

Odontoid Kırıkları Odontoid Fractures

Öz

Odontoid kırıkları ikinci servikal vertebranın (C2) kırıkları arasında en sık görüleni ve 65 yaş üstünde en yaygın görülen servikal vertebra kırık tipidir. Gençlerde genellikle yüksek enerjili travma sonrasında görülmekte iken ileri yaşlarda sıklıkla kendi yüksekliğinden düşme gibi basit travmalarda sık görülür.

Anderson ve D'alonzo tarafından ilk kez yapılan ve halen kullanılan sınıflamaya göre tip I, II ve III olmak üzere üç tipe ayrılır. Tip I; odontoid çıkıntının uç kısmında meydana gelen kırıklardır. Tip II; odontoid boynu-C2 gövdesi birleşme noktasında olan kırıklardır. Tip III; C2 gövdesinin de kırık hattına dahil olduğu kırık tipidir. Daha sonrasında Grauer cerrahi tedavi seçiminde kolaylık sağlayacak şekilde Tip II kırıkları Tip IIa ve Tip IIb olarak ayırdı.

Tedavi, cerrahi ve konservatif olarak iki ana başlıkta değerlendirilmektedir. Genel yaklaşım Tip I ve komplike olmayan Tip III kırıkların konservatif yöntemler ile, Tip II kırıkların ise cerrahi olarak tedavi edilmesi yönünde olsa bile Tip II kırıkların tedavisi, konservatif tedavi yöntemleri ile arada fark olmadığı gösteren çalışmalar sebebiyle halen tartışmalıdır.

Konservatif tedavi yöntemleri, dışardan sabitleme şeklinde olan Halo yelek, Minerva ceket gibi kranio-serviko-toraksik sabitleyiciler veya Philadelphia, Miami, Aspen gibi sert servikal boyunluklar kullanılarak yapılır.

Cerrahi tedavi seçenekleri, anterior odontoid vidası veya posterior atlantoaksial stabilizasyon yapılarak, hastaya ve kırık şekline göre değişen birçok farklı teknikte uygulanabilir.

Sonuç olarak odontoid kırıkları gerek sınıflandırma yöntemleri gerekse hastanın genel sağlık durumu, yaşı, komorbiditeleri göz önüne alınarak tedavi edilmesi gereken bir hastalıktır. Günümüzde ortalama ömrün uzaması ile yaşlı popülasyonda giderek artan sıklıkta karşımıza çıkmaktadır. Doğru tekniğin seçilmesi tedavi başarısında çok önemlidir.

Anahtar Sözcükler: Odontoid kırıkları, Sınıflama, Cerrahi teknikler, Tedavi seçenekleri

ABSTRACT

Odontoid fractures are the most common fractures of the second cervical vertebra (C2) and the most common type of cervical vertebra fracture in people over the age of 65. While it is usually seen after high-energy trauma in young people, it is often seen in older ages after simple traumas such as falling from one's own high.

According to the classification first made by Anderson and D'alonzo and still used today, it is divided into three types: type I, II and III. Type I are fractures occurring at the tip of the odontoid process. Type II are fractures at the junction of the odontoid neck-C2 body. Type III; It is the type of fracture in which the C2 body is included in the fracture line. Subsequently, Grauer divided Type II fractures into Type IIa and Type IIb to facilitate the selection of surgical treatment.

Treatment is evaluated under two main headings as surgical and conservative. Although the general approach is to treat Type I and uncomplicated Type III fractures with conservative methods and Type II fractures surgically, the treatment of Type II fractures is still controversial due to studies showing that there is no difference between conservative treatment methods.

Conservative treatment methods are performed using external fixation cranio-cervico-thoracic stabilizers such as Halo vest and Minerva jacket or rigid cervical collars such as Philadelphia, Miami and Aspen.

Surgical treatment options can be performed by anterior odontoid screw or posterior atlantoaxial stabilization with many different techniques depending on the patient and the fracture shape.

In conclusion, odontoid fractures are a disease that should be treated considering both the classification methods and the general health status, age and comorbidities of the patient. Nowadays, with the prolongation of life expectancy, odontoid fractures are encountered with increasing frequency in the elderly population. Choosing the right technique is very important for treatment success.

Keywords: Odontoid fractures, Classifications, Surgical techniques, Treatment options

GENEL BİLGİLER

Odontoid çıkıntı ikinci servikal vertebra olan aksis (C2) nin, ilk servikal vertebra olan atlas ile arasında eşsiz bir bağlantıyı oluşturan yapıdır. Bu baş ve boyunun rotasyon hareketine en çok katkısı sağlayan eklem birlikteliğidir.

Atlantoaksiyel rotasyon hareketi, servikal omurgadaki rotasyonel hareketin yaklaşık %30-40'ını oluşturur. Fleksiyon hareketine %10-20, lateral eğilmeye %5-10 katkı sağlar (12).

Odontoid, atlantoaksiyel eklem stabilizasyonun kilit taşıdır. Atlasın ön arkusunun arka yüzünde bulunan eklem yüzeyine oturur, uç kısmından alar ligamanlar ve apikal ligaman ile oksipital kemiğin bazisine bağlanır. Krusiat ligamanın parçası olan transvers ligaman ile Atlas ön arkusu arka yüzüne sabitlenir. Özellikle transvers ligaman rüptürleri, odontoid'in geriye doğru hareketine izin vereceği için tek başına instabiliteye sebep olurlar (12).

Odontoid kırıkları, gençlerde yüksek enerjili travmalar, yaşlılarda ise genellikle kendi yüksekliğinden düşme sebebiyle oluşmaktadır (6). Motorlu taşıt kazaları, odontoid kırıklarının %70'ine sebep olurken, bunu %20 ile düşmeler ve %10 ile kafaya alınan darbeler takip eder (7). Tüm yaşlarda, servikal omurga yaralanmalarının %20 sebebini oluştururken, 65 yaş üstünde, servikal omurganın en sık görülen kırığıdır (1,12).

Yaşlı yetişkin popülasyonunda, odontoid kırıklarının baskınlığı, kısmen zayıflamış osteoporotik kemik nedeniyle odontoidin daha kuvvetsiz olmasıdır. Subaksiyal servikal omurganın spondilozuna bağlı olarak travma sırasında üst servikal omurgaya daha fazla yük ve hareket aktarılması odontoid kırılma mekanizmalarından biridir. Tepki verme süresi ve denge kontrolünün azalması da etkilidir (7).

TANI

Odontoid kırıklarının tanısında öncelikle şüphelenmek gerekir. Sonrasında muayene ve uygun görüntüleme yönteminin seçilmesi tanıya giden yoldur.

Anamnez alırken; tüm yaşlarda, yüksek enerjili travma, ileri yaş hastalarda minör travma öyküsü şüphelenmek için yeterlidir. Kafanın bir yere çarparak hareketinin sonlanması

(havuz tabanı veya araç tavanı gibi) veya başın rotasyonu ile oluşan travmaların da (spor yaralanmaları, darp vb) odontoid kırığına sebep olabileceği unutulmamalıdır.

Muayene sırasında; boyun ağrısı, ense ağrısı, palpasyonla özellikle C2 vertebra spinöz süreci üzerinde hassasiyet, boyun hareketlerinde kısıtlılık tortikolis görülebilir. Nörolojik defisit eşlik edebileceği gibi tamamen normal de olabilir.

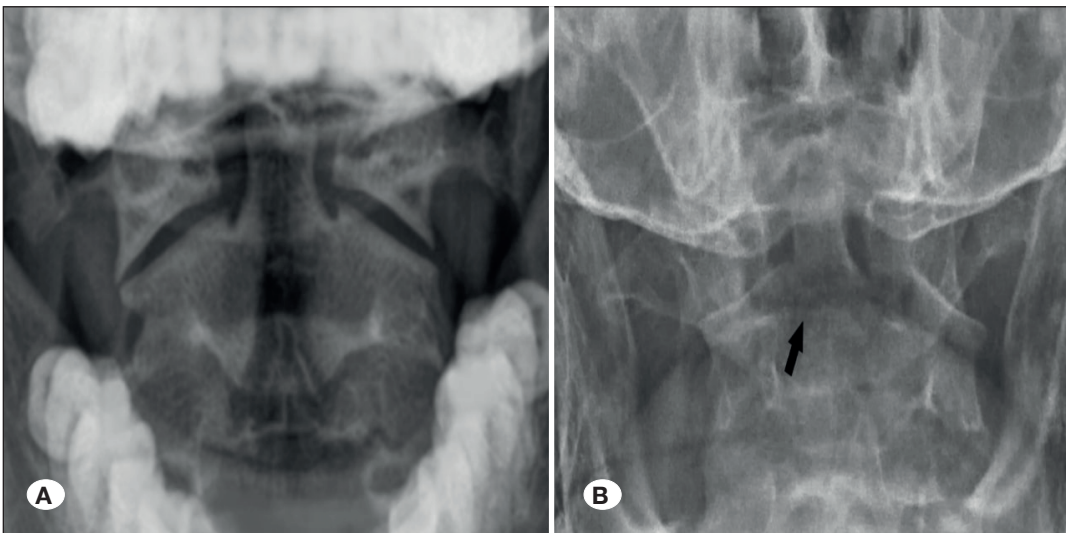
Görüntüleme yöntemi olarak; direkt grafiler (DG), bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MR) kullanılır. Bunların içinde kemik dokuyu en iyi gösteren yöntem BT dir.

Ağız açık odontoid grafisi geleneksel olarak kullanılan en eski görüntüleme yöntemidir, hızlı ve yatak başı yapılabilmesi, kolay ulaşılabilir olması, düşük doz radyasyon içermesi hâlen kullanımda olma sebebidir. Direkt grafinin ayrıntılı kemik görüntü verememesi, entübe veya ağız açıklığını sağlayamayan hastalarda çekim kalitesinin kötü olması ve iki boyutlu olması dezavantajlardır (Şekil 1).

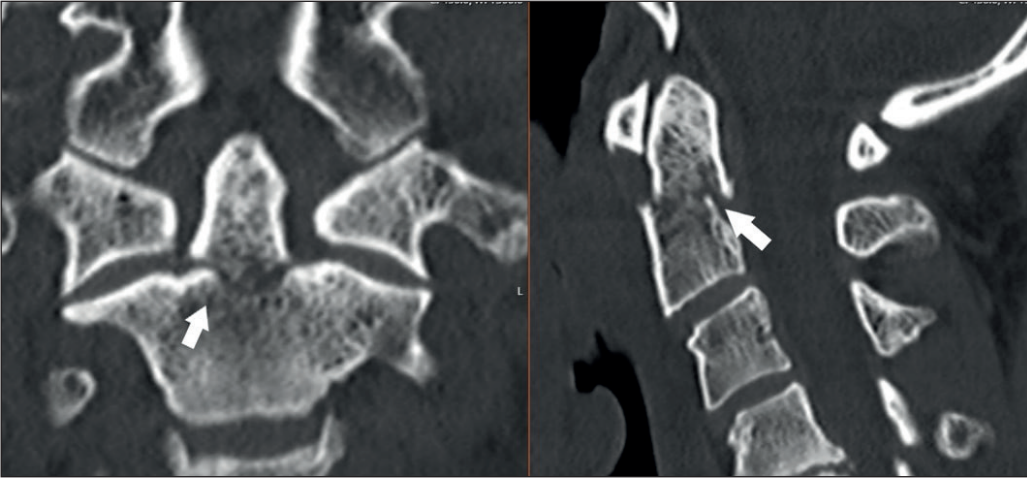
Bilgisayarlı tomografinin ise; ayrıntılı ve kesitsel olarak üç düzlemde de kaliteli kemik görüntüleme sağlaması, kırık tipi ve karmaşık üst servikal anatomiye net olarak göstermesi, kanamaları göstermedeki üstünlüğü, üç boyutlu (3D) yapılabilmesi, yaygın kullanımda olması ve ulaşım kolaylığı onu tanıda altın standart hâline getirmiştir. Radyasyon içeriğinin yüksek olması, gebelerde kullanımının sınırlı olması, yumuşak doku, disk ve ligamanlar hakkında sınırlı bilgi vermesi, hastanın bulunduğu servisten BT ünitesine gitmesi gerekliliği ise dezavantajlardır (Şekil 2).

Manyetik rezonans görüntülemenin, yumuşak dokuyu ayrıntılı göstermesi, ligaman, eklem kapsülü, disk yapıları ve kordun durumunu göstermedeki başarısı, radyasyon içermemesi ve gebelerde kolay kullanılabilmesi avantajlardır. MR cihazına ulaşım zorluğu, görüntüleme süresinin uzun olması, görüntülerin yorumlanmasında deneyim gerektirmesi, kemik dokuyu göstermede zayıf olması dezavantajlardır.

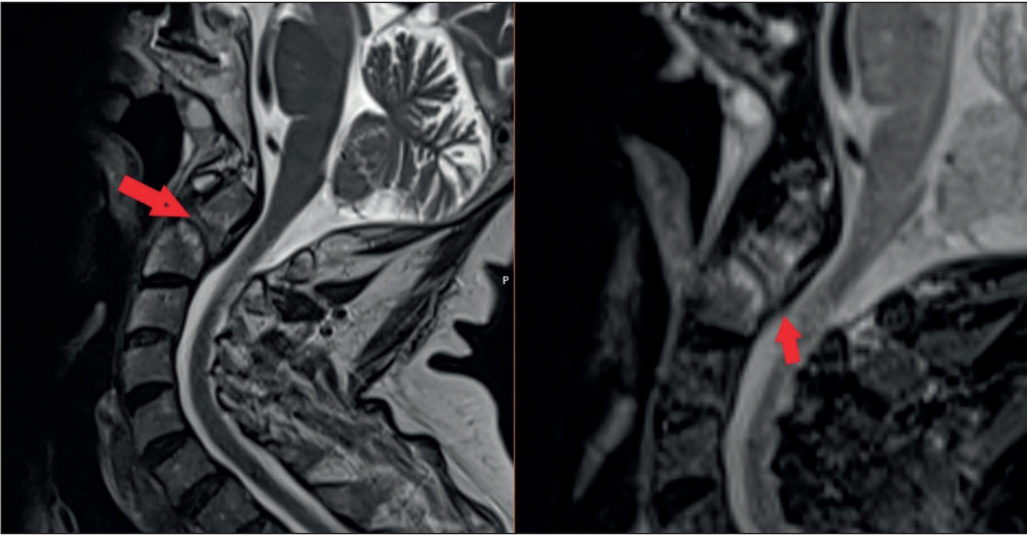
BT de kemik kalitesi zayıf olan veya kırık berraklığı ve yaşı belirsiz olan yaşlı hastalarda, MR görüntülemeye kırık bölgesinde taze hematoma ve/veya kemik ödeminin varlığı akut yaralanmayı doğrulayabilir (Şekil 3) (12).



Şekil 1: A) Ağız açık odontoid grafisi, **B)** Ağız açık odontoid grafisinde Tip III odontoid kırığı.



Şekil 2: Tip II odontoid kırığı BT görüntüsü.



Şekil 3: Tip II odontoid kırığı MR görüntüsü.

SINIFLAMA

Anderson ve D'Alanzo 1974 yılında odontoid kırıklarını üç tipe ayırarak aşağıdaki şekilde sınıflamışlardır (Şekil 4) (1).

Tip I, odontoid çıkıntının üst kısmındaki eğik bir kırıktır ve alar ligamanın odontoid çıkıntının ucuna bağlandığı yerde oluşan bir avülsiyon kırığı olduğu düşünülmektedir.

Tip II, odontoid prosenin ikinci servikal vertebra gövdesi ile birleştiği yerde meydana gelen bir kırıktır.

Tip III, kırık hattı aşağıya doğru vertebra gövdesinin süngerimsi kansellöz kısmına doğru uzanır ve aslında C2 gövdesi boyunca bir kırıktır.

Ayrıca Tip II kırıklar kendi içerisinde, Eysel tarafından 1993 de Grauer tarafından 2004 de modifiye edilerek yeniden şekillendirilmiştir (Şekil 5).

Tip IIA; 1 mm'den az yer değiştiren enine kırıklar,

Tip IIB; 1 mm'den fazla yer değiştirmiş enine kırıklar veya anterosuperiordan posteroinferior'a doğru yönelmiş kırık hattı olanlar

Tip IIC; anteroinferiordan posterosuperiora doğru yönelmiş kırık hattı olanlar veya parçalanmanın olduğu kırıklar olarak alt sınıflara ayrıldı (3,4).

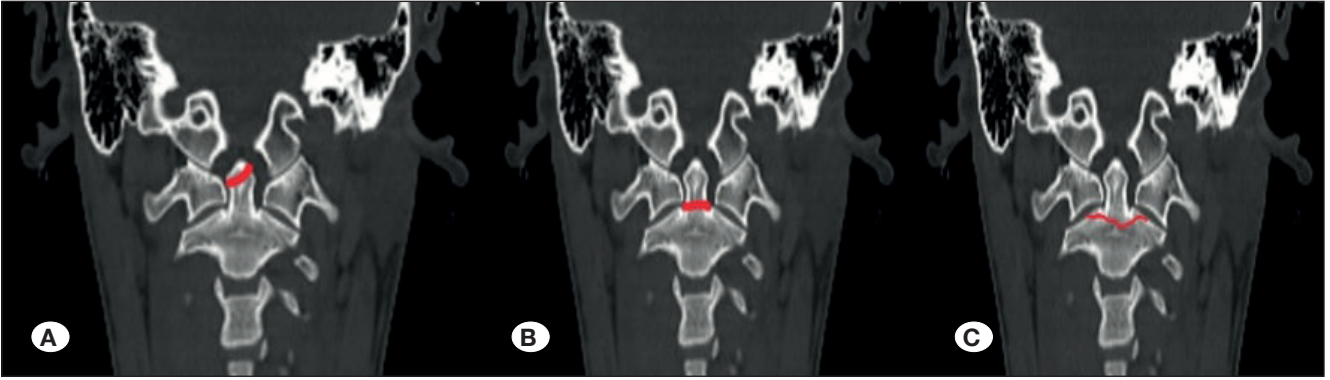
Tip I yaralanmalar nadirdir (yaklaşık %1). Benzer görünüme sahip olabilen os odontoideum ve alar veya apikal ligamanların ossifikasyonundan ayırt edilmelidirler (12).

Tip II kırıklar en yaygın olanıdır; odontoid kırıklarının yaklaşık %75'ini temsil eder. Zayıf kan akışı, ince trabeküler kemik ve apikal ve alar ligamanların distraktif kuvvetleri bu bölgedeki zayıf iyileşmenin sebebidir. Tip II odontoid kırıkları en kötü prognoza ve yüksek kaynamama riskine sahiptir (12). Transvers ligaman rüptürleri de tıpkı Tip II kırıklar gibi tedavi edilirler (Şekil 6).

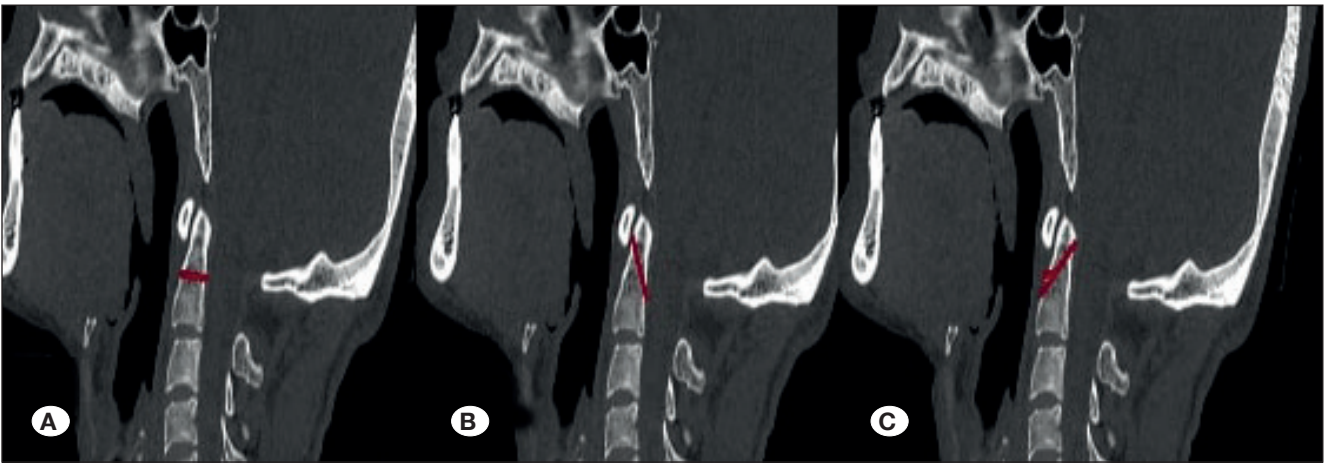
Tip III kırıklar geniş kırık kemik alanı sebebiyle, Tip II kırıklarla karşılaştırıldığında daha iyi iyileşme potansiyeline sahiptir (12).

TEDAVİ

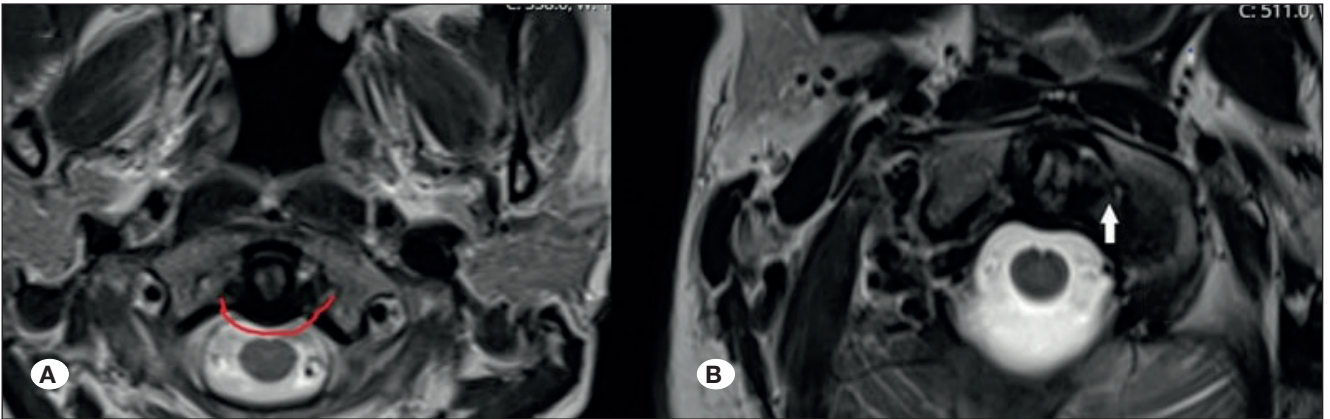
Odontoid çıkıntının kortikal kemikten zengin olması ve vasküler beslenmesinin az ve C2 bağlantı noktasından olması, ileri yaş grubunda osteoporoz ile birlikte daha sık görülmesi, kırığın başarısız kaynamasının başlıca nedenleridir. Odontoid kırığı olan hastaların tedavisini belirlerken; klinik muayene bulguları, hastanın anatomik yapısı, ek hastalıkları, yaşı, kırığın morfolojisi, kırığın dahil olduğu sınıflama tipi, cerrahın deneyimi en önemli ve göz önünde bulundurulması gereken faktörlerdir.



Şekil 4: Anderson D'Alanzo Odontoid kırığı Sınıflaması; A) Tip I, B) Tip II, C) Tip III.



Şekil 5: Eysel ve Grauer Tip II odontoid kırığı sınıflaması; A) TipIIA, B) Tip IIB, C) Tip IIC.



Şekil 6: A) Transvers ligaman MR görüntüsü, B) Rüptüre transvers ligaman MR görüntüsü.

Odontoid kırıkların tedavisi, koruyucu (konservatif) ve cerrahi tedaviler olarak iki ana başlık altında incelenir.

Koruyucu tedaviler, eksternal immobilizasyon ortezleri ile sağlanır. Halo, Somi, Minerva ortezler daha rijit, Miami, Aspen ve Philadelphia gibi sert boyunluklar ise iyi derecede stabilizasyon sağlarlar. Cerrahi tedavi seçenekleri, yaklaşım yönüne göre; anterior ve posterior spinal fiksasyon teknikleri olarak ikiye ayrılır.

Anderson ve D'Alanzo sınıflaması, odontoid kırıklarında doğru tedavi seçeneğinin belirlenmesi ve tedavi standardı için anahtar rol oynar.

Yapılan çalışmaların sonucunda genel kanı olarak,

Tip I odontoid kırıklarının tedavisinde sert boyunlukların 8-12 hafta kullanılması yeterlidir. Halo veya somi fiksasyon ile sert boyunluk kullanımı arasında Tip I kırıkların tedavisinde bir fark bulunamamıştır.

Tip II odontoid kırıkları daha zor füzyon olduğu için, tedavisinde cerrahi daha sıklıkla tercih edilir. Odontoid kemiğin beslenmesi, Tip II kırıkların olduğu boyun bölgesinden olduğu için füzyon oranlarının düşük olmasının ana sebebinin bu olduğu düşünülmüştür.

Cerrahi tedavi Tip II kırıklarda son zamanlarda yapılan çalışmalar ile tartışmaya açılmış, koruyucu tedaviler ile bazı Tip II kırıkların tedavi edilebildiği görülmüştür (6,10,12,14,15).

Tip II kırıklarda; hastanın 65 yaşından daha büyük olması, transvers ligaman hasarı, kırık açılanmasının 10 dereceden fazla olması, kırık odontoid parçasının 4 mm'den fazla ve özellikle posteriora yer değiştirmesi gibi etkenler konservatif tedavinin etkinliğini azaltır. Bu hastalara erken cerrahi tedavi uygulanmalıdır (6).

Tip III odontoid kırıklarının, geniş tabanlı, açılanma ve kayma olmayan stabil kırıklarında sert boyunlukların 8-12 hafta kullanımı yeterli görülmüştür (12). Ancak anteriora açılanma ve kayma mevcut ise cerrahi tedavi önerilmektedir (6,15).

Tip III odontoid kırıkları, artan kemik temas alanı ve gelişmiş kan akışı nedeniyle tip II ile karşılaştırıldığında daha iyi iyileşme potansiyeline sahiptir. Odontoid kemiğin kırılan kısmındaki yüksek kanlanma nedeniyle füzyon oranları yüksektir. Çoğu yazar, vakaların %85 ila %100'ünde başarılı kaynamanın gerçekleştiği sert boyunluk ile harici immobilizasyon önermektedir (10,11,14).

Halo ceket, geleneksel olarak harici immobilizasyon için referans noktası olarak kabul edilmiştir, çünkü en rijit immobilizasyonu sağlar. Ancak zayıf bir şekilde tolere edilir ve %35 oranında komplikasyon oranlarına sahiptir; en yaygın komplikasyonları, gevşeme ve pin bölgesi enfeksiyonlarıdır. Aynı zamanda normal solunum fonksiyonunu kısıtlayan rijidite sebebiyle ve pnömoni ve kalp durması gibi komplikasyonlara yol açtığından yaşlı hastalarda önemli ölçüde daha yüksek morbidite ve mortalite ile ilişkilidir (10,12,17).

Bununla beraber Greene ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, Tip III kırığı olan 77 hastanın retrospektif incelenmesinde ve 69'unun halo veya Somi ile tedavisi sonrasında başarı elde edildiği ve kaynamama oranının sadece %1,4 olduğu bildirilmiştir (5).

Niemeier ve arkadaşlarının çalışmasında ise, kompleks Tip III odontoid kırıklarının %21'i eksternal immobilizasyonla yeterince tedavi edilememiş ve füzyon cerrahisi gerekmiştir (11).

Eksternal immobilizasyon ile tedavisi; Tip I ve Tip III kırıklarda sert boyunluk oldukça başarılıdır, yüksek füzyon oranlarına sahiptir. Kaynama olmaması durumunda cerrahi tedavi seçeneği kullanılabilir. Halo ceket veya Somi, Tip II kırıklar gibi, çok daha rijit stabilizasyon gerektiren, baş boyun ve göğüs bölgesinin hareketsiz kalması gerektiren durumlarda kullanılır.

Eksternal fiksasyon 1990'larda daha popüler iken, 2000'li yıllardan sonra cerrahi stabilizasyon çok daha tercih edilen bir yöntem oldu. Tip II kırıklarda, cerrahi ve konservatif tedavilerin sonuçları hakkında birçok çalışma bulunmaktadır. Özellikle yaşlı hastalarda, kırığın kaynamama oranlarının yüksekliği ve buna bağlı daha yüksek mortalite ve morbidite oranları yüzünden Halo boyunluklar yerine, başarılı füzyon ve düşük mortaliteleri sebebiyle cerrahi tedavi daha çok tercih edilmektedir (2,8,15).

Cerrahi tedavi yaklaşım yönü olarak anterior ve posterior olarak ikiye ayrılır;

Anterior yaklaşımda, anterior odontoid fiksasyonu ilk tercih edilen ve en sık kullanılan cerrahi yöntemdir. 1982 yılında

Bohler tarafından ilk kez tarif edilmiştir ve cerrahi tedaviye dahil olmuştur. Kazan ve arkadaşları tarafından 1999'da ilk kez perkütan anterior odontoid vidalama tekniği tanımlanmıştır (9). C1-C2 eklem hareketini ve omurga biyomekaniğini koruması, Tip III kırıklarda neredeyse %100'e ulaşan füzyon başarısı, greftleme gerektirmemesi avantajlardır (6,13). Fıçı şeklinde göğüs, kısa boyun ve servikal veya torasik kifoz gibi vücut yapısı uygun olmayan hastalarda ve odontoid kırığının anterior horizontal şeklinde olduğu Tip IIC kırıklarda, parçalı ufalanmış kırık hattı olanlarda ayrıca transvers ligaman rüptürü mevcut ise anterior odontoid vidası ile stabilizasyon kullanılmaz. Kemik kalitesi kötü olan ileri yaştaki hastalarda da yüksek kaynamama oranı yüzünden tavsiye edilmez (6,12,13). Özellikle Tip II odontoid kırıklarında, posterior fiksasyon cerrahileri ile karşılaştırıldığında anterior odontoid vidalama hâlen daha düşük füzyon ve daha yüksek re-operasyon oranları nedeni ile daha başarısız görülmektedir (Şekil 7) (13,16).

Posterior yaklaşımda en sık kullanılan yöntem C1 lateral mass-C2 pedikül vidalama yöntemi olan Goel-Harms tekniğidir. C1-C2 transartiküler vidalama yöntemi olan Mageryl tekniği ikinci sıklıkta tercih edilen yöntemdir (6,12).

Anatomi bu teknikler için uygun olmadığı zaman veya pediatrik hastalarda, kemik greft kullanarak yapılan ancak günümüzde tercih edilmeyen interlaminar telleme, Gallie, Brooks ve Sonntag ve spinöz proçesten yapılan Roy-Camille teknikleri kullanılabilir. Standart C1-2 stabilizasyon uygun pediatrik vakalarda tercih edilmelidir (Şekil 8).

Posterior stabilizasyon; ileri yaşta, kemik kalitesi kötü olan hastalar, Tip II odontoid kırıklar (özellikle Tip IIA ve C), kayma ve açılanmanın olduğu Tip III kırıklar, anterior odontoid vidalama veya konservatif yöntemler ile tedavi sonrası başarısız füzyon gelişmiş hastalarda güvenle tercih edilecek cerrahi yöntemdir. En yüksek füzyon oranına sahip tekniktir. Deneysel gerektirmesi, vertebral arter gibi önemli yapılara zarar verme olasılığının olması, daha uzun süren operasyon ve iyileşme süresi, servikal rotasyon hareketini büyük ölçüde engellemesi dezavantajlardır (Şekil 9,10) (12).

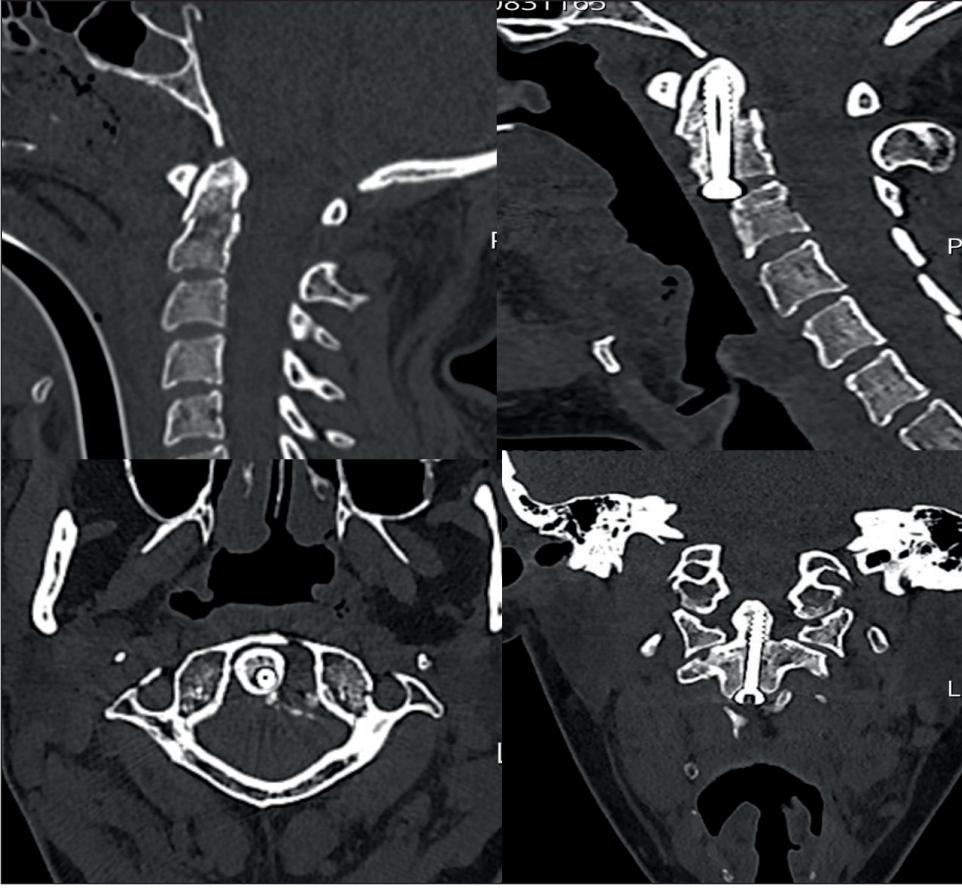
SONUÇ

Tip I ve açılanma ve kayma olmayan Tip III odontoid kırıklarda öncelik, sert boyunluklar ile 8-12 hafta tedavidir.

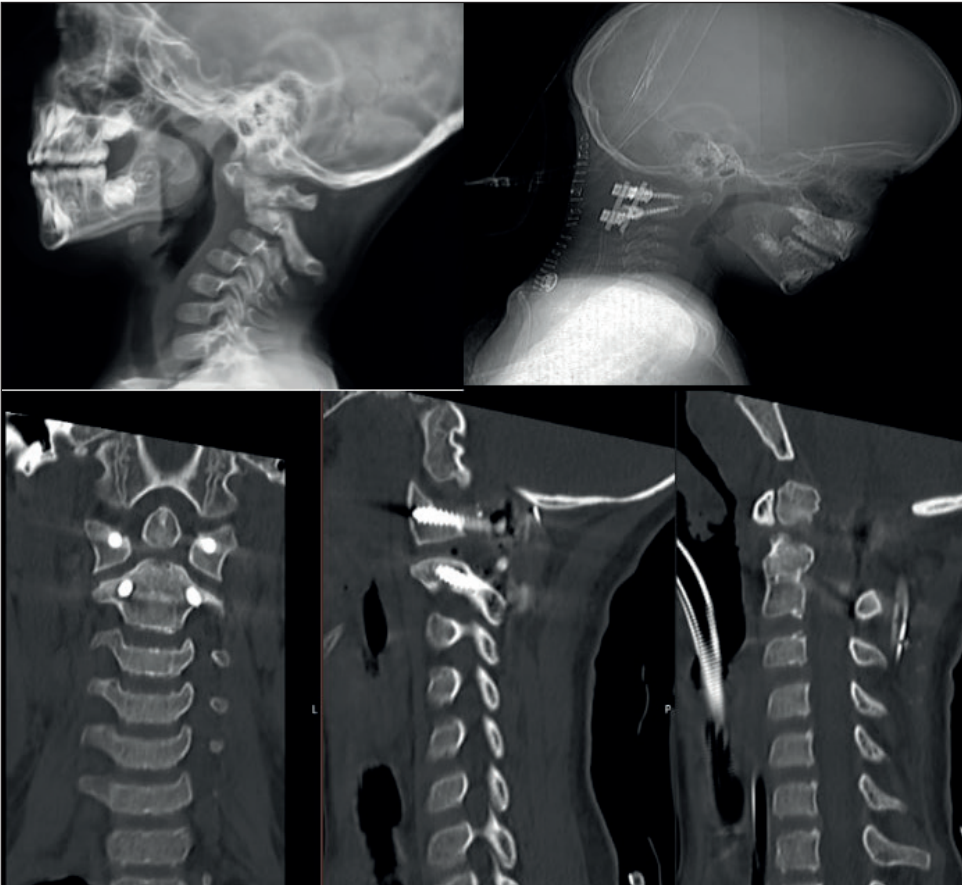
Tip II odontoid kırıklı hastada; hasta genç, kırık ayrışmamış ve kemik kalitesi iyi ise öncelikle konservatif yöntemler (Halo, Somi, Minerva, Aspen, Philadelphia boyunluklar) ile tedavi önerilir. Elli yaş üstü, kötü kemik kalitesi olan, 6 mm üstünde özellikle posteriora kayması olan, 10 derecenin üstünde açılanması olan, parçalı veya ufalanmış kırığı olan, tedavisi 4 günden daha fazla gecikmiş hastalarda cerrahi stabilizasyon tedavileri önerilir.

Anterior odontoid vidalama tekniği genç, kırığı ayrışmamış, transvers ligaman rüptürü olmayan Tip IIA, Tip IIB ve Tip III kırıklarda konservatif yöntemlere göre daha yüksek başarı oranlarına sahiptir ve tercih edilebilir.

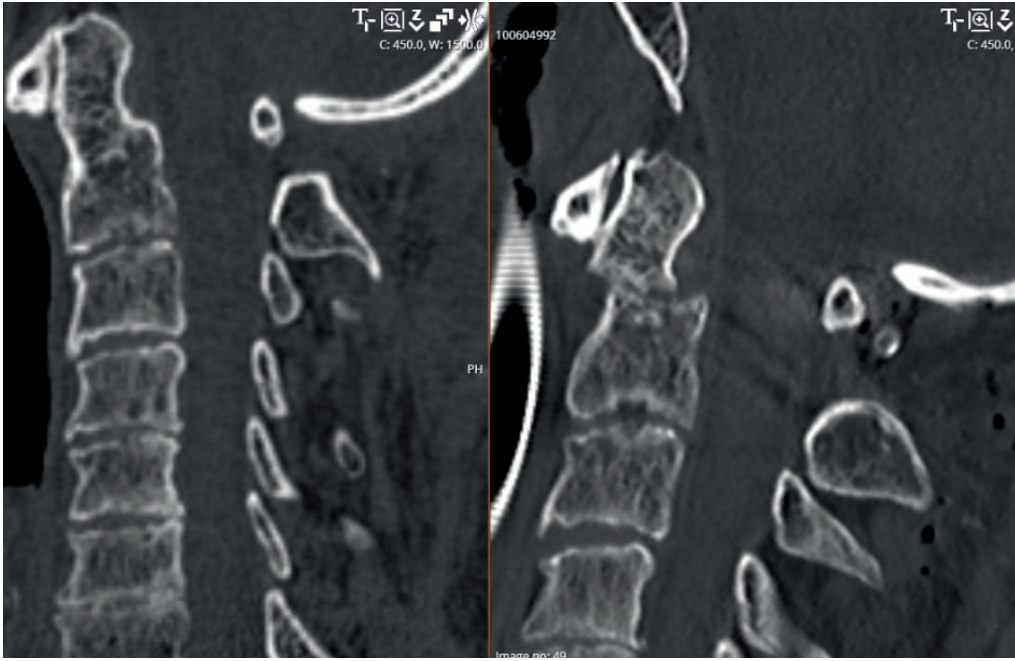
Posterior C1-2 stabilizasyon tekniği Tip II ve Tip III kırıkların hepsinde, ileri yaş hastalarda, diğer tedavi yöntemlerinin başarısız olduğu durumlarda, transvers ligaman rüptürü gibi anterior odontoid vidalamanın kontrendike olduğu durumlarda başarı ile füzyon sağlayan güvenli bir tedavi yöntemidir.



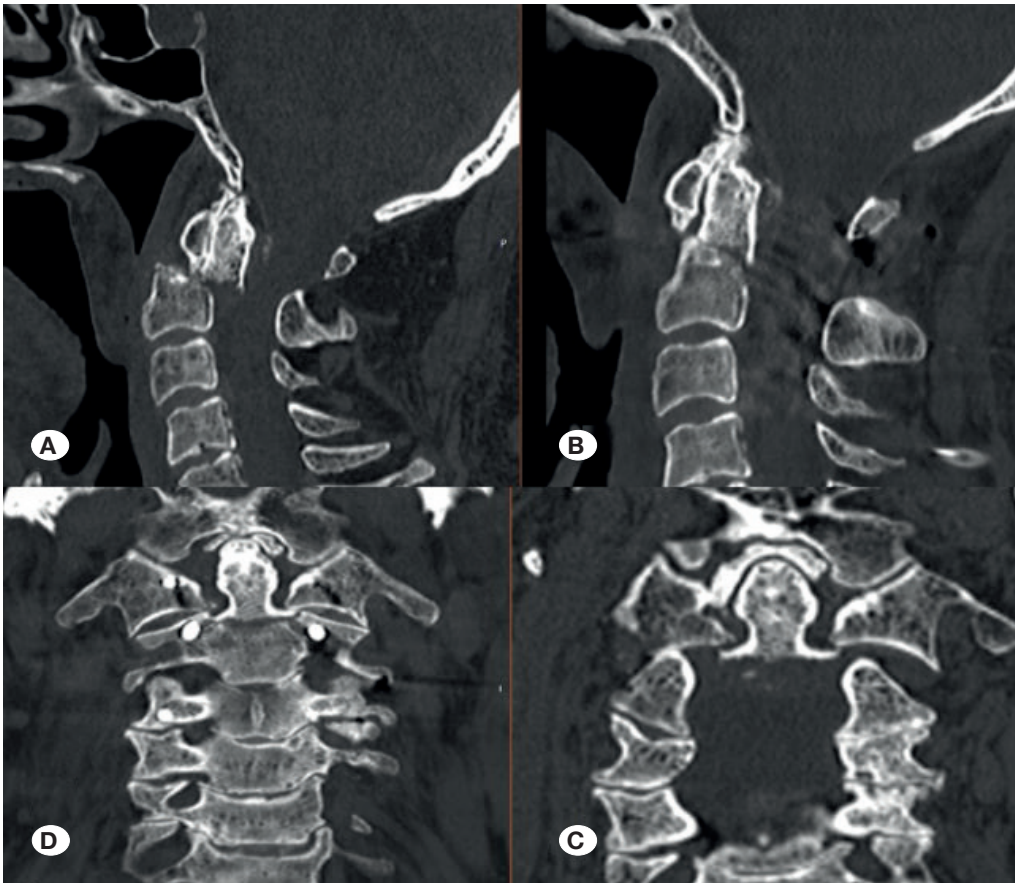
Şekil 7: Anterior odontoid vida fiksasyonu yapılan Tip II odontoid fraktürü BT'leri.



Şekil 8: Tip II odontoid fraktürü olan Goel Harms Posterior C1-2 stabilizasyonu uygulanan pediatrik vaka DG ve BT görüntüleri.



Şekil 9: Goel Harms Posterior C1-2 stabilizasyonu uygulanan Tip II odontoid fraktürü ve takip sonrası füzyon gelişimi.



Şekil 10: Goel Harms Posterior C1-2 stabilizasyonu uygulanan Tip II odontoid fraktürü. **A)** Posteriore disloke odontoid sagittal BT, **B)** redükte edilmiş odontoid sagittal BT, **C)** posteriore disloke odontoid koronal BT **D)** redükte edilmiş odontoid koronal BT.

KAYNAKLAR

1. Anderson DL, D'Alonzo RT: Fractures of the odontoid process of the axis. *J Bone Joint Surg Am* 56(8):1663-1674, 1974
2. Cloney M, Thirunavu V, Roumeliotis A, Azad H, Shlobin N: Odontoid fracture type and angulation affect nonunion risk, but comminution and displacement do not: A propensity score matched analysis of fracture morphology. *Clin Neurol Neurosurg* 231:107855, 2023
3. Eysel P, Roosen K: Ventral or dorsal spondylodesis in dens basal fracture—a new classification for choice of surgical approach. *Zentralbl Neurochir* 54(4):159-165, 1993
4. Grauer JN, Shafi B, Hilibrand AS, Harrop JS, Kwon BK, Beiner JM, Albert TJ, Fehlings MG, Vaccaro AR: Proposal of a modified, treatment-oriented classification of odontoid fractures. *Spine J* 5:123-129, 2005
5. Greene KA, Dickman CA, Marciano FF, Drabier JB, Hadley MN, Sonntag VK: Acute axis fractures. Analysis of management and outcome in 340 consecutive cases. *Spine* 22:1843-1852, 1997
6. Işıtan E, Dalgıç A: Odontoid kırıkları. *Türk Nöroşir Derg* 30(3):340-344, 2020
7. Ivancic PC: Odontoid fracture biomechanics. *Spine* 39(24):e1403- e1410, 2014
8. Jung MK, Hörnig L, Raisch P, Grützner PA, Kreinest M: Odontoid fracture in geriatric patients, analysis of complications and outcome following conservative treatment vs. ventral and dorsal surgery. *BMC Geriatrics* 23:748, 2023
9. Kazan S, Tuncer R, Sindel M: Percutaneous anterior odontoid screw fixation technique a new instrument and a cadaveric study. *Acta Neurochir (Wien)* 141: 521-524, 1999
10. Muller EJ, Schwinnen I, Fischer K, Wick M, Muhr G: Non-rigid immobilisation of odontoid fractures. *Eur Spine J* 12:522-525, 2003
11. Niemeier TE, Dyas AR, Manoharan SR, Theiss MS: Type III odontoid fractures: A subgroup analysis of complex, high-energy fractures treated with external immobilization. *J Craniovertebr Junction Spine* 9(1):63-67, 2018
12. Nourbakhsh A, Hanson Z: Odontoid fractures: A standard review of current concepts and treatment recommendations. *J Am Acad Orthop Surg* 30(6):e561-e572, 2022
13. Oh Y, Lee BJ, Jeon SR, Roh SW, Rhim SC, Park JH: Anterior odontoid screw fixation for the treatment of type 2 odontoid fracture with a kyphotic angulation or an anterior down-slope: A technical note. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 59:321-325, 2019
14. Patel A, Zakaria R, Al-Mahfoudh R: Conservative management of type II and III odontoid fractures in the elderly at a regional spine centre: A prospective and retrospective cohort study. *Br J Neurosurg* 29:249-253, 2015
15. Pommier B, Ollier E, Pelletier JB, Castel X, Vassal F, Tetard MC: Conservative versus surgical treatment for odontoid fracture: Is the surgical treatment harmful? Systematic review and meta-analysis. *World Neurosurgery* 141:490-499, 2020
16. Texakalidis P, Matsoukas S, Karras CL, Frankel GH, Swong K, Stricsek GP: Outcomes following anterior odontoid screw versus posterior arthrodesis for odontoid fractures: A systematic review and meta-analysis. *J Neurosurg Spine* 39:196-205, 2023
17. Waqar M, Van-Popta D, Barone DG, Sarsam Z: External immobilization of odontoid fractures: A systematic review to compare the halo and hard collar. *World Neurosurg* 97:513-517, 2017