



Ön çapraz bağ yaralanmaları ve tedavisinde tarihsel gelişim

Anterior cruciate ligament injuries and their treatment –historical development

Kubilay Uğurcan Ceritoğlu¹, Cem Nuri Aktekin^{1,2}

¹Sağlık Bakanlığı Ankara Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Bölümü, Ankara
²Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Ankara

Spor sebebiyle yaralanmalar sonrası cerrahi tedavinin en sık nedeni olan ön çapraz bağ (ÖÇB) yaralanmaları 19. yüzyıldan itibaren anatomistlerin ve cerrahların dikkatini çekmektedir. Hipokrat'tan beri diz instabilitesi ile ilişkisi araştırılan ÖÇB yaralanmalarının ideal tedavisi halen araştırılmaya devam etmektedir. Çalışmada ÖÇB yaralanmaları ve tedavisinin tarihsel gelişimini özetlemek amaçlanmıştır. Önce konservatif tedavi denemeleri ile başlayan sonraları 1900'lerde primer onarım tekniklerinin denemeye başlandığı ÖÇB yaralanmalarında, 1914'den itibaren rekonstrüksiyon denemeleri başlamıştır. Başlarda cerrahi tedavinin başarısızlığı nedeniyle konservatif tedavi önerilse de artroskopik yöntemlerin gelişmesi ve fizik tedavi protokollerinin iyileşmesi ile son 30 yılda cerrahi tedavi öne çıkmıştır. Sentetik greftler, menisküsler, allogreftler, fasya lata greftleri, kuadriseps tendonu gibi bir çok seçenek denendikten sonra günümüzde en çok tercih edilen hamstring tendonları ve patellar tendon greft olarak tercih edilmeye başlanmıştır. ÖÇB rekonstrüksiyonunda ekstra-artiküler ve izometri amaçlanarak geniş kesilerle yapılan teknikler kullanılırken sonra tek kesi ile yapılan tekniklere geçilmiştir. Önemli olanın greftin anatomisi olduğunun anlaşılmasından sonra greftin ayak izine doğru oryantasyonla yerleştirildiği teknikler tercih edilmeye başlanmıştır. Nihai olarak, çift demet rekonstrüksiyonlar geliştirilmiş olsa da günümüzde halen ideal tedavi sorgulanmaktadır.

Anahtar sözcükler: ön çapraz bağ; ön çapraz bağ tedavisi; tarihi gelişim

Anterior cruciate ligament (ACL) injuries, which are the most common cause of surgical treatment after sports injuries, have attracted the attention of anatomists and surgeons since the 19th century. The ideal treatment for ACL injuries, whose relationship with knee instability has been investigated since Hippocrates, continues to be investigated. The aim of this study is to summarize the historical development of ACL injuries and their treatment. ACL injuries started with conservative treatment trials, then primary repair techniques were started in the 1900's and finally reconstruction trials have started in 1914. Although conservative treatment was recommended at the beginning due to the failure of surgical treatment, surgical treatment came to the fore in the last 30 years with the development of arthroscopic methods and the improvement of physical therapy protocols. After trying many options such as synthetic grafts, meniscus, allografts, fascia lata grafts, quadriceps tendon, the most preferred hamstring tendons and patellar tendon grafts are preferred today. ACL reconstruction started with extra-articular techniques and techniques with double wide incisions for isometry purposes were used and then one-incision techniques were started. After understanding that the important thing is the anatomy of the graft, the techniques in which the graft was placed with correct orientation towards the footprint were started. Although ultimately double bundle reconstructions were developed, the ideal treatment is still being questioned today.

Key words: anterior cruciate ligament; anterior cruciate ligament treatment; historical development

Spor sebebiyle yaralanmalar sonrası cerrahi tedavinin en sık nedeni olan ön çapraz bağ (ÖÇB) yaralanmaları 19. yüzyıldan itibaren anatomistlerin ve ortopedistlerin dikkatini çekmektedir. Çapraz bağlarla ilgili ilk tanım travma sonrası diz instabilitesinin interanal ligamentler ile ilişkili olabileceğini savunan Hipokrat

tarafından yapılmıştır.^[1] Çapraz bağları görünümüne göre "ligamenta genu cruciata" olarak ilk Galen'in adlandırdığı düşünülmektedir. Sonrasında uzunca bir süre ihmal edilen çapraz bağlar 1836'da Wilhelm Weber tarafından incelenerek ÖÇB'nin kesilmesinin anormal ön-arka translasyona neden olduğunu göstermiştir.^[1]

İngilizce literatürde ilk ÖÇB yaralanması olgu sunumu 1837'de güreş sporunda dizini yaralayan bir hastada yapılmıştır.^[1] Amedeé Bonnet 1845'te ÖÇB yaralanmasının tanısı ve uzun bacak menteşeli yürüme ortezi ile erken hareket vererek konservatif tedavisini açıkladığı çalışmasını yayımlamıştır.^[1] Ayrıca daha sonra Galway tarafından "pivot-shift" olarak tanımlanan sublüksasyon fenomenini ve ligamentin femoral insersiyosuna yakın yerden yırtılmaya daha yatkın olduğunu da belirtmiştir.^[2] Georgios C. Noulis 1875'te günümüzde Lachman testi olarak bilinen muayene yöntemini tarif etmiştir.^[1] Daha sonra Torg tarafından danışmanı John Lachman'ın adıyla "Lachman testi" olarak 1960'da tanımlanmıştır.^[3] Paul Segond, dizin iç rotasyon ve hafif fleksiyonda iken dönmesi ile oluşan ÖÇB rüptürünün patognomik bulgusu olan Segond kırığını tanımlamıştır.^[1]

ÖÇB'NİN PRİMER ONARIMI

ÖÇB'nin ipek sütürle ilk başarılı onarımını William Battle 1900'de yayımlasa da ilk defa Mayo-Robson tarafından bundan beş yıl önce gerçekleştirilmiştir.^[4] Mayo-Robson cerrahi sonrası bir ay alçıda tuttuğu hastasının altı yıl sonrasında biraz fleksiyon kısıtlılığı haricinde mükemmel olduğunu belirtmiştir. Hubert Goetjes 1913'te 37 olguluk olgu serisini yayımlamıştır. Anormal diz fonksiyonu olan tüm akut veya kronik olgularda sütür onarımını ve eğer klinik tanı kesin değilse anestezi altında muayene önermiştir.^[4]

ÖÇB'nin genellikle femoral insersiyosuna yakın yerden yırtıldığı ve proksimalde onarım için yeterli ligament kalmadığını belirten Georg Perthes distal ligamentten geçirilen alüminyum-bronz telin femoral ayak izinden açılan iki tünelden geçirilerek femur lateral yüzüne çekildiği tekniğini tarif etmiştir.^[1] Perthes tüm hastaların ağrı ve şişlik azaldıktan sonra tekrar muayene edilmesini ve çapraz bağ rüptüründen şiddetle şüpheleniliyorsa tüm olgularda onarımını savundu. Erwin Payr bir fasya *loopy* kullanarak kısmi ÖÇB rekonstrüksiyonu tekniğini tanımlamıştır.^[1] Primer ÖÇB onarımı başlangıçta artroskopik yöntemlerin olmaması nedeniyle; artrotominin komplikasyonları, rehabilitasyon protokollerinin fazlaca korumacı olması, sütür tekniklerinin yetersizliği ve ligamentin yırtıldığı yerin dikkate alınmaması gibi nedenlerle başarısız sonuçlara neden olmaktadır ve 1990'larda terk edilmiştir. Bugün *mid-substance* yırtıkların daha kötü iyileşme ihtimaliyle olduğu bilinmektedir. Günümüzde artroskopik tekniklerin, ÖÇB onarım tekniklerinin ve manyetik rezonans görüntüleme tekniklerinin iyileşmesi ile ÖÇB onarımına tekrar ilgi başlamıştır.^[5]

ÖÇB REKONSTRÜKSİYONU

Başlarda ÖÇB onarımı sonuçları çok umut verici olmaması üzerine başka çözümler aranmaya başlandı ve ÖÇB'nin greft ile değiştirilmesi fikri doğdu. İlk Paul Wegner 1913'te ÖÇB'nin fasya ile rekonstrüksiyonu fikrini öne sürdüyse de çapraz ligamentlerin ilk rekonstrüksiyon denemesi 1914'te Ivan Grekov tarafından gerçekleştirildi.^[1] İlk tam rekonstrüksiyon, 1917'de Ernest William Hey Groves tarafından tensor fasya latanın tendinöz kısmı kastan tamamen ayrılmadan tibia ve femurdan açılan tünellerden geçirilerek gerçekleştirilmiştir.^[4] Groves'un tekniğinin modern intra-artiküler rekonstrüksiyonların öncüsü olarak kabul edilmektedir. Groves greftin oblik olması ve ÖÇB'nin anatomik pozisyonunda yerleştirilmesi gerektiğini bildirdi.^[1] Greftin dik olmak yerine oblik olmasının rotasyonel stabiliteyi artırdığı ilk 2002'de biyomekanik çalışmada gösterilmiştir.^[6] Her ne kadar hem primer onarım hem de rekonstrüksiyon teknikleri bu kadar erken yıllarda tanımlanmışsa da 50 yıl boyunca cerrahinin gerekliliği esas tartışma konusu olmuş ve konservatif yöntemler daha çok tercih edilmiştir. O yıllarda cerrahi sonrası tercih edilen uzun immobilizasyonlar ve geniş cerrahi açılımlar cerrahi tedavilerin sonuçlarına gölge düşürmekteydi. Buna rağmen cerrahi tekniklerde modifikasyonlar ile çalışmalar yayımlanmaya devam etmekteydi. Yirminci yüzyılın ikinci yarısından itibaren hayat tarzının da değişmesiyle hasta beklentilerinin artması ve konservatif yöntemlerin yüksek başarısızlığının görülmesi cerrahi tedaviye ilginin artmasına sebep oldu. Frank Noyes 1983'te çalışmasında konservatif tedavi edilen hastalarda üçte bir kuralını yayımladı: "Hastaların üçte biri bunu iyi telafi edecek ve önceki aktivitelerine devam edecek, üçte biri telafi edecek ancak bazı aktivitelere katılamayacak ve üçte biri kötü olacak ve rekonstrüktif cerrahiye ihtiyaç duyacak."^[7]

ÖÇB GREFT SEÇİMİ

Fasya Lata (İliotibial Bant)

İlk 1927'de medial parapatellar açılım ile serbest fasya lata grefti kullanılmıştır.^[8] Serbest greftle klinik sonuçların raporlandığı 1929'daki çalışmayla serbest greftlerin biyolojik iyileşmenin bozulacağı endişesi azalmıştır.^[1] Fasya lata grefti kullanılması sonrasında Lemaire'in anterolateral tenodes yöntemi gibi pek çok farklı teknik tanımlanmıştır.^[9]

Menisküs

Fasya lata greftinin tibiaya tespitinin zorluğu nedeniyle 1917'de Hölzel distali tibiaya iyi tutunan lateral menisküsü proksimalde ÖÇB kalıntısına diktiği olgu

sunumunu yayımlamıştır.^[1] Her ne kadar 1930'larda dahi menisküs dokusunun primer olarak kompresif dokulara dayanacak yapıda olduğu, tensil ve makaslama kuvvetlerine dayanamayacağı için ligamentin yerine kullanılmasının uygun olmayacağı belirtilse de uzun yıllar boyunca menisküs de greft seçeneği olarak kullanılmıştır.^[1] Menisküslerin diz stabilitesi ve yük aktarımındaki görevinin anlaşılması ile 1980'lerin sonlarında menisküslerin greft olarak kullanılmasından vazgeçildi.

Ekstansör Retinakulum ve Patellar Tendon

Patellar tendon parçası ile rekonstrüksiyon ilk kez 1927'de gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Başlarda distalde tibiadan ayrılmayan tendonun medial kısmı retinakulumla birlikte proksimalde arka çapraz bağa tespit edilmekteydi. Willis C. Campbell 1936'da patellar tendon ve ekstansör retinakulumdan alınan parçayı tibia ve femura açılan tünellerden geçirmiştir ve bu yaralanmaların sıklıkla eşlik ettiği medial kollateral ligament yaralanmalarının tedavisi yapılmazsa istenen stabiliteye ulaşamayacağını bildirmiştir.^[10] Kenneth Jones 1963'te tendonun orta üçte birlik kısmı distal kısmı kemikten ayrılmadan ve proksimalde tendon üzerinde kemik parçası bırakılarak tendonun proksimalinin femurda açılan tünelden geçirdiği tekniğini tarif etmiştir.^[1] Tendon kısalığı nedeniyle femurda açılan tünel interkondiler çentik anterioruna dik ve anatomik olmayan şekilde açılabilirdi. Helmut Brückner, 1966'da distal parçası kemikten ayrılmadan medial kısımdan alınan greftin tibiadan açılan tünelden geçirildiği tekniğinde tendon kısalığını çözerek anatomik ayak izine yakın tünel açılmasını sağlamıştır ve aynı dizde patellar tendon kullanılamayacaksa karşı tendonun orta üçte birinden kemik - patellar tendon - kemik (K-PT-K) greft alınabileceğini tarif etmiştir.^[1] Patellar sublüksasyona yatkınlığı artırması nedeniyle ilerleyen yıllarda tendonun santral kısmı daha fazla tercih edilmiştir. Kurt Franke'nin 1976'daki serbest santral K-PT-K greft kullanarak yayımladığı çalışmaları sonrası K-PT-K yaygın kullanılmaya başlanmıştır.^[11] Bu yöntem çok yaygınlaşmıştır ve iyileşmenin kemik kaynaması ile olması avantajı ile patellar tendon ÖÇB greft seçiminde altın standart haline gelmiştir.

Kuadriseps Tendonu

Patellar tendon grefti alınmasının komplikasyonları başka tendon grefti seçenekleri aranmasına sebep olmuştur. Walter Blauth 1984'te yayımladığı çalışmasında, kuadriseps tendonunun distalinde kemik parçasıyla ayrıldığı ve proksimali iki parçaya bölündüğü, böylece iki bantlı ÖÇB rekonstrüksiyonuna izin veren tekniğini tarif etmiştir.^[1] Bununla beraber hiçbir zaman

kuadriseps tendonu, patellar tendon ve hamstring tendonları popülaritesine ulaşamamıştır ve kullanımı revizyon cerrahileri ile sınırlanmıştır.

Hamstring Tendonları

Hamstring tendonlarıyla ÖÇB rekonstrüksiyonu önce 1927'de bir kadvrada raporlansa da klinik olarak ilk kullanımı 1934'te Riccardo Galeazzi tarafından gerçekleştirilmiştir.^[9] Kurt Lindemann 1950'de dinamik rekonstrüksiyonu savunarak proksimalde kastan ayırmadığı gracilis tendonunu posterolateral kapsülden ve tibiadan açılan tünelden geçirdiği tekniği tarif etmiştir.^[1] Lipscomb 1982'de gracilis ve semitendinosus tendonlarının ikisinin de kullanıldığı iki demet rekonstrüksiyonu ve Marc Friedman da 1988'de artroskopi yardımıyla dört demet rekonstrüksiyon tekniği tanımlanmıştır.^[9,12] Patellar tendon grefti kullanımının kemik bloğun tünellerden geçirilmesi zorluğu, patella kırığı riski, patellar tendinit, fleksiyon kontraktürü ve diz önü ağrısı komplikasyonları sebebiyle günümüzde hamstring tendonları daha yaygın olarak tercih edilmektedir.

Allogreftler

1929'da kanguru tendonu Eugene Bircher tarafından kullanılmıştır.^[1] 1986'da anterior tibial ve kalkaneal tendon greftleri kullanılarak yapılan allojenik rekonstrüksiyon serisi raporlanmıştır.^[13]

Sentetik Greftler

İpek sütürlerin prostetik ligament olarak kullanımı ilk 1903'te Fritz Lange tarafından önerilmiştir.^[1] Daha sonra kalın ipek sütürün etrafına fasya sarılarak ipek sütürün başlangıçtaki stabilitesi biyolojik iyileşme ile kombinasyonu amaçlanmıştır. Daha sonra teflon, daflon, karbon ve benzeri birçok sentetik ürün rekonstrüksiyonda kullanılmıştır. Ancak sentetik malzemeler ile istenen sonuçlara ulaşamaması ve otolog greftlerin başarısı üzerine sentetik greftlerin kullanımı terk edilmiştir.

GREFTİN TESPİTİ

Başlarda femoral tünel dışarıdan içeriye doğru açılmaktaydı ve greftin başlangıçtaki stabilitesi teller ve ekstra-artiküler vidalarla sağlanılmaktaydı. Daha sonra interferans vidaları kullanılmaya başlanmıştır. Bu tespit yöntemlerine güvenin azlığı ligamentizasyon gerçekleşene kadar ayrıca lateral tenodes ihtiyacına neden oluyordu. Lambert'in AO vida kullanımı önerisi sonrası Kurosaka tarafından daha özellikli bir vida tasarımı sunulmuştur.^[9] Tespit yöntemlerinin gelişmesi ve güvenilirliklerinin artması anterolateral

tenodez ihtiyacı azaltmıştır. Artık lateral tenodez bazı cerrahlar tarafından sadece anterolateral ligament yaralanması kanıtlandığında ciddi laksite varlığında tercih edilmektedir. Günümüzde kemikli greftlerin tespitinde interferans vidaları tercih edilirken, kemik yapısı olmayan greftlerin tespitinde askı sistemleri tercih edilmektedir.

Ekstra-artiküler ÖÇB Rekonstrüksiyonu

İlk kez Lange tarafından ekstra-artiküler tedavi önerilmiştir.^[1] Ekstra-artiküler teknikler ÖÇB ile beraber yaralanan medial yapıları da rekonstrükte etmek için bir dizi modifikasyonlarla denenmiştir. Strickler 1937'de bir fasya demeti intra-artiküler geçirdikten sonra anterolateral kapsül etrafından ekstra-artiküler olarak döndürüp kendi üzerine dikerek kombine tekniği tarif etmiştir.^[14] Sonraları pek çok modifikasyonlarla ekstra-artiküler teknikler denenmiştir ve bu teknikler instabiliteyi azaltsa da veya önlese de teknikler zamanla gevşemekteydi. Günümüzde ekstra-artiküler teknikler sadece intra-artiküler tekniklere augmentasyon için tercih edilmektedir.

İntraartiküler ve Artroskopik ÖÇB Rekonstrüksiyonu

Greft izometrisinin öneminin 1960'lardan itibaren anlaşılması ile tam eklem hareket açıklığına izin veren, uzamadan veya plastik deformasyona uğramayan rekonstrüksiyonlara izin vermiştir. Tarif ettiği iliotal bandın dinamik stabilizör olarak kullanıldığı tekniği ile ÖÇB'nin intra-artiküler tekniklerle rekonstrüksiyonu ilk Insall tarafından gerçekleştirilmiştir.^[15] Başlarda ÖÇB rekonstrüksiyonunda önemli olanın izometri olduğuna inanılıyordu. İzometrik rekonstrüksiyonda amaç diz fleksiyonu esnasında gerilimin değişmeyeceği şekilde yerleştirilmesiydi. Doğru gerginliğin sağlanması için pek çok farklı cihaz tasarlandı. KT-1000® cihazı tasarımları ile tanınan Daniel ve Watkins tarafından, 1986'da Isometer® gerginlik ayarlama cihazı tanıtıldı.^[1] Gabriel ve ark., çalışmalarında ÖÇB'nin diz fleksiyonu esnasında geriliminin değiştiğini göstermesi ile zaman içinde önemli olanın izometriden ziyade anatomik yerleşimin sağlanması olduğu anlaşılmış ve anatomik yerleşim amaçlanmıştır.^[16]

İlk artroskopik ÖÇB rekonstrüksiyonu 1980'de David Dandy tarafından gerçekleştirilmiştir.^[17] Başlarda uygun ekipmanlar olmadığı için biri tibial tünel açılması ve greft alımı için ve diğeri dışarıdan içeriye femoral tünelin açılması için olan iki insizyon tekniği kullanılıyordu. Artroskopik kılavuz ve drillerin gelişmesi ile 1990'larda tek insizyon tekniği yaygınlaşmıştır. Tek insizyon tekniği başlangıçta

femoral tünelin tibial tünelin içerisinden yönlendirilen kılavuz ve drilleri kullanıldığı trans-tibial teknikle gerçekleştirilmekteydi. Trans-tibial yöntem iki dekat boyunca yaygın kullanım bulsa da daha dik bir greft yerleşimine neden olmaktadır. Femoral tünelin daha iyi hazırlanması için tibial tünelin tibianın tam ortasından açıldığı ve yüzeysel medial kollateral ligamentin içinden medialden açıldığı teknikler tanımlanmıştır.^[18] Santral yerleşimli tibial tüneler kısa tünelere sebep olmaktadır. Trans-tibial yöntemlerin sorunları tek insizyon tekniğinin tekrar değerlendirilmesine ve femoral tünelin anteromedial portalden açıldığı tekniğe geçilmesine sebep oldu.

Çift Demet Rekonstrüksiyon

Lateral interkondiler çıkıntının tanımlanmasıyla cerrahlar femoral insersiyon noktası olarak yaygınca kullanılmaya başlanmıştır.^[19] Ancak tübüler bir greftle iki demetli ligamentin izometrik ve anatomik yapısını sağlamak konusunda şüpheler giderilemiyordu. Artmann ve Wirth'in çalışmasında femoral tünelin en iyi ayak izinin posterosuperioruna yerleştirilerek asıl amacın anteromedial demetin rekonstrükte edilmesi olması gerektiği gösterildi.^[1] Her ne kadar tek demet rekonstrüksiyonlar yeterli ve güvenilir bulunsada hastaların dörtte birinde rezidü *pivot şift* testi pozitifliği görülmekteydi. Bu rotasyonel instabilite sekonder meniskal veya kıkırdak sorunlarına neden olabilmektedir ve ÖÇB'nin anatomisi ile biyomekanikni tekrar gözden geçirme gereksinimi doğurmuştur. Fu ve ark.'nın çalışmaları sonrası ÖÇB greftinin doğal ÖÇB kuvvetlerini oluşturabilmesi için iki demetli yapısının oluşturulması gerekliliği ve anatomik çift demet konsepti doğmuştur.^[20] İlk kez Palmer 1930'larda çift demet onarımı gerçekleştirirse de yaygın kullanım bulamamıştır.^[1] Daha sonra tek tibial tünel çift femoral tünelin tercih edildiği pek çok farklı teknik tanımlanmıştır. İlk çift demet rekonstrüksiyon 1983'te yayımlanmıştır.^[21] Marcacci tarafından artroskopik çift demet ÖÇB rekonstrüksiyonu tekniği tanımlanmıştır.^[22] Yasuda tarafından 2004'te anatomik yerleşim için anatomik bölgelerin tanımı gerçekleştirilmiştir.^[9] Çift demet rekonstrüksiyonların tek demet rekonstrüksiyonlardan daha iyi stabilite ve kinematik sağladığını gösteren çalışmalar mevcuttur.^[23] Kısa ve orta dönem sonuçların raporlandığı bazı çalışmalarda çift demet rekonstrüksiyonu daha üstün olduğu gösterilmiştir.^[24,25] Her ne kadar çift demet rekonstrüksiyonun daha anatomik ve fizyolojik bir rekonstrüksiyon sağlasa da tek demet ve çift demet rekonstrüksiyonun uzun dönem sonuçlarının karşılaştırıldığı bazı meta-analizlerde benzer klinik sonuçlar rapor edilmiştir.^[26,27]

SONUÇ

Ön çapraz bağ yırtıklarının tedavisi ile ilgili tarihsel süreçte çok farklı felsefeler ve teknikler önerilmiştir. Bu farklı tekniklerin tedavideki yeri günümüzde de tartışılmaya devam etmektedir ve edecek gibi görülmektedir. Yapılan tüm çalışmaların ve önerilerin temeli, stabilitesi iyi sağlanmış bir diz ve bu sayede diğer yapılara yeniden bir travma oluşmasını engelleyecek bir tedavi şekli bulmaktadır. Diğer önemli konu ise ligamentin yerine konulan yapının onun yapısına yakın olarak iyileşmesi ve burada kalıcı olmasıdır. Eklem içi yerleşimli ve fonksiyonu bu kadar önemli olan bir anatomik yapının yırtılması ve sonrasında tedavisi ile ilgili daha çok çalışma yapılacak gibi gözükmektedir.

KAYNAKLAR

- Schindler OS. Surgery for anterior cruciate ligament deficiency: a historical perspective. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2012;20(1):5–47. [Crossref](#)
- McCulloch PC, Lattermann C, Boland AL, Bach BR Jr. An illustrated history of anterior cruciate ligament surgery. *J Knee Surg* 2007;20(2):95–104. [Crossref](#)
- Torg JS, Conrad W, Kalen V. Clinical I diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete. *Am J Sports Med* 1976;4(2):84–93. [Crossref](#)
- Jakob RP, Warner JP. Historical and Current Perspectives in the Treatment of Anterior Cruciate Ligament Insufficiency. In: Jakob RP, Stäubli HU, editors. *The Knee and the Cruciate Ligaments: Anatomy, Biomechanics, Clinical Aspects, Reconstruction, Complications, Rehabilitation*. Springer; 1992. pp.22–7.
- Mahapatra P, Horriat S, Anand BS. Anterior cruciate ligament repair –past, present and future. *J Exp Orthop* 2018;5(1):20. [Crossref](#)
- Loh JC, Fukuda Y, Tsuda E, Steadman RJ, Fu FH, Woo SLY. Knee stability and graft function following anterior cruciate ligament reconstruction: comparison between 11 o'clock and 10 o'clock femoral tunnel placement. *Arthroscopy* 2003;19(3):297–304. [Crossref](#)
- 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. *J Bone Joint Surg Am* 1983;65(2):163–74. [Crossref](#)
- Eikenbary C. A suggested method for the repair of crucial ligaments of the knee. *Surg Gynecol Obstet* 1927;45:93–4.
- Chambat P, Guier C, Sonnery-Cottet B, Fayard JM, Thaunat M. The evolution of ACL reconstruction over the last fifty years. *Int Orthop* 2013;37(2):181–6. [Crossref](#)
- Campbell WC. Repair of the ligaments of the knee. *Surg Gynecol Obstet* 1936;62:964–8.
- Franke K. Clinical experience in 130 cruciate ligament reconstructions. *Orthop Clin North Am* 1976;7(1):191–3.
- Friedman MJ. Arthroscopic semitendinosus (gracilis) reconstruction for anterior cruciate ligament deficiency. *Tech Orthop* 1988;2(4):74–80. [Crossref](#)
- Shino K, Kimura T, Hirose H, Inoue M, Ono K. Reconstruction of the anterior cruciate ligament by allogeneic tendon graft. An operation for chronic ligamentous insufficiency. *J Bone Joint Surg Br* 1986;68-B(5):739–46. [Crossref](#)
- Strickler FP. A Satisfactory Method of Repairing Crucial Ligaments. *Ann Surg* 1937;105(6):912–6. [Crossref](#)
- Insall J, Joseph DM, Aglietti P, Campbell RD Jr. Bone-block iliotibial-band transfer for anterior cruciate insufficiency. *J Bone Joint Surg Am* 1981;63(4):560–9. [Crossref](#)
- Gabriel MT, Wong EK, Woo SL, Yagi M, Debski RE. Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads. *J Orthop Res* 2004;22(1):85–9. [Crossref](#)
- Dandy DJ, Flanagan JP, Steenmeyer V. Arthroscopy and the management of the ruptured anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Relat Res* 1982;(167):43–9. [Crossref](#)
- Steiner M. Anatomic single-bundle ACL reconstruction. *Sports Med Arthrosc Rev* 2009;17(4):247–51. [Crossref](#)
- Ferretti M, Ekdahl M, Shen W, Fu FH. Osseous landmarks of the femoral attachment of the anterior cruciate ligament: an anatomic study. *Arthroscopy* 2007;23(11):1218–25. [Crossref](#)
- Zelle BA, Brucker PU, Feng MT, Fu FH. Anatomical double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Sports Med* 2006;36(2):99–108. [Crossref](#)
- Mott HW. Semitendinosus anatomic reconstruction for cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop Relat Res* 1983;(172):90–2. [Crossref](#)
- Marcacci M, Molgora AP, Zaffagnini S, Vascellari A, Iacono F, Presti ML. Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings. *Arthroscopy* 2003;19(5):540–6. [Crossref](#)
- Kondo E, Merican AM, Yasuda K, Amis AA. Biomechanical comparison of anatomic double-bundle, anatomic single-bundle, and nonanatomic single-bundle anterior cruciate ligament reconstructions. *Am J Sports Med* 2011;39(2):279–88. [Crossref](#)
- Mascarenhas R, Cvetanovich GL, Sayegh ET, Verma NN, Cole BJ, Bush-Joseph C, Bach BR. Does double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction improve postoperative knee stability compared with single-bundle techniques? A systematic review of overlapping meta-analyses. *Arthroscopy* 2015;31(6):1185–96. [Crossref](#)
- Chen G, Wang S. Comparison of single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction after a minimum of 3-year follow-up: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Int J Clin Exp Med* 2015;8(9):14604–14. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4658832/>
- Dong Z, Niu Y, Qi J, Song Y, Wang F. Long term results after double and single bundle ACL reconstruction: Is there any difference? A meta-analysis of randomized controlled trials. *Acta Orthop Traumatol Turc* 2019;53(2):92–9. [Crossref](#)
- Chen H, Chen B, Tie K, Fu Z, Chen L. Single-bundle versus double-bundle autologous anterior cruciate ligament reconstruction: a meta-analysis of randomized controlled trials at 5-year minimum follow-up. *J Orthop Surg Res* 2018;13(1):50. [Crossref](#)