



Derleme

Geliş Tarihi: 19.02.2024
Kabul Tarihi: 19.11.2024

DOI: 10.5137/1019-5157.TND.3332

Subaksiyel Servikal Omurga Yaralanmaları

Subaxial Cervical Spine Injuries

Süleyman AKKAYA, Taha Şükrü KORKMAZ

SBÜ Van Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Kliniği, Van, Türkiye

Yazışma adresi: Süleyman AKKAYA ✉ suleymanakkaya15@gmail.com

ÖZ

Subaksiyel servikal travmalar C3-C7 arası servikal omurga yaralanmalarıdır ve servikal yaralanmaların büyük çoğunluğunu oluştururlar. Bu bölgenin travmalarında yaralanmanın oluş mekanizmasının anlaşılması tedavi açısından önemlidir. Tarihsel olarak birçok sınıflandırma sistemi önerilmiştir. En yaygın olarak kullanılan subaksiyel servikal omurgada yaralanma sınıflandırması sistemi (SLICS) cerrahi kararı vermede sıklıkla kullanılır. Stabil yaralanmalarda konservatif tedavi oldukça etkilidir. Rijit boyunluklar ve halo vest konservatif tedavide başlıca seçeneklerdir. Traksiyon ve kapalı redüksiyon dizilimi sağlamada etkilidir fakat travmatik disk hernisi varlığında kapalı redüksiyonun güvenliği tartışmalıdır ve öncesinde manyetik rezonans görüntüleme önerilir. İnstabil yaralanmalarda ve nörolojik defisit varlığı ana cerrahi endikasyonları oluşturur. Cerrahi tedavide amaç dizilimi sağlamak, nöral dekompresyonu sağlamak ve füzyon oluşturmaktır. Anterior, posterior ve kombine teknikler tanımlanmıştır. Hangi yaklaşımın seçilmesi gerektiği konusunda literatürde fikir birliği olmasa da, nöral basının yeri, posterior ligamentöz kompleks hasarı, faset kilitlenmesi varlığı ve cerrahin deneyimine göre hasta bazlı karar verilmesi önerilmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Servikal travma, Omurga yaralanması, Servikal dislokasyon

ABSTRACT

Subaxial cervical traumas are injuries of the cervical spine between C3-C7 and constitute the majority of cervical injuries. Understanding the mechanism of injury in traumas of this region is important in terms of treatment. Historically, many classification systems have been proposed. The most widely used subaxial cervical spine injury classification system (SLICS) is often used for surgical decision-making. Conservative treatment is very effective in stable injuries. Rigid cervical collars and halo vest are the main options in conservative treatment. Traction and closed reduction are effective in maintaining alignment, but the safety of closed reduction in the presence of traumatic disc herniation is controversial and magnetic resonance imaging is recommended. Unstable injuries and the presence of neurologic deficit are the main indications for surgery. The aim of surgical treatment is to restore alignment, neural decompression, and fusion. Anterior, posterior and combined techniques have been described. Although there is no consensus in the literature on which approach should be chosen, it has been suggested that a patient-based decision should be made according to the location of neural compression, posterior ligamentous complex damage, the presence of facet locking, and the experience of the surgeon.

KEYWORDS: Cervical trauma, Spine injury, Cervical dislocation

■ GİRİŞ

Subaksiyel servikal travmalar, C3-C7 arası servikal omurganın yaralanmaları olarak tanımlanır ve tüm servikal travmaların yaklaşık 2/3'ünü oluşturur. Künt travma sonucu oluşan yaralanmaların yaklaşık % 3,5'ünde servikal fraktür bildirilmiştir (27). Subaksiyel servikal travmaların yaklaşık yarısı C5-C7 arasındadır. Bu travmaların görülme sıklığı genç erkeklerde ve ileri yaş gruplarında pik yapar (30).

Etiyolojisinde en sık yüksekte düşme (%50,6) ve motorlu araç kazaları (%33,1) yer alır (43). Bir aylık mortalite oranı %16,2, bir yıllık mortalite oranı %32,3 olarak bildirilmiştir. Görece düşük insidansa rağmen mortalite ve morbidite oranının yüksek olması bu durumu ciddi bir halk sağlığı problemi hâlinde getirmektedir (8).

■ YÖNETİM

Tüm travma hastaları aksi gösterilene kadar servikal travması varmış gibi değerlendirilmeli ve transport esnasında sert boyunluk ile servikal omurga stabilize edilmelidir (46). Hastane öncesi değerlendirmede havayolu, solunum ve dolaşım stabilize edilmelidir. Günümüzde bu hastaların neredeyse tamamını, acil servislere hemodinamik olarak stabilize edilmiş, bilgisayarlı tomografileri (BT) çekilmiş olarak karşılamaktayız (29).

Hastanın yönetimi ile ilgili kararı vermeden önce hastanın servikal bölgesinin rijid bir kolarla sabitlendiğinden emin olunmalıdır. Servikal kord yaralanması olan hastalarda sempatik tonus kaybına bağlı olarak hipotansiyon, bradikardi ve hipotermi gelişebileceğinden vitallerinin yakın takip edilmesi gerekir. Spinal kordun uygun şekilde perfüzyonunun sağlanabilmesi amacıyla da ortalama arteriyel basıncın 85 mmHg'nin üzerine olacak şekilde gerekli medikal tedavinin verilmesi gerekmektedir. Bu açıdan instabil hastaların yoğun bakım ünitesinde takibi daha uygun olacaktır (35).

Servikal kord yaralanması olan hastalarda yüksek doz metilprednizolon uygulaması tartışmalı bir konudur. AANS ve CNS'nin 2013 yılında yayınladığı rehberlere göre yüksek doz metilprednizolonun klinik fayda sağladığını gösterir seviye 1 ya da seviye 2 düzeyinde kanıt olmaması nedeniyle önerilmemektedir. Yüksek doz metilprednizolonun ciddi yan etkileri açısından da uyarı yapılmaktadır. Yine aynı rehberde immobil, alt ekstremitelerde motor defisiti olan hastalara venöz tromboemboli profilaksinin ilk 72 saat içerisinde başlaması önerilmektedir (42).

Değerlendirilme yapılırken özellikle cevaplanması gereken 4 temel soru vardır:

1. Hastanın servikal omurga travması var mı?
2. Varsa, servikal omurga stabil mi instabil mi?
3. Hastanın acil operasyon endikasyonu var mı?
4. Tedavi yönetimi nasıl olmalı?

Ayrıntılı anamnez değerlendirmedeki ilk basamaktır. Travmanın oluş şekli, şiddeti, oluş zamanı ile ilgili bilgiler edinilmelidir. Araç içi trafik kazalarında hastanın araçtaki yeri, emniyet kemeri takılı olup olmadığı, hava yastıklarının açılıp açılmadığı, yüksekte düşmede ise hastanın hangi kısmı üzerine düştü-

ğünün öğrenilmesi travmanın oluş şekli hakkında bizlere fikir verecektir. Bu tür hastalarda diğer sistemlerde de travmaya sekonder patolojilerin olabileceği akıldan çıkartılmamalıdır.

İkinci basamak olarak nörolojik muayenede hastanın bilinç durumu da göz önünde bulundurularak ayrıntılı motor, duyu ve refleks muayenelerinin yapılması gerekmektedir.

Servikal travması olan hastalarda boyun hareketlerinde ağrı ve kısıtlılık, boyunda palpasyonla hassasiyet izlenebilir. Seviye veren duyu ya da motor muayene bulgusu travmanın seviyesi hakkında önemli bilgi sağlayacaktır. Bulbokavernöz refleksin alınamamasının spinal şok tanısı açısından önemli bir bulgu olduğu akıldan çıkartılmamalıdır. Servikal spinal kord yaralanmasına sekonder sempatik tonusta kayıp ve buna bağlı hipotansiyon, bradikardi ve hipotermi gelişebilir, bu tür hastaların yoğun bakımda takibi uygun olacaktır (34).

Sınıflandırma

Omurganın geri kalanından farklı olarak servikal omurgada hareketlilik daha fazladır. Bu bölgenin yaralanmaları için farklı yaralanma mekanizmaları üzerinden çeşitli sınıflandırmalar yapılmıştır.

1982 yılında Allen ve Ferguson subaksiyel servikal omurga travmalarını oluş mekanizmalarına göre kompresyon fleksiyon, vertikal kompresyon, fleksiyon ve distraksiyon, ekstansiyon ve kompresyon, ekstansiyon ve distraksiyon, lateral fleksiyon olarak 6 grupta incelemişlerdir. Bu sınıflama travmanın oluş mekanizmasının bilinmesi, olası kemik doku, diskoligamentöz kompleks (DLK) ya da vasküler hasarlarının öngörülebilmesi ve buna uygun radyolojik tetkiklerin de istenmesini sağlaması yönünden güçlüdür. Hastanın nörolojik durumu hakkında bilgi vermemesi ve tedavi planında herhangi bir yönlendirici tarafının olmaması eksik yönleri olarak görülmektedir (3).

Kompresyon tipi yaralanmalarda vertebra korpusunda yükseklilik kaybına ya da gözyaşı kırığına neden olabilir. Ayrıca bu tip yaralanmalarda lateral mass kırıkları da eşlik edebilir (8).

Distraktif tip yaralanmalarda özellikle DLK'ye binen ciddi distraktif kuvvetler nedeniyle ligamentlerde ve diskte gerilme ve yırtılmaya sebep olabilir. Fleksiyon-distraksiyon yaralanmalarında özellikle posterior ligamentöz kompleks ve faset eklem ciddi distraktif kuvvetlere maruz kalırken, vertebra korpusu ve intervertebral diskin anterior kısmı ise kompresif kuvvetlere maruz kalır. Böylece unilateral ya da bilateral faset eklem dislokasyonu, tear-drop fraktürü, chance-tipi fraktürler görülebilir. Radyolojik görüntülemelerde intervertebral diskin anterior kısmında daralma, posterior kısmında genişleme, posterior elemanlar arasındaki mesafede artış ve kifotik deformite görülebilir. Ekstansiyon-distraksiyon yaralanmalarında ise bunun tam tersi şekilde intervertebral disk anterioruna ve anterior longitudinal ligamente disktraktif kuvvetler, posterior elemanlara ise kompresif kuvvetler etki eder. Bu hastalarda diskin anteriorunda genişleme, posterior elemanlarda kırıklar izlenebilir (28).

White ve Panjabi BT ve MRG nin yaygın kullanılmadığı dönemde servikal kırıkların stabilitesini değerlendirmek için bir formül önermiştir (Tablo I). Bu kriterlerde 5 puan ve üstü instabil olarak değerlendirilmiştir (45).

Tablo I: White ve Panjabi İnstabilite Kriterleri

Tanısal Kriter	Puan
Anterior eleman hasarı	2
Posterior eleman hasarı	2
Göreceli sagittal plan ayrışması > 3,5 mm	2
Göreceli sagittal plan rotasyonu > 11 derece	2
Pozitif germe testi	2
Kord Hasarı	2
Kök Hasarı	1
Disk mesafesinde daralma	1
Tehlikeli yüklenme	1

Tablo II: Subaksiyel Servikal Omurgada Yaralanma Sınıflandırması Sistemi (SLICS) Sınıflandırması

Kategori	Puan
Morfoloji	
Normal	0
Kompresyon	1
Patlama	+1=2
Distraksiyon	3
Rotasyon / Translasyon	4
Disko-Ligamentöz Kompleks	
Sağlam	0
Belirsiz	1
Hasarlı	2
Nörolojik Durum	
Sağlam	0
Kök Hasarı	1
Tam omurilik hasarı	2
Tam olmayan omurilik hasarı	3
Nörodefisit varlığında devam eden kord basısı	+1

2007 yılında omurga yaralanması çalışma grubu tarafından subaksiyel servikal omurgada yaralanma sınıflandırması sistemi (SLICS) önerilmiştir (41). SLICS'te yaralanma; morfoloji, disko-ligamentöz kompleks hasarı ve nörolojik durum olarak üç kategoride değerlendirilir (Tablo II). Bu sisteme göre toplam puan 3 ve altındaysa konservatif tedavi yöntemleri önerilir, 5 ve üzerinde ise cerrahi tedavi önerilir. 4 puanın yönetimi tartışmalı olup gri bölge olarak adlandırılmaktadır (37,41). SLICS cerrahi kararı vermede etkilidir fakat cerrahi yaklaşım hakkında öneri de bulunmaz.

Anderson ve ark. 2007 yılında servikal omurgada yaralanma ciddiyeti skorunu tanımlamıştır (CSISS). Bu sınıflandırmada omurga anterior, posterior ve iki lateral olmak üzere 4 kolona ayrılır. Her kolondaki yaralanma ciddiyetine göre 0-5 arası puanlandırılır. Toplam skor 7 ve üzeri ise cerrahi önerilir (4). CSISS fraktür instabilitesi hakkında bilgi verir ve cerrahi tedavi kararı hakkında yol gösterir.

AO Spine subaksiyel servikal omurga yaralanması sınıflandırma sistemi torakolomber kırıklar için mevcut olan AO sisteminden geliştirilmiştir. Hasarın morfolojisi, faset eklem hasarı, nörolojik durum, belirli değiştirici faktörler olmak üzere dört kriter üzerinden yaralanmaları tanımlamaktadır (8). Patolojiyi tanımlamakta ve ortak dil kullanımında önemlidir fakat karar vermede bir öneri sunmamaktadır (Şekil 1).

Yaralanma morfolojisi üç ana grupta incelenmektedir.

Tip A; gerilim bandının korunduğu vertebral gövdenin kompresyonu ve çeşitli kırıklarını oluşturur. 5 alt tipe ayrılır.

Tip B; distraksiyon kuvvetleri ile birlikte gerilim bandının bozulduğu dislokasyon izlenmeyen kırıkları tanımlar,

Tip C; bu kırıklar sonucunda vertebra korpuslarının herhangi yönde yer değiştirmesini içerir.

Faset eklem hasarının dört alt tipi tanımlanmıştır. Deplase olmayan faset eklem kırığı F1 olarak adlandırılır ve en hafif formudur. F4 faset subluksasyonunu veya dislokasyonunu tanımlar. Aynı seviyede bilateral fasetlerde aynı tip yaralanma mevcut ise, (BL) bilateral değiştirici faktör tanımı kullanılır.

Nörolojik durum 6 kademede tanımlanır;

N0, nörolojik olarak intakt

N1, tamamen düzelmiş nörolojik hasar,

N2, Radikülopati

N3, Tam olmayan spinal kord hasarı,

N4, Tam spinal kord hasarı

NX, Nörolojik durumu bilinmeyen hastaları tanımlar.

Klinik karar vermede önemli olabilecek diğer değiştirici etmenler "M" ile tanımlanır.

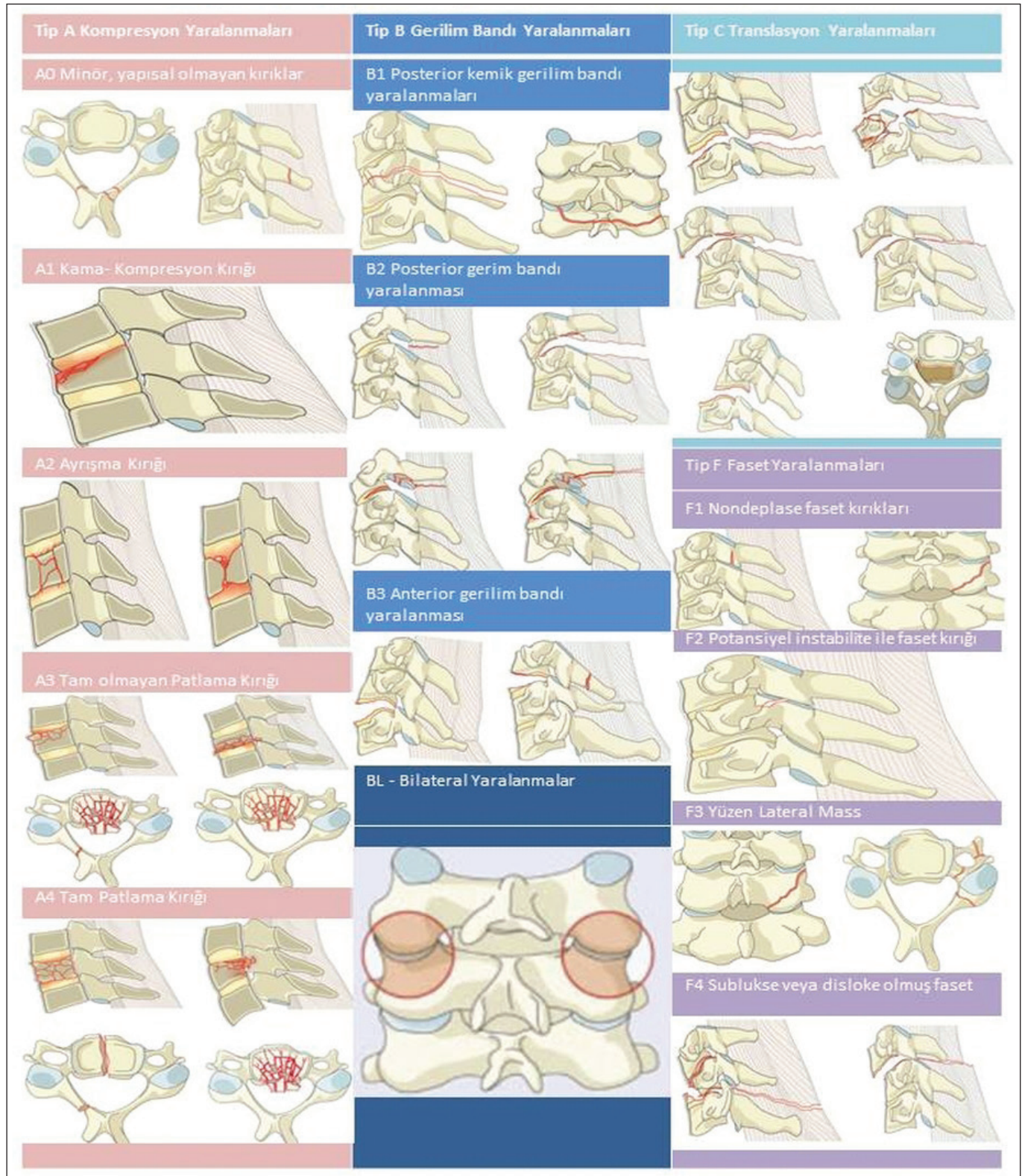
M1, Tam ayrışma olmadan posterior ligamentöz kompleks hasarı,

M2, Travmatik disk herniasyonu

M3, Altta yatan kemik hastalığı (DISH, anklikozan spondilit, OPLL gibi)

M4, Vertebral arter yaralanması

Farklı karmaşıklıkta ve güven düzeyinde birçok sınıflandırma mevcut olmasına rağmen SLICS prognozu ön görmede, cerrahi kararı verilmesinde en yaygın kullanılan sınıflandırmadır. Aarabi ve ark. birçok sınıflandırma sistemini karşılaştırdıkları çalışmalarında SLICS'i ideal sınıflandırma olarak göstermişlerdir (1). Bu sınıflandırmanın dezavantajı omurganın supin pozisyonunda yatarken incelenmesi nedeniyle aksiyel yüklenme altındaki dizilimin gösterilememesidir. 2022 yılında Thumb-



Şekil 1: AO spine subaksiyel servikal yaralanma sınıflandırma sistemi (42).

doo ve ark. ortalama SLICS puanı 4'ün altında olan 11 hastayı retrospektif olarak incelemiş ve bunların ayakta çekilen lateral grafilere sonrası SLICS puanlarının tedaviyi değiştirecek kadar değiştiğini göstermişlerdir (40).

Radyolojik Görüntüleme

Travma hastalarında servikal radyogramın güvenilirliğinin düşük olması ve özellikle alt servikal vertebralarının net bir şekilde görüntülenememesi travma hastaların radyogramın ilk tercih görüntüleme yöntemi olarak kullanılmamasına neden olmaktadır. Günümüzde bilgisayarlı tomografinin (BT) neredeyse her merkezde olması, çekimin hızlı olması, rekonstrüksiyon ile her 3 planda görüntü alınabilmesi, sensitivitesinin yüksek olması sebepleriyle ilk tercih görüntüleme yöntemi olarak kullanılmaktadır (36). BT ile kemik yapılar net bir şekilde değerlendirilebilmekte, yapılabilecek bazı ölçümlerle de DLK olası hasarı açısından da yönlendirici olmaktadır. Raniga ve ark. subaksial servikal spinal travma hastalarında çekilen servikal vertebra BT'de dikkat edilmesi gerekenleri bir kontrol listesi halinde uygulanabilir bir şekilde yayınlamışlardır (Tablo III) (32). Ayrıca üst servikal omurga yaralanmasında daha sık rastlansa

da olası vasküler yaralanmaların değerlendirilebilmesi amacıyla BT-angiografi de oldukça önemli bir görüntüleme yöntemidir.

Servikal vertebra radyogramının ilk basamak görüntülemeye yeri tartışmalı olsa da instabilitenin değerlendirilmesinde aktif bir şekilde kullanılmaktadır. Servikal instabilite şüphesi olan hastalarda doktor kontrolünde, nörolojik muayenesi yapılabilecek şekilde bilinci açık olan hastalarda çekilecek fleksiyon ve ekstansiyon grafilere sagittal planda translasyonun 3,5mm'den fazla olması, sagittal planda rotasyonun 20°'den fazla olması DLK hasarı ve instabiliteyi destekleyici bulgular olarak bulunmuştur (45). Bu görüntüleme yönteminin bilinci kapalı hastalarda kontraendike olduğu ve sensitivitesinin %30-60 oranında olduğu unutulmamalıdır (26). Radyogramda DLK hasarı ile ilgili kesin bir bilgi alınmasının beklenmesi yerine hangi hastalara MR çekilmesi gerektiği hakkında yönlendirici olması açısından uygun bir görüntüleme yöntemi olarak başvurulabilir.

Servikal omurga travması hastalarında manyetik rezonans görüntüleme her geçen gün klinik önemini arttırırsa da hangi hastalara MR çekilmesi gerektiği devam eden bir tartışma konu-

Tablo III: Servikal Vertebra BT'de Kontrol Edilmesi Gerekenler Listesi

	Anterior kolon	Posterior kolon
Kemik	Vertebra gövdesi: Normal: vertebra gövde yüksekliği normal, kortikal düzensizlik yok. Anormal: kırık	Nöral ark: Normal: kırık yok, kortikal düzensizlik yok. Anormal: kırık
Eklemler	İntervertebral disk: Normal: simetrik disk yüksekliği, disk mesafesinde daralma ya da genişleme yok Anormal: fokal olarak anterior ya da posteriorunda genişleme ya da daralma, asimetri.	Faset eklem: Normal: paralel ve simetrik Anormal: Dislokasyon, subluksasyon, faset kilitlemesi, faset eklem aralığında genişleme
Ligamentler	ALL/PLL: Normal: Vertebra kolon anterior ve posterior çizgide bütünlük Anormal: Anterior ve ya posterior translasyon, vertebra endplate köşelerinde üçgen şeklinde avulsiyon	PLK Normal: normal spinolaminar hat, normal interspinöz mesafe, normal faset eklem morfolojisi Anormal: Faset eklem patolojileri, kifotik deformite, anteriorlistezis
Eğim	Normal: Lordotik Anormal: Kifotik	
Dizilim	Sagittal planda normal anterior ve posterior vertebral çizgi	Sagittal planda normal spinolaminar ve interspinöz çizgi Koronal planda normal interspinöz çizgi ve normal eklem hatları
Ölçüm		Interpediküler, interspinöz ve interlaminer mesafe ölçümü Anormal: Ölçümler arasında 2mm'den fazla fark olması

ALL: Anterior longitudinal ligament, **PLK:** Posterior ligamentöz kompleks, **PLL:** Posterior longitudinal ligament.

sudur. Yapılan bir meta-analize göre GKS:14-15, distraksiyon tipi yaralanması olmayan, muayenede servikal hassasiyeti, nörolojik defisiti olmayan ve boyun hareketleri tüm yönlerde ağrısız bir şekilde tam olan hastalara ek bir görüntüleme yapılmasına gerek olmadığı bildirilmiştir (5). Literatürde hangi hastalara MR çekilmesi gerektiği ile ilgili bilgiler :

- BT'de görülen interspinöz, interlaminer, faset eklem, intervertebral disk mesafenin artması, faset eklem dislokasyonu, spondilistesiz gibi instabilite bulgularının olması,
- Patolojik motor, duyu ya da refleks muayene bulgusu olan hastalarda spinal kordun değerlendirilmesi,
- BT'de direkt bulgu vermeyen ancak klinik olarak yumuşak doku hasarı şüphesi olan hastalar,
- Faset dislokasyonu olan ve kapalı redüksiyon planlanan hastalarda işlem öncesi olası travmatik disk hernisi ya da epidural hematoma varlığının değerlendirilmesidir (44).

Özellikle "Short T1 inversion recovery" (STIR) MR sekansında DLK hasarına ait ödem görüntüsü standart T2 sekansa göre daha net bir şekilde görülebilmektedir. Özellikle cerrahi tedavi gerektirecek servikal travması olan hastalarda pre-op DLK durumunun MR ile değerlendirilmesi, cerrahi planlama açısından oldukça kritiktir (15).

MR'ın DLK'nin değerlendirilmesinde her ne kadar sensitivitesi yüksek olsa da spesifitesinin düşük olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur (19,33). MR'da görülen yanlış pozitif bulgular, gereksiz tedavilere neden olabilmektedir. Bunun önüne geçebilmek adına Pourtaheri ve ark. hangi predispozan faktörlerin tedavi planını etkileyebileceğini değerlendirmek amacıyla çalışma yapmışlardır (31). Buna göre 60 yaş üstü olması, bilinci kapalı olması, politravma hastası, nörolojik defisit varlığı, BT'de servikal spondiloz izlenmesi BT'de görülemeyen ancak MR'da görülebilecek ilave yaralanma bulguları için predispozan risk faktörleridir. Tedavi planını etkileyebilecek MR'deki bu ilave yaralanma bulgularının %81'inin spinal kord kompresyonu ile ilgili olduğu da ayrıca belirtilmiştir.

Servikal İmmobilizasyon

Servikal boyunluklar biyomekanik özelliklerine göre rijit (Örn: Philadelphia boyunluk) ya da semi-rijit (Örn: Miami J) olarak ayrılmaktadır. 2013 yılında yayınlanan bir çalışmaya göre Philadelphia boyunluk, servikal immobilizasyonu en çok sağlayan boyunluk olarak değerlendirilmiştir (13).

Serviko-torakal bileşke immobilizasyonunda servikal boyunluklar tek başına yeterli değildir. Bu alanın immobilizasyonu için serviko-toraksik ortezlerin kullanılması daha uygun olacaktır (18).

Servikal bölge immobilizasyonunda en etkili yöntem Halo-vest uygulamasıdır. Ancak uygulaması ve hasta konforu açısından uyum oldukça kötüdür. Ayrıca pin giriş yerlerinde enfeksiyon, pin yerleştirilirken olası kafatası kemik kırıkları, obez hastalarda uygulama zorlukları diğer dezavantajlardır (23).

2013 yılında yayınlanan rehberde göre GKS:15, boyunda ağrı ya da hassasiyeti olmayan asemptomatik, nörolojik muayenesi doğal, boyun hareketleri her yöne normal olan hastalara

servikal immobilizasyon açısından boyunluk takılması önerilmemektedir. Ancak uyanık hasta, BT görüntülemelerinde herhangi bir patoloji izlenmemiş, boyun ağrısı ya da boyunda hassasiyeti olan hastalar için:

- Hasta takiplerinde asemptomatik olunca,
- Fleksiyon ve ekstansiyon görüntülemelerinde belirgin bir patolojisi yoksa,
- İlk 48 saat içerisinde çekilecek servikal vertebra MR'da belirgin DLK hasarı izlenmemesi durumunda servikal immobilizasyona gerek olmadığı belirtilmiştir (42).

Konservatif Tedavi

SLIC skoru 3 ve daha düşük olan hastalar stabil yaralanma olarak değerlendirilmekte ve bu hastalara konservatif tedavi önerilmektedir. SLIC 4 için ise net bir öneri olmamakla birlikte konservatif tedavi/cerrahi yaklaşım kararı hekimin inisiyatifine ve tecrübesine bırakılmıştır.

SLIC 3 ve altı için genel kabul konservatif tedavi olsa da bu gruptaki bazı hastalar ve SLIC 4 olan bazı hastalar için konservatif tedavi yeterli olmamaktadır. Yapılan bir retrospektif çalışmaya göre SLIC puanı 3 ve altı olan hastaların %6'sında, SLIC puanı 4 olanların da %35'ine cerrahi tedavi uygulanmıştır (41). Bu gruptaki temel kafa karışıklığı yaratan olası senaryolar: Herhangi bir kırığı olmayan (0 puan), travmatik disk hernisi (2 puan) ve kök hasarı olan hastalar (1 puan) ya da patlama kırığı olan (2 puan), DLK hasarı olmayan (0 puan), nörolojik defisiti olmayan (0 puan) ancak patlama kırığını sekonder kord basısı ya da kanal içerisinde serbest fragman izlenen hastalar ya da kırığı olmayan (0 puan), DLK intakt (0 puan), inkomplet kord hasarı (3 puan) ve devam eden kord basısı (+1 puan) olan santral kord sendromu hastaları ya da patlama kırığı (2 puan), posterior ligamentöz kompleks hasarı (2 puan), nörolojik bulgu olmayan (0 puan) hastalar. Bu tür gelişebilecek nadir senaryolar için hasta özelinde değerlendirme yapmak uygun olacaktır.

Konservatif yaklaşımda hastanın travma durumuna göre rijit ya da semi-rijit boyunluk ile 6-12 hafta takibi önerilmektedir. Bu süre içerisinde de hastanın klinik ve radyoloji takibine devam edilmelidir (23).

Kapalı Redüksiyon

Servikal dislokasyonu olan hastalarda erken dönemde dizilimin sağlanması ve kompresyonun kaldırılması açısından kapalı redüksiyon, tedavide önemli bir basamaktır. Kapalı redüksiyonun, işlem sırasında motor muayenesi yapılabilecek hastalarda, skopi altında yapılması gerekmekte olup, muayenesi yapılamayan bilinci kapalı hastalarda kontraendikedir. Ayrıca travmatik disk hernisi olan hastalarda da işlem sırasında kompresyonun artabileceği için, disk hernisi ekartasyonu açısından işlem öncesi servikal vertebra MR çekilmesi önerilir (10).

Kapalı redüksiyonun uygulanma zamanıyla ilgili net bir kabul yoktur ancak yapılan bir çalışmaya göre travmadan sonrası ilk 4 saat içerisinde yapılan redüksiyonun klinik sonuçlarının geç yapılanlara göre daha iyi olduğu gözlemlenmiştir (16). Bu çalışma da göz önünde bulundurulduğunda hastanın klinik durumunun uygun olduğu en erken zamanda, yoğun bakım ünitesi

ya da ameliyathane şartlarında kapalı redüksiyonun uygulanması uygun olacaktır.

İşlem esnasında hastaya nörolojik muayene yapılmasını engellemeyecek şekilde sedasyon ya da kas gevşetici ajanlar verilebilir. Hastaya Gardner traksiyon başlığı takıldıktan sonra ilk olarak 2,5 kg'lık ağırlık ile traksiyona başlanması önerilmektedir. 5-10 dk'de bir ağırlık arttırılabilir, önerilen maksimum ağırlık ise, dislokasyonun kranialindeki her bir vertebra seviyesi için 2-5 kg'dır. İşlem sırasında hasta ile koopere olunmalı, sıkı nörolojik durum takibi yapılmalı ve seri skopi görüntüleri alınmalıdır. Maksimum ağırlığa ulaşılmasına rağmen redüksiyon sağlanamıyorsa, işlem sırasında nörolojik kötüleşme olursa, herhangi bir disk mesafesinde 1 cm'den fazla genişleme ya da oksipitoservikal mesafede genişleme görülmesi halinde işlem sonlandırılmalı, açık redüksiyon tekniklerine geçilmelidir. Traksiyon sırasında bilateral faset eklem dislokasyonu olan hastalar için fleksiyon, unilateral faset dislokasyonu olan hastalar için de fleksiyon ve diğer tarafa doğru hafif rotasyon manevraları redüksiyonun sağlanmasına yardımcı olacaktır. Redüksiyon sağlandıktan sonra hastanın başı hafif ekstansiyona getirilmeli ve ağırlık 2,5-5 kg olacak şekilde yavaşça azaltılmalıdır. Bu aşamada hastanın tedavi planına göre cerrahi stabilizasyon ya da eksternal immobilizasyon (boyunluk, Halo West v.b.) aşamalarından birine geçilmelidir (10,16).

Traksiyon sırasında servikal diğer seviyelerde instabilizasyon gelişebileceği, varsa diğer seviyelerdeki kırıkların kötüleşebileceği akıldan çıkartılmamalıdır.

Cerrahi Tedavi

Stabil olmayan yaralanmalarda çoğunlukla cerrahi girişim gerekmektedir. Cerrahi tedavi endikasyonlarını sıklıkla instabil yaralanma, ilerleyici veya tam olmayan spinal kord hasarı oluşturur. İnstabilitenin eşlik etmediği santral kord sendromu konservatif tedavi edilebilir (2).

Nörolojik defisiti olan hastalarda dekompresyon ve stabilizasyon olabildiğince erken yapılmalıdır. İlk 72 saatte yapılan cerrahinin nörolojik fonksiyon üzerinde olumlu sonuçları artırdığı, cerrahi morbidite ve mortalite üzerinde negatif etkisi olmadığı gösterilmiştir (14), İlk 8 saatte yapılan cerrahi sonrası birinci yılda nörolojik durumların daha iyi olduğu belirtilmiştir (17).

Cerrahi tedavinin prensipleri

Cerrahi tedavide asıl amaç nöral dekompresyonu sağlamak, dizilimi sağlamak, füzyon oluşturmaktır (12). Bunu sağlamak için anterior, posterior ve kombine yaklaşımlar tanımlanmıştır. Yaklaşımı belirlemek için fikir birliği olmasa da bazı noktalar yol gösterici olabilir.

Anterior Yaklaşım

Anterior yaklaşım genellikle hasarın ön ya da orta kolonda, posterior gerilim bandının sağlam olduğu durumlarda tercih edilen yaklaşımdır. Anterior dekompresyon gerektirecek kompresyon veya patlama fraktürlerinde anterior yaklaşımla korpektomi, travmatik disk hernisi olan hastalara da anterior yaklaşımla diskektomi uygulanabilir. Dekompresyon sağlandıktan sonra füzyon amacıyla dekomprese edilen alana kemik grefti (iliak krest, kosta, fibuladan alınacak otojen greft) ya da kafes

(PEEK ya da titanyum) koyulması gerekmektedir. Stabilizasyon amaçlanan seviyeleri içine alacak şekilde anterior plak yerleştirilmesi de normal servikal dizilimin sağlanması ve füzyon için önemli basamaklardan biridir (21,39).

Unilateral ve bilateral faset dislokasyonu olan hastalar için, özellikle de travmatik disk hernisi olanlarda anterior yaklaşım uygun yaklaşımlardan biridir. 2021 yılında yayınlanan bir sistematik derlemede anterior cerrahi uygulanan faset dislokasyonu olan hastaların hepsinde normal dizilimin ve füzyonun sağlandığı belirtilmiştir (24). Cerrahi sırasında diskektomi sonrası Caspar ekartör pinleri ile uygun fleksiyon ve rotasyonel manevralar yardımıyla, delici olmayan bir alet yardımıyla alt vertebra superior endplateine kaldıraç kuvveti uygulayarak üst vertebranın posteriora itilmesi ile ya da sürekli eksternal traksiyon ile eklem redüksiyonu sağlanabilir (21). Bu manevralarla redüksiyon sağlanmadığı durumlar için son dönemde anterior fasetektomi tekniği de tanımlanmıştır (25). Redüksiyon sağlandıktan sonra cerrahinin füzyon basamakları uygulanmalıdır.

Anterior yaklaşımda en sık karşılaşılan komplikasyonlar postop yutma güçlüğü ve ses kısıklığıdır. Bunun dışında kafes ya da anterior plağın dislokasyonu, sinir kökü, spinal kord ya da daha nadir vertebral arter yaralanmaları görülebilir (38).

Posterior Yaklaşım

Posterior yaklaşım genellikle fleksiyon tipi yaralanmalarda, yani; posterior ligamentöz kompleks hasarı olan, vertebral kolonda hasar olmayan ya da minimal hasar olup anteriordan kord basısı olmayan hastalarda uygun bir cerrahi yöntemdir. Unilateral ve bilateral faset dislokasyonu olan hastalarda da posterior yaklaşım, fasetlerin direkt görülmesi, görerek manevra yapılabilmesi, manevra ile redüksiyon sağlanmadığı durumlarda gerekirse fasetektomiye izin vermesi açısından oldukça avantajlıdır (22,38,48).

Posterior yaklaşımda gerekli dekompresyon ve normal servikal dizilim sağlandıktan sonra lateral mass vidası ya da pedikül vidası ile gerekli stabilizasyon sağlanabilir. Yapılan biyomekanik çalışmalarda pedikül vidasının her 3 kolondan da geçmesi sebebiyle daha güçlü direnç, daha düşük gevşeme oranları bildirilmiş olsa da lateral mass vidası ile %99'un üzerinde füzyon oranları belirtilen olgu serileri mevcuttur (6,11). Ayrıca pedikül vidasının öğrenme eğrisinin daha uzun, nöral ve vasküler yaralanma oranlarının da daha fazla olduğu bilinmektedir (14). Bu nedenle cerrah, hastanın ihtiyaçları, kendi tecrübesi ve çalıştığı kurumdaki donanımı düşünerek cerrahi tekniğe karar vermelidir. Gelişen teknolojiyle beraber intraoperatif BT ile, navigasyon eşliğinde, daha az komplikasyon oranlarıyla servikal stabilizasyon yapılabilmektedir (9,47).

Posterior yaklaşımda en sık görülen komplikasyonlardan biri vida malpozisyonudur. Bunun dışında sinir kökü, spinal kord ya da vertebral arter yaralanmaları da komplikasyonlar arasındadır (11).

Kombine Yaklaşım

Anterior ve posterior kombine yaklaşımın biyomekanik açıdan en güçlü stabilizasyonu sağladığı bildirilmiştir (7,20). Yaklaşım hem anteriordan hem de posteriordan nöral eleman basısı, iki veya üç kolonda fraktür, hem anterior hem de posterior DLK

hasarının olduğu durumlarda endikedir. Ancak kombine yaklaşımın cerrahi süreyi uzattığı, komplikasyon riskini artırdığı da göz önünde bulundurulmalıdır.

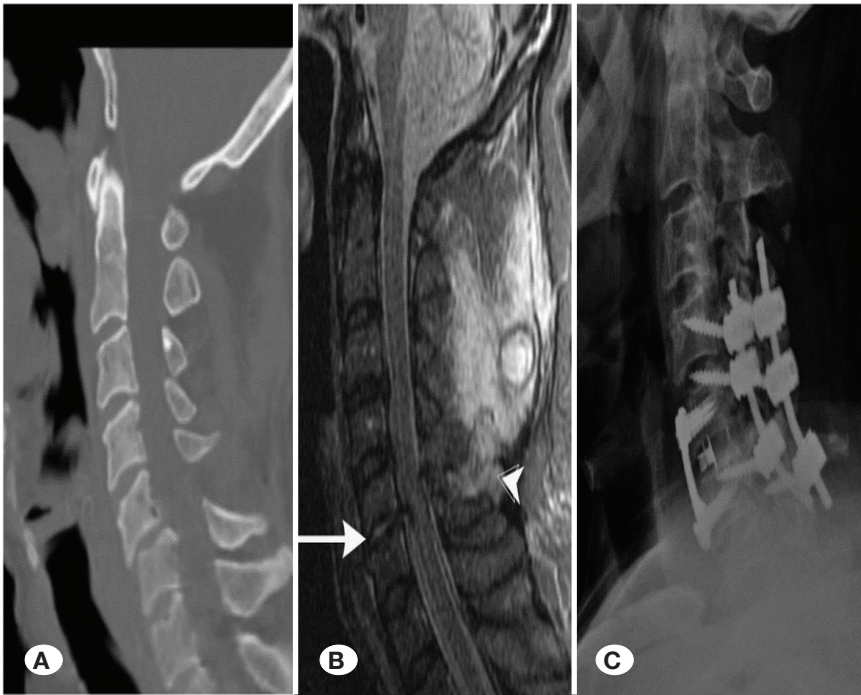
Olgu 1

Merdivenden düşme şikâyeti ile acil servise getirilen 60 yaş erkek hastanın başvuru muayenesinde ASIA skoru E, çekilen servikal vertebra BT'de C5-6 subluksasyon, C5-6 interspinöz mesafede artış izlendi, faset kilitlemesi izlenmedi (Şekil 2A). Fleksiyon-distaksiyon tipi yaralanma olarak değerlendirilen hastaya çekilen servikal vertebra MR'da C5-6 seviyesinde travmatik disk hernisi, C5-6 interspinöz mesafede ligament hasarını gösterir şekilde sinyal artışı görülerek SLIC skoru 5, cerrahi tedavi planlandı (Şekil 2B). Hastaya anterior yaklaşımla

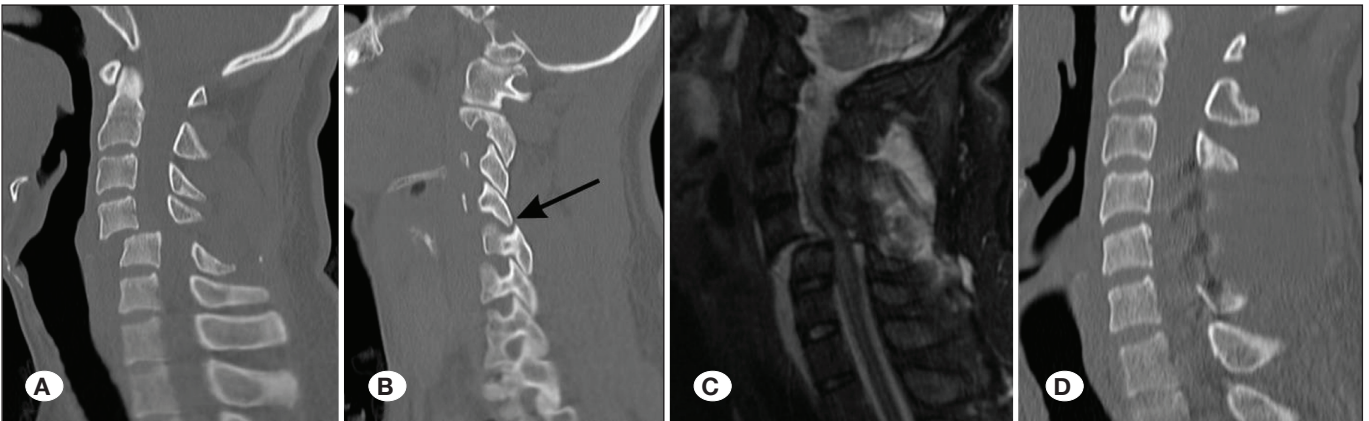
C5-6 mikrodisektomi, kafes ve anterior plak uygulaması, aynı seansta posterior yaklaşım ile de C4-6 lateral mass vidalama ile stabilizasyon yapıldı (Şekil 2C). Post-op takiplerinde yeni gelişen bir nörolojik bulgusu olmayan hasta rijit boyunluk ile taburcu edildi.

Olgu 2

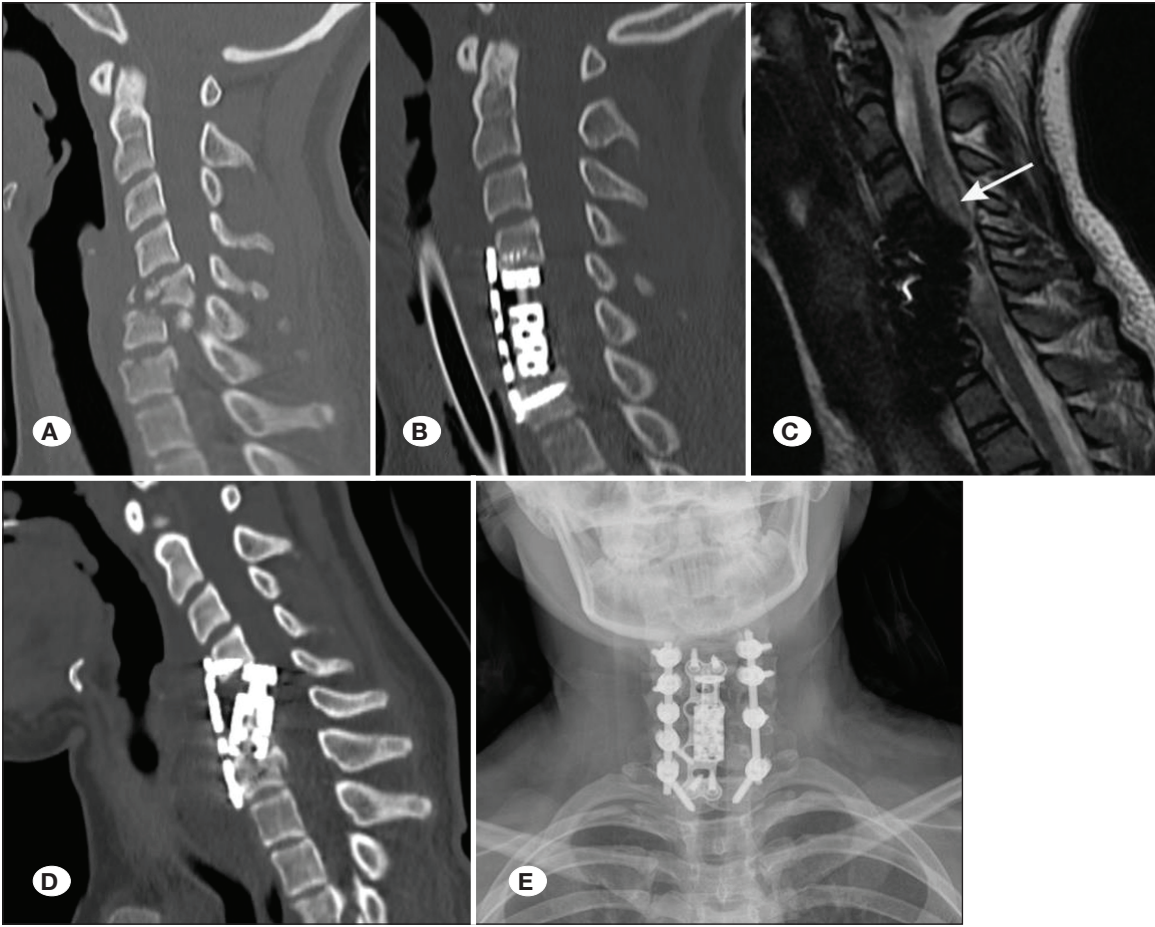
Acil servise araç içi trafik kazası sonrasında getirilen 27 yaşında erkek hastanın yapılan ilk muayenesinde ASIA skoru A, spinal şok tablosunda, hemodinamik olarak da instabilildi. Çekilen servikal vertebra BT'de C4-5 dislokasyon, bilateral faset eklem kilitlemesi izlendi (Şekil 3A,B). Hasta hemodinamik olarak stabil olmadığı için yoğunbakım ünitesine alındı. Uygun şartlarda çekilen servikal vertebra MR çekildi (Şekil 3C). SLIC



Şekil 2: A) Olgu 1'e ait C5-6 dislokasyonunu gösterir servikal sagittal bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüsü. B) Servikal vertebra manyetik rezonans görüntüleme (MRG) tetkiki, yağ baskılı (STIR) sekansta C5-6 diskinde sinyal artışı ve travmatik disk hernisi (ok işareti), C5-6 interspinöz alanda ligament hasarını gösterir sinyal artışı (ok başı) ve posterior paraspinal kaslardaki travmaya sekonder sinyal artışı izlenmekte. C) Ameliyat sonrası lateral servikal grafisi görüntüsü.



Şekil 3: A, B) Olgu 2'ye ait servikal vertebra bilgisayarlı tomografi (BT) - sagittal rekonstrüksiyon görüntüleri; C4-5 faset kilitlemesine ait görüntü (ok işareti). C) Elde olunan servikal vertebra manyetik rezonans görüntüleme tetkikinin yağ baskılı (STIR) sekan görüntülerinde prevertebral alanda, posterior paraspinal alanda ve C4 anterior epidural alanda kanamaya ait sinyal artışları mevcut. D) Hastanın ameliyat sonrası servikal vertebra BT - sagittal rekonstrüksiyon - görüntülemesinde normal servikal dizilimin sağlandığı izlenmektedir.



Şekil 4: Olgu 3'e ait radyolojik görüntüleme tetkikleri. **A)** Ameliyat öncesi servikal bilgisayarlı tomografi (BT) - sagittal rekonstrüksiyon - görüntüsü. **B)** Ameliyat sonrası erken dönemde çekilen kontrol servikal vertebra BT - sagittal rekonstrüksiyon - görüntüsü. **C)** Servikal vertebra manyetik rezonans görüntüleme tetkikinde spinal kord hasarına bağlı korddaki sinyal artışı (ok) görülmekte. **D)** Ameliyat sonrası 3. haftada yapılan servikal vertebra BT - sagittal rekonstrüksiyon - de korpektomi kafesinin dislok olduğu, kifotik deformite olduğu görülmekte. **E)** İkinci ameliyattan sonra elde olunan kontrol anteroposterior servikal grafi görüntüsü.

skoru 8 olan hastaya posterior yaklaşımla servikal dizilimin düzeltilmesi, C3-6 lateral mass vidası ile stabilizasyon ve C4-5 dekompresyon uygulandı. Hastanın post-op 1. Haftada ASIA skoru C'ye yükseldi.

Olgu 3

Yüksekten düşme sebebi ile acil servise getirilen 15 yaşındaki kadın hastanın ilk muayenesinde ASIA skoru B idi. Çekilen servikal vertebra BT'de C5 vertebra da belirgin kord basısına neden olan patlama fraktürü, C6 vertebra korpusunda da kompresyon fraktürü mevcuttu (Şekil 4A). Fleksiyon kompresyon tipi yaralanma olarak değerlendirilen hasta acil operasyona alındı. C5-6 korpektomi, kafes ve anterior plak uygulaması yapılan hastanın per-op duranın anteriorından kemik fragmanlara sekonder yırtıldığı görüldü, tamir yapıldı. (Şekil 4B) Post-op dönemde hastanın ASIA skoru C idi. Hastanın post-op süreçte çekilen servikal vertebra MR'da posterior gerilim bandında belirgin bir patoloji izlenmedi, C5-6 seviyesinde kordda travmaya sekonder sinyal artışı görüldü (Şekil 4C). Hastanın post-op 3. haftada nörolojik durumunda kötüleşme olması üzerine

yapılan servikal görüntülemelerde korpektomi kafesinin disloke olduğu izlendi (Şekil 4D). Hasta acil olarak tekrar operasyona alındı, anteriordan kafes lokasyonu düzeltildi, aynı seansta posteriordan C4-T1 posterior stabilizasyon uygulandı (Şekil 4E).

■ SONUÇ

Subaksiyel servikal travma karmaşık bir klinik durumdur, dikkatli ve hızlı bir şekilde yönetilmesi hastanın kliniği açısından oldukça önemlidir. Yönetimi açısından her hastaya uygulayabileceğimiz standart bir rehber olmasa da yapılan çalışmalar genel hatlarıyla bizlere yol göstericidir. Hastanın muayenesi, radyolojik görüntülemeleri, stabilize-instabilitenin değerlendirilmesi, konservatif ya da cerrahi tedavi kadarı gibi ana basamaklarıyla kompleks bir süreçtir. Hasta diğer sistem travmaları ve komorbiditeleriyle beraber bir bütün olarak değerlendirilmeli, cerrah tedavi kararı verirken kendi tecrübesi ve çalıştığı kurumun ekipmanlarını göz önünde bulundurmalıdır.

Araştırma Desteği: Bu araştırma için herhangi bir maddi destek alınmamıştır.

Veri Güvenliği ve Verilerin Sorgulanması: Veri güvenliği ihlali yaşanmamıştır. Mevcut çalışma sırasında oluşturulan ve/veya analiz edilen veri setleri, makul talep üzerine sorumlu yazardan temin edilebilir.

Çıkar Çatışması: Yazarların çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKILARI

Çalışmanın fikri veya tasarımı: SA

Veri toplama: TŞK

Veri analizi ve yorumlama: SA, TŞK

Makale taslağının hazırlanması: SA, TŞK

Makalenin kritik revizyonu: SA, TŞK

Diğer (çalışma denetimi, fonlar, materyal, vb...): SA, TŞK

Tüm yazarlar (SA, TŞK) sonuçları gözden geçirmiş ve makalenin son hâlini onaylamıştır.

KAYNAKLAR

1. Aarabi B, Walters BC, Dhall SS, Gelb DE, John Hurlbert R, Rozzelle CJ, Ryken TC, Theodore N, Hadley MN: Subaxial cervical spine injury classification systems. *Neurosurgery*. 72 Suppl 2:170-186, 2013. <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e31828341c5>
2. Albayrak HK, Gürçay AG: Subaksiyel servikal travmalarda cerrahi tedavi endikasyonları/ cerrahi tekniğin seçimi. *Türk Nöroşirurji Derg* 30:370-379, 2020
3. Allen BL, Ferguson RL, Lehmann TR, O'Brien RP: A mechanistic classification of closed, indirect fractures and dislocations of the lower cervical spine. *Spine* 7:1-27, 1982. <https://doi.org/10.1097/00007632-198201000-00001>
4. Anderson PA, Moore TA, Davis KW, Molinari RW, Resnick DK, Vaccaro AR, Bono CM, Dimar 2nd JR, Aarabi B, Levenson G; Spinal Trauma Study Group: Cervical spine injury severity score. Assessment of reliability. *J Bone Joint Surg Am* 89:1057-1065, 2007. <https://doi.org/10.2106/JBJS.F.00684>
5. Anderson PA, Muchow RD, Munoz A, Tontz WL, Resnick DK: Clearance of the asymptomatic cervical spine: A meta-analysis. *J Orthop Trauma* 24:100-106, 2010. <https://doi.org/10.1097/BOT.0b013e3181b16494>
6. Al Barbarawi MM, Allouh MZ, Qudsieh SM, Barbarawi A: Cervical decompressive laminectomy and lateral mass screw-rod arthrodesis: surgical experience and analytical review of 4120 consecutive screws. *Br J Neurosurg* 35:480-485, 2021. <https://doi.org/10.1080/02688697.2021.1887450>
7. Bartels RHMA, Donk R: Delayed management of traumatic bilateral cervical facet dislocation: Surgical strategy. Report of three cases. *J Neurosurg* 97 Suppl 3:362-365, 2002. <https://doi.org/10.3171/spi.2002.97.3.0362>
8. Canseco JA, Schroeder GD, Paziuk TM, Karamian BA, Kandziora F, Vialle EN, Oner FC, Schnake KJ, Dvorak MF, Chapman JR, Benneker LM, Rajasekaran S, Kepler CK, Alexander R Vaccaro AR: The subaxial cervical AO spine injury score. *Glob Spine J* 12:1066-1073, 2022. <https://doi.org/10.1177/2192568220974339>
9. Coric D, Rossi VJ, Pelozo J, Kim PK, Adamson TE: Percutaneous, navigated minimally invasive posterior cervical pedicle screw fixation. *Int J spine Surg* 14:S14-21, 2020. <https://doi.org/10.14444/7122>
10. Darsaut TE, Ashforth R, Bhargava R, Broad R, Emery D, Kortbeek F, Lambert R, Lavoie M, Mahood J, MacDowell I, Fox RJ: A pilot study of magnetic resonance imaging-guided closed reduction of cervical spine fractures. *Spine (Phila Pa 1976)* 31:2085-2090, 2006. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000232166.63025.68>
11. Dickerman RD, Reynolds AS, Stevens Q, Zigler J: Cervical pedicle screws vs. lateral mass screws: Uniplanar fatigue analysis and residual pullout strengths. *Spine J* 7:384, 2007
12. Dvorak MF, Fisher CG, Fehlings MG, Rampersaud YR, Öner FC, Aarabi B, Vaccaro AR: The surgical approach to subaxial cervical spine injuries: An evidence-based algorithm based on the SLIC classification system. *Spine* 32:2620-2629, 2007. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318158ce16>
13. Evans NR, Hooper G, Edwards R, Whatling G, Sparkes V, Holt C, Ahuja S: A 3D motion analysis study comparing the effectiveness of cervical spine orthoses at restricting spinal motion through physiological ranges. *Eur Spine J* 22 Suppl 1:S10-15, 2013. <https://doi.org/10.1007/s00586-012-2641-0>
14. Fehlings MG, Vaccaro A, Wilson JR, Singh A, Cadotte DW, Harrop JS, Aarabi B, Shaffrey C, Dvorak M, Fisher C, Arnold P, Massicotte EM, Lewis S, Rampersaud R: Early versus delayed decompression for traumatic cervical spinal cord injury: Results of the surgical timing in acute spinal cord injury study (STASCIS). *PLoS One* 7: 32037, 2012. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032037>
15. Feuchtbaum E, Buchowski J, Zebala L: Subaxial cervical spine trauma. *Curr Rev Musculoskelet Med* 9:496-504, 2016. <https://doi.org/10.1007/s12178-016-9377-0>
16. Gelb DE, Hadley MN, Aarabi B, Dhall SS, Hurlbert RJ, Rozzelle CJ, Ryken TC, Theodore N, Walters BC: Initial closed reduction of cervical spinal fracture-dislocation injuries. *Neurosurgery* 72 Suppl 2:73-83, 2013. <https://doi.org/10.1227/NEU.0b013e318276ee02>
17. Grassner L, Wutte C, Klein B, Mach O, Riesner S, Panzer S, Vogel M, Bühen V, Strowitzki M, Vastmans J, Maier D: Early decompression (< 8 h) after traumatic cervical spinal cord injury improves functional outcome as assessed by spinal cord independence measure after one year. *J Neurotrauma* 33:1658-1666, 2016. <https://doi.org/10.1089/neu.2015.4325>
18. Ivancic PC: Do cervical collars and cervicothoracic orthoses effectively stabilize the injured cervical spine? A biomechanical investigation. *Spine* 38:E767-774, 2013. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318290fb0f>
19. Izzo R, Papolizio T, Balzano RF, Pennelli AM, Simeone A, Muto M: Imaging of cervical spine traumas. *Eur J Radiol* 117:75-88, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2019.05.007>
20. Joaquim AF, Patel AA: Subaxial cervical spine trauma: Evaluation and surgical decision-making. *Glob Spine J* 4:63-69, 2014. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1356764>
21. Kanna RM, Shetty AP, Rajasekaran S: Modified anterior-only reduction and fixation for traumatic cervical facet dislocation (AO type C injuries). *Eur Spine J* 27:1447-1453, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00586-017-5430-y>

22. Do Koh Y, Lim TH, Won You J, Eck J, An HS: A biomechanical comparison of modern anterior and posterior plate fixation of the cervical spine. *Spine* 26:15-21, 2001. <https://doi.org/10.1097/00007632-200101010-00005>
23. Lauweryns P: Role of conservative treatment of cervical spine injuries. *Eur Spine J* 19 Suppl 1:23-26, 2010. <https://doi.org/10.1007/s00586-009-1116-4>
24. Lee W, Wong CC: Anterior-alone surgical treatment for subaxial cervical spine facet dislocation: A systematic review. *Glob Spine J* 11:256-265, 2021. <https://doi.org/10.1177/2192568220907574>
25. Liu K, Zhang Z: A novel anterior-only surgical approach for reduction and fixation of cervical facet dislocation. *World Neurosurg* 128:e362-369, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.04.153>
26. McCulloch PT, France J, Jones DL, Krantz W, Nguyen TP, Chambers C, Dorchak J, Mucha P: Helical computed tomography alone compared with plain radiographs with adjunct computed tomography to evaluate the cervical spine after high-energy trauma. *J Bone Joint Surg Am* 87:2388-2394, 2005. <https://doi.org/10.2106/00004623-200511000-00003>
27. Milby AH, Halpern CH, Guo W, Stein SC: Prevalence of cervical spinal injury in trauma. *Neurosurg Focus* 25:E10, 2008. <https://doi.org/10.3171/FOC.2008.25.11.E10>
28. Munera F, Rivas LA, Nunez DB, Quencer RM: Imaging evaluation of adult spinal injuries: Emphasis on multidetector CT in cervical spine trauma. *Radiology* 263:645-660, 2012. <https://doi.org/10.1148/radiol.12110526>
29. Navarro X: Chapter 27 Neural Plasticity After Nerve Injury and Regeneration. In: *International Review of Neurobiology*, 1st ed. Elsevier Inc, 2009:483-505. [https://doi.org/10.1016/S0074-7742\(09\)87027-X](https://doi.org/10.1016/S0074-7742(09)87027-X)
30. Passias PG, Horn SR, Gerling MC, Diebo BG, Zhou PL, Tishelman J, Vira S, Diebo B, Janjua M, Gerling M: Changing patterns in the prevalence and mechanisms of injury for cervical spine fractures in the United States. *Spine J* 17:S271, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2017.08.215>
31. Pourtaheri S, Emami A, Sinha K, Faloony M, Hwang K, Shafa E, Holmes L: The role of magnetic resonance imaging in acute cervical spine fractures. *Spine J* 14:2546-2553, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2013.10.052>
32. Raniga SB, Menon V, Al Muzahmi KS, Butt S: MDCT of acute subaxial cervical spine trauma: A mechanism-based approach. *Insights Imaging* 5:321-338, 2014. <https://doi.org/10.1007/s13244-014-0311-y>
33. Rihn JA, Fisher C, Harrop J, Morrison W, Yang N, Vaccaro AR: Assessment of the posterior ligamentous complex following acute cervical spine trauma. *J Bone Jt Surg* 92:583-589, 2010. <https://doi.org/10.2106/JBJS.H.01596>
34. Rupp R, Biering-Sørensen F, Burns SP, Graves DE, Guest J, Jones L, Read MS, Rodriguez GM, Schuld C, Tansey-Md KE, Walden K, Kirshblum S: International standards for neurological classification of spinal cord injury: Revised 2019. *Top Spinal Cord Inj Rehabil Spring* 27:1-22, 2021. <https://doi.org/10.46292/sci2702-1>
35. Saadeh YS, Smith BW, Joseph JR, Jaffer SY, Buckingham MJ, Oppenlander ME, Szerlip NJ, Park P: The impact of blood pressure management after spinal cord injury: A systematic review of the literature. *Neurosurg Focus* 43:E20, 2017. <https://doi.org/10.3171/2017.8.FOCUS17428>
36. Sanchez B, Waxman K, Jones T, Conner S, Chung R, Becerra S: Cervical spine clearance in blunt trauma: Evaluation of a computed tomography-based protocol. *J Trauma* 59:179-183, 2005. <https://doi.org/10.1097/01.TA.0000171449.94650.81>
37. Sharif S, Ali MYJ, Sih IMY, Parthiban J, Alves ÓL: Subaxial cervical spine injuries: WFNS spine committee recommendations. *Neurospine* 17:737-758, 2020. <https://doi.org/10.14245/ns.2040368.184>
38. Singh K, Vaccaro AR, Kim J, Lorenz EP, Lim TH, An HS: Biomechanical comparison of cervical spine reconstructive techniques after a multilevel corpectomy of the cervical spine. *Spine* 28:2352-2358, 2003. <https://doi.org/10.1097/01.BRS.0000085344.22471.23>
39. Srivastava S, Gaddikeri M, Raj A, Bhosale S, Marathe N, Naseem A: Is only anterior stabilization enough in three-column injury of subaxial cervical spine? - A long-term retrospective analysis of 78 patients. *Asian J Neurosurg* 16:512-517, 2021. https://doi.org/10.4103/ajns.AJNS_518_20
40. Thumbadoo RP, Herzog J, Bhambhani N, Lupu C, Kwan K, Clarke A, Hutton M, Bernard J, Bishop T, Lui DF: Dynamic radiographs in assessing stability of cervical spine fractures: A multicentre study. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev* 6:e22.00067, 2022. <https://doi.org/10.5435/JAAOSGlobal-D-22-00067>
41. Vaccaro AR, Hulbert RJ, Patel AA, Fisher C, Dvorak M, Lehman Jr RA, Anderson P, Harrop J, Oner FC, Arnold P, Fehlings M, Hedlund R, Madrazo I, Rehtine G, Aarabi B, Shainline M; Spine Trauma Study Group: The subaxial cervical spine injury classification system. *Spine* 32:2365-2374, 2007. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181557b92>
42. Vaccaro AR, Koerner JD, Radcliff KE, Oner FC, Reinhold M, Schnake KJ, Kandziora F, Fehlings MG, Dvorak MF, Aarabi B, Rajasekaran S, Schroeder GD, Kepler CK, Vialle LR: AOSpine subaxial cervical spine injury classification system. *Eur Spine J* 25:2173-2184, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00586-015-3831-3>
43. Walters BC, Hadley MN, Hurlbert RJ, Aarabi B, Dhall SS, Gelb DE, Harrigan MR, Rozelle CJ, Ryken TC, Theodore N; American Association of Neurological Surgeons; Congress of Neurological Surgeons: Guidelines for the management of acute cervical spine and spinal cord injuries: 2013 update. *Neurosurgery* 60 CN_suppl_1:82-91, 2013. <https://doi.org/10.1227/01.neu.0000430319.32247.7f>
44. Wang H, Ou L, Zhou Y, Li C, Liu J, Chen Y, Yu H, Wang Q, Zhao Y, Han J, Xiang L: Traumatic upper cervical spinal fractures in teaching hospitals of China over 13 years A retrospective observational study. *Med (United States)* 95: e5205, 2016. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000005205>
45. Wang TY, Mehta VA, Dalton T, Sankey EW, Rory Goodwin CKarikari IO, Shaffrey CI, Than KD, Abd-El-Barr MM: Biomechanics, evaluation, and management of subaxial cervical spine injuries: A comprehensive review of the literature. *J Clin Neurosci* 83:131-139, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2020.11.004>

46. White AA, Johnson RM, Panjabi MM, Southwick WO: Biomechanical analysis of clinical stability in the cervical spine. Clin Orthop Relat Res 109:85-96, 1975. <https://doi.org/10.1097/00003086-197506000-00011>
47. White 4th CC, Domeier RM, Millin MG: EMS spinal precautions and the use of the long backboard-resource document to the position statement of the national association of EMS physicians and the american college of surgeons committee on trauma. Prehospital Emerg Care 18:306-314, 2014. <https://doi.org/10.3109/10903127.2014.884197>
48. Zhang K, Chen H, Chen K, Yang P, Yang H, Mao H: O-arm navigated cervical pedicle screw fixation in the treatment of lower cervical fracture-dislocation. Orthop Surg 14:1135-1142, 2022. <https://doi.org/10.1111/os.13227>
49. Zhao L, Xu R, Liu J, Sochacki KR, Ma W, Jiang W, Liu G, Cao J, Hua Q: The study on comparison of 3 techniques for transarticular screw placement in the lower cervical spine. Spine 37:E468-472, 2012. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318237aae4>