

T.C
GAZİ ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI

ÖN ÇAPRAZ BAĞI KOPUK HASTALARIN CERRAHİ ÖNCESİ
VE SONRASI AYAK TABANI BASINÇ DAĞILIMLARININ
İNCELENMESİ

UZMANLIK TEZİ
DR. ENGİN ÇETİN

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. SACİT TURANLI

ANKARA-2008

TEŞEKKÜR

Ortopedi ve Travmatoloji asistanı olduğum süre boyunca, bilgi ve deneyimlerini bana aktararak yeterli bilgi ve beceriyi kazanmamı sağlayan, etik ve bilimsel açıdan örnek aldığım başta tez danışmanım Prof. Dr. Sacit Turanlı olmak üzere, değerli hocalarım Prof. Dr. Selçuk Bölükbaşı, Prof. Dr. Şahap Atik, Prof. Dr. Haluk Yetkin, Prof. Dr. Necdet Altun, Prof. Dr. Erdal Cila, Prof. Dr. Ertuğrul Şener, Prof. Dr. Aykın Şimşek, Doç. Dr. Ulunay Kanatlı, Doç. Dr. Alparslan Şenköylü, Doç. Dr. Hamza Özer, Yrd. Doç. Dr. Akif Muhtar Öztürk, Öğr. Gör. Dr. Hakan Selek ve Öğr. Gör. Dr. Erdinç Esen'e,

Tez çalışmam süresince değerli katkıları için, HÜTF Fizik Tedavi ve Yüksek Okulu Sporcu Sağlığı Ünitesi'nde görev yapan Prof. Dr. Gül Baltacı ve Uz. Fzt. Hayri Baran Yosmaoğlu'na, Ankara Üniversitesi Biyoistatistik AD. Arş. Gör. Selcen Pehlivan'a, Plantar Basınç Ölçüm Laboratuvarı'nda görevli Hem. Nesrin Tomruk'a,

Uzmanlık eğitimim boyunca birlikte çalıştığım, yardım ve desteklerini esirgemeyen tüm araştırma görevlisi arkadaşlarım ile poliklinik, servis ve ameliyathanede görev yapan hemşire personel ve sekreterlere,

Beni yetiştiren, her zaman her türlü desteği sağlayan babam İrfan Çetin ve annem Aynur Çetin'e; sevgili kardeşim Ebru Çetin'e

en içten teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
GİRİŞ.....	1
GENEL BİLGİLER.....	3
- Tarihçe.....	3
- Ön çapraz bağ embriyolojisi.....	4
- Ön çapraz bağ anatomisi.....	5
- Ön çapraz bağ biyomekaniği.....	11
- Ön çapraz bağ yaralanmaları.....	16
- Yürüme analizi.....	43
- Ön çapraz bağı kopuk hastalarda yürüyüş değişiklikleri.....	48
GEREÇ VE YÖNTEM.....	56
BULGULAR.....	66
TARTIŞMA VE SONUÇ.....	74
ÖZET.....	82
KAYNAKLAR.....	84

GİRİŞ

Ön çapraz bağ (ÖÇB), dizin en sık yaralanan bağıdır. Günümüzde spor aktivitelerine ilginin artmasıyla, özellikle amatör ve profesyonel sporcularda, ön çapraz bağ kopması sık rastlanan bir sorun haline gelmiştir. Bağın fonksiyonu, kabaca tibianın femura göre anterior sublüksasyonunu önlemek ve dizin iç-dış rotasyon hareketlerinde stabiliteye katkıda bulunmaktır. Bağın tamamının kopması, fonksiyonel instabiliteye neden olması ve uzun dönem komplikasyonları (menisküs ve kıkırdak hasarı, erken başlangıçlı osteoartrit vb.) nedeniyle önemli bir ortopedik problemdir. Bu konu ile ilgili, ortopedistler tarafından özellikle son 20 senede birçok çalışma yapılmış, yeni cerrahi teknikler, materyaller geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Günümüzde halen bağ rekonstrüksiyonunun kimlere yapılması gerektiği, uzun dönem sonuçları, uygulanan cerrahi teknik ve greft seçimi gibi birçok konuda tartışmalar devam etmektedir.

Ön çapraz bağın kopması sonrasında, alt ekstremité biyomekaniğindeki değişiklikler ve fonksiyonel adaptasyonlar literatürde yürüme analizi çalışmalarında ve kas kuvvetlerinin değerlendirildiği birçok çalışmada bildirilmiştir. Bununla beraber, ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası takiplerde, bağın fonksiyonları genellikle statik yöntemler ile değerlendirilmektedir; bu yöntemlerin, ön çapraz bağın dinamik fonksiyonlarını yeterince göstermediği çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir. Bu sebeplerden dolayı, ÖÇB fonksiyonlarını daha iyi gösterebilecek yöntemlerin arayışı devam etmektedir.

Kinematik zincirin terminal kısmını ayak oluşturur. Bu zincirin herhangi bir segmentinin bozukluğu tüm zinciri etkilemektedir. Bu değişiklikler plantar basınca da yansımaktadır. Plantar basınç analizi ile yürüyüşte görülen dinamik değişiklikler değerlendirilebilir.

Literatürde, ön çapraz bağı kopuk hastalarda, plantar basınç analizi kullanılarak yapılmış çalışmalar yok denecek kadar azdır.

Bu çalışmada amaçlanan, ön çapraz bağı kopuk hastaların plantar basınç dağılımlarını incelemek ve hamstring otogrefti ile rekonstrüksiyon uygulanan hastaların, cerrahi sonrası plantar basınç değerlerindeki olası değişiklikleri araştırmaktır. Bu sayede, dinamik bir analize imkan veren plantar basınç ölçümünün, ön çapraz bağı kopuk hastalarda kullanılabilirliğini ve etkinliğini test etmektir. Aynı zamanda, patolojinin daha iyi anlaşılmasına ve cerrahi uygulanacak hasta seçimi, uygulanacak rehabilitasyon programı gibi tartışmalı konulara katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

GENEL BİLGİLER

TARİHÇE

Tarihte ön çapraz bağın ilk anatomik tanımlarına, MÖ 3000 yıllarında yazılmış Mısır papürüslerinde rastlanmaktadır. Ön çapraz bağ (ÖÇB) yaralanmasıyla dizde oluşan subluksasyon, Hippocrates (MÖ 460-370) tarafından tanımlanmıştır. Bağın adı, Romalı hekim Galen tarafından “ligamenta genu cruciate” olarak konulmuştur (MÖ 129-199). Weber, insan dizindeki ilk biyomekanik çalışmaları yapmış (1836); bunu Bonnet takip etmiş ve ön çapraz bağın yırtılma mekanizmasını ortaya koymuştur (1850). Cerrahi tedavinin başlangıcı, W. Battle’ın yırtık bir ön çapraz bağı dikmesine dayanır (1898). Teknik olarak devrim niteliğinde olan, otolog tendon kullanımıyla yapılan ÖÇB rekonstrüksiyonu, V. Nicoletti’nin kadavra uygulamasıyla başlamış (1913); Rus cerrah Grekow tarafından ise, kemik tüneller ve fasya lata kullanılarak bir insana uygulanmıştır (1914). Campbell, ilk kez ÖÇB rekonstrüksiyonunda patellar tendonu kullanmıştır (1935). ÖÇB rekonstrüksiyonu teknikleri, zamanla artrotomik tekniklerden artroskopik tekniklere doğru değişim göstermiştir. 1921’de, Bircher insan dizini skop ile göstermiş; fakat Dandy’nin ilk artroskopik ÖÇB rekonstrüksiyonu uygulaması 1981 senesinde olmuştur. Günümüzde ise, ÖÇB rekonstrüksiyonu ortopedinin temel girişimlerinden birisi haline gelmiştir. Literatürde, ön çapraz bağ anahtar kelimesi araştırıldığında, ilgili binlerce makale bulmak mümkündür.^{161, 189}

ÖN ÇAPRAZ BAĞ EMBRİYOLOJİSİ

Diz eklemine embriyolojik gelişimi, gestasyonun 4. haftasında, femur ve tibia blastomasi arasındaki vasküler mezenkimal dokudan başlar. Oluşum hızlıdır ve diz 6. haftada fark edilebilir hale gelir. Çoğunlukla kabul gören bir hipoteze göre, ÖÇB yaklaşık 6,5. haftada blastoma anteriorunda bir yoğunlaşma olarak belirir ve zamanla interkondiler boşluğun oluşmasıyla posteriora doğru yer değiştirir. Lifler 8. haftada belirgin hale gelirken, 9. haftada çapraz bağlar uzun eksenleri ligamanlara paralel yerleşmiş, fuziform şekilli çekirdekleri olan çok sayıda olgunlaşmamış fibroblasttan oluşmaktadır. Sonraki haftalarda büyüme ile beraber vaskülarite artışı da izlenir. Fibroblastlar, yüksek oranlarda vasküler endotelyal büyüme faktörleri üretirler. Doğumla birlikte miktarı azalan bu faktörlerin, otolog tendonlar ile yapılan ön çapraz bağ rekonstrüksiyonları sonrası, yeniden şekillenme döneminde yüksek miktarlarda üretildiği gösterilmiştir. 16. haftadan itibaren, ön çapraz bağın 2 demeti belirgin hale gelir. Ligamanın oluşumundan sonra, tendon yerleşiminde ve yapısında büyük bir değişiklik izlenmez. 24-40 haftalık fetüslerin artroskopik incelemesinde, ÖÇB görünümünün erişkinlerinkine çok benzer olduğu bildirilmiştir. Menisküslerin de, çapraz bağlar ile aynı blastoma yapısından gelişmesi, bu yapıların beraber fonksiyon gösterdiği tezini doğrular niteliktedir.¹⁸⁹

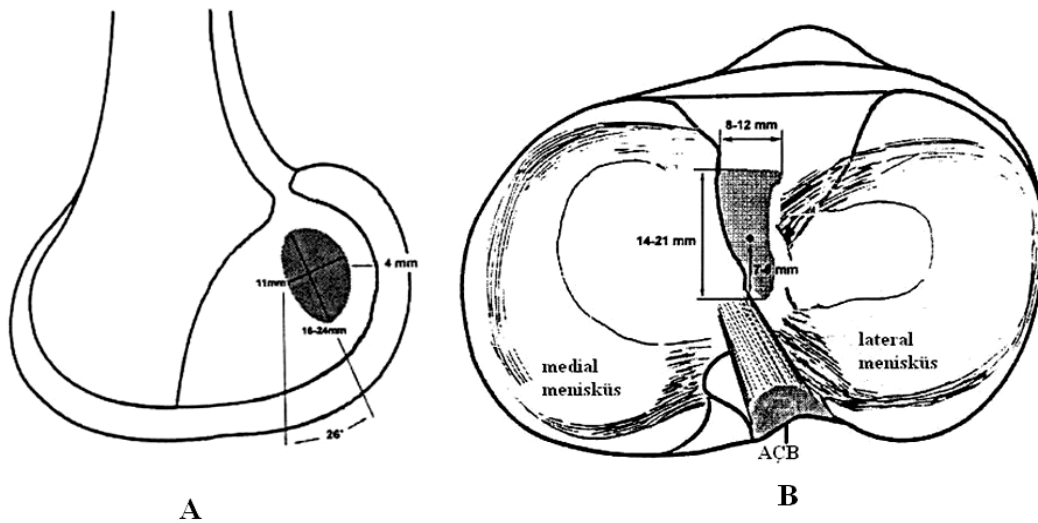
ÖN ÇAPRAZ BAĞ ANATOMİSİ

1) Makro Anatomi

ÖÇB, femur ve tibia arasında uzanan, intraartiküler bir bağ dokusu bandıdır. Sinovyal bir kılıf tarafından sarılmıştır; bu sayede intraartiküler olmasına rağmen sinovyal kılıfı içinde ekstrasinovyal yerleşimlidir.¹⁸⁹

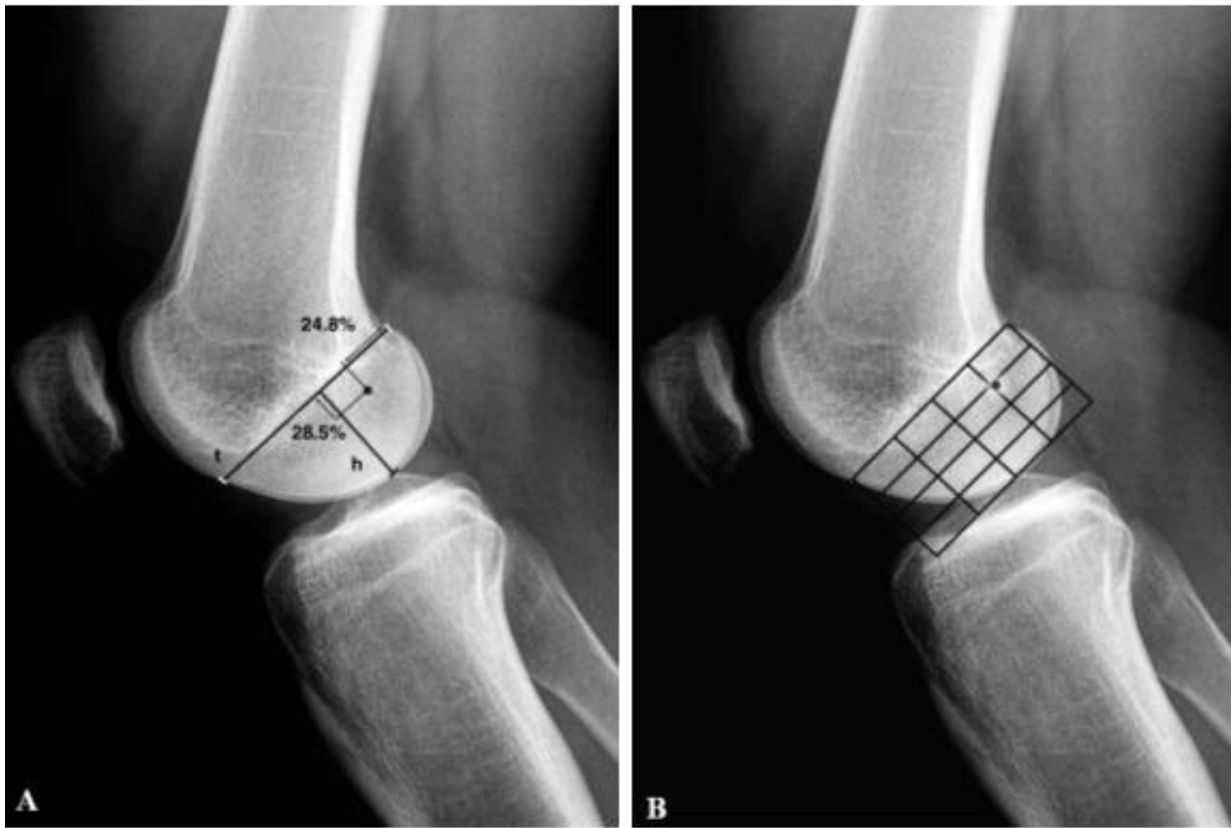
ÖÇB, proksimalde femur lateral kondili medialine yapışır, interkondiler aralık içinde distale, anteriora ve mediale doğru uzanır; distalde tibia platosu anterioruna yapışır. Kalınlığı 7-12 mm, uzunluğu ise 22-41 mm civarındadır. En dar olduğu bölge orta kısmıdır, tibiadaki yapışma yerine doğru genişler. Diz 90° fleksiyonda iken, ön çapraz bağın eklem içindeki seyri boyunca, aksında vertikal düzlemden anteriora doğru $26^\circ \pm 6^\circ$ ’lik bir eğim izlenirken, bağın lifleri de kendi üzerlerinde yaklaşık 90°’lik spiral bir dış rotasyon gösterirler.^{47, 189}

Ön çapraz bağın femoral yapışma alanı, lateral femoral kondilin posterior iç kısmındadır. Girgis ve arkadaşları, bu alanı 23 mm çapında bir dairenin segmenti olarak tanımlarken; Odensten ve Gilquist ise ortalama 18 mm uzunluğunda, 11 mm genişliğinde oval bir alan olarak tarif etmişlerdir (Şekil 1A).^{47, 125}



Şekil 1: A) ÖÇB femoral yapışma alanı B) ÖÇB tibial yapışma alanı

Lateral grafide femoral yapışma alanının merkezi, Blumensaat çizgisinin lateral femoral kondilin posteriorundan başlayan %24,8'lik kısmı ve bu çizgiye dik lateral femoral kondil yüksekliği çizgisinin %28,5'inin kesişme noktasındadır (Şekil 2A). Basitçe interkondiler aralık çeyreklere bölünürse, ön çapraz bağın yapışma alanı, en arkadaki ve üstteki çeyreğin tam altında yer alır (Şekil 2B).^{23, 47} Tünel grafisinde ise, femoral yapışma alanı, interkondiler aralık orta çizgisinin lateralinde yer alır ve aralığın superior %66'sını kaplar (%45-75). ÖÇB rekonstrüksiyonunda, femoral tünelin merkezi sağ diz için saat 10-11 arasında, sol diz için ise saat 1-2 arasında yer almalıdır.⁴⁷



Şekil 2: A, B Lateral grafide ÖÇB yapışma alanının belirlenmesi

Ön çapraz bağ tibiada, medial interkondiler çıkıntının önünde ve lateralinde yer alan, yaklaşık 11 mm (8-12 mm) genişliğinde ve 17 mm (14-21 mm) uzunluğunda bir alana yapışır (Şekil 1B).⁴⁷ Ön çapraz bağın femur ve tibiadaki yapışma alanlarının genişliği, orta kısmının

kesitsel alanından yaklaşık 3,5 kat daha büyüktür. Bağın tibial yapışma alanı, femurdakinden daha geniş ve kuvvetlidir; bu nedenle femura yapıştığı yerden daha sık kopar.¹⁸⁹ ÖÇB liflerinin bir kısmı, lateral menisküsün ön ve arka boynuzlarıyla temas halindedir. Bağın tibial yapışma alanı ve tibia platosu ile arasındaki açı konusunda bir çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan en çok kabul göreni Morgan ve arkadaşlarının kadavra üzerinde yaptıkları çalışmadır; buna göre diz 90° fleksiyonda iken, ön çapraz bağın tibial yapışma alanı merkezi, arka çapraz bağın ön kenarından sabit bir uzaklıktadır (tibia platosunun ön arka çapından bağımsız olarak) ve bu mesafe yaklaşık 7.1 mm'dir.¹¹³ Bu mesafe klinik çalışmalar ile de doğrulanmıştır. Yapışma alanı merkezi, medial tibial çıkıntıya göre de 7 mm lateralde yer alır. Tibial plato ile ÖÇB arasındaki açı, koronal planda yaklaşık 71°, sagittal planda diz 30° fleksiyonda iken $45 \pm 3^\circ$, 90° fleksiyonda iken 36°-38° derecedir. Bununla beraber ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu sırasında yeterli tibial tünel uzunluğu elde edebilmek için sagittal planda bu açı daha dik olmalıdır; Morgan'a göre bu açı 68°'dir.^{47, 113}

Ön çapraz bağın, diz hareketleriyle farklı fonksiyonlar gösteren demetlerden oluştuğu, literatürde tartışmalı bir konu olsa da genellikle kabul görmüştür. Girgis ve arkadaşları, ön çapraz bağın anteromedial (AM) ve posterolateral (PL) demetlerini tanımlarken; Amis ve Dawkins ek olarak orta demeti tanımlamışlardır. Demetlerin tanımları tibial yapışma yerlerine göre yapılmıştır. AM demet, ön çapraz bağın femoral yapışma bölgesinin proksimalinden, tibial yapışma bölgesinin anteromedialine; daha kalın olan PL demet ise ön çapraz bağın femoral yapışma bölgesinin distalinden, tibial yapışma bölgesinin posterolateraline uzanım gösterir. Odensten ve Gilquist ise, ön çapraz bağı makroskopik ve mikroskopik olarak incelemişler ve bağı 2 ayrı demete bölecek bir bulguya rastlamamışlardır.^{47, 189}

Ön çapraz bağın anatomik olarak bölünmesi hakkında bir görüş ayrılığı varsa da, ayrı fonksiyonel demetleri olduğu ve değişik hareket açıklıklarında farklı gerginlikte oldukları hakkında ortak bir görüş mevcuttur. Bağın femoral yapışma alanı, femurun longitudinal

aksına, tibial yapışma alanı ise tibianın anteroposterior aksına paraleldir; liflerinin uzunluğu ise önden arkaya doğru azalmaktadır. Bu sebeplerden dolayı, ekstansiyonda PL demet gerginken, AM demet gevşektir; fleksiyonda ise AM gergin, PL demet gevşektir. Aynı zamanda fleksiyon hareketi sırasında liflerde rotasyon hareketi de gözlenir; posterolateral lifler anteromedial liflerin etrafında dönerek ön tarafa geçerler.^{47, 189}

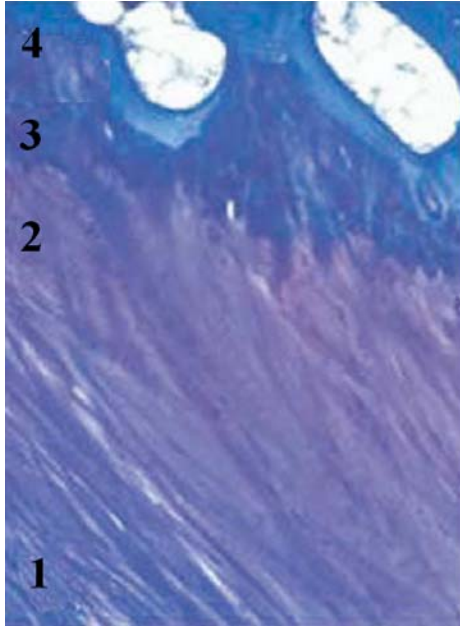
2) Mikro Anatomi

Ön çapraz bağın mikro yapısı, diğer bağ dokusu yapılarına benzemekle beraber histolojik olarak bazı farklar mevcuttur. ÖÇB, paratenon adlı bağ dokusu ile çevrelenmiş birçok fasikülden oluşmaktadır. Çapları 250 µm ile birkaç mm arasında değişebilen fasikülleri epitenon çevrelemiştir ve her bir fasikül endotenon ile sarılı 3-20 adet subfasikülden meydana gelmiştir. Subfasiküller, 100-250 µm çaplı subfasiküler ünitelerden; bu üniteler ise kollojen liflerinden (1-20 µm) oluşmuşlardır. Kollojen liflerinin yapı taşları, kollojen fibrilleridir (25-250 nm). Bağ dokusunu, fibroblastlar ve ekstrasellüler matriks oluşturur. Ekstrasellüler matriks, sudan ve büyük çoğunluğunu tip 1 kollojenin meydana getirdiği, proteoglikanlar, glikoproteinler, elastin gibi makromoleküllerden oluşmuştur. Tip 3 kollojen de az miktarda bulunur.^{47, 189}

ÖÇB liflerinin özel bir organizasyonu vardır; yapıları dalgalı ve düzensizdir. Küçük kuvvetlerle, liflerin dalgalı yapısı düzelir; daha büyük kuvvetlerin uzatıcı etkilerinden önce eklemde hızlı bir koruyucu etki meydana gelir. Biyomekanik testler sırasında bu özellik, düz olmayan bir yük deformasyon eğrisi oluşmasına neden olur.^{47, 151}

ÖÇB anatomisinin bir diğer önemli özelliği ise, esnek bağ dokusunun yapışma bölgelerinde kemik dokusuna geçişidir. Bu geçiş, fibrokartilaj ve mineralize fibrokartilaj tabakaları yardımıyla olur (Şekil3). Bu sayede 1 mm'den kısa bir mesafede, yapıda basamaklı bir

değişim meydana gelir; yapışma yerlerindeki stres konsantrasyonu ile buna bağlı gelişebilecek bağ lezyonları önlenir.^{47, 189}



Şekil 3: ÖÇB femoral insersiyosunun, toluidin mavisi ile boyanmış histolojik kesitleri

- 1: ligament lifleri
- 2: fibrokartilaj
- 3: mineralize fibrokartilaj
- 4: kemik

3) Nörovasküler Anatomi

Yaygın inanın aksine, ön çapraz bağın kemik yapışma bölgesinden vasküler beslenmesi minimaldir. Bağ esas olarak, orta geniküler arterin dalları ile beslenir; lateral inferior geniküler arterin terminal dalları da az miktarda katkıda bulunurlar. ÖÇB, tüm uzunluğu boyunca sinovyal bir membran ile sarılmıştır. Popliteal arterin bir dalı olan orta geniküler arter, direkt olarak posterior kapsülü delerek, sinovyal membranın içine dallar verir. Bu dallar ise, kollajen liflerine paralel seyreden endoligamentöz damar ağı ile anastomoz yaparlar.^{47, 189}

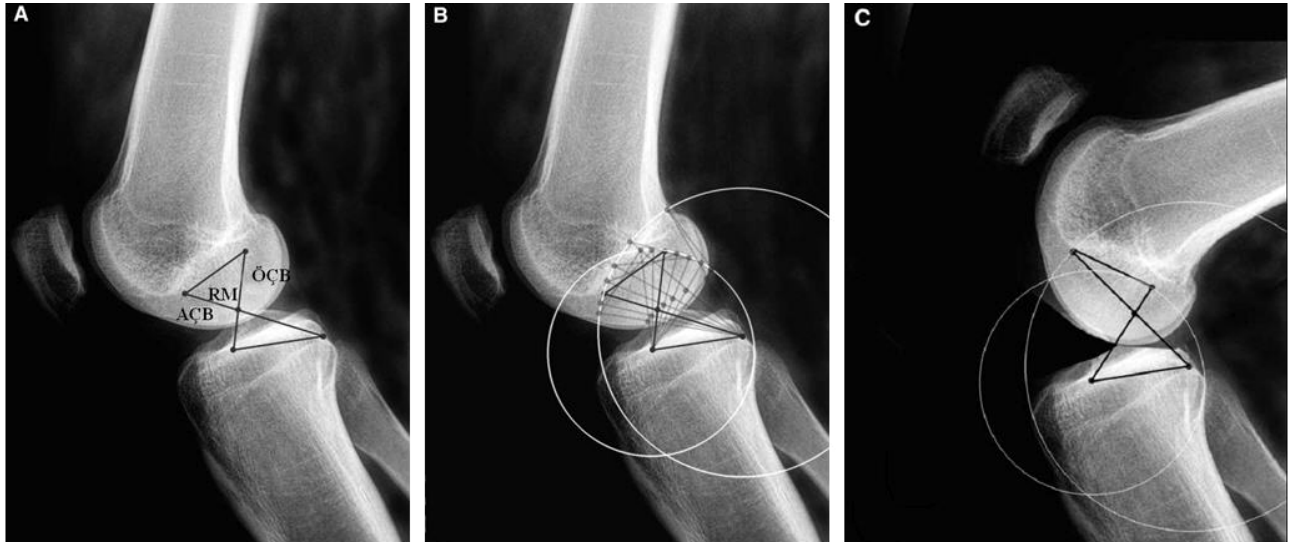
Ön çapraz bağın nöral yapıları, çoğunlukla sinovyal tabakanın altında ve bağın yapışma alanlarının çevresinde bulunurlar. Posterior artiküler sinir, majör sinir lifidir. Sinir lifleri, posterior kapsülü delerek, bağı çevreleyen sinovya ve periligamentöz damarlar ile beraber seyrederler.⁴⁶

Yapılan çalışmalarla, ön çapraz bağda az sayıda reseptör olduğu gösterilmiştir. Reseptör sayısının en fazla olduğu dönem 3 yaş civarındır; yaş arttıkça ve yaralanmalar ile bu sayı azalır. Genellikle gerilmeye duyarlı Ruffini reseptörleri ve ağrı reseptörleri gibi fonksiyon gösteren serbest sinir uçları bulunmaktadır. Ağrı iletiminde görevli serbest sinir uçlarının az miktarda bulunması, ön çapraz bağın yaralanması esnasında, hastaların ağrıdan çok kopma sesi tariflemelerini; ancak hemartroz geliştikten sonra, eklem distansiyonuna bağlı şiddetli ağrı duymalarını açıklamaktadır.^{47, 189}

Mekanoresöptörler, dizin hareket ve pozisyon hissini (propriosepsiyonu) sağlarlar. ÖÇB güdüğündeki mekanoreseptörlerin sayısı ile, eklem pozisyonu hissini doğruluğu arasında pozitif bir ilişki gösterilmiştir; bu sebepten dolayı, ÖÇB rekonstrüksiyonunda güdüğün korunması gerektiğini savunanlar vardır.² ÖÇB rekonstrüksiyonunun, erken ve geç dönemlerde, diz proprioepsiyonuna pozitif etkisinin olduğu da bildirilmiştir.¹³³

ÖN ÇAPRAZ BAĞ BİYOMEKANİĞİ

Ön çapraz bağın fonksiyonu ve biyomekaniği, tibiofemoral ve patellofemoral eklemlerden oluşan diz eklemi bir bütün olarak değerlendirilmesiyle anlaşılabilir. Çapraz bağların tibiofemoral eklem ile ilişkisini çalışabilmek için tek boyutta hareketi olan çapraz 4'lü bar modeli yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemde çapraz iki bar, pasif fleksiyon sırasında izometrik haldeki bağları temsil ederken; diğer iki bar ise femoral ve tibial yapışma yerlerini birleştirir. Çapraz barların kesişim noktası eklem rotasyon merkezidir. Bu model ile diz fleksiyonu ile bağlarda meydana gelen değişiklikler ve eklem rotasyon merkezinin posterior hareketi incelenebilir (Şekil 4).⁴⁷



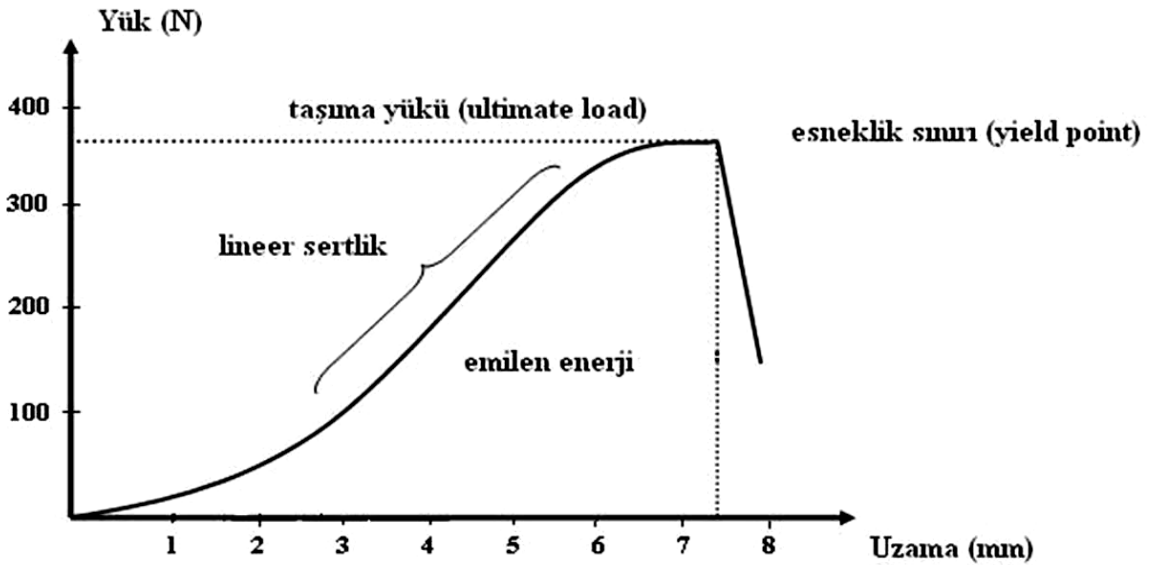
Şekil 4: Çapraz bar modeli **A)** Diz ekstansiyonda iken **B)** Eklem rotasyon merkezinin diz fleksiyonu ile posterior hareketi **C)** Diz fleksiyonu

1) Ön çapraz bağın yapısal ve mekanik özellikleri

Ön çapraz bağın, yapısal ve mekanik özelliklerini incelemek için uygulanan testlerin sonuçları; bağ örneğinin yaşına, diz fleksiyon derecesine ve kuvvetin uygulanma açısına göre

farklılık gösterir. Ek olarak, örneği tutma metodu ve örneğin tipi (kemik-ligaman-kemik kompleksi veya sadece ligaman) de fark yaratabilir. Testler genellikle kemik-ligaman-kemik kompleksi kullanılarak yapılır; bu kompleks, bağın yanı sıra kemik geçiş bölgesinin ve kemiğin özelliklerini de yansıtır.⁴⁷

Kemik-ligaman-kemik kompleksinin yapısal özellikleri, bir yük deformasyon eğrisi ile anlatılabilir (Şekil 5). Eğride değişik karakterlerde bölgeler izlenir. Başlangıçta ön çapraz bağ liflerinin dalgalı, kıvrık yapısından dolayı ligamanın uzaması için küçük yükler yeterlidir. Bu kısım eğrinin daha yatay ve düzgün olmayan kısmını oluşturur. Yük deformasyon eğrisinin eğimi ile ifade edilen sertlik bu bölgede düşüktür. Artan kuvvetler ile daha çok lif yük taşır ve doku sertliğinde artış izlenir. Eğrinin ikinci kısmında, artan kuvvetler bağın uzamasını sağlarken lifler gerilir, dalgalı-kıvrık yapı düzelmiştir; eğrinin bu kısmı düzgündür, ligamanın elastik deformasyonunu gösterir. Yük esneklik sınırını (yield point) aşarsa, ligamanın direncinde ani bir kayıp olur. Plastik deformasyon taşıma yüküne (ultimate load) kadar devam eder; sonrasında yükte ligamanın koptuğunu gösteren ani bir düşüş olur. Eğrinin altındaki alan, test sırasında bağın emdiği enerjiyi gösterir.⁴⁷



Şekil 5: ÖÇB kemik bağ kompleksinin yük- deformasyon eğrisi

Diğer ligamanlar gibi ÖÇB de viskoelastiktir; elastik materyallerin aksine zaman bağımlı davranış gösterir. Zamana bağımlılık, stres ile gevşeme ve uzama ile açıklanabilir. Stres gevşeme testinde, ligaman belirli bir uzunluktaiken yüklenir; zamanla ligamanı bu uzunlukta tutmak için gerekli yük azalır ve dengeye ulaşır. Uzama testinde ise, ligamana belirli bir kuvvet uygulanır; zamanla ligamanın uzunluğunun arttığı gözlenir. Her yüklenme-yüklenmeme periodunda enerji kaybı olur, böylece ligamanı önceki uzunluğuna ulaştırmak için gerekli olan kuvvet de azalır; bu sebepten dolayı siklik hazırlanma sadece ligamanı test ederken değil, ÖÇB greftlerinin fiksasyonu öncesinde de gereklidir.

Femur-ÖÇB-tibia kompleksinin yapısal özellikleri, maturasyon ve yaştan da etkilenir. Woo ve arkadaşları, tavşanlarda epifiz kapanması öncesi tüm örneklerin tibial yapışma bölgesinden, kapandıktan sonra ise bağın ortasından koptuğunu göstermişlerdir.¹⁸² Bu bulgular çocuklardaki gözlemler ile de uyumludur; çocuklarda tibial yapışma bölgesi en zayıf halkadır.⁴⁷ Başka bir çalışmada ise, erişkinlerde yaş ile bağın yapısal özelliklerinde anlamlı bir zayıflama gösterilmiştir. 22-35 yaş arası kadavra dizlerinde, femur-ÖÇB-tibia kompleksinin taşıma yükü $2160 \text{ N} \pm 157 \text{ N}$ ve lineer sertliği $242 \text{ N} \pm 28 \text{ N}$ olarak saptanırken; 60-97 yaş arası kadavralarda $658 \text{ N} \pm 129 \text{ N}$ ve $180 \text{ N} \pm 25 \text{ N}$ olarak saptanmıştır.¹⁸⁰

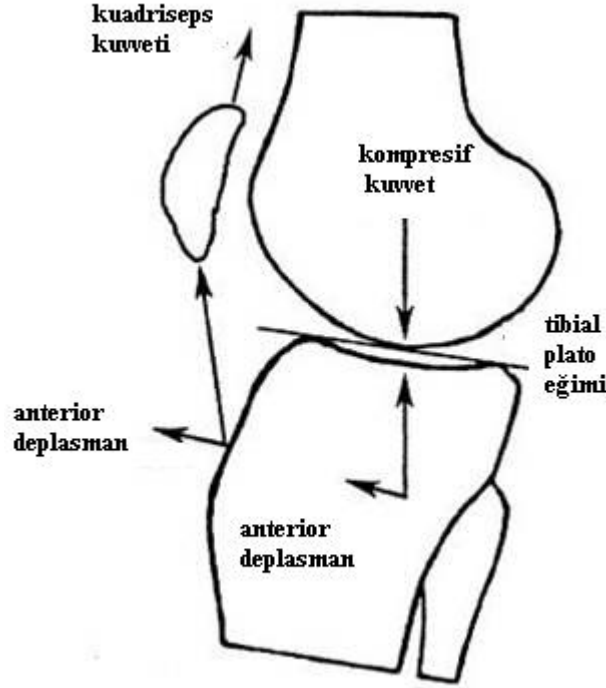
2) Kinematik

Ön çapraz bağın bütünü incelendiğinde, izometrik olmadığı görülür. Diz hareketleri sırasında liflerin uzunlukları farklıdır. Dizin 0° 'den 90° 'ye pasif fleksiyonuyla, AM demet boyunun 3,3-3,6 mm arttığı; PL demet boyunun ise 1,5-7,1 mm azaldığı gösterilmiştir (AM demet fleksiyon ile gerilirken, PL demet gevşemektedir). Tibial rotasyonun, liflerin uzunluğu üzerinde anlamlı bir etkisi yoktur; fakat iç rotasyon, dış rotasyona göre uzunluğu daha fazla arttırmaktadır (30° fleksiyonda daha belirgindir).⁴⁷

ÖÇB, günlük aktiviteler sırasında, maksimum kapasitesinin %20'si civarındaki yüklere maruz kalmaktadır. Kadavra dizlerinde, 0°-90° arası pasif fleksiyon ile bağın üzerindeki yükün 10 N'dan az olduğunu gösterilmiştir. 10°-110° arası pasif fleksiyon ile AM ve PL demetlerin gerginliği sıfırken; ekstansiyona yaklaşılrken yaklaşık %2'lik bir gerilme görülür. Bacak desteklenirse, yeni rekonstrükte edilmiş bir ÖÇB, dizin 0°-110° arası pasif fleksiyon-ekstansiyon hareketinde güvendedir. Eğer dize hiperekstansiyon veya 120° üzerinde fleksiyon yaptırılırsa, 100 N'dan büyük kuvvetler ile, %8'den fazla bir gerilme görülebilir. AM ve PL demetlerin gerginlikleri arasında, 120° fleksiyona kadar ciddi bir fark yoktur.⁴⁷

Kas aktivitesi, diz kinematüğinde değışikliklere neden olur. Diz 0°-40° fleksiyondayken kuadriseps kası aktivitesi ile, ön çapraz bağın %2-6 oranında gerildiğı ve bağı etkileyen kuvvetlerin 200 N civarında olduğı gösterilmiştir. Hamstring kasları ise, diz fleksiyonunda ÖÇB üzerindeki gerginliğı azaltırlar; bu etkilerinden dolayı ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası kapalı zincir kinematik egzersizler (kuadriseps ve hamstring aktivitesi birlikte) önerilmektedir.^{47, 151}

Kuadriseps aktivitesi ile birlikte kompresif bir kuvvet de uygulanırsa, tibianın anteriora yer değıştirme miktarı 3 kata kadar artmaktadır; bu yer değıştirme en fazla dizin 30° fleksiyonunda görülür.¹⁶⁶ Ayakta çekilen lateral grafilerde, ön çapraz bağı kopuk hastaların tibialarında ortalama 3,9 mm anterior deplasman gösterilmiştir. Kompresif kuvvetlerin varlığında, anterior deplasmanda ve ön çapraz bağın gerginliğindeki bu artışın 2 sebebi olabilir: 1) Diz fleksiyondayken, kompresif kuvvet vektörünün dizin posteriorunda yer alması ki bu kuvvet ekstansör mekanizmanın dengelemek zorunda olduğı bir moment oluşturur. 2) Kompresif kuvvet vektörü, tibia platosunun eğimi nedeniyle tibianın anteriora kaymasına neden olabilir (Şekil 6). Bu sonuçlar, diz fleksiyondayken uygulanan aksial kompresif kuvvetlerin, ÖÇB yaralanmasında rol oynayabileceğini göstermektedir.^{47, 99}



Şekil 6: Ön çapraz bağın kopuk olduğu bir dizde, kuadriseps ve kompresif eklem kuvvetlerinin etkileri. Not: Bağ sağlam ise, gerginliğinde artış izlenir.

3) Ön çapraz bağın eklem stabilitesindeki rolü

ÖÇB, tibianın femura göre anterior deplasmanını engelleyen esas yapıdır. Anterior translasyon en fazla dizin 30° fleksiyonunda görülür ve ortalama 5-8 mm'dir. Ön çapraz bağ, diz 30° fleksiyondayken uygulanan anterior kuvvetlerin %82-89'una direnç gösterirken; 90° fleksiyona doğru bu oran %74-85'e düşmektedir.⁴⁷

ÖÇB, dizin internal rotasyonuna sekonder direnç gösterir. Bu özellik, diz ekstansiyona yakın iken belirgindir (dizin yük taşıma durumuna göre fark etmez). Dış rotasyon, varus, valgus kuvvetlerine direnci ise tartışmalıdır; fakat özellikle yük taşırken az miktarda sekonder direnç gösterdiği kabul edilmektedir.⁴⁷

Kadavra dizlerinde, anterior ve internal rotasyon kuvvetleri birlikte uygulandığında, tibiadaki anterior deplasman kuvvetlerin izole uygulanmasına göre daha fazla bulunmuştur. Bu fark dizin 30° fleksiyonunda daha belirgindir.⁸²

ÖN ÇAPRAZ BAĞ YARALANMALARI

1) Epidemiyoloji

ÖÇB, dizin en sık tamamı kopan bağıdır.¹¹⁵ Genel popülasyonda çok yaygın olarak görülmesine de, sıklığı 1/3500 civarındadır; genç atletik insanlarda (20-30 yaş), özellikle bayan atletlerde sıklığı daha fazladır.^{25,75} Bayan atletlerdeki sıklığı, benzer aktiviteler ile uğraşan erkeklere göre çeşitli çalışmalarda 2,4 ile 9,7 kat arasında değişen oranlarda daha fazla bulunmuştur; fakat erkeklerin bağ hasarı açısından riskli sporlarla (ör: futbol) daha fazla uğraşmaları nedeniyle genel olarak erkeklerde daha sık görülmektedir.²⁵

2) ÖÇB Yaralanmalarında Mekanizma ve Risk Faktörleri

ÖÇB yırtıklarının en sık nedeni spor yaralanmalarıdır. Spor yaralanmaları sonucu gelişen akut travmatik hemartrozda, ön çapraz bağın kısmi veya tam olarak yırtılması riski %70 civarındadır. Spor aktiviteleri sırasında, özellikle ani durma ve rotasyon hareketleri sonucunda, ayak sabitken dizi valgusa ve dış rotasyona zorlayan kuvvetler genellikle yaralanmadan sorumludur.^{48, 111} Hiperekstansiyon mekanizması da hasara neden olabilir. Daha ziyade trafik kazalarında görülen bir diğer mekanizma da, diz fleksiyonda ayak plantar fleksiyonda iken dize önden darbe gelmesidir; bu darbe sonucu ÖÇB ile arka çapraz bağ (AÇB) yaralanması beraber görülebilir.¹⁰⁷

ÖÇB yaralanmalarında risk faktörleri, birçok çalışmada incelenmiştir. Uhorchak ve arkadaşları, dışarıdan darbe olmadan meydana gelen ÖÇB yaralanmaları için birtakım risk faktörleri bildirmişlerdir. Bu faktörler; interkondiler aralığın dar olması, genel eklem laksitesi, kadın cinsiyet, beden kitle indeksinin yüksek olması, KT-1000 artrometre ölçümlerinin ortalamadan fazla olmasıdır.¹⁷¹

İnterkondiler aralık genişlik indeksi, bazı çalışmalarda ÖÇB kopuklu dizlerde normal dizlere göre anlamlı olarak küçük bulunmuş ve bir risk faktörü olarak gösterilmiştir;^{94, 154, 171} fakat buna karşılık anlamlı olmadığına dair çalışmalar da mevcuttur.¹⁰⁴

Vücut ağırlığına göre oranlanırsa, ÖÇB bayanlarda daha incedir; bu sebepten yüksek riskli aktiviteler sırasında erkek ve bayan sporcular benzer kuvvetlere maruz kalırlar ise, ÖÇB üzerindeki stres dağılımı ve bağın kopma olasılığı bayanlarda daha fazladır.^{6, 25} Menstrüal döngünün fazlarıyla, ÖÇB yaralanma ilişkisi de literatürde birçok çalışmada ele alınmıştır; fakat ortak bir sonuca ulaşılammıştır.²⁵

Literatür incelendiğinde, çoklu risk faktörlerinin etkilerini incelemiş çalışmalar nadirdir, genellikle izole faktörler (anatomik, biyomekanik, çevresel, nöromusküler, hormonal vb.) üzerinde durulmuştur.

3) Ön Çapraz Bağı Kopuk Hastanın Değerlendirilmesi

Hikaye ve Fizik Muayene:

Hikaye, genellikle spor aktiviteleri sırasında meydana gelen ani durma zıplama veya dizi rotasyona zorlayan hareketler ile başlar. Dize dışarıdan uygulanan kuvvetler de bağın kopmasından sorumlu olabilir. Hasta genellikle dizinin hiperekstansiyona zorlandığını tarif eder. Sıklıkla bir kopma sesi duyulur veya hissedilir. Aktiviteye devam etmek genellikle mümkün değildir ve yürümek zordur. Genellikle birkaç saat içinde hemartroz (aspirasyon ile gösterilebilir) nedeniyle diz şişer. Bu senaryoda ÖÇB yaralanması ihtimali %70'ten fazladır.¹¹¹

Hikayede, bağın yaralanmasına neden olan kuvvetin büyüklüğünün, yönünün ve etki ettiği sırada ekstremitenin duruş şeklinin sorgulanması, yaralanmanın hangi yapılarda olabileceği konusunda hekimi yönlendirir. Temas olmadan indirekt kuvvetler ile yaralanma

görülebileceği gibi, trafik kazası gibi yüksek enerji bir travma sonucunda meydana gelen direkt kuvvetler sonucunda da bağ yaralanması görülebilir.

Akut ve kronik olguların şikayetleri farklıdır. Akut olgular (< 1 ay); dizde şişlik, ağrı, aktif hareketlerde özellikle de ekstansiyonda kısıtlılık, yürürken güvensizlik hissi ve yürümenin bozulması gibi şikayetler bildirirler. Kronik olgularda (>3 ay) ise, daha ziyade günlük aktiviteleri engelleyen fonksiyonel instabilite ve oluşan sekonder patolojilerden kaynaklanan şikayetler görülür. Koşma, sıçrama, aniden durma gibi hareketlerde zorlanmalar ve ani kontrol dışı kalma gibi şikayetler de görülebilir.⁴⁸

Hemartroz gelişmeden önce fizik muayene daha kolay ve anlamlıdır; aksine ağrı ve kaslarda spazm başladıktan sonra zordur.¹¹¹ Muayeneye başlamadan önce hasta mümkün olduğunca rahatlatılmalıdır. Hasta, ağrıdan dolayı uygun bir fizik muayene yapılmasına izin vermeyebilir. Bu durumlarda hemartrozun aspirasyonu ve eklem içine yapılacak olan lokal anestezi ile analjezi sağlandıktan sonra veya genel anestezi altında muayene yapılabilir.¹¹¹

Öncelikle sağlam diz, sonrasında şikayetin olduğu diz muayene edilir. Sırasıyla inspeksiyon ve palpasyon ile tüm yüzeysel yapılar değerlendirilir, ardından dizin aktif ve pasif hareket açıklığı kayıt edilir. Daha sonra ÖÇB yaralanmasını gösteren birtakım özel testler uygulanır.

Lachman testi, anterior tibial deplasmanı gösteren en hassas testtir. Diğer tanı yöntemleriyle karşılaştırıldığında %95 oranında doğru sonuçlar verdiği bildirilmiştir.^{21, 102} Karşı dize göre artmış yer değiştirme, belirgin ve sert bir son noktanın olmayışı ÖÇB yaralanmasını gösterir. Anterior tibial yer değiştirme farkı;

i) 0-5 mm arasında ise 1 (+),

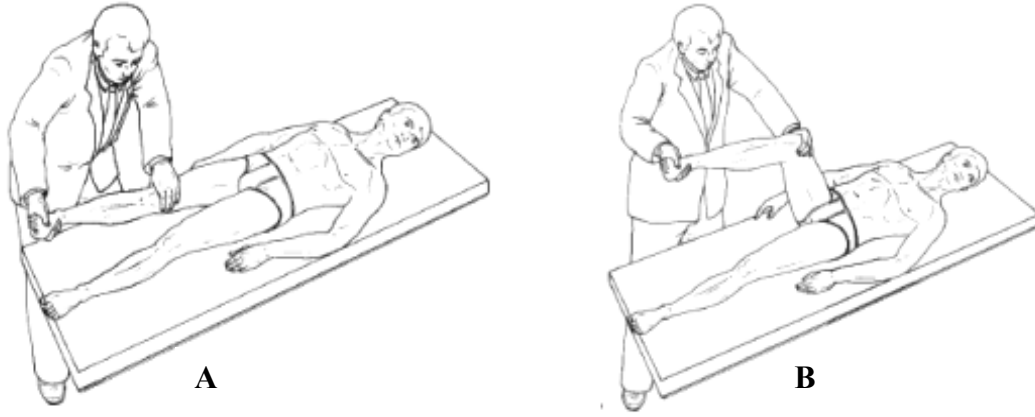
ii) 5-10 mm arasında ise 2 (+),

iii) 10 mm'den büyük ise den 3 (+) olarak derecelendirilir (Şekil 7).^{68, 102}



Şekil 7: Lachman testi

Ön çekmece ve pivot shift testleri, fizik muayenede yaygın olarak kullanılan diğer testlerdir. Ön çekmece testinin hassasiyeti düşüktür; pivot shift testinin pozitif olması ise tanı koydurucu niteliktedir (ön çapraz bağın koptuğunu gösterir).¹⁶ Pivot shift testinin yapılabilmesi için, hastanın gevşemiş olması ve medial kollateral ligamanın sağlam olması şarttır. Bu test, ön çapraz bağı kopuk hastadaki patolojik hareketi meydana getirir ve hastadaki boşalma hissi ile paralellik gösterir (Şekil 8). Kronik ÖÇB yırtığı veya anestezi altındaki hastada akut yırtık, pivot shift testi ile kolaylıkla ortaya konabilir.¹¹¹ Bu test, temelinde iliotibial bantın lateral tibia platosunu fleksiyonda redükte etmesine dayanmaktadır; iliotibial bant bütünlüğünün bozulduğu durumlarda yanlış negatif sonuçlar alınabilir. Patellofemoral problemler ve diskoid lateral menisküs varlığında, pivot shift testindeki “klank sesi” duyulabilir; fakat bu durumların hiçbirinde lateral tibial platonun subluksasyonu söz konusu değildir.^{16, 111}



Şekil 8: Pivot shift testi **A:** Başlangıç pozisyonunda, bacak iç rotasyonda tutulurken dize valgus kuvveti uygulanır. ÖÇB kopmuş ise, lateral tibia platosu sublukse olur. **B:** Diz ekstansiyondan fleksiyona doğru yavaşça alınır. 30° fleksiyon açısından sonra lateral tibia platosu iliotibial bandın etkisiyle redükte olur.

Bunların dışında; fleksiyon rotasyon çekmece testi, Hughston ve Losee jerk testi, Slocum lateral pivot shift testi muayenede kullanılabilen özel testlerdir.¹¹¹

Diz ligament artrometreleri (ör: KT-1000, Kneelax 3) de tanı amaçlı kullanılabilir (Şekil 9). Ağrının ve kas spazmının olmadığı, kronik yaralanması olanlarda daha faydalıdır. Daha sık cerrahi sonrası sonuçları değerlendirmek amacıyla kullanılırlar. Manuel olarak maksimum anterior deplasman uygulandığında, dizler arası fark normal dizlerin %95'inde 3 mm'nin altındadır; akut ÖÇB kopuğu halinde bu fark hastaların %90'ında 3 mm'den büyüktür.^{15, 40, 42}

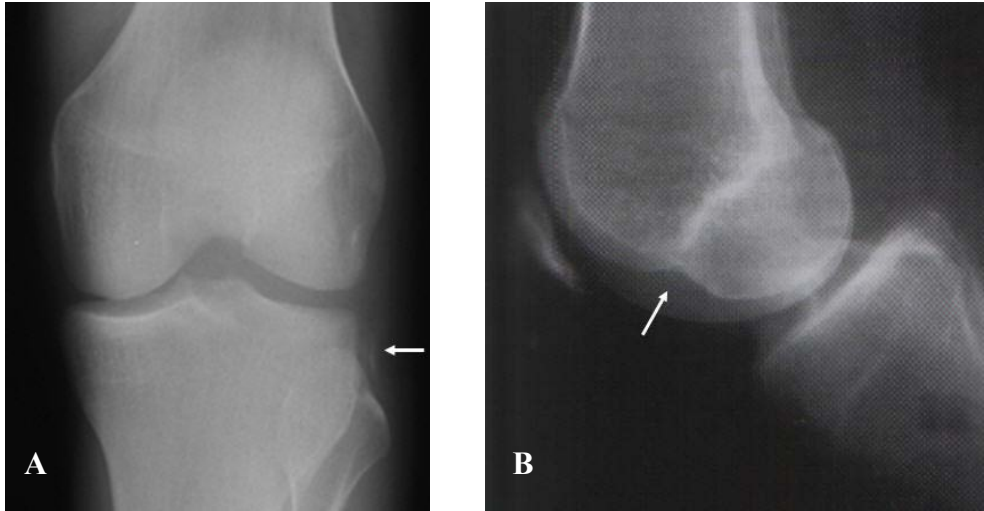


Şekil 9: KT-1000 ve Kneelax 3 artrometreleri

Görüntüleme Yöntemleri:

Standart direkt radyografik görüntüler (ön-arka, lateral, tünel ve patella tanjansiyel) alınmalıdır. ÖÇB yaralanmalarında, direkt grafiğer genellikle normaldir; fakat direkt grafiğerde rastlanabilen bir tibial eminentia kırığı ön çapraz bağın tibial yapışma bölgesindeki avulsiyonu gösterebilir, lateral kapsülün avulsiyon kırığı (Segond kırığı) ise ön çapraz bağın koptuğunu göstermektedir (Şekil 10). Osteokondral kırıklara da rastlanabilir. Kronik ÖÇB yaralanması olan hastalarda ise; interkondiler eminentia düzleşmesi, interkondiler çentikte osteofitler, lateral grafiğerde sulcus terminalisin belirgin hale gelmesiyle karakterize “lateral çentik işareti” görülebilir (Şekil 10).^{16, 111, 174}

Radyolojik tanıda kullanılmak üzere, çeşitli stres grafiğeri de tariflenmiştir; bunlara örnek olarak Franklin’in tanımladığı kuadriseps kontraksiyon tekniğı verilebilir; fakat günümüzde MRG’nin yaygın kullanımıyla, bu yöntemlerin kullanımı azalmıştır.^{59, 111}



Şekil 10: A: Segond kırığı B: Lateral çentik işareti

ÖÇB yaralanması tanısındaki en faydalı radyolojik tetkik, manyetik rezonans görüntülemedir (MRG). Literatürde ÖÇB yırtıklarını göstermedeki doğruluk oranları %70-

100 arasında bildirilirken, son yıllarda bu oran %95-100 seviyelerine ulaşmıştır. ÖÇB, diz içinde oblik bir seyir izlediği için, tek bir sagittal MRG kesitinde bağın tümü nadiren gösterilebilir; fakat dizin 15° dış rotasyona alınmasıyla bağın tamamını göstermek mümkün olmaktadır.¹¹¹

Normal bir ÖÇB, MRG'de düşük sinyal intensitesi göstermektedir. ÖÇB yaralanması halinde T1 ağırlıklı sekanslarda orta sinyal intensitesi ve ÖÇB liflerinin düzenli yapısının bozulduğu görülürken (Şekil 11); T2 ağırlıklı sekanslarda ise artmış sinyal intensitesi, düzensiz ve kalınlaşmış lif demetleri görülür. Normal bağın interkondiler aralığının tavanına paralel seyri, bağın tamamının kopması halinde bozulur ve daha yatay bir hal alır. İnterkondiler çentiğinin lateral duvarındaki sinyal artışı belirgindir.¹⁵⁸

Magnetik rezonans görüntülerine göre, ÖÇB yaralanmaları sınıflanabilir, buna göre;¹⁵⁸

1. derece: Bağ içi yaralanmalar

2.derece: Bağ içi yaralanma + bağ boyunda uzama

3. derece: Bağ bütünlüğünün tamamen bozulması

MRG, aynı zamanda ÖÇB yaralanmasına eşlik eden bağ ve menisküs yaralanmalarını, kemik kontüzyonu ile kırık hasarını ve tibial eminentia kırıklarını göstermekte de son derece faydalıdır.



Şekil 11: ÖÇB kopuğunu gösteren T1 ağırlıklı sagittal kesit

4) Ön Çapraz Bağ Yaralanmasına Eşlik Eden Diğer Lezyonlar

ÖÇB yaralanmaları nadiren tek başına olur. Eşlik eden diğer bağ yaralanmaları, menisküs yırtıkları, eklem kıkırdağı yaralanmaları ve kemik kontüzyonları tedaviyi ve hastanın doğal seyrini komplike hale getirirler.²⁵

a) Bağ Yaralanmaları

Tek bir bağın hafif incinmesinden, tüm majör ligamanların koptuğu ciddi yaralanmalara kadar değişebilen klinikler görülebilir. Genellikle eşlik eden bağ yaralanmaları için cerrahi tedavi gerekmez. Bu kural 1. ve 2. derece medial kollateral ligaman yırtıkları için daha doğru iken, 3. derece yırtıklar için literatür tartışmalıdır. Medial kollateral ligamanın oblik liflerinin ve posterior kapsülün yırtıldığı, medial açılmanın fazla olduğu durumlarda medial kollateral ligaman ve kapsül tamiri gerekli olabilir.^{25, 118, 149}

Dizin posterolateral ve lateral yapılarının yaralanmaları, genellikle ÖÇB yaralanmasıyla ilişkili değildir; fakat eğer yaralanmışlarsa ve fark edilmemişlerse, ÖÇB rekonstrüksiyonu genellikle başarısız olur. Bu sebepten dolayı, posterolateral kompleksin ligaman ve kapsüller yaralanmaları, cerrahi olarak ÖÇB rekonstrüksiyonu ile aynı seansta veya daha sonra tamir edilmelidir.^{4, 25, 67}

b) Menisküs ve Eklem Kıkırdağı Yaralanmaları

Menisküs yaralanmaları, genellikle ÖÇB yaralanması ile aynı anda meydana gelir; rekonstrüksiyon uygulanmayan hastalarda sıklığı artar. Akut ÖÇB yırtıklarıyla beraberliği %15-40 seviyelerindeyken, kronik yırtıklarda bu oran daha yüksektir.⁹⁷ ÖÇB yırtığı ile birlikte menisküs yaralanması olan hastalarda, ilk 5 sene içinde osteoartrit sıklığında artma gözlenmemişken; 7-17 sene arası izlemlerde sıklığın arttığı bildirilmiştir.^{25, 77, 184} Fink ve arkadaşları ise, rekonstrüksiyon sırasında çıkartılan menisküs miktarının, osteoartrit gelişimiyle ilişkili olduğunu göstermişlerdir.⁵⁸

ÖÇB yaralanmalarıyla beraber görülen kondral lezyonların zaman içindeki etkilerini tahmin etmek zordur. Lezyonların dereceleri ve büyüklükleri literatürde farklı şekillerde bildirilmiştir; bu sebepten dolayı bildirilen sonuçlar arasında farklar vardır. Shelbourne ve arkadaşları, 1,7 cm ortalama büyüklükte, 3-4. derece kıkırdak lezyonları olan hastaların, rekonstrüksiyon sonrası 6. sene IKDC (International Knee Documentation Committee) skorlarının, kondral lezyonu olmayanlardan daha kötü olduğunu bildirmişlerdir.¹⁴² Diğer taraftan Wu ve arkadaşları ise, kondral hasar ile fonksiyonel sonuçlar arasında anlamlı bir ilişki bulamamışlardır.¹⁸⁴

c) Kemik Kontüzyonları

MRG'nin yaygın kullanımıyla, ÖÇB yaralanmalarıyla kemik kontüzyonları birlikteliğinin sık olduğu görülmüştür. ÖÇB yaralanmalarının %80'ininde, lateral kompartmanda kemik kontüzyonları görülmektedir.^{25, 79, 156} Bu lezyonların büyük bir çoğunluğu ilk 6 ay içinde düzelmektedir; bununla birlikte bazı çalışmalarda, 2-6 sene sonra yapılan MRG tetkiklerinde subkondral ve kondral lezyonlara daha sık rastlandığı bildirilmiştir. Uzun dönemde fonksiyonel sonuçlar üzerindeki etkileri, kontüzyonu olmayanlara göre farklı değildir.^{39, 52}

5) Ön Çapraz Bağı Kopuk Hastanın Doğal Seyri

Literatürde ön çapraz bağı kopuk dizin doğal seyri ile ilgili prospektif bir çalışma yoktur; fakat ÖÇB kopmasının kısa dönemde fonksiyonel bir instabilite yarattığı, ileri dönemde ise menisküs yaralanması, sekonder stabilizatörlerde yetmezlik ve erken başlangıçlı osteoartrite neden olduğu genellikle kabul edilmektedir.^{69, 86, 122, 124}

10-15 yıllık takiplerde, ön çapraz bağı kopuk olan ve rekonstrüksiyon uygulanmamış hastaların %60-90'ında osteoartrit bulgularına rastlanmıştır.^{86, 153} Bu hastalar, tıbbi yardım istediklerinde, primer osteoartritli hastalara göre genellikle 15-20 sene daha gençtirler.¹³⁵

ÖÇB rekonstrüksiyonunun, travma sonrası osteoartrit sıklığını azaltmadığını bildiren yayınlar da mevcuttur. Örneğin bir meta-analizde, 33 çalışma değerlendirilmiş; fakat rekonstrüksiyonun osteoartrit gelişimini geciktirdiği gösterilememiştir.¹⁰³

Rekonstrüksiyonla birlikte yapılan menisektominin de, sonuçları etkilediği görülmektedir. Menisektomi, osteoartrit riskini çıkarılan menisküs miktarı ile orantılı olarak arttırmaktadır. Rekonstrüksiyonla birlikte menisektomi uygulanan hastaların 7.yıl takiplerinde, osteoartrit radyolojik bulguları %66-100 oranına pozitif iken, izole bağ kopuklarında bu oran %10-20 civarındadır.^{61, 80, 141}

Sonuç olarak, günümüzde erken dönemde gelişebilecek osteoartritin ÖÇB rekonstrüksiyonu ile önlenebileceğine dair kesin kanıtlar olmamasına rağmen, genel görüş bu yöndedir. Rekonstrüksiyon ile instabilite düzeltilerek, menisküs ve eklem kıkırdağı hasarı önlenir; bu sayede osteoartrit riski azaltılmış olur.^{25, 61, 103}

6) Tedavi

Hikaye, fizik muayene ve görüntüleme yöntemleri ile ÖÇB yaralanması teşhis edildikten sonra uygulanacak tedavi yöntemine karar verilebilir. Hastaların aktivite düzeyleri, yaşları, eşlik eden yaralanmalar gibi faktörler değerlendirilerek konservatif tedavi veya cerrahi rekonstrüksiyon ile tedavi seçimi yapılır.

A) Hastaların Seçimi – Konservatif veya Cerrahi Tedavi

Ön çapraz bağı kopuk her hastanın cerrahi tedaviye ihtiyacı yoktur. Cerrahi tedavinin temelinde, hastaların dizlerinde dejenerasyon geliştiği ve cerrahi rekonstrüksiyonun normal diz fonksiyonlarını kazandırdığı düşüncesi bulunmaktadır. Konservatif tedavinin temelinde ise, bağ kopmuş olsa da dizin bazı koşullar altında iyi fonksiyonlar gösterdiği ve rekonstrüksiyonun osteoartrit gelişmesini önlemediği vardır. Ön çapraz bağı kopuk dizin

doğal seyri ve rekonstrüksiyonların sonuçları tam olarak bilinmediği için cerrahi uygulanacak hasta seçiminde de kesin kriterler yoktur.²⁵

Genellikle kabul edilen, ağır işlerde çalışan ve spor aktiviteleri ile uğraşan hastalardaki yırtıkların cerrahi tedavisinin gerektiğidir.^{41, 56} Rehabilitasyona rağmen tekrarlayan boşalma atakları da güçlü bir cerrahi endikasyondur.⁵⁶ Yaş tek başına bir belirleyici bir faktör değildir; fakat genç hastalar daha aktiftirler.^{17, 150} Menisküs yırtıkları, diğer ligamanların ciddi yaralanmaları ve günlük aktivitelerde instabilite görülmesi de cerrahi endikasyonlarıdır.⁵⁶ Artrometreler ile ölçülen ciddi anterior laksite farkları, kimi yazarlar tarafından cerrahi endikasyon olarak kabul edilirken; kimileri de bu ölçümlerin fonksiyonları yansıtmadığına ve kriter olarak kabul edilemeyeceğine inanmaktadır.²⁵ Tamamen kopuk bir ÖÇB'ye rağmen, konservatif tedavi ile başarılı sonuç alınabilecek hasta grubu ise; yüksek riskli aktiviteler ile uğraşmayan ve buna çaba gösteren, 40 yaşından büyük, ÖÇB yetmezliğine adapte olmuş, dizinde ileri derecede osteoartrit bulguları olan ve redüksiyon sonrası rehabilitasyon programını uygulayamayacak hastalardan oluşmaktadır.¹⁷² Akut eklem içi enfeksiyon varlığı rekonstrüksiyonun kesin bir kontraendikasyonudur.⁵⁶ Her hasta özelliklerine göre ayrı ayrı değerlendirilmelidir.

Büyüme plağı açık hastalarda (çocuk ve adölesanlar) görülen ÖÇB kopuklarının tedavisi de tartışmaların yoğun olduğu bir konudur. Aktivite modifikasyonları ve çeşitli breyslerin kullanıldığı tedaviler genellikle başarısız olmaktadır; zamanla menisküs ve kıkırdak yaralanmaları görülmektedir.^{25, 63} Cerrahi tedavi uyguladığında ise, büyüme plağından geçen tüneller, greftler ve fiksasyon materyalleri büyüme problemlerine yol açabilirler. Bu yöntemler ile iyi sonuçlar bildiren yayınlar olmasına rağmen, birçok yayında ciddi büyüme problemleri bildirilmiştir.^{25, 91} Bu sebepten dolayı, anatomik olmayan ve büyüme plağını koruyan cerrahi girişimler önerilmiştir.^{10, 28, 65} Bunların yanına, çocuğun spor aktivitelerine devamını engelleyerek, cerrahi girişimi geciktirmeyi önerenlerin sayıları da fazladır.^{92, 131, 183}

Sonuç olarak, büyüme plağı açık genç hastalarda uygulanacak tedavi hakkında bir görüş birliği yoktur. Plak boyunca geçen tünellerin güvenli olduğunu kanıtlayan bir çalışma olmadığı gibi, konservatif tedavi de genellikle başarısız olmaktadır.²⁵

ÖÇB'nin kısmi yırtıklarında ne yapılması gerektiği başka bir tartışma konusudur. 2 temel soru vardır: Bağıın sağlam kısmı fonksiyonları korumak için yeterli midir? Yapılacak aktiviteler ile kısmi yırtık tamamlanır ve diğer yapıların yaralanmasına neden olabilir mi? Kısmi yırtıklarda, bağıın değerlendirilmesi için artrometre kullanılabilir; buna göre dizler arası fark 3mm'den büyükse rekonstrüksiyon gerekmektedir.²⁵ Bir diğer yöntem ise bağıın artroskopik olarak değerlendirilmesidir.¹⁰¹ Noyes, bağıın $\frac{3}{4}$ 'ünün sağlam olduğu durumlarda tam yırtık ihtimalinin zayıf olduğunu; $\frac{1}{2}$ 'si sağlam ise %50 , $\frac{1}{4}$ 'ü sağlam ise %86 oranında tam yırtığın meydana geldiğini bildirmiştir.¹²³

Konservatif tedavi sırasında, kısmi menisektomi gerektiren menisküs yırtıkları gelişirse rekonstrüksiyon seçeneği yeniden değerlendirilebilir. Eğer menisküs tamiri planlanıyorsa, beraberinde yapılacak bir rekonstrüksiyon ile sonuçlar daha iyidir. Yine konservatif tedavi uygulanan hastalarda; kilitlenme, hiperekstansiyon ile ağrı ve devam eden efüzyon gibi şikayetler varsa güdüğün artroskopik eksizyonu şikayetleri azaltabilir.²⁵

Bir diğer problem ise, ÖÇB yırtığı ve osteoartrit birlikte görüldüğü durumlardır. Ağrı ve efüzyon var ama instabilite yoksa, rekonstrüksiyon muhtemelen fayda sağlamayacaktır; fakat instabilite nedeniyle dizde şişlik ve ağrı görülüyorsa rekonstrüksiyon gereklidir.^{119, 145} Osteoartrit dizde varus ile birlikte ise, rekonstrüksiyon yüksek tibial osteotomi ile beraber uygulanabilir.^{43, 120, 157} Tek başına yüksek tibial osteotominin de yeterli olduğunu bildiren yayınlar da vardır.^{95, 177}

B) Konservatif Tedavi

Akut dönemde başvuran hastada, öncelikle dizdeki şişlik ve ağrı azaltılmaya çalışılır. Bandaj, buz tedavisi ve immobilizasyon uygulanırken; analjezik ve anti-inflamatuar ilaçlardan

faaydalanılabılır. Hemartrozun sebep olduğu ağrı ve kas spazmı, ilerleyen günlerde dizde hareket kısıtlılığına ve  evre kaslarda atrofiye neden olabilir. Bu problemleri engellemek için, uzun süreli immobilizasyondan kaçınılmalı, ağrının ve şişliğin düzelmesini takiben, diz fleksiyon-ekstansiyon egzersizlerine, izometrik kuadriseps ve hamstring germe egzersizlerine başlanmalıdır. Tedavinin bu aşamasında fonksiyonel breysler kullanılabılır. Tam eklem hareket açıklığı sağlandıktan sonra, kuadriseps ve hamstring kaslarını kuvvetlendirmeye yönelik kapalı ve açık zincir kinetik egzersizlere başlanabilir. Hastanın, dizinde meydana gelen statik ve dinamik değişikliklere uyum sağlayabilmesi, konservatif tedavinin başarısını yakından etkiler.^{25, 161}

  B yırtıklarının tedavisinde, günümüzde daha çok cerrahi yaklaşım tercih edilmektedir. Cerrahi ve konservatif tedavi sonuçlarının karşılaştırıldığı birçok çalışmada, cerrahi rekonstrüksiyonun sonuçları daha iyi bulunmuştur.^{9, 25, 36, 179}

C) Cerrahi Tedavi

Cerrahi tedavi kararı alındıktan sonra, rekonstrüksiyonun zamanlaması en doğru şekilde yapılmalı; kullanılacak teknik, greft ve fiksasyon materyali belirlenmelidir.

I. Rekonstrüksiyonun zamanlaması

  B rekonstrüksiyonunun ideal zamanlaması için ortak bir görüş yoktur. Literatürde hem akut ve hem de geciktirilmiş rekonstrüksiyonlar için başarılı sonuçlar bulmak mümkündür. Farklı sonuçların ana sebepleri; çoğu çalışmanın retrospektif olması, ön yargılı yaklaşım ve akut-kronik yaralanma kavramları için kesin tanımların olmamasıdır.²⁵

Erken dönemde cerrahi girişimi savunanlar, ek yaralanmaları daha etkili bir biçimde önlediğine inanırlar. Bununla birlikte birçok çalışmada, diz hareket açıklığı kaybı ve artrofibrosiz oranı, akut rekonstrüksiyonlar ( zellikle 1. haftada yapılanlar) için daha yüksek bulunmuştur,^{87, 147, 160} fakat bunu doğrulamayan çalışmalar da vardır.^{73, 106, 108} Girişim

geciktirildikçe, menisküs ve kıkırdak yaralanmalarının görülme olasılığı artar; bu ek yaralanmalar cerrahi ve rehabilitasyon sürecini daha komplike hale getirirler.²⁵

Dizin cerrahi girişim öncesi durumunun, bağın kopmasından rekonstrüksiyona kadar geçen zamandan daha önemli olduğu genellikle kabul edilmektedir. Buna göre cerrahi öncesinde; diz hareket açıklığı tama yakın, şişlik ve ağrı en alt düzeyde olmalıdır. Hastaların mental olarak cerrahiye ve sonrasındaki rehabilitasyon sürecine hazır olmaları da, sonuçları etkileyen önemli bir faktördür.^{25, 109, 144}

Yaralanma sonrasında NSAİİ, fizik tedavi ve elastik sargılar ile mümkün olduğu kadar kısa bir sürede sinovit azaltılmalı ve diz hareket açıklığı normale yaklaştırılmalıdır. Sonrasında konservatif veya cerrahi tedavi uygulanabilir. Bu prensipler ile artrofibrosiz riski azaltılabilir.^{24, 25}

II. ÖÇB rekonstrüksiyonu teknikleri

Son 30 yılda, ÖÇB yaralanmalarının cerrahi tedavisinde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. 1970’li yıllara kadar, kopuk bağ eksize edilirken; 70’li yıllarda önemli bir fonksiyonu olduğu fark edilmiş ve otogreftler ile desteklenerek tamir edilmeye başlanmıştır. Tamir sonuçları genel olarak başarısızdır. Sonraki yıllarda ise, kopuk bağın tamamının otogreftler veya allogreftler ile değiştirildiği rekonstrüksiyon girişimleri uygulanmaya başlanmıştır. Artroskopik tekniklerin gelişmesiyle, başlangıçta artrotomik olarak yapılan bu girişimler, günümüzde genellikle artroskopik tekniklerle yapılmaktadır.²⁵

i) Tek veya çift insizyon: Çift insizyon ile ÖÇB rekonstrüksiyonu, genellikle rekonstrüksiyon girişimlerinin ilk yıllarında kullanılmış bir yöntem olup, bu yöntemde tüneller dışarıdan içeriye doğru açılmaktadır. Günümüzde ise, genellikle tek insizyon ile femoral tünelin içeriden dışarıya doğru açıldığı yöntem kullanılmaktadır. Çift insizyon ile işlemin daha basit, komplikasyon oranlarının daha az ve tünel yerleşiminin daha doğru olduğu savunulmuş;^{14, 70} tek insizyonla ise morbiditenin azaldığı, kozmetik görünümün daha iyi

olduğu, hastanede kalış süresinin, cerrahi süresinin kısaldığı ve rehabilitasyona erken başlandığı bildirilmiştir.^{18, 117} Literatüre bakıldığında, sonuçlar açısından bir metodun diğerine üstünlüğü gösterilememiştir. Günümüzde cerrahların büyük bir kısmı tek insizyon yöntemini kullanmaktadır.⁴⁴

ii) Tek veya çift tünel : ÖÇB, kompleks bir anatomiye ve biyomekanik fonksiyonlara sahiptir. Woo ve arkadaşları, tek tünel kullanılarak yerleştirilen greftlerin, dizin iç rotasyon ve valgus kuvvetlerine birlikte maruz kaldığı durumlarda, bu kuvvetleri yeterince kontrol edemediğini bildirmişler; bunu da cerrahi sonrası dönemde görülen bazı kötü sonuçların sebebi olarak göstermişlerdir.¹⁸¹ Ayrıca yapılan birçok kadavra çalışmasında da, çift tünel tekniği ile yapılan rekonstrüksiyonların, normal bağ fonksiyonlarına daha yakın sonuçlar verdiği bildirilmiştir.^{5, 105, 115, 185} Bu görüşlerin aksine, çift tünel tekniğinin hiçbir üstünlüğü olmadığını, aksine tekniğin zor ve komplikasyonların daha fazla olduğunu bildiren birçok yayın vardır.^{1, 66, 132}

Günümüzde çift tünel yöntemi ile yapılan rekonstrüksiyonların sayısı hergeçen gün artmasına rağmen, tek tünele göre üstünlüğü henüz net bir şekilde ortaya konamamıştır.²⁵

iii) Ekstraartiküler rekonstrüksiyon: Tibia lateralinin femura tenodezi ile, tibianın anterolateral rotasyonunu ve anterior yer değiştirmesini önlemek amaçlanmıştır; birçok teknik mevcuttur. Günümüzde kullanımı sınırlıdır. İskelet gelişimini tamamlamamış çocuklarda kullanılabilir. Erişkinlerde intraartiküler cerrahinin kısa ve uzun dönem sonuçları, ekstraartiküler cerrahilerden kesin olarak üstündür.²⁵

III. Greft seçenekleri

ÖÇB rekonstrüksiyonunda kullanılan greftlerin başlıcaları otogreftler, allogreftler ve sentetik greftlerdir. Genellikle tercih edilenler otogreftlerdir. Greft tipinin sonuçlar üzerindeki etkileri, ÖÇB ile ilgili literatürde önemli bir yer tutmaktadır.

i) Otogreftler: Hamstring tendonları (gracilis ve semitendinosus), patellar tendon ve kuadriseps tendon greftleri kullanılabilir. Hastalık taşıma ve alerjik reaksiyon oluşturma riskleri yoktur. Yerleştirildikten sonra, ilk dönemlerde güçlerinde %50'ye yaklaşan kayıplar görülebilir; bu sebepten dolayı, greft olarak normal bağdan kuvvetli dokuların seçilmesi daha doğrudur. Patellar tendon ve 4 katlı hamstring tendon greftleri daha sık tercih edilmektedir.¹¹¹

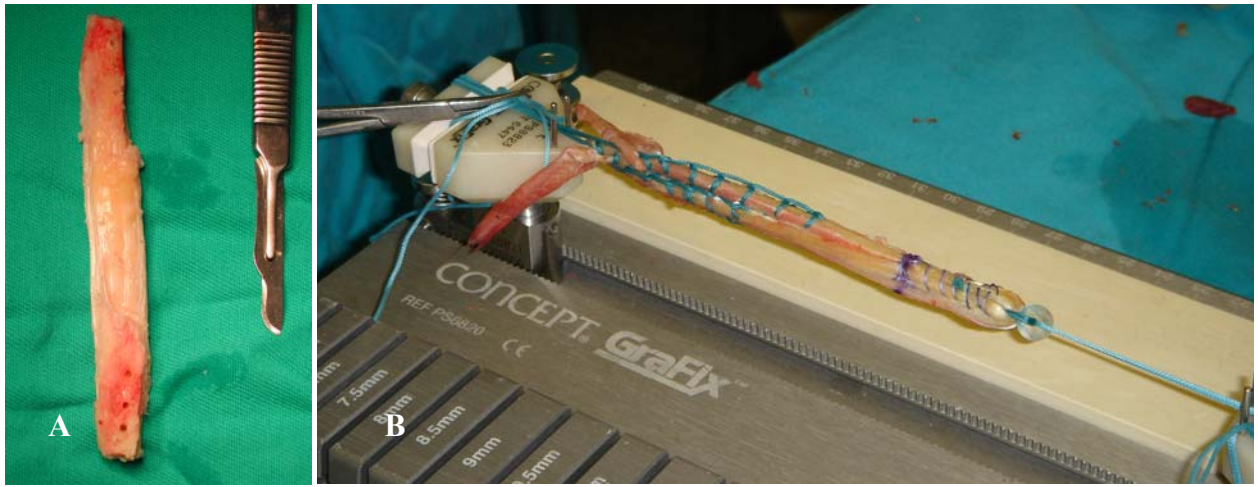
Patellar tendon grefti: Tendonun ortasından 8-11 mm genişliğinde ve her iki ucunda patella ve tibiadan kemik blokları olacak şekilde alınır (Şekil 12A). Dayanabildiği maksimum kuvvet yaklaşık 1784 ± 580 N ve sertliği 210 N/mm'dir; bu rakam normal bir tendonun 2160 ± 157 N ve 242 ± 28 N/mm olan değerlerine yakındır.¹⁵⁹ Tünel içinde kemik blokları bulunduğu için, greft sıkı bir şekilde tespit edilebilir ve greft ile kemiğin birleşmesi daha çabuk olur.^{25, 161} Komplikasyonları olarak; diz önü ağrısı, diz ekstansiyonunda ve gücünde kayıp bildirilmiştir.^{49, 50, 53, 140} Nadir görülmekle beraber patella kırığı, patellar tendon rüptürü, patellofemoral kondropati gibi komplikasyonlar da görülebilir.¹⁶¹

Hamstring tendon grefti: Donör alanı morbiditesinin daha az olması, son yıllarda hamstring tendonlarının kullanımını arttırmıştır. Ek olarak, diz önü ağrısı ve patellofemoral problemler daha az görülür, ekstansör mekanizma korunabilir. Bir diğer avantajı da kesit alanının patellar tendona göre daha fazla olmasıdır; bu sayede yeniden damarlanması daha kolay olmaktadır.^{62, 111, 155, 161, 188}

Semitendinosus tendonu tek başına ÖÇB'nin %75'i kadar, gracilis ise %49'u kadar güce sahiptir; bu sebepten dolayı tendonların birer kat kullanılmasıyla yapılan rekonstrüksiyon sonuçları, patellar tendonunkilere göre daha kötüdür.^{8, 26, 111} Günümüzde daha çok 4 katlı greftler kullanılmaktadır; bu yapının maksimum dayanma gücü 2422 ± 538 N ve sertliği 238 N/mm'dir (Şekil 12B).¹⁷⁸

Başlıca dezavantajları, kemik tünel içindeki tendon iyileşmesinin yavaş olması ve tünel içinde sıkı bir tespite izin vermemesidir.¹¹¹ Fleksiyon gücünde çok önemli olmayan azalmalar görülebilir.¹⁹

Patellar tendon greftleriyle karşılaştırıldığı çalışmaların çoğunda, klinik ve fonksiyonel sonuçlar benzerdir.^{3, 19, 33, 49, 76, 96, 140, 175} Fakat 2. seneden sonraki takiplerde, özellikle kronik olguların rekonstrüksiyonlarında, laksite miktarı daha fazla bulunmuştur.⁵³



Şekil 12: A) Patellar tendon otogrefti B) 4 katlı hamstring tendon otogrefti

Kuadriseps tendon grefti: Sadece yumuşak doku grefti şeklinde alınabileceği gibi, patellar kemiğin bir kısmıyla da alınabilir. 2352 N'a kadar kuvvetlere dayanabildiği bildirilmiştir. Genellikle revizyonlarda ve çoklu bağ yaralanmalarında kullanılmaktadır.¹¹¹

ii) Allogreftler: Patellar tendon, aşil tendonu, tibialis anterior-posterior veya fasya lata kullanılabilir. En sık kullanılanları patellar tendon ve aşil tendonudur. Taze dondurulmuş veya dondurulmuş kurutulmuş olabilirler. Taze greftler immunojeniktir, dondurma ve kurutma bu etkiyi azaltır.¹⁶¹

İstenilen miktar ve boyutlarda elde edilebilmeleri ve otojen sağlam dokulara zarar vermemeleri en büyük avantajlarıdır. Donör alan morbiditesi yoktur, fleksör ve ekstansör mekanizmalar korunabilir, kesiler daha kozmetiktir ve cerrahi sonrası rehabilitasyon daha kolaydır. Çoklu bağ yaralanmalarında ve revizyon vakalarında çok yararlı olabilirler.^{25, 159, 161}

Yeterli sterilizasyon yapılmamışsa enfeksiyon riski yüksektir (ör: HIV, hepatit C). Gama radyasyonu ile sterilize edilenlerde ise, mekanik güçte azalmalar görülmektedir. Depolama şartları da mekanik gücü etkiler. İmmunojenik özellikleri nedeniyle inflamasyon dönemi daha uzundur ve biyolojik bütünleşme daha yavaştır. Tünellerde genişleme ve greftin rezorbsiyonu görülebilir.^{25, 161}

iii) Sentetik greftler: Stryker-Dacron (poliester) ve Gore-tex (poli-tetra-floro-etilen) örnek olarak verilebilir. Tamamen bağın yerine kullanılabildikleri gibi, bir otogrefti veya allogrefti geçici bir süre desteklemek için de kullanılabılır. Sağlam dokulara zarar vermedikleri, ilk yerleştirildikleri andan itibaren güçlü olmaları (erken aktiviteye izin verirler) ve istenilen miktarda elde edilebilmeleri nedeniyle avantajlıdır. Buna karşılık eklem içi aşınma, sinovit ve kopma sık görülür.^{25, 161} Uzun dönem takiplerde, başarısız oldukları görülmüştür.^{64, 93, 114}

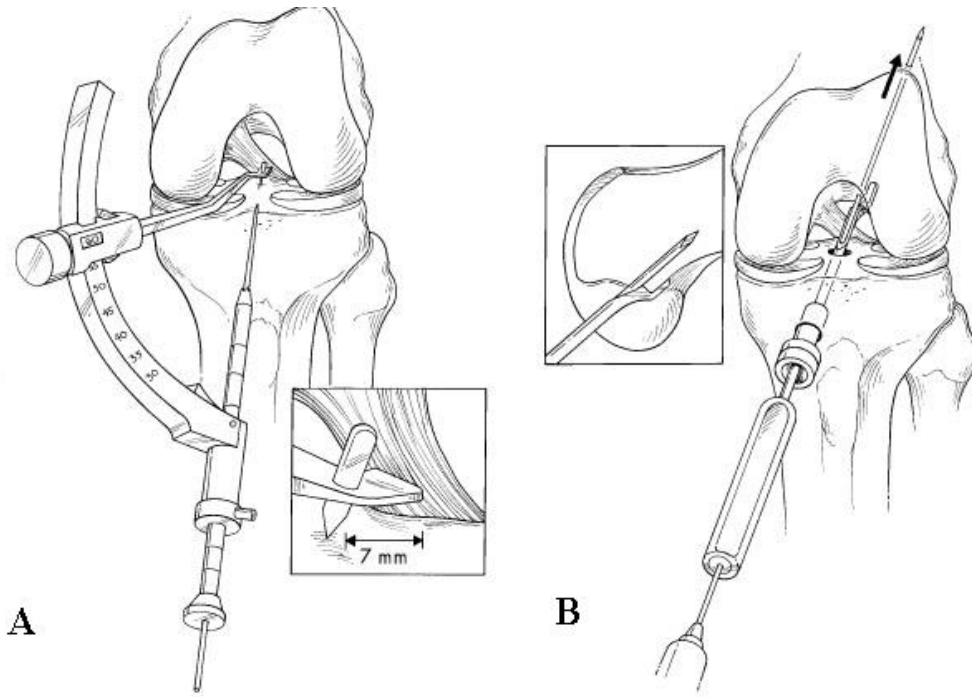
IV. Greftin yerleştirilmesi

Rekonstrüksiyonun en kritik aşamalarından birisidir. ÖÇB'nin tibial ve femoral yapışma alanları, rekonstrüksiyonlarda kullanılan ortalama 10 mm'lik greftlerin çaplarından daha geniştir. Greftin bu alanlara normal bağın fonksiyonlarını oluşturacak şekilde yerleştirilmesi gereklidir.¹¹¹

Genellikle önerilen, greftin olabildiğince izometrik yerleştirilmesidir. İzometrik yerleşim ile fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerinde greft uzunluğundaki değişim 2 mm'nin altındadır; bu sayede greftin fazla gerilmesi ve kopması önlenmiş olur. Fakat bazı tartışmalar da vardır; çünkü normal ÖÇB izometrik değildir (AM ve PL demetler fleksiyon ve ekstansiyon sırasında farklı uzunlukta ve gerginliktedir). Yapılan çalışmalar, diz hareketleri ile posterolateral

demetteki gerginliğin bağıın bütününe daha fazla benzediğini, anteromedial demetin gerginliğinin ise daha sabit olduğunu göstermiştir. Bu sebeplerden greftin, ön çapraz bağıın tibial yapışma alanının posterioruna yerleştirilmesi (PL demete benzer olarak) genellikle tercih edilmektedir. Ayrıca anterior yerleşimli greftlerde, diz ekstansiyonu ile greft interkondiler aralığın tavanına sıkışabilir; bu da greftin zarar görmesine ve zamanla kopmasına neden olur. Greftin posteriora yerleştirilmesi ile sıkışma önlenir.^{72, 89, 111, 161}

Tünellerin doğru açılabilmesi için bazı anatomik noktaları referans alan sistemler geliştirilmiştir. Bunların yardımıyla greftler daha doğru yerleştirmek mümkündür. Tibial tünelin giriş yeri, eklem çizgisinin ortalama 30 mm distalinde olmalı ve tibia uzun eksenine yaklaşık 55° açı yapmalıdır. Eklem içi çıkış noktasının merkezi, medial tibial çıkıntıya mümkün olduğunca yakın ve arka çapraz bağıın ön noktasından 7 mm anteriorda yer almalıdır (Şekil 13A).^{111, 161}



Şekil 13: A) Tibial tünelin çıkış noktasının arka çapraz bağına göre belirlenmesi B) Femoral tünel klavuzu

Femoral tünel, interkondiler aralığın tavanı referans olarak alındığında sağ diz için saat 10-11, sol diz için saat 1-2 yönünde ve lateral kondilin posteriorunda 2 mm kemik duvar kalacak şekilde açılır; derinliği ise greftin tünel içindeki boyuna göre hesaplanır ( ekil 13B). Tünel anteriorda açılırsa, tüneller arasındaki mesafe diz fleksiyonu ile artacağından, dizde fleksiyon kısıtlılığı, bağda gerginlik ve yetmezlik görülebilir.^{89, 111, 161}

Bazı hastalarda interkondiler aralık doğal olarak dardır; bazı hastalarda ise, özellikle kronik olgularda, interkondiler aralık osteofitler nedeniyle daralmış olabilir. Bu durumlarda, greftin sıkı masını önlemek ve tünelin açılacağı alanı rahat görebilmek için interkondiler çentik genişletilebilir.^{111, 161}

V. Greftin gerginliği

Fiksasyon sırasında grefte uygulanan kuvvetin, sonuçlar üzerine direkt ekisi vardır. Eğer greft yeterince gergin değilse, dizde anormal bir laksite görülürken; fazla gergin olması ise hareketlerin kısıtlı olmasına, greftin veya tespitin yetmezliğine neden olabilir.²⁴ Eklem kinematiğindeki değişiklikler kıkırdak dejenerasyonuna yol açabilir.¹¹¹ Aşırı gerilen greftlerin kanlanması zayıf olduğu ve miksoid dejenerasyon meydana geldiği de bildirilmiştir.¹⁸⁷

Yasuda ve arkadaşları, 4 katlı hamstring greftlerinde 80 N gerdirmeye kuvveti ile 20 N'a göre daha iyi sonuçlar aldıklarını bildirmişlerdir.¹⁸⁶ Nicholas ve arkadaşları ise, patellar tendon kullanıldığında, diz tam ekstansiyonda iken 90 N gerdirmeye kuvvetinin 45 N'a göre daha başarılı olduğunu belirtmişlerdir.¹¹⁶

Günümüzde tespit sırasında greftin gerginliğinin ne kadar olması gerektiği hakkında ortak bir görüş yoktur. Uygulanacak kuvvet greftin cinsine, boyuna ve dizin pozisyonuna göre farklılık gösterebilir. Teorik olarak greftin gerginliği instabiliteyi önleyecek kadar (negatif lachman testi) olmalıdır ve aşırı germeden kaçınılmalıdır.^{111, 161}

VI. Greftin tespiti

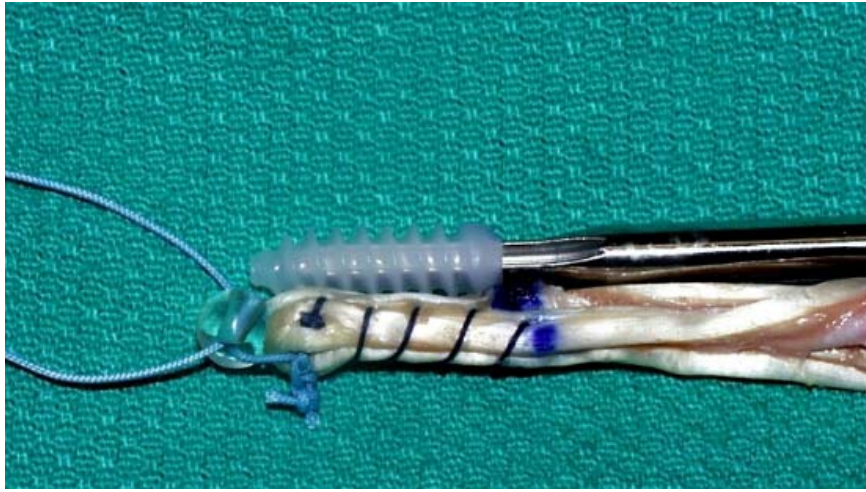
Biyomekanik açıdan bakıldığında, cerrahi sonrası erken dönemde rekonstrüksiyonun zayıf halkaları tespit bölgeleridir. Bu dönemde greftin tespiti erken harekete ve rahabilitasyona izin verecek kadar sağlam olmalıdır. Uzun dönemde amaçlanan ise, greftin yapışma bölgesiyle biyolojik olarak bütünleşmesi, böylece yükün tendondan kemiğe aktarılmasının sağlanmasıdır.^{24, 111, 161}

Seçilen greftin tipine bağlı olarak, kemik veya yumuşak dokular kemik tünelin içine veya dışarıdan kortikal kemiğe tespit edilebilir. Femoral tespit için genellikle interferans vidaları, düğme implantlar (endobutton) ve çapraz pinler kullanılırken; tibial tespit için interferans vidaları, zımbalar, pul-vida ve vida-zimba sistemleri, vida etrafından geçirilen sütürler gibi birçok farklı tespit yöntemi kullanılabilir (Şekil 14). Bu meteryallerin dayanabildikleri maksimum kuvvetler ortalama 200 N ile 1600 N arasında değişmektedir ve her birinin çeşitli avantajları ve dezavantajları vardır.^{24, 60, 111, 161}

Patellar tendon greftleri kullanıldığında, en çok tercih edilenler titanyum interferans vidalarıdır. Birçok çalışmada yeterli tespiti sağladıkları ve cerrahi sonrası sonuçlarının iyi olduğu gösterilmiştir. Kemik plağın boyuna ve tünelin genişliğine göre vidaların çapları (7-10 mm) belirlenir.

Son yıllarda biyobozunur vidaların kullanımında bir artış görülmektedir. Genellikle poli-L-laktik asit ve poliglikolik asit türevlerinden yapılan bu vidaların dayanma güçleri metal vidalarla yakındır ve klinik sonuçları başarılıdır.^{24, 57} Genellikle 1 sene içinde vidanın tamamen yıkıldığı ve 3 yıl içinde de yerini normal kemik dokusunun doldurduğu görülür.²⁴ Bu da özellikle revizyon uygulanması durumunda bir avantaj oluşturur. Bu vidaların kullanımıyla, tespit sırasında vidaların kırılması ve cerrahi sonrasında steril efüzyonlar görülebilir.^{111, 161}

Hamstring tendon greftleri gibi yumuşak doku greftlerinin tespitinde tartışmalar mevcuttur. Özellikle rehabilitasyonla çabuk yük verme, kuadriseps kasının erken dönemde kullanılması ve spora erken dönüş amaçlanıyorsa tespitin çok sağlam olması şarttır. En uygun yöntem için ortak görüş bir yoktur. Günümüzde yumuşak doku interferans vidaları, düğme implantlar, çapraz pinler, zimbalar, pullar vb. tespitite kullanılmaktadır. Birçok çalışmada düğme implantların taşıma gücünün diğerlerinden daha fazla olduğu gösterilmiştir.^{24, 60, 111}



Şekil 14: Greftin femoral tespiti için hazırlanmış boncuk (endopearl) ve biyobozunur vida

VII. Ligamentizasyon

Greft dize yerleştirildikten sonra yapısal özelliklerini değiştirip, ÖÇB benzeri bir yapıya dönüşür; bu sürece ligamentizasyon denir. Yapılan çalışmalar, tamamen kemiğe integre olmuş ve olgunlaşmış bir greftin bile, orjinal bağın yapı özelliklerine sahip olmadığını; aslında ÖÇB fonksiyonlarını gösteren bir skar dokusu olduğunu göstermektedir.^{38, 161}

Ligamentizasyonun 3 evresi vardır. İlk evre nekroz evresidir; ortalama 6 hafta sürer. Hücre sayısında belirgin bir azalma görülürken; sinovya dokusu grefti kaplamaya başlar. Ardından greftin yeniden damarlanmaya başladığı revaskülarizasyon dönemi görülür. Greftin tipine

göre değişmekle beraber, ortalama 6 ay kadar sürer. Bu dönemde greft içine yoğun bir hücre göçü vardır ve nekrotik dokular temizlenir. Son evre, olgunlaşma evresidir. Bu evrede kemik integrasyonu görülürken; greft normal bağa benzemiştir.^{71, 161}

Patellar tendon greftlerinde ligamentizasyon daha başarılı ve daha kısa sürede meydana gelirken; hamstring tendon greftlerinde ve özellikle allogreftlerde süre uzundur. Bu sebeplerden dolayı, hamstring tendon greftleri veya allogreftler ile rekonstrüksiyon yapılan vakalarda, ilk 6 ay içinde agresif rehabilitasyon uygulanırsa, patellar tendona göre artmış anterior laksite görülebilir.²⁴

7) ÖÇB Rekonstrüksiyonu Sonrasında Rehabilitasyon

İyi sonuçların alınabilmesi için, cerrahi girişimin ardından uygun bir rehabilitasyon şarttır. Rehabilitasyonun amacı, hastaya normal eklem hareket açıklığını ve kas gücünü, grefti koruyarak, yeniden kazandırmaktır. Yoğun rehabilitasyon artrofibrosizi önlerken, güç ve fonksiyonun daha erken kazanılmasını sağlar. En önemli basamak tam ekstansiyonun kazanılmasıdır. Cerrahi sonrasında, diz bir breys içerisinde tam ekstansiyon pozisyonunda immobilize edilir. Soğuk terapisi için buz kullanılabilir. Diz desteklenirken aktif ve pasif diz fleksiyon ve ekstansiyon egzersizleri yaptırılabilir. Devamlı pasif hareket cihazları, artrofibrosiz için ameliyat edilenler dışında, rutin olarak kullanılmazlar; literatür bu cihazların ek faydasını gösterememiştir.^{24, 111, 137}

Cerrahi sonrasında uyluk kaslarında kısa süre içerisinde atrofi gelişir. Özellikle 6. haftada çok belirgindir. Karşı uyluğun çapına göre ortalama fark 4,2 cm kadar olabilir. Ameliyat sırasında turnike kullanımı, erken dönemde kuadriseps gücünün yeniden kazanılmasını geciktirirken; uzun dönemde kullanılmayanlara göre fark yoktur. Hamstring veya patellar tendonlar ile yapılan rekonstrüksiyonlar sonrasında, fleksiyon-ekstansiyon kas kuvvetleri karşılaştırıldığında, iki grup arasında anlamlı farklar gösterilememiştir.¹¹¹

Elektrik kas stimulasyonunun, erken dönemde kas atrofisini azaltmak, uzun dönemde ise güçlendirmek için kullanılmasının bir faydası yoktur. Kuadriseps kası çok zayıf ise, yeniden eğitilmesi için kullanılabilir.¹¹¹ Erken dönemde, hamstring kaslarını kuvvetlendirmeye önem vermek gerekir; bu kasların anterior tibial transasyonu önleyen fonksiyonları vardır. Kuadriseps kasını kuvvetlendirmek için düz bacak kaldırma çalışmaları yaptırılır. Bu dönemde yaptırılan açık zincir kinetik egzersizleri, ÖÇB üzerinde stres oluşturur. Dirence karşı egzersizler kapalı zincir şeklinde yaptırılırsa, hareket sırasındaki aksiyel kuvvet greftin korunmasına yardımcı olur. Açık zincir ve kapalı zincir egzersizleri uygulanan hastalar karşılaştırıldığında, kapalı zincir grubunda dizler arasındaki laksite farkı ve patellofemoral ağrı sıklığı daha az bulunmuştur; hastalar sonuçlardan daha memnun olmuşlar ve günlük aktivitelere daha çabuk dönmüşlerdir.³² Rehabilitasyon sırasında greft üzerinde oluşan streslerin etkilerinin her zaman olumsuz mu olduğu, yoksa greftin şekillenmesi için gerekli mi olduğu henüz bilinmemektedir.^{24, 111}

İzole ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası erken dönemde, koltuk değnekleri ile kısmi yük verdirilebilir. Zayıflamış kuadrisepsi desteklemesi için breys kullanılmalıdır. Rekonstrüksiyonla beraber menisküs veya kıkırdak da tamiri uygulanmış ise, yük verdirme durumu değişir. Cerrahi sonrası koltuk değneklerinin 3-4 hafta kadar kullanılması yeterlidir.^{111, 170}

İlk 2 hafta içinde proprioepsiyon eğitime de başlanır. Tam aktiviteye dönebilmek için, uyluk kas gücünün normalin %80'ine ulaşması ve hastanın spor aktivitelerine özel çeviklik çalışmalarını yapabilmesi gereklidir. Greftin olgunlaşması sağlamak için, genellikle ilk 6 ay spor aktivilerine dönüşü izin verilmez.¹¹¹ Hayvan çalışmaları, greftin 6-12 ay süreyle ciddi kuvvetlerden korunması gerektiğini göstermektedir. Hızlandırılmış rehabilitasyon rogramı ile 6. aydan sonra spora dönen hastaların sonuçları iyidir.^{27, 143}

Tablo 1: ÖÇB Rehabilitasyon Protokolü

<u>0-2. haftalar:</u> <u>Amaçlar</u> - Tam diz ekstansiyonu - 90° diz fleksiyonu - Güçlü bir kuadriseps / düz bacak kaldırma - Normal yürüme - Patellar hareket <u>Egzersizler</u> - Pasif ekstansiyon hareketleri - Düz bacak kaldırma - Pasif, aktif, aktif yardımcı fleksiyon - Yatarak / ayakta hamstring çalışması - Proprioseptif çalışmalar (yük kaydırma vb.) - Koltuk değnekleriye kısmi yük vererek yürüme <u>2-4. haftalar:</u> <u>Amaçlar</u> - 0°-120° diz hareket açıklığı - Koltuk değnekleri olmadan tam yük vererek yürüme <u>Egzersizler</u> - Diz hareket açıklığı egzersizleri - Ağırlıklarla düz bacak kaldırma - Bisiklet (hareket açıklığı için) - Topallamadan yürüyebiliyor ve kuadriseps kontrolü iyi ise, koltuk değneksiz yürütme - 2 ayakla çömelme egzersizleri - Bacak presleri - Yürüme bandı	<u>4-6. haftalar:</u> - Tam diz hareket açıklığı - Yüksek hızlı izokinetik kuadriseps ve hamstring çalışmaları - Merdiven çıkma - Kapalı zincir egzersizleri <u>8-10. haftalar:</u> - Diğer egzersizler ve izokinetik çalışmalar ilerletilerek sürdürülür - Hafif koşu <u>12-14. haftalar:</u> - Hafif ağırlıklar ile diz hareket açıklığı çalışmaları - Koşu programı (kuadriseps gücüne göre) - Polimetrik program <u>16-18. haftalar:</u> - Kuadriseps ve hamstring kasları için izokinetik güçlendirme egzersizleri - Polimetrik program ilerletilir - Çeviklik çalışmaları - Spora özel çalışmalar <u>5- 6. aylar:</u> - Kuadriseps kası değerlendirilir - Belirlenen spora dönüş
---	--

8) Ön Çapraz Bağ Cerrahisinde Komplikasyonlar

Cerrahi sırasında görülen komplikasyonlar ve cerrahi sonrasında görülen komplikasyonlar olarak 2 gruba ayrılabilir.

Cerrahi sırasında görülen komplikasyonlar; patella kırığı, greft uzunluğunun yetersiz olması, kemik plak ile tünel çapının uyumsuz olması, greftin kırılması, dikiş kopması, femoral ve tibial tünellerin yanlış pozisyonları ve posterior femoral korteksin kırılması gibi cerrahi teknik ile ilişkili komplikasyonlardır.¹¹¹

Cerrahi sonrasında görülen komplikasyonların en sıkıları, hareket kısıtlılığı (özellikle ekstansiyon) ve diz önü ağrısıdır. Bu komplikasyonların sıklığını literatürden belirlemek zordur. Shelbourne ve Urch, 622 hastalık serilerinde, 8 hastada (%1) ekstansiyon kaybı nedeniyle 2. bir cerrahi girişim gerektiğini; hastaların hiçbirinde aktiviteyi kısıtlayan diz önü ağrısı görmediklerini bildirmişlerdir.¹⁴⁶ Kartus ve arkadaşları ise, 604 hastalık serilerinde 81 hastada (%13) 5°'den fazla ekstansiyon kaybı, 203 hastada (%34) ise orta ve şiddetli diz önü ağrısı bildirmişlerdir. Her iki çalışmada da patellar tendon otogreftleri kullanılmıştır.⁸⁸

Diz hareket açıklığındaki kayıp cerrahi öncesindeki, sırasındaki veya sonrasındaki bir takım faktörlere bağlı olabilir. Girişimden önce; dizde efüzyon olması, diz hareketlerinin kısıtlı olması ve eşlik eden bağ yaralanmalarının bulunması, cerrahi sonrasında eklem hareketlerinde kısıtlılık riskini arttırmaktadır. Tünel pozisyonlarının yanlış olması, interkondiler çentigin yeterince genişletilmemesi, greftin fazla gerilmesi veya sıkışması cerrahi sırasındaki faktörlerdir. Cerrahi sonrasındaki faktörler ise, immobilizasyonun uzatılması ve yetersiz veya uygun olmayan rehabilitasyondur.¹¹¹ Bu faktörlerin birçoğu sonuçta artrofibrosiz neden olmaktadır. Artrofibrosiz, eklem içinde veya dışında oluşan yoğun skar dokusunun eklem hareketlerini kısıtlamasıdır. Yoğun skar dokusu parapatellar, suprapatellar ve interkondiler bölgelerde, son olarak da eklem yüzeyinde yoğunlaşır. İnfrapatellar yağ yastıkçığında, patellar ligamanda, kapsül ve kuadriseps kasında fibrosiz görülebilir. Tedavisinde, öncelikle fizik

tedavi yöntemleri kullanılır; başarı sağlanamaz ise artroskopik ve açık yöntemler ile yapışıklıkları açmaya ve eklem hareketlerini düzeltmeye yönelik girişimler yapılır.^{100, 161}

Diz önü ağrısı, muhtemelen ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası en sık rastlanan ve en uzun süren komplikasyondur. Patellar tendon grefti kullanılan olgularda sıklığı daha fazladır; fakat diğer greftlerin kullanılmasıyla da görülebilir.^{111, 161} İleri dönemlere kadar patellofemoral eklem radyolojik görünümü normaldir; bununla beraber 3-89 ay sonra yapılan ikinci artroskopilerde dejeneratif değişikliklerin saptandığı da bildirilmiştir.¹⁴⁸ Patellofemoral ağrı, fleksiyon kontraktürü ve kuadriseps kas gücünün az olması arasında bir ilişki olduğu gösterilmiştir.^{111, 138}

Genellikle günümüzdeki cerrahi sonrası rehabilitasyon protokolleri, immobilizasyonun sınırlı uygulanması önermektedir; bunun yanında uygulanan agresif rehabilitasyonlarla da hareket açıklık kaybı ile diz önü ağrısının sıklığı azalmıştır.¹¹¹

Rekonstrüksiyonlar sonrası görülebilen diğer komplikasyonlar ise; enfeksiyon, derin ven trombozu, büyüme plağı hasarı, patellar tendon avulsiyonu ve patella kırığıdır.¹⁶¹

YÜRÜME ANALİZİ

Yürüme özelliklerinin, biyomekaniğin temel prensipleri yardımıyla, sayılarla ifade edilmesidir. Günümüzde yürüme bozukluğu olan hastaların (ör: serebral palsy) değerlendirilmesinde ve tedavilerinin planlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Kullanıldığı bir diğer alan ise kas iskelet sistemi araştırmalarıdır. Özellikle alt ekstremitede kinetik, kinematik ve basınç ölçümleri ile, eklem biyomekaniği çalışmaları yapılmaktadır. Eklemlere yapılan girişimlerin etkileri de yürüme analizi teknikleri kullanılarak değerlendirilebilir.^{51, 84}

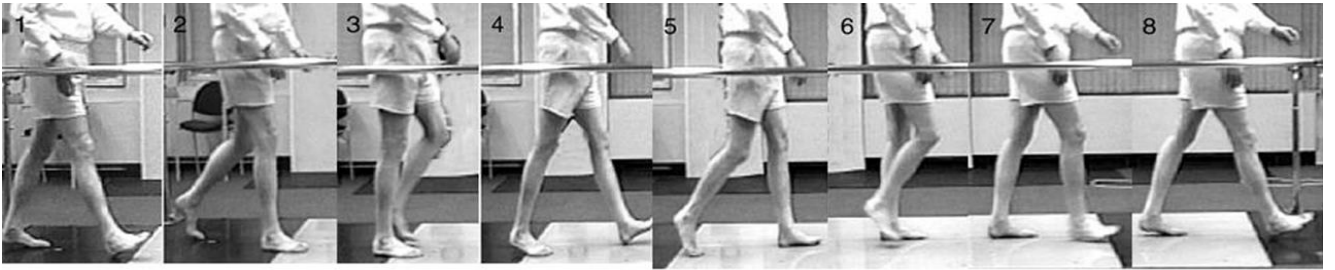
Yürüme, bir yere hareket ederken iki bacağın birden, en az biri her zaman yere temas edecek şekilde, destek ve ilerlemek amacı ile kullanılmasıdır. Kendini tekrar eden hareketlerden oluşur; bu hareketlerin bütününe yürüme döngüsü adı verilir. Yürüme döngüsü bir ayağın yere teması ile başlar ve aynı ayağın yere tekrar temas etmesiyle sonlanır; duruş ve salınım fazları adı verilen 2 temel dönemden oluşmuştur (Şekil 15).^{51, 84}

Duruş fazı, bir yürüme döngüsünün %60'ını oluşturur; ilk temas, yüklenmeye cevap, orta duruş fazı, terminal duruş ve salınım öncesi dönemlerinden oluşmaktadır. Salınım fazı ise, yürüme döngüsünün %40'ını oluşturur; ilk salınım, orta salınım ve terminal salınım dönemlerinden oluşur (Tablo 2).⁵¹ Her yürüme döngüsünde, her iki ayağın da yer ile temas halinde olduğu 2 dönem vardır ki bunlara çift destek adı verilmektedir. İlk temas ve salınım öncesi dönemlerde görülürler ve toplam döngünün yaklaşık %20-24'ünü oluştururlar.⁵¹

Yürüme analizi çalışmalarında, bazı özel terimler kullanılmaktadır; bu terimler şunlardır:⁸⁴

1) Çift adım (stride): Bir yürüyüş döngüsü iki adım olarak tanımlanır. Çift adım, herhangi bir ayağın topuğunun yere değmesi ile başlar ve aynı ayağın topuğunun bir sonraki teması ile sona erer.

- 2) Çift adım uzunluğu: Topuğun yere ilk temas ettiği nokta ile bir sonraki temas noktası arasındaki mesafedir. Metre ile ifade edilir.
- 3) Çift adım zamanı: Bir çift adımın süresidir, saniyeler ile ifade edilir
- 4) Kadans : Birim zamanda atılan adım sayısıdır (adım/dakika).
- 5) Yürüyüş hızı: Birim sürede kat edilen mesafedir (metre/sn)
- 6) Adım genişliği: Her iki topuğun yere temas noktaları arasındaki, yürüyüş yönüne dik olarak ölçülen uzaklıktır.



Şekil 15: Yürüme döngüsü

Tablo 2: Yürüme döngüsünün fazları

<u>Duruş fazı</u>	<u>Referans noktaları</u>
İlk temas	1) Topuğun yere teması
Yüklenmeye cevap	2) Ayağın tamamının yere temasından, karşı ayağın yerden kaldırılmasına kadar
Orta duruş	3) Karşı ayağın yerden kaldırılmasından, aynı taraf tibianın vertikal oluşuna kadar
Son duruş	4) Topuğun kalkmasından, karşı ayağın yere temasına kadar
Salınım öncesi	5) Karşı ayağın ilk temasından, aynı taraf ayak parmaklarının yerden kaldırılmasına kadar
<u>Salınım fazı</u>	<u>Referans noktaları</u>
İlk salınım	6) Ayağın yerden kalkmasından, karşı ayak ile aynı hizaya gelmesine kadar
Orta salınım	7) Karşı ayak ile aynı hizaya gelmesinden, tibianın vertikal olmasına kadar
Son salınım	8) Tibianın vertikal olmasından, ayağın yere temasına kadar

Yürüme Analizi Yöntemleri

Yürüme analizi yapılmadan önce, hastaya detaylı bir fizik muayene yapılmalıdır. Alt ekstremité deformiteleri, eklem hareket açıklıkları, kas kuvvetleri ve nörolojik durum değerlendirildikten sonra yürüme parametreleri ölçülebilir. Yürüme analizinde kullanılan temel yöntemler şunlardır:⁸⁴

- 1) Görsel analiz: Yürüyüş, herhangi bir alet kullanılmadan sadece göz ile değerlendirilebildiği gibi, yüksek teknolojiye görüntü kayıt cihazlarının yardımıyla da değerlendirilebilir. Görüntülerin ölçümlerde kullanılmak üzere saklanabilmesi, kayıt cihazlarını tercih sebebi yapmıştır.
- 2) Açısal kinematik analiz: Elektrogoniometre ile veya 3 boyutlu işaretleme sistemleri kullanılarak eklemlerin açısal hareketleri değerlendirilir.
- 3) Elektromyografik (EMG) analizler: Kas fonksiyonu ve motor performans değerlendirilir.
- 4) Kuvvet levhası analizleri: Ayak tabanı ile yer arasındaki ilişki incelenir.
- 5) Video-floroskopik analizler: Kemik ve implantların direkt olarak gözlenmesini sağlarlar.

Kantitatif yürüme analizi verileri, 3 temel bileşenden oluşmaktadır. Bunlar, kinetik veriler (hareketi oluşturan kuvvetler), dinamik EMG verileri (yürüme sırasındaki kas aktivitesi) ve kinematik verilerdir (yer değiştirme, hızlanma, eklemlerin açısal değişiklikleri gibi hareketle ilgili).⁵¹ Bu verilerin elde edilebilmesi için, günümüzde yürüme analizi çalışmaları modern hareket laboratuvarlarında yapılmaktadır. Bu laboratuvarlarda genellikle 3 temel sistem bulunur; bunlar hareket yakalayıcı sistemler, kuvvet plakaları ve elektromyografidir.^{34, 84}

- 1) Hareket yakalayıcı sistemler: En sık kullanılanlardan birisi pasif optoelektronik metottur. Bu yöntemde özel video kameralar (genellikle 6-12 adet) hastanın cildine yerleştirilen düşük ağırlıklı pasif yansıtıcıları izler; buradan alınan veriler bir bilgisayar tarafından bir araya getirilir ve vücudun 3 boyutlu görüntüsü elde edilir. Buradan elde edilen bilgiler ile, vücut

segmentlerinin açısai değişimleri, yürüme hızı, adım uzunluğu ve yürüme fazlarının yzdeleri gibi kinematik hesaplamalar yapılabilir.^{34, 84}

2) Kuvvet levhaları: Zemin ile ayak arasındaki ilişkiyi “yer reaksiyon kuvvetini” ölçerler.

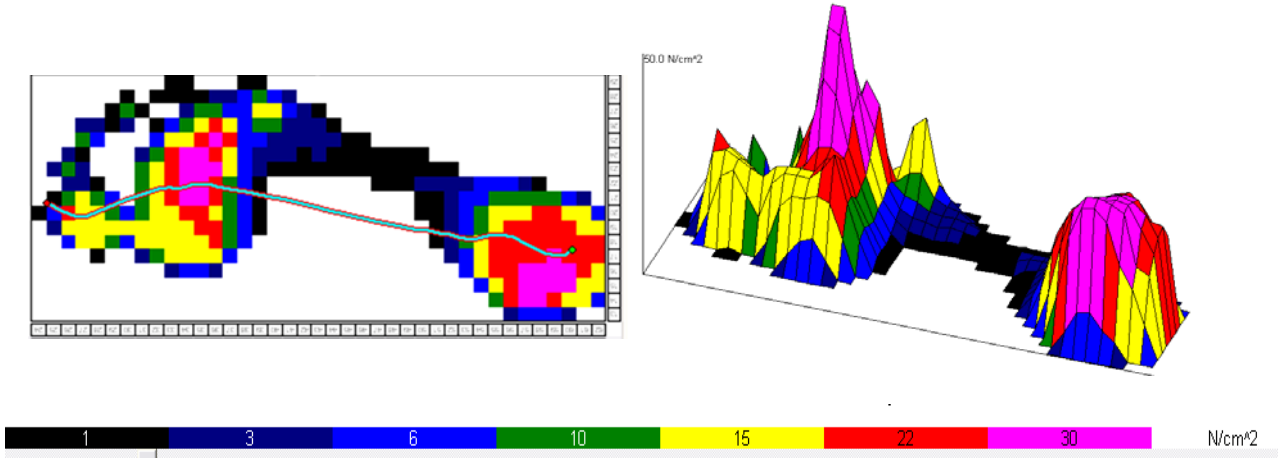
Yer reaksiyon kuvvetinin 3 bileşeni (vertikal, ön-arka ve mediolateral kuvvetler) ve eşlik eden momentler ölçölerek, kinetik ve kinematik hesaplamalar yapılabilir. Bu yöntemle “ters dinamik” adı verilmektedir.^{34, 84}

3) EMG: Cilde veya kas içine yerleştirilen elektrotlar ile yürüme sırasındaki kas aksiyon potansiyeli ölçölür; bu yöntemle dinamik EMG adı verilir. Bu veriler kinetik ve kinematik verilerle birleştirilir ve hastanın nöromusküler durumu hakkında bilgi elde edilir.⁸⁴

Pedobarografi

Yürüyüş sırasında ayak tabanı basıncının ölçölmesi ile başta ayak ve ayak bileği fonksiyonları olmak üzere, diğer alt ekstremite fonksiyonları hakkında bilgiler elde edilebilir. Yürüme analizi çalışmalarında kullanılan kuvvet platformları ile, ayak ve yer arasındaki ilişkiyi, yer reaksiyon kuvvetlerini ölçerek değerlendirmek mümkünken, ayağın yere göre nasıl yüklendiğini değerlendirmek güçtür. Ayak tabanındaki atipik yüklenmeler sistemik veya lokalize bir alt ekstremite patolojisinin varlığını veya varlığı bilinen bir patolojik durumun kötüye gittiğini gösterebilir. Bu sebeplerden dolayı taban basıncı ölçümü klinisyene değerli bilgiler sunmaktadır.¹²⁶

Taban basıncını değerlendirmek için, hastayı ışıklandırılmış cam yüzeye veya çeşitli boyalar içeren yüzeylere bastırmak gibi basit yöntemler kullanılabilir; fakat bu yöntemler ile sayısal bir değerlendirme yapmak mümkün değildir. Günümüzde bu ölçümler, içlerinde çok hassas yüzlerce sensör bulunduran platformlar ile yapılmaktadır. Bu cihazların kullanımıyla, ayak tabanının basıncı, temas alanı, temas süresi, basınca ne kadar maruz kaldığı gibi birçok bilgi elde edilebilmektedir (şekil 16).¹²⁶



Şekil 16: Ayak tabanı basınç dağılımını gösteren görüntüler (EMED SF-2 sistemi kullanılmıştır)

Basınç ölçüm levhası, genellikle uzunluğu ortalama 7 m olan bir platforma yerleştirilir ve üzeri fark edilemeyeceği şekilde kapatılır. Hastalar bu platform üstünde yürürken levhaya bastıklarında, sensörler topladıkları verileri bilgisayara aktarırlar. Sabit platform yanında, ayakkabı içinde kullanılabilen cihazlar da mevcuttur; bunların yardımıyla, ayağın ayakkabı içindeki durumu veya verilen ortezin etkisi izlenebilir.^{126, 136}

Pedobarografik çalışmalar, yürüme analizinin bir parçası olarak yapılabilecekleri gibi, bağımsız olarak da yapılabilirler. Klinikte sıklıkla, ayak mekaniğinin bozulmasına bağlı ayak tabanında ortaya çıkan patolojilerin değerlendirilmesi amacıyla kullanılırlar. Ek olarak alt ekstremitenin aksiyel dizilimini etkileyen hastalıkların tanı, tedavi ve takiplerinde de pedobarografinin yeri vardır. Pedobarografinin sık kullanıldığı hastalıklara örnek olarak; pes planus, pes cavus, ayağın doğmalık şekil bozuklukları, diyabetik ayak verilebilir. Sık kullanıldığı bir diğer alan ise, alt ekstremita postürüne etkisi olan hastalıklar ile ayak tabanı basınç ilişkisinin incelendiği araştırmalardır.^{84, 126}

ÖN ÇAPRAZ BAĞI KOPUK HASTALARDA YÜRÜYÜŞ DEĞİŞİKLİKLERİ

Literatürde, ön çapraz bağın kopmasını takiben alt ekstremitede görülen biyomekanik değişiklikler ile ilgili birçok çalışmaya rastlamak mümkündür. Günümüzde de, bu konu ile ilgili tartışmalar yoğun şekilde devam etmektedir.

Noyes, ÖÇB kopması sonrasında, hastaların üçte birinin daha önceki aktivitelerine devam edebildiğini, üçte birinin bazı spor aktivitelerini modifiye ederek bu eksikliği telafi ettiğini, üçte birinin ise kötü diz fonksiyonları nedeniyle spor aktivitelerini bırakmak zorunda kaldığını bildirmiştir.¹²² Benzer sonuçları olan doğal seyir çalışmalarına rastlamak mümkündür. Hastalar arasındaki farklar (benzer lezyonları olan hastaların farklı klinikler göstermeleri) akıllara hastaların birtakım fonksiyonel adaptasyonlar geliştirdiği düşüncesini getirmiştir. Bu fikirden yola çıkarak, birçok çalışmada ön çapraz bağ kopuk hastalar farklı aktiviteler sırasında (yürüyüş, koşma, merdiven inip çıkma gibi) incelenmişlerdir.^{22, 112, 173}

Ön çapraz bağ kopuk hastaların yürüme analizi çalışmalarında, farklı sonuçlara ve yorumlara rastlamak mümkündür. Genellikle kabul gören görüş, yürüyüş sırasında alt ekstremitte eklem kinematiklerinde, bağın kopmasına bağlı olarak, bir takım değişikliklerin meydana geldiği; bunların da yürüyüş karakterini etkilediğidir. Görülen bu değişiklikler, ağrı ve instabilite ikincil olarak, kas adaptasyonları ve nöromusküler yeniden programlanma ile dizin stabilitesini sağlamak ve tekrarlayan hasarı önlemek için gelişmiştir.^{11, 22, 74, 90, 176}

1) Cerrahi Öncesi Dönemde Görülen Yürüyüş Değişiklikleri

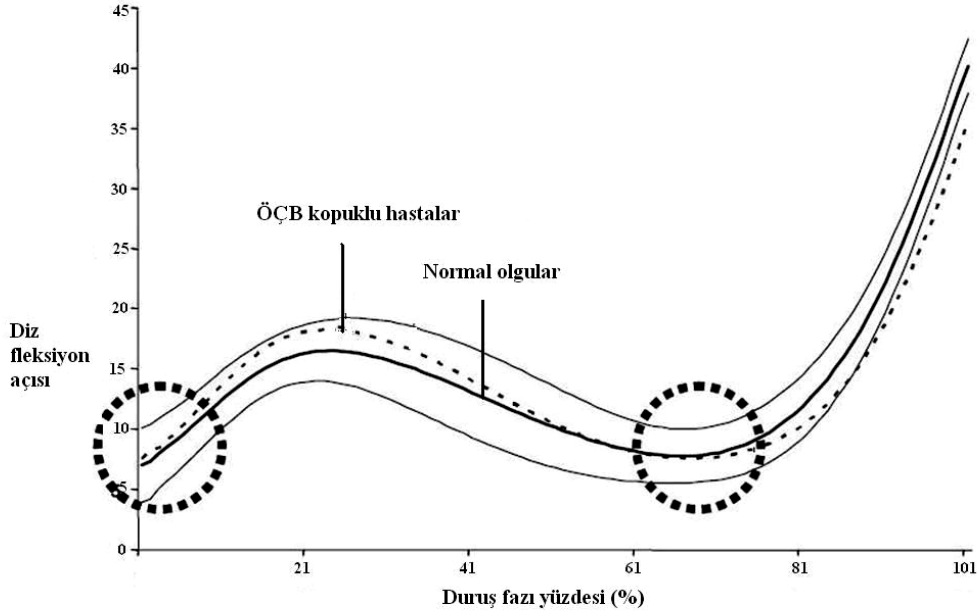
Literatürde bu konu ile ilgili ilk çalışmalardan birisi, Berchuck ve arkadaşlarının “kuadriseps sakınma” özelliğini tanımladıkları çalışmadır. Kuadriseps sakınma, hastanın yürüyüşü sırasında tibiasının anteriora yer değiştirmesini önlemek için, kuadriseps kasını az

kasması ya da kasmamasıdır. Bu özellik, yürüme analizi çalışmalarında, yürümenin orta duruş fazında azalmış diz fleksör momenti ve kuadriseps aktivitesinde azalma şeklinde izlenmektedir.²²

Bir objeyi, herhangi bir eksen üzerinde döndüren kuvvetin eylemine moment veya tork denir. Kuvvet ile bu kuvvetin dönme eksenine uzaklığının çarpımı, momentin büyüklüğünü verir ($M=fxd$) ve bir vektör ile gösterilir. Momentler kendilerini oluşturan kuvvetin kaynağına göre adlandırılabilir; kuvvetin kaynağı vücut ağırlığı veya hareket eden segmentin ağırlığı ise oluşan momente eksternal moment, kasların kasılması ise internal moment adı verilir. Mekanik olarak dengenin sağlanabilmesi için, internal ve eksternal momentler birbirlerine eşit olmalıdır.¹⁷⁶

Yürüyüş sırasında, diz eklemine fleksiyona veya ekstansiyona zorlayan moment değişiklikleri, dizin o andaki fleksiyon derecesiyle ilişkilidir. Normal bir dizde, duruş fazında, sagittal plan momentleri bifazik karakterdedir. Topuk vuruşu sırasında ekstansiyon momenti izlenirken, orta duruş fazının erken dönemlerinde fleksiyon, geç dönemlerinde ekstansiyon momenti, son olarak parmakların yerden kalkışı sırasında fleksiyon momenti izlenir.²²

Yürüme çalışmaları, anterior tibial translasyonun en fazla yürüyüşün duruş fazında, diz tam ekstansiyondayken veya buna yakın açılardayken, olduğunu göstermektedir (Şekil 17).^{22, 54} Pandey ve Shelburne, anterior tibial translasyonun, dizin 0°-25° fleksiyonu halinde en fazla olduğunu; patellar tendon kuvvetinin ve moment kolunun ön çapraz bağı kopuk ve sağlam olgularda değişmediğini göstermişlerdir.^{127, 128}

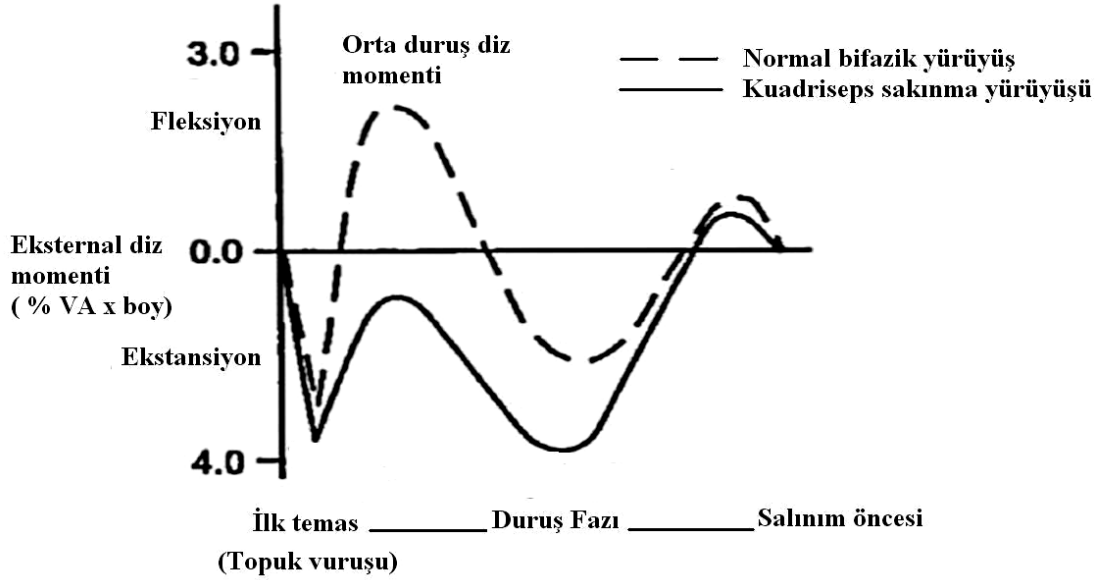


Şekil 17: Ön çapraz bağı kopuk hastalar ve normal olgular için, duruş fazında diz açılarını gösteren diagram. Halka içine alınmış bölgeler (topuk vuruşu ve orta duruş fazları), dizin tam ekstansiyona yakın olduğu bölgeleri gösteriyor.

Ön çapraz bağı kopuk hastalarda, topuk vuruşu sırasında ekstansiyon momentleri normal olgulardan daha fazla bulunmuştur fakat tibiayı anteriora doğru zorlayan dış kuvvetlerin azaltılmasına dair bir adaptasyon izlenmemiştir. Bu fazda tibiayı anteriora yer değiştirmeye zorlayan kuvvetler büyük değildir; muhtemelen sekonder direnç gösteren yapılar, bu yer değiştirmeyi önlemekte yeterli olmaktadır.²² Andriacchi ve arkadaşları ise, salınım fazının sonunda görülen tibianın dış rotasyonunun ön çapraz bağı kopuk hastalarda azaldığını; bunun topuk vuruşu sırasındaki anterior deplasmanı azalttığını bildirmişleridir.¹³

Orta duruş fazında, eksternal fleksiyon momenti (vücut ağırlığının % 2.9'u x boy), normal olgularda kuadriseps kasının kontraksiyonuyla oluşan internal ekstansiyon momenti ile dengelenir. Ön çapraz bağı kopuk hastalarda ise, bu büyük eksternal fleksiyon momenti izlenmez; bunun yerine bir eksternal ekstansiyon momenti izlenir ve bu moment hamstring kaslarının kasılmasıyla oluşan bir internal fleksiyon momenti ile dengelenir.²² Özetle, normal olgularda orta duruş fazında, fleksiyon momentinin dengelenmesi için gerekli olan kuadriseps

kas aktivitesi, ön çapraz bağı kopuk hastalarda net bir şekilde izlenmez; bunun yerine tibianın anteriora yer değiştirmesini engellemeye çalışan devamlı bir diz fleksiyon momenti izlenir (kuadriseps sakınma) (Şekil 18).



Şekil 18: Ön çapraz bağı kopuk hastalarda, normal olgularda orta duruş fazında izlenen eksternal fleksiyon momenti yerine, ekstansiyon momenti izlenmektedir.

Kuadriseps sakınma özelliği, diz fleksiyonunun 40° 'den az olduğu aktiviteler sırasında izlenmektedir. 60° üzerinde diz fleksiyonu gerektiren aktivitelerde (merdiven inip-çıkma gibi), kuadriseps kasılması ÖÇB üzerindeki gerginliği arttırmadığı için, hastalar normal olgulara benzer fonksiyonlar gösterirler.²²

Ön çapraz bağı kopuk hastalarda, kalça eklem momentlerinde de adaptif bir takım değişiklikler meydana gelmektedir. Normal olgularda, orta duruş fazında kalçada fleksör moment izlenirken, bağı kopuk olgularda uzamış kalça ekstansör momenti izlenmektedir. Kalça fleksiyonu yürümenin bu fazında artmıştır. Devita ve arkadaşları, artmış kalça fleksiyonunu dengelemek ve duruş fazının başlangıcında vücudun öne yıkılmasını engellemek için, artmış bir kalça ekstansör momentine ihtiyaç olduğunu bildirmişlerdir. Artmış kalça

fleksiyonu, hamstring kaslarının uzunluk ve gerginliğinin değişmesine neden olur. Hamstring kasları, her iki eklem üzerindeki etkileri sonucunda, eş zamanlı kalça ekstansiyonu ve diz fleksiyonu oluştururlar; böylece orta duruşta diz tam ekstansiyona yakın iken, anterior tibial translasyon azaltılmaya ve diz stabil halde tutulmaya çalışılır. Özetle, hamstring kasları kalçanın ekstansör momentinin bir komponentidir ve tibianın anterior translasyonunun önlenmesinde etkili bir fonksiyon gösterirler.^{22, 46, 54}

Ön çapraz bağı kopuk hastaların ayak bileklerindeki olası adaptif değişiklikler de incelenmiş; fakat normal olgulara göre fark saptanmamıştır.²²

Hastalar, simetrik yürüyüş özellikleri gösterirler; yani bağı kopuk tarafın diz ve kalçasında görülen adaptif değişiklikler ve bunların sonucu olarak görülen farklı yürüyüş karakteri, karşı taraf normal ekstremitede de izlenir.^{22, 55, 163}

Ön çapraz bağı kopuk hastaların yürüyüşlerinde görülen fonksiyonel adaptasyonların zamanla değişim gösterdiği görüşü, birçok çalışmada incelenmiş ve genellikle kabul görmüştür. Bu sebepten dolayı, hastaların yürüyüş karakterlerinin değerlendirilmesinde, üzerinde durulması gereken en önemli noktalardan birisi, bağı yaralanması üzerinden geçen zamandır. Yürüme çalışmalarında, akut ve kronik yaralanma kavramları, genellikle klasik sınıflamaya göre farklılık göstermektedir. Buna göre hastalar; bağ yaralanması üzerinden geçen zaman 1 aydan az ise akut, 2 seneden daha fazla ise kronik ÖÇB yaralanması olan hastalar olarak nitelendirilmektedir. Akut ve kronik ÖÇB yaralanması olan hastaların yürüyüş özellikleri arasında önemli farklar görülebilir.^{22, 46, 90}

Berchuck ve arkadaşları, kuadriseps sakınma özelliğini ilk kez tanımladıkları çalışmalarında, 16 hastayı değerlendirmişler ve hastalarının %75'inde kuadriseps sakınma saptadıklarını bildirmişlerdir; fakat bağı kopması ardından geçen zamanı belirtmemişlerdir.²² ÖÇB kopması sonrasında geçen zamanın belirtildiği değerli çalışmalardan bir tanesi Devita ve arkadaşlarına aittir. Bu çalışmada, ön çapraz bağı kopuk hastaların yürüyüş özellikleri

bağın kopmasından 2 hafta sonra ve cerrahi sonrası 3. ve 5. haftalarda incelenmiştir. Olgular cerrahi öncesi dönemde ve sonrası 3. haftada duruş fazında devamlı bir diz ekstansör momenti ve azalmış, uzamış bir kalça ekstansör momenti gösterirlerken; bu özellikler 5. haftada azalarak devam etmiş ve sağlıklı kontrol grubuna benzerlik göstermeye başlamıştır. Bu çalışmanın erken döneminde elde edilen veriler, rehabilitasyon uygulanmış hastalardan (rekonstrüksiyon sonrası) ve sağlıklı olgulardan tamamen farklıdır; adaptasyonların gelişmesinin zaman aldığı yorumu yapılmıştır.⁴⁶

Wexler ve arkadaşları, ön çapraz bağı kopuk 30 hastayı, bağın kopması sonrası geçen zamana göre 3 gruba ayırmışlar (erken: 0-2,5 yıl, orta: 2,5-7,5 yıl, kronik: >7,5 yıl) ve yürüyüşteki fonksiyonel adaptasyonların zamanla değişimini incelemişlerdir. Bu çalışmada, hastaların %57'sinde orta duruş fazında kuadriseps sakınma saptanmış ve zamanla bu moment değişikliklerinin daha belirgin hale geldiği bildirilmiştir. Ek olarak, orta duruş fazındaki fleksiyon momenti ile dizin fleksiyon açısı arasında doğru orantılı bir ilişki saptanmıştır. Bu çalışma, ön çapraz bağı kopuk hastaların yürüme adaptasyonlarının zaman içinde geliştiğini ve arttığını destekler niteliktedir.¹⁷⁶

Literatürde, ön çapraz bağı kopuk hastaların yürüyüşlerinin incelendiği; fakat kuadriseps sakınma özelliğinin saptanmadığı birçok çalışmaya da rastlamak mümkündür. Roberts ve arkadaşları, ön çapraz bağı kopuk hastaların yürüme analizlerinde kuadriseps sakınmaya rastlamamışlardır.¹³⁴ Bir diğer örnek, Ferber ve arkadaşlarının kronik ÖÇB yaralanması olan 10 hasta ile yaptıkları çalışmadır. Bu çalışmada kuadriseps sakınma saptanmamıştır (kinematik değerlendirmeler normal); fakat erken duruş fazında normal olgularda görülen vastus lateralis kasının EMG aktivitesindeki artış, kronik yaralanması olan hastalarda azalmış olarak bulunmuştur (maksimum aktivasyona ulaşma süresi uzamıştır). Kas aktivasyonundaki bu farkın, anterior tibial transasyonu azaltmaya yarayan bir strateji olabileceği düşünülmüştür.⁵⁴ Knoll ve arkadaşları da, kronik ÖÇB yaralanması olan hastalarda

kuadriseps sakınma saptamadıklarını bildirmişlerdir.⁹⁰ Moment değerlerinin hesaplanmasında kullanılan farklı metodların, çalışmalar arasındaki farklardan sorumlu olabileceği düşünülmektedir.^{54, 134}

2) ÖÇB Rekonstrüksiyonu Sonrası Görülen Yürüyüş Değişiklikleri

Ön çapraz bağ kopması sonrasına, hayat tarzında değişiklik yaşayan, eklem instabilitesi ve boşalmaları olan hastalarda, mekanik ve fonksiyonel stabiliteyi sağlamak amacıyla rekonstrüktif cerrahi girişim uygulanmaktadır. Cerrahi sonrasında hastaların yürüyüş karakterleri, cerrahi öncesine ve normal olgulara göre farklılıklar göstermektedir. Rekonstrüksiyonun tipi, sonrasında geçen zaman, hastanın karakteri, rahabilitasyonun tipi ve buna uyum gibi faktörlerin her biri rekonstrüksiyon sonrası gelişen yürüyüş özelliklerini etkileyebilir.^{54, 90}

Devita ve arkadaşları, akut yaralanması olan hastaların rekonstrüksiyonları sonrasında, 5. haftadan itibaren, normal olgulara benzeyen yürüyüş karakterleri bildirmişlerdir.⁴⁶ Hızlandırılmış rehabilitasyon programı uygulanan hastaları değerlendirdikleri başka bir çalışmada da sonuçlar benzerdir. 6. ayda diz momenti bifazik hale gelmiştir ki bu sağlıklı olgularinkiyle benzerlik göstermektedir; fakat ekstansör kuvet düşük bulunmuştur.⁴⁵ Bu bulgular rekonstrüksiyon uygulanan vakaların, cerrahi sonrası 6. ay civarında normal yürüyüş karakterine yaklaştıklarını; fakat tamamen normal bir yürüyüş için, daha çok zamana ihtiyaç olduğunu göstermektedir.⁵⁴

Bir diğer çalışmada Timoney ve arkadaşları, ÖÇB yırtığı olan ve yırtık sonrası 1-66 ay aralığında BTB allogrefti ile rekonstrüksiyon uyguladıkları 10 hastayı, cerrahi sonrası 8. ve 12. aylarda değerlendirmişler; orta duruş fazında net bir eksternal diz fleksör momenti saptamışlardır (kuadriseps sakınma görmemişlerdir). Hastaların yürüyüş özellikleri normal olgulara benzer bulunmuştur.¹⁶⁴

Cicotti ve arkadaşları, 3 ayrı grup (normal olgular, ön çapraz bağı kopuk-konservatif tedavi uygulanan ve BTB allogrefti ile ÖÇB rekonstrüksiyonu uygulanan) hastayı, elektromyografik olarak incelemişler ve cerrahi tedavi uygulanan grubun EMG değerlerinin normal gruba benzer olduğunu, konservatif tedavi uygulanan grubun ise değerlerinin anormal olduğunu bildirmişlerdir.³⁵ Bir diğer çalışmada Bulgheroni ve arkadaşları, ÖÇB rekonstrüksiyonu uygulanan hastaları cerrahi sonrası 2. senelerinde EMG ve kinematik yöntemler ile değerlendirmişler, normal olgulara göre anlamlı bir fark gösterememişlerdir.²⁹

Çalışmaların bir kısmında, diz ve kalça eklemlerinde normal olgulara göre farklı açısal değerler de tespit edilmiştir. Devita ve arkadaşları, 3. haftada diz ve kalça eklemlerinde saptanan yaklaşık 10°'lik fleksiyon artışının 6. ayda normale döndüğünü bildirirlerken; Ferber ve arkadaşları, cerrahi sonrası 3. ayda diz ve kalça eklemlerinde 5° fleksiyon artışı bildirmişlerdir.^{45, 54} Bush-Joseph ve arkadaşları ise, cerrahi sonrası 8. ayda orta duruş fazında diz fleksiyon açısında normal olgulara göre fark bulamamışlardır.³¹

Bu sonuçlar, ÖÇB rekonstrüksiyonunun, yürüyüş karakterini etkilediğini ve hastaların zamanla normal yürüyüş özelliklerini yeniden kazandığını desteklemektedir. Normal yürüyüş karakterine ulaşılması en az 6-12 ay, çoğunlukla da daha fazla bir zaman gerektirir. Sonuçlar arasındaki farklar; hasta uyumuna, farklı rehabilitasyon programlarına, cerrahiye kadar geçen zamanların farklı olmasına, cerrahi tipine, verilerin toplanması ve değerlendirilmesinde kullanılan metodlara bağlı olabilir.^{45, 54, 90} İntraartiküler efüzyon da farklı sonuçların nedeni olabilir; Torry ve arkadaşları, dizleri içine serum fizyolojik enjekte ettikleri hastalarda, ön çapraz bağı kopuk hastalara benzer yürüyüş değişiklikleri bildirmişlerdir.¹⁶⁵

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmaya, Gazi Üniversitesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Polikliniği'ne nisan 2004-şubat 2007 tarihleri arasında başvuran, fizik muayene ve görüntüleme yöntemleri ile unilateral ÖÇB tam yırtığı tespit edilerek tedavilerinde ÖÇB rekonstrüksiyonu uygulanan 40 hasta dahil edildi.

Hasta seçiminde, alt ekstremitte patolojileri (ÖÇB yırtığı dışında), nöromusküler hastalık varlığı ve alt ekstremitenin geçirilmiş cerrahi girişimleri sorgulandı; alt ekstremitenin olası dizilim bozukluğu ve deformiteleri fizik muayene yöntemleri ile değerlendirildi (radyolojik değerlendirme yapılmadı). Pozitif hikayeleri ve bulguları olan hastalar çalışmaya dahil edilmedi. Ayrıca; bilateral ÖÇB yırtığı olan, beden kitle indeksleri (BKİ) normal aralığın ($18,5-25 \text{ kg/m}^2$) dışında olan ve ÖÇB rekonstrüksiyonu sırasında, yırtık menisküsünün %25'inden fazlasına kısmi menisektomi uygulanan hastalar çalışmaya dahil edilmedi.

Bu çalışmada değerlendirilen 40 hastanın hiçbirinin, ayaklarına ait şikayetleri ve fizik muayene ile saptanabilen ayak deformiteleri yoktu. Pedobarografik değerlendirme sırasında, diz eklemi hareket açıklıkları tamdı ve efüzyonları yoktu. ÖÇB kopması sonrası geçen süre, tümünde 1 ay ile 2 sene arasındaydı. Hastaların 34'ü erkek, 6'sı kadın iken; ortalama yaş $27,25 \pm 7,95$ ve ortalama beden kitle indeksi $23,42 \pm 1,67$ idi . 26 hastada sağ diz, 14'ünde sol diz ÖÇB yırtığı mevcuttu (Tablo 3)

Kontrol grubu olarak; alt ekstremitte ile ilgili şikayetleri, cerrahi girişim hikayeleri ve fizik muayene ile saptanabilen deformiteleri olmayan, ön çapraz bağı kopuk hasta grubu ile benzer cinsiyet ve yaş dağılımı gösteren, BKİ değerleri normal aralıkta olan 40 sağlıklı olgu seçildi. Kontrol grubundaki olguların 30'u erkek, 10'u kadın iken; ortalama yaş $24 \pm 3,37$ ve ortalama beden kitle indeksi $22,86 \pm 1,67$ idi (Tablo 3).

Tablo 3: Ön çapraz bağı kopuk hasta grubu ile sağlıklı kontrol grubunun özellikleri

	ÖÇB'si kopuk hasta grubu (40 hasta)		Sağlıklı kontrol grubu (40 olgu)	
Cinsiyet	34 erkek, 6 kadın		30 erkek, 10 kadın	
	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama
Yaş	17 - 47	27,25 ± 7,95	20 - 38	24 ± 3,39
Kilo (kg)	50 - 88	71,08 ± 7,76	52 - 90	69,58 ± 8,32
Boy (m)	1,62 - 1,88	1,74 ± 0,06	1,55 - 1,92	1,74 ± 0,06
BKİ (kg/m²)	18,82 - 24,98	23,42 ± 1,67	20,01 - 24,96	22,86 ± 1,73

Ayak tabanı basınç ölçümleri, EMED SF-2 sistemi (Novel GmbH, Munich, Germany) ile yapıldı. Bu sistem, ayak tabanı basınç dağılımını sığa dönüştürücü (capacitance transducer) sensörleri yardımıyla belirlemektedir. Her santimetrekaresinde 71 Hz ile ölçüm yapabilen 2 sensör bulunduran, 44,5 x 22,5 cm boyutlarında bir platformu vardır. Bu platform, 7 x 1 m boyutlarında ve ince bir deri tabakası ile kaplı (platformun saklanması amacıyla) tahta bir yüzey içine gömülmüştür. Sensörlerin topladığı veriler, bağlantı kablolarıyla bilgisayara aktarılır; basınç dağılımı görüntüleri gerekirse renkli yazıcı ile bastırılabilir (Şekil 19).

Basınç ölçümleri, ayaklar çıplak iken yapıldı. Başlangıçta, olgulardan yürüme yüzeyi üzerinde, normal yürüme hızlarında ve adım genişliklerinde, karşı duvardaki sabit bir noktaya bakarak yürümeleri istendi. 2 normal yürüyüş turu tamamlandıktan sonra, ölçüm işlemine geçildi. Olgular basınç platformuna basmadan önce, en az üçer adım yürüdüler ve duruş fazı basınç değerleri, her ayak için ikişer adet olacak şekilde, kayıt edildi (Şekil 20).

Tüm olguların dinamik ayak tabanı basınç değerlerini gösteren görüntüler, Novel-Win yazılımı (Novel GmbH, Munich, Germany) kullanılarak, maske adı verilen 11 ayrı anatomik bölgeye bölündü (Şekil 21). Ayağın tümü ve bu bölgelerin her biri için tepe basıncı, temas alanı, temas süresi ve basınç-zaman integrali değerleri hesaplandı.

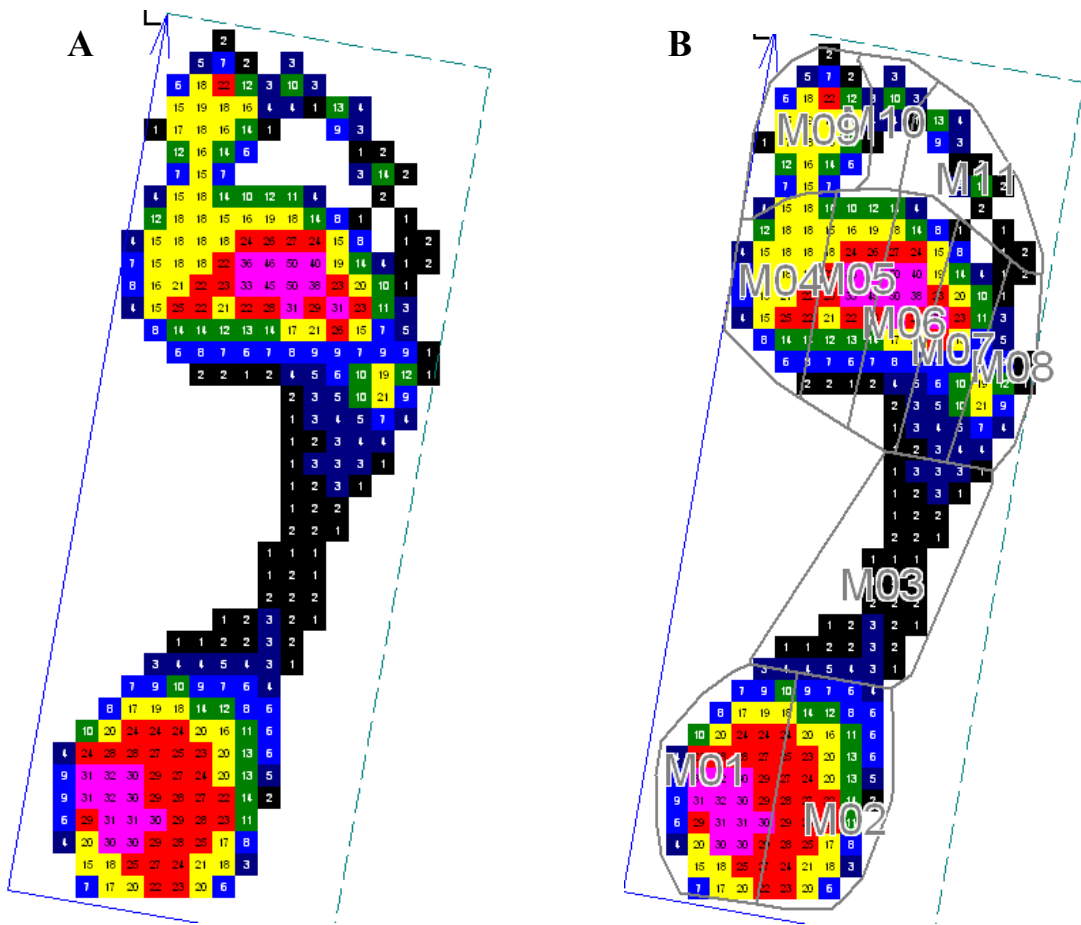


Şekil 19: EMED SF-2 plantar basınç analizi sistemi. **A)** Basınç platformunun gömülü olduğu 7 x 1 m boyutlarındaki yürüme yüzeyi **B)** Verilerin toplandığı bilgisayarlar ve yazıcı



Şekil 20: Sağlıklı bir olgunun yürüyüşünü gösteren görüntü

Sonraki basamakta, maskelerden elde edilen veriler kullanılarak; ayağın ön, orta ve arka kısımları ile ön ayağın medial (1. metatars), orta (2. ve 3. metatars) ve lateral kolonlarının (4. ve 5. metatars) ortalama değerleri hesaplandı. Son olarak, başlangıçta her ayak için iki ölçüm yapıldığından, her bir bölge için bu 2 ölçümün ortalaması alındı. Tüm bu hesaplamalar sonrasında elde edilen veriler, daha sonra yapılacak istatistiksel değerlendirme için kaydedildi.



Şekil 21: A) Yürümenin duruş fazında ayak tabanı basınç dağılımını gösteren görüntü. B) Aynı görüntünün, Novel-Win- automask yazılımıyla 11 parçaya bölünmüş hali (Bölümler; topuk mediali ve laterali, ayağın orta kısmı, metatarsların herbiri, birinci parmak, ikinci parmak ve lateral parmaklardan oluşmaktadır)

Ön çapraz bağı kopuk hastalara, basınç ölçümlerini takiben ortalama 1 hafta içerisinde, tek insizyon yöntemiyle ÖÇB rekonstrüksiyonları yapıldı. Rekonstrüksiyonlarda greft olarak, patellar tendon, hamstring tendonu otogreftleri veya çeşitli allogreftler kullanılırken; tespit amacıyla endobutton CL, boncuk ve interferans vidaları, çapraz pinler ve zimbalar gibi farklı materyaller kullanıldı. Tüm hastalarda erken dönemde, diz açısı ayarlı breys içindeyken, 90°'ye kadar fleksiyona izin verildi; hastalar koltuk değnekleriyle, tolere edilebilecekleri kadar ağırlık verilerek yürütüldü. Rehabilitasyonda ilk haftalar içerisinde, normal diz hareket açıklığı kazanılmaya çalışılırken; ilerleyen haftalarda, kuadriseps ve hamstring kas gücünü arttırmaya yönelik egzersizler (ör: düz bacak kaldırma egzersizleri, kapalı zincir kinetik egzersizler, dirence karşı egzersizler) uygulandı. Hastaların spora dönüşlerine, kuadriseps kas güçleri değerlendirilerek, ortalama 6. aydan sonra izin verildi.

Çalışmamızın 2. basamağında; ön çapraz bağı kopuk hastalar arasından hamstring (HS) otogrefti kullanılarak rekonstrüksiyon yapılanlar, cerrahi sonrası ortalama 1. senelerinde arandı. Ulaşılabilen hastaların anterior diz laksiteleri, Hacettepe Fizik Tedavi ve Yüksek Okulu Sporcu Sağlığı Ünitesi'nde Kneelax 3 (Biodex) cihazı kullanılarak ölçüldü (Şekil 22).



Şekil 22: Kneelax 3 (Biodex) cihazı ile dizin anterior laksite ölçümü

Anterior laksite ölçülürken, diz 20-30° fleksiyon pozisyonuna alındı ve artrometre cihazı bacağın anterioruna bantları ile sabitlendi. Diz artrometre cihazlarında, birisi patella üzerine yerleştirilen, diğeri ise tuberositas tibia üzerine yerleştirilen 2 adet sensör bulunmaktadır. Sensörler anterior ve posterior planda bağımsız olarak hareket edebilir; artrometre cihazı bu iki sensörün birbirlerine göre hareketini ölçer. Femur ve ayak bileği sabitlendikten sonra, değişik şiddetlerde anterior kuvvet uygulanır ve tibianın anteriora yer değiştirmesi milimetre olarak ölçülür. Ön çapraz bağı sağlam kişilerde bu yer değiştirme, 89 N kuvvet ile 3-13,5 mm arasında ölçülmüştür.⁴⁰ Bu nedenle ölçümlerde hastaların sağlam dizleri referans alınarak aradaki fark hesaplanır. Normal dizler için genellikle kabul edilen sınır 3 mm'dir.⁴⁰ ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası, Kneelax 3 cihazı kullanılarak yapılan değerlendirmelerde; 132 N kuvvet ile iki diz arasındaki fark 3 mm'den az ise normal, 3-5 mm ise normale yakın, 6 mm'den büyük ise anormal kabul edilmiştir.¹¹⁰ Biz de çalışmamıza, anterior laksite farkları 5 mm'in altında olan 13 hastayı (12 erkek, 1 bayan) dahil ettik. Gruptaki hastaların ortalama yaşları $28,85 \pm 6,86$ iken; BKİ $23,89 \pm 1,61$ idi. Ortalama takip süresi 14,5 aydı (Tablo 4).

Tablo 4: Hastaların dizleri arasındaki anterior laksite farkları ve takip süreleri

Hasta no	Yaş	Anterior laksite farkı (mm)	Takip süresi (ay)
1	26	1,79	14
2	30	2,45	12
3	35	4,04	19
4	21	1,58	11
5	19	1,70	24
6	25	2,08	9
7	35	3,37	12
8	27	2,15	14
9	24	-1,26	12
10	26	3,64	11
11	30	2,98	14
12	32	2,10	11
13	45	0,67	26
Ortalama	$28,85 \pm 6,86$	$2,09 \pm 1,36$	$14,5 \pm 5,23$

Bu hastalarda HS otogreftinin tespiti için, 10 hastada femoral tarafta boncuk (endopEARL) ve interferans vidası, 1 hastada endobutton-CL, 1 hastada çapraz pin (transfiks), 1 hastada ise sadece interferans vidası kullanılırken; tibial tarafın tespiti tümünde interferans vidası ve zimbalar kullanılmıştı.

Laksite ölçümleri ile beraber, hastaların öznel (sübjektif) ve fonksiyonel sonuçları da değerlendirildi. Öznel sonuçların değerlendirilmesi amacıyla Lysholm diz skorum sistemi (Tablo 5) ve IKDC-2000 (International Knee Documentation Committee 2000) sübjektif diz değerlendirme formu (Tablo 6) kullanıldı. Lysholm diz skorum sisteminde, 100 üzerinden 95-100 puan mükemmel, 84-94 iyi, 65-83 orta ve 65'in altındaki puanlar ise kötü sonuçlar olarak nitelendirilmektedir. IKDC-2000 formuyla sübjektif değerlendirmenin sonuçları ise, yüzde olarak ifade edilir (toplam puan alınabilecek maksimum puana bölüp 100 ile çarpılır); sonuçlar normal, normale yakın, anormal ve ciddi şekilde anormal olarak sınıflanmaktadır.

Öznel değerlendirmeyi takiben, çalışmamızın 2. basamağı için seçilen 13 hastanın taban basınçları tekrar ölçüldü. Daha önceden yapıldığı gibi ayağın bölümleri için ortalama değerler maskeler üzerinden hesaplandı ve her ayak için yapılan iki ölçümün ortalaması alındı.

Verilerin değerlendirilmesi aşamasında, kontrol grubu olgularının ayaklarından birisi, literatürdeki sağ ve sol ayakların plantar basınçları arasında fark olmadığı bilgisi temel alınarak, rastgele seçildi.^{83, 169} Ön çapraz bağı kopuk hastaların, bağı kopuk olduğu taraftaki ayakları (aynı taraf ayakları) bir grupta (sağ veya sol ayak ayrımı yapılmadı), sağlam taraftaki ayakları (karşı taraf ayakları) ise başka bir grupta toplandı; aynı işlem cerrahi sonrası taban basınçları ölçülen hastalar için de yapıldı.

İstatistiksel değerlendirmede, SPSS 15.0 for Windows® yazılımı kullanıldı. Kontrol grubu olgularıyla, hastaların ayaklarını karşılaştırmak için t-test (student's t-test), takip hastalarının cerrahi öncesi ve sonrası değerlerini karşılaştırmak için paired t-test kullanıldı. Hasta grupları içerisinde, bağı kopuk ve sağlam tarafların ayakları da paired t-test ile karşılaştırıldı.

Tablo 5: Lysholm Diz Skorlama Formu**Topallama**

Yok	5
Önemsiz veya periyodik	3
Ciddi ve devamlı	0

Destek

Yok	5
Baston veya koltuk değneği	2
Ağırlık vermek imkansız	0

Kilitlenme

Yok	15
Takılma hissi var ama kilitlenme yok	10
Arada sırada kilitlenme	6
Sıklıkla kilitlenme	2
Değerlendirme sırasında diz kilitli	0

İnstabilite

Yok	25
Sportif aktivite sırasında nadiren	20
Sportif aktivite sırasında sıklıkla	15
Günlük aktiviteler sırasında ara sıra	10
Günlük aktivitelerde sık	5
Her adımda	0

Ağrı

Yok	25
Ciddi aktivite sırasında önemsiz veya devam etmeyen	20
2 km'den fazla yürüdükten sonra veya sırasında belirgin	10
2 km'den az yürüdükten sonra veya sırasında belirgin	5
Devamlı	0

Şişlik

Yok	10
Ağır aktivite sonrası	6
Sıradan aktivite sonrası	3
Devamlı	0

Merdiven çıkma

Problem yok	10
Önemsiz bozukluk	6
Bir adım atıp diğerini yanına alma	3
Mümkün değil	0

Çömelme

Problem yok	5
Önemsiz bozukluk	4
Diz 90° Fleksiyona kadar	2
Mümkün değil	0

Tablo 6: IKDC-2000 Sübjektif Diz Değerlendirme Formu**1) Ciddi diz ağrınız olmadan yapabildiğiniz en yüksek seviyeli aktivite nedir?**

- 4 Çok zor aktiviteler; basketbol veya futbolda olduğu gibi sıçramak veya dönmek
- 3 Zor aktiviteler; ağır fiziksel iş, kayak veya tenis
- 2 Orta seviyeli aktiviteler; orta seviyeli fiziksel iş, koşmak veya jogging
- 1 Kolay aktiviteler; yürümek, ev veya bahçe işi
- 0 Yukarıdaki aktivitelerin hiç birini diz ağrısı nedeniyle yapamamak

2) Son 4 hafta içerisinde veya yaralanmanızdan itibaren, ne sıklıkla ağrınız oldu?

Hiç 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 Sürekli

3) Ağrınız olduysa, ne kadar şiddetliydi?

Ağrı yok 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 Hayal edilebilecek en kötü ağrı

4) Son 4 hafta içerisinde veya yaralanmanızdan itibaren, diziniz ne kadar sert veya şiş ?

- 4 Hiç
- 3 Hafif
- 2 Orta
- 1 Çok
- 0 Aşırı

5) Dizinizde ciddi bir şişme olmadan yapabildiğiniz en yüksek seviyeli aktivite nedir?

- 4 Çok zor aktiviteler; basketbol veya futbolda olduğu gibi sıçramak veya dönmek
- 3 Zor aktiviteler; ağır fiziksel iş, kayak veya tenis
- 2 Orta seviyeli aktiviteler; orta seviyeli fiziksel iş, koşmak veya jogging
- 1 Kolay aktiviteler; yürümek, ev veya bahçe işi
- 0 Yukarıdaki aktivitelerin hiç birini diz şişmesi nedeniyle yapamamak

6) Son 4 hafta içerisinde veya yaralanmanızdan itibaren, dizinizde kilitlenme oldu mu?

- 0 Evet
- 1 Hayır

7) Dizinizde ciddi bir boşalma olmadan yapabildiğiniz en yüksek seviyeli aktivite nedir?

- 4 Çok zor aktiviteler; basketbol veya futbolda olduğu gibi sıçramak veya dönmek
- 3 Zor aktiviteler; ağır fiziksel iş, kayak veya tenis
- 2 Orta seviyeli aktiviteler; orta seviyeli fiziksel iş, koşmak veya jogging
- 1 Kolay aktiviteler; yürümek, ev veya bahçe işi
- 0 Yukarıdaki aktivitelerin hiç birini diz boşalması nedeniyle yapamamak

8) Düzenli olarak yaptığınız en yüksek seviyeli aktivite nedir?

- 4 Çok zor aktiviteler; basketbol veya futbolda olduğu gibi sıçramak veya dönmek
- 3 Zor aktiviteler; ağır fiziksel iş, kayak veya tenis
- 2 Orta seviyeli aktiviteler; orta seviyeli fiziksel iş, koşmak veya jogging
- 1 Kolay aktiviteler; yürümek, ev veya bahçe işi
- 0 Yukarıdaki aktivitelerin hiç birini diz nedeniyle yapamamak

9) Diziniz aşağıdaki aktiviteleri yapmanızı nasıl etkiliyor?

		Hiç zor değil	Biraz zor	Orta seviyede zor	Çok zor	Yapamıyorum
a.	Merdiven çıkmak	4	3	2	1	0
b.	Merdiven inmek	4	3	2	1	0
c.	Diz üzerine çökmek	4	3	2	1	0
d.	Çömelmek	4	3	2	1	0
e.	Dizleri bükerek oturmak	4	3	2	1	0
f.	Sandalyeden kalkmak	4	3	2	1	0
g.	Koşmak	4	3	2	1	0
h.	O taraf bacak üzerinde zıplamak	4	3	2	1	0
i.	Andien durmak ve hareket etmek	4	3	2	1	0

10) 10'un normal-mükemmel fonksiyon, 0'ın ise olağan günlük aktivitelerinizin (spor aktiviteleri dahil olabilir) hiç birini yapmamak olduğu, 0 ile 10 arası bir skalada diz fonksiyonlarınızı nasıl puanlandırırsınız?

DİZ YARALANMASINDAN ÖNCEKİ FONKSİYON:

Günlük aktiviteler yapılamıyor 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Günlük aktivitelerde kısıtlanma yok

DİZİNİZİN ŞU ANDAKİ FONKSİYONU:

Günlük aktiviteler yapılamıyor 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Günlük aktivitelerde kısıtlanma yok

Etik kurul onayı: Bu çalışma, Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Yerel Etik Kurulu'nun onayıyla yapılmıştır (Tarih: 18.06.2007 Karar no:226).

BULGULAR

1) Ön çapraz bağı kopuk hastaların aynı taraf (bağı kopuk taraf) ayaklarının kontrol grubu ile karşılaştırılması

Kontrol grubu olguları ile ön çapraz bağı kopuk hastaların yaşları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark varken ($p < 0,05$); cinsiyet ve BKİ parametrelerindeki farklar anlamsızdı (Tablo 7).

Tablo 7: Çalışma gruplarının özelliklerinin karşılaştırılması

	Kontrol grubu (40 olgu)	ÖÇB'si kopuk hasta grubu (40 hasta)	p değeri
Yaş	24,00 ± 3,39	27,25 ± 7,95	0,020
Cinsiyet	30 erkek, 10 kadın	34 erkek, 6 kadın	0,269
Kilo (kg)	69,58 ± 8,37	71,08 ± 7,76	0,409
Boy (m)	1,74 ± 0,08	1,74 ± 0,06	0,872
BKİ (kg/m²)	22,86 ± 1,74	23,42 ± 1,67	0,143

Not: Ortalama değerler verilmiştir ve anlamlı p değerleri ($< 0,05$) koyu yazılmıştır.

Grupların dinamik pedobarografik verileri içerisinde; tepe basıncı (TB), temas alanı (TA), temas süresi (TS) ve basınç zaman integralleri (BZİ) karşılaştırıldığında (Tablo 8);

1) Arka ayağın tepe basıncı, ÖÇB'si kopuk hasta grubunda daha düşük bulunurken ($p < 0,01$); orta ayağın tepe basıncı daha fazla bulundu ($p < 0,05$).

2) Tüm ayağın temas alanı ile arka ayağın ve medial kolunun temas alanı, ÖÇB'si kopuk hastalarda daha fazlaydı ($p < 0,05$).

3) İki grup arasında, temas süreleri ve basınç zaman integralleri arasında anlamlı bir fark yoktu ($p > 0,05$).

Tablo 8: Dinamik pedografik verilerin karşılaştırılması

	Kontrol grubu	ÖÇB'si kopuk hastalar	p değeri
Tüm ayağın TB (N/cm ²)	47,05 ± 15,81	45,33 ± 10,74	0,573
Ön ayağın TB	25,18 ± 4,26	25,42 ± 3,75	0,786
Orta ayağın TB	9,45 ± 5,47	12,48 ± 6,73	0,030
Arka ayağın TB	30,86 ± 6,49	27,05 ± 5,84	0,007
Medial kolonun TB	24,11 ± 11,22	23,12 ± 8,55	0,659
Orta kolonun TB	35,58 ± 12,29	36,11 ± 9,38	0,831
Lateral kolonun TB	23,02 ± 11,08	24,83 ± 11,44	0,475
Tüm ayağın TA (cm ²)	139,9 ± 16,46	147,35 ± 15,85	0,042
Ön ayağın TA	81,73 ± 9,59	85,14 ± 9,33	0,112
Orta ayağın TA	16,65 ± 5,51	18,29 ± 4,79	0,159
Arka ayağın TA	41,51 ± 5,18	43,90 ± 4,94	0,038
Medial kolonun TA	13,46 ± 1,95	14,40 ± 2,17	0,045
Orta kolonun TA	24,12 ± 2,87	25,33 ± 3,12	0,075
Lateral kolonun TA	19,9 ± 2,52	20,98 ± 2,41	0,054
Tüm ayağın TS (ms)	718,2 ± 71,47	735,35 ± 66,53	0,270
Ön ayağın TS	539,04 ± 63,81	553,80 ± 64,54	0,307
Orta ayağın TS	431,9 ± 91,09	446,77 ± 77,85	0,435
Arka ayağın TS	420,17 ± 72,92	417,2 ± 81,45	0,864
Medial kolonun TS	565,25 ± 71,50	594,65 ± 73,08	0,073
Orta kolonun TS	604,62 ± 66,26	630,96 ± 62,78	0,072
Lateral kolonun TS	583,45 ± 66,55	599,63 ± 66,52	0,280
Tüm ayağın BZİ (N/cm ² x s)	19,08 ± 3,55	18,33 ± 3,46	0,344
Ön ayağın BZİ	6,97 ± 1,16	7,24 ± 1,35	0,350
Orta ayağın BZİ	2,80 ± 1,61	3,49 ± 1,89	0,081
Arka ayağın BZİ	7,22 ± 1,44	6,54 ± 2,07	0,089
Medial kolonun BZİ	6,78 ± 3,09	7,06 ± 2,86	0,680
Orta kolonun BZİ	10,39 ± 3,26	10,92 ± 2,55	0,419
Lateral kolonun BZİ	7,24 ± 2,75	7,71 ± 3,18	0,486

Not: Ortalama değerler verilmiştir ve anlamlı p değerleri (< 0,05) koyu yazılmıştır.

2) Ön çapraz bağı kopuk hastaların karşı taraf (sağlam taraf) ayaklarının kontrol grubu ile karşılaştırılması

Bu grupların dinamik pedobarografik verileri karşılaştırıldığında;

1) Tepe basınçları arasında, ayağın bütününde ve daha önce belirtilen anatomik bölgelerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ($p>0,05$).

2) Tüm ayağın, orta ayağın, arka ayağın, medial kolonun, orta kolonun ve lateral kolonun temas alanları ÖÇB'si kopuk hastaların karşı taraf ayaklarında daha fazla bulundu ($p< 0,05$).

Ön ayağın temas alanları arasında anlamlı bir fark yoktu (Tablo 9).

3) Temas süreleri ve BZİ değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamadı ($p>0,05$).

Tablo 9: Temas alanlarının karşılaştırılması

	Kontrol grubu	ÖÇB'si kopuk hastalar	p değeri
Tüm ayağın TA (cm^2)	$139,9 \pm 16,46$	$149,26 \pm 16,47$	0,013
Ön ayağın TA	$81,73 \pm 9,59$	$84,95 \pm 9,49$	0,136
Orta ayağın TA	$16,65 \pm 5,51$	$19,1 \pm 4,09$	0,027
Arka ayağın TA	$41,51 \pm 5,18$	$45,2 \pm 5,37$	0,002
Medial kolonun TA	$13,46 \pm 1,95$	$14,49 \pm 2,12$	0,027
Orta kolonun TA	$24,12 \pm 2,87$	$25,54 \pm 2,95$	0,033
Lateral kolonun TA	$19,9 \pm 2,52$	$21,4 \pm 2,43$	0,008

Not: Ortalama değerler verilmiştir ve anlamlı p değerleri ($< 0,05$) koyu yazılmıştır.

3) ÖÇB'si kopuk hastaların aynı ve karşı taraf ayaklarının karşılaştırılması

Hastaların aynı (bağı kopuk) ve karşı (sağlam) taraf ayaklarının dinamik pedobarografik verileri karşılaştırıldığında;

1) Aynı tarafta, arka ayağın tepe basıncı daha düşük bulunurken ($p<0,01$); diğer anatomik bölgelerde tepe basınçlarının farkı anlamsızdı ($p>0,05$).

2) Tüm ayağın ve arka ayağın temas alanı, aynı tarafta daha küçüktü ($p<0,05$); diğer bölgelerin temas alanı farkları anlamlı değildi ($p>0,05$).

3) Arka ayağın temas süresi, aynı tarafta daha kısaydı ($p<0,01$); diğer bölgelerde temas süreleri açısından anlamlı farklar bulunamadı.

4) Aynı tarafta, ayağın tümünde ve arka ayakta basınç zaman integralleri anlamlı derecede daha düşüken; orta kolonda daha fazlaydı ($p<0,05$). Diğer bölgelerde anlamlı farklar yoktu.

Tablo 10: Ön çapraz bağı kopuk hastaların, aynı ve karşı taraf ayaklarının karşılaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı bulgular

	Aynı taraf ayakları	Karşı taraf ayakları	p değeri
Arka ayağın TB (N/cm^2)	$27,06 \pm 5,84$	$29,70 \pm 6,00$	0,001
Tüm ayağın TA (cm^2)	$147,35 \pm 15,85$	$149,26 \pm 16,47$	0,047
Arka ayağın TA	$43,90 \pm 4,94$	$45,20 \pm 5,37$	0,002
Arka ayağın TS (ms)	$417,20 \pm 81,45$	$447,91 \pm 78,42$	0,002
Tüm ayağın BZİ ($N/cm^2 \times s$)	$18,33 \pm 3,46$	$19,07 \pm 3,61$	0,046
Arka ayağın BZİ	$6,54 \pm 2,07$	$7,54 \pm 1,92$	0,000
Orta kolonun BZİ	$10,92 \pm 2,55$	$10,25 \pm 2,22$	0,034

Not: Ortalama değerler verilmiştir ve anlamlı p değerleri ($< 0,05$) koyu yazılmıştır.

4) Hamstring otogrefti ile rekonstrüksiyon uygulanan hastaların (HS grubu) öznel değerlendirme sonuçları

Ortalama 1. senelerinde (14,5 ay) anterior diz laksiteleri ölçülen, IKDC-2000 subjektif diz değerlendirme formu ve Lysholm diz skorum sistemi ile değerlendirilen hastalarının sonuçları tablo 11’de verilmiştir. Lsyholm diz skorlarına göre, sonuçlar mükemmel veya iyi olarak bulunurken; IKDC-2000 skorlarına göre normale yakındı.

Pearson korelasyon testiyle, dizin anterior laksitesi ile Lysholm skorları veya IKDC-2000 subjektif diz değerlendirme skorları arasında, istatistiksel açıdan anlamlı bir ilişki gösterilememiştir ($p<0,05$).

Tablo 11: HS grubunun anterior diz laksite değerleri ve öznel değerlendirme testleri sonuçları

Hasta no	Anterior laksite farkı (mm)	IKDC-2000	Lysholm	Takip süresi (ay)
1	1,79	89,6	100	14
2	2,45	90,8	100	12
3	4,04	97,7	100	19
4	1,58	93,1	100	11
5	1,70	82,7	100	24
6	2,08	90,8	100	9
7	3,37	73,5	91	12
8	2,15	90,8	100	14
9	-1,26	95,4	100	12
10	3,64	83,9	85	11
11	2,98	95,4	100	14
12	2,10	95,4	95	11
13	0,67	86,2	100	26
Ortalama	2,09 ± 1, 36	97,76 ± 4,71	89,63 ± 6,67	14,5 ± 5,23

5) HS grubunun aynı taraf ayaklarının cerrahi öncesi ve sonrası pedobarografik verilerinin karşılaştırılması

Bu gruptaki hastaların cerrahi öncesi BKİ $23,79 \pm 1,54$, ortalama 14,5. ay takiplerindeki BKİ ise $23,89 \pm 1,61$ idi; iki değer istatistiksel olarak farklı değildi ($p>0,05$). Hastaların dinamik pedobarografik verileri karşılaştırıldığında;

- 1) Arka ayağın tepe basıncı, cerrahi sonrası ölçümlerde anlamlı derecede artmıştı ($p<0,05$); diğer bölgelerde tepe basınçları farkı anlamlı değildi.
- 2) Ayağın bütünün ve ön, orta, arka ayakların temas alanları ile orta kolonun temas alanı cerrahi sonrasında artmıştı ($p<0,05$).
- 3) Temas süreleri arasında anlamlı bir fark yoktu.
- 4) Basınç zaman integrali değerleri, cerrahi sonrası grupta ayağın bütününde ve arka ayakta artmıştı ($p<0,01$).

Tablo 12: HS grubunun aynı taraf ayaklarının, cerrahi öncesi ve sonrası dinamik pedobarografik verilerinin karşılaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı bulgular

	Cerrahi öncesi	Cerrahi sonrası (takip)	p değeri
Arka ayağın TB (N/cm ²)	25,97 ± 4,93	30,51 ± 5,16	0,011
Tüm ayağın TA (cm ²)	145,63 ± 14,15	150,28 ± 13,29	0,000
Ön ayağın TA	84,55 ± 8,05	86,98 ± 8,03	0,001
Orta ayağın TA	17,53 ± 5,63	18,55 ± 4,97	0,014
Arka ayağın TA	43,50 ± 4,31	44,71 ± 4,35	0,017
Orta kolonun TA	24,69 ± 2,76	25,48 ± 2,47	0,018
Tüm ayağın BZİ (N/cm ² x s)	17,70 ± 3,43	18,70 ± 4,01	0,036
Arka ayağın BZİ	5,97 ± 1,17	7,31 ± 1,21	0,005

Not: Ortalama değerler verilmiştir ve anlamlı p değerleri (< 0,05) koyu yazılmıştır

6) HS grubunun karşı taraf ayaklarının cerrahi öncesi ve sonrası pedobarografik verilerinin karşılaştırılması

Karşı taraf ayaklarının dinamik pedobarografik verileri karşılaştırıldığında;

- 1) Cerrahi öncesi ve sonrası dönemlerde karşı tarafın ayaklarında; tepe basıncı, temas süresi ve basınç zaman integralleri değerlerinde, ayakların bütününde ve değerlendirilen anatomik bölgelerin hiçbirinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi ($p > 0,05$).
- 2) Ön ayağın temas alanı, takip ölçümlerinde anlamlı derecede azalmıştı (cerrahi öncesi ortalaması $85,21 \pm 7,54 \text{ cm}^2$ iken; cerrahi sonrasında $73,94 \pm 6,98 \text{ cm}^2$ $p < 0,001$). Diğer bölgelerin temas alanları arasında anlamlı farklar yoktu.

7) HS grubunun aynı taraf ile karşı taraf ayaklarının cerrahi sonrası pedobarografik verilerinin karşılaştırılması

Dinamik pedobarografik veriler karşılaştırıldığında;

- 1) Hastaların cerrahi sonrası takip ölçümlerinde, aynı taraf ayakları ile karşı taraf ayakları arasında; tepe basıncı, temas süresi ve basınç zaman integralleri değerlerinde, ayakların

bütününde ve değerlendirilen anatomik bölgelerin hiçbirinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmedi ($p>0,05$).

2) Ön ayağın temas alanı, aynı taraf ayaklarında ortalama $86,98 \pm 8,03 \text{ cm}^2$ iken; karşı taraf ayaklarında $73,94 \pm 6,98 \text{ cm}^2$ bulundu. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıydı ($p< 0,001$).

Diğer bölgelerin temas alanları arasında anlamlı farklar yoktu.

8) HS grubunun aynı taraf ayaklarının cerrahi sonrası (takip) verilerinin, kontrol grubu ile karşılaştırılması

Kontrol grubu olguları ile HS grubu hastalarının yaşları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark varken ($p< 0,01$); cinsiyet ve BKİ parametrelerindeki farklar anlamsızdı (Tablo 13).

Tablo 13: Kontrol ve HS gruplarının özelliklerinin karşılaştırılması

	Kontrol grubu (40 olgu)	HS grubu (takip)	p değeri
Yaş	$24,00 \pm 3,39$	$28,85 \pm 6,86$	0,001
Cinsiyet	30 erkek, 10 kadın	12 erkek, 1 kadın	0,188
Kilo (kg)	$69,58 \pm 8,37$	$73,08 \pm 7,22$	0,183
Boy (m)	$1,74 \pm 0,08$	$1,73 \pm 0,06$	0,846
BKİ (kg/ m²)	$22,86 \pm 1,74$	$23,89 \pm 1,61$	0,065

Not: Ortalama değerler verilmiştir ve anlamlı p değerleri ($< 0,05$) koyu yazılmıştır.

Gruplar arası dinamik pedobarografik veriler karşılaştırıldığında;

1) Ayağın bütünde ve değerlendirilen anatomik bölgelerde tepe basınçları farkı anlamsızdı ($p>0,05$) (Tablo 14).

2) Tüm ayağın temas alanı ortalaması kontrol grubunda $139,90 \pm 16,46 \text{ cm}^2$; HS grubunda ise $150,28 \pm 13,29 \text{ cm}^2$ bulundu. Bu fark istatistiksel olarak anlamlıydı ($p<0,05$); ayağın bölümleri ayrı ayrı karşılaştırıldığında, temas alanları açısından anlamlı bir fark bulunamadı.

3) Temas süresi ve basınç zaman integralleri parametrelerinde, iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar yoktu.

Tablo 14: HS grubunun aynı taraf ayaklarının cerrahi sonrası değerleri ile, kontrol grubunun tepe basıncı parametresine göre karşılaştırılması (anlamlı bir fark gösterilememiştir)

	Kontrol grubu	HS grubu (takip)	p değeri
Tüm ayağın TB (N/cm ²)	47,05 ± 15,81	45,36 ± 11,60	0,725
Ön ayağın TB	25,18 ± 4,26	26,98 ± 4,15	0,190
Orta ayağın TB	9,45 ± 5,47	10,73 ± 2,79	0,424
Arka ayağın TB	30,86 ± 6,49	30,50 ± 5,16	0,859
Medial kolonun TB	24,11 ± 11,22	22,67 ± 6,65	0,665
Orta kolonun TB	35,58 ± 12,29	36,10 ± 7,11	0,886
Lateral kolonun TB	23,02 ± 11,08	26,52 ± 11,46	0,331

Not: Ortalama değerler verilmiştir.

9) HS grubunun karşı taraf ayaklarının cerrahi sonrası (takip) verilerinin, kontrol grubu ile karşılaştırılması

Gruplar arası dinamik pedobarografik veriler karşılaştırıldığında;

1) Tepe basıncı, temas süresi ve basınç zaman integralleri parametrelerinde, ayağın bütününde ve değerlendirilen anatomik bölgelerde, istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunamadı ($p>0,05$).

2) Temas alanları açısından gruplar karşılaştırıldığında, ön ayağın temas alanı kontrol grubunda $81,73 \pm 9,59 \text{ cm}^2$, HS grubunda $73,94 \pm 6,98 \text{ cm}^2$; lateral kolonun temas alanı kontrol grubunda $19,90 \pm 2,52 \text{ cm}^2$, HS grubunda $21,48 \pm 2,08 \text{ cm}^2$ bulundu. Bu farklar istatistiksel olarak anlamlıyken ($p<0,05$); ayağın diğer bölümleri için temas alanları arasındaki farklar anlamlı değildi.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Literatürde, ön çapraz bağı kopuk hastaların yürüme analizi yöntemleriyle değerlendirildiği birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmaların büyük bir kısmında, yürüyüş sırasında alt ekstremitte biyomekaniğinin normal olgulardan farklı olduğu gösterilmiş ve birtakım değişiklikler bildirilmiştir. Bu değişiklikler ağrı ve instabilite ikincil olarak, kas adaptasyonları ve nöromusküler yeniden programlanma ile dizin stabilitesini sağlamak ve tekrarlayan hasarı önlemek için gelişmiştir.^{11, 22, 74, 90, 176}

Ön çapraz bağı kopuk hastalarda, alt ekstremitte biyomekaniği üzerine çok sayıda çalışma yapılmış olmasına rağmen; bildirilen değişikliklerin alt ekstremitte kinematik zincirinin son kısmını oluşturan ayağa yansımalarını, ayak tabanı basınç dağılımı üzerindeki etkilerini araştıran çalışma sayısı çok azdır. Literatürde ÖÇB'si kopuk hastalarda yapılan pedobarografik çalışmaları taradığımızda, sadece bir çalışmaya rastladık; Mittlmeier ve arkadaşlarının bu çalışmasında, ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrasında uygulanan rehabilitasyonun fonksiyonel takibi için, pedobarografik yöntemlerin kullanılabileceği bildirilmiştir.¹¹² Bu bilgiler ışığında, ön çapraz bağı kopuk hastaların ayak tabanı basınç dağılımlarındaki olası değişiklikleri ve cerrahi rekonstrüksiyonun etkilerini göstermeyi amaçladığımız çalışmamızı planladık.

Çalışmamızda, ÖÇB'si kopuk hastaların aynı taraf (bağı kopuk taraf) ayakları ile sağlıklı olguların ayaklarını (kontrol grubu) karşılaştırdığımızda; ÖÇB'si kopuk hasta grubunda yürümenin duruş fazında, arka ayağın tepe basıncı kontrol grubuna göre daha düşük bulunurken, orta ayağın tepe basıncı daha yüksek bulundu (Tablo 8).

Ön çapraz bağı kopuk hasta grubunda, arka ayağın basınç değerlerinin normal olgulara göre daha düşük bulunmasını açıklayabilecek 2 olası sebep üzerinde duruldu. Birincisi, ön çapraz

bağı kopuk hastaların yürüyüşlerinde görülen kuadriseps sakınma özelliğidir. Kuadriseps sakınmada, yürümenin orta duruş fazında eksternal fleksiyon momentinin azaldığı, eksternal ekstansiyon momentinin ise arttığı gösterilmiştir. Basitçe, orta duruş fazında vücut ağırlığının veya ekstremita ağırlığının oluşturduğu eksternal momentler, dizin arkasında azalırken ön tarafında artmaktadır. Momentin kuvvetin rotasyon merkezine uzaklığının çarpımıyla hesaplanan vektörel bir büyüklük olduğu düşünüldüğünde, kuadriseps sakınma yürüyüşünde görülen bu eksternal moment değişikliklerinin nedeni, vücut ağırlığının ön arka planda yer değiştirmesi olabileceği gibi, dizin fleksiyon açısındaki değişiklikler de olabilir. Kuadriseps sakınma mekanizmasının incelendiği bir çalışmada, hastaların %72'sinde sebebin orta duruş fazında diz fleksiyon açısının azaltılması; %28'inde ise vücudun öne doğru eğilmesiyle kalçanın eksternal momentinin arttırılması olduğu belirtilmiştir.¹²⁹ Her iki durumda da topuktaki basıncın azalması beklenebilir.

Bununla beraber kuadriseps sakınma özelliği, ön çapraz bağı kopuk tüm hastalarda gösterilememiştir. Berchuck ve arkadaşları, bu özelliği tanımladıkları çalışmalarında hastalarının %75'inde, Wexler ve arkadaşları ise hastalarının %57'sinde kuadriseps sakınma yürüyüşünü göstermişlerdir.^{22, 176} Ferber'in ve Knoll'un çalışmalarında, kronik ÖÇB yaralanması olan hastalarda bu özellik gösterilememiştir.^{54, 90} Roberts ve arkadaşları ise, ön çapraz bağı kopuk hastalarda kuadriseps sakınmaya rastlamadıklarını bildirmişlerdir.¹³⁴ Literatür incelendiğinde, bu konunun araştırıldığı ve farklı sonuçların bildirildiği birçok çalışmaya rastlamak mümkündür.

Bir diğer önemli nokta ise, kuadriseps sakınmanın yürüyüşün orta duruş fazında tanımlanmış olmasıdır; bizim çalışmamızda ise, ayağın basınç dağılımı tüm duruş fazı boyunca değerlendirilmiştir. Özellikle topuk vuruşu sırasında arka ayakta meydana gelen basınç değişiklikleri sonuçlarımızı etkilemektedir. Bu nedenler ile kuadriseps sakınma mekanizması bulgularımızı açıklamak için yeterli değildir.

Üzerinde durduğumuz ikinci olası neden; Co ve arkadaşlarının çalışmasına dayanmaktadır. Bu çalışmada, kuadriseps kas gücünün azalmış olduğu durumlarda (ör: kronik diz ağrısı, ÖÇB kopması gibi), yürüyüşün topuk vuruşu fazında yer reaksiyon kuvvetinin vertikal komponentinin azaldığı bildirilmiştir.³⁷ Çalışmamızda, hastaların kuadriseps kas güçleri izokinetik yöntemler ile ölçülmemiştir; fakat ön çapraz bağı kopuk hastaların kuadriseps güçlerinin azaldığı çeşitli çalışmalarda gösterilmiştir.^{85, 121, 130} Azalan yer reaksiyon kuvvetleri, bu hastalarda arka ayak basınçlarının daha düşük bulunmasını açıklayabilir. Fakat literatürde, kuadriseps kas gücünün azaldığı durumlarda, yer reaksiyon kuvvetlerinin arttığını bildiren çalışmalar da mevcuttur.⁷⁸

Lewek ve arkadaşları, ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrasında diz stabilitesi sağlanan; fakat kuadriseps kas güçleri normal tarafın %80'inden az bulunan olgularda, cerrahi öncesi döneme benzeyen yürüme özellikleri bildirmişlerdir.⁹⁸ Bu çalışma, kuadriseps kas gücünün yürüme özellikleri üzerinde çok önemli etkilerinin olduğunu göstermekle birlikte; topuk vuruşu sırasındaki yer reaksiyon kuvvetlerinden bahsedilmemiştir. Tsuboyama ve arkadaşları ise, malign femur distal uç tümörleri nedeniyle opere ettikleri ve menteşeli tümör rezeksiyon protezleri uyguladıkları hastalarını, ortalama 4 sene sonra pedobarografik olarak değerlendirmişler; ayak tabanı basınçlarının topukta ve parmaklarda azaldığını göstermişlerdir. Ayrıca ayak tabanı basıncının, dizin ekstansör kas kuvveti ile doğru orantılı bir ilişkisi olduğunu bildirmişlerdir.¹⁶⁸

Tüm bu bilgiler değerlendirildiğinde, topuktaki basınç azalmasının nedeninin kuadriseps kas gücündeki azalma olduğu düşüncesi ağır basmaktadır. Taban basıncı ölçümleri ile tespit edilen farkların, hangi eklem seviyesinden kaynaklandığının belirlenememesi, eklem momentlerinin hesaplanamaması ve bu bulgulara primer fonksiyonel bozuklukların mı, yoksa sekonder adaptasyonların mı neden olduğunun belirlenememesi bu yöntemin zayıf taraflarıdır.¹¹² Mekanizmanın daha iyi anlaşılabilmesi için, kas güçlerinin belirlenmesinin ve

pedobarografik analizle eş zamanlı olarak yürümenin kinetik, kinematik ve elektromyografik olarak incelenmesinin süphesiz ki faydası olacaktır.

Ön çapraz bağı kopuk hastaların yürüme analizi çalışmalarında vurgulanan bir diğer önemli konu ise, saptanan biyomekanik değişikliklerin simetrik olduğudur. Bağı kopuk tarafın diz ve kalçasında görülen adaptif değişiklikler ve bunların sonucu olarak görülen farklı yürüyüş karakteri, karşı taraf normal ekstremitede de izlenmektedir.^{22, 55, 163} Çalışmamızda, karşı taraf ayakları ile sağlıklı olguların ayaklarını tepe basıncı parametresine göre karşılaştırdığımızda, basınç farklarının istatistiksel olarak anlamlı olmadığını gördük. Aynı ve karşı tarafın ayaklarını kendi aralarında karşılaştırdığımızda ise, aynı tarafta arka ayağın tepe basıncı daha düşük bulundu (Tablo 10). Bu bulgular ile taban basıncı değerleri açısından, bağı kopuk taraf ayaklarının sağlam taraf ayakları ile simetrik özellikler göstermediğini söylemek mümkündür. Sağlam taraf ayaklarında, sağlıklı olguların ayaklarına benzeyen basınç dağılımları izlenmiştir.

Hamstring otogrefti ile rekonstrüksiyon uygulanan hasta grubunun (HS grubu), cerrahi öncesi ve sonrası ayak tabanı basınç değerlerini karşılaştırdığımızda; aynı taraf ayaklarında arka ayağın tepe basıncı değerleri cerrahi sonrası ortalama 14,5. ayda yapılan ölçümlerde artmıştı (Tablo 12). Karşı taraf ayaklarında, cerrahi öncesi ve sonrası dönemlerde anlamlı basınç değişiklikleri izlenmez iken; aynı ve karşı taraf ayakları kendi aralarında karşılaştırıldığında (cerrahi sonrası dönemde) basınç farkları anlamlı değildi. Son olarak, HS grubu ayaklarının cerrahi sonrası basınç değerlerini kontrol grubu ile karşılaştırdık ve basınç farklarının anlamsız olduğunu gördük (Tablo 14). Özetle; rekonstrüksiyon sonrasında yapılan ölçümlerde, bağı kopuk taraf ayaklarının arka ayak tepe basıncı değerlerinin arttığını, sağlam tarafın ve sağlıklı olguların ayaklarına benzer değerlere ulaştığını tespit ettik.

Bulgularımız, ÖÇB rekonstrüksiyonun yürüyüş karakterini olumlu yönde etkilediğini bildiren yayınlar ile uyumludur. Devita ve arkadaşları, rekonstrüksiyon sonrası 6. ayda

hastaların yürüyüş karakterlerinin normale benzediğini bildirirlerken; Timoney ve arkadaşları, bunu 8-12. ay takiplerinde göstermişlerdir.^{45, 164} Benzer birçok yayında, rekonstrüksiyon sonrası ortalama 6-12. aylarda hastaların normal yürüyüş karakterlerini yeniden kazandıkları bildirilmiştir.^{29, 31, 35, 54, 90} Sonuçlar arasındaki farklar; hasta uyumuna, farklı rehabilitasyon programlarına, cerrahiye kadar geçen zamanların farklı olmasına, cerrahi tipine, verilerin toplanması ve değerlendirilmesinde kullanılan metodlara bağlı olabilir.^{45, 54, 90}

Mittlmeier ve arkadaşları, ön çapraz bağı kopuk hastaların ayakları arasında, cerrahi öncesinde ve cerrahi sonrası erken dönemde (6. hafta) izlenen basınç dağılımı asimetrisinin, cerrahi sonrası 12. haftadan itibaren görülmediğini bildirmişlerdir.¹¹² Bu çalışmanın sonuçları da bulgularımız ile uyumludur.

Çalışmamızda, ayağın mediolateral planında gruplar arasında anlamlı basınç farkları tespit edilmemiştir. Ön çapraz bağı kopuk hastaların yürüyüşlerinde saptanan biyomekanik değişiklikler, genellikle yürüyüşün duruş fazında ve sagittal planda görülmektedir.^{11, 22, 74, 90} Bu bilgilerin ışığında, mediolateral planda anlamlı basınç farklarının görülmemesi, bu konudaki genel literatür bilgisiyle uyumludur.

Çalışmamızda gruplar arası karşılaştırmaları yaparken, tepe basıncı değerleri gibi pedobarografik verilerden olan; temas alanı, temas süresi ve basınç zaman integrali değerlerini de kullandık.

Temas süresine baktığımızda, tüm karşılaştırmalar içinden sadece cerrahi öncesi dönemde, bağı kopuk taraf ayakları ile sağlam taraf ayakları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardı; bağı kopuk tarafta arka ayağın temas süresi sağlam taraftan daha kısaydı (Tablo 10). Grupların diğer karşılaştırmalarında temas süresi açısından anlamlı farklar yoktu. Bu sebepten dolayı bu bulguyu çalışmamızın bütünü içinde anlamlı görmedik.

Basınç zaman integrali (BZİ) değeri, tepe basıncı ile temas süresinin çarpımıyla hesaplanır; ayağın incelenen bölümünün ne kadar süre basınca maruz kaldığını göstermektedir.¹²⁶

Çalışmamızda, cerrahi öncesi dönemde bağı kopuk taraf ayakları ile sağlam taraf ayakları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit ettik; bağı kopuk tarafın ayağında, BZİ değerleri ayağın tümünde ve arka ayakta düşük bulunurken, orta kolonda değerler daha yüksekti (Tablo 10). Cerrahi sonrasında ise, ayağın tümünde ve arka ayakta anlamlı olarak artmıştı. Bu bulgular, tepe basıncı bulgularıyla nispeten uyumluydu; fakat sağlıklı olgular ile ön çapraz bağı kopuk hastalar arası karşılaştırmalarda BZİ değeri açısından fark tespit edilemedi. Bu bulgular ışığında, basınç zaman integrali parametresinin ön çapraz bağı kopuk hastaların pedobarografik değerlendirmesinde, tepe basıncı kadar faydalı olmadığı düşüncesindeyiz. Literatür incelendiğinde bu parametre daha ziyade; pes kavus, serebral palsi ve diyabetik ayak gibi hastalıklarda görülen basınç değişikliklerinin, ağrı ve bası yaralarıyla ilişkisini değerlendirmek amacıyla kullanılmaktadır.^{30, 126}

Temas alanları, hemen hemen gruplar arasında yaptığımız tüm karşılaştırmalarda birçok bölgede farklılık göstermekteydi. Değerlendirdiğimiz diğer parametrelerde fark görmediğimiz halde, temas alanlarının farklı olabildiğini gördük. Bu farklar ayağın belirli bölgelerinde yoğunlaşmıyordu ve belirli bir düzenleri yoktu. Bu sebeplerden dolayı, elimizdeki bilgiler dahilinde temas alanı parametresinin, ön çapraz bağı kopuk hastaların pedobarografik değerlendirmesinde fayda sağlamadığını düşünmekteyiz. Benzer çalışmaların yapılmasıyla, daha sağlıklı çıkarımların elde edilebileceği kanaatindeyiz.

Günümüzde ÖÇB rekonstrüksiyonları sonrasında fonksiyonel değerlendirmeler, daha ziyade klinik muayenelerle ve enstrümanlı laksite ölçümleriyle yapılmaktadır. Bunların yanında izokinetik olarak kas performansları değerlendirilmekte ve klinik skorum sistemleri kullanılmaktadır. Diz laksitesinin statik yöntemler ile değerlendirilmesinin, dinamik diz fonksiyonlarını göstermedeki sınırlı güvenilirliği bir çok çalışmada vurgulanmıştır.^{81, 130, 167} İki bacak arasındaki kuadriseps kas gücü farkı, izokinetik yöntemler ile ölçülür ve rehabilitasyon sürecini değerlendirmek için sık kullanılan bir parametredir; fakat dinamik diz

fonksiyonlarını ne kadar gösterdiği tartışmalıdır.¹⁵² Klinik skollama sistemlerinin ise, farklı parametreleri ve hesaplama yöntemleri bulunmaktadır; birbirleriyle karşılaştırılmaları zordur, diz fonksiyonlarını ne kadar yansıttıkları tartışmalıdır.¹¹² Bu sebeplerden dolayı, dizin dinamik fonksiyonlarını net bir şekilde gösterecek yöntemlerin arayışı devam etmektedir.

Çalışmamızda HS otogrefti ile rekonstrüksiyon uygulanan hastaları cerrahi sonrası dönemde Lysholm diz skollama sistemi ve IKDC-2000 sübjektif diz değerlendirme formu ile değerlendirdik. Hastaların skorlarının, anterior diz laksite değerleri ile istatistiksel olarak uyumlu olmadığını gördük. Bu testleri uygulamamızdaki esas amacımız, pedobarografik değerlendirme için seçilecek hastaları belirlemektir. Literatürde cerrahi sonrası değerlendirmede kullanılacak skollama sistemleri üzerine birçok çalışma bulmak mümkündür;^{6, 7, 139, 162} fakat bahsedildiği gibi etkinlikleri tartışmalıdır.¹¹²

Yürüme veya koşma gibi aktiviter sırasında diz fonksiyonlarının değerlendirilmesinin (dinamik değerlendirme), fonksiyonel değerlendirmede kullanılan geleneksel metodlardan daha uygun olduğu düşünülerek, ön çapraz bağı kopuk hastaların incelendiği birçok yürüme analizi çalışması yapılmıştır.^{12, 22, 54, 90, 176} Bu yöntemin, aynı zamanda geliştirilecek tedavi metodlarına da katkı sağlayacağı bildirilmiştir.¹² Fakat yapılan çalışmaların çoğunda, sadece tipik yürüme adaptasyonları ve cerrahi rekonstrüksiyonların bunlara etkileri gösterilmiştir.

Alt ekstremitenin rekonstrüktif girişimleri sonrasında, pedobarografik yöntemlerin fonksiyonel değerlendirmede başarıyla kullanıldığını bildiren yayınlar vardır.^{20, 168} ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrasında, dinamik diz fonksiyonlarını göstermek için ve rehabilitasyon sürecinin fonksiyonel takibinde pedobarografik yöntemlerin kullanılabileceği bildirilmiştir.¹¹²

Çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgular doğrultusunda, biz de ayak tabanı basınç ölçümlerinin, ÖÇB rekonstrüksiyonu sonrası fonksiyonel değerlendirmede kullanılabileceği inancındayız. Kolaylıkla uygulanabilen bu yöntem ile rekonstrüksiyon sonrası fonksiyonel gelişme zaman içinde sayısal olarak izlenebilir. Fakat daha önce, benzer çalışmalar

planlanarak rehabilitasyon sürecindeki taban basıncı değişiklikleri incelenmeli, bu değişikliklerin kas güçleriyle ve yürüme kinematiği ile ilişkisi ortaya konmalıdır.

Çalışmamızın eksik yanları olarak; çalışmaya alınacak sağlıklı olguların ve hastaların seçiminde, alt ekstremité diziliminin ve ayakların radyolojik olarak değerlendirilmemesi (değerlendirmeler fizik muayene yöntemleri ile yapılmıştır), kontrol grubu olgularıyla ön çapraz bağı kopuk hasta grubunun yaşlarının farklı olması (4,5 yaş), pedobarografik testlerde her ayağın yalnızca 2 kez değerlendirilmesi (3 veya daha fazla değerlendirmeden sonra benzer 2 görüntünün seçilmesi önerilir¹²⁶) ve cerrahi öncesi-sonrası dönemlerde izokinetik yöntemler ile uyluk kas güçlerinin ölçülmemesi gösterilebilir. Bu eksiklerin sonuçlar üzerinde anlamlı etkileri olmadığını düşünmekteyiz.

Sonuç olarak, ön çapraz bağın kopması, ayak tabanı basınç dağılımında dinamik değişikliklere neden olmaktadır. Bu değişiklikler aynı taraftaki ayaklarda izlenirken; karşı taraftaki ayaklarda anlamlı basınç değişiklikleri izlenmemiştir. Cerrahi öncesi dönemde, arka ayaktaki basıncın azalması belirgindir; cerrahi sonrasında ise değerler normale dönmektedir. Bu bulgular ÖÇB rekonstrüksiyonun basınç dağılımı üzerindeki olumlu etkilerini göstermektedir; bağ kopması sonrası bozulan ayak tabanı basınç dağılımı, rekonstrüksiyon sonrası düzelmektedir. Cerrahi öncesi ve sonrası dönemde, ayağın mediolateral planında anlamlı basınç değişiklikleri izlenmemiştir. Temas süresi, temas alanı ve basınç zaman integralleri gibi dinamik pedobarografik parametreler, ön çapraz bağı kopuk hastaların değerlendirilmesinde tepe basıncı kadar fayda sağlamamıştır. Yapılacak çalışmalarla bulgularımızın desteklenmesi ve kesin nedenlerinin ortaya konmasından sonra; pedobarografinin, ön çapraz bağı kopuk hastalarda fonksiyonel değerlendirme amacıyla kullanılabilecek pratik bir metod olduğunu düşünmekteyiz.

ÖZET

Amaç: Ön çapraz bağı kopuk hastaların ayak tabanı basınç dağılımlarını incelemek ve bağ rekonstrüksiyonu sonrası olası basınç değişikliklerini göstermek amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Tek taraflı ön çapraz bağ yırtığı olan hastalar arasından, 40 kişilik (34 erkek, 6 bayan) bir çalışma grubu oluşturuldu. Benzer cinsiyet ve beden kitle indeksi dağılımı gösteren 40 sağlıklı olgu ise kontrol grubunda yer aldı. Her iki grubun dinamik ayak tabanı basınç ölçümleri EMED SF-2 sistemi ile yapıldı. Ön çapraz bağı kopuk hastalar arasından, hamstring otogrefti ile rekonstrüksiyon uygulanan ve anterior laksite farkları 5mm'nin altında olan 13 hastanın (HS grubu), cerrahi sonrası ortalama 14,5. ayda taban basıncı ölçümleri tekrarlandı. Lysholm diz skorumu formu ve IKDC-2000 sübjektif diz değerlendirme formları ile hastaların öznel değerlendirmeleri yapıldı. Tüm olguların dinamik pedobarografik verilerinden tepe basıncı, temas süresi, temas alanı ve basınç zaman integrali değerleri, ayağın tamamı ve ön, orta , arka kısmı ile ön ayağın medial, orta ve lateral kolonları için ayrı ayrı hesaplandı. Ardından gruplar arası istatistiksel karşılaştırmalar yapıldı: 1) ÖÇB'si kopuk hastaların aynı taraf (bağı kopuk) ve karşı taraf (sağlam taraf) ayaklarının dinamik verileri, kontrol grubuyla ve kendi aralarında karşılaştırıldı 2) HS grubu hastalarının cerrahi öncesi değerleri, cerrahi sonrası değerleri ile karşılaştırıldı 3) HS grubu hastalarının cerrahi sonrası değerleri, kontrol grubuyla ve kendi aralarında karşılaştırıldı.

Bulgular: Ön çapraz bağı kopuk hastaların aynı taraf ayaklarının tepe basıncı değerleri, kontrol grubu ve karşı taraf ayaklarına göre, ayağın arka kısmında azalmıştı; cerrahi sonrası ölçümlerde ise normale döndüğü görüldü. Basınç dağılımdaki değişimin, aynı ve karşı taraf ayakları için simetrik olmadığı izlendi. Ayağın mediolateral planında, anlamlı basınç değişiklikleri görülmedi.

Sonuç: Ön çapraz bağı kopması, ayak tabanı basınç dağılımında dinamik değişikliklere neden olmaktadır. Bu değişiklikler sadece aynı taraftaki ayaklarda izlenmektedir. Cerrahi öncesi dönemde ayağın arka kısmında görülen basınç azalması; rekonstrüksiyon sonrasında normale dönmektedir. Bu bulgu rekonstrüksiyonun ayak tabanı basınç dağılımı üzerindeki olumlu etkisini göstermektedir. Temas süresi, temas alanı ve basınç zaman integralleri gibi dinamik pedobarografik parametreler, ön çapraz bağı kopuk hastaların değerlendirilmesinde tepe basıncı kadar fayda sağlamamıştır. Yapılacak çalışmalarla bulgularımızın desteklenmesi ve kesin nedenlerinin ortaya konmasından sonra; pedobarografinin, ön çapraz bağı kopuk hastalarda fonksiyonel değerlendirme amacıyla kullanılabilecek pratik bir metod olduğunu düşünmekteyiz.

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to investigate the plantar pressure distribution of patients with anterior cruciate deficiency and to demonstrate the potential pressure changes after anterior cruciate ligament reconstruction.

Materials and Method: A study group of 40 patients (34 male, 6 female) is composed among the patients suffering from unilateral anterior cruciate ligament deficiency. 40 healthy subjects having similar sex and body mass index distribution were selected in order to form the control group. Dynamic plantar pressure measurements of both groups were made by using EMED SF-2 system. Pedobarographic measurements of 13 patients with anterior cruciate deficiency which had reconstruction with hamstring autografts and having anterior knee laxity difference less than 5mm (HS group), were reevaluated approximately 14.5 months after the surgery. Subjective evaluations of patients were realized by Lysholm knee

scoring system and IKDC-2000 subjective knee evaluation form. Peak pressure, contact time, contact area and pressure-time integral values obtained from dynamic pedobarographic data of all subjects were calculated for the whole foot and, separately for hindfoot, midfoot, forefoot and medial, middle, lateral colons of forefoot. Then statistical analysis of data was done between the groups: 1) Same (anterior cruciate ligament deficient) side and opposite (healty) side feet dynamic values of patients with anterior cruciate ligament deficiency were compared with control group and intra-individually 2) Preoperative data of HS group was compared with postoperative data 3) Postoperative data of HS group was compared with control group and intra-individually.

Results: Peak pressure values of the same side feet in patients with anterior cruciate ligament deficiency, decreased at hindfoot compared to control group and opposite side feet. It was observed that the pressure values returned to normal after reconstruction. Changes in the plantar pressure distribution were not symmetric for same side and opposite feet. No significant plantar pressure change in the mediolateral plane of foot was seen.

Conclusion: Anterior cruciate ligament rupture triggers dynamic plantar pressure distribution changes. These changes were only observed at the same side feet in form of a pressure decrease at the hindfoot and normalized after anterior cruciate ligament reconstruction. This result shows the positive effects of reconstruction on plantar pressure distribution. Dynamic pedobarographic parameters such as contact time, contact area and pressure time integrals are not as useful as peak pressure in evaluation of patients with anterior cruciate ligament deficiency. After supporting of our results by future studies and exhibition of definite causes; we are of the opinion that pedobarography is a practical method that can be used in functional evaluation of patients with anterior cruciate ligament deficiency.

KAYNAKLAR

1. Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Iwasa J, Kuriwaka M, Ito Y. Reconstruction of the anterior cruciate ligament. Single- versus double-bundle multistranded hamstring tendons. *J Bone Joint Surg Br.* 2004;86(4):515-520.
2. Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Iwasa J, Ryoke K, Kuriwaka M. Mechanoreceptors in the anterior cruciate ligament contribute to the joint position sense. *Acta orthopaedica Scandinavica.* 2002;73(3):330-334.
3. Aglietti P, Giron F, Buzzi R, Biddau F, Sasso F. Anterior cruciate ligament reconstruction: bone-patellar tendon-bone compared with double semitendinosus and gracilis tendon grafts. A prospective, randomized clinical trial. *The Journal of bone and joint surgery.* 2004;86-A(10):2143-2155.
4. Allen CR, Giffin JR, Harner CD. Revision anterior cruciate ligament reconstruction. *The Orthopedic clinics of North America.* 2003;34(1):79-98.
5. Amis AA, Dawkins GP. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. *J Bone Joint Surg Br.* 1991;73(2):260-267.
6. Anderson AF, Dome DC, Gautam S, Awh MH, Rennirt GW. Correlation of anthropometric measurements, strength, anterior cruciate ligament size, and intercondylar notch characteristics to sex differences in anterior cruciate ligament tear rates. *The American journal of sports medicine.* 2001;29(1):58-66.
7. Anderson AF, Irrgang JJ, Kocher MS, Mann BJ, Harrast JJ. The International Knee Documentation Committee Subjective Knee Evaluation Form: normative data. *The American journal of sports medicine.* 2006;34(1):128-135.
8. Anderson AF, Snyder RB, Lipscomb AB, Jr. Anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective randomized study of three surgical methods. *The American journal of sports medicine.* 2001;29(3):272-279.
9. Andersson C, Odensten M, Gillquist J. Knee function after surgical or nonsurgical treatment of acute rupture of the anterior cruciate ligament: a randomized study with a long-term follow-up period. *Clinical orthopaedics and related research.* 1991(264):255-263.
10. Andrews M, Noyes FR, Barber-Westin SD. Anterior cruciate ligament allograft reconstruction in the skeletally immature athlete. *The American journal of sports medicine.* 1994;22(1):48-54.

11. Andriacchi TP. Functional analysis of pre and post-knee surgery: total knee arthroplasty and ACL reconstruction. *Journal of biomechanical engineering*. 1993;115(4B):575-581.
12. Andriacchi TP, Birac D. Functional testing in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Clinical orthopaedics and related research*. 1993(288):40-47.
13. Andriacchi TP, Dyrby CO. Interactions between kinematics and loading during walking for the normal and ACL deficient knee. *Journal of biomechanics*. 2005;38(2):293-298.
14. Arnold MP, Kooloos J, van Kampen A. Single-incision technique misses the anatomical femoral anterior cruciate ligament insertion: a cadaver study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2001;9(4):194-199.
15. Bach BR, Jr., Warren RF, Flynn WM, Kroll M, Wickiewicz TL. Arthrometric evaluation of knees that have a torn anterior cruciate ligament. *The Journal of bone and joint surgery*. 1990;72(9):1299-1306.
16. Bach BR, Nho SJ. Anterior Cruciate Ligament: Diagnosis and Decision Making. In: Cole M, ed. *Textbook of Arthroscopy*; 2004.
17. Barber FA, Elrod BF, McGuire DA, Paulos LE. Is an anterior cruciate ligament reconstruction outcome age dependent? *Arthroscopy*. 1996;12(6):720-725.
18. Barrett GR, Richardson K. Comparison of rear-entry (two-incision) and endoscopic techniques for reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Journal of the Southern Orthopaedic Association*. 1996;5(2):87-95.
19. Beard DJ, Anderson JL, Davies S, Price AJ, Dodd CA. Hamstrings vs. patella tendon for anterior cruciate ligament reconstruction: a randomised controlled trial. *The Knee*. 2001;8(1):45-50.
20. Becker HP, Rosenbaum D, Kriesse T, Gerngross H, Claes L. Gait asymmetry following successful surgical treatment of ankle fractures in young adults. *Clinical orthopaedics and related research*. 1995(311):262-269.
21. Benjaminse A, Gokeler A, van der Schans CP. Clinical diagnosis of an anterior cruciate ligament rupture: a meta-analysis. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*. 2006;36(5):267-288.
22. Berchuck M, Andriacchi TP, Bach BR, Reider B. Gait adaptations by patients who have a deficient anterior cruciate ligament. *The Journal of bone and joint surgery*. 1990;72(6):871-877.
23. Bernard M, Hertel P, Hornung H, Cierpinski T. Femoral insertion of the ACL. Radiographic quadrant method. *Am J Knee Surg*. 1997;10(1):14-21; discussion 21-12.
24. Beynnon BD, Johnson RJ, Abate JA, Fleming BC, Nichols CE. Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part 2. *The American journal of sports medicine*. 2005;33(11):1751-1767.

25. Beynnon BD, Johnson RJ, Abate JA, Fleming BC, Nichols CE. Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part I. *The American journal of sports medicine*. 2005;33(10):1579-1602.
26. Beynnon BD, Johnson RJ, Fleming BC, Kannus P, Kaplan M, Samani J, Renstrom P. Anterior cruciate ligament replacement: comparison of bone-patellar tendon-bone grafts with two-strand hamstring grafts. A prospective, randomized study. *The Journal of bone and joint surgery*. 2002;84-A(9):1503-1513.
27. Beynnon BD, Uh BS, Johnson RJ, Abate JA, Nichols CE, Fleming BC, Poole AR, Roos H. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized, double-blind comparison of programs administered over 2 different time intervals. *The American journal of sports medicine*. 2005;33(3):347-359.
28. Bisson LJ, Wickiewicz T, Levinson M, Warren R. ACL reconstruction in children with open physes. *Orthopedics*. 1998;21(6):659-663.
29. Bulgheroni P, Bulgheroni MV, Andrini L, Guffanti P, Giughello A. Gait patterns after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1997;5(1):14-21.
30. Burns J, Crosbie J, Hunt A, Ouvrier R. The effect of pes cavus on foot pain and plantar pressure. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. 2005;20(9):877-882.
31. Bush-Joseph CA, Hurwitz DE, Patel RR, Bahrani Y, Garretson R, Bach BR, Jr., Andriacchi TP. Dynamic function after anterior cruciate ligament reconstruction with autologous patellar tendon. *The American journal of sports medicine*. 2001;29(1):36-41.
32. Bynum EB, Barrack RL, Alexander AH. Open versus closed chain kinetic exercises after anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective randomized study. *The American journal of sports medicine*. 1995;23(4):401-406.
33. Carter TR, Edinger S. Isokinetic evaluation of anterior cruciate ligament reconstruction: hamstring versus patellar tendon. *Arthroscopy*. 1999;15(2):169-172.
34. Chester VL, Biden EN, Tingley M. Gait analysis. *Biomedical instrumentation & technology / Association for the Advancement of Medical Instrumentation*. 2005;39(1):64-74.
35. Ciccotti MG, Kerlan RK, Perry J, Pink M. An electromyographic analysis of the knee during functional activities. II. The anterior cruciate ligament-deficient and -reconstructed profiles. *The American journal of sports medicine*. 1994;22(5):651-658.
36. Ciccotti MG, Lombardo SJ, Nonweiler B, Pink M. Non-operative treatment of ruptures of the anterior cruciate ligament in middle-aged patients. Results after long-term follow-up. *The Journal of bone and joint surgery*. 1994;76(9):1315-1321.

37. Co FH, Skinner HB, Cannon WD. Effect of reconstruction of the anterior cruciate ligament on proprioception of the knee and the heel strike transient. *J Orthop Res*. 1993;11(5):696-704.
38. Corsetti JR, Jackson DW. Failure of anterior cruciate ligament reconstruction: the biologic basis. *Clinical orthopaedics and related research*. 1996(325):42-49.
39. Costa-Paz M, Muscolo DL, Ayerza M, Makino A, Aponte-Tinao L. Magnetic resonance imaging follow-up study of bone bruises associated with anterior cruciate ligament ruptures. *Arthroscopy*. 2001;17(5):445-449.
40. Daniel DM, Malcom LL, Losse G, Stone ML, Sachs R, Burks R. Instrumented measurement of anterior laxity of the knee. *The Journal of bone and joint surgery*. 1985;67(5):720-726.
41. Daniel DM, Stone ML, Dobson BE, Fithian DC, Rossman DJ, Kaufman KR. Fate of the ACL-injured patient. A prospective outcome study. *The American journal of sports medicine*. 1994;22(5):632-644.
42. Daniel DM, Stone ML, Sachs R, Malcom L. Instrumented measurement of anterior knee laxity in patients with acute anterior cruciate ligament disruption. *The American journal of sports medicine*. 1985;13(6):401-407.
43. Dejour H, Neyret P, Boileau P, Donell ST. Anterior cruciate reconstruction combined with valgus tibial osteotomy. *Clinical orthopaedics and related research*. 1994(299):220-228.
44. Delay BS, Smolinski RJ, Wind WM, Bowman DS. Current practices and opinions in ACL reconstruction and rehabilitation: results of a survey of the American Orthopaedic Society for Sports Medicine. *Am J Knee Surg*. 2001;14(2):85-91.
45. DeVita P, Hortobagyi T, Barrier J. Gait biomechanics are not normal after anterior cruciate ligament reconstruction and accelerated rehabilitation. *Medicine and science in sports and exercise*. 1998;30(10):1481-1488.
46. Devita P, Hortobagyi T, Barrier J, Torry M, Glover KL, Speroni DL, Money J, Mahar MT. Gait adaptations before and after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *Medicine and science in sports and exercise*. 1997;29(7):853-859.
47. Dienst M, Burks RT, Greis PE. Anatomy and biomechanics of the anterior cruciate ligament. *The Orthopedic clinics of North America*. 2002;33(4):605-620, v.
48. Doral MN, Bozkurt M, Atay AÖ, Tetik O. Çapraz Bağ Yaralanmaları. *Türkiye Klinikleri*. 2006;2(39):31-34.
49. Ejerhed L, Kartus J, Sernert N, Kohler K, Karlsson J. Patellar tendon or semitendinosus tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction? A prospective randomized study with a two-year follow-up. *The American journal of sports medicine*. 2003;31(1):19-25.

50. Eriksson K, Anderberg P, Hamberg P, Lofgren AC, Bredenberg M, Westman I, Wredmark T. A comparison of quadruple semitendinosus and patellar tendon grafts in reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br.* 2001;83(3):348-354.
51. Esquenazi A. Biomechanics of Gait. In: Vaccaro A, R, ed. *Orthopaedic Knowledge Update 8*; 2005:377-386.
52. Faber KJ, Dill JR, Amendola A, Thain L, Spouge A, Fowler PJ. Occult osteochondral lesions after anterior cruciate ligament rupture. Six-year magnetic resonance imaging follow-up study. *The American journal of sports medicine.* 1999;27(4):489-494.
53. Feller JA, Webster KE. A randomized comparison of patellar tendon and hamstring tendon anterior cruciate ligament reconstruction. *The American journal of sports medicine.* 2003;31(4):564-573.
54. Ferber R, Osternig LR, Woollacott MH, Wasielewski NJ, Lee JH. Gait mechanics in chronic ACL deficiency and subsequent repair. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon).* 2002;17(4):274-285.
55. Ferber R, Osternig LR, Woollacott MH, Wasielewski NJ, Lee JH. Bilateral accommodations to anterior cruciate ligament deficiency and surgery. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon).* 2004;19(2):136-144.
56. Ferrari JD, Johnson RJ. Isolated anterior cruciate ligament injury. In: Champman MW, ed. *Champman's Orthopedic Surgery.* Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins; 2001:2347-2359.
57. Fink C, Benedetto KP, Hackl W, Hoser C, Freund MC, Rieger M. Bioabsorbable polyglyconate interference screw fixation in anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective computed tomography-controlled study. *Arthroscopy.* 2000;16(5):491-498.
58. Fink C, Hoser C, Hackl W, Navarro RA, Benedetto KP. Long-term outcome of operative or nonoperative treatment of anterior cruciate ligament rupture--is sports activity a determining variable? *International journal of sports medicine.* 2001;22(4):304-309.
59. Franklin JL, Rosenberg TD, Paulos LE, France EP. Radiographic assessment of instability of the knee due to rupture of the anterior cruciate ligament. A quadriceps-contraction technique. *The Journal of bone and joint surgery.* 1991;73(3):365-372.
60. Fu FH, Bennett CH, Lattermann C, Ma CB. Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. Part 1: Biology and biomechanics of reconstruction. *The American journal of sports medicine.* 1999;27(6):821-830.
61. Gillquist J, Messner K. Anterior cruciate ligament reconstruction and the long-term incidence of gonarthrosis. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)* 1999;27(3):143-156.

62. Goldblatt JP, Fitzsimmons SE, Balk E, Richmond JC. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: meta-analysis of patellar tendon versus hamstring tendon autograft. *Arthroscopy*. 2005;21(7):791-803.
63. Graf BK, Lange RH, Fujisaki CK, Landry GL, Saluja RK. Anterior cruciate ligament tears in skeletally immature patients: meniscal pathology at presentation and after attempted conservative treatment. *Arthroscopy*. 1992;8(2):229-233.
64. Grontvedt T, Engebretsen L, Bredland T. Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament using bone-patellar tendon-bone grafts with and without augmentation. A prospective randomised study. *J Bone Joint Surg Br*. 1996;78(5):817-822.
65. Guzzanti V, Falciglia F, Stanitski CL. Physeal-sparing intraarticular anterior cruciate ligament reconstruction in preadolescents. *The American journal of sports medicine*. 2003;31(6):949-953.
66. Hamada M, Shino K, Horibe S, Mitsuoka T, Miyama T, Shiozaki Y, Mae T. Single-versus bi-socket anterior cruciate ligament reconstruction using autogenous multiple-stranded hamstring tendons with endoButton femoral fixation: A prospective study. *Arthroscopy*. 2001;17(8):801-807.
67. Harner CD, Giffin JR, Duntzman RC, Annunziata CC, Friedman MJ. Evaluation and treatment of recurrent instability after anterior cruciate ligament reconstruction. *Instructional course lectures*. 2001;50:463-474.
68. Harter RA, Osternig LR, Singer KM. Instrumented Lachman tests for the evaluation of anterior laxity after reconstruction of the anterior cruciate ligament. *The Journal of bone and joint surgery*. 1989;71(7):975-983.
69. Hawkins RJ, Misamore GW, Merritt TR. Followup of the acute nonoperated isolated anterior cruciate ligament tear. *The American journal of sports medicine*. 1986;14(3):205-210.
70. Hess T, Duchow J, Roland S, Kohn D. Single-versus two-incision technique in anterior cruciate ligament replacement: influence on postoperative muscle function. *The American journal of sports medicine*. 2002;30(1):27-31.
71. Horstman JK, Ahmadu-Suka F, Norrdin RW. Anterior cruciate ligament fascia lata allograft reconstruction: progressive histologic changes toward maturity. *Arthroscopy*. 1993;9(5):509-518.
72. Howell SM, Clark JA. Tibial tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstructions and graft impingement. *Clinical orthopaedics and related research*. 1992(283):187-195.
73. Hunter RE, Mastrangelo J, Freeman JR, Purnell ML, Jones RH. The impact of surgical timing on postoperative motion and stability following anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 1996;12(6):667-674.

74. Hurwitz DE, Andriacchi TP, Bush-Joseph CA, Bach BR, Jr. Functional adaptations in patients with ACL-deficient knees. *Exercise and sport sciences reviews*. 1997;25:1-20.
75. Ireland ML. Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Athletes: Epidemiology. *J Athl Train*. 1999;34(2):150-154.
76. Jansson KA, Linko E, Sandelin J, Harilainen A. A prospective randomized study of patellar versus hamstring tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction. *The American journal of sports medicine*. 2003;31(1):12-18.
77. Jarvela T, Kannus P, Jarvinen M. Anterior cruciate ligament reconstruction in patients with or without accompanying injuries: A re-examination of subjects 5 to 9 years after reconstruction. *Arthroscopy*. 2001;17(8):818-825.
78. Jefferson RJ, Collins JJ, Whittle MW, Radin EL, O'Connor JJ. The role of the quadriceps in controlling impulsive forces around heel strike. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*. 1990;204(1):21-28.
79. Johnson DL, Urban WP, Jr., Caborn DN, Vanarthos WJ, Carlson CS. Articular cartilage changes seen with magnetic resonance imaging-detected bone bruises associated with acute anterior cruciate ligament rupture. *The American journal of sports medicine*. 1998;26(3):409-414.
80. Jomha NM, Borton DC, Clingeleffer AJ, Pinczewski LA. Long-term osteoarthritic changes in anterior cruciate ligament reconstructed knees. *Clinical orthopaedics and related research*. 1999(358):188-193.
81. Jorn LP, Friden T, Ryd L, Lindstrand A. Simultaneous measurements of sagittal knee laxity with an external device and radiostereometric analysis. *J Bone Joint Surg Br*. 1998;80(1):169-172.
82. Kanamori A, Woo SL, Ma CB, Zeminski J, Rudy TW, Li G, Livesay GA. The forces in the anterior cruciate ligament and knee kinematics during a simulated pivot shift test: A human cadaveric study using robotic technology. *Arthroscopy*. 2000;16(6):633-639.
83. Kanatli U, Yetkin H, Bolukbasi S. Evaluation of the transverse metatarsal arch of the foot with gait analysis. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 2003;123(4):148-150.
84. Kanatlı U, Yetkin H, Songür M, Öztürk A, Bölükbaşı S. Yürüme Analizinin Ortopedik Uygulamaları. *TOTBID (Türk Ortopedi ve Travmatoloji Birliği Derneği) Dergisi*. 2006;5(1-2):53-59.
85. Kannus P. Ratio of hamstring to quadriceps femoris muscles' strength in the anterior cruciate ligament insufficient knee. Relationship to long-term recovery. *Physical therapy*. 1988;68(6):961-965.
86. Kannus P, Jarvinen M. Conservatively treated tears of the anterior cruciate ligament. Long-term results. *The Journal of bone and joint surgery*. 1987;69(7):1007-1012.

87. Karlsson J, Kartus J, Magnusson L, Larsson J, Brandsson S, Eriksson BI. Subacute versus delayed reconstruction of the anterior cruciate ligament in the competitive athlete. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1999;7(3):146-151.
88. Kartus J, Magnusson L, Stener S, Brandsson S, Eriksson BI, Karlsson J. Complications following arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. A 2-5-year follow-up of 604 patients with special emphasis on anterior knee pain. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1999;7(1):2-8.
89. Khalfayan EE, Sharkey PF, Alexander AH, Bruckner JD, Bynum EB. The relationship between tunnel placement and clinical results after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American journal of sports medicine.* 1996;24(3):335-341.
90. Knoll Z, Kiss RM, Kocsis L. Gait adaptation in ACL deficient patients before and after anterior cruciate ligament reconstruction surgery. *J Electromyogr Kinesiol.* 2004;14(3):287-294.
91. Kocher MS, Saxon HS, Hovis WD, Hawkins RJ. Management and complications of anterior cruciate ligament injuries in skeletally immature patients: survey of the Herodicus Society and The ACL Study Group. *Journal of pediatric orthopedics.* 2002;22(4):452-457.
92. Koman JD, Sanders JO. Valgus deformity after reconstruction of the anterior cruciate ligament in a skeletally immature patient. A case report. *The Journal of bone and joint surgery.* 1999;81(5):711-715.
93. Kumar K, Maffulli N. The ligament augmentation device: an historical perspective. *Arthroscopy.* 1999;15(4):422-432.
94. LaPrade RF, Burnett QM, 2nd. Femoral intercondylar notch stenosis and correlation to anterior cruciate ligament injuries. A prospective study. *The American journal of sports medicine.* 1994;22(2):198-202; discussion 203.
95. Lattermann C, Jakob RP. High tibial osteotomy alone or combined with ligament reconstruction in anterior cruciate ligament-deficient knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1996;4(1):32-38.
96. Laxdal G, Kartus J, Hansson L, Heidvall M, Ejerhed L, Karlsson J. A prospective randomized comparison of bone-patellar tendon-bone and hamstring grafts for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2005;21(1):34-42.
97. Levy AS, Meier SW. Approach to cartilage injury in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *The Orthopedic clinics of North America.* 2003;34(1):149-167.
98. Lewek M, Rudolph K, Axe M, Snyder-Mackler L. The effect of insufficient quadriceps strength on gait after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon).* 2002;17(1):56-63.

99. Li G, Rudy TW, Allen C, Sakane M, Woo SL. Effect of combined axial compressive and anterior tibial loads on in situ forces in the anterior cruciate ligament: a porcine study. *J Orthop Res.* 1998;16(1):122-127.
100. Lindenfeld TN, Wojtys EM, Husain A. Surgical treatment of arthrofibrosis of the knee. *Instructional course lectures.* 2000;49:211-221.
101. Lintner DM, Kamaric E, Moseley JB, Noble PC. Partial tears of the anterior cruciate ligament. Are they clinically detectable? *The American journal of sports medicine.* 1995;23(1):111-118.
102. Liu SH, Osti L, Henry M, Bocchi L. The diagnosis of acute complete tears of the anterior cruciate ligament. Comparison of MRI, arthrometry and clinical examination. *J Bone Joint Surg Br.* 1995;77(4):586-588.
103. Lohmander LS, Roos H. Knee ligament injury, surgery and osteoarthritis. Truth or consequences? *Acta orthopaedica Scandinavica.* 1994;65(6):605-609.
104. Lombardo S, Sethi PM, Starkey C. Intercondylar notch stenosis is not a risk factor for anterior cruciate ligament tears in professional male basketball players: an 11-year prospective study. *The American journal of sports medicine.* 2005;33(1):29-34.
105. Mae T, Shino K, Miyama T, Shinjo H, Ochi T, Yoshikawa H, Fujie H. Single- versus two-femoral socket anterior cruciate ligament reconstruction technique: Biomechanical analysis using a robotic simulator. *Arthroscopy.* 2001;17(7):708-716.
106. Majors RA, Woodfin B. Achieving full range of motion after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American journal of sports medicine.* 1996;24(3):350-355.
107. Malone AA, Dowd GS, Saifuddin A. Injuries of the posterior cruciate ligament and posterolateral corner of the knee. *Injury.* 2006;37(6):485-501.
108. Marcacci M, Zaffagnini S, Iacono F, Neri MP, Petitto A. Early versus late reconstruction for anterior cruciate ligament rupture. Results after five years of followup. *The American journal of sports medicine.* 1995;23(6):690-693.
109. Mayr HO, Weig TG, Plitz W. Arthrofibrosis following ACL reconstruction--reasons and outcome. *Archives of orthopaedic and trauma surgery.* 2004;124(8):518-522.
110. Meystre JL, Vallotton J, Benvenuti JF. Double semitendinosus anterior cruciate ligament reconstruction: 10-year results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1998;6(2):76-81.
111. Miller RH. Knee Injuries. *Campbell's Operative Surgery Tenth Edition*; 2003:2165-2338.

112. Mittlmeier T, Weiler A, Sohn T, Kleinhans L, Mollbach S, Duda G, Sudkamp NP. novel Award Second Prize Paper. Functional monitoring during rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. 1999;14(8):576-584.
113. Morgan CD, Kalman VR, Grawl DM. Definitive landmarks for reproducible tibial tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 1995;11(3):275-288.
114. Moyen B, Lerat JL. Artificial ligaments for anterior cruciate replacement. A new generation of problems. *J Bone Joint Surg Br*. 1994;76(2):173-175.
115. Muneta T, Sekiya I, Yagishita K, Ogiuchi T, Yamamoto H, Shinomiya K. Two-bundle reconstruction of the anterior cruciate ligament using semitendinosus tendon with endobuttons: operative technique and preliminary results. *Arthroscopy*. 1999;15(6):618-624.
116. Nicholas SJ, D'Amato MJ, Mullaney MJ, Tyler TF, Kolstad K, McHugh MP. A prospectively randomized double-blind study on the effect of initial graft tension on knee stability after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American journal of sports medicine*. 2004;32(8):1881-1886.
117. Nogalski MP, Bach BR, Jr., Bush-Joseph CA, Luergans S. Trends in decreased hospitalization for anterior cruciate ligament surgery: double-incision versus single-incision reconstruction. *Arthroscopy*. 1995;11(2):134-138.
118. Noyes FR, Barber-Westin SD. The treatment of acute combined ruptures of the anterior cruciate and medial ligaments of the knee. *The American journal of sports medicine*. 1995;23(4):380-389.
119. Noyes FR, Barber-Westin SD. Anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon graft in patients with articular cartilage damage. *The American journal of sports medicine*. 1997;25(5):626-634.
120. Noyes FR, Barber-Westin SD, Hewett TE. High tibial osteotomy and ligament reconstruction for varus angulated anterior cruciate ligament-deficient knees. *The American journal of sports medicine*. 2000;28(3):282-296.
121. Noyes FR, Barber SD, Mangine RE. Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture. *The American journal of sports medicine*. 1991;19(5):513-518.
122. Noyes FR, Matthews DS, Mooar PA, Grood ES. The symptomatic anterior cruciate-deficient knee. Part II: the results of rehabilitation, activity modification, and counseling on functional disability. *The Journal of bone and joint surgery*. 1983;65(2):163-174.
123. Noyes FR, Mooar LA, Moorman CT, 3rd, McGinniss GH. Partial tears of the anterior cruciate ligament. Progression to complete ligament deficiency. *J Bone Joint Surg Br*. 1989;71(5):825-833.

124. Noyes FR, Mooar PA, Matthews DS, Butler DL. The symptomatic anterior cruciate-deficient knee. Part I: the long-term functional disability in athletically active individuals. *The Journal of bone and joint surgery*. 1983;65(2):154-162.
125. Odensten M, Gillquist J. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *The Journal of bone and joint surgery*. 1985;67(2):257-262.
126. Orlin MN, McPoil TG. Plantar pressure assessment. *Physical therapy*. 2000;80(4):399-409.
127. Pandy MG, Shelburne KB. Dependence of cruciate-ligament loading on muscle forces and external load. *Journal of biomechanics*. 1997;30(10):1015-1024.
128. Pandy MG, Shelburne KB. Theoretical analysis of ligament and extensor-mechanism function in the ACL-deficient knee. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. 1998;13(2):98-111.
129. Patel RR, Hurwitz DE, Andriacchi TP, Bush-Joseph CA, B.R B. Mechanisms for the "Quadriceps Avoidance Gait" Seen in ACL Deficient Patients *Gait and Posture*. 1997;5(2):147.
130. Patel RR, Hurwitz DE, Bush-Joseph CA, Bach BR, Jr., Andriacchi TP. Comparison of clinical and dynamic knee function in patients with anterior cruciate ligament deficiency. *The American journal of sports medicine*. 2003;31(1):68-74.
131. Pressman AE, Letts RM, Jarvis JG. Anterior cruciate ligament tears in children: an analysis of operative versus nonoperative treatment. *Journal of pediatric orthopedics*. 1997;17(4):505-511.
132. Radford WJ, Amis AA, Kempson SA, Stead AC, Camburn M. A comparative study of single- and double-bundle ACL reconstructions in sheep. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1994;2(2):94-99.
133. Reider B, Arcand MA, Diehl LH, Mroczek K, Abulencia A, Stroud CC, Palm M, Gilbertson J, Staszak P. Proprioception of the knee before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2003;19(1):2-12.
134. Roberts CS, Rash GS, Honaker JT, Wachowiak MP, Shaw JC. A deficient anterior cruciate ligament does not lead to quadriceps avoidance gait. *Gait & posture*. 1999;10(3):189-199.
135. Roos H, Adalberth T, Dahlberg L, Lohmander LS. Osteoarthritis of the knee after injury to the anterior cruciate ligament or meniscus: the influence of time and age. *Osteoarthritis and cartilage / OARS, Osteoarthritis Research Society*. 1995;3(4):261-267.
136. Rosebaum D, Becker HP. Plantar pressure distribution measurements. Technical background and clinical applications. *Foot and Ankle Surgery*. 1997;3:1-14.

137. Rosen MA, Jackson DW, Atwell EA. The efficacy of continuous passive motion in the rehabilitation of anterior cruciate ligament reconstructions. *The American journal of sports medicine*. 1992;20(2):122-127.
138. Sachs RA, Daniel DM, Stone ML, Garfein RF. Patellofemoral problems after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American journal of sports medicine*. 1989;17(6):760-765.
139. Sernert N, Kartus J, Kohler K, Stener S, Larsson J, Eriksson BI, Karlsson J. Analysis of subjective, objective and functional examination tests after anterior cruciate ligament reconstruction. A follow-up of 527 patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1999;7(3):160-165.
140. Shaieb MD, Kan DM, Chang SK, Marumoto JM, Richardson AB. A prospective randomized comparison of patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction. *The American journal of sports medicine*. 2002;30(2):214-220.
141. Shelbourne KD, Gray T. Results of anterior cruciate ligament reconstruction based on meniscus and articular cartilage status at the time of surgery. Five- to fifteen-year evaluations. *The American journal of sports medicine*. 2000;28(4):446-452.
142. Shelbourne KD, Jari S, Gray T. Outcome of untreated traumatic articular cartilage defects of the knee: a natural history study. *The Journal of bone and joint surgery*. 2003;85-A Suppl 2:8-16.
143. Shelbourne KD, Klootwyk TE, Wilckens JH, De Carlo MS. Ligament stability two to six years after anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon graft and participation in accelerated rehabilitation program. *The American journal of sports medicine*. 1995;23(5):575-579.
144. Shelbourne KD, Patel DV. Timing of surgery in anterior cruciate ligament-injured knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1995;3(3):148-156.
145. Shelbourne KD, Stube KC. Anterior cruciate ligament (ACL)-deficient knee with degenerative arthrosis: treatment with an isolated autogenous patellar tendon ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1997;5(3):150-156.
146. Shelbourne KD, Urch SE. Primary anterior cruciate ligament reconstruction using the contralateral autogenous patellar tendon. *The American journal of sports medicine*. 2000;28(5):651-658.
147. Shelbourne KD, Wilckens JH, Mollabashy A, DeCarlo M. Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament reconstruction. The effect of timing of reconstruction and rehabilitation. *The American journal of sports medicine*. 1991;19(4):332-336.
148. Shino K, Nakagawa S, Inoue M, Horibe S, Yoneda M. Deterioration of patellofemoral articular surfaces after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American journal of sports medicine*. 1993;21(2):206-211.

149. Shirakura K, Terauchi M, Katayama M, Watanabe H, Yamaji T, Takagishi K. The management of medial ligament tears in patients with combined anterior cruciate and medial ligament lesions. *International orthopaedics*. 2000;24(2):108-111.
150. Sloane PA, Brazier H, Murphy AW, Collins T. Evidence based medicine in clinical practice: how to advise patients on the influence of age on the outcome of surgical anterior cruciate ligament reconstruction: a review of the literature. *British journal of sports medicine*. 2002;36(3):200-203; discussion 204.
151. Smith BA, Livesay GA, Woo SL. Biology and biomechanics of the anterior cruciate ligament. *Clinics in sports medicine*. 1993;12(4):637-670.
152. Snyder-Mackler L, Delitto A, Bailey SL, Stralka SW. Strength of the quadriceps femoris muscle and functional recovery after reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective, randomized clinical trial of electrical stimulation. *The Journal of bone and joint surgery*. 1995;77(8):1166-1173.
153. Sommerlath K, Lysholm J, Gillquist J. The long-term course after treatment of acute anterior cruciate ligament ruptures. A 9 to 16 year followup. *The American journal of sports medicine*. 1991;19(2):156-162.
154. Souryal TO, Freeman TR. Intercondylar notch size and anterior cruciate ligament injuries in athletes. A prospective study. *The American journal of sports medicine*. 1993;21(4):535-539.
155. Spindler KP, Kuhn JE, Freedman KB, Matthews CE, Dittus RS, Harrell FE, Jr. Anterior cruciate ligament reconstruction autograft choice: bone-tendon-bone versus hamstring: does it really matter? A systematic review. *The American journal of sports medicine*. 2004;32(8):1986-1995.
156. Spindler KP, Schils JP, Bergfeld JA, Andrish JT, Weiker GG, Anderson TE, Piraino DW, Richmond BJ, Medendorp SV. Prospective study of osseous, articular, and meniscal lesions in recent anterior cruciate ligament tears by magnetic resonance imaging and arthroscopy. *The American journal of sports medicine*. 1993;21(4):551-557.
157. Stein BE, Williams RJ, 3rd, Wickiewicz TL. Arthritis and osteotomies in anterior cruciate ligament reconstruction. *The Orthopedic clinics of North America*. 2003;34(1):169-181.
158. Stoller DW, Tirman PFJ, Bredella MA. Anterior Cruciate Ligament (ACL) Tear. In: Stoller.Tirman.Bredella, ed. *Diagnostic Imaging Orthopaedics*; 2004:42-45.
159. Strickland SM, MacGillivray JD, Warren RF. Anterior cruciate ligament reconstruction with allograft tendons. *The Orthopedic clinics of North America*. 2003;34(1):41-47.

160. Strum GM, Friedman MJ, Fox JM, Ferkel RD, Dorey FH, Del Pizzo W, Snyder SJ. Acute anterior cruciate ligament reconstruction. Analysis of complications. *Clinical orthopaedics and related research*. 1990(253):184-189.
161. Tandoğan N, R. Ön Çapraz Bağ Yaralanmaları. In: Tandoğan N, R, Alpaslan A, M, eds. *Diz Cerrahisi*; 1999.
162. Tegner Y, Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clinical orthopaedics and related research*. 1985(198):43-49.
163. Tibone JE, Antich TJ, Fanton GS, Moynes DR, Perry J. Functional analysis of anterior cruciate ligament instability. *The American journal of sports medicine*. 1986;14(4):276-284.
164. Timoney JM, Inman WS, Quesada PM, Sharkey PF, Barrack RL, Skinner HB, Alexander AH. Return of normal gait patterns after anterior cruciate ligament reconstruction. *The American journal of sports medicine*. 1993;21(6):887-889.
165. Torry MR, Decker MJ, Viola RW, O'Connor DD, Steadman JR. Intra-articular knee joint effusion induces quadriceps avoidance gait patterns. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*. 2000;15(3):147-159.
166. Torzilli PA, Deng X, Warren RF. The effect of joint-compressive load and quadriceps muscle force on knee motion in the intact and anterior cruciate ligament-sectioned knee. *The American journal of sports medicine*. 1994;22(1):105-112.
167. Torzilli PA, Panariello RA, Forbes A, Santner TJ, Warren RF. Measurement reproducibility of two commercial knee test devices. *J Orthop Res*. 1991;9(5):730-737.
168. Tsuboyama T, Windhager R, Bochdansky T, Yamamuro T, Kotz R. Gait after knee arthroplasty for femoral tumor. Foot pressure patterns recorded in 20 patients. *Acta orthopaedica Scandinavica*. 1994;65(1):51-54.
169. Tuna H, Yildiz M, Celtik C, Kokino S. [Static and dynamic plantar pressure measurements in adolescents]. *Acta orthopaedica et traumatologica turcica*. 2004;38(3):200-205.
170. Tyler TF, McHugh MP, Gleim GW, Nicholas SJ. The effect of immediate weightbearing after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinical orthopaedics and related research*. 1998(357):141-148.
171. Uhorchak JM, Scoville CR, Williams GN, Arciero RA, St Pierre P, Taylor DC. Risk factors associated with noncontact injury of the anterior cruciate ligament: a prospective four-year evaluation of 859 West Point cadets. *The American journal of sports medicine*. 2003;31(6):831-842.
172. Veltri DM. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinics in sports medicine*. 1997;16(1):123-144.

173. Waite JC, Beard DJ, Dodd CA, Murray DW, Gill HS. In vivo kinematics of the ACL-deficient limb during running and cutting. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2005;13(5):377-384.
174. Warren RF, Kaplan N, Bach BR. The lateral notch sign of anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Knee Surg.* 1988;1:119-124.
175. Webster KE, Feller JA, Hameister KA. Bone tunnel enlargement following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomised comparison of hamstring and patellar tendon grafts with 2-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2001;9(2):86-91.
176. Wexler G, Hurwitz DE, Bush-Joseph CA, Andriacchi TP, Bach BR, Jr. Functional gait adaptations in patients with anterior cruciate ligament deficiency over time. *Clinical orthopaedics and related research.* 1998(348):166-175.
177. Williams RJ, 3rd, Kelly BT, Wickiewicz TL, Altchek DW, Warren RF. The short-term outcome of surgical treatment for painful varus arthritis in association with chronic ACL deficiency. *The journal of knee surgery.* 2003;16(1):9-16.
178. Wilson TW, Zafuta MP, Zobitz M. A biomechanical analysis of matched bone-patellar tendon-bone and double-looped semitendinosus and gracilis tendon grafts. *The American journal of sports medicine.* 1999;27(2):202-207.
179. Wittenberg RH, Oxford HU, Plafki C. A comparison of conservative and delayed surgical treatment of anterior cruciate ligament ruptures. A matched pair analysis. *International orthopaedics.* 1998;22(3):145-148.
180. Woo SL, Hollis JM, Adams DJ, Lyon RM, Takai S. Tensile properties of the human femur-anterior cruciate ligament-tibia complex. The effects of specimen age and orientation. *The American journal of sports medicine.* 1991;19(3):217-225.
181. Woo SL, Kanamori A, Zeminski J, Yagi M, Papageorgiou C, Fu FH. The effectiveness of reconstruction of the anterior cruciate ligament with hamstrings and patellar tendon . A cadaveric study comparing anterior tibial and rotational loads. *The Journal of bone and joint surgery.* 2002;84-A(6):907-914.
182. Woo SL, Peterson RH, Ohland KJ, Sites TJ, Danto MI. The effects of strain rate on the properties of the medial collateral ligament in skeletally immature and mature rabbits: a biomechanical and histological study. *J Orthop Res.* 1990;8(5):712-721.
183. Woods GW, O'Connor DP. Delayed anterior cruciate ligament reconstruction in adolescents with open physes. *The American journal of sports medicine.* 2004;32(1):201-210.
184. Wu WH, Hackett T, Richmond JC. Effects of meniscal and articular surface status on knee stability, function, and symptoms after anterior cruciate ligament reconstruction: a long-term prospective study. *The American journal of sports medicine.* 2002;30(6):845-850.

185. Yagi M, Wong EK, Kanamori A, Debski RE, Fu FH, Woo SL. Biomechanical analysis of an anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *The American journal of sports medicine*. 2002;30(5):660-666.
186. Yasuda K, Tsujino J, Tanabe Y, Kaneda K. Effects of initial graft tension on clinical outcome after anterior cruciate ligament reconstruction. Autogenous doubled hamstring tendons connected in series with polyester tapes. *The American journal of sports medicine*. 1997;25(1):99-106.
187. Yoshiya S, Andrish JT, Manley MT, Bauer TW. Graft tension in anterior cruciate ligament reconstruction. An in vivo study in dogs. *The American journal of sports medicine*. 1987;15(5):464-470.
188. Yunes M, Richmond JC, Engels EA, Pinczewski LA. Patellar versus hamstring tendons in anterior cruciate ligament reconstruction: A meta-analysis. *Arthroscopy*. 2001;17(3):248-257.
189. Zantop T, Petersen W, Fu FH. Anatomy of the Anterior Cruciate Ligament. *Operative Techniques in Orthopaedics*. 2005;15(1):20-28.