

Servikal Omurga Yaralanmalarında Tanı Görüntüleme Yöntemleri

Merih İŞ¹, Alp Alper ŞAFAK²

¹AİBÜ, Düzce Tıp Fakültesi, Nöroşirürji Anabilim Dalı

²AİBÜ, Düzce Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Düzce

ÖZET

Son yıllarda servikal omurga yaralanmalı hastaların radyolojik değerlendirilmelerinde genel düşünce ve pratik değişmektedir. Radyolojik incelemelerin artmasına paralel olarak tıbbi maliyetlerin ve hastaların maruz kaldıkları radyasyonun artmasıyla ilişkili olarak radyografinin gerekliliği, bunun yanı sıra bilgisayarlı tomografi (BT) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG)'nin yeri ve önemi sorgulanmaktadır. Bu yazıda boyun travmalı hastalarda radyolojik incelemede izlenmesi gereken yol hakkında bir rehber oluşturulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Bilgisayarlı tomografi, Magnetik rezonans görüntüleme, radyografi, servikal omurga yaralanması.

Diagnostic Imaging of Cervical Spine Injuries

SUMMARY

In recent years, the general concepts about radiological evaluation of patients with traumatic cervical vertebra injuries have changed. The indications of magnetic resonance imaging, computerized tomography or even the necessity of radiography with the increased medical costs and exposed radiation are being discussed. In the presented study, we aimed to determine a guide for radiological examination in patients with neck trauma.

Key Words: Cervical spine injury, Radiography, Computed tomography, Magnetic resonance imaging.

Travma hastasında servikal omurga görüntülemenin endikasyonları

Travma merkezlerinin çoğunda, özellikle ciddi travmalarda servikal direkt grafi çekimi standart olarak yapılmaktadır. Rutin olarak boyunluk kullanımı ve olası servikal omurga yaralanmasının atlanma olasılığına karşı gösterilen aşırı hassasiyet servikal omurga için çok sayıda direkt grafi kullanımına yol açmaktadır.

1. Asemptomatik hastalar

Daha önceki dönemlerde tavsiye edilmesine rağmen, son dönemlerde Glasgow koma skoru 15 olan, direkt veya palpasyonla boyun ağrısı, intoksikasyon bulguları olmayan, nörolojik defisiti bulunmayan ve hastanın durumunu kötüleştiren uzun kemik kırıkları, iç organ yaralanması ve büyük yanıkların olmadığı hastalarda direkt servikal radyografinin gerekli olmadığı düşünülmektedir (1-8). McNamara ve arkadaşları servikal omurga yaralanmalı 286 olgu içeren seride fraktür ve ligaman hasarı olan tüm olgularda boyunda ağrı ve hassasiyet saptamışlardır (9). Yukarıdaki çalışmaya ilave olarak Hoffman ve arkadaşlarının 974 olguluk, Kreipke ve arkadaşlarının 860 olguluk ve Mirvis ve arkadaşlarının 408 olguluk geniş

serilerinde şuuru açık asemptomatik olgularda anlamlı bir patoloji saptanmamıştır (10-12). Bachulis ve arkadaşları künt travmayla acil birimine başvuran 4941 olgunun 1823'üne servikal grafi çekmişler ve spinal yaralanma saptadıkları 94 olgunun hepsinin de semptomatik olduğunu görmüşlerdir (13). Bunun yanı sıra semptomsuz hiçbir olguda lezyon saptanmamıştır.

Lindsey ve arkadaşları 2283 travma hastasını gözden geçirmişler ve semptomsuz omurga yaralanmalı herhangi bir olgu saptamamışlardır (14). Davis ve arkadaşları 32.117 olguluk bir seride gözden kaçan 34 olgu sunmuşlar, fakat çalışmalarında semptomsuz olgu bildirmemişlerdir (15).

Yirmi bir acil merkezinden 34.069 olguyu içeren bir çalışmada tüm hastalara AP; lateral ve ağız açık dens grafisi çekilmiş, 1818 olguda omurgada yaralanma saptanıp, bunlardan 576'sında klinik önemi olan lezyonlar saptanmıştır (2). Fakat klinik olarak iki olgu dışında tüm olgular semptomsuz olarak değerlendirilmiştir. İlk olguya tedaviyi kabul etmemesi üzerine bir tedavi yapılmamış, diğer hastada ise takip döneminde kolunda parestezi gelişmesi üzerine opere edilmiştir.

Yukarıdaki çalışmaların ışığında çıkarılacak sonuç;

Travma nedeniyle acil birimine başvuran; boyunda ağrı ve hassasiyeti olmayan, semptomsuz, şuuru açık, GKS 15, intoksikasyon bulguları olmayan, iç organ veya vasküler yaralanma ya da geniş yanıkları nedeniyle şuurunda değişiklik meydana gelmemiş olgulara servikal radyolojik incelemenin gerekli olmadığı yönündedir.

2. Şuur bozukluğuyla başvuran hastalar

Şuuru bozuk olgularda boyun ağrısı ve hassasiyetini güvenilir bir şekilde değerlendirmek mümkün olmayacağından travmalı bu olgularda radyolojik inceleme endikasyonu vardır. Çoğu durumda kafa travması şuur değişikliğine yol açar. İlaç veya alkol zehirlenmesi ve diğer toksik maddelere maruz kalma bellek fonksiyonlarında azalmaya yol açabilir.

3. Semptomatik hastalar

Akut travmadan sonra servikal semptomatik olguların %2-6'sında önemli derecede servikal omurga yaralanması saptanmıştır (1-6,16,17). Bu hastaların servikal immobilizasyonu sonlandırılmadan önce radyolojik olarak servikal yaralanmalarının olmadığı belirlenmesi gerekir. Uzun süreli immobilizasyon dekübit ülserleri, artmış intrakranial basınç, ağrı ve akciğer komplikasyonlarına yol açabilir (18-20). Radyolojik olarak servikal bölgenin incelemesinde bazı tanıların atlanması söz konusu olabilir. Buradaki en önemli husus uygun kalitede film çekilmemesi ve uygun şekilde yorumlanamamasıdır. Çünkü oksiput-C2 arasını ve C7-T1 arasını iyi bir şekilde görüntülemek çoğu kez kolay olmayabilir (15,21,22). Davis ve arkadaşları 32.117 travma olgusunda 34 semptomatik olgunun atlandığını bildirmiştir (15). Bahsedilen 34 olgunun 23'ünde radyografinin hiç çekilmediği veya yetersiz inceleme yapıldığı bildirilmiştir. 8 olguda tedavi eden kişinin yanlış yorumu sonucu tanı konamadığı, 1 olguda ise yeterli filmleri olmasına rağmen retrospektif olarak bakıldığında bile tam tanı konamadığı bildirilmiştir. Tanısı atlanan 34 olgunun ikisinde ise problemin nerede olduğu bildirilmemiştir. Bu bilgilerin ışığında Davis ve arkadaşları ile diğer bazı araştırmacılar oksiputtan T1'e kadar uzanan uygun çekilmiş grafilerde servikal yaralanmanın atlanma olasılığının nadir olduğunu bildirmişlerdir (23-29).

Rutin olarak servikal bölge incelemesinde AP, lateral ve ağız açık dens grafisi çekilir. Oblik grafiler C7-T1 bölgeyi görmek açısından yüzücü pozisyonunda çekilen grafiden daha faydalı olabilir (30). Travma hastalarında servikal bölgenin radyolojik değerlendirmesinin duyarlılığını arttırmak için pek çok yazar akut travma durumunda BT ve MRG'yi kullanımının önemini ortaya koymuşlardır.

MRG akut omurilik yaralanma riskindeki hastaları değerlendirmek için kullanılmıştır. Benzel ve arkadaşları 174 semptomatik olguda yaralanmayı takip eden 48 saat içinde MRG çekmişler ve 62 olguda yumuşak doku patolojisi saptamışlardır (31). Bu olgular yazarlar tarafından instabil olarak değerlendirilmiştir. Daha önceki çalışmalarda ciddi servikal yaralanmalar travma sonrası %2-6 arasında bildirilirken, çekilen MRG'lerde %25-40 oranında patoloji izlenmiştir. Burada vurgulanması gereken bir nokta da travmadan sonraki ilk 48 saatte MRG çekilmesi gereğidir (31-35). Klein ve arkadaşları aynı hastada BT ve MRG'yi karşılaştıran çalışmalarında MRG'nin kemik patolojileri göstermede BT'ye bir üstünlüğünün olmadığını bildirmişlerdir (36).

Fleksiyon-ekstansiyon grafileri servikal bölgedeki ligamentöz hasarı göstermede sıklıkla kullanılmıştır. Uyanık hastalarda bu manevra emniyetli, efektif olabilir. Fleksiyon-ekstansiyon grafilerinin çekilmesinin ciddi bir komplikasyon geliştirmediği pek çok çalışmada bildirilmiştir (23,31,32,37-39).

Ringenberg uyumlu, uyanık hastalarda daha ağırlı diğer lezyonların servikal yaralanmanın bulgularını maskeleyebileceğini vurgulamışlardır (8). Ciddi baş ve yüz yaralanması olan olgularda servikal omurga yaralanması olabileceği bildirilmiştir (40-42). Vandemark servikal omurga radyografisinin normal mental durumdaki ve minör kafa travmalı olgularda gerekli olmadığını bildirmiştir (43).

Sonuç olarak bu grup hastalarda servikal radyolojik inceleme için çoğunlukla kabul edilen ölçütler; mental durumda bozukluk, boyun ağrısı veya hassasiyeti, duyu veya motor belirti ve bulguları ve ağırlı yaralanmanın olmasıdır.

Radyolojik incelemenin seçimi

1995 yılı sonunda American College of Radiology (ACR) tarafından oluşturulan rehberde servikal yaralanma semptomları ve nörolojik defisiti olan veya algılama bozukluğu olanlarda AP, lateral ve ağız açık servikal grafi çekilmesi önerilmektedir (44).

**Resim 1**

- 1- 6. servikal vertebra korpusu
- 2- Servikal 6-7 intervertebral mesafesi
- 3- 2. servikal vertebra spinöz prosesi

Ligament hasarı şüphesi olan, semptomatik, fakat düz grafileri normal olan hastalara fleksiyon, ekstansiyon grafisi önerilmektedir. ACR aynı zamanda direkt grafileri oksipitoservikal lezyon düşündürülen olgularda BT önermektedir. Nörolojik belirti ve bulguların olduğu, fakat düz grafinin normal olduğu olgularda MRG önerilmektedir.

Bazı araştırmacılar AP grafinin gerekliliğini sorgularken Naidich ve arkadaşları (45) anterior spinal dislokasyonun saptanmasında AP grafinin önemine dikkat çekmişlerdir. Roberge, lateral eklem fraktürü, Luschka eklem fraktürü, unilateral faset dislokasyonu gibi yaralanmaları saptamada AP grafinin önemine işaret etmiştir (46).

Mevcut bilgiler rutin olarak AP, lateral ve ağız açık dens grafinin çekilmesinin uygun olduğunu düşündürmektedir.

Levis boyun ağırlı tüm hastalarda başlangıç radyolojik incelemesi normal olsa bile fleksiyon-ekstansiyon grafilerinin çekilmesinin uygun olduğu bildirmiştir (47). Eğer akut dönemde ağrı ve kas spazmından dolayı fleksiyon ve ekstansiyon grafileri yeterli bilgi

vermezse bir hafta sonra grafilerin tekrarının uygun olacağını bildirmektedir.

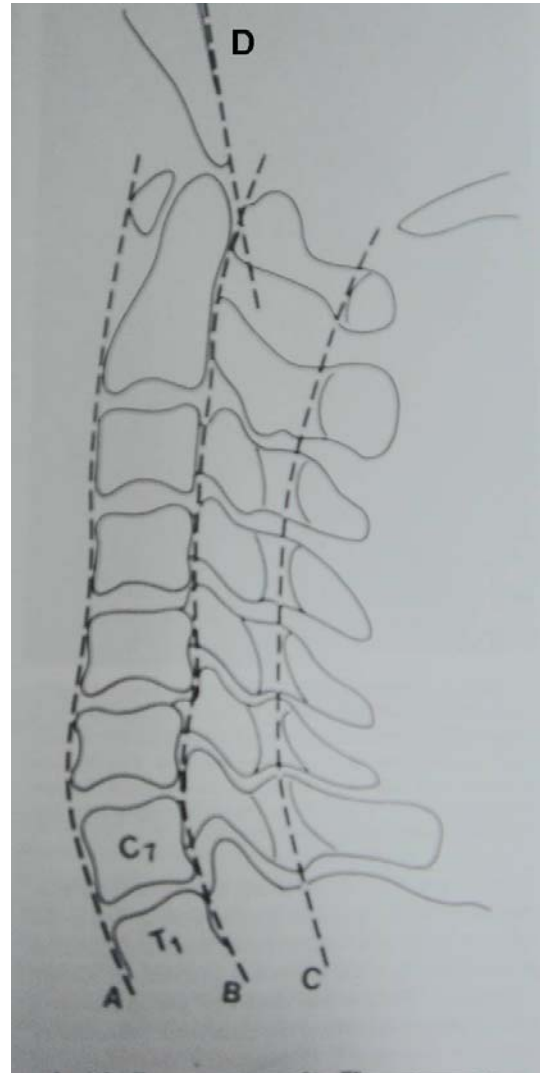
Fleksiyon-ekstansiyon grafileri; fleksiyon damla fraktürleri, Tip II ve III Hangman fraktürleri gibi belirgin unstabil servikal fraktürlerde çekilmemelidir.

Bireysel radyolojik görüntülemenin analizi için rehber

Lateral görüntü (Resim 1)

Lateral servikal grafinin uygunluğu için alt oksiput, tüm servikal vertebralar ve torakal birinci vertebranın üst son plak görülebilmelidir. Çoğunlukla omuzlar alt servikal bölgenin görüntülenmesini engeller. Bu problemin aşılması için genellikle omuzlar aşağıya çekilir. Yine de görüntüler elde edilemiyorsa yüzücü pozisyonda grafi çekilmesi uygundur. Üst ekstremitte fraktürü olan hastalarda servikotorasik bileşkeyi göstermek için tomografi çekilmesi uygundur.

Servikal lateral grafide normal anatomik yapı kemik yapı üzerinde 4 hat çekilerek değerlendirilir (Şekil 1).



A. Anterior spinal hat: Vertebraların ön yüzeyi boyunca aşağı doğru inen çizgidir ve C2 den C7'ye inen kesintisiz çizgidir.

B. Posterior spinal hat: Bu hat vertebral cisimlerin arka yüzlerinden çekilen çizgidir ve kesintisiz devamlılık gösterir.

C. Spinolaminar hat: Ark şeklindeki bu hat foramen magnumun arka kenarı olan opisthion' dan her bir servikal vertebranın spinöz çıkıntılarının ön kenarları boyunca çizilen çizgidir.

D. Clivus-base hat: Bu düz hat aynı zamanda Wackenheim base line olarak bilinir ve clivus arka yüzü boyunca aşağıya doğru uzanır. Bu hat ile dens arasındaki ilişki atlantookspital ilişkiyi değerlendirmek için önemlidir. Bu çizgi genelde densin posterior 1/3 bölümünden veya odontoid çıkıntısının posterior korteksine tanjansiyel olarak geçmelidir (48).

Lateral grafide clivus ucu ile odontoid çıkıntı arasındaki mesafe (basion-dens aralık) erişkinde 12 mm'den daha az olmalıdır

Lateral grafilerde predental mesafenin erişkinde 3 mm'den, çocuklarda ise 5 mm'den az olması normal değerlerdir (49). Romatoid artritte travma dışı nedenle predental mesafenin genişlemesi dışında, travmatik transvers ligament yırtığı ve instabil Jefferson fraktürlerinde predental mesafe genişler (50,51).

Vertebra cisimlerinin yüksekliği ve intervertebral disk mesafesi lateral servikal grafide dikkatli bir şekilde incelenmelidir. Vertebra cisimindeki yükseklik kaybı, kompresyon veya patlama (burst) tipinde fraktürler sonucu gelişebilir, fakat C5 ve C6 vertebralarının yüksekliği normal olarak diğer vertebralara göre azalmıştır. Disk mesafesinde daralma veya asimetri özellikle subluksasyon veya dislokasyon durumlarında diskin ciddi şekilde omurilik basısına yol açabilme olasılığından dolayı önemlidir. C7 vertebra genellikle T1'den daha dardır, bu yüzden bu normal görünüm subluksasyon olarak değerlendirilmemelidir (52). Çocuklardaki vertebra cisimleri çoğunlukla trapezoid görünümündedir. Swischuk ve arkadaşları erken infant döneminde C3 vertebranın kamalaşmış görünümü dışında diğer vertebra cisimlerini yuvarlak olarak bulduklarını bildirmişlerdir (53). C2 nin C3 üzerinde ve C3'ün C4 üzerinde hafif düzeyde kayması çocuklarda ve genç erişkinlerde normaldir (52).

Transvers çıkıntı ve foramen transverseriumlar, vertebra cisimleri ve

pedikülle aynı izdüşümde oldukları için lateral grafide iyi görünmezler. Daffner transvers çıkıntı veya unsinat çıkıntısının osteofitinden kaynaklanan yalancı fraktürü tanımlamıştır (54).

Bunun yanı sıra vurgulanması gereken diğer bir olay da vertebra cisimindeki dejenerasyona ikincil olarak fraktür ve dislokasyon olmadan travma sonrası ciddi omurilik basısının gelişebilmesidir (55).

C3'ten C7'ye kadar lateral kitlelerin romboid şekilde olması servikal lateral grafide görüntünün üst üste binmesine yol açar. Rotasyon veya eğilme lateral kitlelerin ayrılmasına yol açar. Uygun çekilmiş grafilerde bu ayrılık anlamlı olmazken, bazı zamanlarda unilateral faset dislokasyonu olarak değerlendirilir.

Laminalar arası mesafe C3-C7 arasında normalde birbirine eşit olmalıdır. Bu mesafede genişleme interspinöz ligament hasarına bağlı olarak kanama veya ödem varlığını düşündürür.

Paravertebral yumuşak dokuyu değerlendirmede lateral servikal grafi yararlıdır. Erişkinde retrofaringeal yumuşak doku C3 seviyesinde 7 mm'den daha geniş olmamalıdır (56-58). Hastanın yaşı ve ağırlığı retrofaringeal yumuşak dokunun kitlesini etkileyebilir (59). Miles ve Finlay yaptıkları çalışmada yumuşak doku şişliğinin sıklıkla posterior yaralanma yerine omurganın anterior yaralanmaları sonucu meydana geldiğini bildirmişlerdir (60). Yumuşak doku şişliğinin olmaması kemik yaralanmayı ekarte ettirmemelidir. Silberstein yaptığı çalışmada 14 olgunun 13'ünde prevertebral yumuşak doku şişliğinin anterior longitudinal ligament hasarı ile beraber olduğunu bildirmiştir (61).

Lateral servikal grafi ciddi omurilik yaralanmalarının 2/3'ünden fazlasının tanısını sağlayabilir (52). Lateral servikal grafi özellikle atlanto-okspital dislokasyon, C2'nin travmatik spondilolistezisi (Hangman fraktürü), tek veya çift taraflı faset dislokasyonu, vertebralarda kırık, servikal dislokasyon ve spinöz çıkıntı fraktürlerinin gösterilmesini sağlayabilir.

Anterior-posterior (AP) görüntüleme (Resim 2)

AP görüntülerde lateral kemik kenarlar lateral kitleler tarafından dalgalı bir kontur şeklinde oluşturulur. Faset eklemlerinin koronal planda 45° oryantasyonu nedeniyle AP görüntülerde görünmeleri genellikle zordur. Faset eklemleri AP görüntülerde kolaylıkla görülebiliyorsa artiküler pillar veya pedikül fraktürüyle beraber rotasyon gelişmesine bağlı olarak horizontal oryantasyon gelişmiştir. C2'den C6'ya kadar pediküller

posterolateral olarak yerleşmiştir ve iyi şekilde görüntülenemezler, fakat C7 pedikülü AP görüntülerde iyi şekilde görülebilir. AP görüntülerde farinks ve trakeanın hava kolonu orta hatta görülür. Paravertebral bir hematoma hava kolonunun yer değiştirmesine yol açar.



Resim 2

4- 2. servikal vertebra sol pedikülü
5- 7. servikal vertebra spinöz proçesi (anterior görünüm)

Naidich ve arkadaşları anterior spinal dislokasyonu belirlemede AP grafinin önemine dikkat çekmişlerdir (45). Bu tip fraktürlerde AP görüntülerde interspinöz mesafede genişleme görülebilir. Spinöz çıkıntıların yer değiştirmesi tek taraflı faset ekleminin subluksasyonu veya dislokasyonu sonucu görülebilir. Ayırılmış spinöz çıkıntı fraktürlerinde çift spinöz çıkıntı görüntüsü olur. Unutulmaması gereken son nokta da AP görüntülerin transvers çıkıntıları göstermede daha fazla yararlı olduğudur.

Ağız açık dens grafisi (Resim 3)

Bu grafi ile atlas, odontoid çıkıntı ve aksisin süperior faseti görülebilir. C1 ve C2'nin yan çıkıntılarının dış sınırları aynı dizilimde olmalıdır. C2'nin üzerinde C1in asılması Jefferson fraktürünü düşündürür. Başın eğilmesi veya rotasyonu C1 lateral çıkıntılarının C2 vertebralarının lateraline yansması nedeniyle zor olabilir, fakat bu durum sağ ve sol taraflar incelendiğinde fraktüre bağlı yer değiştirmeden ayrılabilir. Rotasyona bağlı üst üste binme durumunda C1 lateral kitlesi ile C2 lateral kitlesi arasında tek yönlü yer değiştirme söz konusuysen, Jefferson fraktürüne bağlı yer değiştirmeler farklı yönlerde olur. Atlasın yalancı ayrışması 3 ay- 4 yaş arasındaki çocuklarda normal bulgu olarak görülebilir (62).

Ağız açık dens grafileri özellikle Jefferson fraktürü, C1-C2 rotasyon-dislokasyon, odontoid fraktürü gibi atlas ve aksisin fraktür ve yer değiştirmelerinde değerlendirilmesinde önemlidir.



Resim 3

6- Odontoid proçes 7- Atlas

Bilgisayarlı tomografi (BT)

BT günümüzde servikal yaralanmaları değerlendirmede güvenilir ve emniyetli bir inceleme yöntemidir (63). BT servikal omurganın patolojilerinin çoğunun güvenilir bir şekilde saptanmasını sağlar (64). Fakat yine de BT direkt grafilere yardımcı inceleme olarak düşünülmelidir. Woodring ve Lee 216 hastalık seride 453 fraktür ve 104 sublüksasyon veya dislokasyon saptamışlar ve fraktürleri saptamada BT'nin direkt grafiye göre üstün olduğunu, buna karşılık dislokasyonu saptamada direkt grafinin BT'ye üstün olduğunu bildirmişlerdir (64,65). Acheson, BT ile saptanan fraktürlerin %50'sinin direkt grafi ile saptanamadığını bildirmiştir. BT özellikle direkt grafinin yetersiz ve bulguların şüpheli olduğu durumlarda endikedir (46). Bunun yanı sıra direkt grafide normal dışı bulgu olmasa da hastada nörolojik defisitinin olması, kafa travması, ısrarlı ciddi ağrı ve ciddi bir şekilde yaralanma şüphesinde BT endikasyonu vardır (46).

BT spinal kanal ve kemik yapıları değerlendirmede faydalı bir incelemedir. Patlama fraktürlerinde geriye doğru vertebraların yer değiştirmesi, fraktür parçalarının boyutlarının saptanmasının yanında pedikül, lateral çıkıntı, lamina fraktürü gibi durumların kolaylıkla saptanmasını sağlar. BT'nin diğer bir yararlı yanı direkt grafi ile düzgün şekilde görüntülenemeyen kraniovertebral ve servikotorasik bileşkenin uygun şekilde görüntülenebilmesidir. Kemik yapıyı gösterme özelliğinin mükemmel olmasının yanı sıra omurilik ve sinir köklerinin basısı, disk materyali ve hematomu görüntülemeye direkt grafiye üstünlük gösterir. Pech ve arkadaşları bir çalışmada pedikül, lateral kitle, spinöz çıkıntı fraktürlerinin sıklıkla BT'de atlandığını bildirmiştir (66). Günümüzde spiral BT çekimleri servikal

travmalarda daha yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Spiral BT daha hızlı ve uzun segment inceleme alanının yapılmasını sağlar.

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)

MRG, servikal travma sonrası nörolojik belirti ve bulguları olan hastalarda endikedir. MRG ile omurilik ve çevresindeki, vertebral çevresinde kemik dışı yapılar en iyi şekilde değerlendirilir. MRG kemik yapıların da değerlendirilebilmesine olanak tanımakla beraber BT kemik yapıların değerlendirilmesinde MRG'ye üstündür (67).

MRG sekansları travmanın omurilik, intervertebral disk, paraspinal ligamentler ve kas yapıları üzerindeki etkilerini göstermede oldukça üstündür. MRG kanama, ödem ve omurilik hasarını göstermede non-invaziv bir yöntemdir. Akut omurilik hematomu T2 ağırlıklı görüntülerde azalmış sinyal intensitesi (Hipointens), T1 ağırlıklı kesitlerde ise izo veya hipointens olarak görülür. Hematom seviyesinin altında genelde nörolojik iyileşme görülmez. Omurilik ödemi eğer tek seviyede ise genelde sonuçları yüz güldürücüdür. MRG aynı zamanda disk hernisi ve ekstradural hematoma gibi posttravmatik lezyonların ayırımına da yardım eder. Servikal omurgada ligaman hasarı en iyi şekilde T2 ağırlıklı yağ baskılayıcı kesitlerde değerlendirilir (68-70) Sagittal görüntülerde anterior ve posterior ligamanın bütünlüğünün bozulması, ligamanlara ait normalde görülen siyah hattın düzensizliğinden değerlendirilebilir. İnterspinöz ligamanlar fokal sinyal artışıyla beraber interspinöz mesafenin genişlemesi interspinöz ligamanın hasarının göstergesidir. MRG aynı zamanda vasküler yaralanmaların non-invaziv bir şekilde incelenmesini sağlar.

Yazışma Adresi: Dr Merih İŞ,
AİBÜ, Düzce Tıp Fakültesi,
Nöroşirürji AD, Konuralp/ DÜZCE,
E-posta: merihis@yahoo.com

KAYNAKLAR

1. Bayless P, Ray VG: Incidence of cervical spine injuries in association with blunt head trauma. Am J Emerg Med. 7:139-142, 1989.
2. Hoffman JR, Mower WR, Wolfson AB, Todd KH, Zucker MI: Validity of a set of clinical criteria to rule out injury to the cervical spine in patients with blunt trauma. National Emergency X-Radiography Utilization Study Group. N Engl J Med. 343: 94-99, 2000.
3. Hoffman JR, Schriger DL, Mower W, Luo JS, Zucker M: Low-risk criteria for cervical-spine radiography in blunt trauma: a prospective study. Ann Emerg Med 21: 1454-1460, 1992.
4. Hoffman JR, Wolfson AB, Todd K, Mower WR: Selective cervical spine radiography in blunt trauma: methodology of the National Emergency X-Radiography Utilization Study (NEXUS). Ann Emerg Med. 32: 461-469, 1998.
5. Kreipke DL, Gillespie KR, McCarthy MC, Mail JT, Lappas JC, Broadie TA: Reliability of indications for cervical spine films in trauma patients. J Trauma. 29:1438-1439, 1989.

6. Neifeld GL, Keene JG, Hevesy G, Leikin J, Proust A, Thisted RA: Cervical injury in head trauma. *J Emerg Med.* 6:203-207, 1988.
7. Roberge RJ, Wears RC, Kelly M, Evans TC, Kenny MA, Daffner RD, Kremen R, Murray K, Cottingham EC: Selective application of cervical spine radiography in alert victims of blunt trauma: a prospective study. *J Trauma.* 28:784-788, 1988.
8. Ringenberg BJ, Fisher AK, Urdaneta LF, Midthun MA: Rational ordering of cervical spine radiographs following trauma. *Ann Emerg Med.* 17:792-796, 1988.
9. McNamara RM, Heine E, Esposito B: Cervical spine injury and radiography in alert, high-risk patients. *J Emerg Med.* 8:177-182, 1990.
10. Mirvis SE, Diaconis JN, Chirico PA, Reiner BI, Joslyn JN, Militello P: Protocol-driven radiologic evaluation of suspected cervical spine injury: efficacy study. *Radiology.* 170:831-834, 1989.
11. Hoffman JR, Schriger DL, Mower W, Luo JS, Zucker M: Low-risk criteria for cervical-spine radiography in blunt trauma: a prospective study. *Ann Emerg Med.* 21:1454-1460, 1992.
12. Kreipke DL, Gillespie KR, McCarthy MC, Mail JT, Lappas JC, Broadie TA: Reliability of indications for cervical spine films in trauma patients. *J Trauma.* 29:1438-1439, 1989.
13. Chapman M: Upper cervical spine injuries, in Rockwood and Gren: Fractures in Adults, (ed 4), Philadelphia, PA. Lippincott, Williams&Wilkins, 2001, ch.32.
14. Lindsey RW, Diliberti TC, Doherty BJ, Watson AB: Efficacy of radiographic evaluation of the cervical spine in emergency situations. *South Med J.* 86:1253-1255, 1993
15. Davis JW, Phreaner DL, Hoyt DB, Mackerie RC: The etiology of missed cervical spine injuries. *J Trauma.* 34:342-346, 1993.
16. Ross SE, O'Malley KF, DeLong WG, Born CT, Schwab CW: Clinical predictors of unstable cervical spinal injury in multiply injured patients. *Injury.* 23: 317-319, 1992
17. Roth BJ, Martin RR, Foley K, Barcia PJ, Kennedy P: Roentgenographic evaluation of the cervical spine. A selective approach. *Arch Surg.* Jun;129: 643-645, 1994.
18. Dodd FM, Simon E, McKeown D, Patrick MR: The effect of a cervical collar on the tidal volume of anaesthetised adult patients. *Anaesthesia.* 50:961-963, 1995.
19. Liew SC, Hill DA: Complication of hard cervical collars in multi-trauma patients. *Aust N Z J Surg.* 64(2):139-140, 1994.
20. Raphael JH, Chotai R: Effects of the cervical collar on cerebrospinal fluid pressure. *Anaesthesia.* May;49: 437-439, 1994.
21. Gerrelts BD, Petersen EU, Mabry J, Petersen SR: Delayed diagnosis of cervical spine injuries. *J Trauma.* 31:1622-1626, 1991.
22. Reid DC, Henderson R, Saboe L, Miller JD: Etiology and clinical course of missed spine fractures. *J Trauma.* 27: 980-986, 1987.
23. Ajani AE, Cooper DJ, Scheinkestel CD, Laidlaw J, Tuxen DV: Optimal assessment of cervical spine trauma in critically ill patients: a prospective evaluation. *Anaesth Intensive Care.* 26: 487-491, 1998.
24. Berne JD, Velmahos GC, El-Tawil Q, Demetriades D, Asensio JA, Murray JA, Cornwell EE, Belzberg H, Berne TV: Value of complete cervical helical computed tomographic scanning in identifying cervical spine injury in the unevaluable blunt trauma patient with multiple injuries: a prospective study. *J Trauma.* 47: 896-902, 1999.
25. Borock EC, Gabram SG, Jacobs LM, Murphy MA: A prospective analysis of a two-year experience using computed tomography as an adjunct for cervical spine clearance. *J Trauma.* 31:1001-1005, 1991.
26. Davis JW, Parks SN, Detlefs CL, Williams GG, Williams JL, Smith RW: Clearing the cervical spine in obtunded patients: the use of dynamic fluoroscopy. *J Trauma.* 39: 435-438, 1995.
27. Freemyer B, Knopp R, Piche J, Wales L, Williams J: Comparison of five-view and three-view cervical spine series in the evaluation of patients with cervical trauma. *Ann Emerg Med.* Aug;18:818-821, 1989.
28. Lewis LM, Docherty M, Ruoff BE, Fortney JP, Keltner RA Jr, Britton P: Flexion-extension views in the evaluation of cervical-spine injuries. *Ann Emerg Med.* 20:117-121, 1991.
29. MacDonald RL, Schwartz ML, Mirich D, Sharkey PW, Nelson WR: Diagnosis of cervical spine injury in motor vehicle crash victims: how many X-rays are enough? *J Trauma.* 30:392-397, 1990.
30. Ireland AJ, Britton I, Forrester AW: Do supine oblique views provide better imaging of the cervicothoracic junction than swimmer's views? *J Accid Emerg Med.* 15:151-154, 1998.
31. Benzel EC, Hart BL, Ball PA, Baldwin NG, Orrison WW, Espinosa MC: Magnetic resonance imaging for the evaluation of patients with occult cervical spine injury. *J Neurosurg.* 85: 824-829, 1996.
32. D'Alise MD, Benzel EC, Hart BL: Magnetic resonance imaging evaluation of the cervical spine in the comatose or obtunded trauma patient. *J Neurosurg.* 91(1 Suppl):54-59, 1999.
33. Emery SE, Pathria MN, Wilber RG, Masaryk T, Bohlman HH: Magnetic resonance imaging of posttraumatic spinal ligament injury. *J Spinal Disord.* 2: 229-233, 1989.
34. Katzberg RW, Benedetti PF, Drake CM, Ivanovic M, Levine RA, Beatty CS, Nenzek WR, McFall RA, Ontell FK, Bishop DM, Poirier VC, Chong BW: Acute cervical spine injuries: prospective MR imaging assessment at a level 1 trauma center. *Radiology.* 213: 203-212, 1999.
35. White P, Seymour R, Powell N: MRI assessment of the pre-vertebral soft tissues in acute cervical spine trauma. *Br J Radiol.* 72: 818-823, 1999.
36. Klein GR, Vaccaro AR, Albert TJ, Schweitzer M, Deely D, Karasick D, Cotler JM:
 1. Efficacy of magnetic resonance imaging in the evaluation of posterior cervical spine fractures. *Spine.* 24: 771-774, 1999.
37. Banit DM, Grau G, Fisher JR: Evaluation of the acute cervical spine: a management algorithm. *J Trauma.* 49:450-456, 2000.
38. Brady WJ, Moghtader J, Cutcher D, Exline C, Young J: ED use of flexion-extension cervical spine radiography in the evaluation of blunt trauma. *Am J Emerg Med.* 17:504-508, 1999.
39. Brohi K, Wilson-Macdonald J: Evaluation of unstable cervical spine injury: a 6-year experience. *J Trauma.* 2000 Jul;49(1):76-80.

40. Kirshenbaum KJ, Nadimpalli SR, Fantus R, Cavallino RP: Unsuspected upper cervical spine fractures associated with significant head trauma: role of CT. *J Emerg Med.* 8:183-198, 1990.
41. Jonsson H Jr, Bring G, Rauschnig W, Sahlstedt B: Hidden cervical spine injuries in traffic accident victims with skull fractures. *J Spinal Disord.* 4:251-263, 1991.
42. Haug RH, Prather JL: The closed reduction of nasal fractures: an evaluation of two techniques. *J Oral Maxillofac Surg.* 49:1288-1292, 1991.
43. Vandemark RM: Radiology of the cervical spine in trauma patients: practice pitfalls and recommendations for improving efficiency and communication. *AJR Am J Roentgenol.* 155: 465-472, 1990
44. American Collage of Radiology Appropriateness Criteria for Imaging and Treatment Desicions. Reston, VA, American Collage of Radiology, ms 2.1-2.8, 1995.
45. Naidich JB, Naidich TP, Garfein C, Liebeskind AL, Hyman RA: The widened interspinous distance: a useful sign of anterior cervical dislocation in the supine frontal projection. *Radiology.* Apr;123:113-116, 1977.
46. Roberge RJ: Facilitating cervical spine radiography in blunt trauma. *Emerg Med Clin North Am.* 9:733-742, 1991.
47. Lewis LM, Docherty M, Ruoff BE, Fortney JP, Keltner RA Jr, Britton P: Flexion-extension views in the evaluation of cervical-spine injuries. *Ann Emerg Med.* 20:117-121, 1991.
48. Wackenheim A: Roentgen diagnosis of the craniovertebral region (ed1), New York, NY, Springer-Verlag 1974.
49. Harris JH Jr, Carson GC, Wagner LK, Kerr N: Radiologic diagnosis of traumatic occipitovertebral dissociation: 2. Comparison of three methods of detecting occipitovertebral relationships on lateral radiographs of supine subjects. *AJR Am J Roentgenol.* 162:887-892, 1994
50. Spence KF Jr, Decker S, Sell KW: Bursting atlantal fracture associated with rupture of the transverse ligament. *J Bone Joint Surg Am.* 52:543-549, 1970.
51. Oda T, Panjabi MM, Crisco JJ 3rd, Oxland TR, Katz L, Nolte LP: Experimental study of atlas injuries. II. Relevance to clinical diagnosis and treatment. *Spine.* 16: S466-473, 1991.
52. Berquist TH: Imaging of adult cervical spine trauma. *Radiographics.* 8:667-694, 1988.
53. Swischuk LE, Swischuk PN, John SD: Wedging of C-3 in infants and children: usually a normal finding and not a fracture. *Radiology.* 188: 523-526, 1993.
54. Daffner RH, Deeb ZL, Rothfus WE: Pseudofractures of the cervical vertebral body. *Skeletal Radiol.* 15: 295-298, 1986.
55. Regenbogen VS, Rogers LF, Atlas SW, Kim KS: Cervical spinal cord injuries in patients with cervical spondylosis. *AJR Am J Roentgenol.* 146: 277-284, 1986.
56. Penning L: Prevertebral hematoma in cervical spine injury: incidence and etiologic significance. *AJR Am J Roentgenol.* 136: 553-561, 1981.
57. Paakkala T: Prevertebral soft tissue changes in cervical spine injury. *Crit Rev Diagn Imaging.* 24: 201-236, 1985.
58. Wholey MH, Bruwer AJ, Baker HL Jr: The lateral roentgenogram of the neck; with comments on the atlanto-odontoid-basion relationship. *Radiology.* 71: 350-356, 1958.
59. Sistrom CL, Southall EP, Peddada SD, Shaffer HA Jr: Factors affecting the thickness of the cervical prevertebral soft tissues. *Skeletal Radiol* 22:167-171, 1993.
60. Miles KA, Finlay D: Is prevertebral soft tissue swelling a useful sign in injury of the cervical spine? *Injury.* 19:177-179, 1988.
61. Silberstein M, Tress BM, Hennessy O: Prevertebral swelling in cervical spine injury: identification of ligament injury with magnetic resonance imaging. *Clin Radiol.* 46:318-323, 1992.
62. Suss RA, Zimmerman RD, Leeds NE: Pseudospread of the atlas: false sign of Jefferson fracture in young children. *AJR Am J Roentgenol.* 140:1079-1082, 1983.
63. Kaye JJ, Nance EP Jr: Cervical spine trauma. *Orthop Clin North Am.* 21:449-462, 1990.
64. Woodring JH, Lee C: The role and limitations of computed tomographic scanning in the evaluation of cervical trauma. *J Trauma.* 33: 698-708, 1992.
65. Woodring JH, Lee C: Limitations of cervical radiography in the evaluation of acute cervical trauma. *J Trauma.* 34: 32-9, 1993.
66. Pech P, Kilgore DP, Pojunas KW, Haughton VM: Cervical spinal fractures: CT detection. *Radiology.* 157:117-120, 1985.
67. Hall AJ, Wagle VG, Raycroft J, Goldman RL, Butler AR: Magnetic resonance imaging in cervical spine trauma. *J Trauma.* 34: 21-26, 1993.
68. Davidoff G, Roth E, Morris J, Bleiberg J, Meyer PR Jr: Assessment of closed head injury in trauma-related spinal cord injury. *Paraplegia.* 24: 97-104, 1986.
69. Bundschuh CV, Alley JB, Ross M, Porter IS, Gudeman SK: Magnetic resonance imaging of suspected atlanto-occipital dislocation. Two case reports. *Spine.* 17:245-248, 1992.
70. Katzberg RW, Benedetti PF, Drake CM, Ivanovic M, Levine RA, Beatty CS, Nemzek WR, McFall RA, Ontell FK, Bishop DM, Poirier VC, Chong BW: Acute cervical spine injuries: prospective MR imaging assessment at a level 1 trauma center. *Radiology.* 213: 203-212, 1999.