksek füzyon oranları bildirmişlerdir.

Biyomekanik çalışmalarda transfacet vidalama tekniğinin pedikül vidaları ile benzer derecede omurga stabilizasyonu sağladığı gösterilmiştir.

Cerrahi teknik: Hasta prone pozisyonunda masaya yerleştirilir. Lomber lordozu azaltarak fasetlere girişi kolaylaştırmak üzere batına bir yastık yerleştirilir. Amorotti'ye göre vida yönleri faset eklemine dik olmalı, vida yolu faset eklem ortasından geçmelidir (4). İşlem BT eşliğinde yapılıyorsa BT'de bu açı ile giriş için cilt giriş noktası, açısı ve orta hattan olan uzaklığı işaretlenir. Cilt altına lokal anestezi verilir. BT'de belirlenen açı ile 20G çap ve 20cm boyda Chiba iğnesi ile girilir. Bu iğne 13G çaplı ve 10 cm boyundaki trokarı yerleştirmek için kılavuz olarak kullanılır. Translaminer facet vidalama için trokar üst omurun spinöz çıkıntısının karşı tarafına laminospinoz bileşkeye yerleştirilir. Karşı lamina içine bir delik açılır. Trokar buradan faset eklemi merkezinden çaprazlayarak geçirilip alt omurun transvers çıkıntısının tabanında sonlandırılır. Aynı işlem karşı tarafa da uygulanır ancak vidaların birbiriyle çakışmaması için biraz daha farklı bir açı verilmelidir (4) (Şekil 15a,b).

Vida yönleri faset eklemine dik olmalı, vida yolu faset eklem ortasından geçmelidir.



Şekil 15

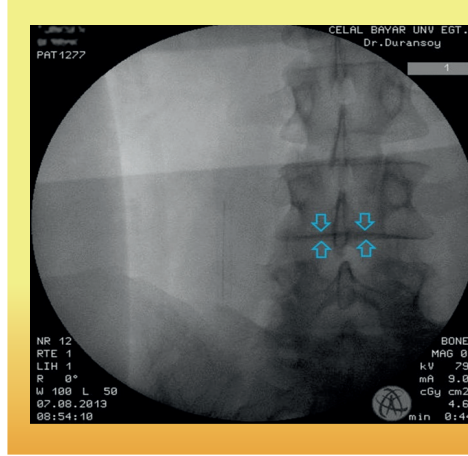
Lomber laminar transfacet vidalama uygulamasının a) Koronal, b) Axial planda şematize şekilleri izlenmekte.

Transfacet pediküler vidalama için trokar üst vertebranın pars interartikularisi ile inferior artiküler çıkıntı arasındaki geçiş bölgesine yerleştirilir ve faset eklem merkezini çaprazlayarak alt omurun aynı taraf pedikülüne gönderilir. K teli üzerinden 3.5mm çapında kanüllü vida yerleştirildikten sonra kişner teli ve trokar çıkartılır. Aynı işlem karşı tarafa da uygulanır (4).

Transfaset vidalama prone pozisyonunda yapılabildiği gibi ayrıca Voyadzis ve ark. (84)'nin tanımladığı gibi; lateral intervertebral füzyon uygulanan hastalarda aynı seansta lateral pozisyonunda da uygulanabilmektedir.

Lateral ve uzak lateral intervertebral füzyon uygulaması yanyatar pozisyonunda uygulanır. Masaya fleksiyon verilerek giriş yeri ekspozuru genişletilir. A-P ve lateral skopi görüntüleri elde edilir. Uygun teknik ile intervertebral füzyon yerleştirilmesini takiben masanın fleksiyonu düzeltilerek aynı pozisyonunda transfaset vidalama yapılabilir. Bunun için arzu edilen disk seviyesinin iki üstündeki spinoz çıkıntı üzerinde 1,5cm vertikal cilt insizyonu yapılır. A-P skopi görüntüsünde üst omurun alt sonplağı tek bir çizgi halinde görülecek şekilde ayarlanır (Şekil 16).

Giriş noktası pediküllerin medial kenarlarını birleştiren vertikal çizgi ile üst omurun alt son plağından geçen çizginin birleştiği yerdir.

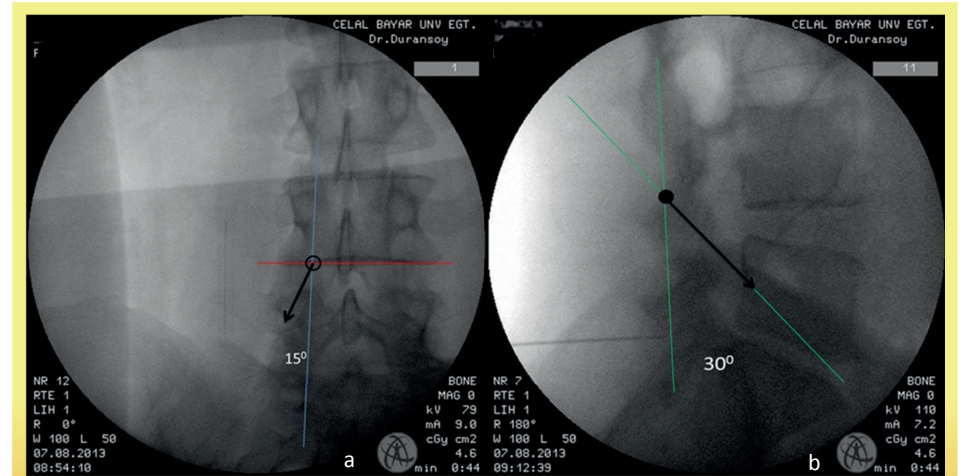


Şekil 16

Lomber transfaset vidalama uygulamasında kullanılan A-P skopi görüntüsü izlenmekte.

Bu görüntüde giriş noktası pediküllerin medial kenarlarını birleştiren vertikal çizgi ile üst omurun alt sonplağından geçen çizginin birleştiği yerdir. Lateral skopi görüntüsünde Jamshidi iğnesinin yönü pedikülün geçiş noktasına, A-P görüntüde ise pedikülün infero-lateral köşesine doğru olacak şekilde belirlenir. Bu da iğnenin sagittal planda 30 derece ön ve koronal planda 15 derece lateral açı ile kaudale doğru yönlendirilmesi ile gerçekleştirilir (Şekil 17a, b).

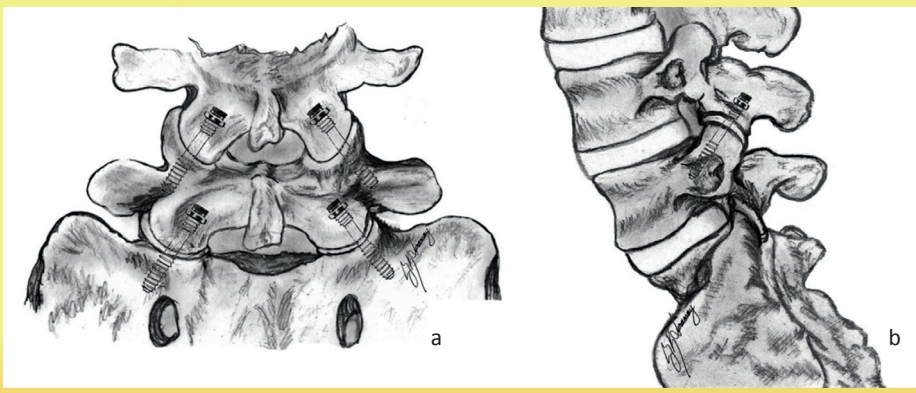
Lateral skopi görüntüsünde Jamshidi iğnesinin yönü pedikülün geçiş noktasına, A-P görüntüde ise pedikülün inferolateral köşesine doğru olacak şekilde belirlenir.



Şekil 17

Lomber transfaset vida giriş noktası ve seyri **a)** A-P, **b)** Lateral skopi görüntüleri üzerinde işaretlenmiştir.

Jamshidi iğnesi bir çekiç ile bu konumda sabitlenir. İç stile çıkartılır ve K teli el matkabı yardımıyla iğne içinde ilerletilir. İğne çıkartıldıktan sonra, giderek genişleyen dilatörler K teli üzerinden yerleştirilir. En dıştaki tüp bırakılarak diğerleri çıkartılır. K teli üzerinden kanüllü yiv açıcı ile vida yolu açılıp kanüllü kompresyon vidası yerleştirilir. Skopi kontrolü sonrası K teli çıkartılır ve aynı insizyondan işlem karşı tarafa da uygulanır (84) (Şekil 18A, B).



Şekil 18

Lomber transfacet vidalama uygulamasının; a) Koronal b) Sagittal planlarda şematize şekilleri izlenmekte

Lomber interspinöz cihazlar

Lomber dar kanal, kronik ağrı ve sakatlığın önemli bir nedenidir. Lomber dar kanal, omurilik kanalının ligamentum flavum ve faset eklemlerinde dejenerasyonu, disk herniasyonu, osteartroz, spondilolistezis gibi nedenlerle dejeneratif daralmasıdır ve ileri yaşlarda sık karşılaşılmaktadır. Lomber dar kanalda hastalar aksiyel yüklenme, ayakta durma ve yürümekle şiddetlenen, ancak oturmakla ve öne eğilmekle azalan bel, kalça ve bacak ağrısından yakınırlar (39,46,53).

İlaç tedavileri (analjezik ve steroid enjeksiyonları gibi) ve fizik tedavi genellikle kullanılan konservatif tedavi yöntemleri olup bu yöntemlerden fayda görmeyen hastalarda klasik cerrahi yöntem laminektomidir. Laminektomi ciddi kas diseksiyonu ve retraksiyonuna neden olmaktadır. Ayrıca dural yırtık, epidural hematoma, sinir kökü yaralanması ve önemli kan kaybı gibi riskleri vardır (46,53).

Perkutan lomber interspinöz cihaz uygulaması, açık cerrahi laminektomi ve daha az invaziv laminotomi işlemlerine bir alternatiftir. Bu cihazların değişik firmalar tarafından üretilmiş farklı türleri vardır.

Bu cihazlar omurga segmentinin nötral ya da hafifçe fleksiyonda kalmasını sağlayarak ağrıyı azaltmak üzere tasarlanmışlardır. Genellikle interspinöz distraksiyon ile omurga segmentinde ekstansiyonu kısıtlamakta, ancak bu segmentte fleksiyona, aksiyel rotasyona ve lateral eğilmeye izin vermektedir. Böylece dinamik dekompresyon elde edilmektedir. Klasik yöntemlere göre işlem süresi daha kısa olup daha az invazivdir ve komplikasyonları daha azdır. Ayrıca genel anestezi gerekmediği için hastalar aynı gün taburcu olabilir (39,46,53).

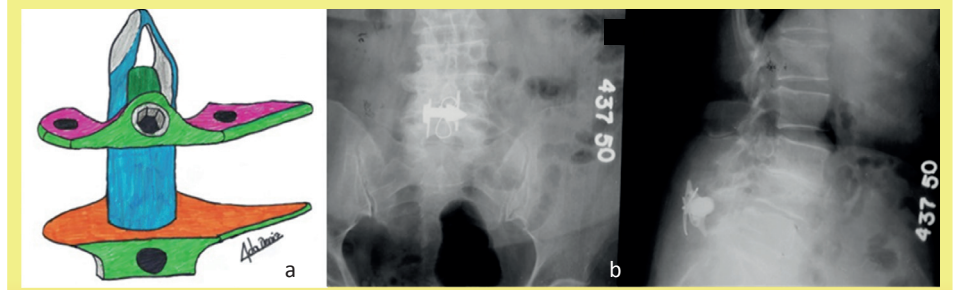
Zucherman ve ark., yaptıkları çok merkezli çalışmalarında, ortalama 1 yıl takip ettikleri hastaların %75'inde yakınma ve nörolojik bozukluklarda düzelme saptamışlardır. Benzer memnuniyet oranları Lee J ve ark. tarafından da bildirilmiştir. Siddiqui ve ark. semptomlarda düzelme oranını %54, hastaların memnuniyet oranını %71 olarak bildirmişlerdir. Aynı şekilde, Kuchta ve ark. 2 yıl boyunca devam eden ağrı skorlarında (VAS ve ODI) düzelme bildirmişlerdir (53). Masala ve ark. (53) ise 6 ay devam eden ağrı ve sakatlık düzelmesini göstermişlerdir. Kantelhardt ve ark. (39) 1 yıl takip sonunda nörojenik kladikasyon ve radiküler ağrıda %42 azalma bulmuşlardır. Sonuç olarak interspinöz cihazlar cerrahiye tolere edemeyen lomber dar kanal hastalarında kolay ve güvenli bir tedavi yöntemi olarak düşünülebilir.

Cerrahi teknik: İşlem prone pozisyonunda uygulanır. Batına yastık yerleştirilerek lomber fleksiyon elde edilir. Skopi ile işlem uygulanacak interspinöz aralık belirlenir. Orta hattın sağ ya da sol tarafında 3cm vertikal cilt insizyonu yapılır. Supraspinöz ligamana dokunmadan bir miktar kas diseksiyonu ile laminalar hissedilir. Bazen laminadan küçük bir parça kemik alınması, hipertrofik ligamentum flavumun dorsale hareket etmesine izin

Perkutan lomber interspinöz cihaz uygulaması ile dinamik dekompresyon elde edilmektedir.

Interspinöz cihazlar cerrahiye tolere edemeyen lomber dar kanal hastalarında kolay ve güvenli bir tedavi yöntemidir.

verecektir. Eğimli özel el aletleri ile arzu edilen interspinöz aralığa girilir ve yerleştirilecek interspinöz cihazın boyutu belirlenir ve uygun cihaz interspinöz aralığa yerleştirilerek tesbit edilir. Böylece omurilik kanalında gerekli genişleme elde edilmiş ve nöral dokulara olan basınç azaltılmış olur. İnterspinöz ve supraspinöz ligamanlara hasar vermemeye özen gösterilmelidir (53,46) (Şekil 19a,b).



Şekil 19

Interspinöz cihaz (X-stop); a) Şematize resmi ve b) Direk grafi görüntüsü izlenmekte (Yusuf Kurtuluş Duransoy'un arşivinden).

Lomber disk dejenerasyonu ileri yaşlarda bel ağrısının en sık nedenidir.

Perkutan axial lomber intervertebral füzyon (AxialIF)

Lomber disk dejenerasyonu ileri yaşlarda yaygın bir durum olup erişkinlerde bel ağrısının en sık nedenidir (98). Ayrıca semptomatik instabilite L5-S1 ve L4-5 segmentlerde çok yaygındır (52). Tedavide ilk seçenekler fizik tedavi, analjezik kullanımı ve aktivite kısıtlaması gibi konservatif yöntemlerdir. Bunlara rağmen 6 aydan fazla devam eden yakınmalarda posterior, anterior, transforaminal intervertebral füzyonlar (ALIF, PLIF, TLIF) gerekebilir (82,98). Bu açık cerrahiler adale ve ligaman disfonksiyonu, disk anulusunun bozulması, bazı visseral ve nörovasküler yapıların yaralanma riski gibi nedenlerle hastalar tarafından iyi tolere edilemeyebilir (52,82,98). Bu nedenlerle minimal invaziv füzyon cerrahileri son zamanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Küçük bir cilt kesisi daha az doku hasarı, daha az postoperatif ağrı, daha az kan kaybı ve daha az hastanede kalış süresi gibi avantajları vardır. Bu yöntemler daha az invazivdirler ancak açık cerrahi yöntemlere benzer yollarla yapıldığından benzer organ yaralanma risklerine sahiptirler.

AxialIF şiddetli skolyoz, ileri spondilolistezis, tümör, osteoporoz ya da travma gibi durumlarda kontrendikedir.

AxialIF sistemi de bu durumlarda kullanılmakta olan minimal invaziv bir tekniktir ve anatomik olarak güvenli olan presakral retroperitoneal alandan uygulanmaktadır (52,54,98). Ayrıca büyük damarlar, nöral elemanlar, faset lamina ve dorsal adale-ligaman yapılarından ve anterior abdomino-pelvik boşluktan sakınan bir yöntemdir (52). Presakral aralık posteriordan sakrumun parietal fasyası ve anteriordan ise mezorektum olarak isimlendirilen visseral fasya ile sınırlandırılmıştır. Bu alan organize bağ dokusu ile dolu sinirsiz ve damarsız geniş bir alandır. Ancak orta sakral arter ve venleri, ayrıca erkeklerde S3 ve S4 kadınlarda ise S1 ve S2'den kaynaklanan, orta hattın birkaç cm lateralinde seyreden hipogastrik ve parasempatik sinirleri içermektedir (52,98). Bu nedenle teknik olarak orta hatta uzanan transvers sakral ven ya da sakral arterin kanama riski vardır. Ancak künt diseksiyon ile sahadan uzaklaştırılan bu yapıların yaralanma riski düşük olup nöral ve vasküler yaralanma açısından S1-S2 bileşkesi anatomik olarak güvenli bir alandır (52).

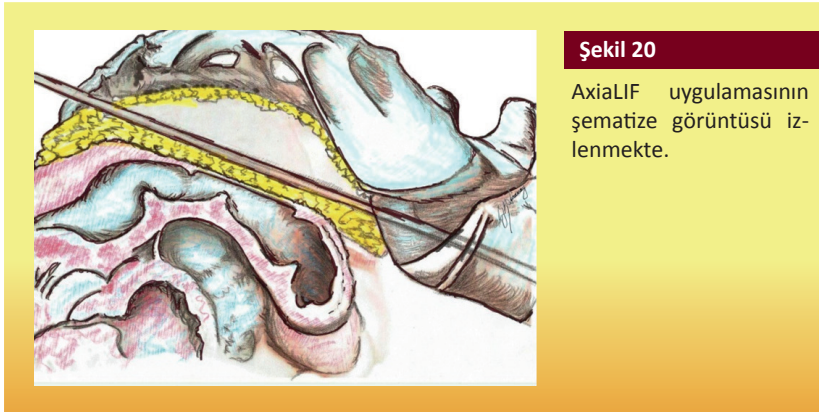
AxialIF şiddetli skolyoz, ileri spondilolistezis (derece 3 ya da 4), tümör, osteoporoz ya da travma gibi durumlarda kontrendikedir (98). Ayrıca bu tekniğin psödoartroz, enfeksiyon, sakral kırık, pelvik hematoma, sinir kökü irritasyonu ve peroperatuar rektal perforasyon gibi riskleri vardır (54,91). Uygun hasta seçimi, preoperatif görüntülemelerde cerrahi alanın dikkatli incelenmesi, preoperatif barsak temizliği, peroperatuar antibiyotik uygulamaları ve dikkatli cerrahi teknik uygulama ile komplikasyon riski azaltılabilir. Barsak perforasyonu nadir ve engellenebilir bir komplikasyondur. Gundanna ve ark. rektal perforasyon riskini %0,6 olarak bildirmişlerdir. İşlemden bir gece önce barsak temizliği mutlaka yapılmalıdır. Ayrıca rektuma bir foley sondu yerleştirilmesi künt parmak diseksiyonu sırasında rektum sınırının hissedilmesinde faydalı olacaktır (54,98). Tekniğin yaygın kullanımıyla elde edilen tecrübeler göre komplikasyon oranları düşüktü olup yüksek füzyon oranları bildirilmektedir (98) Zeilstra ve ark. (98). retrospektif çalışmalarında komplikasyonla karşılaşmadıklarını ve füzyon oranlarının %87,8 olduğunu bildirmişlerdir. Tobler

ve ark. (82) L4-5 ve L5-S1 seviyelerinde 52 hastada AxiaLIF sistemi kullandıklarını, ciddi komplikasyonla karşılaşmadıklarını ve ortalama 2 yıl takip sonucunda %94 füzyon elde ettiklerini bildirmişlerdir. Bohinski ve ark. %100 füzyon oranı bildirmişlerdir (98).

Sonuç olarak AxiaLIF semptomatik dejeneratif disk hastalığında lumbosakral füzyon için güvenli ve etkili bir tekniktir (82,98). Bu teknik ile komşu vital yapılar minimal bir risk altındadır (52).

Cerrahi Teknik: Genel anestezi sonrasında hasta prone pozisyonunda alt ekstremiteler 45 derece fleksiyonda yatırılır. Anüs izole edilir içine bir tampon yerleştirilir Bölge temizlendikten sonra drape yapıştırılır. Parakoksigeal çentiğin sağ ya da sol tarafından 20mm kaudal olarak 15mm'lik bir cilt kesisi yapılır. Lokal anestezi enjeksiyonunu takiben alttaki fasya bisturi ile kesilir. Ardından rektumu sakrumdan uzaklaştırmak üzere parmak ile künt diseksiyon yapılır. Rehber kanül yerleştirilir ve sakrumun ortasından sürekli kemik teması ile ilerletilerek sakrumun alt sonplağına ulaşılır. Bu işlem sırasında lateralde sakral foramenlere gitmekten sakınmak için mutlak skopi kontrolü gereklidir. Kanül S1-S2 bileşkesinin anterior korteksinde orta hatta yerleştirildikten sonra içerisinden bir K teli önce sakrum sonra L5-S1 diskmesafesi ve ardından L5 omur cisminde ilerletilir. Ardından seri dilatatörler ile rehber kanül genişletilerek çalışma kanalı oluşturulur. Buradan bir matkap ile S1 omur cisminde ardından L5-S1 disk mesafesine ve oradan da L5 omur cisminde kadar bir tünel açılır. Bu esnada özel dizayn edilmiş aletlerle disektomi yapılır ve son plaklar kazınarak füzyon yüzeyi oluşturulur. Bu sırada elde edilen kemik materyaller L5-S1 disk mesafesinde oluşturulan boşluğa yerleştirilir. AxiaLIF rodu sakrum boyunca L5 vertebra korpusuna 0,5-1 cm girinceye kadar ilerletilir. Vida ilerletilmesi disk mesafesinin distraksiyonunu, disk yüksekliğinin restorasyonunu ve foramenlerin açılmasını sağlar (Şekil 20).

AxiaLIF semptomatik dejeneratif disk hastalığında lumbosakral füzyon için güvenli ve etkili bir tekniktir.



Şekil 20

AxiaLIF uygulamasının şematize görüntüsü izlenmektedir.

Perkutan omurga biyopsilerinde yara yara yeri enfeksiyon olasılığı ve patolojik kırık gelişme riski daha azdır. Ayrıca basit ve minimal invazivdir.

Perkutan Omurga Biyopsileri

Omurga lezyonlarının tedavinde kesin tanı önemlidir Ancak görüntüleme tekniklerindeki gelişmelere rağmen, tanı zorlukları halen devam etmektedir. Kesin tanı için çoğu zaman doku örnekleri gereklidir (30,34,37,40,68,70). Bu işlem cerrahi sırasında (açık biyopsi) veya perkutan (kapalı biyopsi) olarak yapılabilir. Açık biyopsi belirgin komplikasyon riskine sahiptir. Oysa perkutan biyopsinin birçok avantajı vardır. Doğru tanıyı sağlayarak tedaviyi kolaylaştırır, tümör yayılım riski daha azdır, hastanede kalış süresi kısadır, cerrahi ile ulaşılamayan yerlere ulaşılabilir, daha az zaman ve maliyet gerektirir, radyoterapiye erken başlanabilir ve morbidite oranları düşüktür. Ayrıca genel anestezi ile ilgili risklerden kaçınılmış olur. Postoperatif yara yara yeri enfeksiyon olasılığı ve patolojik kırık gelişme riski daha azdır. Ayrıca basit ve minimal invazivdir (1,25,34,37,40,62,63,68,73,80,90).

Omurgada perkutan biyopsiyi ilk kez 1935'de Robertson ve Ball tanımlamışlar ve radyolojik rehber kullanmaksızın kör biyopsi yapmışlardır (7,25,34,48,67). Siffert ve Arkin ise radyografik rehberli perkutan biyopsi uygulamasını 1949'da bildirmişlerdir (1,7,25,34,67). Adopon 1981'de perkutan biyopside bilgisayarlı tomografi (BT) rehberliğini kullanmış ve güvenli, etkin olduğunu rapor etmiştir (7,34,67). Bundan sonra bir çok yazar BT rehberliğinde perkutan omurga biyopsi serilerini yayınlamışlardır (17,26,48,55,67,68,73).

Klasik posterolateral paravertebral yaklaşımın teknik zorluğu ve komplikasyon riski (büyük damarlar, omurilik ve sinir kökü yaralanma riski) nedeniyle alternatif olarak farklı yaklaşımlar tanımlanmıştır (7,73). Brugieres ve ark. 1990'da torasik omurga biyopsileri için transkostovertebral yaklaşımı, (73,67) ardından 1991'de Renfrew ve ark. (67) transpediküler biyopsi tekniğini yayınlamışlardır. Sucu ve ark. transforaminodiskal yaklaşımı 2003'de tanımlamışlardır (73).

Endikasyonlar: Omurga lezyonlarına perkutan biyopsi endikasyonları;

1. Soliter vertebral lezyonun doğasını belirlemek (34,62,63),
2. Diskitis ya da osteomyelitte enfeksiyon etkenini izole edebilmek (17,63,70),
3. Omurga çökme kırığında durdurulamayan ya da artan ağrı varsa maligniteyi (metastaz ya da myelom) ekarte etmek (34,62,63),
4. Tümör rekürsini değerlendirmek (62),
5. Spondilodiskitin tedaviye yanıtını değerlendirmektir (17).

Kontrendikasyonlar: Perkutan spinal biyopsi için tek kesin kontrendikasyon anormal ve düzeltilmemiş kanama ve pıhtılaşma zamanıdır (34,62,63). Relatif kontrendikasyonları ise yüksek vasküler olduğundan şüphelenilen lezyonlar ve daha ulaşılabilir bir başka lezyonun varlığıdır (34).

Perkutan spinal biyopsi için tek kesin kontrendikasyon anormal ve düzeltilmemiş kanama ve pıhtılaşma zamanıdır.

Hazırlık ve planlama: Perkutan biyopsi yapılacak hastalara antikoagulan verilmemeli, antikoagulan kullanımı 1-2 hafta önce kesilmeli, (40,48) enfektif durumlarda antibiotik alımı 48 saat önce bırakılmalıdır (17,55,62,70). Ayrıca biyopsi öncesi koagulasyon testleri (protrombin zamanı, aktive parsiyel tromboplastin zamanı) ve trombosit sayımı yapılmalıdır (26,40,48,62,63). Hastaya oral (55) veya intravenöz sedasyon yapılabilir (48,62,63). İşlem sırasında hastanın vital fonksiyonları monitörize edilmelidir (48,62).

Olası komplikasyonlardan kaçınabilmek için biyopsi öncesi BT ve MRG değerlendirmesi ile biyopsi alınacak hedef iyi belirlenmelidir (34,62,63,68). Biyopsi trasesi büyük damar ve sinirleri, periton boşluğunu, omurilik kanalı ve içeriklerini ve hastalıklı doku kompartmanlarını çaprazlamayacak şekilde planlanmalıdır. Çoğul lezyonlarda en yüzeysel olana biyopsi planlanmalıdır. Servikal omurgada trakea, özofagus, internal juguler ven ve karotis arter gibi önemli yapıların yaralanmamasına özen gösterilmelidir. Torasik omurgada plevral boşluğa, superior vena kava ve torasik aortaya, lomber omurgada ise abdominal aorta, inferior vena cava, renal damarlar, sinir kökleri ve böbrek gibi organlara dikkat edilmelidir (62). Diskitis şüphesi varsa ek olarak diskten ve komşu subkondral kemikten de biyopsi alınmalıdır (55,62). Elde edilen materyalin tümü sitolojik, histolojik ve mikrobiyolojik incelemeye gönderilmelidir (17,55,62,63,70).

Kalın iğneler Yüksek doğruluk oranları sağlarken damar ve sinir yaralanması riskini arttırır.

Perkutan biyopsi uygulamaları için Chiba, Osty-cut, Tru-cut, Craig, Ackermann, Temno, Jamshidi ve Harlow-Wood gibi değişik iğne türleri mevcuttur (1,25,26,34,48,62,67,70,90). Lezyonun yapısına ve cerrahın tercihine göre bunlardan herhangi birisi kullanılabilir (34,40,62). Bunların çapı 11G ile 22G arasındadır (62). Kalın iğnelerin bir taraftan yüksek doğruluk oranları sağladığı, (25,90) diğer taraftan ise damar ve sinir yaralanması ve malign tümörleri daha fazla yayma riski bildirilmektedir (7). Bu nedenle seçilecek iğnenin yeterli örnekleme alabilecek kalınlıkta ve lezyona ulaşabilecek uzunlukta olması önemli bir konudur (7,62). Kültür ya da sitoloji için sıvıları, yumuşak doku lezyonlarını ya da diski aspire etmekte ince iğneler faydalıdır. Keskin iğneler kemik ya da yumuşak dokudan solid örnekleri elde etmek için, keskin ve aspiratif iğneler ise kortikal destrüksiyonlu kemik lezyonlarının biyopsisi için kullanılabilirler. Trephine iğneler tırtırlı kenara sahip olup, genellikle kemik örnekleri elde etmek için gereklidirler (62).

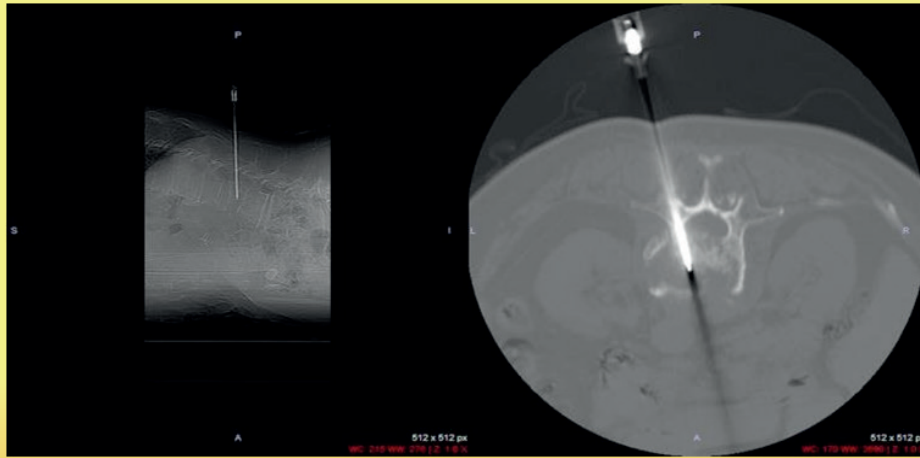
Ponksiyon yeri işlem sonrası kapatılır ve daha sonra olası komplikasyonların önlenmesi açısından pansuman yapılır. Hastaya ağrı profilaksisi için ilaç verilir. Gerekli ise işlem sırasında uygulanan sedasyon bir süre devam ettirilir. Eğer plevra yanlışlıkla ponksiyone edildiyse pnömotoraks gelişimi açısından radyolojik takip gerekebilir (62).

Enfektif lezyonlarda sitopatolojik ve mikrobiyolojik incelemeler tanısal duyarlılığı artırır (17,55,62). Biyopside elde edilen kan pıhtıları hücre veya organizma içerebileceği için mutlaka değerlendirmeye tabi tutulmalıdır (62,80).

Pozisyon ve yaklaşım: Torakal ve lumbosakral omurga lezyonlarında biyopsi için prone pozisyonu tercih edilir (48,55,62,67). Servikal omurganın pedikül ve arka elemanlarında yerleşmiş lezyonlar için de hasta prone pozisyonunda yatar. Bazen ise hasta yanyatar, semi-prone ya da semi-supine pozisyonunda yerleşebilir. Bu hasta konforunu sağlamak ve hasta hareketini en aza indirmek içindir (48,62). Ancak anterior servikal lezyonlarda supine pozisyonu kullanılmaktadır (31,40,48,62).

Servikal, torakal ve lomber omurlarda posterior yerleşmiş lezyonlara biyopsi için genellikle posterolateral paravertebral, transpediküler, transkostovertebral, ya da transforaminodiskal yaklaşımlar kullanılır (25,48,62,63,67,73). Bu yaklaşımların hepsi prone pozisyonunda uygulanır. Hangi yaklaşımın kullanılması gerektiği lezyonun yerleşimine bağlıdır. Eğer lezyon disk aralığına ya da omurga gövdesinin alt kısmında yerleşmişse paravertebral yaklaşım kullanılmalıdır (34,48,63). Omurga gövdesine yaklaşımda en sık olarak paravertebral yaklaşım kullanılmaktadır. Ancak yüksek komplikasyon riski nedeniyle bazı yazarlar disk aralığı biyopsileri haricinde bu yaklaşımı ilk seçenek olarak önermezler. Büyük paravertebral kitleler ve abselerde ise kullanılabilir. Torakal omurgada geniş transvers çıkıntı ve komşu kaburga arasındaki dar alan omur gövdesine ulaşma engel teşkil eder (73). Ayrıca küçük ve posterosantral yerleşimli lezyonlara paravertebral yaklaşımla ulaşmak zordur (34,63,67). Eğer lezyon omur cisminin arka yarısında ise veya pediküler tutulum var ise transpediküler yaklaşım etkili bir yöntemdir (63,34). (Şekil 21)

Omurga gövdesine yaklaşımda en sık olarak paravertebral yaklaşım kullanılmaktadır.



Şekil 21

Transpediküler yaklaşım ile bilgisayarlı tomografi (BT) rehberli perkutan omurga biyopsi görünüşü izlenmekte (Yusuf Kurtuluş Duransoy'un arşivinden).

Lezyon omur cisminin arka yarısında ise veya pediküler tutulum var ise transpediküler yaklaşım etkili bir yöntemdir.

Her ne kadar transpediküler teknik güvenli gibi görünürse de, (67,90) kemiğin kortikal kabuğunu delmek zor olabilir. Transpediküler yaklaşımı sınırlayan bir diğer faktör ise pedikül genişliğidir. Posterolateral yaklaşımlara güvenli bir alternatif olarak transforaminodiskal yaklaşımı tarif eden Sucu ve ark. (73) komplikasyon riskinin düşük olduğunu ve özellikle omurun kranial kısmındaki lezyonlarda kolaylıkla uygulanabildiğini savunmaktadırlar. Garces ve ark. (26) tarafından tanımlanan lateral yaklaşım, lomber omur cismi, disk aralığı ve paravertebral kitlelere ulaşma izin verir. Bu teknikte hasta yanyatar pozisyonundadır. Bu pozisyonunda karın içi organlar öne doğru deplase olur ve böylece lomber omurgaya lateralden net bir görüş sağlanır. Bu yaklaşımda iğne giriş yolunun sinir köklerinden uzak olması bir avantajdır.

C3-C7 omurlarının anterior lezyonlarında genellikle supine pozisyonunda anterolateral yaklaşım tercih edilmektedir. Biyopsi iğnesi omurga lezyonuna doğru ilerletilirken parmaklarla karotis kılıf (içeriğindeki karotis arter, juguler ven ve sinirler) korunur (31,40,62). Üst servikal anterior yerleşmiş lezyonlarda ise anterior yaklaşımda trans-oral yol kullanılabilir. Bu yaklaşımda genel anestezi uygulanması gerekir ve enfeksiyon riski daha yüksektir. Lezyonun yerleşimine göre posterior yaklaşım kullanılabilir. Özellikle C1 ve C2 düzeylerinde vertebral arter ve dural saka dikat etmek gerekir. Bu işlem prone ya da yanyatar pozisyonunda uygulanabilir. Ayrıca retrofaringeal yolla lateral yaklaşım hem alt hem üst servikal omurlara uygulanabilir (31,40,76).

Radyolojik Rehber: Perkutan omurga biyopsileri değişik görüntüleme yöntemleri eşliğinde uygulanabilir. Bunlar; skopi, (1,7,25,34,37,63,80) BT, (17,26,40,48,55,67,68) ultrasonografi (USG) (30) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG)'dir (27,47).

Perkutan biyopsinin hangi görüntüleme yöntemi rehberliğinde yapılacağı operatörün kişisel tecrübesine ve mevcut teknik olanaklara göre belirlenir (62). BT rehberli biyopsi, omurga lezyonlarının tanısı için, sık tercih edilmektedir (26,48,55,67). USG rehberli biyopsi kemik yüzeyine yakın, özellikle yumuşak doku kitlesiyle ilişkili ya da kortikal destrüksiyon oluşturan lezyonlarda kullanılabilir. USG rehberli biyopsi servikal omurga lezyonlarında daha fazla önerilmektedir. Ancak torakal ve torakolomber omurgada posterior elemanlar işlemi sınırlar (30) MRG rehberli biyopsi ise skopi ve BT'de görülemeyen lezyonlar için kullanılır (27,47,62).

Skopi rehberli biyopsiye ise işlem real-time yapılır ve kısa sürer.

İğne pozisyonunu ve anatomiye detaylı gösteren BT potansiyel olarak daha güvenli gibi görüne de negatif biyopsi oranları skopi ile benzerdir. Nourbakhsh ve ark.'nın yaptıkları bir metaanalize göre, iki yöntem arasında yeterlilik, doğruluk ve komplikasyon oranları açısından anlamlı bir fark yoktur (34). Ayrıca BT rehberli biyopsi daha az steril ortamda ve daha uzun sürede uygulanmaktadır (34,55). Skopi rehberli biyopsiye ise işlem real-time yapılır ve kısa sürer (34,55,63,70). Ayrıca skopi rehberli biyopsi ameliyathanede uygulandığından, ciddi bir komplikasyon gelişmesi durumunda hızla cerrahi müdahale imkanı sağlar (7,34). BT rehberli biyopsi bir çok yazar tarafından güvenli ve etkili bir yöntem olarak bildirilmektedir (17,40,48,67,68).

Malign tümörlerin biyopsilerinde benign tümörler ve enfeksiyonlara göre daha yüksek doğruluk oranları vardır.

Tanısal doğruluk oranları: Biyopsi sonuçlarının tanısal doğruluğu lezyonun doğası ve lokalizasyonuna, kullanılan biyopsi iğnesinin tipine ve operatörün tecrübesine bağlı olarak değişebilir (62,68,70). Yaklaşım şekli doğruluk oranlarını etkilemez. Transpediküler ve posterolateral yaklaşımlarda biyopsilerin doğruluk oranları eşittir (62,63). Tanısal doğruluk oranları değişik çalışmalarda genel olarak %68 ile %97 arasında bildirilmektedir (7,30,34,37,48,55,63,68,80). Büyük iğne çapının yüksek tanısal orana sahip olduğu bildirilmektedir (25,48,90). Torasik biyopsilerde diğer seviyelere göre daha düşük tanısal oranlar olduğu bildirilmiştir (62). Ancak Özerdemoğlu ve ark sakral biyopsilerde düşük tanısal oran elde ettiklerini bildirmişlerdir (70). Rimondi ve ark. (68) servikal omurgada daha düşük doğruluk oranı ve daha yüksek yanlış negatiflik oranı elde etmişler, diğer omurga bölgeleri arasında ise belirgin bir fark saptamadıklarını bildirmişlerdir. Lis ve ark. (48) tüm omurga düzeylerinde yüksek doğruluk oranları bulduklarını, seviyeler arasında farklı oranlar olmadığını belirtmişlerdir. De Lucas ve ark. (17) enfektif lezyonların tanısı için yaptıkları biyopsilerde torakal ve lomber bölge arasında doğruluk oranı açısından fark saptamadıklarını rapor etmişlerdir. Sucu ve ark. (73) da yerleşim yerine göre doğruluk oranlarında fark olmadığını bildirmişler ve lezyonun yerleşimine uygun yöntemin seçilmesiyle en iyi tanısal doğruluk oranlarına ulaşabileceği yorumunda bulunmuşlardır. Malign tümörlerin biyopsilerinde benign tümörler ve enfeksiyonlara göre daha yüksek doğruluk oranları vardır (25,62,68). Sklerotik lezyonlarda osteolitik olanlara göre daha düşük tanısal doğruluk oranları ve daha fazla yanlış negatiflik oranları bildirilmiştir (48,62). Kamei ve ark. (37) ise osteolitik ve sklerotik lezyonların tanısal doğruluk oranları arasında fark saptamamışlardır. Spondilodiskitlerde tanısal doğruluk oranları düşük bildirilmektedir (17,70). İşlem öncesi antibiotik kullanımında daha düşük oranlar elde edilmektedir (55,70). Michel ve ark. (55) spondilodiskit tanısı için biyopsi yaptıkları ve işlem öncesi antibiotik kullanmadıkları serilerinde mikrobiyolojik olarak %83, histolojik olarak %91 gibi yüksek doğruluk oranları elde etmişlerdir. Bu yazarlara göre, disk aralığı ve paravertebral abseler steril alanlardır. Hematojen olarak bölgeye yerleşmiş olan enfeksiyon ajanı omurun subkondral kısmındadır. Bu yazarlar subkondral bölgeden aldıkları biyopsi örnekleri sayesinde daha yüksek doğruluk oranları elde etmişlerdir (55).

Perkutan biopsi komplikasyon oranları %0-10 arasındadır.

Komplikasyonlar: Perkutan biyopsiler risksiz değildir. Ancak dikkatli bir teknikle uygulandığı takdirde komplikasyonlar çok nadir görülür (62,34). Komplikasyonların türü ve olasılığı kullanılan biyopsi iğnesinin tipine ve lezyonun lokalizasyonuna bağlıdır (37). Literatürde komplikasyon oranları %0 ile %10 arasında bildirilmiştir (7,17,25,26,30,34,48,63). Sinir kökü yaralanmaları, lokal enfeksiyon, pnömotoraks, vasküler yaralanma, paraspinal hematoma, geçici parezi, parapleji, menenjit ve ölüm daha önceki serilerde bildirilmiştir. En sık komplikasyonlar pulmoner, nörolojik ve infektiftir. Ayrıca transfüzyon gerektiren kanama, iğne kırılması, enfeksiyon, nöral yaralanma, nadir de olsa hipervasküler lezyon-

larda (renal cell karsinom metastazı ya da henajiom) kanamaya bağlı omurilik basısı gibi komplikasyonlar da gelişebilir (17,25,34,48,62,63). Ayrıca De Lucas ve ark. (17) işlem sırasında kardiak aritmi gelişen bir olgu bildirmişlerdir. Pnömotoraks torasik omurga biyopsilerinde %4-11 oranında görülmektedir (62). İğne yolu boyunca malign tümörlerde tümör hücrelerinin, enfeksiyonlarda ise enfeksiyon etkeninin yayılması olası bir risktir (34,62). Tek bir iğne traktusu kullanarak lezyonun farklı bölgelerinden örnekleme yapılması bu riski azaltacaktır (62,63,70).

Sonuç olarak, perkütan omurga biyopsileri basit ve tekrarlanabilir işlemler olup, komplikasyon oranları kabul edilebilir ölçülerdedir. Negatif sonuçlanan biyopsilerde biyopsi tekrarı ya da açık biyopsi gerekecektir. Bununla birlikte tekrarlayan biyopsilerde başarı oranları ilk biyopsiye göre düşüktür. Tekrarlayan biyopsi uygulamaları tedavinin gecikmesine neden olabileceği için nadir bazı durumlarda iğne biyopsi yerine açık biyopsi düşünülmelidir. Teknik olarak zor yerleşimdeki lezyonlarda ve hasta uyumsuzluğunda doğru tanı oranları azalmaktadır. Genel olarak yanlış negatiflik oranları düşüktür ve eğer işlem öncesi iyi radyolojik değerlendirme yapılırsa bu oran daha da düşük olacaktır (68,73).

Perkutan Enfeksiyon Drenajı

Omurga epidural abseleri nadir, fakat ciddi morbidite ve mortaliteye sahip patolojilerdir. Hızla klinik kötüleşmeye neden olabilir ve bu tablo geri dönüşümsüz olabilir. Bu nedenle erken tanı ve tedavi önemlidir (32,51,77,95). Omurga epidural abseleri klasik olarak cerrahi dekompresyon ve antibiyotiklerle tedavi edilir. Nörolojik defisiti olmayan ya da çok hafif olan hastalarda antibiyotik tedavileri ile iyi sonuç alınmaktadır. Cerrahi girişim genellikle antibiyotik tedavisine yetersizlik, ilerleyici deformite-instabilite ya da nörolojik kötüleşme gibi durumlar için saklanır (19,51,95). Cerrahi girişim olarak kombine anterior-posterior yaklaşımlarla debritleme ve füzyon yapılır. Komplikasyonlar %11 oranındadır. Özellikle aorta, vena cava ve azigos sistem olmak üzere büyük damarlar risk altındadır. Özellikle genel durumu kötü olan yaşlı hastalarda perioperatif morbidite artar (19,95).

Perkutan girişimler genellikle tanı amaçlı kullanılmaktadır (51,95). Ancak nadiren tedavi amacıyla perkutan abse drenajı uygulanabilir (51). Bu işlem epidural abselerde olduğu kadar intervertebral diskitislerde de uygulanabilmektedir (32). Ayrıca tekrarlanabilen bir işlem olup minimal invazivdir. Duranın delinmesi sonucu, menenjit gelişme riski vardır (51,77). Ancak BT rehberli uygulama ile bu risk oldukça azalmaktadır. Ancak bu yöntem anterior yerleşmiş abselerde kontrendikedir (51).

Cwikel ve ark, psoas ve epidural absesi olan bir hastada 2 hafta boyunca epidural ve psoas drenaj ve antibiyotik tedavisini bildirmişlerdir. Walter ve ark. 9 aylık bir infantta spinal epidural absenin devamlı perkutan drenaj ve irrigasyonunu tanımlamışlardır (51). Tabo ve ark. (77) spinal epidural abseli iki hastada epidural iğne ve katater ile perkutan drenaj ve irrigasyon uygulamışlardır. Bu iki hastanın syatalji ve bel ağrıları bu tedavi ile düzelmiştir. Nagata ve ark. erken dönem spondilodiskitli 23 hastayı perkutan drenaj ile %87 oranında tedavi ettiklerini bildirmişlerdir. Haaker ve ark. lomber diskitisli 16 hastayı perkutan lomber diskektomi ile tedavi ettiklerini bildirmişlerdir (95).

Cerrahi teknik: Bu işlem genel ya da lokal anestezi altında uygulanabilir (32,95). Hasta radyolusent bir masa üzerine prone pozisyonunda yerleştirilir. Hedeflenen bölge skopi ile belirlendikten sonra orta hattan 8-12 cm lateralde giriş yeri belirlenerek işaretlenir (95). Spinal iğne hedeflenen diskin merkezine veya abseye doğru ilerletilir. Diskitislerde bu işlem transpediküler yolla da uygulanabilir (32). Enfekte bölgeye ulaşım mikrobiyolojik ve patolojik incelemeler için biyopsi örneği alındıktan sonra serum fizyolojik ile irriga edilir ve kalıcı aspiratif dren bırakılır (95).

Kaynaklar

1. Ackermann W: Vertebral trephine biopsy. Ann Surg 143(3):373-385, 1956
2. Agrillo U, Mastronardi L: Acute combination fracture of atlas and axis: "triple" anterior screw fixation in a 92-year-old man: technical note. Surg Neurol 65(1):58-62, 2006

Negatif sonuçlanan biyopsilerde biyopsi tekrarı ya da açık biyopsi gerekmektedir.

Omurga epidural abseleri klasik olarak cerrahi dekompresyon ve antibiyotiklerle tedavi edilir.

3. Ahmad F, Sherman JD, Wang MY: Percutaneous trans-facet screws for supplemental posterior cervical fixation. *World Neurosurg* 78(6):716.e1-4, 2012. doi: 10.1016/j.wneu.2011.12.092. Epub 2011 Dec 28
4. Amoretti N, Amoretti ME, Hovorka I, Hauger O, Boileau P, Huwart L: Percutaneous facet screw fixation of lumbar spine with CT and fluoroscopic guidance: a feasibility study. *Radiology* 268(2):548-555, 2013. doi: 10.1148/radiol.13120907. Epub 2013 Mar 12
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. Apostolides PJ, Theodore N, Karahalios DG, Sonntag VK: Triple anterior screw fixation of an acute combination atlas-axis fracture. Case report. *J Neurosurg* 87(1):96-99, 1997
7. Ashizawa R, Ohtsuka K, Kamimura M, Ebara S, Takaoka K: Percutaneous transpedicular biopsy of thoracic and lumbar vertebrae-method and diagnostic validity. *Surg Neurol* 52(6):545-551, 1999
8. Blauth M, Richter M, Lange U: Trans-articular screw fixation of C1/C2 in atlanto-axial instability. Comparison between percutaneous and open procedures. *Orthopade* 28(8):651-661, 1999
9. Blondel B, Fuentes S, Pech-Gourg G, Adetchessi T, Tropiano P, Dufour H: Percutaneous management of thoracolumbar burst fractures: Evolution of techniques and strategy. *Orthop Traumatol Surg Res* 97(5):527-532, 2011. doi: 10.1016/j.otsr.2011.03.020. Epub 2011 Jul 16
10. Böhler J: Anterior stabilization for acute fractures and non-unions of the dens. *J Bone Joint Surg Am* 64(1):18-27, 1982
11. Boucher HH. A method of spinal fusion. *J Bone Joint Surg Br* 41-B(2):248-259, 1959
12. Bronsard N, Boli T, Challali M, de Dompure R, Amoretti N, Padovani B, Bruneton G, Fuchs A, de Peretti F: Comparison between percutaneous and traditional fixation of lumbar spine fracture: intraoperative radiation exposure levels and outcomes. *Orthop Traumatol Surg Res* 99(2):162-168, 2013. doi: 10.1016/j.otsr.2012.12.012. Epub 2013 Mar 1
13. Chi YL, Wang XY, Xu HZ, Lin Y, Huang QS, Mao FM, Ni WF, Wang S, Dai LY: Management of odontoid fractures with percutaneous anterior odontoid screw fixation. *Eur Spine J* 16(8):1157-1164, 2007
14. Choi UY, Park JY, Kim KH, Kuh SU, Chin DK, Kim KS, Cho YE: Unilateral versus bilateral percutaneous pedicle screw fixation in minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion. *Neurosurg Focus* 35(2):E11, 2013 doi: 10.3171/2013.2.FOCUS12398
15. Dalbayrak S, Yilmaz M, Firidin M, Naderi S. Traumatic spondylolisthesis of the axis treated with direct C2 pars screw. *Turk Neurosurg* 19(2):163-167, 2009
16. DalCanto RA, Lieberman I, Inceoglu S, Kayanja M, Ferrara L: Biomechanical comparison of transarticular facet screws to lateral mass plates in two-level instrumentations of the cervical spine. *Spine (Phila Pa 1976)* 30(8):897-902, 2005
17. de Lucas EM, González Mandly A, Gutiérrez A, Pellón R, Martín-Cuesta L, Izquierdo J, Sánchez E, Ruiz E, Quintana F: CT-guided fine-needle aspiration in vertebral osteomyelitis: true usefulness of a common practice. *Clin Rheumatol* 28(3):315-320, 2009. doi: 10.1007/s10067-008-1051-5. Epub 2008 Nov 29
18. Dean Q, Jiefu S, Jie W, Yunxing S: Minimally invasive technique of triple anterior screw fixation for an acute combination atlas-axis fracture: case report and literature review. *Spinal Cord* 48(2):174-177, 2010. doi: 10.1038/sc.2009.108. Epub 2009 Aug 25
19. Deininger MH, Unfried MI, Vougioukas VI, Hubbe U: Minimally invasive dorsal percutaneous spondylodesis for the treatment of adult pyogenic spondylodiscitis. *Acta Neurochir (Wien)* 151(11):1451-1457, 2009. doi: 10.1007/s00701-009-0377-3. Epub 2009 May 26
20. Dickman CA, Foley KT, Sonntag VK, Smith MM: Cannulated screws for odontoid screw fixation and atlantoaxial transarticular screw fixation. Technical note. *J Neurosurg* 83(6):1095-1100, 1995
21. Duransoy YK, Mete M, Zileli M, Selcuki M: A new guide tube for odontoid screw fixation for unstable odontoid fractures: report of 6 case series. *Turk Neurosurg* 23(5):639-644, 2013. doi: 10.5137/1019-5149.JTN.7914-13.0
22. Effendi B, Roy D, Cornish B, Dussault RG, Laurin CA: Fractures of the ring of the axis. A classification based on the analysis of 131 cases. *J Bone Joint Surg Br* 63-B(3):319-327, 1981
23. ElSaghir H, Boehm H, Greiner-Perth R: Mini-open approach combined with percutaneous transarticular screw fixation for C1-C2 fusion. *Neurosurg Rev* 28(1):59-63, 2005
24. Ferrara LA, Secor JL, Jin BH, Wakefield A, Inceoglu S, Benz EC: A biomechanical comparison of facet screw fixation and pedicle screw fixation: effects of short-term and long-term repetitive cycling. *Spine (Phila Pa 1976)* 28(12):1226-1234, 2003
25. Fyfe IS, Henry AP, Mulholland RC: Closed vertebral biopsy. *J Bone Joint Surg Br* 65(2):140-143, 1983

26. Garcés J, Hidalgo G: Lateral access for CT-guided percutaneous biopsy of the lumbar spine. *AJR Am J Roentgenol* 174(2):425-426, 2000
27. Genant JW, Vandevenne JE, Bergman AG, Beaulieu CF, Kee ST, Norbash AM, Lang P: Interventional musculoskeletal procedures performed by using MR imaging guidance with a vertically open MR unit: assessment of techniques and applicability. *Radiology* 223(1):127-136, 2002
28. Gerszten PC, Tobler W, Raley TJ, Miller LE, Block JE, Nasca RJ: Axial presacral lumbar interbody fusion and percutaneous posterior fixation for stabilization of lumbosacral isthmic spondylolisthesis. *J Spinal Disord Tech* 25(2):E36-40, 2012. doi: 10.1097/BSD.0b013e318233725e
29. Grossbach AJ, Dahdaleh NS, Abel TJ, Woods GD, Dlouhy BJ, Hitchon PW: Flexion-distraction injuries of the thoracolumbar spine: open fusion versus percutaneous pedicle screw fixation. *Neurosurg Focus* 35(2):E2, 2013. doi: 10.3171/2013.6.FOCUS13176
30. Gupta S, Takhtani D, Gulati M, Khandelwal N, Gupta D, Rajwanshi A, Gupta S, Suri S: Sonographically guided fine-needle aspiration biopsy of lytic lesions of the spine: technique and indications. *J Clin Ultrasound* 27(3):123-129, 1999
31. Gupta S, Henningsen JA, Wallace MJ, Madoff DC, Morello FA Jr, Ahrar K, Murthy R, Hicks ME: Percutaneous biopsy of head and neck lesions with CT guidance: various approaches and relevant anatomic and technical considerations. *Radiographics* 27(2):371-390, 2007
32. Hadjipavlou AG, Katonis PK, Gaitanis IN, Muffoletto AJ, Tzermiadianos MN, Crow W: Percutaneous transpedicular discectomy and drainage in pyogenic spondylodiscitis. *Eur Spine J* 13(8):707-713, 2004
33. Hashizume H, Kawakami M, Kawai M, Tamaki T: A clinical case of endoscopically assisted anterior screw fixation for the type II odontoid fracture. *Spine (Phila Pa 1976)* 28(5):E102-105, 2003
34. Işık HS, Çağlı S, Zileli M: Percutaneous Biopsy of the Spine: Analysis of 84 Cases. *J Neurol Sci (Turk)* 29(2):258-265, 2012. <http://www.jns.dergisi.org/text.php?id=529>
35. Jang JS, Lee SH: Clinical analysis of percutaneous facet screw fixation after anterior lumbar interbody fusion. *J Neurosurg Spine* 3(1):40-46, 2005
36. Jiang XZ, Tian W, Liu B, Li Q, Zhang GL, Hu L, Li Z, He D: Comparison of a paraspinal approach with a percutaneous approach in the treatment of thoracolumbar burst fractures with posterior ligamentous complex injury: a prospective randomized controlled trial. *J Int Med Res* 40(4):1343-1356, 2012
37. Kamei Y, Nishida J, Mimata Y, Shiraishi H, Ehara S, Satoh T, Shimamura T: Core Needle Percutaneous Transpedicular Vertebral Body Biopsy: A Study of 128 Cases. *J Spinal Disord Tech*, 2013 Jul 8. [Epub ahead of print]
38. Kaminski A, Gstrein A, Källicke T, Muhr G, Müller EJ: Mini-open percutaneous transarticular screw fixation for acute and late atlantoaxial instability. *Acta Orthop Belg* 74(1):102-108, 2008
39. Kantelhardt SR, Török E, Gempt J, Stoffel M, Ringel F, Stürer C, Meyer B: Safety and efficacy of a new percutaneously implantable interspinous process device. *Acta Neurochir (Wien)* 152(11):1961-1967, 2010. doi: 10.1007/s00701-010-0740-4. Epub 2010 Jul 16
40. Kattapuram SV, Rosenthal DI: Percutaneous biopsy of the cervical spine using CT guidance. *AJR Am J Roentgenol* 149(3):539-541, 1987
41. Kazan S, Tuncer R, Sindel M: Percutaneous anterior odontoid screw fixation technique. A new instrument and a cadaveric study. *Acta Neurochir (Wien)* 141(5):521-524, 1999
42. Koller H, Kammermeier V, Ulbricht D, Assuncao A, Karolus S, van den Berg B, Holz U: Anterior retropharyngeal fixation C1-2 for stabilization of atlantoaxial instabilities: study of feasibility, technical description and preliminary results. *Eur Spine J* 15(9):1326-1338, 2006
43. Lee JK, Jang JW, Kim TW, Kim TS, Kim SH, Moon SJ: Percutaneous short-segment pedicle screw placement without fusion in the treatment of thoracolumbar burst fractures: is it effective?: comparative study with open short-segment pedicle screw fixation with posterolateral fusion. *Acta Neurochir (Wien)* 155(12):2305-12, 2013. doi: 10.1007/s00701-013-1859-x. Epub 2013 Sep 10
44. Lee SH, Choi WG, Lim SR, Kang HY, Shin SW: Minimally invasive anterior lumbar interbody fusion followed by percutaneous pedicle screw fixation for isthmic spondylolisthesis. *Spine J* 4(6):644-9, 2004
45. Lehmann W, Ushmaev A, Ruecker A, Nuechtern J, Grossterlinden L, Begemann PG, Baeumer T, Rueger JM, Briem D: Comparison of open versus percutaneous pedicle screw insertion in a sheep model. *Eur Spine J* 17(6):857-863, 2008. doi: 10.1007/s00586-008-0652-7. Epub 2008 Apr 4
46. Levy RM, Deer TR: Systematic safety review and meta-analysis of procedural experience using percutaneous access to treat symptomatic lumbar spinal stenosis. *Pain Med* 13(12):1554-1561, 2012. doi: 10.1111/j.1526-4637.2012.01504.x. Epub 2012 Nov 8

47. Lewin JS, Petersilge CA, Hatem SF, Duerk JL, Lenz G, Clampitt ME, Williams ML, Kaczynski KR, Lanzieri CF, Wise AL, Haaga JR: Interactive MR imaging-guided biopsy and aspiration with a modified clinical C-arm system. *AJR Am J Roentgenol* 170(6):1593-1601, 1998
48. Lis E, Bilsky MH, Pisinski L, Boland P, Healey JH, O'malley B, Krol G: Percutaneous CT-guided biopsy of osseous lesion of the spine in patients with known or suspected malignancy. *AJNR Am J Neuroradiol* 25(9):1583-1588, 2004
49. Liu G, Xu R, Ma W, Sun S, Feng J: Anatomical considerations for the placement of cervical transarticular screws. *J Neurosurg Spine* 14(1):114-121, 2011. doi: 10.3171/2010.9.SPINE1066. Epub 2010 Dec 17
50. Lu J, Ebraheim NA, Yang H, Heck BE, Yeasting RA: Anatomic considerations of anterior transarticular screw fixation for atlantoaxial instability. *Spine (Phila Pa 1976)* 23(11):1229-1235, 1998; discussion 1236
51. Lyu RK, Chen CJ, Tang LM, Chen ST: Spinal epidural abscess successfully treated with percutaneous, computed tomography-guided, needle aspiration and parenteral antibiotic therapy: case report and review of the literature. *Neurosurgery* 51(2):509-512, 2002; discussion 512
52. Marotta N, Cosar M, Pimenta L, Khoo LT: A novel minimally invasive presacral approach and instrumentation technique for anterior L5-S1 intervertebral discectomy and fusion: technical description and case presentations. *Neurosurg Focus* 20(1):E9, 2006
53. Masala S, Fiori R, Bartolucci DA, Volpi T, Calabria E, Novegno F, Simonetti G: Percutaneous decompression of lumbar spinal stenosis with a new interspinous device. *Cardiovasc Intervent Radiol* 35(2):368-374, 2012. doi: 10.1007/s00270-011-0167-1. Epub 2011 May 28
54. Mazur MD, Duhon BS, Schmidt MH, Dailey AT: Rectal perforation after AxiaLIF instrumentation: case report and review of the literature. *Spine J* 13(11):29-34, 2013. doi: 10.1016/j.spinee.2013.06.053. Epub 2013 Aug 24
55. Michel SC, Pfirrmann CW, Boos N, Hodler J: CT-guided core biopsy of subchondral bone and intervertebral space in suspected spondylodiskitis. *AJR Am J Roentgenol* 186(4):977-980, 2006
56. Milchteim C, Yu WD, Ho A, O'Brien JR: Anatomical parameters of subaxial percutaneous transfacet screw fixation based on the analysis of 50 computed tomography scans: Clinical article. *J Neurosurg Spine* 16(6):573-578, 2012. doi: 10.3171/2012.3.SPINE11449. Epub 2012 Apr 20
57. Miyamoto H, Sumi M, Uno K: Utility of modified transarticular screw in the middle and lower cervical spine as intermediate fixation in posterior long fusion surgery. *J Neurosurg Spine* 11(5):555-561, 2009. doi: 10.3171/2009.5.SPINE08348
58. Miyaji F, Mahar A, Oka R, Newton P: Biomechanical differences between transfacet and lateral mass screw-rod constructs for multilevel posterior cervical spine stabilization. *Spine (Phila Pa 1976)* 33(23):E865-869, 2008. doi: 10.1097/BRS.0b013e318184ace8
59. Mobbs RJ, Sivabalan P, Li J: Technique, challenges and indications for percutaneous pedicle screw fixation. *J Clin Neurosci* 18(6):741-749, 2011. doi: 10.1016/j.jocn.2010.09.019. Epub 2011 Apr 21
60. Neo M, Sakamoto T, Fujibayashi S, Nakamura T: A safe screw trajectory for atlantoaxial transarticular fixation achieved using an aiming device. *Spine (Phila Pa 1976)* 30(9):236-242, 2005
61. Oh HS, Kim JS, Lee SH, Liu WC, Hong SW: Comparison between the accuracy of percutaneous and open pedicle screw fixations in lumbosacral fusion. *Spine J*, 2013 May 3. pii: S1529-9430(13)00374-4. doi: 10.1016/j.spinee.2013.03.042. [Epub ahead of print]
62. Peh W: CT-guided percutaneous biopsy of spinal lesions. *Biomed Imaging Interv J* 2(3):e25, 2006. doi: 10.2349/bij.2.3.e25. Epub 2006 Jul 1
63. Pierot L, Boulin A: Percutaneous biopsy of the thoracic and lumbar spine: transpedicular approach under fluoroscopic guidance. *AJNR Am J Neuroradiol* 20(1):23-25, 1999
64. Rajasekaran S, Vidyadhara S, Shetty AP: Iso-C3D fluoroscopy-based navigation in direct pedicle screw fixation of Hangman fracture: a case report. *J Spinal Disord Tech* 20(8):616-619, 2007
65. Rajasekaran S, Tubaki VR, Shetty AP: Results of direct repair of type 2 hangman fracture using Iso-C3D navigation: 20 cases. *J Spinal Disord Tech* 25(5):134-139, 2012. doi: 10.1097/BSD.0b013e31825bcfe9
66. Reindl R, Sen M, Aebi M: Anterior instrumentation for traumatic C1-C2 instability. *Spine (Phila Pa 1976)* 28(17):329-333, 2003
67. Renfrew DL, Whitten CG, Wiese JA, el-Khoury GY, Harris KG: CT-guided percutaneous transpedicular biopsy of the spine. *Radiology* 180(2):574-576, 1991
68. Rimondi E, Staals EL, Errani C, Bianchi G, Casadei R, Alberghini M, Malaguti MC, Rossi G, Durante S, Mercuri M: Percutaneous CT-guided biopsy of the spine: results of 430 biopsies. *Eur Spine J* 17(7):975-981, 2008. doi: 10.1007/s00586-008-0678-x. Epub 2008 May 8

69. Schmidt R, Richter M, Gleichsner F, Geiger P, Puhl W, Cakir B: Posterior atlantoaxial three-point fixation: comparison of intraoperative performance between open and percutaneous techniques. *Arch Orthop Trauma Surg* 126(3):150-156, 2006
70. Sehn JK, Gilula LA: Percutaneous needle biopsy in diagnosis and identification of causative organisms in cases of suspected vertebral osteomyelitis. *Eur J Radiol* 81(5):940-946. 2012. doi: 10.1016/j.ejrad.2011.01.125. Epub 2011 Apr 1
71. Sen MK, Steffen T, Beckman L, Tsantrizos A, Reindl R, Aebi M: Atlantoaxial fusion using anterior transarticular screw fixation of C1-C2: technical innovation and biomechanical study. *Eur Spine J* 14(5):512-518, 2005
72. Sonmez E, Coven I, Sahinturk F, Yilmaz C, Caner H: Unilateral percutaneous pedicle screw instrumentation with minimally invasive TLIF for the treatment of recurrent lumbar disk disease: 2 years follow-up. *Turk Neurosurg* 23(3):372-378, 2013. doi: 10.5137/1019-5149.JTN.7122-12.1
73. Sucu HK, Çiçek C, Rezanko T, Bezircioğlu H, Erşahin Y, Tunakan M, Minoğlu M: Percutaneous computed-tomography-guided biopsy of the spine: 229 procedures. *Joint Bone Spine* 73(5):532-537, 2006
74. Sucu HK, Akkol I, Minoglu M, Gelal F: Percutaneous anterior odontoid screw fixation. *Minim Invasive Neurosurg* 51(2):106-108, 2008. doi: 10.1055/s-2007-1022543
75. Sugimoto Y, Ito Y, Shimokawa T, Shiozaki Y, Mazaki T: Percutaneous screw fixation for traumatic spondylolisthesis of the axis using iso-C3D fluoroscopy-assisted navigation (case report). *Minim Invasive Neurosurg* 53(2):83-85, 2010. doi: 10.1055/s-0030-1247503. Epub 2010 Jun 8
76. Sun HY, Lee JW, Kim KJ, Yeom JS, Kang HS: Percutaneous intervention of the C2 vertebral body using a CT-guided posterolateral approach. *AJR Am J Roentgenol* 193(6):1703-1705, 2009. doi: 10.2214/AJR.09.2783
77. Tabo E, Ohkuma Y, Kimura S, Nagaro T, Arai T: Successful percutaneous drainage of epidural abscess with epidural needle and catheter. *Anesthesiology* 80(6):1393-1395, 1994
78. Takami M, Yamada H, Nohda K, Yoshida M: A minimally invasive surgery combining temporary percutaneous pedicle screw fixation without fusion and vertebroplasty with transpedicular intracorporeal hydroxyapatite blocks grafting for fresh thoracolumbar burst fractures: prospective study. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2013 Jul 5. [Epub ahead of print]
79. Takayasu M, Hara M, Yamauchi K, Yoshida M, Yoshida J: Transarticular screw fixation in the middle and lower cervical spine. Technical note. *J Neurosurg* 99(1 Suppl):132-136, 2003
80. Tehranzadeh J, Freiburger RH, Ghelman B: Closed skeletal needle biopsy: review of 120 cases. *AJR Am J Roentgenol* 140(1):113-115, 1983
81. Tian W, Weng C, Liu B, Li Q, Hu L, Li ZY, Liu YJ, Sun YZ: Posterior fixation and fusion of unstable Hangman's fracture by using intraoperative three-dimensional fluoroscopy-based navigation. *Eur Spine J* 21(5):863-871, 2012. doi: 10.1007/s00586-011-2085-y. Epub 2011 Nov 23
82. Tobler WD, Melgar MA, Raley TJ, Anand N, Miller LE, Nasca RJ: Clinical and radiographic outcomes with L4-S1 axial lumbar interbody fusion (AxialIF) and posterior instrumentation: a multicenter study. *Med Devices (Auckl)* 6:155-161, 2013. doi: 10.2147/MDER.S48442
83. Vaccaro AR, Lehman AP, Ahlgren BD, Garfin SR: Anterior C1-C2 screw fixation and bony fusion through an anterior retropharyngeal approach. *Orthopedics* 22(12):1165-1170, 1999
84. Voyadzis JM, Anaizi AN: Minimally invasive lumbar transfacet screw fixation in the lateral decubitus position after extreme lateral interbody fusion: a technique and feasibility study. *J Spinal Disord Tech* 26(2):98-106, 2013. doi: 10.1097/BSD.0b013e318241f6c3
85. Wang J, Zhou Y, Zhang ZF, Li CQ, Zheng WJ, Liu J: Comparison of percutaneous and open anterior screw fixation in the treatment of type II and rostral type III odontoid fractures. *Spine (Phila Pa 1976)* 36(18): 1459-1463, 2011. doi: 10.1097/BRS.0b013e3181f46ee8
86. Wang J, Zhou Y, Zhang Z, Li C, Zheng W, Zhang Y: Minimally invasive anterior transarticular screw fixation and microendoscopic bone graft for atlantoaxial instability. *Eur Spine J* 21(8):1568-1574, 2012
87. Wang J, Zhou Y, Zhang ZF, Li CQ, Zheng WJ, Liu J: Radiological study on disc degeneration of thoracolumbar burst fractures treated by percutaneous pedicle screw fixation. *Eur Spine J* 22(3):489-494, 2013. doi: 10.1007/s00586-012-2462-1. Epub 2012 Aug 14
88. Wang MY, Prusmack CJ, Green BA, Gruen JP, Levi AD: Minimally invasive lateral mass screws in the treatment of cervical facet dislocations: technical note. *Neurosurgery* 52(2):444-447, 2003; discussion 447-448
89. Wang MY, Levi AD: Minimally invasive lateral mass screw fixation in the cervical spine: initial clinical experience with long-term follow-up. *Neurosurgery* 58(5):907-912, 2006; discussion 907-912

90. Ward JC, Jeanneret B, Oehlschlegel C, Magerl F: The value of percutaneous transpedicular vertebral bone biopsies for histologic examination. Results of an experimental histopathologic study comparing two biopsy needles. *Spine (Phila Pa 1976)* 21(21):2484-2490, 1996
91. Wilson JR, Timothy J, Rao A, Sagar PM: Retrieval of a migrated AxiaLIF lumbosacral screw using fluoroscopic guidance with simultaneous real-time sigmoidoscopy: technical report. *Spine (Phila Pa 1976)* 38(20):E1285-1287, 2013. doi: 10.1097/BRS.0b013e31829fef1b
92. Wu AM, Wang XY, Chi YL, Xu HZ, Weng W, Huang QS, Ni WF: Management of acute combination atlas-axis fractures with percutaneous triple anterior screw fixation in elderly patients. *Orthop Traumatol Surg Res* 98(8):894-989, 2012. doi: 10.1016/j.otsr.2012.09.006. Epub 2012 Nov 15
93. Wu YS, Lin Y, Zhang XL, Tian NF, Sun LJ, Xu HZ, Chi YL, Pan ZJ: Management of hangman's fracture with percutaneous transpedicular screw fixation. *Eur Spine J* 22(1):79-86, 2013. doi: 10.1007/s00586-012-2578-3. Epub 2012 Nov 19
94. Xu H, Chi YL, Wang XY, Dou HC, Wang S, Huang YX, Xu HZ: Comparison of the anatomic risk for vertebral artery injury associated with percutaneous atlantoaxial anterior and posterior transarticular screws. *Spine J* 12(8):656-562, 2012. doi: 10.1016/j.spinee.2012.05.010. Epub 2012 Jun 23
95. Yang SC, Fu TS, Chen LH, Niu CC, Lai PL, Chen WJ: Percutaneous endoscopic discectomy and drainage for infectious spondylitis. *Int Orthop* 31(3):367-373, 2007
96. Yang WE, Ng ZX, Koh KM, Low SW, Lwin S, Choy KS, Seet E, Yeo TT: Percutaneous pedicle screw fixation for thoracolumbar burst fracture: a Singapore experience. *Singapore Med J* 53(9):577-581, 2012
97. Yoshida G, Kanemura T, Ishikawa Y: Percutaneous Pedicle Screw Fixation of a Hangman's Fracture Using Intraoperative, Full Rotation, Three-dimensional Image (O-arm)-based Navigation: A Technical Case Report. *Asian Spine J* 6(3):194-198, 2012. doi: 10.4184/asj.2012.6.3.194. Epub 2012 Aug 21
98. Zeilstra DJ, Miller LE, Block JE: Axial lumbar interbody fusion: a 6-year single-center experience. *Clin Interv Aging* 8:1063-1069, 2013. doi: 10.2147/CIA.S49802. Epub 2013 Aug 12
99. Zhao L, Xu R, Liu J, Konrad J, Ma W, Jiang W, Li M, Xia H, Hua Q, Wang G: Comparison of two techniques for transarticular screw implantation in the subaxial cervical spine. *J Spinal Disord Tech* 24(2):126-131, 2011. doi: 10.1097/BSD.0b013e3181dd6102