

Çocuk ve ergen sporcularda lomber yaralanmalar

Lumbar spine injuries in pediatric and adolescent athletes

R. Haluk BERK

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı

Çocukların ve ergenlik çağındaki gençlerin spor aktivitelerine katılımının son yıllarda önemli derecede artmasıyla spinal yaralanmalar da önem kazanmıştır. Çocuklar, omur galarının büyümeye devam etmesi nedeniyle yetişkinlerden farklı sorunlarla karşılaşır. Bu nedenle, bu dönemlerde görülen bel ağrısı ciddiye alınmalı, ileri inceleme yöntemleriyle değerlendirilmelidir. Bu yazıda spor ile ilişkili lomber omurga sorunları (aşırı kullanım sendromu, stres kırıkları, spondilolizis, spondilolistesis, lomber disk hernisi) değerlendirilerek, yaralanmaların oluşumunun ve ilerlemesinin engellenmesi açısından erken tanı ve tedavinin önemi vurgulandı.

During the past two decades, there has been a significant increase in sports participation by pediatric athletes. Spinal injuries thus have become a great concern. The unique nature of the pediatric spine should be well-recognized and low back pain in a pediatric athlete should therefore be taken seriously and evaluated thoroughly. In this review article sports-related lumbar spine problems will be covered including overuse injuries, spondylolysis, pars stress fractures, spondylolisthesis, and lumbar disc herniation. Early identification of these problems will eventually minimize these injuries.

Son yıllarda çocuk ve ergen sporcuların yarışmalarda daha fazla yer aldığı ve yaralanma şekillerinin değiştiğine tanık oluyoruz.^[1] Gençlerin spora özendirilmeleri ve kız çocuklarının da spor karşılaşmalarına katılmalarında artış görülmesi spor yaralanmalarının artmasına neden olmaktadır. Spora bağlı bel yaralanmalarının %10-15 oranlarında olduğu bildirilmiştir.^[2,3] Yetişkinlerde bel ağrısı genellikle iş ile bağıntılı iken, genç sporcularda görülen bel ağrısı ciddiye alınarak ayrıntılı olarak incelenmesi gereken bir durumdur. Direkt radyografide yaklaşık %38 oranında pars defekti görülmektedir.^[4] Sporcu kızlar daha fazla risk altında olabilirler ve özellikle skolyoz ve spondilolizis sporcu kızları daha fazla ilgilendiren durumlardır.^[3,5] Değerlendirmede cinsiyete özgü bazı faktörlerin spinal deformite ve yaralanmalarda etkin olabileceği akılda tutulmalıdır. Spora özgü mekanik, antropometrik özellikler, büyüme kırıkdağının göreceli zayıflığı, hormonal ve beslenme özel-

likleri kızlarda görülen omurga sorunlarını anlamamıza yardımcı olur.^[6]

Spor yaralanmaları makrotravma ve mikrotravma olarak iki ana grupta toplanabilir. Makrotravmalar, omurga yaralanmasında olduğu gibi akut ya da ciddi bir olay olarak karşımıza çıkar. Mikrotravmalar ise tekrarlayan zedelenmelerdir ve başlangıçta genellikle fark edilmez. Bu yaralanma mikroskobik düzeydedir ve tekrarlayan travma ağrıya yol açar; bazı olgularda sakatlanmalar görülür. Stres kırıkları ve aşırı kullanma sendromları bu mikrotravmalara örnektir.

Spor dalına özgü yaralanmalar

Omurga yaralanmaları bazı spor dallarına özgü olabilir. Örneğin cimnastik, buz pateni ya da dans sırasında zorunlu olarak, spinal hareketin üst sınırlarının zorlandığı hareketler gerçekleştirilir.^[7-9] Bel ağrısı, ritmik cimnastikçilerde yaklaşık %86 oranında;^[10] spon-

dilolizis ise cimnastikçilerde %32, balerinlerde %33 oranında görülür.^[11] Klasik bale dansçılarında, asimetrik tekrarlayan kuvvetlerin rolü olduğu sanılan skol-yoz görülme sıklığı artmıştır.^[5]

Antropometrik etmenler

Bel ağrısının alt ekstremitte ligamentöz laksiteleri ile koşut olabileceği akılda tutulmalıdır. Kızlarda, trokanterler arasındaki mesafede ve kalça varus angülasyonunda artma; genu valgum, ayak pronasyonu ile karakterize alt ekstremitte dizilim bozukluğu bildirilmiştir. Bunlar sıklıkla patellar disfonksiyonu ile birlikte gelişir ve alt ekstremitte yaralanmaları için zemin oluşturur.

Lordozu artıran nedenler omurga arka elemanlarına kompresyon yükü ve intervertebral diske gerilme yükleri uygular. Kalça fleksörleri ve hamstringlerde gerilme sıklıkla lordoz artışı ile birlikte görülür. Artmış femoral anteverسیون, kalça dış rotasyonunu azaltarak dolaylı yoldan hiperlordozu yol açar ve ağrıya neden olur.^[6,12]

Büyüme plağı

Büyüme plağı, ergenlik dönemi boyunca kas-iskelet sisteminde zayıf halkayı temsil eder. Omurgada basma ve germe kuvvetlerinden etkilenebilecek çok sayıda büyüme plağı vardır. Omur ön tarafında, annulus fibrosus liflerinin sıkıca tutundukları büyüme uç plakları ve halka apofiz yer alır.^[13] Sıkıştırma kuvvetleri Schmorl nodüllerine yol açarken, germe kuvvetleri apofizit ve apofiz sıyrılma kırıklarına neden olur. Tekrarlayan eşit dağılmamış kuvvetler ise asimetrik büyümeye neden olarak deformiteye yol açar.^[14] Öte yandan, pars interartikularisin tam olmayan kemikleşmesi de bu bölgeyi stres kırığı ve spondilolitik lezyon gelişimi için risk altında bırakır.^[15]

Öykü

Diğer tıbbi sorunlarda olduğu gibi, iyi bir öykü bel ağrısında doğru tanıya yönlendiricidir. Öykü alınırken sporcunun düzeyi ve spor dalı bilinmelidir. Spor karşılaşmalarında kas iskelet sistemi yaralanmaları sık olmakla birlikte, bazı spor dalları omurga yaralanmaları için daha risklidir. Aralarında örtüşme bulunmakla birlikte, spor dalları kendi aralarında ağırlıklı hareketin cinsi ve yönüne göre lomber fleksiyon sporları (halter), ekstansiyon sporları (cimnastik, bale, kelebek yüzme, güreş) ve rotasyonel sporlar (tenis, golf) olarak ayrılabilir.^[6]

Öykü alınırken haftalık spor yükü, ağırlığı ve en üst düzeye çıkma hızı öğrenilmelidir. Cimnastik gibi bazı spor dallarında spinal yaralanma için bir haftalık 15 saat gibi bir eşik değer vardır.^[16] İlerleme/antreman yükündeki artış haftalık çalışma hacminin %10'undan fazla olmamalıdır.^[17]

Birçok genç sporcu, bel ağrısı spora katılımını etkilediği anda hekime başvurur. Üç hafta veya daha uzun süredir bel ağrısı yakınması olan bir sporcu muayene edilmeli ve incelemeleri yapılmalıdır.

Muayene

Bel ağrısı nedeniyle başvuran çocuk veya ergen sporcunun muayenesi alt ekstremitte, yürüme, sakroiliyak eklem, kalça muayenelerini ve nörolojik muayeneyi içermelidir. Muayeneye palpasyonla başlanır ve duyarlı noktalar saptanır. Paraspinal kaslarda spazm olup olmadığı belirlenir. Lomber omurga hareketliliği tüm yönlerde bakılmalıdır. Tek bacak üzerinde hiperrekstansiyon testi pars defekti için duyarlı olmasına karşın, özgüllük oranı %50 olarak bildirilmiştir.^[18] Testin olumlu olduğu durumlarda ileri radyolojik inceleme gerekir. Düz bacak kaldırma ve Faber testleri ile disk hernisi ve sakroiliyak eklem patolojileri araştırılır.

Aşırı kullanım yaralanmaları

Çocuklar sporu tek bir neden için yapmalı, eğlenmek! Eğlenirken sosyal ortam içinde yeni beceriler edinmenin gurur ve mutluluğunu yaşamalıdır.

Yaralanmaların %30-50'si aşırı kullanıma bağlıdır. Çok, hızlı ve sık. Bu üç sözcük aşırı kullanım yaralanmalarının nedenini tanımlar. Bu öznel ölçüler her sporcuda değişkenlik gösterebilir. Fiziksel aktivite sonrası hafif rahatsızlık ve ağrı normaldir (VAS - görsel ağrı ölçeği- ort. 2-3 gün); ancak ağrı aktivite sonrasında üç günden fazla devam ederse, bu aktivite sporcu için çok fazla, çok sık ve çok hızlıdır. Egzersizlerden sonra sıklıkla buz veya non-steroidal antiinflamatuvar ilaçlara gereksinim duyulur. Bununla birlikte, her ikisi için de belirgin derecede daha fazla miktarda ve daha uzun süre kullanma gereksinimi ortaya çıktığında aşırı kullanım sendromu akla getirilmelidir. Bu durumda spora devam edilmesi yanlış olmasına karşın, antrenör ve aileye karşı küçük düşme, takımdan uzaklaştırılma korkusu nedeniyle birçok genç sporcu ağrıya rağmen egzersizlere devam eder. Oysa, ağrıdan yakınma durumunda egzersiz hemen bırakılmalı ve acilen rehabilitasyon programı başlatılmalıdır. Rehabilitasyon süreci

üç kademededen oluşur. Bu süreçte sporcunun yapamadıklarından çok neleri başarabildiği daha önemlidir.

Risk Faktörleri

Aşırı kullanım yaralanmaları yalnızca yanlış antrenmandan kaynaklanmaz; bu yaralanmalarda diğer faktörler de göz önüne alınmalıdır. Micheli^[18] yaralanma yapısının anlaşılmasına ve gerekli önlemlerin alınmasına yardımcı yedi risk faktörü tanımlamıştır (Tablo 1).^[19]

Tedavi

Zorlayıcı faktörün zamanında durdurulması ile çoğu yaralanmada iyileşme sağlanmaktadır. Bu nedenle esas olarak konservatif tedavi uygulanmalıdır. Erken tanı ve tedavi sonuçlar üzerinde çok etkilidir. Aşırı kullanım yaralanmalarında Stanitski^[20] tarafından beş basamaklı tedavi programı önerilmiştir.

(1) *Etkenin tanımlanması*: Tedavinin en önemli basamağıdır. (2) *Etkenin yeniden düzenlenmesi*. (3) *Ağrı kontrolü*: Dinlenme, buz, sıcak uygulaması, immobilizasyon, non-steroidal antienflamatuvar ilaçlar çoğu kez etkin olur. (4) *Aktif rehabilitasyon*: Germe

Tablo 1. Aşırı kullanım yaralanmalarında risk faktörleri^[18]

Antrenman hataları	Antrenmanın yoğunluk, şiddet ve sıklığında ani değişim
Kuvvet, esneklik dengesizliği	
Anatomik dizilim bozukluğu	Bacak uzunluk farkı Kalça rotasyon anomalileri Patella pozisyonu O-bacak veya X Bacak Düztabanlık
Ayakkabı	Uygun olmayan büyüklükte ayakkabı Darbeleri yetersiz soğuran ayakkabı Aşırı sert taban Ayak arkası ve topuğu yetersiz destekleyen ayakkabı
Spor yapılan yüzey	Beton, asfalt, tartan, toprak, çim
Eşlik eden hastalık	Artrit Dolaşım kusuru Eski kırık
Büyüme	Hızlı büyüme evresi

egzersizleri, kuvvetlendirme egzersizleri ve kademel aktivite kazanımı. (5) *İdame*: Tekrar yaralanmayı önlemek için kazanılan esnekliğin ve kuvvetin korunmasında uygulanan egzersizlerden oluşur.

Akut evrede tedavi dinlenme, antienflamatuvar tedavi, fizik tedavi, pasif hareket genişliği egzersizlerinden oluşur. Bir sonraki evreye geçebilmek için ölçütler, yeterli ağrı kontrolü ve doku iyileşmesi ile normale yakın hareket genişliğinin kazanılmasıdır. İyileşme evresinde fizik tedaviye devam edilir; ancak bu kez aktif ROM egzersizleri verilir ve propriosepsiyon egzersizlerine başlanır. Fonksiyonel evreye geçebilmek için ölçütler, ağrının olmaması, tam doku iyileşmesi, tam hareket genişliği, iyi esneklik ve %75-80 güç kazanımı olmalıdır. Bu koşullar sağlandığında fonksiyonel evreye geçilebilir.

Pars interartikularis sorunları

Çocuk ve ergen sporcularda bel ağrısının en sık nedeni pars sorunlarıdır. Pars interartikulariste stres kırığı, spondilolizis, spondilolistesis görülebilir.

Stres kırığı

Akut yaralanmalar sonrasında pars interartikulariste stres kırığı gelişebilir. Sıklıkla cimnastik, futbol, Amerikan futbolu, dalma, yüzme ve bale ile ilgilenen olgularda görülür.^[7]

Muayenede lomber duyarlılık yoktur. Ağrı en fazla lomber hiperekstansiyonda ve tek bacak üzerinde ekstansiyon testinde ortaya çıkar (Şekil 1).^[6] Çoğunlukla sinir germe testleri, sakroiliyak germe testleri olumsuzdur. Direkt radyografilerde stres kırığı görülmediği zaman SPECT (single photon emission computed tomography) incelemesi önerilir.^[21] Bu yöntemle sıcak/aktif lezyonlar belirlenir.

Tedavinin asıl amacı kırık kaynamasının sağlanmasıdır. SPECT ile aktif bir lezyonun gösterilmiş olması kırığın kaynama şansının yüksek olduğunun kanıtıdır. Tedaviye genellikle üç ay süreli Boston breysi ile başlanır. Ağrı, 3-4 hafta sonra kaybolursa, sporcu antrenmana başlayabilir. Breys tedavisine koşut olarak hamstring fleksibilitesini artırıcı, gövde kaslarını güçlendirici egzersizlere başlanmalıdır. Üçüncü ay sonunda kaynama görülmezse tedavi süresi 6-12 hafta uzatılmalıdır.^[7]

Spondilolizis

Spondilolizis, pars interartikulariste yer alan bir defektir. Tek taraflı veya iki taraflı olabilir. Genetik

predispozisyonunun olduğu sanılmaktadır.^[22,23] Stewart^[24] tarafından bazı etnik gruplarda sık olduğu, özellikle Alaska yerlilerinde yaklaşık %50 oranında görüldüğü bildirilmiştir. Çoğu defekt bulgu vermez. İlerleme çoğunlukla görülmemekle birlikte, hızlı büyüme evresi kayma için en riskli dönemdir.^[25] Cimnastik, bale, sırtla yüksek atlama, kelebek yüzme gibi hiperekstansiyona maruz kalan bel hareketleri içeren spor dallarında spondilolizis riski daha fazladır.

Ağrı ile başvuran ve lomber hiperekstansiyonda ağrısı artan sporcuda radyografik inceleme yapılmalıdır (Şekil 1). Bu incelemelerde genel dizilime dikkat edilir; doğuştan anomaliler saptanabilir; hatta kayma varsa gösterilebilir. Saifuddin ve ark.^[26] pars kırıklarının yalnızca %32'sinin 15 derecelik açıyla gönderilen ışın planında yer aldığını; bu nedenle, oblik grafiplerin gerekli olup olmadığını tartışmalı olduğunu bildirmişlerdir. Bu bölgedeki kaynama potansiyeli SPECT ile belirlenebilir; ayrıca saptanamayan pars defektleri de ortaya çıkarılabilir. Bilgisayarlı tomografi de pars defektlerini göstermede oldukça duyarlı bir yöntemdir; ancak duyarlılığının artırılması için Gantry'nin ters açılması yararlı olacaktır.^[27] Spondilolitik kırığın bilgisayarlı tomografi değerlendirilmesi erken, progresif ve terminal olarak üç evrede sınıflandırılmıştır. Korse tedavisi ile erken lezyonların %73'ünün iyileştiği; ancak terminal lezyonların hiçbirinde iyileşme olmadığı görülmüştür.^[28]

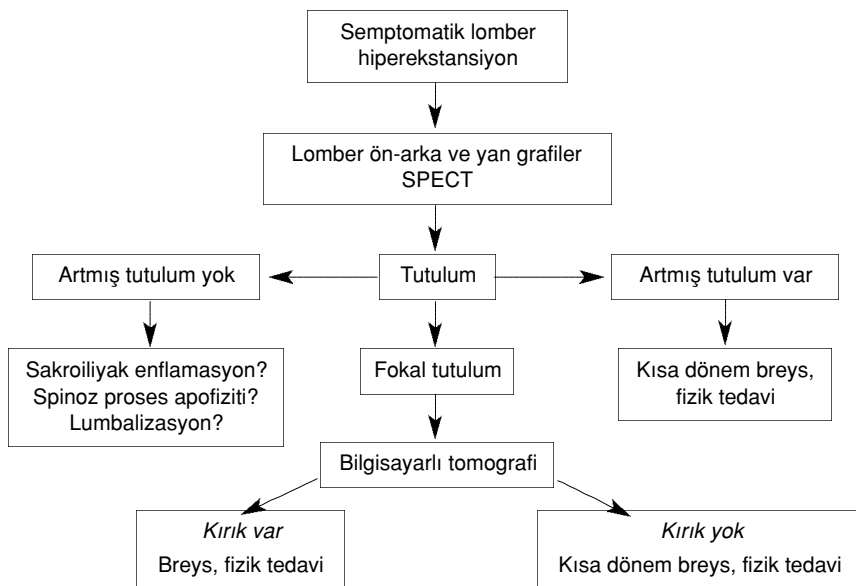
Erken tanı, konservatif tedavinin başarı şansını artırır. Fizik tedavi ile birlikte 4-6 ay antilordotik

breys kullanılır. Tedavinin başlamasından 4-6 hafta sonra sporcunun ağrısı yoksa, breys kullanarak antrenmana başlamasına izin verilir. Genellikle futbol, basketbol, voleybol oynarken breys kullanılabilir. Anti lordotik breyste genelde amaçlanan durum lomber lordozu azaltarak parsın sagittal dizilimini daha dik pozisyona getirmek ve kompresyon altında iyileşmesini sağlamaktır. İmmobilizasyon ikincil önem taşır.^[6]

Spondilolistesis

Spondilolistesis, vertebranın üzerindeki vertebral kolon ile birlikte alttaki vertebra üzerinden öne kaymasıdır. Wiltse ve ark.^[29] spondilolistesisi displastik, istmik, dejeneratif, travmatik ve patolojik olarak beş ayrı tipte sınıflandırmışlardır. Çocuk ve ergen sporcularda en sık karşılaşılan istmik tip, litik, uzamış pars ve travmatik olarak üç alt grupta incelenir. En sık olarak L₅'te görülür; bunu L₄ izler. Ağrının ön planda olduğu kronik bir süreçtir. Spondilolizis ve stres kırıklarına oranla daha nadir görülmektedir. Muayenede hiperekstansiyonda veya tek bacak üzerinde hiperekstansiyonda ağrıya ek olarak, spinöz proses üzerinde set bulgusu, hamstring gerginliği ve radiküler bulgular saptanabilir.

Kayma oranı %50'den az olursa, konservatif tedavi uygulanabilir. Ancak, olumlu yanıtın %67 olduğu bildirilmiştir.^[30] Yakınmaları geçen sporcu uygun bir fizik tedavi programı ile spora başlayabilir. Olgular, 19 yaşına kadar periyodik radyografilerle izlenmelidir. Çocuk yaş grubunda, ağırlı ve %50'den fazla kaymalarda cerrahi tedavi uygulanmalıdır.



Şekil 1. Semptomatik lomber hiperekstansiyon algoritması.^[6]

Lomber disk hernisi

Lomber disk hernisi, yetişkinlerde sık görülen bel ağrısı nedenlerinden biri olmasına karşın, ergenlik dönemindeki çocuklarda daha az görülür. Halter gibi fleksiyon yüklenmeleri olan spor dallarında yaralanma riski fazladır. Özellikle anulus liflerinde içten radyal yırtıklarda ve disk basıncında artma olan durumlarda ağrı oluşur. Bu durumda tanı koymak oldukça zordur. Ergenlik dönemindeki çocuklarda disk herniasyonları erişkinlerdeki gibi bulgular vermez. Düz bacak kaldırma testinde nadiren pozitif sonuç alınır. Ekstansiyon tabanlı lomber stabilizasyon egzersiz programları uygulanır. Tedavide dinlenme önemli olmasına karşın, dinlenmenin iki günden fazla olmamasına özen göstermek gerekir. Geçici breys kullanımı yararlı olabilir. Epidural kortikosteroid enjeksiyonları enflamasyonu yatırtmada oldukça yararlıdır. Ancak, tüm fizik tedavi yaklaşımlarına ve epidural enjeksiyonlara rağmen ağrı ve nörolojik bulgularda iyileşme görülmezse, *cauda equina* sendromunda cerrahi gerekecektir.^[6]

Lordozla bağlı bel ağrısı

Büyüme sırasında spinal ligamanların ve torakolumbar fasyanın esnek olmaması, lomber hiperlordoz ve kompensatuvar hiperkifoz oluşumuna zemin hazırlar. Artan lomber lordoz ile posterior elemanlar üzerine aşırı yük biner ve ekstansiyonda spinöz prosesler ve faset eklemlerde sıkışma sendromu ortaya çıkar. Fleksiyonda spinöz proses apofizine uygulanan gerilimle apofizit oluşur.^[6] Torakolumbar ve pelvik esnekliğine önem veren fizik tedavi programları uygulanır. Dirençli olgularda geçici breys uygulaması yararlı olabilir. Spora dönüş, ağrının olup olmamasına göre belirlenir.

Geçiş vertebra

Lumbosakral segmentasyon kusuru geçiş vertebra anomalisi olarak kendini gösterir. Direkt radyografilerde genellikle sakruma veya iliak kanada uzanan psödoartroz saptanır. Tekrarlayan hızlı fleksiyon ve ekstansiyon bu bölgede enflamasyona yol açarak ağrıya neden olur. Bertolotti sendromu bu nedenle spondilolizis ile karıştırılabilir.^[31] Rijid ortez kullanımını enflamasyonun yatışması için önemlidir. Skopi altında bölgeye kortikosteroid enjeksiyonu uygulanması hem tanı hem de tedavi açısından yararlıdır.^[6]

Sakroiliyak eklem ağrısı

Bel ağrısına yol açan başka bir neden de sakroiliyak eklem patolojileridir. Hiperekstansiyonda ağrı,

yukarıda belirtilen rahatsızlıkların yanı sıra sakroiliyak eklem sorunlarında da görülür. Genellikle etkilenen eklem üzerinde palpasyonla duyarlılık saptanır. Faber testi, tipik olarak etkilenen tarafta ağrılıdır. Ayrıcı tanıda sakral kırıklar, sakroiliyak eklem enflamatuvar ve enfeksiyöz hastalıkları düşünülmelidir. Manyetik rezonans görüntüleme, tanı koymaya yardımcı olacaktır. Başlangıçta breys yararlı olur. Peripelvik ve lomber stabilizasyon egzersizleri ile birlikte kademeli mobilizasyon uygulanmalıdır.^[6,7]

Sonuç

Çocuk ve ergen sporcularda görülen bel ağrısı dikkate alınarak irdelenmelidir. Çocukların, takımından veya spor aktivitesinden uzaklaştırılacakları korkusuyla aile veya antrenörlerine ağrı spor aktivitelerini engelleyecek boyutlara ulaştığında haber verebilecekleri akıldan çıkarılmamalıdır. Bel ağrısı ile başvuran bir sporcu değerlendirirken spor dalı, antrenman sıklığı, düzeyi, uygun bir teknik uygulanıp uygulanmadığının sorgulanması; gerektiğinde antrenörleri ile iletişim kurulması tedavinin planlanması açısından önemlidir. Örneğin, ritmik cimnastikçilerde bel yaralanması riski kondisyon, düzgün teknik, deneyim ile yakından ilişkilidir. Deneyimsiz bir cimnastikçi, geriye denge pozisyonundan (bel tamamen ekstansiyonda, bir bacak yukardayken diğerinin yere temas ettiği pozisyon) doğrulurken önce bacağını indirir. Bu durum, lomber omurların manivela gibi kullanılarak bel bölgesine aşırı yük binmesine neden olur. Buna karşın, deneyimli sporcular karın kaslarını kullanarak doğrulurlar. Karın kaslarının güçlendirilmesi bu durumda önem kazanmaktadır. Benzer şekilde, omuz hareket genişliği kısıtlı olan tenisçiler, servis sırasında topu daha yüksek noktada yakalayabilmek için lomber lordozlarını olması gerektiğinden daha fazla artırmak zorunda kalırlar.

Kaynaklar

1. Maffulli N, Baxter-Jones AD. Common skeletal injuries in young athletes. *Sports Med* 1995;19:137-49.
2. Hubbard DD. Injuries of the spine in children and adolescents. *Clin Orthop* 1974;100:56-65.
3. Omev ML, Micheli LJ, Gerbino PG 2nd. Idiopathic scoliosis and spondylolysis in the female athlete. Tips for treatment. *Clin Orthop* 2000;(372):74-84.
4. Micheli LJ. Back injuries in gymnastics. *Clin Sports Med* 1985; 4:85-93.
5. Warren MP, Brooks-Gunn J, Hamilton LH, Warren LF, Hamilton WG. Scoliosis and fractures in young ballet dancers. Relation to delayed menarche and secondary amenorrhea. *N Engl J Med* 1986;314:1348-53.

6. d'Hemecourt PA, Micheli LJ, Gerbino P. Spinal injuries in female athletes. *Sports Medicine and Arthroscopy Review* 2002;10:91-7.
7. Kraft DE. Low back pain in the adolescent athlete. *Pediatr Clin North Am* 2002;49:643-53.
8. Luke A, Micheli LJ. Management of injuries in the young dancer. *Journal of Dance Medicine & Science* 2000;4:6-15.
9. Sward L, Hellstrom M, Jacobsson B, Nyman R, Peterson L. Acute injury of the vertebral ring apophysis and intervertebral disc in adolescent gymnasts. *Spine* 1990;15:144-8.
10. Hutchinson MR. Low back pain in elite rhythmic gymnasts. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:1686-8.
11. Sward L, Hellstrom M, Jacobsson B, Nyman R, Peterson L. Disc degeneration and associated abnormalities of the spine in elite gymnasts. A magnetic resonance imaging study. *Spine* 1991;16:437-43.
12. Sammarco GJ. The dancer's hip. *Clin Sports Med* 1983;2:485-98.
13. Bick EM, Copel JW. Longitudinal growth of the human vertebra: A contribution to human osteogeny. *J Bone Joint Surg [Am]* 1950;32:803-14.
14. Lundin O, Ekstrom L, Hellstrom M, Holm S, Sward L. Injuries in the adolescent porcine spine exposed to mechanical compression. *Spine* 1998;23:2574-9.
15. Sagi HC, Jarvis JG, Uhthoff HK. Histomorphologic analysis of the development of the pars interarticularis and its association with isthmus spondylolysis. *Spine* 1998;23:1635-40.
16. Goldstein JD, Berger PE, Windler GE, Jackson DW. Spine injuries in gymnasts and swimmers. An epidemiologic investigation. *Am J Sports Med* 1991;19:463-8.
17. Gerbino PG 2nd, Micheli LJ. Back injuries in the young athlete. *Clin Sports Med* 1995;14:571-90.
18. Micheli LJ. Overuse injuries in children's sports: the growth factor. *Orthop Clin North Am* 1983;14:337-60.
19. Cook PC, Leit ME. Issues in the pediatric athlete. *Orthop Clin North Am* 1995;26:453-64.
20. Stanitski CL. Knee overuse disorders in the pediatric and adolescent athlete. *Instr Course Lect* 1993;42:483-95.
21. Harvey CJ, Richenberg JL, Saifuddin A, Wolman RL. The radiological investigation of lumbar spondylolysis. *Clin Radiol* 1998;53:723-8.
22. Merbs CF. Incomplete spondylolysis and healing. A study of ancient Canadian Eskimo skeletons. *Spine* 1995;20:2328-34.
23. Schwartz DG, Schafer MF. Low back pain in athletes. In: Bridwell KH, DeWald RL, editors. *The textbook of spinal surgery*. Vol. 2, 2nd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven; 1997. p. 1515-31.
24. Stewart TD. The age of incidence of neural arch defects in Alaskan natives, considered from the standpoint of etiology. *J Bone Joint Surg [Am]* 1953;4:937-50.
25. Fredrickson BE, Baker D, McHolick WJ, Yuan HA, Lubicky JP. The natural history of spondylolysis and spondylolisthesis. *J Bone Joint Surg [Am]* 1984;66:699-707.
26. Saifuddin A, White J, Tucker S, Taylor BA. Orientation of lumbar pars defects: implications for radiological detection and surgical management. *J Bone Joint Surg [Br]* 1998;80:208-11.
27. Harvey CJ, Richenberg JL, Saifuddin A, Wolman RL. The radiological investigation of lumbar spondylolysis. *Clin Radiol* 1998;53:723-8.
28. Morita T, Ikata T, Katoh S, Miyake R. Lumbar spondylolysis in children and adolescents. *J Bone Joint Surg [Br]* 1995;77:620-5.
29. Wiltse LL, Newman PH, Macnab I. Classification of spondylolysis and spondylolisthesis. *Clin Orthop* 1976;(117):23-9.
30. King HA. Back pain in children. *Orthop Clin North Am* 1999;30:467-74, ix.
31. Elster AD. Bertolotti's syndrome revisited. Transitional vertebrae of the lumbar spine. *Spine* 1989;14:1373-7.