

Sakrum Kırıklarının Tutucu Tedavisi: Acil Servisten İtibaren Yönetimi

Conservative Treatment of Sacral Fractures: Management Starting from the Emergency Department

Öz

Sakrum, omurga ve pelvis arasında yük aktarımını sağlayan önemli bir kemiktir. Yapısında sakral sinir kökleri bulunur ve sakrum hasarları alt ekstremité ve ürogenital fonksiyonları etkileyebilir. Sakral kırıklar nadir görülse de teşhis edilmesi zor olabilir. Gençlerde travmaya, yaşlılarda ise osteoporoz gibi faktörlere bağlı olarak gelişir. Pelvik yaralanmaların %30-45'inde sakral kırıklar görülür ve bu kırıkların %25'i nörolojik hasara yol açabilir. İzole sakral fraktür sadece %5 görülmektedir. Tanıda radyografi yetersiz kalırken, BT en güvenilir yöntemdir. Tedavi, kırığın stabilitesine göre değişir. Ciddi kırıklarda cerrahi gerektirebilir. Stabil kırıklar için ağrı yönetimi, D vitamini ve kalsiyum takviyesi, mümkün olan en yakın zamanda mobilizasyon önerilir. Bunlara ek olarak sakral stres kırıkları için fiziksel ve elektromanyetik tedavi, sakroplasti gibi yenilikçi yöntemler uygulanmaktadır. Sakral kırıklar, multidisipliner bir yaklaşım gerektiren kompleks yaralanmalar olup, erken teşhis ve uygun tedavi ile ciddi komplikasyonlar önlenabilir.

Anahtar Sözcükler: Sakral vertebra, Sakral fraktürler, Konservatif tedavi

ABSTRACT

The sacrum is a crucial bone that facilitates load transfer between the spine and pelvis. It contains sacral nerve roots, and sacral injuries can affect lower limb and urogenital functions. Sacral fractures, although rare, can be challenging to diagnose. They occur due to trauma in young individuals and osteoporosis-related factors in the elderly. Sacral fractures are observed in 30-45% of pelvic injuries, and 25% of these cases may lead to neurological damage. Isolated sacral fractures are observed in only 5% of cases. Radiography is often insufficient for diagnosis, while CT is the most reliable method. Treatment varies depending on the stability of the fracture. Severe fractures may require surgery, whereas for stable fractures, pain management, vitamin D and calcium supplementation, and early mobilization are recommended. Additionally, innovative approaches such as physical and electromagnetic therapy and sacroplasty are applied for sacral stress fractures. Sacral fractures are complex injuries that require a multidisciplinary approach, and early diagnosis and appropriate treatment can help prevent serious complications.

Keywords: Sacral vertebrae, Sacral fractures, Conservative treatment

GİRİŞ

Sakral kırıklar sık görülmeyen patolojilerdir ve sıklıkla teşhis edilemez veya yanlış teşhis edilir. Bu durum, yetersiz tedavi ve olası nörolojik hasarlara yol açabilir. Genç hastalarda travmaya bağlı, yaşlı hastalarda osteoporozla bağlı sakral yetersizlik kırıkları (stres kırıkları) şeklinde giderek daha fazla

tanınan patolojiler hâline gelmişlerdir. Sakral kırıklar giderek daha fazla tanınsada, genel popülasyonda nispeten nadir görülen bir durum olmaya devam etmektedirler. Travmatik sakral kırıkların görülme sıklığı yalnızca 100.000 kişide 2 olarak bildirilmiştir (6). Osteoporotik sakral yetersizlik kırıklarının görülme sıklığı ise tam bilinmemektedir, ancak bu kırıklar neredeyse tamamen yaşlı kadınlarda görülmekte olup, steroid

kaynaklı osteoporoz, pelvik radyoterapi, hiperparatiroidizm veya romatoid artrit gibi risk faktörlerine sahip popülasyonlarda %1–5 oranında bildirilmektedir (16,20). Ayrıca Sakral kırıkların, pelvik halka yaralanmalarının %30 ila %45'inde meydana geldiği bilinmektedir. Sakropelvik travmalar sıklıkla yüksek enerjili travmalar olduğu için hastanın resussitasyonunun sağlanması ve hastanın hemodinamik olarak stabil hâle getirilmesi önceliklidir. Sakral kırıkların sadece %5'i izole yaralanmalar olarak tanımlanmıştır (4).

Sakral kırıklar, standart radyografilerde yetersiz görüntülenme ve çoklu travma geçiren hastalarda diğer yaralanmalar nedeniyle teşhis edilmesi zor olabilir. Bunun bir sonucu olarak, sakral kırıkların %30'u geç tanı almaktadır (29). Ayrıca, sakral kırıkların yaklaşık %25'i nörolojik yaralanmalarla ilişkilidir ve gözden kaçan kırıklar, alt ekstremiteler, üriner, rektal ve cinsel fonksiyon bozuklukları da dahil olmak üzere birçok nörolojik bozulmalara yol açabilir. Sakral kırıklar yaşlı bireylerde ölümcül olabilir. Keil ve ark., yüksek enerjili pelvik kırıkları takiben genel hastane içi ölüm oranını %10 olarak belirlemiş ve 65 yaş üstü hastalarda bu oranın 3 kat daha yüksek olduğunu saptamıştır (18).

Sakrum Fonksiyonu

Biomekanik olarak sakrumun temel görevi, omurilikten pelvise yük transferini sağlamak, böylece pelvise ve alt ekstremitelere güç ve stabilite kazandırmaktır. İkinci sakral omur seviyesinin altındaki sakral yapıların, omurga desteği veya yürüme için hayati önemde olmadığı kabul edilmektedir (3).

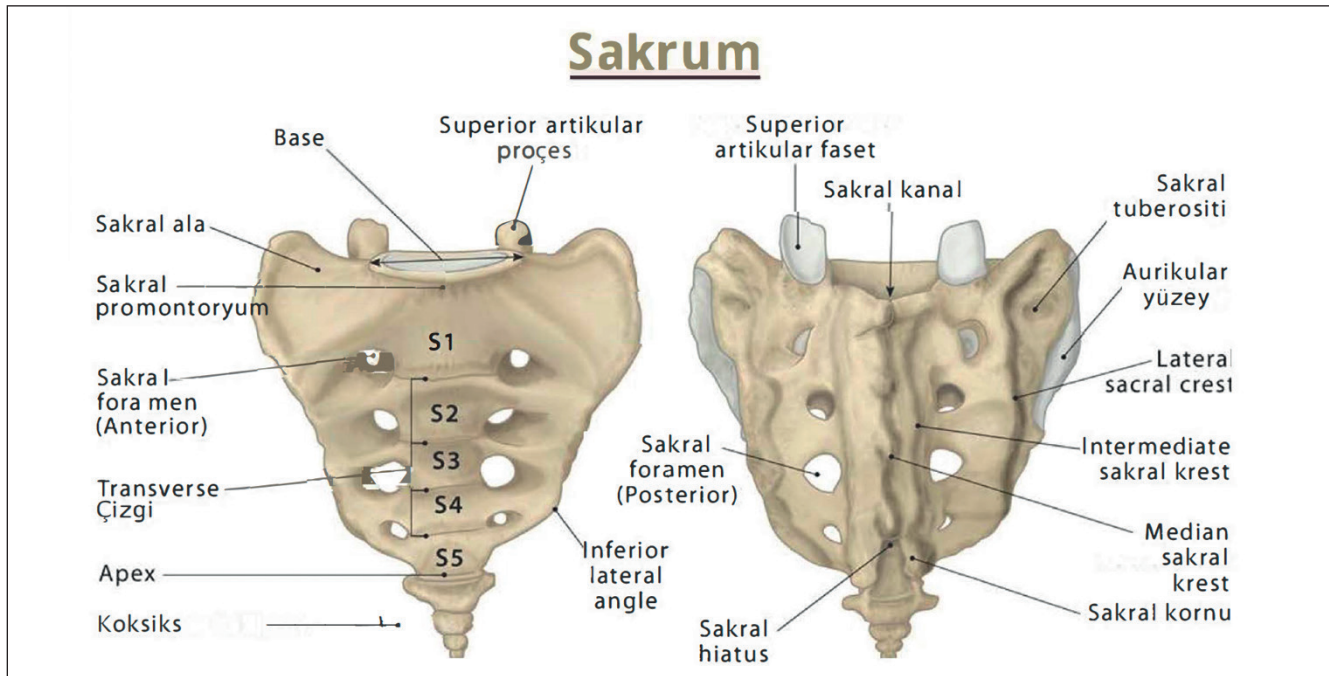
Sakral Vertebra Anatomisi

Sakrum 5 omurdan oluşan ters bir üçgen şeklindedir ve yaklaşık 18 yaşında kaynaşmaya başlar, 25 ila 33 yaşları arası-

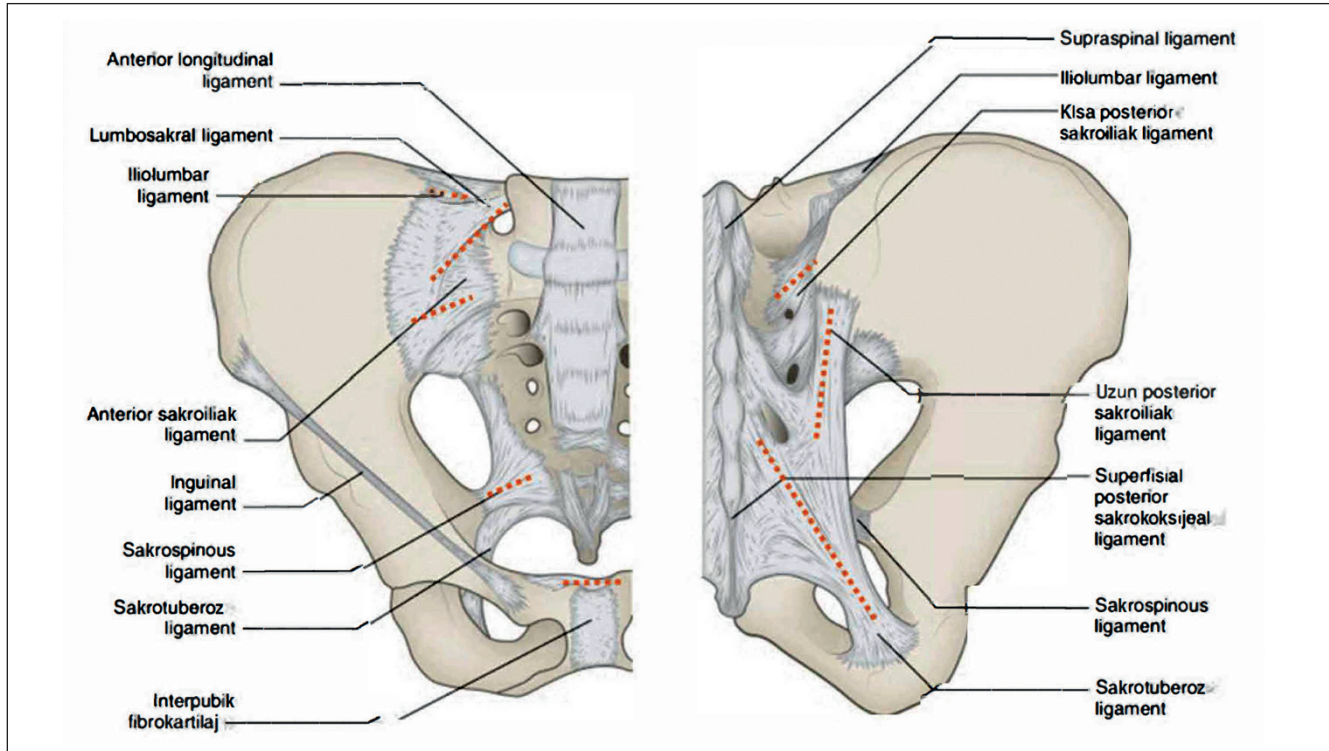
da ise tamamen kaynaşır (Şekil 1) (9). Sakrum, proksimalde lomber omurga ile, distalde koksiks ile ve lateralde sakral ala (kanat bölgesi) ilium ile eklem yapar. Üçgen şekli, omurga ile alt ekstremiteler arasındaki aksiyel yük iletimini sağlar. Sakrumun ağırlık taşıyan bölümü S1–S2 segmentlerinden geçer. Ön ve arka yüzeylerde, nöral yapıların çıkışı için dört çift foramina bulunur.

L5 sinir kökü, sakral alanın anterosuperior yüzeyinden geçerek sakrum kırığı açısından özellikle risk altındadır. Ventral S1–S4 sinir kökleri foraminallardan süperomedial olarak çıkar ve sakral pleksusu oluşturur. Ayrıca S1, S2 ve S3 sinir kökleri siyatik sinire katkıda bulunur. Dorsal olarak, sinir kökleri duyuşal iletimden sorumludur ve kluneal sinirleri oluşturur. S1 ve S2 sinir kökleri, daha büyük çapları nedeniyle foraminallarının daha büyük bir hacmini doldurdıklarından, S3 ve S4'e kıyasla daha yüksek bir yaralanma oranına sahiptir (12).

Sakrumun en büyük yapısal desteği, S1 ve S2 segmentlerinden ve bu segmentleri omurga ve pelvisle bağlayan güçlü bağlardan gelir (30). S1, omurga ile eklem yapan tek segmenttir. S1, lomber omurga ile ön tarafta bir lomber disk ve arka tarafta çift taraflı faset eklemleri aracılığıyla bağlantı kurar; bu bağlantılar, diğer lomber seviyelerdeki vertebral eklemlere benzer şekilde düzenlenmiştir. Lumbosakral eklem, L5 transvers çıkıntısından S1 ve S2 seviyelerinde sakral Ala'nın ön yüzüne uzanan lumbosakral bağ tarafından ek destek alır (Şekil 2). S1 ve S2 omurları, sakroiliak eklem aracılığıyla iliak kemiği ile eklem yapar. Bu eklem, sakrumu iliak kemiğe bağlayan ön ve arka sakroiliak bağlar tarafından desteklenen geniş ve güçlü bir bağlantıdır (Şekil 2). Sakrum için ek yapısal destek sağlayan ikincil bağlar, sakrospinöz ve sakrotüberöz bağlardır. Sakrospinöz bağ, iskiyal çıkıntıya tutunarak sakru-



Şekil 1: Sakrum anatomisi.



Şekil 2: Sakrum ligaman anatomisi.

mun S4 sakral çıkıntısına bağlanır. Sakrotüberöz bağ, iskiyal tüberozite bölgesinden başlayarak yine S4 sakral çıkıntısına bağlanır (Şekil 2). Bu güçlü bağlar, sakrumun stabilitesini sağlamada önemli bir rol oynar.

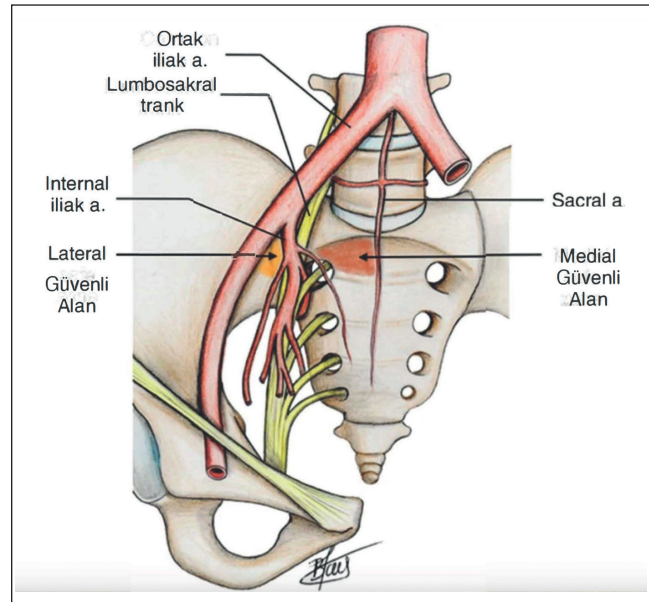
Bölgesel Arterler ve Diğer Yapılar

Ortak iliak arterler, lumbosakral bileşke seviyesinde ikiye ayrılarak internal (iç) ve eksternal (dış) iliak arterleri oluşturur. Bu arterler, iliak venlerin anterolateralinden (ön ve yan tarafından) seyrederek (Şekil 3). İnternal iliak arterler, sakrumun ala bölgesine oldukça yakın bir yol izler, ancak doğrudan kemikle temas etmez. Eksternal iliak arterler, sakrumdan psoas kasları ile ayrılmış durumdadır (7). Ayrıca, sigmoid kolon, sakrumun ön yüzüne oldukça yakın bir konumda bulunur ve üçüncü sakral vertebra seviyesinde rektuma dönüşür. Bu damarlar ve organlar, sakral yaralanmalar sırasında potansiyel olarak zarar görebilecek hassas yapılardır.

Klinik Değerlendirme ve Fizik Muayene

Sakrumun karmaşık anatomisi ve eşlik eden diğer yaralanmaların sıklığı nedeniyle sakral kırıklar sıklıkla geç teşhis edilir veya tamamen atlanabilir.

Taniya ilk adım olarak ayrıntılı bir hasta öyküsü alınmalıdır. Travma mekanizmasının anlaşılması, olası yaralanma paternlerinin belirlenmesine ve tedavi planının oluşturulmasına yardımcı olur. Motorlu taşıt kazaları veya yüksekten düşme gibi yüksek enerjili travmalar, yaygın nedenlerdir. Osteoporoz zemininde, düşük enerjili tekrarlayan stresler, 55 yaş üstü kadınlarda yetersizlik kırıklarına yol açabilir (21). Kasık, bel



Şekil 3: Sakral bölge arter anatomisi.

altı veya gluteal bölgede şiddetli ağrı ve düşük etkili travma öyküsü olan hastalarda sakral yetersizlik kırığı düşünülmelidir (15). Nörolojik defisitler nadirdir, ancak idrar retansiyonu veya rektal inkontinans, sakral sinir kökü basısını düşündürmelidir.

Travma hastaları sıklıkla pelvis çevresinde ağrı ile başvurur. Ancak, nörolojik kayıplar ve yumuşak doku yaralanmaları açısından da değerlendirilmelidir. Sakral kırıklar bazen sadece bel ağrısı olarak kendini gösterebilir. Bu durum, görüntülemelerde lomber kırık saptanmayan hastalarda teşhisi zorlaştırabilir. Vajinal ve ürolojik muayeneler, açık kırıklar ve ilişkili ürolojik yaralanmalar açısından yapılmalıdır. Pelvik halka stabilitesi, hemodinamik olarak stabil hastalarda, iliak kanatların içe ve dışa rotasyonu ile değerlendirilebilir. Alt sakral sinir kökleri (S2-S5): Anal sfinkter tonusu ve istemli kasılmaları, Bulbokavernöz refleksi, Perianal duyuyu kontrol eder (6). Nörovasküler değerlendirme şunları içermelidir: Alt ekstremitelerin motor fonksiyon, duyu ve refleksleri, Rektal tuşe muayenesi (sfinkter fonksiyonu, duyu, kan varlığı, bulbokavernöz ve kremaster refleksi), Distal dolaşım değerlendirmesi (nabız palpasyonu veya ayak bileği-kol indeksi ile)

Sakral Kırıklarda Sinir Yaralanmaları

Gibbons ve arkadaşlarının 44 hastalık retrospektif çalışmasına göre (14): Sakral ala veya forameni içeren kırıklar, merkezi kanalı etkilemeyen durumlarda, sinir hasarı oluşturma olasılığı daha düşüktür (sırasıyla %24 ve %29). Dikey veya transvers kırıklar merkezi kanal boyunca ilerlediğinde, sinir hasarı riski artar (%60 ve %57). Ala veya foramen kırıkları genellikle tek taraflı radikülopatiyeye neden olurken, merkezi kanal kırıkları genellikle iki taraflı, şiddetli sinir hasarına ve bağırsak/mesane inkontinansına yol açar. Cerrahi müdahale sonrası nörolojik iyileşme sıklıkla görülmüştür. Sakral kırık-luksasyonları ve kauda equina sendromu olan hastalarda, %74 oranında travmatik dural yırtık veya sakral sinir kökü kopması görülmüştür (Bellabarba ve ark.) (2).

Bu bulgular, sakral kırıkların klinik değerlendirmesinde detaylı nörovasküler muayenenin önemini vurgulamaktadır.

Sakral Kırıkların Görüntülenmesi

Radyografi

Sakral kırıkların radyografide teşhisi oldukça zordur. Radyografilerde sakral kırıkların yalnızca %10–30'u fark edilebilir

(12). Bu düşük duyarlılık nedeniyle, şüpheli sakral kırıkların değerlendirilmesinde BT (Bilgisayarlı Tomografi) radyografisinin yerini almıştır. Ancak BT hemen mevcut değilse, inlet, outlet ve lateral görüntülerden oluşan üçlü pelvik serisi önerilmektedir (25). BT, sakral kırıkları teşhis etmede altın standarttır ve radyografilerin düşük duyarlılığı nedeniyle tercih edilmektedir. 2 mm kalınlığında kesitlerle aksiyal, koronal ve sagittal görüntüler, sakral kırıkları belirlemek için yeterlidir. MRG sakral kırık değerlendirmesinde sınırlı bir rol oynamaktadır.

Denis Sınıflandırması

Denis sınıflandırma sistemi ve bunun çeşitli modifikasyonları, dünya genelinde en yaygın kabul gören sistemlerden biridir. 1988 yılında, Denis ve ark., sakral kırıkları yönü, konumu ve seviyesine göre sınıflandıran bir sistem geliştirmiştir (12).

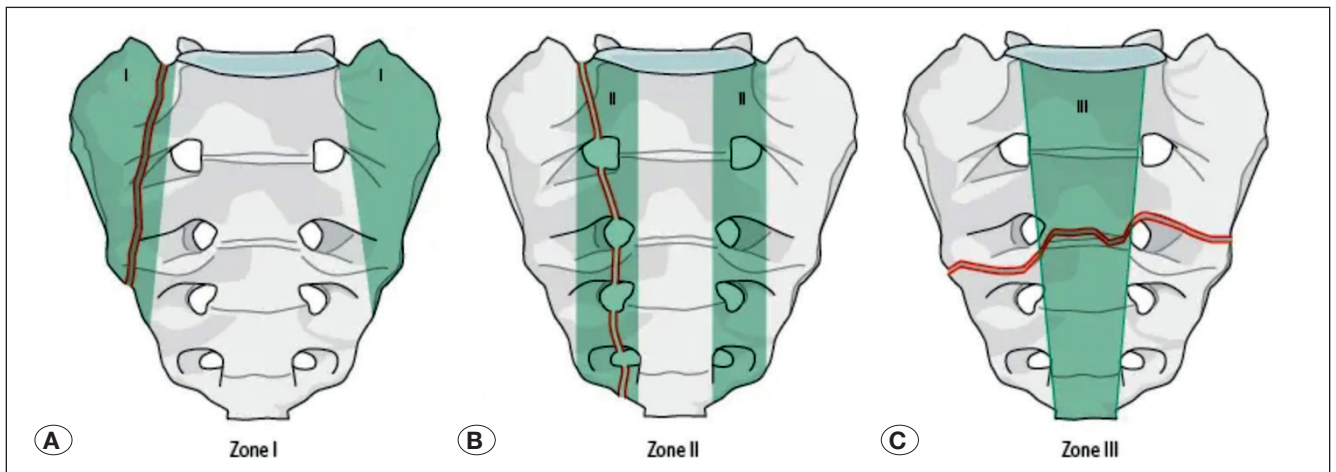
Bu sistem, 39 kadavra üzerinde yapılan sakral anatomik diseksiyonlar ve 236 ardışık sakral kırık vakasının değerlendirildiği retrospektif bir çalışma sonucunda oluşturulmuştur.

Denis sınıflandırma sisteminde üç bölge (zon) tanımlanmıştır (Şekil 4).

- Zone I (Bölge I) Kırıkları: Sakrumun ala (kanat) bölgesinde yer alır. Foramenleri (delikleri) ve merkezi sakral kanalı etkilemez.
- Zone II (Bölge II) Kırıkları: Sakral foramenlerin bulunduğu bölgede yer alır. Ala bölgesini de içerebilir, ancak merkezi sakral kanalı etkilemez.
- Zone III (Bölge III) Kırıkları: Merkezi sakral kanal bölgesinde bulunur. Foramenleri ve/veya ala bölgesini de etkileyebilir.

Tedavi

Sakral ve sakropelvik travmalar, genellikle çoklu travmalara eşlik eden yaralanmalardır. Travmanın ilk saatlerinde resüsitasyon yönetimi, kanama kontrolü ve kırıkların tedavisi açısından multidisipliner bir yaklaşım şarttır. Sahada yapılan ilk



Şekil 4: Denis sınıflaması.

müdahalede hastanın ABC (Havayolu- Solunum- Dolaşım) değerlendirmesi ve uygun spinal immobilizasyonu sağlandıktan sonra, hastanın acil serviste tekrar ABC değerlendirilmesi gerekir ve buna ek olarak DE (Nörolojik değerlendirme- Açığa çıkarma) değerlendirmesi eklenmelidir.

Özellikle hemodinamik instabilite gibi kritik durumlara yönelik tedavilere hızla başlanmalı, hastanın genel fizik muayenesi yapılmalı ve ardından nörolojik defisitlerin tespiti ve standart görüntüleme tetkikleri ile değerlendirme sürdürülmelidir. Hastanın hemodinamik olarak stabil olduğu görülüp, izole sakral fraktürü saptandıktan sonra hastanın nihai tedavisi açısından değerlendirilme yapılmalıdır.

Sakral kırıklar cerrahi olmayan veya cerrahi yöntemlerle tedavi edilebilir. Cerrahi olmayan tedavi, dinlenme, ağrı giderici tedavi ve tolere edildiği ölçüde erken mobilizasyona dayanır. Yüksek enerjili kırıklarda, düşük transvers kırıklar, marjinal avulsiyonlar veya stabil deplase olmamış sakral ala boyuna kırıkları durumunda endikedir (15). Bununla birlikte, bazı yazarlar nörolojik yaralanma ile ilişkili öne doğru deplase olmuş düşük transvers kırıkların cerrahi tedavisini önermektedir (28).

Kalsiyum ve D vitamini takviyesi, bifosfonatlar ve teriparatid kullanımı iyileşme sürecini hızlandırır ve ağrının hafiflemesine yardımcı olur (17).

Stres kırıklarının tedavisi, yüksek etkili spor veya aktivitelerden yaklaşık altı hafta dinlenmeyi içerir ve bazı durumlarda kalsiyum veya D vitamini alımını içeren tıbbi tedaviden fayda görür. Buna ek olarak, Paratiroid hormonu (PTH) tedavisi 3 ila 6 ay süresince uygulanabilir (1).

Sakral Stres Kırıklarının Tedavisi

Tedavi Seçenekleri:

Günümüzde sakral stres kırıkları için en iyi tedavi yöntemi kesin olarak belirlenmemiştir. Geçmişte tedavi, ağrı yönetimi, yatak istirahati ve fizik tedavi gibi konservatif yaklaşımlarla sınırlıyken, son zamanlarda kırık iyileşmesini hızlandırmaya yönelik yeni yöntemler araştırılmaktadır.

İlaç Tedavisi

Ağrı Yönetimi

Sakral stres kırıklarının tedavisinde ilk adım ağrıyı kontrol altına almaktır. Klinik uygulamada parasetamol ve opioidler gibi merkezi etkili analjezikler kullanılmaktadır ve ağrı geçene kadar bu ilaçlar önerilmektedir.

NSAID'lerin (örneğin ibuprofen) kemik iyileşmesini geciktirebileceği yönünde endişeler bulunmaktadır. Bunun nedeni, prostaglandinlerin, özellikle de PGE2'nin kemik iyileşmesinde önemli rol oynamasıdır (22). NSAID'lerin uzun kemik kırıklarında, hatta cerrahi tedavi sonrası bile kaynamama veya gecikmiş kaynama riskiyle ilişkili olduğu gösterilmiştir (13). Bu nedenle sakral stres kırıklarının tedavisinde NSAID kullanımı önerilmemektedir.

Vitamin D ve Kalsiyum

Yaşlı bireylerde D vitamini eksikliği yaygındır. Sakral kırık durumunda D vitamini yetersizliği şüphesi olmalı ve oral kalsiyum ile D vitamini takviyesi reçete edilmelidir. Uluslararası Osteoporoz Vakfı, 60 yaş üzeri bireyler için uygun 25OHD serum seviyesini yaklaşık 75 nmol/L (30 ng/mL) olarak belirlemiştir ve bu seviyeye ulaşmak için günlük 800–1000 IU D vitamini alınması önerilmektedir (11).

Bifosfonatlar

Bifosfonatlar osteoporoz tedavisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Kemik hidroksiapatit kristallerine bağlanarak aktif remodeller bölgelelerine dahil olur ve kemik rezorpsiyonunu inhibe eder.

Tedavinin ilk aylarında kemik mineral yoğunluğunu (BMD) artırmada etkili olmalarına rağmen, uzun süreli kullanımlarında (5 yıldan fazla) kemik oluşumunun da inhibe edildiği ve bu durumun paradoksal bir şekilde mikro hasarların telafi edilememesine neden olduğu gösterilmiştir (10). Ayrıca, uzun süreli kullanım sonrası sekonder hipermineralizasyon oluşabilir ve bu da kırılabilir kemik yapısına yol açabilir. Bifosfonatların stres kırıkları üzerindeki etkisini kanıtlayacak klinik çalışmalar henüz eksiktir (26).

Raloksifen

Raloksifen, postmenopozal osteoporozun önlenmesi ve tedavisinde kullanılan seçici bir östrojen reseptör modülatörüdür. Postmenopozal kadınlarda vertebral kırık riskini azaltırken, non-vertebral kırıklardaki etkinliği kanıtlanmamıştır (27). Ayrıca, tromboembolik olay riskini artırabileceği için birinci basamak tedavi olarak önerilmemektedir.

6. Stronsiyum Ranelat

Stronsiyum ranelat, osteoklast oluşumunu baskılayan ve osteoblast üretimini artıran çeşitli sitokinlerin üretimini teşvik ederek hem kemik yapımını artıran hem de kemik yıkımını azaltan bir mekanizmaya sahiptir (5). Aynı zamanda stres altındaki osteoblastları koruyucu etkisi bulunmaktadır.

Bifosfonatlara alternatif olarak düşünülebilir, çünkü hasta tarafından daha iyi tolere edilmektedir.

Teriparatid

Teriparatid, rekombinant insan paratiroid hormonu (PTH) olup, kemik yapımını kemik yıkımından daha fazla artırarak vertebral ve non-vertebral kırık riskini azaltır (23).

Tedavi süresi en fazla iki yıl ile sınırlıdır. Bu sürenin ötesinde etkileri hakkında yeterli bilgi bulunmamaktadır ve osteosarkom gelişme riski artabilmektedir.

Yatak İstirahati ve Erken Mobilizasyon

Sakral stres kırıklarının yönetiminde, hastalara ağırlık vermeye izin verilip verilmemesi veya yatak istirahati ile tedavi edilmesi gerektiği önemli bir sorudur. Geleneksel yönetim, hastaların 3–6 ay boyunca yatakta kalmasını öngörmektedir, ancak kötü kemik iyileşmesi durumunda bu süre bir yıla kadar uzayabilir.

Uzun süreli immobilizasyonun riskleri yüksektir ve kemik mineral yoğunluğunda hızlanmış azalmaya, derin ven trombozu, pulmoner emboli, kas kaybı, negatif kalsiyum dengesi, dekübit ülseri, pnömoni, kardiyovasküler komplikasyonlar, üriner sistem sorunları ve osteoporozun kötüleşmesi gibi durumlara yol açabilir (19).

Bu olumsuz etkileri önlemek veya en aza indirmek için, cerrahi müdahale gerektirmeyen stabil sakral stres kırıklarında erken mobilizasyon önerilmektedir.

Fiziksel ve Elektromanyetik Tedaviler

Vücut Dışı Şok Dalga Tedavisi

Şok dalgaları, vücut içinden geçen yüksek enerjili akustik dalgalar ve mekanik etkileri sayesinde dokularda biyolojik bir yanıt oluştururlar. Bu dalgalar, mikro-kaviteasyon etkisiyle (çok sayıda mikro kabarcık oluşumu) doku içinde negatif ve pozitif basınç döngülerine maruz kalarak enerji açığa çıkarır. Bu süreç, çeşitli büyüme faktörlerinin üretimini uyarır.

Ortopedide şok dalga tedavisinin amacı, kemik onarımını hızlandırmak ve desteklemektir. Bu tedavi, mezenkimal kök hücrelerin toplanmasını, çoğalmasını ve osteoblastlara farklılaşmasını artırarak kemik oluşumunu teşvik eder.

Şok dalgalarının biyolojik mekanizması henüz tam olarak anlaşılmış olmasada, segmental femur defekti olan sıçanlar üzerinde yapılan bir araştırma (8), şok dalgalarının kırık iyileşmesini teşvik ettiğini ve lokal TGF- β ve VEGF konsantrasyonunu artırdığını göstermiştir.

- TGF- β , mezenkimal kök hücreler için bir kemotaktik uyarıcı ve hücre bölünmesini artırıcı bir madde olarak işlev görmektedir.
- VEGF ise anjiyogenezi modüle ederek kırık bölgesinde kan akışını artırmaktadır.

Bu bulgular, şok dalga tedavisinin sakral stres kırıklarının iyileşmesini teşvik eden alternatif bir yöntem olarak kullanılabilirliğini düşündürmektedir (24).

Darbeleri Elektromanyetik Alanlar ve Düşük Yoğunluklu Darbeleri Ultrason

Elektrik stimülasyonunun kırık iyileşmesini hızlandırmak için kullanımı uzun bir geçmişe sahiptir. Bu tedavinin temel prensipleri, kemik dokusunun elektriksel özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Kemikler basınç altında kaldığında elektro-negatif potansiyeller üretirken, gerilim bölgeleri elektro-pozitif potansiyeller oluşturur. Bu elektrik alanları kemiklerde bir reaksiyon tetikler: elektro-negatif bölgelerde kemik oluşumu teşvik edilirken, elektro-pozitif bölgelerde kemik rezorpsiyonu gerçekleşir. Elektrik alanlarının kemik hücre aktivitesini modüle etmesi nedeniyle, elektrik stimülasyonu cihazları kullanılarak kemik oluşumu artırılabilir.

Darbeleri Elektromanyetik Alan

Manyetik bir alan oluşturan ve ikincil bir elektrik impulsu üreten, non-invaziv bir araçtır. Etkilerini, hücre içi depolarlardan salınan kalsiyum iyonlarının sitozolik konsantrasyonu-

nu artırarak gösterir. Bu durum, çeşitli büyüme faktörlerinin (BMP'ler ve TGF- β dahil) gen transkripsiyonunu uyararak bir dizi enzim reaksiyonunu aktive eder ve kalmodulin gibi bazı proteinlerin üretimini artırır. Bu fizyolojik moleküllerin yukarı regülasyonu, kemik hücre proliferasyonuna ve kırık iyileşmesine katkıda bulunur.

Düşük Yoğunluklu Darbeleri Ultrason

Kemik hücre aktivitesini uyarmak için kullanılan başka bir fiziksel tekniktir. İyon kanalları üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir, ancak şu ana kadar spesifik bir mekanoreseptör tanımlanamamıştır (21).

Girişimsel Yöntemler: Sakroplasti

Son yıllarda sakroplasti, sakral stres kırıklarının tedavisinde kullanılmaktadır. Küçük miktarlarda kemik çimentosu (polimetilmetakrilat- PMMA), BT/ skopi eşliğinde perkütan olarak enjekte edilir. İşlem sonrası hasta birkaç saat içinde mobilize olabilir. Çalışmalarda 6 ay- 1 yıl içinde belirgin ağrı azalması rapor edilmiştir (29).

Ancak, bu yöntemin uzun vadeli sonuçları ve olası riskleri (sinir hasarı, osteonekroz) konusunda daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

1. Baillieul S, Guinot M, Dubois C, Prunier A, Mahler F, Gaudin P: Set the pace of bone healing: Treatment of a bilateral sacral stress fracture using teriparatide in a long-distance runner. Joint Bone Spine 84:499-500, 2017
2. Bellabarba C, Schroeder GD, Kepler CK, Kurd MF: The AOSpine sacral fracture classification. Global Spine J 6:686-694, 2016
3. Benzel EC: Spine Surgery: Techniques, Complication Avoidance, and Management ed 3 Philadelphia, Elsevier Saunders, 2012
4. Bonnin J: Sacral fractures and injuries to the Cauda Equina. J Bone Joint Surg 7:113-127, 1945
5. Brennan TC, Rybchyn MS, Green W, Atwa S, Conigrave AD, Mason RS: Osteoblasts play key roles in the mechanism of action of strontium ranelate. Br J Pharmacol 157:1291-1300, 2009
6. Bydon M, De la Garza-Ramos, R, Macki M, Desai A, Gokaslan AK, Bydon Ali: Incidence of sacral fractures and in-hospital postoperative complications in the United States: An analysis of 2002-2011 data. Spine 39:e1103-e1109, 2014
7. Bydon M, Fredrickson V, de la Garza-Ramos R, Li Y, Lehman Jr RA, Trost GR, Gokaslan ZL: Sacral fractures. Neurosurg Focus 37:1474, 2014
8. Chen YJ, Wurtz T, Wang CJ, Kuo YR, Yang KD, Huang HC, Wang FS: Recruitment of mesenchymal stem cells and expression of TGF- β 1 and VEGF in the early stage of shock wave-promoted bone regeneration of segmental defect in rats. J Orthop Res 22:526-534, 2004
9. Cheng JS, Song JK: Anatomy of the sacrum. Neurosurg Focus 15:E3, 2003

10. Compston J: Recent advances in the management of osteoporosis. *Clin Med* 9:565-569, 2009
11. Dawson-Hughes B, Mithal A, Bonjour JP, Boonen S, Burckhardt P, Fuleihan GEH, Josse RG, Lips P, Morales-Torres J, Yoshimura N: IOF position statement: Vitamin D recommendations for older adults. *Osteoporos Int* 21:1151-1154, 2010
12. Denis F, Davis S, Comfort T: Sacral fractures: An important problem. Retrospective analysis of 236 cases. *Clin Orthop Rel Res* 227:68-81, 1988
13. Dimmen S, Nordsletten L, Engebretsen L, Steen H, Madsen JE: Negative effect of parecoxib on bone mineral during fracture healing in rats. *Acta Orthop* 79:438-444, 2008
14. Gibbons KJ, Soloniuk DS, Razack N: Neurological injury and patterns of sacral fractures. *J Neurosurg* 72:889-893, 1990
15. Hagen J, Castillo R, Dubina A, Gaski G, Manson TT, O'Toole RV: Does surgical stabilization of lateral compression-type pelvic ring fractures decrease patients' pain, reduce narcotic use, and improve mobilization? *Clin Orthop Relat Res* 474:142-1429, 2016
16. Kannus P, Palvanen M, Niemi S, Parkkari J, Järvinen M: Epidemiology of osteoporotic pelvic fractures in elderly people in Finland: Sharp increase in 1970-1997 and alarming projections for the new millennium. *Osteoporos Int* 11:443-448, 2000
17. Kasukawa Y, Miyakoshi N, Ebina T, Hongo M, Ishikawa Y, Kudo D, Nozaka K, Shimada Y: Enhanced bone healing and decreased pain in sacral insufficiency fractures after teriparatide treatment: retrospective clinical-based observational study. *Clin Cases Miner Bone Metab* 14:140-145, 2017
18. Keil DS, Gross S, Seymour RB, Sims S, Karunakar MA: Mortality after high-energy pelvic fractures in patients of age 65 years or older. *J Orthop Trauma* 32:124-128, 2018
19. Lever M, Lever E, Lever EG: Rethinking osteoporotic sacral fractures. *Injury* 40:466-467, 2009
20. Lyders EM, Whitlow CT, Baker MD, Morris PP: Imaging and treatment of sacral insufficiency fractures. *AJNR Am J Neuroradiol* 31:201-210, 2010
21. Massar L, Caruso G, Sollazzo V, Setti S: Pulsed electromagnetic fields and low intensity pulsed ultrasound in bone tissue. *Clin Cases Miner Bone Metab* 6:149-154, 2009
22. Mehallo CJ, Drezner JA, Bytowski JR: Practical management: Non-steroidal antiinflammatory drug (NSAID) use in athletic injuries. *Clin J Sport Med* 16:170-174, 2006
23. Mitchner NA, Harris ST: Current and emerging therapies for osteoporosis. *J Family Practice* 58:S45-S49, 2009
24. Moretti B, Notarnicola A, Garofalo R, Moretti L, Patella S, Marlinghaus E, Patella V: Shock waves in the treatment of stress fractures. *Ultrasound Med Biol* 35:1042-1049, 2009
25. Routt ML, Simonian PT, Swionkowski MF: Stabilization of pelvic ring disruptions. *Orthop Clin North Am* 28:369-388, 1997
26. Shima Y, Engebretsen L, Iwasa J, Kitaoka K, Tomita K: Use of bisphosphonates for the treatment of stress fractures in athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 17:542-550, 2009.
27. Silverman SL: New selective estrogen receptor modulators (SERMs) in development. *Curr Osteoporos Rep* 8:151-153, 2010
28. Sommer C: Fixation of transverse fractures of the sternum and sacrum with the locking compression plate system: Two case reports. *J Orthop Trauma* 19:487-490, 2005
29. Vaccaro AR, Kim DH, Brodke DS, Harris M, Chapman JR, Schildhauer T, Routt ML, Sasso RC: Diagnosis and management of sacral spine fractures. *Instr Course Lect* 53:375-385, 2004.
30. Vleeming A, Schuenke MD, Masi AT, Carreiro JE, Danneels L, Willard FH: The sacroiliac joint: An overview of its anatomy, function, and potential clinical implications. *J Anat* 22:537-567, 2012