

Menisküs: işlevi, biyomekaniği ve kinematığı

N. Reha Tandoğan⁽¹⁾

Menisküsler, dizin normal işlevleri için vazgeçilmez oluşumlardır. Günlük hayat aktiviteleri sırasında dize gelen yüklerin önemli bir kısmını menisküsler aktarır. Femur ve tibia arasındaki temas yüzeyi alanını artırarak, eklem kırıkta olduğunda stres yoğunlaşmasını engelleyen menisküsler, dize gelen ani yüklenmelerde, sok emeci işlev görürler. Bunun yanında, lubrikasyon, kapsül ve sinoviyanın diz hareketleri sırasında eklem aralığına sıkışmasının engellenmesi ve "screw-home" mekanizmasına yardım gibi görevleri vardır. Ayrıca, menisküsler dizin ön-arka düzlemdaki stabilitesine ikincil olarak katkıda bulunurlar, bu etki ön çapraz bağ yetmezliğinde belirgin hale gelir. Menisküslerin biyomekanik özellikleri histokimyasal yapıdan çok, bu yapının organizasyonu ile ilgilidir. Yük-deformasyon özellikleri gerilme ve makaslama güçlendirilmiş, gözenekli, geçirgen bir kompozit yapıya benzer. Bu yapı, baskı, gerilme ve makaslama güçlerine dirençlidir. Menisküslerin çıkartılması, insan dizinde osteoartrit benzeri değişimlere yol açar. Bu değişimlerin şiddeti, çıkartılan menisküsün miktarı ve hastanın sportif aktivitesi ile doğru orantılı olarak artar. Damarlı bölgedeki, travmatik uzunlamasına menisküs yırtıkları, tamir edildiklerinde, normal menisküsten geometri ve yapısal özellik olarak ayırdedilmeyecek şekilde iyileşer ve biyomekanik olarak işlevseldirler. Bugünü bilgilerin ışığında, menisküs allogreft ve protezlerinin biyomekanik özellikleri normal fonksiyon görmek için yeterli değildir.

Anahtar kelimeler: Menisküs, biyomekanik, kinematik

The meniscus: biomechanics, kinematics and function

Menisci are essential structures for the normal function of the human knee. Most of the loads encountered during activities of daily living are transmitted by the menisci. They also increase the contact area between the femur and tibia, decrease stress concentration on articular cartilage and act as shock absorbers on impact loading. The menisci also aid in the "screw-home" mechanism, prevent synovial impingement between the articular surfaces and play a role in lubrication of the joint. The posterior horn of the medial meniscus acts as a secondary stabilizer for antero-posterior translation, this effect becomes marked in the absence of anterior cruciate ligament. The biomechanical properties of the menisci are closely related to their structural reinforced, porous, permeable composite structure. This composite is resistant to shear, tension and compression forces. The removal of menisci result in osteoarthritis-like changes over the years in human knees. The severity of these changes are closely related to the amount of meniscal tissue removed and the patient's athletic activity. Longitudinal tears in the vascular periphery of the menisci can be repaired and heal as a structure that is biomechanically indistinguishable from normal menisci. The biomechanical properties of meniscal allografts and prostheses are not adequate for normal function of the knee and these should be considered experimental therapies.

Keywords: Knee meniscus, function, biomechanics, kinematics

Menisküsler femoral kondil ve tibial plato arasında yerleşmiş yarım ay şeklinde fibro-kartilajinöz yapılarıdır. Femoral yüzleri konkav, tibial yüzleri düz ve bazen hafif konveks olan bu yapılar, dizin normal fonksiyon görebilmesi için vazgeçilmez oluşumlardır. Prenetal dönemde tamamı vasküler olan bu yapıların erişkinlerde sadece dış %10-30'luk kısımları damarlıdır ve bu bölgede ayrıca Tip I, II ve III sinir sonlanmaları bulunur (7). Menisküsün iç kısmı avasküler, anöral ve alenfatiktir. Menisküsün biyomekanik özellikleri histokimyasal yapısı ile doğrudan ilişkilidir ve bu yapıda meydana gelen değişimler menisküsün biyomekanik özelliklerini doğrudan etkiler.

Histokimyasal yapı

İnsan menisküsü fibrokondrositler ve ekstra sellüler matriksten oluşur ve taze halde %70 su içerir. Ekstra-sellüler matriks üç ana yapıdan oluşur:

1. Kollajen ve elastin lifleri.
2. Proteoglikan yapı.
3. Matriks glikoproteinleri.

Kuru ağırlığının %60-70'i kollajen, %0.6'sı elastinden meydana gelir. Kollajenin büyük kısmı tip I'dir, avasküler bölgede bazı tip II lifler bulunur (20).

Proteoglikanların insan menisküsündeki yapısı aşağıdaki gibidir:

1. Kondroitin-6 sülfat %40
2. Kondroitin-4 sülfat %10-20
3. Dermatan sülfat %20-30
4. Keratan sülfat %15

Matriks proteinleri ise fibronektin, trombospodin ve kollajen VI olarak sayılabilir. Bugün için bu proteinlerin görevlerinin ne olduğu bilinmemektedir (20). Yaşla birlikte menisküsün su içeriği, proteogli-

(1) Başkent üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Doç. Dr.

kan ve matriks proteinleri miktarı artar ve kollajen miktarı azalır. Romatoid artritli olgularda ise bütün bu elemanlarda azalma görülür.

Menisküs, büyük kısmı avasküler olmasına rağmen aktif bir dokudur. Fibrokondrositler yük değişimlerine proteoglikan sentezini değiştirerek cevap verirler. Deney hayvanlarında egzersiz ile menisküs arka boynuzlarında artmış kollajen ve proteoglikan sentezi olduğu gösterilmiştir (32). Yükten korunma ve immobilizasyonun dokulardaki zararlı etkileri menisküsler için de geçerlidir. Ancak, bu etkiler mobilizasyona izin verilmesi ile ortadan kalkar. Koyun deneylerinde, yükten korunan ancak harekete izin verilen menisküslerin gerim (tensile) özelliklerinin normal menisküslerle aynı olduğu gösterilmiştir (2).

Sonuç I- Menisküsler yük değişimlerine biyokimyasal değişikliklerle cevap verirler.

Menisküs işlevleri

Menisküslerin görevleri birçok araştırmacı tarafından aşağıdaki şekilde özetlenmiştir:

1. Yük taşıma: Tam ekstansiyonda, lateral kompartmandaki yüklerin %70'i, medial kompartmandaki yüklerin yarısına yakın kısmı menisküsler tarafından taşınır (25).

2. Yük dağıtma: Menisküsler, femur ve tibia arasındaki temas yüzeyi alanını arttırarak, eklem kıkırdağında stres konsantrasyonunu engellerler (17).

3. Şok absorpsiyonu: dize gelen ani yüklenmelerde, menisküsler şok emici görevi yaparlar (16).

4. Lubrikasyon: Bu konu proteoglikanların hidrofilik yapısı ile ilgilidir ve aşağıda incelenecektir.

5. Kapsül ve sinoviyanın diz hareketleri sırasında eklem aralığına sıkışmasının engellenmesi.

6. "Screw-home" menizmasına yardım.

7. Ön çapraz bağın yetersiz olduğu durumlarda ön-arka plandaki stabiliteye katkıda bulunmak.

Yapısal organizasyon ile biyomekanik özellikler arası ilişki

Kollajen lifleri

Menisküslerin içindeki kollajen liflerinin organizasyonu menisküsün biyomekanik özellikleri ile yakından ilgilidir. Kollajen lifleri genel olarak menisküsün yüzeyel kısımlarında radial, derin kısımlarında sirkumferensial yerleşim gösterirler. Sirkumferensial lifler 50-150 mikronluk demetler halindedir ve menisküsün anterior ve posterodaki yapışma yerleri ile devam ederler.

Periferik yapışma yerinden başlayıp santrale doğru ilerleyen ve sirkumferensial liflerin arasında bir örgü oluşturan radial lifler hem sirkumferensial lifleri birbirlerine bağlar hem de periferik tutunmayı sağlayarak menisküs stabilitesini sağlar. Diz yüklenildiğinde menisküsler üçgen yapıları nedeniyle periferik doğru itilir ve bu sırada sirkumferensial lifler boyunca gerilim (tensil) kuvvetleri oluşur. Bu sırada menisküsü birarada tutan radial liflerdir.

Proteoglikanlar

Proteoglikanlar, biyokimyasal özellikleri nedeniyle kompresif güçlere karşı dayanma yeteneği sağlarlar. Hidrofilik olmaları nedeniyle kendi ağırlıklarını %50 misli su taşıyabilirler ve yüklendiklerinde bunun %20'sini ortama salabilirler (10).

Menisküsün yüklenmeye cevabı iki fazlıdır

1. Proteoglikanlar tarafından emilmiş olan sıvının eklem içine salınması,

2. Proteoglikan ve kollajen zincirleri arasındaki kayma hareketi sonuc elastik deformasyon.

Bu cevaplar sayesinde menisküs yük altında kaldığında bir miktar şekil değiştirir ve üzerine gelen kuvveti dağıtır, yük ortadan kalktığında tekrar orijinal boyutlarına döner ve ortama saldığı sıvıyı geri emer. Bu sıvı akımı hem fibrokondrositlerin beslenmesine yardımcı olur hem de eklemün lubrikasyonuna katkıda bulunur. Bu mekanizmalar sayesinde menisküs üzerinde uzun süreli lokalize yüksek stres alanı meydana gelmesi engellenir. Ani bir kuvvet uygulaması ile belli bir süre yüksek düzeylere ulaşan yüklenme, menisküs içi sıvının uygun salınımı sonrası normal düzeylere döner (10).

Menisküsün fizyolojik yüklenmeler ile şekil değiştirebilme özelliği sayesinde, eklem hareketi kısıtlanmadan bütün hareket derecelerinde eklem yüzeylerinin maksimum uyumluluğu (congruity) sağlanır, bu da eklemün binen yüklerin optimum dağılmasını sağlar (15).

Sonuç II- Menisküslerin biyomekanik özellikleri histokimyasal yapıdan çok bu yapının organizasyonu ile ilgilidir.

Sonuç III- Menisküslerin yük-deformasyon özellikleri lifler ile güçlendirilmiş (fiber reinforced), gözenekli (porous), geçirgen (permeable) bir kompozit yapıya benzer. Bu yapı, baskı (compression), gerilme (tension) ve makaslama (shear) güçlerine dirençlidir.

Diğer biyomekanik özellikler

Menisküsün sertliği (stiffness) eklem kıkırdağının yarısı kadardır, yani daha kolay deforme olabilir. Bu şekilde eklem kıkırdağını anormal yüklerden koruyan bir amortisör gibi çalışır. Yürüme sırasında vücut ağırlığının 1.3 katı, koşma sırasında 2 katı yük diz tarafından aktarılır (transmission). Yüzelli kiloya kadar olan yüklenmelerde lateral kompartmanda yükün tamamına yakın kısmını lateral menisküs aktarır, medial kompartmanda ise yük medial menisküs ve eklem kıkırdağı arasında eşit olarak paylaşılır. Dizin tamamı gözönüne alındığında her iki menisküs dize gelen yüklerin %35-50'sini taşır (33).

Sonuç IV- Dizin günlük hayat aktiviteleri sırasında maruz kaldığı yüklerin önemli bir kısmını menisküsler aktarır.

Üçgen şeklindeki yapıları nedeniyle menisküs arka boynuzları (özellikle medial menisküs), dizin ön

arka düzlemde ikincil stabilize edici yapıları olarak görev yaparlar. Levy ve ark. (18, 19) ön çapraz bağı sağlam olan dizlerde, menisküslerin ön-arka düzlemdeki stabiliteye etkilerinin olmadığını, ancak ön çapraz bağ kesildikten sonra menisküslerin stabilize edici etkilerinin belirgin hale geldiğini göstermişlerdir. Menisküs arka boynuzları, ön çapraz bağı olmayan dizlerde, düşük seviyedeki öne doğru kuvvelere direnebilirler, ancak bu kuvvetler fizyolojik seviyelere yaklaştıkça tibianın öne doğru yer değiştirmesini engelleyemezler (26). Bazı çalışmalarda akut ön çapraz bağ yaralanmalarında %30-50 civarında olan menisküs yırtıklarının oranının, anterior instabilitenin devam ettiği kronik olgularda %80 civarına çıkması bu stabilize edici etkinin bir göstergesi olabilir.

Günümüzde sık olarak yapılan ön çapraz bağ rekonstrüksiyonlarında amaç, eğer menisküsler sağlamsa, tekrarlayan subluksasyonlara bağlı örselenme ve yırtılmadan menisküsleri korumak olmalıdır. Menisküslerde yırtık varsa, bu olgulardaki daha yüksek iyileşme oranları nedeniyle, menisküs tamiri yapılmalıdır. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda, menisektomize dizlerde yapılan ön çapraz bağ rekonstrüksiyonlarının, dizleri osteoartritten koruduğu konusunda bir bulguya rastlanmamıştır. Hatta daha endişe verici olarak, doğal seyir konusunda en kontrollü prospektif çalışma olan Kaiser çalışmasında, ön çapraz bağ rekonstrüksiyonu yapılan dizlerde, yapılmayanlara göre daha fazla radyolojik osteoartrit bulgusu saptanmıştır (8).

Sonuç V- Menisküsler, dizin ön-arka düzlemdeki stabilitesine ikincil olarak katkıda bulunurlar, bu etki ön çapraz bağ yetmezliğinde belirgin hale gelir.

Menisküsler kapsüle, anterior ve posteriordaki yapışma yerlerine sıkıca bağlı olmalarına rağmen oldukça hareketli yapılardır. Fu ve ekibinin, manyetik rezonans görüntülemesi ile yaptıkları çalışmalarda diz fleksiyonu ile her iki menisküsün posterioara doğru yer değiştirdiğini göstermişlerdir (31). Bu yer değiştirme medial menisküs için ortalama 5.1 mm, lateral menisküs için ortalama 11.2 mm'dir. Her iki menisküsün ön boynuzları arka boynuzlara göre daha hareketlidir.

Sonuç VI- menisküsler, hareketlilikleri ve elastik deformasyon özellikleri nedeniyle dizin bütün hareket genişliği boyunca optimal uyumluluğu ve yük dağılımını sağlarlar.

Menisküs yırtığı ve menisektomize dizin biyomekanik özellikleri

Menisküs yırtıkları gençlerde ve yaşlılarda farklı şekillerde ortaya çıkarlar. Genç hastalarda normal menisküste anormal yüklenmeler sonucu ortaya çıkan yırtıklar genellikle vertikal düzlemdedir. Bu longitudinal yönde ilerlerse tipik kova sapı yırtık meydana gelir. Kova sapı yırtıklar medial menisküste laterale göre 3 misli daha sık görülürler. Vertikal yırtık transvers olarak ilerlerse radial yırtıklar meydana gelir ki bunlar sık olarak lateral menisküste görülürler.

Yaşlılarda, dejeneren menisküslerde fizyolojik

yüklenmeler ile menisküs yırtıkları meydana gelebilir. Bu yırtıklar genellikle her iki menisküsün arka boynuzlarında ve horizontal yarık (cleavage) yırtıkları şeklindedir ve birlikte kırıkda hasarı da mevcuttur. Bütün menisküs yırtıkları cerrahi gerektirmez. Periferik tam kat olmayan yarık şeklinde yırtıklar ve 5 mm'den az tam kat longitudinal periferik yırtıklar biyomekanik olarak vazife yapabilirler (5, 6, 21).

Menisektomi sonrası diz biyomekaniği önemli derecede değişiklik gösterir. Bu değişimler çıkartılan menisküs miktarı ile doğru orantılıdır.

1. Eklem yüzleri arasındaki temas yüzeyi (contact area) azalır. Medial parsiyel menisektomi sonrası temas yüzeyi %10, total menisektomi sonrası %75 azalır (5).

2. Birim alana düşen en yüksek temas kuvveti (Peak local contact stress, PLCS) parsiyel medial menisektomi sonrası %65, total menisektomi sonrası %235 artar (5).

3. Menisküslerin amortisör etkisi kaybolduğu için daha az elastik olan eklem kırıkdağı günlük aktiviteler sırasında bile dinamik olarak anormal kuvvetler ile karşılaşır. Hoshino'nun bir çalışmasında proksimal femur üzerine ani darbe ile ağırlık verilerek tibiyaya aktarılan yük ölçülmüş ve her iki menisküsün çıkartılmasından sonra bu yükün %21 artığı bulunmuştur (12).

4. Anormal yük dağılımı eklem kırıkdağı olduğu kadar subkondral kemiği de etkiler. Odgaard ve ark. (23) kantitatif bilgisayarlı tomografi (Quantitative Computed Tomography) ile yaptıkları trabeküler kemik dansitesi ölçümlerinde, medial menisektomi yapılan ve en az 5 yıl izlemi olan hastalarda, maksimal dansite alanının posteromediale doğru yer değiştirdiğini ve miktar olarak arttığını buldular. Bu artış total menisektomi yapılanlarda parsiyel menisektomi yapılanlara göre daha fazlaydı.

Bütün bu biyomekanik değişimlere ek olarak menisektomi sonrası diz eklemde önemli metabolik ve biyokimyasal değişimler meydana gelir. Bütün bu değişimlerin ortak sonucu, erken gelişen osteoartrittir (1, 13). Menisektomi sonrası yüksek düzeyde sportif aktivitelerini devam ettiren hastalarda artritlik değişimler daha şiddetli olarak ortaya çıkar (27). Menisektomi sonrası değişikliklerin daha iyi anlaşılması sonucu son yirmi yılda menisküs cerrahisi daha konservatif hale gelmiş ve total menisektominin yerini parsiyel menisektomi ve uygun olgularda menisküs tamiri almıştır.

Sonuç VII- menisküslerin çıkartılması insan dizinde osteoartrit benzeri değişimlere yolaçar. Bu değişimlerin şiddeti çıkartılan menisküsün miktarı ve hastanın sportif aktivitesi ile doğru orantılı olarak artar.

İyileşmiş menisküs yırtıklarının biyomekanik özellikleri

Son yıllarda menisküs yırtıklarının tamir edilme-ye uygun olanlarının açık yada artroskopik yöntemlerle tamir edilerek menisküsün tamamının korunması, menisküs cerrahisinde temel prensip haline gel-

miştir. Dikilen menisküsün iyileşebilmesi için dizin stabil olması gerekir (34). Tamir sonrası iyileşen menisküsün biyomekanik olarak fonksiyon görebilmesi için iki temel koşul mevcuttur.

1. İyileşen menisküsün geometrisi yırtılma öncesi hali ile aynı olmalıdır. Örneğin normalden daha geniş bir çapla iyileşen menisküsün yük taşıma ve aktarma özellikleri önemli derecede kaybolur.

2. İyileşen menisküsün yapısal özellikleri yırtılma öncesi hali ile aynı olmalıdır. Normal menisküs dokusundan farklı bir fibrovasküler skar dokusu ile iyileşen menisküsün elastisitesi ve buna bağlı olarak yük dağıtım özelliği değişir.

Yapılan çalışmalar, damarlı bölgedeki, travmatik, longitudinal yırtıkların normal menisküsten geometri ve yapısal özellik olarak ayırdedilemeyecek şekilde iyileştiğini ve bu menisküslerin biyomekanik olarak fonksiyonel olduğunu göstermiştir (5, 6, 9, 14). Buna karşın radial yırtıkların iyileşmesi elastik bir fibrovasküler skar ile olmakta ve bu skar dokusu yük altında giderek genişleyerek geometri ve yapı olarak normal menisküsten farklı bir menisküs meydana gelmektedir. Böyle bir menisküsün biyomekanik özellikleri, bugünkü bilgilerin ışığında total menisektomize dizden çok farklı değildir (21).

Meniskal allogreftler ve protezlerin biyomekanik özellikleri

Bütün menisküs yırtıklarının tamire uygun olması nedeniyle menisektomi sonrası dizde gelişecek artrit değişimleri engellemek amacıyla, birçok çalışmacı alternatif tedavi yöntemlerine yönelmiştir. Bu tedavilerden bir tanesi allogreft menisküs transplantasyonudur. Hayvan deneyleri ile başlayan bu çalışmalar, insanlarda klinik uygulamalarla devam etmiştir. Transplante edilen menisküsün, önce menisko-kapsüler ilişkesi ve kemik bloklarının iyileşmesi, daha sonra canlı hücreler ile re-poyüle olması, bu hücrelerin menisküsün normal geometri ve yapısal özelliklerini bozmayacak şekilde kollajen ve ekstraselüler matriks sentez etmesi ve en önemlisi de uzun dönemde biyomekanik olarak fonksiyon görmesi gerekir. Bu gün için, bu amaçların hepsine ulaşıldığını söylemek zordur. Hayvan deneylerinde, ister otolog ister allogreft olsun, transplante edilen menisküslerin kemik blokları ve menisko-kapsüler bileşkelerinin iyileşme yeteneği olduğu gösterilmiştir. Transplant sonrası, eğer hücre koruyucu bir yöntem kullanılmıyorsa, genellikle menisküste canlı hücre bulunmaz. Menisküs, sinoviyadan ilerleyen pluripotent mezenkimal hücreler için bir çatı vazifesi görür. Önce menisküsün femoral ve tibial eklem yüzlerinde hücreler yerleşir, 6-12 ay içinde bu hücreler daha derinlere inerek fibro-kondrositlere dönüşür ve kollajen sentezine başlar. Ancak ister hayvan, ister insan transplantı olsun, menisküsün merkezinde, değişik boyutlarda, canlı hücreden yoksun bir odak mutlaka kalır (3, 4). Ayrıca, transplanttaki kollajen yapısı ve yerleşimi normal menisküsten çok farklıdır. Bu yapının dize gelen büyük boyuttaki yükleri uzun yıllar taşıyabilme yeteneği tartışmalıdır.

Wisnewski ve ark. (36) köpeklere implante ettikleri glutaraldehit çapraz bağlantılı (cross linked) meniskal allogreftlerin gerim (tensile) güçleri, gerim modulları ve kompresif sertliklerinin (compressive ve stiffness) normalden farklı olduğunu ve bunun implante edilen menisküste periferal yırtıklara yol açabileceğini gösterdiler.

Wirth ve ark. (35) koyun deneylerini takiben 22 hastaya homolog liyofilize veya derin dondurulmuş menisküs transplantasyonu yaptılar. On dört aylık izlem sonunda transplante edilen menisküslerin atrofiye olduğunu gösterdiler. Derin dondurulmuş menisküslerin sonuçları, liyofilize edilenlere göre biraz daha iyiydi. Sağlam kalan az sayıda transplant altındaki kıkırdağı dejenerasyondan korumuştur.

Garrett (11), taze veya kriyoprezervasyon yapılmış menisküs allogreftleri kullandığı ve artroskopi kontrolü yaptığı, 28 olgunun 2-7 yıllık izleminde, 20 olguda menisküsün korunduğu ve eklem kıkırdağında bir harabiyet olmadığını saptadı. Geri kalan 8 olguda ise menisküsün bir kısmı veya tamamı kaybolmuştu. Aynı süre içinde ameliyat edilen 15 olguya klinik bulgu vermediği için artroskopi yapılmamıştı. Sonuçlar, ileri osteoartriti olan veya birlikte yüksek tibial osteotomi yapılan hastalarda daha kötüydü.

Noyes (22), taze dondurulmuş ve 2.5m Rad gama ışını ile ikincil sterilizasyonu yapılmış 96 menisküs allogreftlerinin ortalama 30 aylık izleminde, 29'unun (%30) ilk iki yıl içinde başarısızlığa uğradığını saptadı. İki yıldan fazla yerinde kalan 67 menisküsün ise %40'ında MRG ve klinik incelemelerde iyileşme olmadığını saptadı. Başarısızlık nedeniyle çıkartılan menisküslerin merkezi kesimlerinde hiç canlı hücre yoktu ve 20. ayda bile, kollajen yapısı ve yerleşimi normal değildi.

Sentetik menisküs protezlerinde en sık kullanılan maddeler teflon, poliyester, karbon ve bunların kombinasyonlarıdır. Genellikle hayvan deneylerinde kullanılan bu protezlerin bir kısmı sinovit ve aşınma nedeniyle terk edilmiş, bir kısmının ise biyomekanik olarak işlevi olmadığı ve dizlerde değişen derecelerde osteoartrit geliştiği için klinik uygulamadan vazgeçilmiştir (24, 28).

Son yıllarda, abzorbe olabilen kollajen çatı implantları ile ilgili çalışmalar klinik seviyeye gelmiştir. ineklerin aşıl tendonundan hazırlanan ve kimyasal işlemlerden geçirildikten sonra şekil verilen bu protezlerle yapılan köpek deneylerinde, implantların %66'sının üzerinde fibrokondrosit invazyonu olduğu ve herhangi bir artrit bulgusu olmadığı saptandı. Aynı ekibin, 10 olguluk klinik uygulamasını 2 yıllık izleminde, 2 olguda kötü sonuç alınırken, kalan olgularda, klinik olarak düzelme ve menisküste MRG'de rejenerasyon bulguları tesbit edildi. Ancak bu kadar kısa süreli izlemdeki iyi sonuçların yıllar içinde nasıl seyredeceği henüz belli değildir (29, 30).

Sonuç VIII- Bugünkü bilgilerin ışığında menisküs allogreft ve protezlerinin biyomekanik özellikleri normal fonksiyon görmek için yeterli değildir.

Kaynaklar

- Allen PR, Denham RA, Swan AV: Late degenerative changes after meniscectomy. *J Bone Joint Surg* 66 (B): 666-671, 1984.
- Anderson DR, Gerhsuni DH, nakhostine M, Danzig LA: The effects of non-weight-bearing and limited motion on the tensile properties of the meniscus. *Arthroscopy* 9: 440-445, 1993.
- Amoczky SP, McDevitt CA, Schmidt MB, Mow VC, Warren RF: The effect of cryopreservation on canine menisci. A biochemical, morphological and biomechanical evaluation. *J Orthop Res* 6: 8, 1988.
- Arnoczky SP, DiCarlo EF, O'Brien SJ, Warren RF: Cellular repopulation of deep frozen meniscal autografts. An experimental study in the dog. *Arthroscopy* 8: 428-436, 1992.
- Baratz ME, Fu FH, Mengato R: Meniscal tears. The effect of meniscectomy and of repair in intraarticular contact areas and stress in the human knee. *Am J Sports Med* 14: 270-275, 1986.
- Baratz ME, Rehak DC, Fu FH et al: Peripheral tears of the meniscus. The effect of open versus arthroscopic repair on intraarticular contact stresses in the human knee. *Am J Sports Med* 16: 1-7, 1988.
- Cerulli G, Ceccarini A, Alberti PF, Caraffa A, Carraffa G: Mechanoreceptors of some anatomical structures of the human knee. In: *Surgery and Arthroscopy of the Knee. 2nd Congress of the European Society*, Berlin etc. Springer Verlag, 1988.
- Daniel DM: Selecting patients for ACL surgery. In: Jackson DW, ed. *The Anterior Cruciate Ligament. Current and Future Concepts*; New-York, Raven Press, 251, 1993.
- Dehaven KE: open meniscus repair. *Sports Medicine & Arthroscopy Review* 1: 119-124, 1993.
- Fithian DC, Kelly MA, Mow VC: Material properties and structure function relationship in the menisci. *Clin Orthop* 252: 19-31, 1990.
- Garrett JC: Meniscaltransplantation. A review of 43 cases with 2 to 7 year follow-up. *Sports medicine and Arthroscopy Review*. 1: 164-167, 1993.
- Hoshino A, Wallace WA: Impact absorbing properties of the human knee joint. *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi* 63: 67, 1993.
- Jorgenson U, Sonne-Holm S, Lauridsen F, Rosenklint A: Long-term follow-up of meniscectomy in athletes. *J Bone Joint Surg* 69 (B): 80-83, 1987.
- Kawai Y, Fukubayashi T, Nishino J: Meniscal suture. An experimental study in the dog. *Clin Orthop* 243: 286-292, 1989.
- Kettelkamp DB, Jacobs AW: Tibiofemoral contact area determination and its implications. *J Bone Joint Surg* 54 (B): 349-356, 1972.
- Krause WR, Pope M, Johnson RJ, Wilder D: Mechanical changes in the knee after meniscectomy. *J Bone Joint Surg* 58 (A): 599-604, 1976.
- Kurosawa H, Fukubayashi T, Nakajima H: Load-bearing mode of the knee joint: Physical behavior of the knee joint with or without menisci. *Clin Orthop*, 149: 283-290, 1980.
- Levy IM, torzilli PA, Gould DJ, Warren RF: The effect of lateral meniscectomy on motion of the knee. *J Bone Joint Surg* 71 (A): 401-406, 1989.
- Levy IM, Torzili PA, Warren RF: The effect of medial meniscectomy on antero-posterior motion of the knee. *J Bone Joint Surg* 64 (A): 883-888, 1982.
- McDevitt CA, Webber RJ: The ultrastructure and biochemistry of meniscal cartilage. *Clin Orthop* 252: 9-18, 1990.
- Newman AP, Anderson DR: The mechanics of the healed meniscus in a canine model. *Am J Sports Med* 17: 164-175, 1989.
- Noyes F: Histological study of failed human meniscal allografts. Arthroscopy Association of North America, 1995 Specialty Day Meeting, Orlando, A.B.D. 19 Şubat 1995, Özet Kitabı 180, 1995.
- Odgaard A, Pedersen CM, Bentzen SM, Jorgensen J, Hvid I: Density changes at the proximal tibia after meniscectomy. *J Orthop Res* 7: 744-751, 1989.
- Rodkey WG, Stone KR, Steadman JR: Replacement of the irreparably injured meniscus. *Sports Medicine and Arthroscopy Review* 1: 168-176, 1993.
- Seedhom BB, Dowson D, Wright V: Functions of the meniscus. A preliminary study *J Bone Joint Surg* 56 (B): 381-382, 1974.
- Shoemaker SC, Markolf K: The role of the meniscus in the antero-posterior stability of the loaded anterior cruciate deficient knee. Effects of partial versus total excision. *J Bone Joint Surg* 68 (A): 71-79, 1986.
- Sommerlath K: The importance of the meniscus in unstable knees. A comparative study. *Am J Sports Med* 17: 773-777, 1989.
- Sommerlath K: The importance of the meniscal prosthesis on knee biomechanics and cartilage. An experimental study in rabbits. *Am J Sports Med* 20: 73-81, 1992.
- Stone KR, Rodkey WG, Weber RJ, McKinney LA, Steadman JR: Meniscal regeneration with copolymeric collagen scaffolds: in vitro and in vivo studies evaluated clinically, histologically and biochemically. *Am J Sports Med* 20: 104-111, 1992.
- Stone KR, Steadman JR, Rodkey WG, Li ST: Two year follow-up of meniscus regeneration using a collagen scaffold. *American Academy of Orthopaedic Surgeons 64th Annual Meeting*, San Francisco, 13-17 Şubat 1997, Özet Kitabı 57, 1997.
- Thompson, WO, Thaete FL, Fu FH: Tibial meniscal dynamics using three dimensional reconstruction of magnetic resonance images. *Am J Sports Med* 19: 210-216, 1991.
- Valias AC, Zernicke RF, Matsuda J, Curwin S, Durivage J: Adaptation of rat meniscus to prolonged exercise. *J Appl Physiol* 60: 1031-1035, 1986.
- Walker PS, Erkman MJ: The role of menisci in force transmission across the knee. *Clin Orthop* 109: 184-192, 1975.
- Warren RF: Minscectomy and repair in the anterior cruciate ligament deficient patient. *Clin Orthop* 109: 184-192, 1975.
- Wirth RJ: Meniscus transplantation. *The First Turkish Arthroscopy and Knee Surgery Congress*, September İstanbul Turkey 25-28, 1991.
- Wisniewski PJ, Powers DL, Kennedy JM: Glutaraldehyde-cross-linked meniscal allografts: mechanical properties. *J Invest Surg* 1: 259-265, 1988.

Yazışma adresi:

Doç. Dr. N. Reha Tandoğan

Başkent Üniversitesi Hastanesi

Fevzi Çakmak Cad. 10. Sokak No: 45

06490 Bahçelievler, Ankara, Türkiye