



Çocukluk yaş döneminin torakolomber ve lomber omurga kırıkları

Pediatric thoracolumbar and lumbar spine fractures

Yetkin Söyüncü

Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Antalya, Türkiye

Çocukluk yaş dönemi omurga kırıkları, tüm çocukluk çağı iskelet sistemi yaralanmalarının %1–3'ünü oluşturur. Çocukluk yaş dönemi omurga yaralanmalarının önemli kısmı servikal bölgededir. Çocuklarda tüm omurga travmaları olgularının tahmini olarak %0,6–0,9'u torakal ve lomber omurga yaralanmalarıdır. Torakolomber omurga yaralanmaları, çocukluk yaş dönemindeki hastalarda önemli bir mortalite ve morbitide nedenidir. Bu yaralanmalar sıklıkla yüksek enerjili travmalar olup toraks ve batin yaralanmaları eşlik eder ve multidisipliner yaklaşım gerektirir. Çocukluk yaş döneminde omurganın daha elastiki özelliği göstermesine bağlı olarak omurga yaralanmaları daha az oranda kırıkla sonuçlanır. Yetişkin ve çocuk hastalar arasındaki en önemli fark, radyolojik olarak bir anormallik saptanamamasına rağmen nörolojik yaralanmanın olmasıdır (SCIWORA). Hastanın matürite düzeyi ve yaralanmanın şekline bağlı olarak torakolomber kırıkların iyileşme ve yeniden şekillenebilme özellikleri vardır. Torakolomber yaralanmaların çocuk hastalar üzerindeki etkisi yıkıcı olabileceğinden dolayı, erken tanı ve uygun tedavi ile birlikte uzun dönem takipler gerekli olacaktır.

Anahtar sözcükler: çocukluk dönemi; omurga; torakolomber; kırık; SCIWORA

Pediatric spine fractures constitute 1–3% of all pediatric fractures. Younger children tend to have a higher proportion of cervical injuries. Only an estimated 0.6% to 0.9% of all spinal trauma cases are pediatric thoracic and lumbar spine injuries. Thoracolumbar spine trauma is an important cause of morbidity and mortality in pediatric patients. These injuries are frequently associated with high-energy trauma and concurrent thoracic or abdominal injuries that require coordinated multidisciplinary care. Pediatric spine trauma is less likely to result in fracture due to the greater elasticity and compressibility of the pediatric spine. Major difference between adults and children is the occurrence of spinal cord injury (SCI) without radiographic abnormality (SCIWORA). Depending on the nature of the injury and the patient's level of skeletal maturity, thoracolumbar spinal injuries may have substantial ability to heal and remodel. Since the impact of thoracolumbar spinal injury on pediatric patients can be devastating, appropriate early diagnosis and management, as well as long-term follow-up, are imperative.

Key words: pediatric; spine; thoracolumbar; fracture; SCIWORA

Çocukluk ve adolesan dönemde görülen torakolomber omurganın travmatik kırıkları nadir görülen, ancak yaşamı tehdit eden yaralanmalardır ve tüm çocukluk çağı iskelet sistemi yaralanmalarının %1–3'ünü oluşturur.^[1–5]

Çocukluk yaş dönemi omurga yaralanmalarının önemli kısmı servikal bölgededir. Bu durum yetişkin hastalarla karşılaştırıldığında, çocuklarda kafatası çapının bedene oranla daha büyük olması yanında, boyun bölgesindeki destek görevi gören yumuşak dokuların daha zayıf olmasına da bağlıdır. Bu nedenle, çocuklarda tüm

omurga travmaları olgularının tahmini olarak %0,6–0,9'u torakal ve lomber omurga yaralanmalarıdır.^[6–8]

Çocukluk yaş döneminde görülen torakolomber omurga kırıkları, sık rastlanılan minör çökme kırıklarından nadir görülen tam spinal kord hasarının eşlik ettiği kırıklı çıkıklara kadar farklılık gösterir. Çocuklarda tüm ortopedik travmalar içinde mortalite oranı en yüksek olan yaralanmalar torakolomber kırıklardır. Bu durum sıklıkla kafa travması, torakal ve abdominal yaralanmalar ile ilişkili olup %50'ye varan oranda tanıda gecikmeye bağlıdır.^[2,9]

Çocukluk yaş döneminde omurganın daha elastik ve komprese edilebilir olması nedeniyle omurga travmaları yetişkinlerle karşılaştırıldığında daha nadir olarak kırıkla sonuçlanır. Radyolojik bulgular belirgin olmayabilir. Kas ve destek yapılarının daha zayıf olmasından dolayı travmatik kuvvetler direkt olarak ve daha ciddi şekilde nöral yapılara etki eder. Kemik ve nöral yapıların plastisitesi daha fazla olduğundan dolayı, erken dönemde uygun şekilde tedavi edilirse iyileşme potansiyelleri olacaktır. Bu nedenle, çocukluk yaş dönemi hastaların torakolomber omurga kırıkları anatomi, yaralanma şekilleri, radyolojik bulgular ve tedavi şekli açısından özel bir önem gerektirir.^[10]

Bu yaralanmaların uygun şekilde tedavisi için çocuk hastalarda omurganın anatomisi, biyomekaniği, iyileşme ve büyüme potansiyeli ve hastalar üzerindeki psikososyal etkileri iyi anlaşılmalıdır. Omurganın büyümeye devam etmesi ve geç dönemde ortaya çıkabilecek deformite, instabilite ve nörolojik yaralanma açısından, torakolomber kırıkların dikkatli şekilde takibi önem taşımaktadır.

ÇOCUKLUK YAŞ DÖNEMİNDE OMURGANIN GELİŞİMİ

Omurga gelişimi üç aşamada meydana gelir: membranöz proliferasyon, kıkırdaklaşma ve kemikleşme. Her omurga üç adet primer kemikleşme merkezine sahiptir; bir tanesi santral ve iki tanesi nöral arkus. Kemikleşme her ne kadar anne rahminde başlasa da doğumdan sonraki dönemde tamamlanır. Gestasyonun 10. haftasında torakolomber bölgede santralde kemikleşme başlar ve her iki yönde ilerler. Nöral arkusun kemikleşmesi servikal bölgede gestasyonun 9. haftasında başlar ve kraniyalden kaudale doğru ilerler. Bu yapılar normalde 2-6 yaş arasında birbirleriyle birleşir. Eğer bu birleşme olmazsa, spina bifida okkulta dediğimiz durum ortaya çıkar. Birleşme öncesi santral ve nöral arkuslar kıkırdak membran ile birbirlerine bağlanmışlardır. Nörosantral sinkondroz, santral ve her iki arkusun merkezinin birleştiği yeri gösterir. Servikal ve torakal omurga aynı zamanda beş adet sekonder kemikleşme merkezine (bir adet spinöz çıkıntı, iki adet transvers çıkıntı ve iki adet ring apofiz) sahiptir. Lomber omurga bunlara ilave olarak mamillar çıkıntılara karşılık gelen iki adet daha kemikleşme merkezine sahiptir.^[11]

Gelişen omurgada büyüme üç kıkırdak bölgesinden devam eder: uç plak, nörosantral kıkırdak ve ring apofizler. Uç plak, nükleusa komşu hiyalin kıkırdak ve omurga cisminde komşu fizyel kıkırdaktan oluşmuştur ve doğumda tamamen kıkırdak yapıdadır. Kemikleşme adacıkları beş yaş civarında kenarlarında görülmeye başlar ve sonuçta annuler ring apofizleri oluşturmak

üzere birleşirler. Ring apofizler 12 yaşına kadar tamamlanır ve omurga cismini çevresel olarak sarar, sağlamlığını artırır. Çocuklar 14-15 yaşına geldiğinde uç plaklar omurga cismi ile birleşmeye başlar ve 21-25 yaşlarında kaynama tamamlanıncaya kadar olan dönemde kırık ile karıştırılabilir. Çocuklarda 12 yaşından önce omurga kırığı meydana gelirse, omurganın aşırı büyümesi ve rekonstrüksiyonu ile birlikte normal şeklini alması mümkün olabilmektedir. Ring apofizler omurga cisminin enine büyümesini, fizis ise omurganın yüksekliğine büyümesini sağlar.^[11]

ÇOCUKLARDA OMURGA ANATOMİSİNİN ÖZELLİKLERİ

Çocuklar gövdeleri ile kıyaslandığında daha büyük kafa yapısına sahiptir ve boyun kasları da daha zayıftır. Bu durum, çocuklarda fleksiyon-ekstansiyon tarzı yaralanmaların daha sık görülmesine neden olur.^[12,13] Bunun yanında çocuklarda bağ hiperlaksitesi, elastisite ve tam olmayan kemikleşme söz konusudur. Çocuklarda faset eklemler daha küçük ve daha horizontal yerleşimlidir, böylece hareketlilik daha fazladır ancak stabilitesi daha azdır. Faset eklemler sekiz yaşına doğru matür bir yapı kazanırsa da yetişkinde görülen daha oblik şekline 15 yaşından önce kavuşmaz. Omurga cisimleri uç plaklardaki inkomplet enkondral kalsifikasyon nedeniyle özellikle torakal omurgada hafifçe kama şeklindedir. Spinal kord L1 seviyesine bir yaşına doğru iner ve spinal kanal yetişkindeki hacmine altı yaşına doğru ulaşır.

Çocuk omurgasının yetişkin omurgasına yakın bir durum aldığı 9-16 yaş civarında osteoligamentöz yapılar daha sağlam bir yapı kazanarak spinal kord için daha iyi bir koruma sağlar ve daha küçük hasta grupları ile karşılaştırıldıklarında spinal kord yaralanması (SCI)'nin şiddetinin azaldığı görülür. Yetişkin omurgası çocuk omurgası ile karşılaştırıldığında daha fazla kemik ve bağ yaralanmasına maruz kalır.

EPİDEMİYOLOJİ

Çocukluk yaş dönemi omurga kırıkları, tüm akut omurga yaralanmalarının %2-5'ini oluşturur. Çocuklarda torakolomber omurga kırıklarının çoğu 14-16 yaşlarında ve erkek çocuklarda görülme eğilimindedir.^[1] Backstrom ve ark.'nın bir çalışmasında ise, çocuklarda rastlanılan tüm omurga kırıklarının %14,6'sının torakolomber bölgede olduğu, cinsiyet ve yaralanma mekanizmasıyla bir ilişkisinin olmadığı rapor edilmiştir.^[13] Omurganın en sık etkilenen bölgesi T4-12 arası, takiben T12-L2 arasındadır. Sıklıkla motorlu taşıt yaralanmaları ya da yüksekten düşmeye bağlıdır ve %26 oranında nörolojik yaralanma eşlik

eder. Çocukluk yaş dönemi omurga kırıkları iki önemli yaş grubunda görülür: 5 yaşından önce ve 10 yaşından sonra. Çocuklarda 10 yaşından önce yaralanmalar sıklıkla düşme veya otomobilin yayaya çarpması şeklinde olmasına rağmen, 10 ile 14 yaş aralığında motorlu taşıt kazaları daha sık görülür. Geç adolesan dönemde motosiklet kazaları ve spor yaralanmaları daha ön plana çıkar. Torakal ve lomber omurga kırıklarının oranı yaşla birlikte artar. Çocukluk yaş dönemi omurga kırıkları yetişkin omurga kırıkları ile karşılaştırıldığında daha yüksek mortalite oranına sahiptir.^[14]

Torakolomber omurga yaralanmalarında, gastrointestinal sistem (GIS) yaralanma riski artmıştır. Ciddi sistemik yaralanma ve omurga yaralanmasının birlikte görülmesi nedeniyle majör travmaya maruz kalmış bir çocuk hasta, spinal yaralanma açısından da değerlendirilmelidir.^[2]

Nörolojik yaralanma oranı %14 civarındadır. Spinal kordu çevreleyen yapıların gelişimini tamamlanmamış olmasına bağlı olarak 0-9 yaş arası hastalarda nörolojik yaralanma oranı 10-17 yaş arası hastalarla karşılaştırıldığında önemli derecede daha yüksektir. SCI olan çocuk hasta grupları arasında yaralanmaların yaklaşık 1/3'ü fonksiyonel olarak tam yaralanma şeklindedir. Spinal kord yaralanmaları, çocuk hastaların yaklaşık %30-40'ında radyolojik olarak anormallik saptanmış SCI (SCIWORA) şeklindedir.^[15-17]

Seviz yaşından küçük çocuklarda kemik yaralanmasının en önemli komponenti fizis ayrılması olabilir. Çocuklarda posterior ligamentöz komplekste yaralanma ya da uzama olmasına rağmen fizis yaralanması iyileşebilir ve büyüme devam ederek anteriordan yük taşımaya devam edebilir. Yeniden şekillenebilmek için kamalaşma miktarı 20-30°'den daha az olmalıdır. Uç plaklar hasar görürse ya da kısmen füzyona uğrarsa, ortaya çıkan deformite ilerleyebilir.

Çocukluk çağında görülen travmatik omurilik/kök lezyonlarının %3'ünde istismar söz konusudur ve çoğunlukla T11-L3 arası omurgalar etkilenir. Üst uç plağın ön kenarında kırıkla birlikte çökme görülür. Travma öyküsü ile getirilen ve direkt grafide omurgada çentiklenme saptanan hastalar, nörolojik bulgular olmasa da dikkatli ve tekrar muayene edilmelidir.

BAŞLANGIÇ DEĞERLENDİRMESİ VE TANI

Travmaya maruz kalan çocuk, ATLS (*Advanced Trauma Life Support*) protokolüne göre değerlendirilip tedavi edilmelidir. Omurga yaralanması ve instabilite olasılığına karşılık hastaların omurgaları stabil hale getirilmelidir. Boynun hiperfleksiyonunu, nörolojik yaralanma riskini ve hava yolu obstrüksiyonunu engellemek için pediatrik omurga travma tahtası tercih edilmelidir.

Çocuğun yaşı ve mental durumuna bağlı olarak tam bir nörolojik muayene yapmak mümkün olmayabilir. Nörolojik değerlendirme motor ve duyu muayenesi ile birlikte rektal ve genital muayene ve uygun olgularda refleks muayenelerini (bulbokavernöz refleksi) içerecek şekilde yapılmalıdır. Tüm omurga ve paraspinoz bölgeler palpe edilerek herhangi bir basamaklaşma, krepitasyon, ezilme ya da açık yara olup olmadığı not edilmelidir. Torakolomber omurga yaralanmalarının saptanmasında tek başına fizik muayenenin %87 duyarlı ve %75 özgül olduğu rapor edilmiştir.^[18]

Çocukluk yaş dönemi torakolomber omurga yaralanmalarına, intraabdominal veya intratorasik yaralanmalar eşlik edebilir. Sıklıkla eşlik eden yaralanmalar ince barsak perforasyonu, pankreas yaralanması, hemotoraks veya pnömotoraks, akciğer kontüzyonu ve aort yaralanmasıdır. Eşlik eden toraks ve abdominal yaralanmaların sıklığı %42 kadar yüksek oranda rapor edilmiştir.^[19]

Torakolomber yaralanması olan çocukların %30'undan fazlasında eşlik eden kafa travması olabilir. Bu nedenle sistemlerin ayrıntılı muayenesi yapılarak herhangi bir kafa, toraks ya da abdominal yaralanma gözden kaçırılmamaya çalışılmalıdır.

RADYOLOJİK DEĞERLENDİRME

Çocukluk yaş dönemi travmalarını takiben torakolomber omurganın görüntülenmesine ilişkin iyi tanımlanmış ve kanıta dayalı kılavuzlar mevcut değildir. Bununla birlikte ilk planda ön arka ve yan grafiler alınmalıdır. Ayrıca, immatür omurgada bazı bulgular yanlışlıkla patolojik olarak yorumlanabilir. Nörosantral sinkondroz 3-6 yaş civarında civarında radyolojik olarak her omurga cisminin köşesinde bir oluk ya da yarı olarak görülebilir. Uç plakların tam olarak ossifikasyonuna kadar geçen sürede bu alanlar kırık olarak yorumlanabilir.

Omurga cisimlerindeki kamalaşma bazen kompresyon kırığı olarak yorumlanabilir. Kompresyon kırığı için omurga cismi ön/arka yükseklik oranının 0,95'in altında olması kabul edilse de omurga kırığı olmaksızın bu oran 0,893 gibi düşük seviyede de olabilir.^[20]

Direkt grafilerde ön arka ve yan planda belirgin dizilim bozuklukları gösterilebilir. Omurga cisminin trapezoidal şekil alması, skolyoz veya spinöz çıkıntılar arasındaki düzensizlik akut yaralanma şüphesi uyandırmalıdır.

Radyolojik değerlendirme yaralanmanın stabilite-sini değerlendirmek için de kullanılır. Eğer hasta nörolojik olarak sağlamsa ve yaralanmadan sonra yürüyebildiyse, kırık büyük olasılıkla stabildir. İnstabil

yaralanmalar, zamanla kabul edilemeyecek pozisyona doğru açılanma gösteren ya da nörolojik durumda bozulma yapan yaralanmalardır. Eğer nörolojik yaralanma varsa omurga instabil olarak kabul edilir. Pediküllerin genişlemesi ile birlikte omurga cisminde çökme, bilgisayarlı tomografi (BT)'de orta kolon ya da lamina tarafından kanalın %33'ten fazlasının daralması, herhangi bir planda omurga cisimleri arasında 2,5 mm'den fazla yer değiştirme, bilateral faset eklem çıkığı, vertebra cisminin %50'den fazla çökmesi ile birlikte spinöz çıkıntılar ya da laminalar arasında genişleme instabiliteyi işaret eden beş spesifik radyolojik bulgudur. T11-12 seviyesinde kanalın daralma miktarının %35'ten fazla, L1 seviyesinde %45, L2 seviyesi ve altında %55'ten fazla olması durumunda nörolojik yaralanma riski artar.

Nörolojik yaralanmadan şüpheleniliyorsa spinal kord ve yumuşak doku yaralanmasının şiddetini görüntüleyebilmek için manyetik rezonans (MR) görüntüleme tetkikine başvurulmalıdır. T2 ağırlıklı görüntülerde üç yaralanma şekli görülebilir: sinyal yoğunluğunda azalma kanamayı, sinyal parlaklığı kord ödemi ve miks sinyal (yüksek sinyal ile çevrelenen düşük sinyal yoğunluğu) ise santral kanamayla birlikte çevresel ödem gösterir.^[21] Kordun tam kesisi ya da hematoma, lig flavum veya disk materyali gibi kord üzerine bası yapan yapılar MR ile gösterilebilir. İmmatür omurganın fleksibilitesi nedeniyle radyolojik olarak yaralanma bulgusu olmaksızın SCI görülebilir. Bu durum çocukluk yaş dönemi omurga yaralanmalarının %20'sinde görülebilen yetişkinlerde %0,2'ye düşer.

MR, radyasyona maruz kalmama ve yumuşak doku yaralanmasını değerlendirebilme özelliği nedeniyle daha sık kullanılmaya başlamıştır. Kanama, ödem ve akut kemik hasarları T1, T2 ve STIR pencerelerinde gösterilebilir. Eşlik eden nörolojik yaralanması olan torakolomber omurga kırığı olan herhangi bir çocukta MR acil olarak çektilmelidir. Bununla birlikte MR, arka elemanlar az miktarda kemik iliği içerdiği için nöral arkus kırıklarını göstermede yetersiz kalabilir. BT ile karşılaştırıldığında kemik yapıyı değerlendirmekte o kadar başarılı olmayabilir.^[22]

Akut kemik yaralanmalarının tanısında BT oldukça yararlıdır. Çocuk hastalarda radyasyona maruz kalma nedeniyle pratik uygulamada BT kullanımı tartışmalıdır. BT'de distraksiyon tipi yaralanmalar ile apofiz yaralanmalarını göstermek zor olabilir. Yetişkin hastalarda BT sık kullanılmasına rağmen çocuk hastalarda tek bir BT görüntülemesi bile, tiroid kanser riskini arttırmaktadır.

Görüntülemeye ilave olarak Leroux ve ark. değerlendirme sırasında hastalara yaralanma sırasında "solunum durması" hissinin olup olmadığını sorulmasını

önermişlerdir. Bu hissin olmadığı ve görüntülerin negatif olduğu durumlarda kırık olmaması ihtimali daha yüksektir.^[23]

Hastalarda sıklıkla birden fazla omurga bölgesinde yaralanma ile karşılaşılır. Omurga yaralanması olgularının yaklaşık %4-11'inde ardışık olmayan omurga kırıklarına rastlanabilir. Bu kırıklar sıklıkla torakal ve üst lomber bölgelerde görülmektedir.^[24] Ardışık omurga yaralanmaları ise olguların 1/3'ünde karşımıza çıkmaktadır (Şekil 1). Bu nedenle, omurga yaralanması olan çocuk hastaların radyolojik değerlendirilmesinde yaralanma bölgesinin en az üç alt ve üç üst seviyeleri ile torakal ve torakolomber bileşke bölgelerini içerecek şekilde görüntülenmelidir.^[25,26]

CERRAHİ TEDAVİ ENDİKASYONLARI

Çocuklarda omurga kırıklarının tedavisi için farklı kırık sınıflamaları tedavide yol gösterici olarak kullanılabilir; Denis, AOSpine grup, TLICS (*Thoracolumbar Injury Classification and Severity*) gibi. Sellin ve ark., TLICS sınıflamasının çocuk hastalarda uygulanabilirliğine yönelik 102 hastadan oluşan çok merkezli bir çalışmada sonuçta, TLICS skorları ile tedaviye karar verme arсында yüksek bir uyumluluk buldular ve çocukluk dönemi torakolomber kırıklarının tedavisi için kullanılabileceğini önerdiler.^[27] AO (*Association for Osteosynthesis*) sınıflaması uygulama açısından zorluk taşıyabilmektedir. Pek çok yazar Denis'in üç kolon sınıflamasını tercih edilmektedir. Bu sınıflamaya göre kırıklar çökme, *burst*, emniyet kemeri yaralanmaları ve kırıklı çıkıklar olarak adlandırılır.

Adolesan yaş grubunda, omurganın benzer anatomik ve mekanik özellikleri nedeniyle yetişkinlerdeki tanı ve tedavi algoritmaları uygulanabilir.

Küçük çocuklarda (sekiz yaş ve altı) stabil ve instabil omurga yaralanmalarında konservatif tedavi tercih edilen tedavi yöntemi olmalıdır. İnstabilitenin devam ettiği ve konservatif tedavi uygulanmasına rağmen başarı sağlanamayan durumlarda cerrahi düşünülmalıdır.

Küçük çocuklarda ilerleyici nörolojik defisit redükte edilmemiş subluksasyon, hematoma tarafından kord basısı, ekstrude disk ya da kemik parçasının basısı nedeniyle meydana gelmiş olabilir ve acil cerrahi gerektirir. Dislokasyonun redükte edilmemesi ya da ilerleyici veya inkomplet nörolojik yaralanma varlığında nörolojik durumun daha fazla bozulmaması için acil cerrahi stabilizasyon ve dekompresyon gerekebilir.

SCI olsun ya da olmasın instabil torakolomber omurga yaralanmalarının çocuk hastalarda cerrahi olarak tedavisi klinik ve radyolojik olarak iyi sonuçlar verir.^[28]



Şekil 1. a–g. Trafik kazası sonucu acil servise getirilen ve iki taraflı akciğer kontüzyonu, bilateral pnömotoraks, karaciğer laserasyonu, sağ böbrek laserasyonu, asetabulum ve iliak kanat kırığı, sol taraf sakroiliak eklemden ayrışma nedeniyle yoğun bakımda takip edilen 14 yaşında erkek hasta. BT’de L1, L2 ve L4 omurgalarda patlama tarzı kırık saptandı. Nörolojik muayenesi normal olarak değerlendirildi (a–c). Ameliyat sonrası erken dönem grafileri. Hastada T10-L5 vertebral aralarına posterior pedikül vidaları ile stabilizasyon ve füzyon, sol taraf sakroiliak eklemden ayrışma için perkütan olarak transiliak tespit uygulandı (d, e). Ameliyat sonrası 2. yıl kontrol grafileri. Kırıklarda tam kaynama mevcut. Sol tarafta rod kırığı mevcut ancak hastanın klinik olarak bir şikâyeti yok (f, g).

ÇÖKME KIRIKLARI

Çökme kırıkları, çocuklarda görülen torakolomber ve lomber kırıkların en büyük grubunu oluşturur. Sıklıkla torakolomber bileşke bölgesinde görülür. İmmatür omurga cisminin kama şekli ve doğal kifoz, çocukları çökme kırıklarına daha yatkın hale getirir. Posterior kolon sağlam olduğu için stabil kırıklardır. Çökme miktarı genellikle omurga yüksekliğinin %20'sini aşmaz. En sık üst uç plak etkilenir. SCI ve kanal daralması görülmez. Çok sayıda seviye etkilenebilir bu durumda yüksek enerjili travmaları düşünüp batın içi organ yaralanması açısından değerlendirme yapmak gerekir.

On yaşından küçük çocuklarda çökme nedeniyle yitirilmiş omurga yüksekliği zamanla kazanılabilirken 10°'den büyük koronal açılanmalar kendiliğinden düzelmez. Yine uç plak kırıklarının iyileşme olasılığı oldukça düşüktür. Çökme kırıkları yatak istirahati ile tedavi edilir ve omurganın kamalaşması 10°'nin altında ise tolere ettiği oranda yavaş yavaş normal aktivitesine izin verilir. İmmatür omurgada (Risser Evre 3'ten küçük) kifotik açılanma 10°'den fazla ise hiperekstansiyonda immobilizasyona iki ay devam etmek ve takiben bir yıldan daha uzun süre korseye devam edilmesi önerilir.^[29] Bununla birlikte korse kullanımı, yatak istirahati ya da TLSO (*Thoracic Lumbar Sacral Orthosis*) kullanımını içerecek şekilde farklı tedavi yöntemlerinden hangisinin en uygun tedavi yöntemi olduğu konusunda tam bir fikir birliği yoktur.^[30]

Çoğu kırıkta yükseklik kaybı %30'dan daha azdır ve %50'den daha fazla yükseklik kaybı posterior ligamentöz kompleks yaralanması olasılığını düşündürmelidir ve MR ile değerlendirmelidir. Eğer kamalaşma miktarı 30°'den daha az ise vertebra büyüme plağı açık olan çocuklarda vertebra cisminin yüksekliği restore olur. Eğer uç plak yaralanması ve 30°'den daha fazla çökme varsa ilerleyici deformite gelişebilir. Kırıklar stabil olsa bile ciddi kifoz varlığında ve son plak yaralanmasında ciddi deformite gelişebilme olasılığı dikkate alınmalıdır.

Bu tip kırıkların komplikasyon oranları düşük olmakla birlikte yakın zamanda yapılan bir MR çalışmasında çökme kırığı olan çocukların yaralanmadan en az bir yıl sonra yapılan değerlendirilmelerinde yaklaşık %50'sinde değişik derecede disk dejenerasyonu geliştiği, kısa süreli takipte olguların ikisinde ciddi yakınmalar olduğu rapor edilmiş. Bu çalışma az sayıda hasta içermekle birlikte bu tür hastaların daha yakından takip edilmesi gerektiği sonucunu çıkarmaktadır.^[31]

BURST (PATLAMA) KIRIKLARI

Çökme kırıklarının aksine yüksek enerjili yaralanmalar sonucu meydana gelir ve nükleus pulposus omurga cisminin içine doğru girerek ön ve orta kolonun

yaralanmasına neden olur. Omurga cisminde kısmi ya da tam parçalanma ve posterior duvarda bozulma vardır. Küçük çocuklarda aynı zamanda germinal tabaka da yaralanabilir ve erken dönemde epifizyel kapanmaya neden olabilir. Sıklıkla kanal içine kaçan kemik parçası ve bazen SCI görülür. BT ile kemik yaralanmasının ve kanal daralmasının durumu değerlendirilir. Bunun yanında MR, spinal kord, konus medullaris ve/veya sinir köklerinin daha iyi görüntülenmesine olanak verebilir, instabilite açısından posterior ligamentöz kompleks değerlendirilebilir.

Burst kırıkları, nörolojik defisit yoksa konservatif olarak tedavi edilebilir. Konservatif tedavi 2-3 ay süreyle hiperekstansiyon korsesi uygulaması ve takiben ilave olarak 6-12 ay süreyle korse kullanılması şeklindedir. Omurga yüksekliği %50'den fazla azaldıysa, kifoz açısı 30°'den fazlaysa ve kanal darlık oranı %50'den fazla ise cerrahi uygulanmalıdır. Cerrahi dekompresyon ve/veya füzyon için kesin endikasyon nörolojik defisit varlığı veya ilerleyici kifoz varlığıdır. Çok sayıda sinir kökü veya spinal kord hasarında anteriordan dekompresyon gerekir.

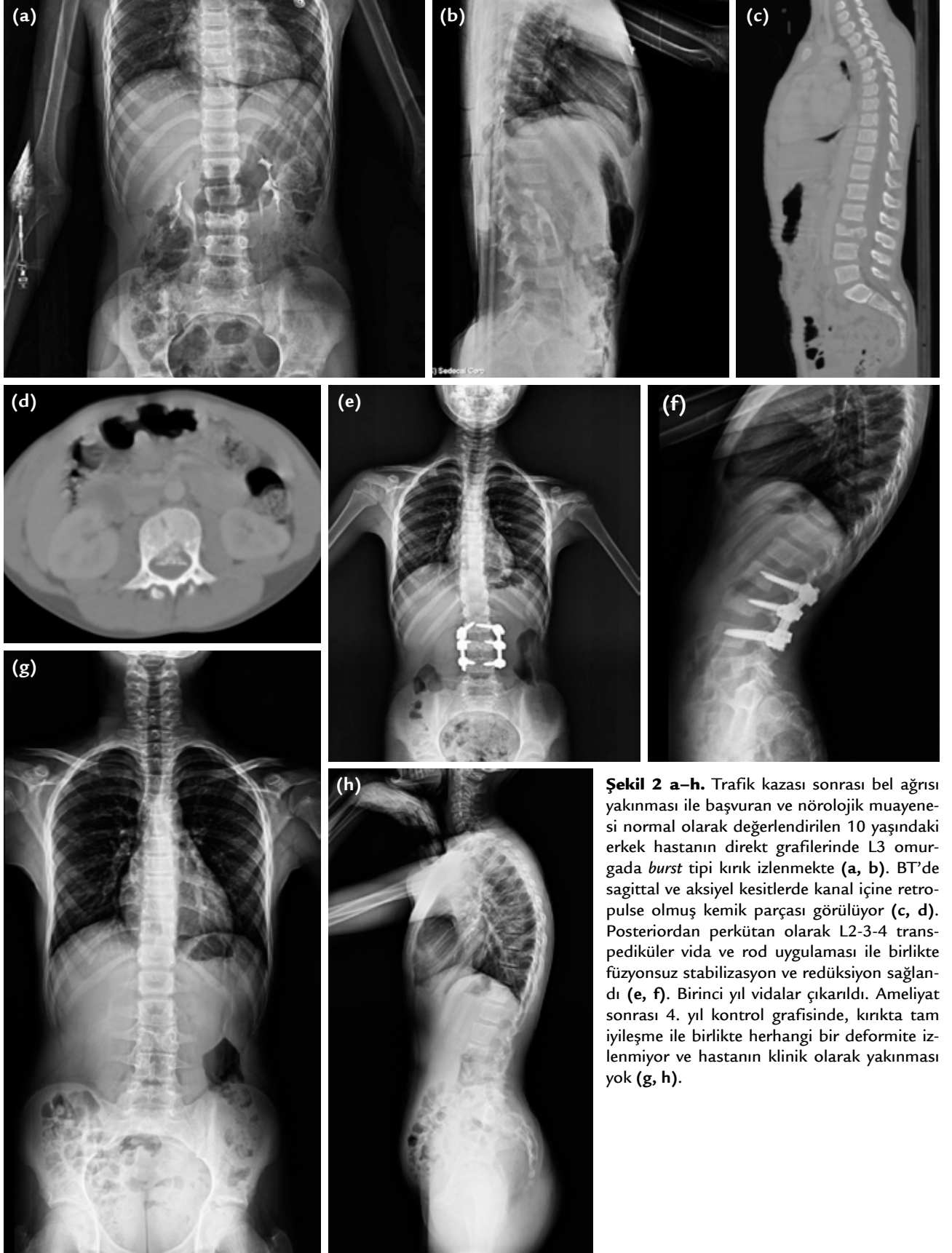
Enstrümantasyon seviyeleri için belirlenmiş bir kılavuz yoktur. Yetişkinlerde kırık omurganın iki seviye yukarısı ve iki seviye aşağısının tespit edilmesi genellikle yeterlidir, ancak çocuklarda uzun segment enstrümantasyon gövdenin kısa kalmasına ve *crankshaft* deformitesinin gelişmesine neden olabilir. Yetişkinlerde perkütan tespit uygulamaları ve sonuçları iyi tanımlanmış olsa da çocuk hasta popülasyonunda daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.^[32] Teorik olarak enstrümantasyonda kullanılan implantlar, kemik ve bağlar vücudun yükünü taşıyabilecek kadar kuvvetlendiğinde çıkarılabilir ki spontan füzyonu engellemek adına bu süre ortalama 12 aydır (Şekil 2). Anterior füzyon, direkt lateral füzyon ve *extreme lateral interbody* füzyon diğer cerrahi tedavi seçenekleridir. Bunlar, nöral yapılar üzerindeki basının kaldırılması gerektiğinde başvurulan yöntemlerdir.

Nörolojik yaralanması olmayan stabil kırıklarda 8-12 haftalık TLSO uygulaması ile konservatif tedavi yapılabilir.

FLEKSİYON-DİSTRAKSİYON YARALANMALARI

Fleksiyon-distraksiyon yaralanmaları (emniyet kemeri yaralanmaları, Chance kırıkları) yetişkinlerde sıklıkla torakolomber bileşkede görülmesine rağmen çocuklarda L2 ve L3 seviyelerinde görülür. Olguların %75'inden fazlası motorlu taşıt yaralanması olup, arka koltukta oturan yolculardır.^[33,34]

Tamamen kemiksel, tamamen ligamentöz/disk ya da kemik, disk ve bağ yaralanmalarının kombinasyonu şeklinde olabilir. Olguların yaklaşık %50'sinde



Şekil 2 a-h. Trafik kazası sonrası bel ağrısı yakınması ile başvuran ve nörolojik muayenesi normal olarak değerlendirilen 10 yaşındaki erkek hastanın direkt grafilerinde L3 omurgada *burst* tipi kırık izlenmekte (a, b). BT'de sagittal ve aksiyel kesitlerde kanal içine retro-pulse olmuş kemik parçası görülüyor (c, d). Posteriordan perkütan olarak L2-3-4 transpediküler vida ve rod uygulaması ile birlikte füzyonsuz stabilizasyon ve redüksiyon sağlandı (e, f). Birinci yıl vidalar çıkarıldı. Ameliyat sonrası 4. yıl kontrol grafisinde, kırıkta tam iyileşme ile birlikte herhangi bir deformite izlenmiyor ve hastanın klinik olarak yakınması yok (g, h).

intra-abdominal travma ve %15’inde parapleji görüldüğü rapor edilmiştir. Bu hastalarda ileus tablosunun da görülebileceğini unutmamak gerekir.^[34,35]

Konservatif olarak tedavi edilebilecek nadir durumlar minimal deplasman gösteren fleksiyon-distraksiyon yaralanmaları ve kemiksel *Chance* yaralanmalarıdır. Bu durumlarda, 8–10 haftalık alçı uygulaması ve takiben korse kullanımı önerilir. İlerleyici nörolojik defisit varlığında, kifozun 17°’den fazla ilerleme göstermesi ya da diskoligamentöz yaralanma durumunda, cerrahi stabilizasyon endikasyonu vardır. Eğer yaralanma tamamen ligamentöz ise, küçük çocuklarda alçılı tedavi başarılı olabilmekle birlikte daha ileri yaşlarda cerrahi tedavi tercih edilmelidir. Pedikül vidaları, yaralanma seviyesinin bir veya iki seviye yukarı ve aşağısına uzatılmalı ve anatomik redüksiyon için posterior kompresif kuvvet uygulanmalıdır. Enstrümantasyon işlemi takiben sıklıkla posterolateral artrodez ilave edilmelidir.

KIRIKLI ÇIKIKLAR

Sıklıkla yüksek enerjili travmalar sonucu ortaya çıkar. Ciddi kök, spinal kord veya kauda ekina yaralanmaları eşlik eder. Nörolojik yaralanma olasılığı yüksek olmakla beraber, çocuklarda tam çıkığa rağmen nöral doku korunmuş olabilir. Tedavide cerrahi redüksiyon ve stabilizasyon uygulanmalıdır. Anterior ve/veya posterior yaklaşımla cerrahi dekompresyon işlemi yapılabilir. Artrodezle birlikte rijid stabilizasyon gerekir.

UÇ PLAK KIRIKLARI

Uç plak, juvenil omurganın en zayıf noktasıdır ve uzun kemiklerin büyüme plağı yaralanmalarına benzer kırıklar meydana gelebilir. Bu yaralanmalar büyüme plaklarının açık olduğu 10–14 yaş civarında ve sıklıkla L4-5 seviyesinde görülür ve aşırı kilolu çocuklar risk altındadır.^[36]

Annulus fibrozis genellikle sağlamdır. Çoğu olguda yaralanma öncesi bu bölgede bir Schmorl nodülü vardır ve bu nodül nedeniyle uç plak makaslama kuvvetlerine karşı daha hassas hale gelmiştir. Sıklıkla ağır bir cisim kaldırmayı takiben görülür, ancak yüksekten düşme sonrası da olabilir. Çoğu hasta yaralanma sırasında “pop” sesi duyduğunu söyler ve olayı sıklıkla radikülopati takip eder. Yaralanma, apofizin omurga cisminin spongiyöz tabakasından ayrılması sonucu meydana gelir. Kırık hattı fizisin hipertrofik zonundan geçer. Apofizden küçük bir kemik parçası koparak ayrılır (Salter Harris Tip 2). Kaudal fizis, kraniyal göre daha çok etkilenir. Disk hernisi ile karıştırılabilir. Bu tip yaralanma kendiliğinden redükte olarak direkt

görüntüleme yöntemleri ile gösterilemeyebilir; omurga cisminin arka tarafında küçük bir kemik parçası görülebilir. Tanı MR ve/veya BT ile konulur. MR ile olguların %33’ü, direkt grafiyle %20’si teşhis edilirken, miyelo-BT %100 hassasiyete sahiptir.^[37]

Apofizel halka yaralanmalarının konservatif tedavisi istirahat, analjezik, fizik aktivite modifikasyonu, fizik tedaviden oluşur; bununla beraber, bu tedavi yöntemi nadiren başarılıdır ve kronik bel ağrısı devam edebilir. Eğer ciddi bir nörolojik bası varsa cerrahi dekompresyon gerekebilir. Parçayı çıkarmaya yönelik standart disektomi cerrahi riski arttırabileceğinden dolayı tercih edilmez. Etkilenen düzeyde tek başına yapılacak posterior laminar dekompresyon semptomları giderebilir.^[38] Bu kırıklar tipik olarak instabil değildir ve bu nedenle füzyon gerekmez, sonuçlar iyidir.

SCIWORA

(*Spinal Cord Injuries Without Radiologic Abnormalities*)

İlk kez Pang ve Wilberger tarafından 1982 yılında tanımlanmıştır. Kemik ve çevre yumuşak dokulardaki yaralanmanın X ışını kullanılan görüntüleme yöntemleri ile gösterilemediği SCI’nın olduğu klinik durumu ifade eder. MR görüntüleme öncesi döneme ait bir tanıdır. En sık sekiz yaşın altındaki çocuklarda görülürken SCI’nın %6–19’undan sorumludur. Bu oran erişkinde %2 civarındadır. Çocuklarda kafatasının rölatif olarak büyüklüğü, boyun kaslarının zayıflığı ve vertebral bağların daha fazla elastik olma özelliği gibi faktörler olaya eşlik eder. Servikal omurga ile karşılaştırıldığında torakal omurga daha az etkilenir, üst torakal bölge daha fazla risk altındadır. Yüksek enerjili motorlu taşıt yaralanmaları, emniyet kemeri yaralanmaları veya ezilme türü yaralanmaların tümü SCIWORA ile sonuçlanabilir.

Süt çocukluğu döneminde omurganın kemik ve yumuşak doku kısmı yaklaşık 5 cm kadar esneyebilirken, bu miktar omurilik için 1 cm’den daha azdır. Bir ila 5 cm arasındaki esnemeler, kemik ve yumuşak doku tarafından rahatlıkla tolere edilebilirken, omurilikte kopma meydana gelebilir.

Kırık olmamasına rağmen, SCIWORA instabil olarak değerlendirilmelidir. Nörolojik durumun geç dönemde bozulması ve tekrarlayan SCIWORA özellikle dikkate alınmalıdır. İlerleyici nörolojik defisit 30 dk gibi kısa sürede ortaya çıkabileceği gibi, yaralanmadan dört gün sonra da görülebilir. Bağ yaralanması travmayı takiben sekonder SCI için zemin hazırlayabilir. Kas spazmı ile maskelenen gizli instabilite veya kısmi instabilitenin tam hale gelmesi ile omurilik lezyonlarının şiddeti zamanla artar.

Tekrarlayan SCIWORA, ilk olayı takiben birkaç gün ile hafta sonra ortaya çıkabilir. Genellikle daha ciddi nörolojik hasara yol açabilir. İlk SCIWORA sonrası yeterli immobilizasyon uygulanırsa, tekrarlayan SCIWORA önemli derecede azaltılabilir.

Torakal bölge SCIWORA olguları diğer sistemik yaralanmalar açısından değerlendirilmelidir. Sekonder SCIWORA, korse kullanımı ile önlenir. Üç ay süreyle uzun dönem tespit uygulanmalıdır. Hasta ve ailelere, atletik aktivitelerden uzak durulması konusunda kesin uyarı yapılmalıdır.

Prognoz, başlangıçtaki nörolojik durumla bağlantılıdır. Hastaların yaklaşık %50'sinde nörolojik tabloda bozulma görülebilir. Yaş küçüldükçe nöral hasarın ciddiyeti artar. Pang ve ark., sekiz yaşın altındaki çocuklarda daha ciddi ve kalıcı yaralanmaya bir eğilim olduğunu rapor etmişlerdir.^[17]

ÇOCUKLARDA TORAKOLOMBER OMURGA KIRIKLARININ SONUÇLARI

Eldeki verilerin yetersiz olması nedeniyle, çocukluk yaş dönemindeki torakolomber omurga yaralanmaları ile birlikte olan mortalite ve uzun dönem morbidite oranlarını değerlendirmek zordur. Bir seride, çocukluk yaş dönemi omurga yaralanmaları sonrası mortalite oranı %16 olarak verilmiş olup bu oran yetişkin omurga yaralanmalarında verilen %10 mortalite oranından oldukça yüksektir.^[14] Torakolomber omurga yaralanmasının eşlik ettiği çocuk hastaların hemen tamamında ölüm nedeni, çoklu organ sistem yaralanması veya kafa travmasıdır. Çok az olguda ölüm nedeni direkt olarak torakolomber yaralanmaya bağlıdır.

NÖROLOJİK SONUÇLAR

Çocukluk yaş döneminde travmatik spinal kord yaralanmalarının ciddi nörolojik, psikososyal ve ekonomik sonuçları vardır. Cerrahi uygulamalar ve steroid protokollerine rağmen ciddi spinal kord yaralanmalarında uzun dönem prognoz halen cesaret verici değildir. Çoğu çalışmada sonuçlar üzerine etki eden en önemli parametrenin travmaya bağlı gelişen nörolojik yaralanmanın derecesi olduğu bildirilmektedir.^[5,6,39] Tam SCI olan hastaların sadece %5-10'u iyileşme gösterirken diğer taraftan hafif ya da orta düzeyde kord yaralanması olanlarda önemli iyileşme olabilir. Çocuklarda fonksiyonel düzelmeyi, yaralanmayı takip eden süreçte de devam ettiği bildirilmektedir.

Torakal ve torakolomber düzeyde spinal kord hasarı olan çocuklarda interkostal ve abdominal kasların yetersizliğine bağlı pnömoni sıklıkla karşılaşılan bir komplikasyondur. Üriner sistem enfeksiyonu, stres ülserlerine bağlı gastrointestinal sistem kanamaları,

derin ven trombozu, dekubit ülserleri bu hastalarda gözlenebilen diğer komplikasyonlardır. Torakal ve torakolomber düzeyde spinal kord yaralanmalı hastalarda eşlik eden sorunlara bağlı ölüm oranı %10 gibi yüksek oranda olabilir.^[40]

Spinal kord yaralanmalarından sonra gelişebilecek bir diğer komplikasyon siringomyelidir. İlk 1-2 ay içinde gelişebildiği gibi, 10-20 yıl sonra da gelişebilir. Geç dönemde ortaya çıkabilecek siringomyeliye bağlı olarak nörolojik durumda kötüleşme açısından hastalar takip edilmelidir. İlerleyici nörolojik defisit varlığında MR çektilmelidir.

DEFORMİTE

Adolesan dönem öncesi hızlı büyüme döneminde SCI olan çocuk hastaların önemli bir kısmında deformite gelişir: skolyoz (%92), kifoz (%64) ve lordoz (%20).^[41] Bu olguların yaklaşık %68'inde cerrahi gerekir. Hızlı büyüme dönemini takiben benzer yaralanma şekilleri daha az oranda deformiteye neden olur, bu oran büyük çocuklarda %52'dir. Spinal kord hasarı olan çocuklarda ortaya çıkan deformite, başlangıçtaki instabiliteye ilave olarak kas paralizisi, spastisite ve kontraktürlerin bir kombinasyonu sonucudur. Yetişkin hastaların aksine, çocuklarda devam eden büyüme, potansiyeli deformasyon güçlerine ilave olarak deformitenin ortaya çıkmasına ve ilerlemesine neden olabilir. Spastik ve kontrakte kasların, kemiklerdeki uzamaya uyum gösterememesi de deformitenin daha da ilerlemesinin nedenlerinden birisidir. Eğer kemiklerde dizilim bozukluğu ortaya çıkarsa eklem yüzeylerinde de deformasyon gelişip deformitenin düzeltilmesini daha da zorlaştırabilir. Omurgada ortaya çıkan deformite, aynı zamanda büyüme plağındaki asimimetrik büyümenin bir sonucu da olabilir. On iki yaşından küçük çocuklarda 20-30°'den daha az kamalaşma kırık iyileşmesini uyarak osteogenezis ve omurga yüksekliğinin tama yakın elde edilmesi ile sonuçlanır. Kamalaşma 30°'den fazla ise sıklıkla büyüme plağının hasarı ile sonuçlanarak bazı olgularda özellikle hızlı büyüme döneminde deformitenin artışı ile sonuçlanabilir.

İlerleyici omurga deformitesi ile sonuçlanan kronik instabiliteler cerrahi gerektirebilir. Paralitk deformitenin eşlik ettiği küçük çocuklarda cerrahi füzyon öncesi gövde yeterli uzunluğa ulaşıncaya kadar korse uygulanması gerekebilir.

Konservatif olarak tedavi edilen torakolomber omurga kırıklarının takiplerinde de koronal plan deformiteleriyle karşılaşılabilir. Lefevre ve ark., ortalama yaşı 12 olan ve konservatif olarak tedavi edilen torakal ve lomber kırıklı 48 hastanın değerlendirmesinde, 11 hastada skolyoz saptamışlardır. Risser 3 ve üzeri

tek lomber omurga kırığının daha ciddi skolyoz gelişiminden sorumlu olduğu rapor edilmiştir.^[42] Parisini ve ark., 29 hastalık serilerinde konservatif olarak tedavi ettikleri *burst* kırığı olan dört hastada son kontrolde ortalama Cobb açısını 20° olarak rapor etmişlerdir.^[4] Karlsson ve ark.'nın 24 hastalık serilerinde, iki hastada 11° ve 13° skolyoz izlenmiştir.^[30]

Torakolomber omurga kırığı ve nörolojik yaralanması olan çocuk ve adolesan hastalar spinal deformitenin ilerleme riski nedeniyle iskelet gelişimi süresince takip edilmelidir. Adolesan dönemde, hızlı büyüme dönemi öncesinde SCI olan pek çok hastada spinal deformite gelişir.^[41,43] Skolyotik eğrilikler 10°'nin altında ise profilaktik olarak korse kullanılabilir. Eğrilikler 10–20° arasında ise korse kullanımı cerrahi geciktirebilir; oysa 20°'den büyük eğriliklerde, korse kullanımı eğrilikte ilerlemeyi kontrol etmede genellikle başarısızdır.^[44]

Deformitede ilerleme ve oturma dengesinin bozulması cerrahi endikasyonları oluşturur. Yara iyileşmesinde ortaya çıkabilecek sorunlar nedeniyle deformite düzeltme cerrahisi yüksek oranda komplikasyonla sonuçlanır. Ayrıca, dekubit ülserleri ile dışkı ve idrardan olacak kontaminasyonlar da enfeksiyon riskini artırır.

SCIWORA'lı hastalar da spinal deformite gelişmesi açısından risk altındadır. Bu hastalarda genelde pelvise uzanan nöromusküler skolyoz şeklinde ilerleyici deformite gelişir ve cerrahi tedavi gerektirir.

ÖZET

Çocukluk yaş dönemi torakolomber ve lomber omurga kırıkları son derece nadir görülen yaralanmalar olmakla birlikte, ciddi mortalite ve morbiditeye neden olabilir. Anatomik, mekanik, tanı ve tedavi açısından yetişkin omurgasıyla olan farklılıkları anlamak önemlidir. Tanı konulamaması ya da yetersiz tedavi edilmesi durumunda, sonuçlar istenilen düzeyde olmayabilir. Bu nedenle, erken tanı ve tedavi ile birlikte uzun dönem takipler gereklidir.

KAYNAKLAR

- Clark P, Letts M. Trauma to the thoracic and lumbar spine in the adolescent. *Can J Surg* 2001;44(5):337–45.
- Cirak B, Ziegfeld S, Knight VM, Chang D, Avellino AM, Paidas CN. Spinal injuries in children. *J Pediatr Surg* 2004;39(4):607–12. [Crossref](#)
- Reynolds R. Pediatric spinal injury. *Curr Opin Pediatr* 2000;12(1):67–71. [Crossref](#)
- Parisini P, Di Silvestre M, Gregg T. Treatment of spinal fractures in children and adolescents: long-term results in 44 patients. *Spine* 2002;27(18):1989–94. [Crossref](#)
- Hamilton MG, Mylks ST. Pediatric spinal injury: review of 174 hospital admissions. *J Neurosurg* 1992;77(5):700–4. [Crossref](#)
- Dogan S, Safavi-Abbasi S, Theodore N, Chang SW, Horn EM, Mariwalla NR, Rekate HL, Sonntag VK. Thoracolumbar and sacral spinal injuries in children and adolescents: a review of 89 cases. *J Neurosurg* 2007;106(6):426–33. [Crossref](#)
- Hofbauer M, Jaendl M, Hochtll LL, Ostermann RC, Kdolsky R, Aldrian S. Spine injuries in polytraumatized pediatric patients: characteristics and experience from a Level I trauma center over two decades. *J Trauma Acute Care Surg* 2012;73(1):156–61. [Crossref](#)
- Puisto V, Kääriäinen S, Impinen A, Parkkila T, Vartiainen E, Jalanko T, Pakarinen MP, Helenius I. Incidence of spinal and spinal cord injuries and their surgical treatment in children and adolescents: a population-based study. *Spine* 2010;35(1):104–7. [Crossref](#)
- Rumball K, Jarvis J. Seat-belt injuries of the spine in young children. *J Bone Joint Surg Br* 1992;74-B(4):571–4. [Crossref](#)
- Slotkin JR, Lu Y, Wood KB. Thoracolumbar spinal trauma in children. *Neurosurg Clin N Am* 2007;18(4):621–30. [Crossref](#)
- Srinivasan V, Jea A. Pediatric thoracolumbar spine trauma. *Neurosurg Clin N Am* 2017;28(1):103–14. [Crossref](#)
- Pang D. Vertebral column and spinal cord injuries in children. In: Winn HR, editor. *Youmans Neurological Surgery*, 6th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders; 2011. pp.2293–332.
- Reddy SP, Junewick JJ, Backstrom JW. Distribution of spinal fractures in children: does age, mechanism of injury, or gender play a significant role? *Pediatr Radiol* 2003;33(11):776–81. [Crossref](#)
- Hamilton MG, Myles ST. Pediatric spinal injury: review of 61 deaths. *J Neurosurg* 1992;77(5):705–8. [Crossref](#)
- Buldini B, Amigoni A, Faggini R, Laverda AM. Spinal cord injury without radiographic abnormalities. *Eur J Pediatr* 2006;165(2):108–11. [Crossref](#)
- Launay F, Leet AI, Sponseller PD. Pediatric spinal cord injury without radiographic abnormality: a meta analysis. *Clin Orthop Relat Res* 2005;(433):166–70. [Crossref](#)
- Pang D. Spinal cord injury without radiographic abnormality in children, 2 decades later. *Neurosurgery* 2004;55(6):1325–43. [Crossref](#)
- Santiago R, Guenther E, Carroll K, Junkins EP Jr. The clinical presentation of pediatric thoracolumbar fractures. *J Trauma* 2006;60(1):187–92. [Crossref](#)
- Louman-Gardiner K, Mulpuri K, Perdios A, Tredwell S, Crompton PA. Pediatric lumbar Chance fractures in British Columbia: Chart review and analysis of the use of shoulder restraints in MVAs. *Accid Anal Prev* 2008;40(4):1424–9. [Crossref](#)
- Gaca AM, Barnhart HX, Bisset GS. Evaluation of Wedging of Lower Thoracic and Upper Lumbar Vertebral Bodies in the Pediatric Population. *AJR Am J Roentgenol* 2010;194(2):516–20. [Crossref](#)
- Sledge JB, Allred D, Hyman J. Use of Magnetic Resonance Imaging in Evaluating Injuries to the Pediatric Thoracolumbar Spine. *J Pediatr Orthop* 2001;21(3):288–93. [Crossref](#)
- Dare AO, Dias MS, Li V. Magnetic resonance imaging correlation in pediatric spinal cord injury without radiographic abnormality. *J Neurosurg* 2002;97(1):33–9. [Crossref](#)
- Leroux J, Vivier PH, Slimane MO, Foulongne E, Abu-Amara S, Lechevallier J, Griffet J. Early diagnosis of thoracolumbar spine fractures in children. A prospective study. *Orthop Traumatol Surg Res* 2013;99(1):60–5. [Crossref](#)
- Saul D, Dresing K. Epidemiology of vertebral fractures in pediatric and adolescent patients. *Pediatr Rep* 2018;10(1). [Crossref](#)

25. Mahan ST, Mooney DP, Karlin LI, Hresko MT. Multiple level injuries in pediatric spinal trauma. *J Trauma* 2009;67(3):537-42. [Crossref](#)
26. Carreon LY, Glassman SD, Campbell MJ. Pediatric spine fractures: A review of 137 hospital admissions. *J Spinal Disord Tech* 2004;17(6):477-82. [Crossref](#)
27. Sellin JN, Steele WJ 3rd, Simpson L, Huff WX, Lane BC, Chern JJ, Fulkerson DH, Sayama CM, Jea A. Multicenter retrospective evaluation of the validity of the Thoracolumbar Injury Classification and Severity Score system in children. *J Neurosurg Pediatr* 2016;18(2):164-70. [Crossref](#)
28. Erfani MA, Pourabbas B, Nouriae H, Vadiie I, Vosoughi AR. Results of fusion and instrumentation of thoracic and lumbar vertebral fractures in children: a prospective ten-year study. *Musculoskelet Surg* 2014;98(2):107-14. [Crossref](#)
29. Daniels AH, Sobel AD, Ebersson CP. Pediatric thoracolumbar spine trauma. *J Am Acad Orthop Surg* 2013;21(12):707-16. [Crossref](#)
30. Karlsson MK, Moller A, Hasseriis R, Besjakov J, Karlsson, Ohlin A. A modeling capacity of vertebral fractures exists during growth: an up-to-47-year follow-up. *Spine* 2003;28(18):2087-92. [Crossref](#)
31. Kerttula LI, Serlo WS, Tervonen OA, Paakko EL, Vanharanta HV. Post-traumatic findings of the spine after earlier vertebral fracture in young patients: clinical and MRG study. *Spine* 2000;25(9):1104-8. [Crossref](#)
32. Cui S, Busel GA, Puryear AS. Temporary Percutaneous Pedicle Screw Stabilization Without Fusion of Adolescent Thoracolumbar Spine Fractures. *J Pediatr Orthop* 2016;36(7):701-8. [Crossref](#)
33. Agran PF, Dunkle DE, Winn DG. Injuries to a sample of seatbelted children evaluated and treated in a hospital emergency room. *J Trauma* 1987;27(1):58-64. [Crossref](#)
34. Rumball K, Jarvis J. Seat-belt injuries of the spine in young children. *J Bone Joint Surg Br* 1992;74-B(4):571-4. [Crossref](#)
35. Asbun HJ, Irani H, Roe EJ, Bloch JH. Intra-abdominal seatbelt injury. *J Trauma* 1990;30(2):289. [Crossref](#)
36. Thomas JG, Boatey J, Brayton A, Jea A. Neurogenic claudication associated with posterior vertebral rim fractures in children. *J Neurosurg Pediatr* 2012;10(3):241-5. [Crossref](#)
37. Pouliquen JC, Kassis B, Glorion C, Langlais J. Vertebral growth after thoracic or lumbar fracture of the spine in the children. *J Pediatr Orthop* 1997;17(1):115-20. [Crossref](#)
38. Yen CH, Chan SK, Ho YF, Mak KH. Posterior lumbar apophyseal ring fractures in adolescents: a report of four cases. *J Orthop Surg* 2009;17(1):85-9. [Crossref](#)
39. Dogan S, Safavi-Abbasi S, Theodore N, Horn E, ReKate HL, Sonntag VK. Pediatric subaxial cervical spine injuries: origins, management, and outcome in 51 patients. *Neurosurg Focus* 2006;20(2):1-7. [Crossref](#)
40. Anderson JM, Schutt AH. Spinal injury in children: a review of 156 cases seen from 1950 through 1978. *Mayo Clin Proc* 1980;55(8):499-504.
41. Dearolf WW 3rd, Betz RR, Vogel LC, Levin J, Clancy M, Steel HH. Scoliosis in pediatric spinal cord-injured patients. *J Pediatr Orthop* 1990;10(2):214-8. [Crossref](#)
42. Angelliaume A, Bouty A, Sales De Gauzy J, Vital JM, Gille O, Boissiere L, Tournier C, Aunoble S, Pontailier JR, Lefevre Y. Post-trauma scoliosis after conservative treatment of thoracolumbar spinal fracture in children and adolescents: results in 48 patients. *Eur Spine J* 2016;25(4):1144-52. [Crossref](#)
43. Mayfield JK, Erkkila JC, Winter RB. Spine deformity subsequent to acquired childhood spinal cord injury. *J Bone Joint Surg Am* 1981;63(9):1401-11. [Crossref](#)
44. Mehta S, Betz RR, Mulcahey MJ, McDonald C, Vogel L. Effect of bracing on paralytic scoliosis secondary to spinal cord injury. *J Spinal Cord Med* 2004;27(Suppl 1):S88-92. [Crossref](#)