



Ön çapraz bağ yaralanmalarının tedavisinde güncel literatür bilgileri

Current literature in the treatment of anterior cruciate ligament injuries

Vahdet Uçan, Anıl Pulatkan, Nurzat Elmalı

Bezmalem Vakıf Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, İstanbul

Ön çapraz bağ (ÖÇB) yaralanması spor cerrahisi ile ilgilenen ortopedi ve travmatoloji uzmanlarının en sık karşılaştıkları durumlardan birisidir. Teknolojinin hızla ilerlemesi, temel bilimlerdeki araştırmaların genişlemesi, cerrahi sırasında ÖÇB'nin korunmasına olan isteğin artması, biyolojik ajanların popülerize olması, ÖÇB yaralanmasını önlemeye yönelik ilginin artması gibi durumlar güncel literatürü şekillendirmektedir. Literatürdeki tüm bu çalışmaların amacı hastaları yaralanma öncesi durumlarına güvenli bir şekilde döndürebilmektir. Bu derlemede; güncel literatür taraması yapılarak ÖÇB yaralanmasının tedavisindeki yenilikler ve tartışılmalı konular gözden geçirilmiştir.

Anahtar sözcükler: ön çapraz bağ yaralanması; tedavi; güncel literatür; diz

Anterior cruciate ligament (ACL) injury is one of the most frequently encountered cases of ortho-pedists interested in sports surgery. Conditions such as the rapid advancement of technology, the expansion of research in basic sciences, the increase in the desire to preserve ACL during surgery, the popularity of biological agents, and the increased interest in preventing ACL injury are shaping the current literature. The purpose of all these studies in the literature is to return patients safely to their pre-injury status. In this review; by reviewing the current literature, innovations and controversial issues in the treatment of ACL injury were reviewed.

Key words: anterior cruciate ligament injury; treatment; current literature; knee

Ön çapraz bağ (ÖÇB) tibianın öne transasyonunu sınırlayan ve hem frontal hem de transvers planda dizin rotasyonel stabilitesini sağlayan yapıdır.^[1] ÖÇB yaralanması pivot tipi sportif aktivitelerdeki diz yaralanmalarının %64'ünü oluşturmaktadır ve yalnızca Amerika Birleşik Devletleri(ABD)'nde yılda yaklaşık 1,7 milyar dolar maliyetle 200.000 ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu (ÖÇBR) yapılmaktadır.^[2,3] ÖÇB, insan vücudunda en çok çalışılan anatomik yapılar arasındadır ve elde edilen çok sayıda biyomekanik, biyolojik ve klinik veri nedeniyle ilgili literatür sürekli güncellenmektedir. Bu yazıda alt başlıklar şeklinde ÖÇB yaralanması tedavisindeki güncel konular ele alınmıştır.

KONSERVATİF/CERRAHİ TEDAVİ

ÖÇB total yırtığında gerek erişkinlerde gerekse pediatik grupta konservatif tedavi, tekrarlayan instabilite, sekonder kıkırdak ve menisküs yaralanmalarına bağlı

hastaların çoğunda yaralanma öncesi aktivite seviyesine geri dönememe nedeniyle önerilmemektedir.^[4,5] Fakat uzun dönem sonuçları açısından konservatif tedavi ile cerrahi tedavi sonuçları hala tartışmalıdır. 2016 yılında yapılan *Cochrane* derlemesinde, yetişkin ÖÇB yaralanmasında fizik tedaviyle konservatif takip edilen hastalar ile rekonstrüksiyon yapılan hastaların karşılaştırıldığı randomize kontrollü çalışmalar değerlendirilmiştir.^[6] Sadece bir çalışmada, hastalar tarafından bildirilen subjektif diz skorlarında cerrahi ve konservatif tedavi arasında fark bulunmamıştır. Bu çalışmada akut ÖÇB yaralanması olan 59 hastaya yapılandırılmış bir rehabilitasyon programı uygulanırken 62 hastaya ise erken ÖÇBR yapılmış, iki ve beşinci yılın sonunda hastalar tarafından bildirilen subjektif diz skorunda her iki grupta benzer sonuçlar bildirilmiştir. Ancak bu çalışmada cerrahi yapılan grupta üç greftte yetersizlik varken, konservatif tedavi grubuna randomize edilen katılımcıların %39'una (59 hastanın 23 üne) ÖÇB kopmasından sonraki iki yıl içinde, %51'ine

(59 hastanın 30 una) ise beş yıl içinde devam eden diz instabilitesi nedeniyle ÖÇBR yapılmıştır.^[7] Bu çalışma sorunlu tasarım ve veri yorumlaması nedeniyle yüksek bias (ön yargı) içermektedir ve kanıt kalitesi düşük olarak değerlendirilmiştir.^[6] Gföller ve ark.'nın yapmış oldukları çalışmada, 20 yıldan uzun süre konservatif takip edilen 21 hastanın subjektif sonuçlarının iyi olduğu bildirilmiştir. Fakat bu hastaların hepsinde radyolojik olarak belirgin osteoartrit gelişmiştir.^[8]

Başka bir retrospektif çalışmada ise ÖÇB yırtığı sonrası konservatif veya cerrahi tedavi edilen 50 üst seviye sporcunun 20 yıllık sonuçları incelenmiştir. Cerrahi ve konservatif tedavi arasında diz osteoartriti açısından fark bulunamamıştır. Ameliyat grubunda diz stabilitesi daha iyi olmasına rağmen, uzun dönemde daha iyi subjektif ve objektif fonksiyonel sonuçlar elde edilememiştir.^[9] Sonuç olarak özellikle instabiliteyi önleme açısından ve erken-orta dönem iyi sonuçlar göz önüne alındığında cerrahi tedavinin konservatif tedaviye üstün olduğu kabul edilir.

KISMİ ÖN ÇAPRAZ BAĞ YIRTIKLARI

Kısmi yırtıkları konservatif mi takip edelim? Yırtık olan demeti tamir mi edelim? Sağlam ÖÇB kalınlığının korunması ile tek demet ÖÇBR mi yapalım? Tüm ÖÇB'yi debride edip standart ÖÇBR mi yapalım? Maalesef bu soruların literatürde net bir cevabı yoktur.

Kısmi ÖÇB yırtıkları yaklaşık 50 yıl önce tanımlanmıştır, ancak bu yaralanmalar için en uygun tedavi halen tartışılmaktadır. İzole ÖÇB yırtıklarının yaklaşık %10 ile %28'i kısmi ön çapraz bağ yırtığı şeklindedir.^[10] Kısmi yırtıkların önemli bir kısmı (%30–35) zaman içinde tam yırtığa dönüşmektedir. Hareketli temas sporlarına katılım ile 20 yaş ve altı, tam bir yırtığa dönüşüm için önemli risk faktörleri olarak belirlenmiştir.^[11,12] Tam bir ÖÇB yırtığının ise spontan iyileşme ve yeniden modelleme kapasitesi kötüdür.^[13] Barrack ve ark.'nın kısmi ve tam ÖÇB yırtıklarında konservatif tedavi sonuçlarını karşılaştırdıkları çalışmada; kısmi yırtıklarda daha iyi klinik skorlar ve daha az ÖÇBR gereksinimi bulmuşlardır.^[14] Giderek artan bilimsel kanıtlar kalan sağlam ÖÇB liflerinin korunmasının ve ilave tek demet rekonstrüksiyonu ile güçlendirmenin damarlanma, propriosepsiyon ve kinematik açıdan faydalı olduğunu göstermiştir.^[11–14] Ancak yayınlanmış çalışmaların çoğu sadece küçük bir hasta grubunu içermektedir ve seçici rekonstrüksiyon ile standart rekonstrüksiyonu karşılaştırmak için kontrol grubu olmayan çalışmalardır. Bununla birlikte, kısmi rekonstrüksiyonun klinik sonuçları umut vericidir ve komplikasyon oranı çok düşüktür.^[15] Literatürde kısmi yırtıkta tamir ile ilgili başarılı sonuçlar gösterilmiştir.^[16]

Propriosepsiyon, greftin iyileşmesi veya yeniden şekillenmesi ile ilgili sonuçları objektif olarak değerlendirmek ve bu yöntemlerin standart tekniklere göre avantajını göstermek için prospektif, randomize, çift kör çalışmalara ihtiyaç vardır.

TÜNEL POZİSYONU: NONANATOMİK/ANATOMİK?

Uygun olmayan tünel pozisyonu, ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu başarısızlığının en yaygın nedenlerinden biridir. Tünel yerleşimindeki küçük değişiklikler, sonuçta önemli farklılıklara neden olabilir. Geleneksel anatomik olmayan rekonstrüksiyonlarda gözlenen vertikal yönlendirilmiş greftler, sagittal düzlemde (anterior-posterior) stabiliteyi sağlasa da rotasyonel stabiliteyi sağlayamamaktadır.^[17]

Tünellerin anatomik yerleşimi diz stabilitesinin artmasına ve doğal diz kinematığının daha doğru bir şekilde yeniden oluşturulmasına yardımcı olur. Güncel eğilim, doğal fonksiyonel kinematığı yeniden oluşturmak için hem tibial hem de femoral doğal ÖÇB ayak izlerinin kullanıldığı anatomik rekonstrüksiyon yönündedir.^[18]

Anteromedial portal tekniği anatomik femoral tünel yerleşimi sağlar ancak diz hiperfleksiyonu ve asistan gereklidir. Yapılan son meta-analizde; anteromedial portal tekniğin, ameliyat sonrası stabilite ve dizde fonksiyonel iyileşme açısından transtibial teknikten daha üstün olduğunu göstermiştir.^[19] Daha vertikal ve yüksek femoral tünele neden olan transtibial tekniğin kullanımı günümüzde önemli ölçüde azalırken anteromedial portalden klavuz aracılığıyla yapılan anatomik teknik ön plana geçmiştir.^[20]

TEK VEYA ÇİFT DEMET?

Tek ile çift demet rekonstrüksiyonu karşılaştıran çalışmalarda hem anteromedial hem de posterolateral demetin rekonstrükte edildiği çift demet rekonstrüksiyonun biyomekanik olarak doğal ön çapraz bağa daha yakın olduğu gösterilmiştir.^[21,22] Bununla beraber 2012 *Cochrane* derlemesinde çift demet tekniğin bazı objektif ölçümlerde (KT-1000 skoru, yaralanma öncesi aktivite seviyesi vb.) tek demete göre üstün olduğu görülmüş olsa da diğer ölçümlerde (subjektif diz skoru, uzun dönem diz ağrısı, komplikasyonlar) tek demete göre göreceli üstünlüğü kanıtlanamamıştır.^[23]

Yine beş randomize kontrollü çalışmanın dahil edildiği bir derlemede; en az beş yıl takip edilen 294 hasta (150 çift demet, 144 tek demet) incelenmiş ve çift demet tekniğinin; diz stabilitesi, klinik fonksiyon, greft başarısızlık oranı, osteoartrit değişiklikleri ile ilgili sonuçlarda tek demet tekniğinden üstün olmadığı gösterilmiştir.^[24]

Özetle tek demet tekniğine göre üstünlüğü olmayan, revizyon cerrahisi son derece problemlili olan çift demet tekniği, şu an için popüleritesini yitirmiş durumdadır.

TESPİT TIPLERİ

Hem femoral hem tibial bir çok tespit materyali seçeneği mevcuttur ancak bu materyallerin birbirlerine üstünlüğü hakkında net bir fikir birliği yoktur. Tibor ve ark., greft fiksasyonu için birinci nesil biyolojik olarak emilebilen vidaların kullanımında bir azalma-ya karşılık biyokompozit fiksasyona doğru bir eğilim bildirmişlerdir.^[20]

Femoral kortikal tespitite kullanılan sabit (*fixed-loop devices*) veya ayarlanabilir (*adjustable-loop devices*) materyalleri karşılaştıran çalışmalarda her ne kadar sabit materyaller biyomekanik olarak üstün olsalar da klinik skorlar ve greft rerüptürü (tekrarlayan yırtığı) oranları iki grup arasında benzer bulunmuştur.^[25,26]

GREFT SEÇENEKLERİ

En sık kullanılan otogreftler; kemik patellar tendon kemik (BPTB), hamstring tendonu (HT) ve kuadriseps tendonudur (QT). ÖÇBR'de greft seçimi oldukça araştırılmış olmasına rağmen halen tartışılan bir konudur.^[27] Çalışmaların çoğunda farklı otogreft seçenekleri arasında başarısızlık oranı ve klinik skorlar açısından büyük bir fark olmadığını bildirmektedir.^[28] Hangi greft tipinin seçileceğine genellikle hastaya özgü faktörlere (yaş, iskelet gelişimi, revizyon cerrahisi gibi) göre karar verilir. HT, BPTB ile karşılaştırıldığında biraz daha yüksek bir rüptür oranına sahip olabilir (2,84'e karşı 2,80). Bununla birlikte, BPTB grefti ile yapılmış ÖÇBR'de kısa ve orta dönem takiplerde daha yüksek diz önu ağrısı bildirilmiştir. Uzun süreli izlemde durumun böyle olmadığı gösterilmiştir. Allogreftler 35 yaşın üzerindeki hastalarda ve revizyon ÖÇBR için uygun bir seçenektir; bununla birlikte, genç hastalarda re-rüptür oranı allogreftler ile önemli ölçüde artmaktadır.

Özellikle QT ile sanılanın aksine morbiditeyi etkilemeden HT'ye eşit veya daha iyi fonksiyonel sonuçların elde edildiği çalışmalar mevcuttur.^[29]

Otogreft ile ışınlanmış ve ışınlanmamış allogreftleri karşılaştıran bir meta-analizde; otogreftin fonksiyonel sonuçlar ve yan etkiler açısından ışınlanmış allogreftte göre üstünlüğü saptanmıştır. Fakat otogreft ile ışınlanmamış allogreftler arasında üstünlük saptanmamıştır.^[30]

Son yıllarda üzerinde durulan bir diğer konu ise HT greftinin ince olduğu durumlarda (<8 mm), HT otogreftine allogreft eklenerek hibrid bir greft oluşturulmasının sonuçları olumlu yönde etkileyip etkilemediğidir.

Bu konuda yapılan çalışmalarda net bir fikir birliği olmamakla beraber genel olarak iki grup arasında sonuçların farklı olmadığı gösterilmiştir.^[31,32]

Cerrah her greft tipinin biyomekanik özelliklerine hâkim olmalı, gerektiği zaman kendi rutininin dışına çıkıp farklı greftler alabilecek donanımda olmalıdır.

ÖN ÇAPRAZ BAĞ YIRTIKLARINDA PRİMER TAMİR

Son zamanlarda, doğal ÖÇB anatomisine, biyomekanik ve nöro-duyusal işlevine daha çok yaklaşabilmek adına ÖÇB tamirine artan bir ilgi vardır. İlginin bu yöne kaymasındaki nedenler; MRG kalitesinin artması, rejeneratif tıp ve doku mühendisliğindeki gelişmeler, artroskopik teknik ve enstrümantasyondaki ilerlemeler ve rehabilitasyonda erken mobilizasyonun öneminin daha iyi anlaşılması şeklinde sıralanabilir.^[33,34] ÖÇB tamiri için dört çeşit teknik tanımlanmıştır. Bunlar, dinamik *intra-ligament* stabilizasyon (DIS) (Ligamys®), köprü destekli onarım (BEAR), *internal brace* kullanımı ve *suture anchor* ile yeniden tespittir.^[35]

Genel olarak, primer ÖÇB tamiri; travmadan sonraki bir ayı geçmemiş, iyi doku kalitesine sahip proksimal yırtıklarda düşünülmelidir.^[36,37] Son yıllarda yapılan derlemelerde primer tamir ile ilgili bildirilen başarısızlık ve yeniden ameliyat oranları oldukça tutarsızdır. Bu nedenle halen ÖÇBR ile primer ÖÇB tamiri kıyaslandığında ÖÇBR, ÖÇB primer tamirine göre daha çok tercih edilmektedir.^[38-40]

ANTEROLATERAL LİGAMAN

Claes ve ark.'nın 2013 yılında anterolateral ligamanı (ALL) tanımlamasından sonra dizde eklem dışı anterolateral yumuşak doku yapıları olan dikkat artmıştır.^[41] Biyomekanik, klinik ve kadavra çalışmalarının çoğu; ALL'nin tibial transasyonu ve iç rotasyonu önlemedeki potansiyel rolünü ortaya koymuştur. Böylelikle bazı durumlarda ÖÇBR cerrahisinin tek başına dizin normal kinematikini sağlayamayacağını desteklemektedir.^[42-46]

Kesin kanıtları olmamakla beraber; ameliyat öncesi yüksek dereceli pivot kayması olan veya anatomik rekonstrüksiyonu takiben reziduel pivot kayması olan ÖÇB yaralanmalarında, alta yatan ciddi hiperlaksitesi olan genç aktif hastalarda, kontakt pivot sporlara dönüşecek sporcularda, Segond kırığı varlığında ve revizyon cerrahilerinde ALL akılda tutulmalıdır.^[45,47]

Anterolateral destek prosedürleri geleneksel lateral ekstra-artiküler tenodes ve modern ALL rekonstrüksiyonu şeklinde yapılmaktadır. Bu iki teknik ile ilgili yayınlanan yeni bir derlemede; lateral ekstra-artiküler

tenodez yapılan dizlerde daha fazla reziduel instabilite görüldüğü bununla beraber rotasyonel stabilite ve klinik sonuçların benzer olduğu vurgulanmıştır.^[48] ALL rekonstrüksiyonunun lateral ekstra-artiküler tenodeze göre daha fazla eklem hareket kısıtlılığına yol açtığını gösteren çalışmalar mevcut olsa da şu anki veriler ile bir tekniğin diğerine göre klinik üstünlüğü henüz kanıtlanmamıştır.^[49]

TAMİR VEYA REKONSTRÜKSİYONDA BİYOLOJİK AJANLAR

Hem ÖÇBR’de hem de kısmi yırtıkların konservatif tedavisinde biyolojik ajanlara artan ilgi mevcuttur. Bu çalışmalar iki maddeye odaklanmıştır: trombositten zengin plazma (PRP) ve mezenkimal kök hücreler.^[50]

PRP, ortopedide yoğun şekilde kullanılan bir ajan olmasına rağmen ÖÇB tamiri veya ÖÇBR üzerindeki rolü ve etkisi konusunda fikir birliği yoktur. Bununla birlikte, bir dizi çalışma PRP’nin zaman içinde greft olgunlaşmasını destekleyebileceğini düşündürmektedir, ancak bu halen tartışmalıdır ve bu bulguyu desteklemeyen çalışmalar da vardır.^[51,52] PRP’nin kemik-greft entegrasyonuna veya kemik tünelin genişlemesinin önlenmesine yönelik kanıtlanmış bir faydası yoktur.^[50] PRP’nin kısmi yırtıklarda kullanımı da halen tam olarak anlaşılabilir ve henüz yeterli çalışma yoktur. Son zamanlarda yapılan köpek araştırmaları, PRP’nin ağrıyı azaltabileceğini, fonksiyonu iyileştirebileceğini düşündürmektedir ve serum fizyolojik enjeksiyonuna kıyasla tamir sonrası histolojik muayenede azalmış sinovit oranları gösterilmiştir.^[53] Yapılan yeni bir derleme kanıt düzeyi Evre 1 olan çalışmaların; greft iyileşmesini arttırmak, donör bölge morbiditesini azaltmak, ameliyat sonrası ağrıyı azaltmak veya ÖÇBR’yi takiben fonksiyonel sonuçları iyileştirmek için PRP kullanımını desteklemediği göstermiştir.^[54]

Rejeneratif tıpta mezenkimal kök hücrelerinin kullanımına büyük ilgi gösterilmiştir. Ancak ÖÇB yaralanmalarının tedavisindeki rolleri oldukça tartışmalıdır ve iyi anlaşılabilir.

2014 yılında Silva ve ark.’nın yaptığı çalışma; erişkin kemik iliği kök hücrelerinin ÖÇBR’de greft-kemik iyileşmesini hızlandırdığını göstermiştir.^[55]

Birkaç çalışmada farklı dokulardaki mezenkimal kök hücrelerin karşılaştırmalı potansiyeli değerlendirilmiştir. 2017 yılında Cuti ve ark., *in vitro* olarak kas dokusundan elde edilen mezenkimal kök hücrelerin, kemik-tendon entegrasyonunu ve greft ligamentizasyonunu HT’nin kendisinden üretilmiş olanlara göre daha fazla destekleme kapasitesine sahip olduğu sonucuna varmıştır. Elde edilen HT otogreftinden kalan tüm kasları sıyırmak yerine, tendonda bırakılan bir

miktar kasın daha iyi greft olgunlaşması ve entegrasyonu sağlayabileceğini ileri sürmüşlerdir. Diğer bir çalışma HT’den üretilen kök hücreler ile hastanın kendi ön çapraz bağından üretilenlerin potansiyelini karşılaştırmıştır. Ön çapraz bağdan üretilen kök hücrelerin HT greftinden çok daha yüksek potansiyele sahip oldukları sonucuna varmışlardır. Bununla beraber dış uyaranların HT otogreftinin olgunlaşması ve daha normal ligamentöz özellik göstermesi için önemli olduğunu ileri sürmüşlerdir.^[56]

Unutulmamalı ki PRP ve kök hücrelerin kullanımını araştıran çalışmalar, değişken hasta biyolojisi, preparatı elde etme, hazırlama ve uygulama tekniklerinin heterojenliği açısından kısıtlamalara tabidir. Bununla birlikte, klinik çalışmalar sadece yakın zamanda mevcuttur ve göreceli olarak az sayıdadır. Kök hücrelerin ligament onarımı veya rekonstrüksiyonunda rutin kullanılabilmesi için kanıt düzeyi yüksek çalışmalara ihtiyaç vardır.

AMELİYAT ÖNCESİ VE SONRASI REHABİLİTASYON

ÖÇBR’nin zamanlaması rehabilitasyon sonuçlarını etkileyebilir, çünkü erken dönem ÖÇBR kuadriseps iyileşmesinde gecikme ve eklem hareket aralığında azalma ile ilişkilendirilmiştir. Birkaç çalışmada, gecikmiş rekonstrüksiyona (yaralanma sonrası 8.–21. günler) kıyasla erken ÖÇBR’de (yaralanma sonrası 0–7. gün) kuadriseps mukavemetinin yanı sıra terminal diz ekstansiyonunda önemli derecede kayıp olduğunu göstermektedir.^[11] Ameliyat öncesi rehabilitasyon, kuadriseps kuvvetinin ve diz hareket açıklığının korunmasına odaklanmalıdır, çünkü bu parametrelerin her ikisinde de bulunan eksikler daha zayıf fonksiyonel sonuçlarla ilişkilidir.^[57]

ÖÇB yaralanmalarının yapılandırılmış rehabilitasyonu, ister rekonstrüksiyonla, ister sadece rehabilitasyon ile konservatif tedavi edilmiş olan hastalar için benzerdir. Genel olarak rehabilitasyon programları arasında kriyoterapi (buz), yerçekimi destekli hareket veya sürekli pasif hareket (bir makine ile sürekli mekanik hareket), koruyucu destek, elektrik nöromüsküler stimülasyon ve güçlendirmeyi amaçlayan egzersizler (yani izometrik, izotonik ve izokinetik) bulunur.^[6] Konservatif veya cerrahi müdahalenin bir bileşeni olarak kullanılan rehabilitasyonda tipik olarak akut, iyileşme ve fonksiyonel fazlardan oluşan üç aşamalı bir program kullanılır. Akut aşama hem akut yaralanmayı takiben hem de ameliyat sonrasında hemen uygulanır ve hareket aralığını eski haline getirmeyi, kuadriseps gücünü korumayı ve enflamasyonu azaltmayı amaçlar. İyileşme aşaması, alt ekstremitte kas kuvvetini ve fonksiyonel stabiliteyi

iyileştirmek amacıyla uygulanır ve tipik olarak 3–6 hafta sürer. Fonksiyonel evre genellikle yaralanma sonrası veya ameliyat sonrası 6. haftada başlar ve hastayı önceki aktivite düzeylerine geri döndürmeye yöneliktir. Fonksiyonel evre, yeniden yaralanma riskini azaltma çabalarını da içermelidir.^[6]

Rehabilitasyon tipik olarak bu üç fazlı programı takip etse de, en etkili rehabilitasyon protokolü hakkında çok az fikir birliği vardır. Benzer şekilde, spora geri dönüş için kabul edilebilir zaman çerçevesi konusunda net bir fikir birliği yoktur. Spora geri dönüşte acele edilmesi, artmış greft yetmezliği riski ve kontralateral ÖÇB yaralanması ile ilişkilendirilmiştir.^[3] Bu nedenle, son eğilimler, 8–12 ay veya daha uzun sürede spora geri dönüş olacağını dikkate alan yavaşlatılmış bir rehabilitasyon protokolünü desteklemektedir.^[10]

Standartlaştırılmış bir spora geri dönüş protokolü mevcut olmasa da, çalışmalar bir sporcu için belirli klinik kriterleri karşıladığında spora geri dönüşün güvenli olduğunu göstermektedir;

Bu kriterler:

1. Ameliyat süresi (8 ila 12+ ay)
2. Ağrı ve efüzyon yokluğu
3. Kontralateral (karşı) uzuvla karşılaştırılabilir diz hareket aralığı
4. Negatif Lachman veya pivot kayma testi
5. Kontralateral ekstremiteye göre >%85–90 oranında atlama testi performansı
6. Dinamik valgus olmadan düşey-dikey zıplama gibi zıplama ve iniş görevleri

Üzerinde yoğunlaşılan bir diğer konu ise kan akışının kısıtlanarak (*blood flow restriction*) yapıldığı rehabilitasyon programıdır. Bu programda ekstremiteye turnike uygulaması ile arteriyel kan girişi korunurken venöz çıkış kısıtlanır. Böylece düşük dirençli egzersizler sırasında kas hücrelerine oksijen iletimi azalır. İndüklenen anaerobik ortamın protein sentezini artırarak kas hipertrofisine sebep olduğu bildirilmiştir.^[58]

Bu konu ile standardize edilmiş ve uzun süreli takiplerin olduğu klinik çalışmalara ihtiyaç vardır.^[59]

REVİZYON ÖN ÇAPRAZ BAĞ REKONSTRÜKSİYONU

Yetişkinler için %14'e ve 18 yaşın altındaki erkekler için %28'e varan başarısızlık oranları bildirildiği için bireyi ÖÇB yaralanmasına yatkın hale getiren faktörleri anlamak zorunludur.^[60]

Schilaty ve ark. 20 yıllık bir süre içinde, bireylerin %6'sında ikinci bir ÖÇB rüptürü olduğunu ve bunların

%67'sinin kontralateral dizde olduğunu göstermiştir. Ayrıca 20 yaşın altındaki kadınlarda daha yüksek başarısızlık oranlarının daha sıklıkla HT otogreftinin kullanımıyla ilişkili olduğunu bildirmiştir.^[61]

Ho ve ark. 12 yıllık çalışma sürelerinde pediatrik/ergen popülasyonunda %9,6 başarısızlık oranı ve %8 kontralateral ÖÇB rüptürü oranı bildirmiştir. BPTB greftlerinin en düşük başarısızlık oranına sahip olduğunu ve greft seçiminin çok değişkenli analizde başarısızlığın en güçlü belirleyicisi olduğunu bildirmişlerdir.^[62]

Birden fazla çalışma, artmış yaşın revizyon ÖÇBR'ye karşı koruyucu bir faktör olduğunu ve primer ÖÇBR ile revizyon ÖÇBR arasındaki ortalama sürenin literatürde 1,5 ile 3,5 yıl arasında değiştiğini bildirmiştir.^[63,64] Allo greft kullanıldığında artmış greft ışınlaması (>1,8 Mrad) gibi bazı greft işleme teknikleri ile daha yüksek revizyon oranları bildirilmiştir.^[65]

ÖÇBR sırasında eşzamanlı menisküs lezyonları, meniskokapsüler ayrışmalar ve anormal kemik morfolojisinin varlığı da önemlidir. Parkinson ve ark., menisküs lezyonlarının (medial>lateral) tek demet anatomik ÖÇBR'de greft yetmezliği ile ilişkili en önemli risk faktörü olduğunu, anatomik olmayan femoral tünel yerleşiminin ve genç hasta yaşının başarısızlık için ek risk faktörleri olduğunu saptamıştır.^[66]

Artmış lateral tibial posterior eğim (LPTE), bir dizi çalışmada ÖÇB rüptürüne yatkınlıkla ilişkilendirilmiştir. Christensen ve ark., LPTE ile revizyon oranlarının artması arasında bir ilişki olduğunu bildirmiş, erken başarısızlık grubunda LPTE ortalamasının 8,4° iken kontrol gruplarında 6,5° olduğunu göstermiştir. Rüptür oranlarının LPTE derecesi ile doğrudan ilişkili olduğunu ve bunun istatistiksel olarak anlamlı olduğunu bildirmişlerdir.^[67] Arun ve ark. LPTE'yi azaltmak için ÖÇBR sırasında 5° üstü düzeltme uygulanan bireylerde anlamlı olarak daha iyi fonksiyonel skorlar elde etmişlerdir.^[68] Ancak Dean ve ark., açık kama proksimal tibial osteotomi kullanımının, posteromedial olarak yerleştirilen anterior açılı osteotomi plağı ile birlikte sagittal tibial eğimi azaltmada başarısız olduğunu bildirmiştir. Mevcut osteotomi plaklarının tasarım ve tekniklerinin sagittal düzlem tibial eğimi azaltmada etkili olmadığı sonucuna varmışlardır.^[69]

Galla ve ark. yapmış oldukları retrospektif çalışmada; genç yaşın (<21) sonraki (revizyon veya kontralateral) ÖÇBR için en büyük risk faktörü olduğunu bulmuştur. Ayrıca, erişkin hastalarda çalışanların tazminat beklentisinin sonraki (revizyon veya kontralateral) ÖÇBR için bağımsız bir risk faktörü olduğunu göstermişlerdir.^[70]

Liechti ve ark. tarafından yapılan sistematik bir derleme, tekrar revizyon vakalarında görülen menisküs ve kıkırdak patolojileri gibi ek durumların primer

vakalara göre daha yüksek oranda olduğunu göstermiştir. ÖÇB yaralanması tedavisinde başarısızlık riskini ve sonraki revizyon oranlarını en aza indirmek için eşlik eden patolojileri göz ardı etmemek gerektiğini vurgulamışlardır.^[60]

2020 yılındaki derlemelerden biri olan Rahardja ve ark.'nın çalışmasında genç yaşın revizyon riskini arttıran en önemli risk faktörü olduğu bildirilmiştir. Cinsiyet, vücut kitle endeksi, etnik köken, eşlik eden yaralanmalar ve yapılan sporun çeşidi diğer risk faktörleri olarak sıralanmıştır.^[71]

Son olarak unutulmaması gereken bir diğer konu ise rehabilitasyon sürecinde sağlam dizin göz ardı edilmesidir. Öyle ki Grassi ve ark., çok güncel çalışmalarında 10 yıl takip ettikleri hastaların %10,7'sinde ameliyat olan taraflarında tekrar bir yaralanma gerçekleştiğini göstermişlerdir. Ayrıca bu hastaların karşı dizlerinde ÖÇBR riski aynı taraf ÖÇBR revizyonu riskine göre daha fazladır. Özellikle genç ve aktif hastalarda bu risk %40'a kadar ulaşmıştır.^[72]

Tekrar revizyon vakaları henüz iyi dökümanete edilememiştir ve çoklu revizyonlar için risk faktörleri tam olarak anlaşılammıştır. Hastaları ameliyat öncesi olası riskler hakkında bilgilendirirken re-rüptür konusunda da uyararak gerekmektedir.

ÖN ÇAPRAZ BAĞ YARALANMASINI KORUYUCU YÖNTEMLER

Son çalışmalar sadece ÖÇB yaralanması için anatomik ve biyomekanik risk faktörlerini daha iyi anlamakla kalmayıp, aynı zamanda değiştirilebilir risk faktörlerini de incelemeyi amaçlamıştır.

Nöromüsküler kontrolün yaralanma riskinde önemli bir rol oynadığı düşünülmektedir ve en çok değiştirilebilir risk faktörü olarak tanımlanmıştır. Hewett ve ark. ÖÇB yaralanma riskinin arttığı dört nöromüsküler dengesizlik tespit etmişlerdir: bağ hakimiyeti, kuadriseps hakimiyeti, bacak hakimiyeti ve gövde hakimiyeti.^[73] Alt ekstremitede artmış dinamik valgus pozisyonu ve abduksiyon yükleri, kadın atletlerde artmış ÖÇB yaralanması riski ile ilişkilendirilmiştir. Kadınlarda nöromüsküler antrenmanın, laboratuvar ortamında dinamik diz stabilitesini arttırdığı gösterilmiştir ve kadın atletlerde non-kontakt ÖÇB yaralanması insidansını azaltmaktadır.^[74]

Nöromüsküler antrenman, ÖÇB'yi performans sırasında yüksek yüklerden korur.^[73]

Gluteal kaslar ve hamstringler gibi posterior zincir kas grubunun güçlendirilmesine vurgu yapılarak, frontal düzlem hareketinin ve nöromüsküler kontrolün geliştirilerek ÖÇB'ye olan yükün azaltılabileceği bildirilmiştir.^[75]

Tarama ve önleme programlarının kullanımı için bir dizi seçenek mevcuttur, ancak tipik hareket görüntüleme sistemleri pahalıdır ve birden fazla kamera ve/veya çoklu işaretleyici kullanılmasını gerektirir. Bu sorunun potansiyel bir çözümü, nispeten daha az pahalı olan ve çalışma konularına işaretçilerin yerleştirilmesini gerektirmeyen Microsoft Kinect SDK'nin kullanılmasıdır.^[76,77]

2014 yılında Gray ve ark., Kinect hareket yakalama sistemi ile “altın standart” Vicon sistemi arasında mükemmel korelasyon değerleri bulmuştur. 2016 yılında daha büyük ölçekli bir modelde Sherman ve ark., 180 sağlıklı lise sporcusunu değerlendirmişlerdir. Sistemin güvenli, verimli (1,5 dk/atlet değerlendirmesi) ve sporcuyu ÖÇB yaralanması riskine sokan bir pozisyon olan düşey dikey sıçrama testi sırasında dinamik valgus tespitinde etkili olabileceği sonucuna varmışlardır.^[77] Birden fazla çalışma, Kinect sisteminin, ÖÇB yaralanması riski taşıyan bireyleri tanımlamak için dinamik tarama ve hedefli müdahale için mümkün olduğunu göstermiştir.^[76,77]

Gelecekteki araştırmalar, yüksek riskli sporcuların daha iyi tanımlanmasını ve uyarlanmış müdahalelerin geliştirilmesine izin vermek için değiştirilebilir risk faktörlerinin ve patolojik biyomekanikğin daha hassas ve verimli bir şekilde taranmasını amaçlamalıdır.

SONUÇ

ÖÇB yaralanmalarının tedavisi sürekli kendini güncelleyen ve gelişen bir alandır. Çeşitli dönemlerde farklı yaklaşımlar popülerize olabilmektedir. Zamanla doğal diz kinematığı, ligaman iyileşmesinin temeli ve ÖÇB cerrahisindeki başarısızlığının başlıca nedenleri daha iyi anlaşılacaktır. Bununla beraber cerrahi tekniklerin ilerlemesi ve yaralanma önleyici sistemlerin gelişmesiyle birlikte tedavi stratejileri değişebilecektir. Değişmeyecek tek şey ÖÇB'nin her yönüyle spor ortopedistlerinin hayatlarının bir parçası olacağıdır.

KAYNAKLAR

1. Kiapour AM, Murray MM. Basic science of anterior cruciate ligament injury and repair. *Bone Joint Res* 2014;3(2):20-31. [Crossref](#)
2. Kim S, Bosque J, Meehan JP, Jamali A, Marder R. Increase in outpatient knee arthroscopy in the United States: a comparison of National Surveys of Ambulatory Surgery, 1996 and 2006. *J Bone Joint Surg Am* 2011;93(11):994-1000. [Crossref](#)
3. Ellman MB, Sherman SL, Forsythe B, LaPrade RF, Cole BJ, Bach BR Jr. Return to play following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Am Acad Orthop Surg* 2015;23(5):283-96. [Crossref](#)
4. Atarod M, Frank CB, Shrive NG. Increased meniscal loading after anterior cruciate ligament transection in vivo: a longitudinal study in sheep. *Knee* 2015;22(1):11-7. [Crossref](#)

5. Ajuied A, Wong F, Smith C, Norris M, Earnshaw P, Back D, Davies A. Anterior cruciate ligament injury and radiologic progression of knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med* 2014;42(9):2242-52. [Crossref](#)
6. Monk AP, Davies LJ, Hopewell S, Harris K, Beard DJ, Price AJ. Surgical versus conservative interventions for treating anterior cruciate ligament injuries. *Cochrane Database Syst Rev* 2016;4:CD011166. [Crossref](#)
7. Frobell RB, Roos HP, Roos EM, Roemer FW, Ranstam J, Lohmander LS. Treatment for acute anterior cruciate ligament tear: five year outcome of randomised trial. *BMJ* 2013;346(1):f232. [Crossref](#)
8. Gföller P, Abermann E, Runer A, Hoser C, Pflüglmayer M, Wierer G, Fink C. Non-operative treatment of ACL injury is associated with opposing subjective and objective outcomes over 20 years of follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2019;27(8):2665-71. [Crossref](#)
9. van Yperen DT, Reijman M, van Es EM, Bierma-Zeinstra SMA, Meuffels DE. Twenty-Year Follow-up Study Comparing Operative Versus Nonoperative Treatment of Anterior Cruciate Ligament Ruptures in High-Level Athletes. *Am J Sports Med* 2018;46(5):1129-36. [Crossref](#)
10. Temponi EF, de Carvalho Júnior LH, Sonnery-Cottet B, Chambat P. Partial tearing of the anterior cruciate ligament: diagnosis and treatment. *Rev Bras Ortop* 2015;50(1):9-15. [Crossref](#)
11. Colombet P, Dejour D, Panisset JC, Siebold R; French Arthroscopy Society. Current concept of partial anterior cruciate ligament ruptures. *Orthop Traumatol Surg Res* 2010;96(8 Suppl):S109-18. [Crossref](#)
12. Fayard JM, Sonnery-Cottet B, Vrgoc G, O'Loughlin P, de Mont Marin GD, Freychet B, Vieira TD, Thauinat M. Incidence and Risk Factors for a Partial Anterior Cruciate Ligament Tear Progressing to a Complete Tear After Nonoperative Treatment in Patients Younger Than 30 Years. *Orthop J Sports Med* 2019;7(7):2325967119856624. [Crossref](#)
13. Costa-Paz M, Ayerza MA, Tanoira I, Astoul J, Muscolo DL. Spontaneous healing in complete ACL ruptures: a clinical and MRI study. *Clin Orthop Relat Res* 2012;470(4):979-85. [Crossref](#)
14. Barrack RL, Buckley SL, Bruckner JD, Kneisl JS, Alexander AH. Partial versus complete acute anterior cruciate ligament tears. The results of nonoperative treatment. *J Bone Joint Surg Br* 1990;72-B(4):622-4. [Crossref](#)
15. Buda R, Baldassarri M, Perazzo L, Ghinelli D, Faldini C. The biological respect of the posterolateral bundle in ACL partial injuries. Retrospective analysis of 2 different surgical management of ACL partial tear in a population of high-demanding sport patients. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2019;29(3):651-8. [Crossref](#)
16. Gipsman AM, Trasolini N, Hatch GFR 3rd. Primary Anterior Cruciate Ligament Single-Bundle Repair With Augmentation for a Partial Anterior Cruciate Ligament Tear. *Arthrosc Tech* 2018;7(4):e367-72. [Crossref](#)
17. Araujo PH, Asai S, Pinto M, Protta T, Middleton K, Linde-Rosen M, Irrgang J, Smolinski P, Fu FH. ACL Graft Position Affects in Situ Graft Force Following ACL Reconstruction. *J Bone Joint Surg Am* 2015;97(21):1767-73. [Crossref](#)
18. Stannard JP, Sherman SL, Cook JL. Soft tissues about the knee. In: Grauer JN, editor. *AAOS Orthopaedic Knowledge Update 12, Chp. 36*; 2017. pp.1-13.
19. Chen H, Tie K, Qi Y, Li B, Chen B, Chen L. Anteromedial versus transtibial technique in single-bundle autologous hamstring ACL reconstruction: a meta-analysis of prospective randomized controlled trials. *J Orthop Surg Res* 2017;12(1):167. [Crossref](#)
20. Tibor L, Chan PH, Funahashi TT, Wyatt R, Maletis GB, Inacio MC. Surgical Technique Trends in Primary ACL Reconstruction from 2007 to 2014. *J Bone Joint Surg Am* 2016;98(13):1079-89. [Crossref](#)
21. Paschos NK, Howell SM. Anterior cruciate ligament reconstruction: principles of treatment. *EFORT Open Rev* 2017;1(11):398-408. [Crossref](#)
22. Fu FH, Jordan SS. The lateral intercondylar ridge --a key to anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89(10):2103-4. [Crossref](#)
23. Tiamklang T, Sumanont S, Foocharoen T, Laopaiboon M. Double-bundle versus single-bundle reconstruction for anterior cruciate ligament rupture in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2012;11:CD008413. [Crossref](#)
24. Chen H, Chen B, Tie K, Fu Z, Chen L. Single-bundle versus double-bundle autologous anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis of randomized controlled trials at 5-year minimum follow-up. *J Orthop Surg Res* 2018;13(1):50. [Crossref](#)
25. Onggo JR, Nambiar M, Pai V. Fixed- Versus Adjustable-Loop Devices for Femoral Fixation in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *Arthroscopy* 2019;35(8):2484-98. [Crossref](#)
26. Houck DA, Kraeutler MJ, McCarty EC, Bravman JT. Fixed-Versus Adjustable-Loop Femoral Cortical Suspension Devices for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-analysis of Biomechanical Studies. *Orthop J Sports Med* 2018;6(10):2325967118801762. [Crossref](#)
27. Duchman KR, Lynch TS, Spindler KP. Graft Selection in Anterior Cruciate Ligament Surgery: Who gets What and Why? *Clin Sports Med* 2017;36(1):25-33. [Crossref](#)
28. Widner M, Dunleavy M, Lynch S. Outcomes Following ACL Reconstruction Based on Graft Type: Are all Grafts Equivalent? *Curr Rev Musculoskelet Med* 2019;12(4):460-5. [Crossref](#)
29. Cavaignac E, Coulin B, Tscholl P, Nik Mohd Fatmy N, Duthon V, Menetrey J. Is Quadriceps Tendon Autograft a Better Choice Than Hamstring Autograft for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction? A Comparative Study with a Mean Follow-up of 3,6 Years. *Am J Sports Med* 2017;45(6):1326-32. [Crossref](#)
30. Wang S, Zhang C, Cai Y, Lin X. Autograft or Allograft? Irradiated or Not? A Contrast Between Autograft and Allograft in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Meta-analysis. *Arthroscopy* 2018;34(12):3258-65. [Crossref](#)
31. Wang HD, Gao SJ, Zhang YZ. Hamstring Autograft Versus Hybrid Graft for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *Am J Sports Med* 2020;48(4):1014-22. [Crossref](#)
32. Belk JW, Kraeutler MJ, Houck DA, Smith JR, McCarty EC. Comparing Hamstring Autograft with Hybrid Graft for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *Arthroscopy* 2020;36(4):1189-201. [Crossref](#)
33. Kösters C, Glasbrenner J, Spickermann L, Kittl C, Domnick C, Herbort M, Raschke MJ, Schliemann B. Repair with Dynamic Intragamentary Stabilization Versus Primary Reconstruction of Acute Anterior Cruciate Ligament Tears: 2-Year Results from a Prospective Randomized Study. *Am J Sports Med* 2020;48(5):1108-16.
34. van der List JP, DiFelice GS. Primary repair of the anterior cruciate ligament: A paradigm shift. *Surgeon* 2017;15(3):161-8. [Crossref](#)
35. Malahias MA, Chytas D, Nakamura K, Raoulis V, Yokota M, Nikolaou VS. A Narrative Review of Four Different New Techniques in Primary Anterior Cruciate Ligament Repair: "Back to the Future" or Another Trend? *Sports Med Open* 2018;4(1):37. [Crossref](#)

36. DiFelice GS, van der List JP. Arthroscopic Primary Repair of Proximal Anterior Cruciate Ligament Tears. *Arthrosc Tech* 2016;5(5):e1057–61. [Crossref](#)
37. Dabis J, Yasen SK, Foster AJ, Pace JL, Wilson AJ. Paediatric proximal ACL tears managed with direct ACL repair is safe, effective and has excellent short-term outcomes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2020. [Crossref](#)
38. Nwachukwu BU, Patel BH, Lu Y, Allen AA, Williams RJ 3rd. Anterior Cruciate Ligament Repair Outcomes: An Updated Systematic Review of Recent Literature. *Arthroscopy* 2019;35(7):2233–47. [Crossref](#)
39. Houck DA, Kraeutler MJ, Belk JW, Goode JA, Mulcahey MK, Bravman JT. Primary Arthroscopic Repair of the Anterior Cruciate Ligament: A Systematic Review of Clinical Outcomes. *Arthroscopy* 2019;35(12):3318–27. [Crossref](#)
40. Kandhari V, Vieira TD, Ouanezar H, Praz C, Rosenstiel N, Pioger C, Franck F, Saithna A, Sonnery-Cottet B. Clinical Outcomes of Arthroscopic Primary Anterior Cruciate Ligament Repair: A Systematic Review from the Scientific Anterior Cruciate Ligament Network International Study Group. *Arthroscopy* 2020;36(2):594–612. [Crossref](#)
41. Claes S, Vereecke E, Maes M, Victor J, Verdonk P, Bellemans J. Anatomy of the anterolateral ligament of the knee. *J Anat* 2013;223(4):321–8. [Crossref](#)
42. Imbert P, Lutz C, Daggett M, Niglis L, Freychet B, Dalmay F, Sonnery-Cottet B. Isometric characteristics of the anterolateral ligament of the knee: A cadaveric navigation study. *Arthroscopy* 2016;32(10):2017–24. [Crossref](#)
43. Ibrahim SA, Shohdy EM, Marwan Y, Ramadan SA, Almisfer AK, Mohammad MW, Abdulsattar WS, Khirat S. Anatomic reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee with or without reconstruction of the anterolateral ligament: A randomized clinical trial. *Am J Sports Med* 2017;45(7):1558–66. [Crossref](#)
44. Patel RM, Brophy RH. Anterolateral ligament of the knee: Anatomy, function, imaging, and treatment. *Am J Sports Med* 2018;46(1):217–23. [Crossref](#)
45. Musahl V, Getgood A, Neyret P, Claes S, Burnham JM, Batailler C, Cottet BS, Williams A, Amis A, Zaffagnini S, Karlsson J. Contributions of the anterolateral complex and the anterolateral ligament to rotatory knee stability in the setting of ACL injury: A roundtable discussion. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2017;25(4):997–1008. [Crossref](#)
46. Stentz-Olesen K, Nielsen ET, de Raedt S, Jørgensen PB, Sørensen OG, Kaptein B, Søballe K, Stilling M. Reconstructing the anterolateral ligament does not decrease rotational knee laxity in ACL-reconstructed knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2017;25(4):1125–31. [Crossref](#)
47. Ariel de Lima D, Helito CP, Lima FRA, Leite JAD. Surgical indications for anterior cruciate ligament reconstruction combined with extra-articular lateral tenodesis or anterolateral ligament reconstruction. *Rev Bras Ortop* 2018;53(6):661–7. [Crossref](#)
48. Ra HJ, Kim JH, Lee DH. Comparative clinical outcomes of anterolateral ligament reconstruction versus lateral extra-articular tenodesis in combination with anterior cruciate ligament reconstruction: systematic review and meta-analysis. *Arch Orthop Trauma Surg* 2020. [Crossref](#)
49. Mathew M, Dhollander A, Getgood A. Anterolateral Ligament Reconstruction or Extra-Articular Tenodesis: Why and When? *Clin Sports Med* 2018;37(1):75–86. [Crossref](#)
50. Di Matteo B, Loibl M, Andriolo L, Filardo G, Zellner J, Koch M, Angele P. Biologic agents for anterior cruciate ligament healing: A systematic review. *World J Orthop* 2016;7(9):592–603. [Crossref](#)
51. Komzák M, Hart R, Šmíd P, Puskeiler M, Jajtner P. The effect of platelet-rich plasma on graft healing in reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee joint: prospective study. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2015;82(2):135–9.
52. Andriolo L, Di Matteo B, Kon E, Filardo G, Venieri G, Marcacci M. PRP Augmentation for ACL Reconstruction. *Biomed Res Int* 2015;2015:371746. [Crossref](#)
53. Cook JL, Smith PA, Bozynski CC, Kuroki K, Cook CR, Stoker AM, Pfeiffer FM. Multiple injections of leukoreduced platelet rich plasma reduce pain and functional impairment in a canine model of ACL and meniscal deficiency. *J Orthop Res* 2016;34(4):607–15. [Crossref](#)
54. Davey MS, Hurley ET, Withers D, Moran R, Moran CJ. Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with Platelet-Rich Plasma: A Systematic Review of Randomized Control Trials. *Arthroscopy* 2020;36(4):1204–10. [Crossref](#)
55. Silva A, Sampaio R, Fernandes R, Pinto E. Is there a role for adult non-cultivated bone marrow stem cells in ACL reconstruction? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2014;22(1):66–71. [Crossref](#)
56. Cuti T, Antunovic M, Marijanovic I, Ivkovic A, Vukasovic A, Matic I, Pecina M, Hudetz D. Capacity of muscle derived stem cells and pericytes to promote tendon graft integration and ligamentization following anterior cruciate ligament reconstruction. *Int Orthop* 2017;41(6):1189–98. [Crossref](#)
57. Grindem H, Granan LP, Risberg MA, Engebretsen L, Snyder-Mackler L, Eitzen I. How does a combined preoperative and postoperative rehabilitation programme influence the outcome of ACL reconstruction 2 years after surgery? A comparison between patients in the Delaware-Oslo ACL Cohort and the Norwegian National Knee Ligament Registry. *Br J Sports Med* 2015;49(6):385–9. [Crossref](#)
58. Gundermann DM, Walker DK, Reidy PT, Borack MS, Dickinson JM, Volpi E, Rasmussen BB. Activation of mTORC1 signaling and protein synthesis in human muscle following blood flow restriction exercise is inhibited by rapamycin. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2014;306(10):E1198–204. [Crossref](#)
59. Lu Y, Patel BH, Kym C, Nwachukwu BU, Beletsky A, Forsythe B, Chahla J. Perioperative Blood Flow Restriction Rehabilitation in Patients Undergoing ACL Reconstruction: A Systematic Review. *Orthop J Sports Med* 2020;8(3):2325967120906822. [Crossref](#)
60. Liechti DJ, Chahla J, Dean CS, Mitchell JJ, Slette E, Menge TJ, LaPrade RF. Outcomes and Risk Factors of Rerevision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *Arthroscopy* 2016;32(10):2151–9. [Crossref](#)
61. Schilaty ND, Bates NA, Sanders TL, Krych AJ, Stuart MJ, Hewett TE. Incidence of Second Anterior Cruciate Ligament Tears (1990–2000) and Associated Factors in a Specific Geographic Locale. *Am J Sports Med* 2017;45(7):1567–73. [Crossref](#)
62. Ho B, Edmonds EW, Chambers HG, Bastrom TP, Pennock AT. Risk Factors for Early ACL Reconstruction Failure in Pediatric and Adolescent Patients: A Review of 561 Cases. *J Pediatr Orthop* 2018;38(7):388–92. [Crossref](#)
63. Yabroudi MA, Björnsson H, Lynch AD, Muller B, Samuelsson K, Tarabichi M, Karlsson J, Fu FH, Harner CD, Irrgang JJ. Predictors of Revision Surgery After Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthop J Sports Med* 2016;4(9):2325967116666039. [Crossref](#)
64. Ponce BA, Cain EL Jr, Pflugner R, Fleisig GS, Young BL, Boohaker HA, Swain TA, Andrews JR, Dugas JR. Risk Factors for Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Knee Surg* 2016;29(4):329–36. [Crossref](#)

65. Tejwani SG, Chen J, Funahashi TT, Love R, Maletis GB. Revision Risk After Allograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Association with Graft Processing Techniques, Patient Characteristics, and Graft Type. *Am J Sports Med* 2015;43(11):2696-705. [Crossref](#)
66. Parkinson B, Robb C, Thomas M, Thompson P, Spalding T. Factors That Predict Failure in Anatomic Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med* 2017;45(7):1529-36. [Crossref](#)
67. Christensen JJ, Krych AJ, Engasser WM, Vanhees MK, Collins MS, Dahm DL. Lateral Tibial Posterior Slope Is Increased in Patients with Early Graft Failure After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Am J Sports Med* 2015;43(10):2510-4. [Crossref](#)
68. Arun GR, Kumaraswamy V, Rajan D, Vinodh K, Singh AK, Kumar P, Chandrasekaran K, Santosh S, Kishore C. Long-term follow up of single-stage anterior cruciate ligament reconstruction and high tibial osteotomy and its relation with posterior tibial slope. *Arch Orthop Trauma Surg* 2016;136(4):505-11. [Crossref](#)
69. Dean CS, Chahla J, Matheny LM, Cram TR, Moulton SG, Dornan GJ, Mitchell JJ, LaPrade RF. Posteromedially placed plates with anterior staple reinforcement are not successful in decreasing tibial slope in opening-wedge proximal tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2017;25(12):3687-94. [Crossref](#)
70. Gallo MC, Bolia IK, Jalali O, Rosario S, Rounds A, Heidari KS, Trasolini NA, Prodrromo JP, Hatch GF, Weber AE. Risk Factors for Early Subsequent (Revision or Contralateral) ACL Reconstruction: A Retrospective Database Study. *Orthop J Sports Med* 2020;8(2):2325967119901173. [Crossref](#)
71. Rahardja R, Zhu M, Love H, Clatworthy MG, Monk AP, Young SW. Factors associated with revision following anterior cruciate ligament reconstruction: A systematic review of registry data. *Knee* 2020. [Article in press] [Crossref](#)
72. Grassi A, Macchiarola L, Lucidi GA, Stefanelli F, Neri M, Silvestri A, Della Villa F, Zaffagnini S. More Than a 2-Fold Risk of Contralateral Anterior Cruciate Ligament Injuries Compared with Ipsilateral Graft Failure 10 Years After Primary Reconstruction. *Am J Sports Med* 2020;48(2):310-7. [Crossref](#)
73. Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD. Understanding and preventing ACL injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations - update 2010. *N Am J Sports Phys Ther* 2010;5(4):234-51. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3096145/>
74. Myklebust G, Engebretsen L, Braekken IH, Skjølberg A, Olsen OE, Bahr R. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clin J Sport Med* 2003;13(2):71-8. [Crossref](#)
75. Huo Z, Griffin J, Babiuch R, Gray A, Willis B, Marjorie S, Sun S. Examining the feasibility of a Microsoft Kinect™ based game intervention for individuals with anterior cruciate ligament injury risk. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2015;2015:7059-62. [Crossref](#)
76. Gray AD, Marks JM, Stone EE, Butler MC, Skubic M, Sherman SL. Validation of the Microsoft Kinect as a portable and inexpensive screening tool for identifying ACL injury risk. *Orthop J Sports Med* 2014;2(2 Suppl). [Crossref](#)
77. Sherman SL, Gulbrandsen TR, Miller SM, Guess T, Willis BW, Blecha KM, Blecha KM, Huo Z, Skubic M, Gray AD. Mass screening of youth athletes for high risk landing patterns using a portable and inexpensive motion sensor device. *Orthop J Sports Med* 2016;4(7 Suppl 4). [Crossref](#)