

Araştırma

Geliş Tarihi: 06.02.2025
Kabul Tarihi: 21.06.2025

DOI: 10.5137/1019-5157.TND.3537

Amatör Futbolcularda Unilateral Lomber Pars Fraktürü: Konservatif Tedavi Sonuçlarımız

Unilateral Lumbar Pars Fracture in Amateur Football Players: Conservative Treatment Outcomes

Hakan KINA¹, Aydın Sinan APAYDIN²¹İstinye Üniversitesi Medical Park Gaziosmanpaşa Hastanesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye²Karabük Üniversitesi Tıp Fakültesi, Beyin ve Sinir Cerrahisi Anabilim Dalı, Karabük, Türkiye

Yazışma adresi: Hakan KINA ✉ kinahakan@gmail.com

ÖZ

AMAÇ: Daha önce yapılan çalışmalar, genellikle profesyonel sporcularda veya bilateral pars defektlerinin değerlendirilmesine odaklanmışken, bu çalışma unilateral komplet pars defekti bulunan amatör futbolcuların konservatif tedavi sonuçlarını hem klinik hem de radyolojik açıdan değerlendirmektedir.

GEREÇ ve YÖNTEMLER: 2019 Kasım ile 2024 Temmuz tarihleri arasında gerçekleştirilen retrospektif kohort çalışmasında, nörolojik defisiti olmayan ve amatör futbol oynayan erkek hastalar değerlendirilmiştir. Konservatif tedavi protokolü, futbol faaliyetlerine geçici ara verilmesi, düzenli fizik tedavi ve rehabilitasyon sürecinin başlatılması ile birlikte lomber korse kullanımını içermektedir. Tedavi sürecinde, kontrol görüntülemelerinde pedikül çevresinde kemik iliği ödemi tespit edilirse, konservatif tedavi devam ettirilmiştir; pedikül çevresinde normal sinyalin gözlemlenmesi durumunda ise tedavi sonlandırılmıştır.

BULGULAR: Araştırmaya toplam 21 erkek hasta dahil edilmiştir. Bu hasta grubunun ortalama yaşı 24.48 (16-34) olarak saptanmıştır. İncelenen hastalardan birinde iki seviyede olmak üzere toplam 22 unilateral pars interartikularis fraktürü tespit edilmiştir. Tedavi sonrasında hiçbir hastada kemik füzyon gözlemlenmemiş, ancak hastaların 19'u (%90) amatör spor aktivitelerine geri dönmüştür.

SONUÇ: Unilateral lomber pars fraktürlerinin konservatif tedavisi, klinik semptomların iyileşmesine ve hastaların spor aktivitelerine geri dönmelerine olanak sağlamaktadır. Bununla birlikte, kemik füzyonun sağlanamaması, konservatif tedavinin önemli bir kısıtlılığı olarak dikkat çekmektedir. Bu bulgular, konservatif tedavi yöntemlerinin etkili bir seçenek olabileceğini, ancak radyolojik iyileşme sağlanabilmesi için alternatif tedavi stratejilerinin de gözden geçirilmesi gerektiğini göstermektedir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Pars fraktürü, Unilateral, Spondilolizis, Spor hekimliği

ABSTRACT

AIM: While previous studies have generally focused on professional athletes or the evaluation of bilateral pars defects, this study aims to assess the conservative treatment outcomes of amateur soccer players with unilateral complete pars defects from both clinical and radiological perspectives.

MATERIAL and METHODS: In this retrospective cohort study conducted between November 2019 and July 2024, male patients who played amateur soccer and had no neurological deficits were evaluated. The conservative treatment protocol included temporary cessation of football activities, initiation of a regular physical therapy and rehabilitation program, and the use of a lumbar brace. During the treatment process, if bone marrow edema was detected around the pedicle in follow-up imaging, conservative treatment was continued; if a normal signal was observed around the pedicle, the treatment was terminated.

RESULTS: A total of 21 male patients were included in the study. The mean age of this patient group was determined to be 24.48 (16-34). A total of 22 unilateral pars interarticularis fractures were identified, including one patient with fractures at two levels. Following treatment, no bone fusion was observed in any patient; however, 19 patients (90%) returned to amateur sports activities.

CONCLUSION: Conservative treatment of unilateral lumbar pars fractures allows for the improvement of clinical symptoms and enables patients to return to sports activities. However, the lack of bone fusion highlights a significant limitation of conservative treatment. These findings suggest that conservative treatment can be an effective option, but alternative therapeutic strategies should also be considered to achieve radiological healing.

KEYWORDS: Pars fracture, Unilateral, Spondylolysis, Sports medicine

■ GİRİŞ

Pars interartikularis, omurganın yapısal bütünlüğünü sağlayan ve lamina, pedikül, inferior artiküler proçes ile superior artiküler proçes tarafından çevrelenmiş olan kemik segmentini ifade eder. Bu anatomik bölgenin, omurganın fonksiyonel stabilitesi ve hareket kabiliyeti açısından kritik bir öneme sahip olduğu kabul edilmektedir. Pars defektleri (PD), özellikle genç yaş grubundaki sporcularda sıklıkla stres reaksiyonları şeklinde kendini göstererek, ilk olarak mikro düzeyde hasarlarla başlar, zaman içerisinde bu durum akut kırıkların oluşmasına ve nihayetinde kronik kırıklara ilerleme eğilimi göstermektedir (5,13). Bu patolojik süreç, omurganın biyomekanik yük altında kalması sonucu meydana gelen hasar ve iyileşme mekanizmalarının bozulması ile ilişkilidir. Özellikle ergen yaşlardaki sporcularda omurganın ekstansiyonu veya fleksiyonu esnasında ortaya çıkan ve şiddetlenen bel ağrısı, PD'nin en sık rastlanan klinik semptomlarından biri olarak tanımlanmıştır. Bununla birlikte, paraspinal kas spazmı ve çevresel dokularda artan hassasiyet, hastaların yaşam kalitesinde belirgin bir düşüşe neden olmakta ve semptomatik tabloyu daha karmaşık hâle getirmektedir (39). Yapılan çalışmalarda, pars interartikularis fraktürü (PIF) tanısı konulan hastaların %93'ünün spor faaliyetlerine katıldıkları gözlemlenmiş olup, bu durum spor aktivitelerinin omurga üzerindeki mekanik yüklenmelerini ve dolayısıyla PD'nin ortaya çıkmasındaki rolünü ortaya koymaktadır (27). Bununla beraber, hastaların yaş, etnik köken, cinsiyet ve aile öyküsü gibi demografik ve genetik faktörlerin de PIF'nin gelişiminde etkili olduğu bildirilmiştir (16). Ek olarak, bel ağrısı şikâyeti taşıyan sporcuların %60'ının, herhangi bir evrede PD'yi barındırdığına dair veriler mevcuttur (30). Fraktür lokalizasyonunda bel ağrısı yaşayan bir sporcu için ağrının temel nedeni sıklıkla psödoartrozun neden olduğu sinovit, dolayısıyla inflamatuvar süreçlerdir; bu durum, bazı sporcuların kariyerlerinin erken sonlanmasına yol açabilecek ciddi bir klinik problem olarak karşımıza çıkmaktadır (25,26). PD olgularının büyük çoğunluğu bilateral defektlerle seyretmekte olup, bu defektlerin en sık L5 vertebraında yoğunlaştığı gözlemlenmektedir. Ancak, unilateral pars interartikularis fraktürü (UPIF) olguları tüm olguların yaklaşık %10'unu oluşturmakta ve bu olgularda L5 vertebraında terminal evre aşamasının saptanması sıkça rastlanan bir durumdur. Klinik uygulamada, hastalarda bel ağrısının genellikle şiddetli olmaması, radiküler ağrı semptomlarının eşlik etmemesi, suboptimal radyolojik tetkiklerin yapılması, klinik şüphenin yetersizliği ve kesitsel görüntülerde oluşan kısmi hacim artefaktlarının mevcut olması gibi etkenler, tanı sürecinde gecikmelere sebep olmaktadır (23,35).

Konservatif tedavi (KT) yöntemleri kapsamında, kemik füzyonu etkileyen en önemli faktörler arasında lezyonun evresi, hastanın yaşı ve bilateral olma durumunun bulunduğu öne sürülmektedir (9,11,34). Daha önce yapılan çalışmalar, sıklıkla profesyonel sporcularda veya bilateral PD'nin değerlendirilmesine odaklanmışken, bu çalışma komplet UPIF tespit edilen amatör futbolcuların KT sonuçlarını hem klinik hem de radyolojik açıdan değerlendirmektedir.

■ GEREÇ ve YÖNTEMLER

Bu çalışma, 2019 Kasım ile 2024 Temmuz tarihleri arasında elde edilen lomber bilgisayarlı tomografi (BT) görüntüleri temelinde retrospektif olarak yürütülmüştür. Araştırma kapsamında, alt ekstremitede nörolojik defisiti olmayan, kronik bel ağrısı bulunan ve aktif olarak amatör futbol oynayan erkek hastalar çalışmaya dahil edilmiştir. İncelenen hasta grubunda, inkomplet fraktür tespit edilen hastalar, tedavi protokolünden sapma gösterenler, takip verilerinin mevcut olmadığı bireyler, geçmişte lomber bölge operasyon öyküsü bulunan hastalar ve kontralateral pars interartikularisinde herhangi bir patolojik değişiklik saptanan hastalar çalışma dışı bırakılmıştır. Kemp testinde, her iki bacak üzerinde dik dururken, gövde lateral fleksiyon ve ekstansiyona getirilerek hastanın bel ağrısı değerlendirildi. Defektler, lomber sagittal BT görüntüleri kullanılarak Sairyo sınıflandırma sistemine (prelisis, erken evre, progresif, terminal) göre sınıflandırılmıştır (24). Ayrıca, hastaların lomber manyetik rezonans (MR) görüntüleri incelenirken vertebra seviyesi, pedikül etrafında gözlemlenen kemik iliği ödemi, spina bifida okülta (SBO) varlığının tespiti, karşı taraftaki pedikülden reaktif skleroz ve hipertrofi, ilgili vertebranın anterolistezisi, spinöz proçesin yönündeki sapma, faset dejenerasyonu ve disk patolojileri gibi parametreler değerlendirilmeye alınmıştır. SBO varlığı, bu çalışma kapsamında lomber omurga veya S1 bölgesinde nöral ark defekti olarak tanımlanmıştır. Spinöz çıkıntısının sapma durumu ise anteroposterior görünümde değerlendirilmiş ve etkilenen vertebranın spinöz çıkıntısının kaudal ucunun orta hattan hangi yöne saptığına bağlı olarak ipsilateral veya kontralateral olarak sınıflandırılmıştır. Hastalara daha sonra KT başlanmıştır. KT protokolü, futbol oynamanın geçici olarak durdurulması, medikal tedavi eklenmesi, düzenli fizik tedavi ve rehabilitasyon sürecinin başlatılması ve lomber korse kullanımını içermektedir. Tedavi sürecinde, kontrol MR görüntülemesi yapılarak pedikül çevresinde kemik iliği ödemi tespit edilirse, KT devam ettirilmiş; pedikül çevresinde normal sinyalin gözlemlenmesi durumunda ise tedavi sonlandırılmıştır. Hastalar, üç aylık aralıklarla kontrole çağırılmış ve her kontrolde

Oswestry Disability Index (ODI) skorları kaydedilmiştir. Ayrıca, füzyon veya psödoartrozu doğrulamak amacıyla BT görüntüleriyle değerlendirme yapılmıştır. Füzyon, PD'nin sagittal, koronal ve aksiyel düzlemlerde tamamen doldurulması olarak tanımlanmıştır. Bu kapsamda, hastaların füzyon oranları ve bel ağrıları retrospektif olarak incelenmiştir.

Çalışma İstinye Üniversitesi Etik Komitesi tarafından onaylandı (Onay No: 22/11/2024-212). Katılan tüm hastalardan yazılı bilgilendirilmiş onam alındı.

BULGULAR

Araştırmaya toplam 21 erkek hasta dahil edilmiştir. Hasta grubunun ortalama yaşı 24.48 (16-33) olarak saptanmıştır. İncelenen hastaların birinde iki seviyede olmak üzere toplam 22 UPIF tespit edilmiştir. Hastaların şikayetlerinin başlangıç tarihi, tanı konulmasından önce ortalama 7 aydır (2-16 ay). İncelenen hastaların 13'ünde (%62) daha önce lomber MR görüntülemesi yapılmış ancak tanı konulamamıştır. Fraktür tiplerine ilişkin dağılımda, 4 hastada progresif tip, 18 hastada ise (%82) terminal tip belirlenmiştir (Tablo I). Fraktür lokalizasyonu açısından, hastaların 15'inde (%68) sağ tarafta, 7 hastada ise sol tarafta fraktür saptanmıştır (Şekil 1). Spor aktivitesi sırasında hastaların 16'sında (%76) baskın olarak sağ ayak kullanılırken, olguların 17'sinde (%81) fraktür baskın kullanılan ayakla aynı tarafta lokalize edilmiştir. Vertebral seviyeler açısından, 1 hastada L2, 2 hastada L3, 4 hastada L4 ve 15 hastada (%68) L5 UPIF tespit edilmiştir. Sadece 1 hastada grade 1 spondilolistezis gözlemlenirken, hastaların 9'unda (%43) SBO saptanmıştır (Şekil 2). Pedikül etrafında kemik iliği ödemi bulunan hastaların 3'ünde (%75) 6. ay kontrolünde, 1 hastada ise 9. ay kontrolünde ödemin tamamen kaybolduğu gözlenmiştir (Şekil 3). Ayrıca, hastaların 13'ünde (%62) kontralateral pedikülde reaktif sklerozis, 12'sinde (%57) kontralateral spinöz proses deviasyonu ve 2 hastada ipsilateral deviasyon saptanmıştır (Şekil 4). Tedavi sürecinde, iki hastada kontralateral foraminal perinöral kist oluşumu gözlemlenmiştir (Şekil 5). İki hastada ise etkilenen taraftaki laminanın kontralateral tarafa göre nispeten daha kısa olduğu belirlenmiştir. Komşu segment disk dejenerasyonu 5 hastada (%24) ve faset eklem dejenerasyonu 8 hastada (%38) saptanmıştır. Olguların başvuru anında kaydedilen ortalama ODI skorları 41.2 iken, tedavi sonrasında bu skorların 8.4'e düştüğü tespit edilmiştir. Başvuru anında hastaların 17'sinde (%81) ekstansiyonda ağrı ve 19'unda (%90) Kemp testi pozitif bulunurken, tedavi sonrasında 3 hastada ekstansiyonda ağrı, 7 hastada ise Kemp testi pozitifliği devam etmesine rağmen, tüm hastaların genel şikayetlerinde belirgin bir gerileme sağlanmıştır. Tedavi sonrasında hiçbir hastada kemik füzyon gözlemlenmemiş, ancak hastaların 19'u (%90) amatör spor aktivitelerine geri dönmüştür.

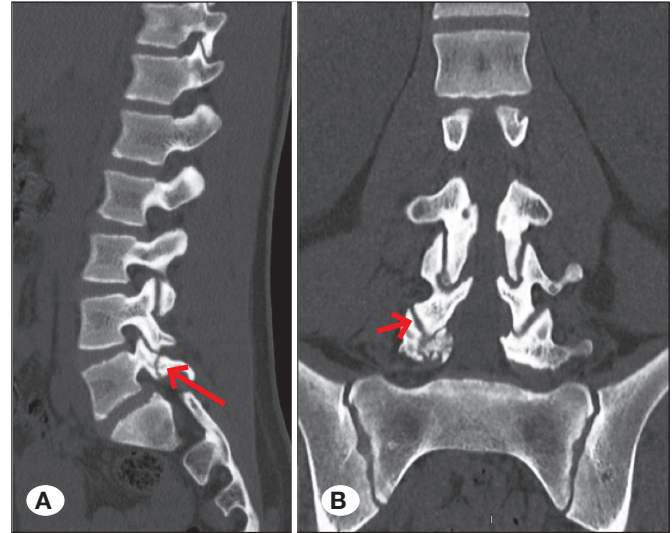
TARTIŞMA

UPIF, kronik ve tekrarlayan spor kaynaklı yaralanmaların ardından istmik bölgenin uzamasına bağlı olarak gelişen bir stres fraktürü olarak tanımlanır. Bu patolojik durum, özellikle asimetrik rotasyonel hareketlere maruz kalan spor dallarında, örneğin kriket, atma sporları, lomber ekstansiyon ve rotasyonlu atletizm, paraşütle atlama ve jimnastik gibi aktivitelerde daha sık

Tablo I: Hastaların Demografik ve Radyolojik Özellikleri

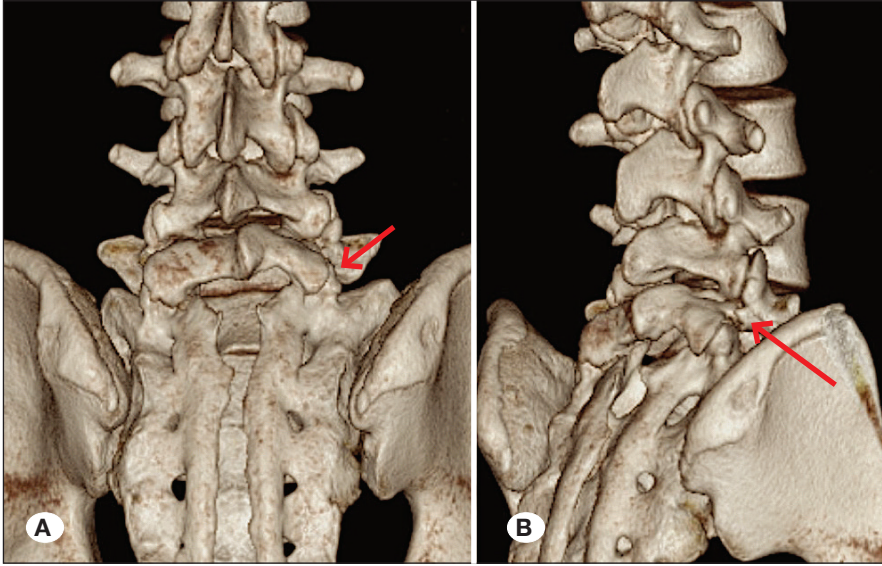
Özellik	Değer
Hasta sayısı	21
Yaş (yıl), ortalama (minimum-maksimum)	24.48 (16-34)
Fraktür sayısı, n	22
Fraktür lokalizasyonu (Sağ), n (%)	15 (68.0)
L5 tutulumu, n (%)	15 (68.0)
Baskın ayakla aynı tarafta fraktür, n (%)	17 (81.0)
Terminal tip, n (%)	18 (82.0)
Spina bifida okült, n (%)	9 (43.0)
Kontralateral pedikülde reaktif sklerozis, n (%)	13 (62.0)
Kontralateral spinöz proses deviasyonu, n (%)	12 (57.0)
Faset eklem dejenerasyonu, n (%)	8 (38.0)
Komşu segment disk dejenerasyonu, n (%)	5 (24.0)
ODI skoru (Tanı anında)	41.2
ODI skoru (Tedavi sonrası)	8.4
Kemp testi pozitifliği (Tanı anında), n (%)	19 (90.0)
Kemp testi pozitifliği (Tedavi sonrası), n (%)	7 (33.0)
Amatör spor aktivitelerine, n (%)	19 (90.0)
Kemik Füzyon	-

ODI: Oswestry disability index.



Şekil 1: Sağ L5 pars fraktürünün sagittal (A) ve koronal BT (B) görüntüsü.

gözlemlenmektedir (13,36). Unilateral spondilolizis kaynaklı mekanik bozulmanın karşı taraftaki yükü artırdığı ve karşı tarafta yeni bir spondilolizis oluşumuna yol açtığı düşünülmektedir. Bu nedenle, spondilolizise neden olmak için yalnızca hafif bir ek stresin yeterli olması muhtemeldir. Karşı tarafta terminal

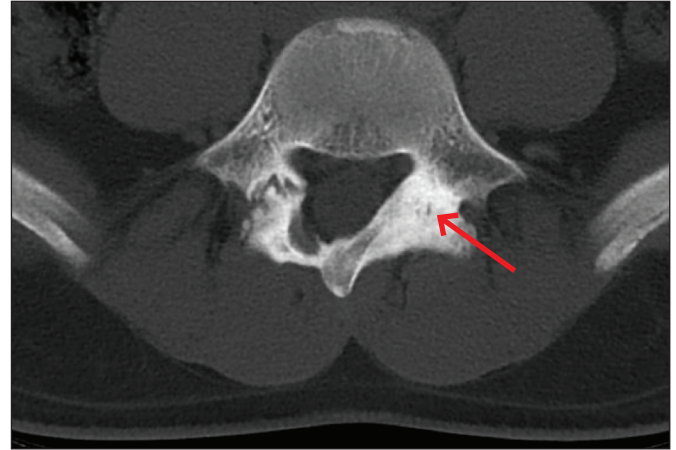


Şekil 2: Sol L5 pars fraktürü bulunan hastada spina bifida okültta, ipsilateral spinöz projes deviasyonu ve etkilenen tarafta laminanın daha kısa olduğu izlenmektedir (A). Oblik görüntüde, İskoç köpeği boynuna karşılık gelen bölgede fraktür hattı görülmektedir (B).



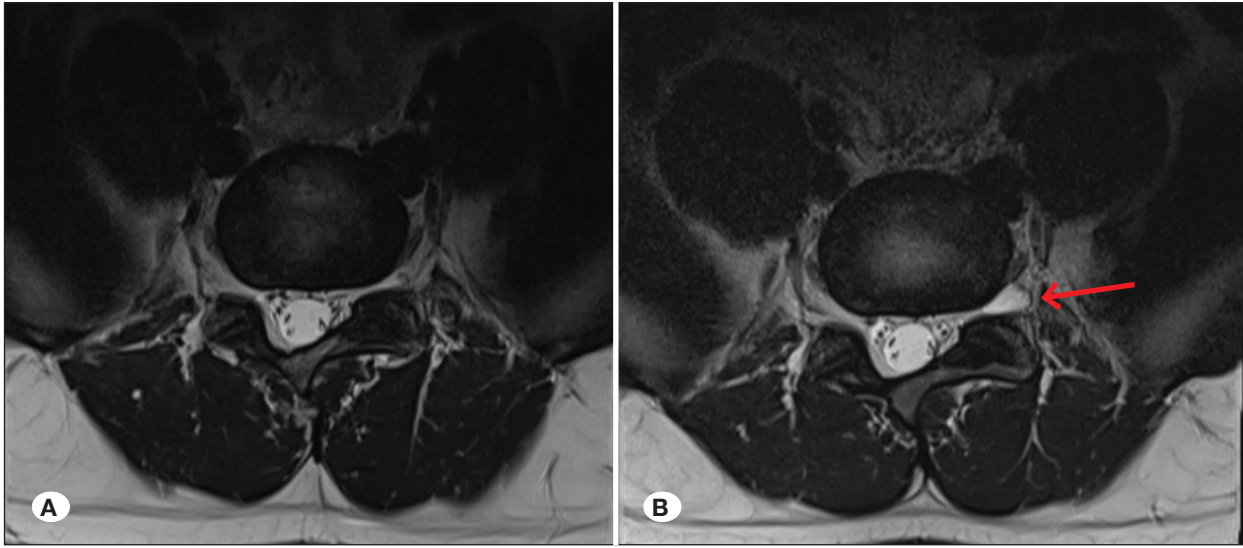
Şekil 3: Sol L3 ve L4 pars fraktürü tespit edilen hastanın sagittal MR kesitlerinde, pedikül ve pars interartikularis çevresinde ödem izlenmektedir.

evre spondilolizis mevcutken yeni akut spondilolizis oluşursa, bu asimetrik mekanik yükten kaynaklanır ve bu da pars interartikulariste stresin yoğunlaşmasına neden olur. PİF'nin radyolojik olarak dört sınıfa ayrılması, evrelerin klinik seyri ve tedavi stratejilerinin belirlenmesinde önemli bir parametre olarak kabul edilmektedir; en sık rastlanan tipin ise terminal evre olduğu vurgulanmaktadır. Terminal evreye ulaşan fraktürlerde, KT uygulanmasına rağmen, çoğunlukla kemik füzyonun göz-



Şekil 4: Aksiyel BT kesitlerinde kontralateral reaktif skleroz görünümü izlenmektedir.

lenmediği bildirilmiştir (24,25,29). Sys ve ark. ile Iwamoto ve ark.'nın yürüttüğü prospektif kohort çalışmalarında füzyonun sağlanamamasının kısa dönem sonuçları veya spora dönüşü olumsuz etkilemeyebileceği bildirilmiştir (14,31). Bu durum, füzyon olmadan oluşan fibröz doku ile defektin stabilize olmasına ve ağrının önlenmesine bağlı olabilir (6). Unilateral fraktürler, KT ile iyileşme olasılığı en yüksek olan lezyonlar olarak kabul edilmektedir, bunları sırasıyla bilateral lezyonlar ve pseudobilateral lezyonlar takip eder. Ancak bu farklı patolojiler spora dönüş üzerinde herhangi bir farklı etki yaratmamaktadır. 11 yıllık takip sonuçlarının bildirildiği çalışmada, KT uygulanan sporcuların yalnızca %22'sinin herhangi bir spor aktivitesinde kısıtlama yaşadığı bildirilmiştir (36). Çalışmamızda incelenen olgulardan %82'sinin terminal evrede olması ve hiçbir hastada kemik füzyonun saptanmamış olması, bu durumun literatürdeki bulgularla uyumlu olduğunu göstermektedir. Buna karşın, semptomların kontrol altına alınması ve hastaların %90'ının amatör spor aktivitelerine yeniden dönebilmesi, cerrahi müdahaleye gerek duyulmamasının yanı sıra KT yaklaşımının işlev-



Şekil 5: Aksiyel MR kesitlerinde, sağ L5 pars fraktürünün tanı anındaki görünümü (A) ve tedavi sonrası kontralateral foraminal perinöral kist oluşumu (B) izlenmektedir.

sel açıdan başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Sporcularda UPİF'nin ortaya çıkışında, hastanın dominant olarak kullandığı ayak ile fraktür lokalizasyonu arasında önemli bir ilişki olduğu bildirilmiştir (7). Sonuçlarımızda literatürle uyumlu olarak bu sonucu destekliyordu. UPİF insidansının genel popülasyonda, büyük çoğunluğu L5 vertebraında olmak üzere yaklaşık %2'den az olarak tahmin edilse de, radyolojik ve klinik olarak gözden kaçan lezyonlar dolayısıyla sıklığının aslında daha yüksek olabileceği öne sürülmektedir (2,23). Çalışmamızda yer alan hastaların %68'inde L5 vertebraının etkilenmiş olması, literatür bulgularıyla uyum içerisindedir. Ayrıca, olası risk faktörleri arasında aile öyküsü ve SBO gibi genetik ve anatomik faktörlerin bulunması, PD'nin ortaya çıkışında önemli rol oynadığına işaret etmektedir (11,34). SBO, genel popülasyonda yaygın rastlanan bir bulgu olmasına rağmen, özellikle L5 segmentinde PD ile ilişkili olduğu literatürde geniş bir şekilde tartışılmıştır (19,23). Çalışmamızdaki 9 hastada SBO mevcut olup olguların 8'inde defekt L5 vertebraındaydı. Lezyon seviyesinin (özellikle L5'in) patolojik evresi, fraktürler arasındaki kemik defekt miktarı, lomber lordoz açısının ölçümü, azalmış fleksibilite, kontralateral psödoartrozun varlığı ve kemik iliği ödemi bulunmasının füzyon başarısızlığı ile önemli ölçüde ilişkili olduğu rapor edilmiştir (7,11,25,28,34). Vertebral arkın kontralateral tarafında psödoartroz geliştiğinde, omurganın mekanik yük dağılımında belirgin artışlar meydana gelebilir ve bu durum kontralateral spondilolizis gelişimine zemin hazırlayabilir (18,25,26). Hastalığın evresine bağlı olarak, kemik füzyonu engelleyebilecek daha büyük bir kemik defektinin meydana gelmesi de, tedavi sürecinde önemli bir negatif faktör olarak değerlendirilmelidir (10,34). UPİF tespit edilen hastalarının, çoğu zaman asemptomatik seyretmesi veya erken evrelerde nonspesifik bel ağrısı semptomları yaşaması, tanıda gecikmelere neden olmaktadır. Tanı ve tedavi süreçlerinde zamanında müdahale yapılmaması durumunda hastaların yaklaşık %25'inde yaşam kalitesinde ciddi düşüşlere yol açabilmektedir (26,27,34). Çalışmamızda, tanı konulmasının şikâyet başlangı-

cından ortalama 7 ay sonra kesinleşmesi, erken evredeki hastaların tespit edilememiş olmasına işaret etmektedir ve bu durumun tanı sürecinde yaşanan gecikmelere bağlı olabileceği değerlendirilmiştir. UPİF'nin doğal seyrinde, fibroz doku ile iyileşme, komşu segment disk dejenerasyonu gibi uzun dönem komplikasyonlarla karşılaşılabilir. Spondilolistezi spondilolizisi olan hastalarda, spondilolizisi olmayan hastalara kıyasla daha sık ve daha şiddetli geliştiği gözlenmiştir. Fakat, UPİF'de nadiren spondilolistezi geliştiği ve prognozunun daha iyi olduğu gösterilmiştir. Spondilolizisin bel ağrısı olan genç yetişkinlerde asemptomatik bireylere kıyasla daha yaygın olduğunu bildirmiştir. Bu durum hastaların orta yaş dönemlerinde bel ağrısına sahip olma olasılığının daha yüksek olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte yapılan çalışmalarda UPİF'li hastaların hiçbirinde füzyon cerrahisi tespit edilmemiştir. Bu durumun hastaların çoğunun cerrahi tedavi gerektirecek semptomları olmamalarına işaret ettiği bildirilmiştir (2,27). Klinik ve biyomekanik çalışmalar, UPİF'nin zamanla BPIF'ye dönüşebileceğini ortaya koyarken, unilateral olgularda spondilolistezi görülme olasılığının oldukça düşük olduğu, bilateral olgularda ise bu oranın belirgin şekilde arttığı ifade edilmiştir. Merbs, 3 ila 8 mm arasında değişen spondilolistezi ile eşlik eden UPİF olguları bildirmiştir (19). Başka bir çalışmada ise, gerçek bir kaymanın olmamasına rağmen, radyografik olarak L5'in kamalaşması ve hipoplazisi ile ilişkili spondilolistezi görünümünün ortaya çıktığı bildirilmiştir (38). Çalışmamızda, yalnızca bir hastada grade 1 spondilolistezi saptanmış olması, unilateral spondilolizis olgularında spondilolistezi gelişiminin istisnai bir durum olduğunu göstermektedir. Klinik değerlendirme bulgularının genellikle nonspesifik olması nedeniyle, görüntüleme yöntemleri PD'nin tanısında temel rol oynamaktadır. Bununla birlikte, tanı için evrensel olarak kabul görmüş bir algoritmanın bulunmaması, çeşitli görüntüleme modalitelerinin birlikte kullanılmasını gerekli kılmaktadır. MR erken tanı aşamasında önemi bir parametre iken, farklı evreler arasındaki geçişlerin net olarak ayırt edilememesi gibi sınırla-

malar da mevcuttur. Diğer yandan, BT görüntülemesi aktif ve inaktif lezyonları güvenilir bir biçimde ayırt etmede yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle, KT takibi sırasında kemik iyileşmesini doğru bir şekilde tespit etmek amacıyla BT çekilmesinin gerekliliği vurgulanmıştır (26,34,38). MR bulgularının BT bulgularıyla birebir karşılaştırılabilir olmaması, takip sürecinde her iki görüntüleme yöntemiyle de değerlendirme yapılmasını zorunlu kılmıştır. Sairoyo ve ark., kronik bel ağrısı olan ve BT görüntülerinde patolojik bir bulgu saptanmayan hastalarda short tau inversion recovery (STIR) MR tekniğinin erken tanıda önemli bir gösterge olduğunu bildirmişlerdir. Serilerinde, 200 hastanın yaklaşık yarısında aktif PD kanıtı elde edilmiş olup, bu hastaların %70'inden fazlasında defektin erken evrede olduğu tespit edilmiştir (24). Çalışmamızda hastalarımıza geç evrede tanı konulmuş olması, STIR MR çekiminin erken tanı aşamasında önemini bir kez daha altını çizmiş, bu nedenle erken tanı kriterlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalara ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymuştur. Mevcut literatürde, UPIF'nin prognozunu BPİF'ye kıyasla daha iyi prognozlu olduğu düşüncesi hâkimdir (2,28). PİF'nin KT ile ağrı kontrolünün sağlanabildiği, ancak hastaların dinlenme süresini kısaltmak ve spora dönüşü hızlandırmak amacıyla cerrahi tedavinin ilk seçenek olarak önerilebileceği bildirilmektedir (34). Yapılan çalışmalar, KT sonrası ortalama 4 ay, cerrahi tedavi sonrası ise 8 ay civarında spora dönüş süresinin gözlemlendiğini öne sürerken, bazı çalışmalar her iki tedavi grubunda da benzer süreler bildirdiğini ifade etmektedir (22,29). UPIF'te şiddetli bel ağrısının nadiren olmasının nedeni, kontralateral tarafta kemik sürekliliğinin devam etmesi nedeniyle vertebral korpus ile lamina arasında instabilitenin oluşmamasıdır. Unilateral defektlerde, egzersiz geçici olarak durdurulsa bile, günlük yaşamdaki mikro hareketlerle kontralateral taraftaki stres artar ve füzyon sağlanmasını zorlaştırır. Ayrıca, UPIF'te psödoartroz sonrası kontralateral akut fraktür gelişip instabiliteye yol açabileceği ve şiddetli ağrıya neden olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle, KT sonrası psödoartroz gelişmiş hastalarda akut spondilolizis görüldüğünde, semptomlarda düzelmenin unilateral lezyonlara göre daha düşük olduğu hastalara bildirilmelidir (35). Bununla birlikte, spora dönüşte elde edilen başarı oranlarının detaylı şekilde rapor edilmediği görülmektedir. Çalışmamızda, hastaların profesyonel sporcu olmaması ve maruz kaldıkları kronik stresin sınırlı olması nedeniyle, KT metodunu tercih etmiş bulunmaktayız. Ayrıca, kemik iliği ödemi ile ilişkili akut UPIF olgularında, KT'nin ilk tercih olduğu vurgulanmıştır (7). Cerrahi endikasyonlar arasında 12 aylık KT'ye rağmen devam eden ağrı, nörolojik defisitler ve kötüleşen semptomatik spondilolistezis yer almaktadır. Cerrahi sonrası klinik sonuçları olumlu yönde etkileyebilecek faktörler arasında tek taraflı defektler ve genç hasta yaşı sayılmaktadır. KT ile iyileşme olasılığı en yüksek olan patolojinin UPIF olduğu bildirilmektedir (31). Profesyonel sporcuların %5'inde KT'de başarısız bildirilmiş ve cerrahi müdahale uygulanmıştır (36). Scheepers ve arkadaşlarının sistematik incelemesi, KT'ye yanıt vermeyen yetişkin sporcularda cerrahinin spora dönüşü sağladığını, ağrıyı azalttığını ve genel fonksiyonu iyileştirdiğini göstermiştir (29). Spinal füzyon, yüksek stabilite sağlamakla birlikte, intersegmental fiksasyon nedeniyle doğal hareket açıklığını kaybettirir ve komşu segment patolojileri gelişimi açısından yüksek risk taşır. Posterior lomber füzyon uygulanan hastaların %36'sı, ameliyattan sonraki

10 yıllık dönemde ek cerrahiye ihtiyaç duymuştur (12). Ayrıca spinal füzyonun, profesyonel sporcularda atletik seviyeye geri dönme olasılığını düşürdüğü ve uzun bir iyileşme süreci gerektirdiği mümkünse kaçınılması gereken bir seçenek olduğu bildirilmiştir (1). Kontralateral psödoartroz varlığının akut UPIF'nin kemik füzyon başarısızlığına (%80'e yakın) yol açabileceği gösterilmiştir (34). Fraktürün prelizis ve erken evrede olması ile kontralateral lezyonun bulunmaması, KT ile füzyon açısından en optimal durumu ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, kemik füzyonu olumsuz etkileyebilecek negatif faktörlerin mevcut olduğu durumlarda, kemik birleşimi oranını artırdığı, ağrıyı azalttığı ve fonksiyonel durumu iyileştirdiği bildirilen LIPUS (low-intensity pulsed ultrasound) uygulamasının, geleneksel KT'ye ek olarak bir seçenek olarak kullanılabileceği bildirilmiştir (3,32). KT'nin füzyonu sağlamada yetersiz kaldığı olgularda, oral ağrı kesiciler veya girişimsel ağrı enjeksiyonları ile ağrı kontrolünün sağlanabileceği ve psödoartroz gelişimi halinde füzyon cerrahisi kararının, hastanın yaşı ve yaptığı sporun seviyesi gibi faktörlere bağlı olarak değerlendirilmesi gerektiği vurgulanmıştır (10,11,17,21). Posterior lomber füzyon cerrahisinin dezavantajlarının ilgili segmentlerde hareket açıklığını kısıtlamayan ve normal anatomiyi yeniden sağlayan direkt pars tamiri ile büyük ölçüde önlenebileceği vurgulanmıştır. (33). Ancak, faset eklem artropatisi, belirgin dejeneratif disk hastalığı, eşlik eden spondilolistezis, alt ekstremitte semptomları, nörojenik kladikasyon olan hastalarda direkt tamir önerilmemektedir (37). Tüm yöntemler yüksek başarı oranlarına sahip olup, direkt pars tamiri ile tedavi edilen hastaların %84,33'ünde ve pedikül vida yöntemi ile tedavi edilen hastaların %80,1'inde olumlu klinik sonuç bildirilmiştir (20). Torakolumbosakral ortezlerin, lumbosakral ortezlere kıyasla teorik olarak daha fazla omurga stabilizasyonu ve kemik iyileşmesi sağladığı düşünülmekle birlikte, spora dönüş süresi açısından benzer sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir. Ayrıca, ortez tedavisi uygulanan PD olgularının yaklaşık yarısında kemik füzyonun sağlanabildiği bildirilmiştir (22). Bu nedenle, tüm hastalarımıza lumbosakral korse kullanımı önerildi. Fizik tedavi ve rehabilitasyonun ise, klinik sonuçları iyileştirdiği ve nüksleri önlemede önemli bir rol oynadığı literatürde geniş yer bulmaktadır (8). Bazı çalışmalarda, UPIF'ye kıyasla BPİF'de aşırı ekstansiyon stresinin uygulandığı, ayrıca fizik tedavi sürecinde BPİF'nin ekstansiyon stresine, UPIF'nin ise rotasyon stresine odaklanması gerektiği bildirilmiştir (18). Çalışmamız kapsamında uygulanan fizik tedavi, ortez kullanımı ve oral medikal tedavi, hastaların semptomlarının belirgin bir gerileme sağlamış ve fonksiyonel iyileşmeye katkıda bulunmuştur. Hem genel popülasyonda hem de sporcularda KT ile genellikle başarılı sonuçlar elde etmektedir. Lee ve arkadaşlarının yaptığı prospektif bir çalışmada, spondilolizis nedeniyle KT veya cerrahi uygulanan 145 genç hasta karşılaştırılmış ve 12 ay sonunda iki grup arasında bel ağrısı ve ODI skoru açısından anlamlı bir fark bulunmamıştır. (15). Benzer sonuçlar sporcularda da bildirilmiş olup, KT gören sporcularda başarı oranı %85, cerrahi tedavi edilen sporcularda ise %87,7 olarak tespit edilmiştir (4). Cerrahi ve KT gruplarının ODI skorları üzerindeki etkilerinin karşılaştırıldığı çalışmalarda, cerrahi grupta 32,7 puanlık, konservatif grupta ise 29,8 puanlık iyileşme bildirildiği gözlemlenmiş; ancak, cerrahi grubun başlangıçtaki ODI skorunun konservatif gruba oranla biraz daha yüksek olması, tedavi sonuçlarının yorumlanmasında dikkat

edilmesi gereken önemli bir nokta olarak vurgulanmıştır (7). Bu bağlamda, olgularımızın ODI skorlarında da benzer iyileşmelerin sağlandığı tespit edilmiştir. Çalışmamızın en önemli sınırlılıklarından biri, retrospektif tasarımın getirdiği sınırlamaların söz konusu olmasıdır. Verilerin geçmişe dönük olarak toplanması, hasta seçiminde ve veri doğruluğunda taraf tutma riskinin artmasına yol açmış olabilir. Bunun yanı sıra, çalışma yalnızca amatör futbol oynayan erkek hastaları kapsadığı için, cinsiyet ve spor branşı açısından elde edilen sonuçların genellebilirliği sınırlı kalmıştır. Ayrıca, çalışma örneklem büyüklüğünün nispeten düşük olması, istatistiksel güç ve sonuçların güvenilirliği açısından da önemli kısıtlamalar oluşturmaktadır. Bir diğer sınırlama ise, çalışmada bazı potansiyel etkileyici faktörlerin detaylı bir şekilde değerlendirilmemiş olmasıdır. Örneğin, hastaların boy, kilo, vücut kütle indeksi veya iş gücü kaybı gibi demografik ve fonksiyonel parametrelerinin incelenmemesi, tedavi sonuçlarını etkileyebilecek önemli değişkenlerin göz ardı edilmesine sebep olmuştur. Ayrıca, lomber omurga sagittal ve koronal dengesinin değerlendirilmemiş olması, spinal stabilite ve biyomekanik parametrelerin tedavi başarısı üzerindeki etkisinin tam olarak ortaya konulamamasına neden olmuştur.

■ SONUÇ

Bu çalışmada, UPIF bulunan amatör futbolcularda uygulanan KT yöntemlerinin, bel ağrısının azalması, fonksiyonel iyileşme ve spora dönüş açısından olumlu klinik sonuçlar sağladığı gözlemlenmiştir. Başlangıçta kaydedilen ortalama ODI skorumun 41.2 olması, tedavi süreci sonunda bu değer 8.4'e düşmesiyle birlikte, ağrı kontrolünün ve genel yaşam kalitesinin önemli ölçüde iyileştiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, tedavi sürecinde kemik füzyonun gözlemlenmemiş olması, konservatif yaklaşımın kemik iyileşmesi konusundaki sınırlı etkisini göstermekte; ancak, semptomların kontrol altına alınması ve hastaların spora yeniden adapte olabilmesi, uygulanan tedavi protokolünün işlevsel başarıya ulaşmada yeterli olduğunu kanıtlamaktadır. Literatürde, PD'nin psödoartroz hâline geldiği olgularda PİF'nin uzun vadeli prognozu hakkında sınırlı sayıda çalışma bulunması, özellikle genç yaşlarda PD tanısı konulan hastaların gelecekte ciddi lomber dejeneratif hastalıklar geliştirme riskine ilişkin belirsizlikleri artırmaktadır. Hastaların ilerleyen dönemlerde karşılaşılabilecekleri dejeneratif değişiklikler ve bu değişikliklerin klinik sonuçları hakkında net verilerin bulunmaması, tedavi planlaması ve hasta bilgilendirmesi süreçlerinde önemli bir belirsizlik yaratmaktadır. Bu bağlamda, PD'nin doğal seyrini ve uzun dönem sonuçlarını ortaya koyacak prospektif çalışmaların yapılması, literatürde sıklıkla vurgulanan ve gerekliliği belirlenen bir ihtiyaç olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte, PİF hastalarının çoğunlukla ergenlik döneminde tanı konulması, uzun dönem takip çalışmalarının uygulanmasında önemli zorluklara neden olmaktadır. Ergenlik döneminde başlayan hastalıkların, elli ya da altmış yıl gibi uzun süreli izlem gerektiren prospektif çalışmalarla değerlendirilmesi, hem metodolojik hem de lojistik açıdan güçlükler barındırmaktadır. Bu nedenle, mevcut literatürde elde edilen verilerin sınırlı olması, uzun vadeli prognoz ve dejeneratif değişikliklerin net bir şekilde tanımlanmasını zorlaştırmaktadır. Gelecekte, daha geniş hasta gruplarını kapsayan, uzun süreli ve metodolojik olarak titiz prospektif çalışmaların, PD'nin

uzun vadeli seyrini ortaya koymasında, hem klinik karar verme süreçlerini desteklemesi hem de hastaların gelecekte karşılaşılabilecekleri sorunlara yönelik daha sağlam temellere dayalı stratejilerin geliştirilmesinde önemli rol oynayacağı öngörülmektedir.

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

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

Çıkar Çatışması: Yazarların çıkar çatışması yoktur.

YAZAR KATKILARI

Çalışmanın fikri veya tasarımı: HK, ASA

Veri toplama: HK, ASA

Veri analizi ve yorumlama: HK, ASA

Makale taslağının hazırlanması: HK, ASA

Makalenin kritik revizyonu: HK, ASA

Diğer (çalışma denetimi, fonlar, materyal, vb.): HK, ASA

Tüm yazarlar (HK, ASA) sonuçları gözden geçirmiş ve makalenin son hâlini onaylamıştır.

■ KAYNAKLAR

1. Andrew C, Hecht ARV, Hsu W, Watkins RG, Dossett A: Spine and sports: A roundtable discussion. In: Hecht AC (ed). Spine Injuries in Athletes. LWW, 2017:278-284.
2. Aoki Y, Takahashi H, Nakajima A, Kubota G, Watanabe A, Nakajima T, Eguchi Y, Orita S, Fukuchi H, Yanagawa N, Nakagawa K, Ohtori S: Prevalence of lumbar spondylolysis and spondylolisthesis in patients with degenerative spinal disease. Sci Rep 10:6739, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63636-3>.
3. Arima H, Suzuki Y, Togawa D, Mihara Y, Murata H, Matsuyama Y: Low-intensity pulsed ultrasound is effective for progressive-stage lumbar spondylolysis with MRI high-signal change. Eur Spine J 26:3122-3128, 2017. <https://doi.org/10.1007/s00586-017-5081-z>.
4. Bouras T, Korovessis P: Management of spondylolysis and low-grade spondylolisthesis in fine athletes: A comprehensive review. Eur J Orthop Surg Traumatol 25:S167-S175, 2015. <https://doi.org/10.1007/s00590-014-1560-7>.
5. Choi JH, Ochoa JK, Lubinus A, Timon S, Lee YP, Bhatia NN: Management of lumbar spondylolysis in the adolescent athlete: A review of over 200 cases. Spine J 22:1628-1633, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2022.04.011>.
6. Ciullo JV, Jackson DW: Pars interarticularis stress reaction, spondylolysis, and spondylolisthesis in gymnasts. Clin Sports Med 1:95-110, 1985.
7. Debnath UK, Freeman BJ, Grevitt MP, Sithole J, Scammell BE, Webb JK: Clinical outcome of symptomatic unilateral stress injuries of the lumbar pars interarticularis. Spine 32:995-1000, 2007. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000260978.10073.90>.
8. El Rassi G, Takemitsu M, Glutting J, Shah SA: Effect of sports modification on clinical outcome in children and adolescent athletes with symptomatic lumbar spondylolysis. Am J Phys Med Rehabil 92:1070-1074, 2013. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e318296da7e>.

9. Eto F, Tatsumura M, Gamada H, Okuwaki S, Koda M, Yamazaki M: Bone healing in adolescents with bilateral L5 spondylolysis with and without preexisting contralateral terminal spondylolysis. *Asian Spine J* 15:747-752, 2021. <https://doi.org/10.31616/asj.2020.0309>.
10. Gamada H, Tatsumura M, Asai R, Okuwaki S, Funayama T, Yamazaki M: Main and contralateral side stages of lesion affected bone union in the conservative treatment of adolescent lumbar spondylolysis: A multivariable analysis of 217 patients and 298 lesions in a retrospective cohort study. *J Orthop Surg Res* 18:404, 2023. <https://doi.org/10.1186/s13018-023-03861-y>.
11. Gamada H, Tatsumura M, Okuwaki S, Koda M, Yamazaki M: Conservative treatment for lumbar spondylolysis in children of elementary school age. *J Clin Neurosci* 92:197-202, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2021.08.018>.
12. Ghiselli G, Wang JC, Bhatia NN, Hsu WK, Dawson EG: Adjacent segment degeneration in the lumbar spine. *J Bone Joint Surg Am* 86:1497-1503, 2004. <https://doi.org/10.2106/00004623-200407000-00020>.
13. Hollenberg GM, Beattie PF, Meyers SP, Weinberg EP, Adams MJ: Stress reactions of the lumbar pars interarticularis: The development of a new MRI classification system. *Spine* 27:181-186, 2002. <https://doi.org/10.1097/00007632-200201150-00012>.
14. Iwamoto J, Takeda T, Wakano K: Returning athletes with severe low back pain and spondylolysis to original sporting activities with conservative treatment. *Scand J Med Sci Sports* 14:346-351, 2004. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2004.00379.x>.
15. Lee GW, Lee SM, Ahn MW, Kim HJ, Yeom JS: Comparison of surgical treatment with direct repair versus conservative treatment in young patients with spondylolysis: A prospective, comparative, clinical trial. *Spine J* 15:1545-1553, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.spinee.2015.02.019>.
16. Lemoine T, Fournier J, Odent T, Sembély-Taveau C, Merenda P, Sirinelli D, Morel B: The prevalence of lumbar spondylolysis in young children: A retrospective analysis using CT. *Eur Spine J* 27:1067-1072, 2018. <https://doi.org/10.1007/s00586-017-5339-5>.
17. Li Y, Li H, Chang X, Hu Z, Mu X, Liu C, Gao X, Zhang Y, Zhou Y, Li C: Retrospective comparative study of pedicle screw fixation via quadrant retractor and Buck's technique in the treatment of adolescent spondylolysis. *Orthop Surg* 14:111-118, 2022. <https://doi.org/10.1111/os.13165>.
18. Matsuzawa K, Matsui T, Azuma Y, Miyazaki T, Hiramoto M, Hashimoto R, Kida N, Morihara T: Comparison of alignment and spondylolysis fracture angle in bilateral and unilateral spondylolysis. *PLoS One* 17(10):e0276337, 2022. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276337>.
19. Merbs CF: Asymmetrical spondylolysis. *Am J Phys Anthropol* 119:156-174, 2002. <https://doi.org/10.1002/ajpa.10100>.
20. Mohammed N, Patra DP, Narayan V, Savardekar AR, Dossani RH, Bollam P, Bir S, Nanda A: A comparison of the techniques of direct pars interarticularis repairs for spondylolysis and low-grade spondylolisthesis: A meta-analysis. *Neurosurg Focus* 44:E10, 2018. <https://doi.org/10.3171/2017.11.Focus17581>.
21. Omran K, Othman AM: Lumbar spondylolysis reconstruction-stabilization using a motion-preserving technique. *World Neurosurg* 154:e698-e706, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.07.124>.
22. Panteliadis P, Nagra NS, Edwards KL, Behrbalk E, Boszczyk B: Athletic population with spondylolysis: Review of outcomes following surgical repair or conservative management. *Glob Spine J* 6:615-625, 2016. <https://doi.org/10.1055/s-0036-1586743>.
23. Porter RW, Park W: Unilateral spondylolysis. *J Bone Joint Surg Br* 64:344-348, 1982. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.64B3.7096402>.
24. Sairyo K, Katoh S, Takata Y, Terai T, Yasui N, Goel VK, Masuda A, Vadapalli S, Biyani A, Ebraheim N: MRI signal changes of the pedicle as an indicator for early diagnosis of spondylolysis in children and adolescents: A clinical and biomechanical study. *Spine* 31:206-211, 2006. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000195161.60549.67>.
25. Sairyo K, Sakai T, Mase Y, Kon T, Shibuya I, Kanamori Y, Kosugi T, Dezawa A: Painful lumbar spondylolysis among pediatric sports players: A pilot MRI study. *Arch Orthop Trauma Surg* 131:1485-1489, 2011. <https://doi.org/10.1007/s00402-011-1336-z>.
26. Sairyo K, Sakai T, Yasui N: Conservative treatment of lumbar spondylolysis in childhood and adolescence: The radiological signs which predict healing. *J Bone Joint Surg Br* 91:206-209, 2009. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.91B2.21256>.
27. Sakai T, Goda Y, Tezuka F, Takata Y, Higashino K, Sato M, Mase Y, Nagamachi A, Sairyo K: Characteristics of lumbar spondylolysis in elementary school age children. *Eur Spine J* 25:602-606, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00586-015-4029-4>.
28. Sakai T, Sairyo K, Takao S, Nishitani H, Yasui N: Incidence of lumbar spondylolysis in the general population in Japan based on multidetector computed tomography scans from two thousand subjects. *Spine* 34:2346-2350, 2009. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e3181b4abbe>.
29. Scheepers MS, Streak Gomersall J, Munn Z: The effectiveness of surgical versus conservative treatment for symptomatic unilateral spondylolysis of the lumbar spine in athletes: A systematic review. *JBIS Database Syst Rev Implement Rep* 13:137-173, 2015. <https://doi.org/10.1112/jbisr-2015-1926>.
30. Sundell CG, Jonsson H, Ådin L, Larsén KH: Clinical examination, spondylolysis and adolescent athletes. *Int J Sports Med* 34:263-267, 2013. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1321723>.
31. Sys J, Michielsen J, Bracke P, Martens M, Verstreken J: Nonoperative treatment of active spondylolysis in elite athletes with normal X-ray findings: Literature review and results of conservative treatment. *Eur Spine J* 10:498-504, 2001. <https://doi.org/10.1007/s005860100326>.
32. Tanveer F, Arslan SA, Darain H, Ahmad A, Gilani SA, Hanif A: Effects of low-intensity pulsed ultrasound on pain and functional disability in patients with early-stage lumbar spondylolysis: A randomized controlled trial. *J Bodyw Mov Ther* 30:125-131, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2022.02.025>.

33. Tarpada SP, Kim D, Levine NL, Morris MT, Cho W: Comparing surgical treatments for spondylolysis: Review on current research. *Clin Spine Surg* 34:276-285, 2021. <https://doi.org/10.1097/bsd.0000000000001115>.
34. Tatsumura M, Gamada H, Okuwaki S, Eto F, Nagashima K, Ogawa T, Mammoto T, Hirano A, Koda M, Yamazaki M: Factors associated with failure of bony union after conservative treatment of acute cases of unilateral lumbar spondylolysis. *BMC Musculoskelet Disord* 22:75, 2021. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03940-9>.
35. Tatsumura M, Okuwaki S, Gamada H, Eto F, Nagashima K, Iwabuchi S, Ogawa T, Mammoto T, Hirano A: Characteristics of adolescent lumbar spondylolysis with acute unilateral fatigue fracture and contralateral pseudoarthrosis. *J Rural Med* 15:170-177, 2020. <https://doi.org/10.2185/jrm.2020-026>.
36. Tawfik S, Phan K, Mobbs RJ, Rao PJ: The incidence of pars interarticularis defects in athletes. *Glob Spine J* 10:89-101, 2020. <https://doi.org/10.1177/2192568218823695>.
37. Ulibarri JA, Anderson PA, Escarcega T, Mann D, Noonan KJ: Biomechanical and clinical evaluation of a novel technique for surgical repair of spondylolysis in adolescents. *Spine* 31:2067-2072, 2006. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000231777.24270.2b>.
38. Ulmer JL, Mathews VP, Elster AD, Mark LP, Daniels DL, Mueller W: MR imaging of lumbar spondylolysis: The importance of ancillary observations. *AJR Am J Roentgenol* 169:233-239, 1997. <https://doi.org/10.2214/ajr.169.1.9207531>.
39. Vernese LF, Chu SK: Spondylolysis: Assessment and treatment in youth athletes. *Curr Phys Med Rehabil Rep* 5:75-82, 2017. <https://doi.org/10.1007/s40141-017-0151-z>