

T.C
BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI



**TİBİAL TÜBERKÜL OSTEOTOMİSİNDE ÜÇ FARKLI TESPİT YÖNTEMİNİN
BİYOMEKANİK OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI**

UZMANLIK TEZİ
DR. TUNAY ERDEN

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. İBRAHİM TUNCAY

İSTANBUL
2016

T.C
BEZMİALEM VAKIF ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI



**TİBİAL TÜBERKÜL OSTEOTOMİSİNDE ÜÇ FARKLI TESPİT YÖNTEMİNİN
BİYOMEKANİK OLARAK KARŞILAŞTIRILMASI**

UZMANLIK TEZİ
DR. TUNAY ERDEN

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. İBRAHİM TUNCAY

İSTANBUL
2016

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca ilgisini, bilgisini ve şefkatini üzerimizden esirgemeyen; samimiyeti, içtenliği ve güler yüzü ile bizlere örnek olan anabilim dalı başkanımız **Prof. Dr. Nurzat Elmalı'ya**, bilgi birikimi ve tecrübeleri ile bizleri aydınlatan, uzmanlık eğitimimiz süresince birçok temel ilkeyi kazandıran, bilimsel ve yeniliklere açık yaklaşımı ile yetişmemizde büyük katkısı olan değerli hocam sayın **Prof. Dr. İbrahim Tuncay'a**, bilgisi, tecrübesi, sabrı, kişiliği ve duruşu ile örnek aldığım saygıdeğer hocam **Prof. Dr. Cengiz Şen'e**, eğitimimiz esnasında engin deneyimlerinden yararlandığımız, bilgilerini paylaşmaktan çekinmeyen, kendileri ile çalışmaktan keyif duyduğum, kişiliğini, karakterini, insani vasıflarını ve çalışma disiplinini örnek almaya çalıştığım kıymetli abilerimiz **Doç. Dr. Volkan Gürkan'a**, **Doç. Dr. Kerem Bilsel'e** ve **Doç. Dr. Fatih Küçükduymaz'a**; ayrıca eğitimimiz boyunca her türlü desteği sağlayan değerli abilerimiz **Yrd. Doç. Dr. Gökçer Uzer'e**, **Yrd. Doç. Dr. Fatih Yıldız'a**, **Op. Dr. Nuh Mehmet Elmadağ'a**, ve **Op. Dr. Mehmet Kapıcıoğlu'na**; asistanlığım boyunca birlikte çalışmaktan keyif aldığım kıdemlilerimizden **Op. Dr. Nejat Tuncer'e**, **Op. Dr. Serkan Önder Sırma'ya**, **Op. Dr. Hasan Hüseyin Ceylan'a** ve **Op. Dr. Ömer Cengiz'e**, ayrıca her türlü zorluğa birlikte göğüs gerdiğim sevgili arkadaşlarım **Op.Dr.Şafak Sayar'a**, **Op.Dr. Necdet Demir'e**, **Op.Dr. Vahdet Uçan'a**, **Op.Dr. Ahmet Can Erdem'e**, **Op.Dr. M. Anıl Pulatkan'a**, **Op.Dr. Suat Batar'a**, **Dr. Jotyar Ali'ye** ve **Dr. Deniz Kara'ya** büyük bir özveri ile birlikte çalıştığımız bütün hemşire, sekreter ve sağlık personeli arkadaşlarıma sonsuz teşekkürler.

Bugünlere gelmemde asıl emeği olan, haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim sevgili annem ve babama, maddi manevi desteklerini hiçbir zaman esirgememiş ve beni çocuklarından ayırmayan sevgili abilerim **Selahattin Erden'e**, **Ercan Erden'e**, **Mehmet Erden'e** ve **Turan Erden'e**; beni bu mesleğe yönlendiren aile büyüğü eniştem sayın **Kahraman Erden'e**, ayrıca iyi ve kötü her günümde yanımda olan sevgisini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili eşim **Fatma Erden'e** teşekkürü bir borç bilirim.

Dr.Tunay Erden

İstanbul, 2016

ÖZET

Amaç: Bu çalışmada dana tibialarında tibial tüberkül osteotomisi sonrası kanüllü vida, serklaj ve sirküler kablo ile tespit yöntemlerinin biyomekanik olarak kıyaslanması amaçlanmıştır.

Materyal ve Metod: Çalışma amacı ile 24 adet dana dizi kullanıldı. Alınan örnekler kemik mineral yoğunluğu(BMD) ölçümü sonrası homojen eşit sayıda üç gruba bölündü. Ardından tüm örnekler standart düz tibial tüberkül osteotomisi yapıldı. Tespit amacı ile grup 1 de iki adet 6,5 mm'lik kanüllü vida, grup 2 de üç adet kablo (cable), ve grup 3 te ise üç adet serklaj teli kullanıldı. Örnekler patellar tendon ile osteotomi hattı arasındaki açı 0 derece olacak şekilde test cihazına yerleştirildi ve dinamik sıklık yüklenme sonrası statik yüklenme ile failure gerçekleştirildi.

Sonuçlar: Üç grupta da sıklık yüklenme boyunca failure görülmemiştir. Statik yüklenme sonuçlarına göre kanüllü vida ile tespitin anlamlı derecede daha stabil fiksasyon sağladığı görülmüştür.

Tartışma: Tibial tüberkül osteotomisi sonrası tespit yetersizliğine bağlı komplikasyonlardan kaçınılması amacı ile biz tespitite öncelikli olarak kanüllü vidanın kullanılmasını uygun olmayan vakalarda ise kablo (cable) ile tespiti öneriyoruz.

Anahtar Kelimeler: Tibial tüberkül osteotomisi, kanüllü vida, kablo, serklaj.

ABSTRACT

Objective: In this study, it was aimed to biomechanically compare cannulated screw, cerclage and circular cable fixation methods after tibial tubercle osteotomy in calf tibia.

Materials and Methods: For the purpose of study, 24 pieces of calf were used. The samples were divided into three groups of equal number of homogeneous bone mineral density (BMD). A standard plain tibial tubercle osteotomy was then performed on all specimens. Two 6,5 mm cannulated screws were used in group 1, three cables in group 2 and three cerclages in group 3. Samples were placed on the tester with an angle of 0 degrees between the patellar tendon and osteotomy line, and failure occurred with static loading after dynamic cyclic loading.

Results: There was no failure occurred in the cyclic loading period in all three groups. According to the result of static loading, it was seen that fixation with cannulated screw provided more stable fixation at significant level.

Conclusions: In order to avoid complications due to insufficient fixation after tibial tubercle osteotomy, we recommend to fix with tespitte cable (cable) if it is not suitable to use cannulated screw.

Key words: tibial tubercle osteotomy, canulated screw, kablo, cerclage wire.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
RESİMLER DİZİNİ.....	x
TABLolar DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	12
2. GENEL BİLGİLER.....	13
2.1. TARİHÇE.....	13
2.2. EMBRİYOLOJİ.....	14
2.3. ANATOMİ.....	15
2.3.1. Kemiksel Anatomi.....	15
2.3.2. Ekstraosseöz-İntraartiküler yapılar.....	20
2.3.3. Ekstraosseöz –ekstraartiküler yapılar.....	23
2.3.4. Diz eklemi nörovasküler yapısı:.....	26
3. DİZ EKLEMİ BİYOMEKANİĞİ VE KİNEMATİĞİ.....	29
3.1. Tibiofemoral eklem.....	29
3.2. Patellofemoral eklem.....	31
4. TİBİAL TÜBERKÜL OSTEOTOMİSİ.....	35
4.1. CERRAHİ ENDİKASYONLAR.....	35
4.1.1. Mediale kaydırma.....	35
4.1.2. Anterior kaydırma.....	36
4.1.3. Anteromedializasyon.....	36
4.1.4. Distal kaydırma.....	36
4.1.5. Proksimal kaydırma.....	37
4.1.6. Lateral kaydırma.....	38
4.1.7. Diz artroplastisinde tibial tüberkül osteotomisi ve cerrahi teknikler.....	38
4.2. POSTOPERATİF REHABİLİTASYON.....	38
4.3. KOMPLİKASYONLAR.....	39

5. MATERYAL VE METOD	40
5.1. Osteotomi Tekniği.....	40
5.2. Osteotominin tespiti	40
5.2.1. Deneyin yapılması	44
6. DENEY SONUÇLARI	47
7. TARTIŞMA	52
8. SONUÇ	56
9. KAYNAKLAR	57

KISALTMALAR DİZİNİ

A.....	:Arteria
ART.....	: Articulatio
BMD.....	:Bone matrix dansity
CD.....	: Caton-Deschamps
CM.....	:santimetre
ILF.....	: Inferior Lateral Facet
IMF.....	:Inferior Medial Facet
LCL.....	:Lateral Collateral Ligament
Lig.....	:Ligament
M.....	:Musculus
MCL.....	:Medial Collateral Ligament
MM.....	:Milimetre
MMF.....	:Middle Medial Facet
MLF.....	:Middle Lateral Facet
MPFL.....	:Medial Patellofemoral Ligament
N.....	:Nervus
PF.....	:Patellofemoral
SÍAS.....	:Spina İliaka Anterior Süperior
SMF.....	:Superior Medial Facet

SLF.....:Superior Lateral Facet

TDA.....:Total Diz Artroplastisi

TT.....:Tibial Tüberkül

TTO.....:Tibial Tüberkül Osteotomisi

TT-TG.....:Tibial Tubercle- Troklear Groove

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1 : Diz eklemi anterior görünümü (25)	16
Şekil 2: Diz eklemi posterior görünümü (25).....	17
Şekil 3: Tibia platosuna süperiordan bakış (25).....	18
Şekil 4 Patella ya anterior (A) ve posteriordan anatomik bakış(B)(26)	19
Şekil 5: Patellofemoral eklem teması (a) patellar yüzey (b) femoral yüzey(27).....	19
Şekil 6: Tibial plato superior görünüm (25).....	21
Şekil 7: Menisküs kanlanması şematik görünüm (a) ve trilaminar menisküs yapısı (b) (25)	21
Şekil 8: Diz eklemi medial bakış I. Tabaka (a), II. Tabaka (b)(25)	23
Şekil 9: : Kuadriseps kasının dört komponenti (25).....	25
Şekil 10: Popliteal fossa nörovasküler yapılar (25).....	27
Şekil 11: Diz eklemi anterior süperficial nörovaskuler yapıları (25).....	28
Şekil 12: Diz eklemi genikulat arteryel anastamozlar (a) patella çevresindeki vasküler ağ (b)(25, 40).....	29
Şekil 13: Screw- home mekanizması.Tam ekstansiyonda tibial tüberkül dış rotasyon yapar (25)	30
Şekil 14: Diz eklemi üç eksenli hareketi(a) ve dizin anlık rotasyon merkezi değişimi(j sign) (b) (48).....	31
Şekil 15: (a)Patella fleksiyon-ekstansiyon boyunca üç düzlemdeki hareketi (b) Q açısı (49).	32
Şekil 16: Fleksiyon ile patellofemoral temas ilişkisi (27).....	34

Şekil 17: Diz fleksiyonu ile eklem stres ilişkisi (27)	34
Şekil 18: (a) Roux-Elmslie-Trillat Prosedürü, (b) anterior kaydırma(14, 15)	36
Şekil 19: (a)anteromedializasyon (fulkerson osteotomisi), (b)distal kaydırma (66)....	37
Şekil 20: Proksimal kaydırma basamakları (a ve b)(67)	37
Şekil 21: Vida ile tespit (grup 1) kuvvet-yer değiştirme eğrisi	49
Şekil 22: Kablo ile tespit (grup 2) kuvvet –deplasman eğrisi	49
Şekil 23: Serklaj ile tespit (grup 3) kuvvet – deplasman eğrisi	50
Şekil 24: Grupların failure load değerlerinin grafiksel görünümü	50

RESİMLER DİZİNİ

Resim 1: Vida ile tespit –önden görünüm (grup 1)	41
Resim 2: Vida ile tespit yandan görünüm (grup 1)	41
Resim 3: Kablo ile tespit önden görünüm (grup 2)	42
Resim 4: Kablo ile tespit yandan görünüm (grup 2)	43
Resim 5: Serklaj teli ile tespit önden ve yandan görünüm (grup 3)	44
Resim 6: Deplasman transducer yerleştirilmiş örnek	46
Resim 7: Vida ile tespit grubunda parsiyel tendon rüptürü	47
Resim 8: Kablo grubunda fragmanın proksimal migrasyonu (A) ve serklaj grubunda tellerin kopması sonucu failure (B)	48

TABLolar DİZİNİ

Tablo 1: TT osteotomisinde komplikasyonlardan kaçınılması için dikkat edilmesi gerekenler	39
Tablo 2: Örneklerin Kemik Mineral Yoğunluğu (BMD) ve Osteotomi ile ilgili veriler ..	51

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Tibial tüberkül osteotomisi revizyon diz artroplastisi ve patellofemoral dizilim bozukluğu cerrahisinde sıklıkla kullanılan bir cerrahi tekniktir. Aktivite düzeyi yüksek genç hastalarda artan artroplastisi oranı ve ekonomik refaha bağlı uzayan ortalama ömür ile birlikte revizyon diz artroplastisi oranı artış göstermektedir.

Revizyon diz cerrahisinde ekstansör mekanizma kontraktürü olması durumunda ya da sıkı dizlerde uygulanan cerrahi yaklaşım değişebilmektedir. Geleneksel yaklaşımlar arasında kuadriseps makaslama(snip), femoral kabuk kaldırma(femoral peel), medial kollateral gevşetme ve modifiye V-Y kuadrisepsplastidir. Bu tekniklerin hepsinde iyi sonuçlar bildirilmiştir ancak yüksek oranda ekstansör mekanizmada fibrozis, güçsüzlük, ekstansiyon veya fleksiyon kısıtlılığı ve patellar dolaşımın bozulmasına bağlı patella avaskuler nekrozu görülebilmektedir(1-3). Bu tekniklerin bir diğer dezavantajı ise geç hareket açıklığı egzersizlerine başlanarak postoperatif rehabilitasyonda gecikilmesidir.

Tibial tüberkül osteotomisi tüm bu komplikasyonların önlenmesi amacı ile uygulanan bir tekniktir. Bu osteotomi diz eklemine daha geniş bir yaklaşım sunar, mevcut protezin daha kolay çıkarılmasına imkan tanır, periprostetik kırık riskini düşürür, patella ve kuadriseps vaskülaritesini bozmaz, patellar tendon avülziyonunu engeller ve güçlü kemik-kemik iyileşmesine imkan tanır. Popüler bir yaklaşım olmasına rağmen literatürde kaynamama ve tibial kırık vakaları bildirilmiştir(4-8). Osteotomi sonrası mümkün olan en stabil tespit kullanılarak bu komplikasyonlar önlenmeye çalışılmıştır. En yaygın kullanılan tespit yöntemleri kanüllü vida ve serklaj telidir(8, 9).

Bu çalışmada dana dizinde tibial tüberkül osteomisi sonrası kanüllü vida, serklaj teli ve sirküler kablo (cable) ile tespit sonrası rehabilitasyonda karşılaşılan maksimal yüklenmeye benzer model oluşturarak tespit yöntemlerinin stabilitesinin biyomekanik olarak karşılaştırılması amaçlanmıştır. Hipotezimizde kablo ile tespit kanüllü vida ve serklaj teli ile tespite göre biyomekanik olarak daha stabil olduğunu savunduk.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. TARİHÇE

Tibial tüberkül osteotomisi (TTO) karmaşık ve uzun bir geçmişe sahiptir. Tarihsel sürecin karmaşık olmasının nedeni TTO'nun hem artroplasti hem de patellofemoral dizilim bozukluğu cerrahisinde kullanılmasından kaynaklanmaktadır.

TTO, patellofemoral dizilim bozukluğu cerrahisi için ilk olarak 1938 yılında Hauser tarafından tibial tüberkülün medial ve distale kaydırılması şeklinde tarif edilmiştir(10). Hauser tekniği ile iyi ve mükemmel sonuçlar alınmasına rağmen artan postoperatif patellofemoral (PF) artrozdan TT'nin posteriora kaydırılması sorumlu tutulmuş ve çeşitli yazarlar tarafından tekniğin modifiye edilmesine neden olmuştur(11-13).

Cox, Roux-Elmslie-Trillat tekniği ile tibial tüberkülü sadece medialize edip, posteriora kaydırmadan Houser tekniğini modifiye etmiştir(14). Maquet ise kemik greft kullanarak TT'ü anteriora eleve etmiş böylece patellofemoral artroz riskini azaltmayı ve patellanın moment kolunu uzatmayı amaçlamıştır(15-18). Ancak yara yeri iyileşme problemleri ve yumuşak doku yaralanmaları tartışmalara neden olmuştur.1983 yılında ise Fulkerson, anteromedializasyon ve takiben de kemik greft kullanılmadan yapılan düz anterior kaydırma tekniklerini tariflemiştir(19).

Artroplasti alanında ise ilk olarak Dolin tarafından 1983 yılında TTO tarif edilmiştir(20, 21). Ancak teknik esas popülaritesini Whiteside tarafından kullanılmaya başlanması ile kazanmıştır(9, 22).

2.2. EMBRİYOLOJİ

Embriyolojik dönemin dördüncü haftasında alt ekstremite tomurcukları 3. ve 5. Bel omurları seviyesinde gelişmeye başlar. Bu tomurcuklar içte mezenkimal hücreler dışta ise bu hücreleri çevreleyen ektodermal kılıftan oluşur. Bu mezenkimal hücreler interzonal mezenkim olarak adlandırılmaktadır. Bu hücrelerin farklılaşması önce periferde kapsül ve ligamentler şekillendirerek, sonra merkezde yok olup eklem eklem boşluğunu oluşturarak ve daha sonra da bu boşluğun etrafında eklem yüzlerine tutunan fibröz kapsülü ve sinovyal membranı yaparak olur(23).

Ektodermal hücreler deri ve ilişkili yapıları oluşturur. Gelişimin ilerleyen dönemlerinde ektoderm kaynaklı nöral yapılar ve mesoderm kaynaklı vasküler yapılar gövdeden büyüyerek ekstremitte taslağının içine yerleşir. Altıncı hafta sonunda ekstremitte taslağı içinde kemiksel yapıların hyalin kıkırdak modeli oluşmaya başlar.

Gebeliğin sekizinci haftasında diz eklemi, eklem boşluğu dışında şekil ve yapı itibarı ile erişkin dizine benzer görünümündedir. Sekizinci ve onuncu haftalar arasında ekstremitte tomurcuğu içindeki tüm yapıların taslak oluşumu tamamlanmış olur. Onikinci haftada primer ossifikasyon merkezleri (diafiz) oluşmaya başlar. Sinovyal villus katlantıları onuncu ve onikinci haftalar arasında, bursalar üçüncü ve dördüncü aylarda, eklem içi yağ yastıkçıkları ise dördüncü ve beşinci aylarda farklılaşır. Otuzdördüncü ve otuzsekizinci haftalar arasında sekonder ossifikasyon merkezleri (epifiz) distal femur ve proksimal tibiada görülmeye başlar(24).

2.3. ANATOMİ

Diz eklemi (articulatio genus) vücuttaki en büyük eklemdir. Eklem yüzlerini, femur kondilleri, tibia'nın facies articularis süperior'u, önde kondiller arasında patella posteriorunda yer alan facies articularis oluşturur(şekil 1-2). Femur distali iki kondilden oluştuğu için bikondiler eklem benzerdir ancak gerçek bikondiler eklemden iki ayrı eklem kapsülü vardır. Diz eklemi ise tek kapsüle sahiptir. Diz eklemi rotasyona da izin veren ginglymus tipi bir eklem iken patellofemoral eklem sellar(eğer) tip bir eklemdir. Diz eklemi, femur kondillerinden geçen transvers eksen etrafında fleksiyon ve ekstansiyon hareketine izin verirken 30° fleksiyonda bir miktar rotasyon ile birlikte abduksiyon ve adduksiyon hareketlerini de yapabilir. Diz eklemi kemik yapı nedeni ile instabiliteye meyillidir. Ancak uygun fonksiyon ve stabilitesi iç ve dış yan bağlar, çapraz bağlar ve çevre kas dokusu ile sağlanır. Statik stabilite kemik yapı, menisküsler ve bağlar ile sağlanırken, çevre kaslar dinamik bir stabilite sağlar.

Diz anatomisi üç ana başlıkta toplanabilir:

I-Kemiksel anatomi

II-Ekstraosseöz – İntraartiküler yapılar

III-Ekstraosseöz – Ekstraartiküler yapılar

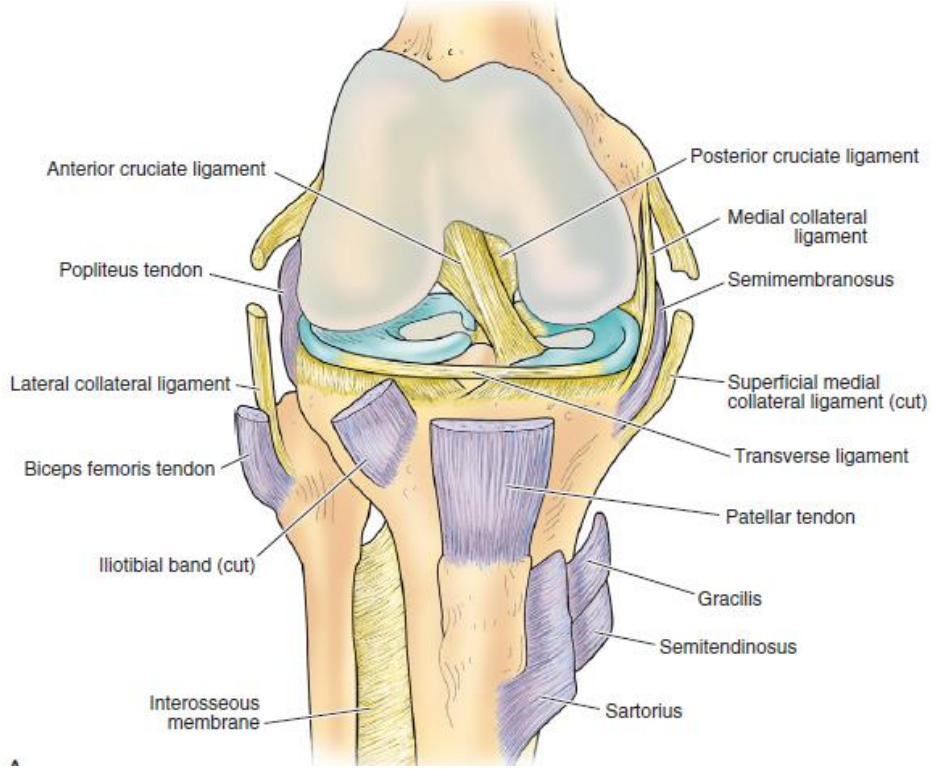
2.3.1. Kemiksel Anatomi

Femur

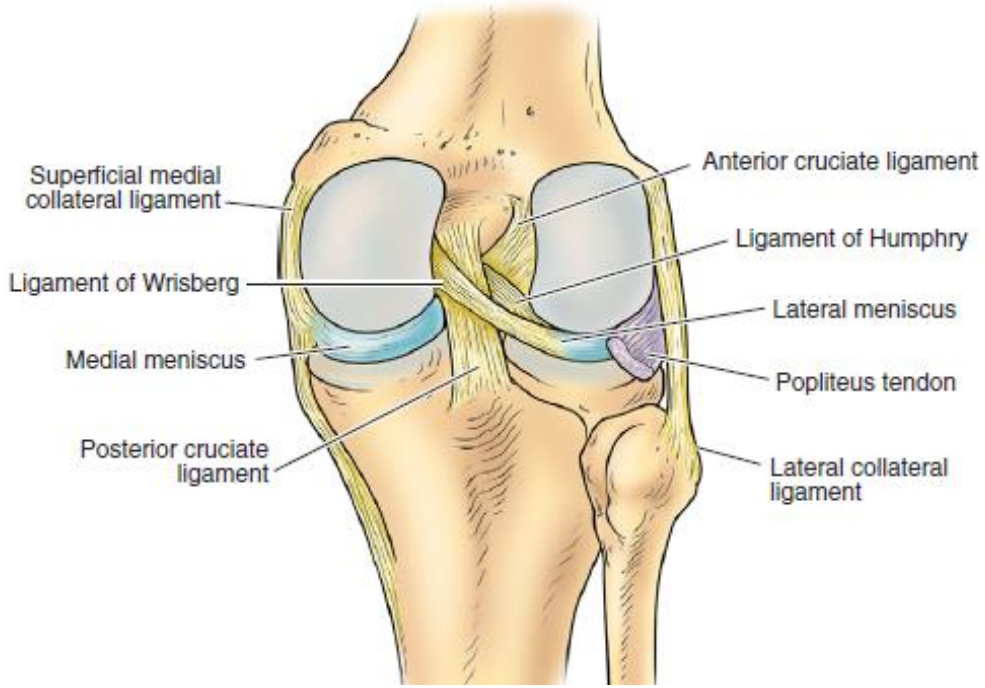
Femurun diz eklemine oluşturan distali iki kondilden oluşmuştur. Femur'a distalden bakıldığında iki kondilin birbirinden posteriorda fossa intercondylaris ile ayrıldığı görülür. Bu kondillerin ön yüzünde yukarı doğru uzanan ve patella eklem yüzüne temas eden patellofemoral oluk (troklear sulkus) yer alır. Patellofemoral oluğun lateral eklem yüzeyi daha geniştir ve patella ile daha geniş bir temas sağlar.

Kondil yüzleri anteriorda oval posteriorda ise daireseldir. Medial femoral kondil ile sagittal düzlem arasında yaklaşık 22° lik açı bulunur ve bu açı nedeni ile sagittal düzlemde kondiller eksantrik dururlar. Bu yapı "mil dirseği" diye adlandırılan mekanizmayı oluşturur.

Bu dizilim şekli diz eklemine ekstansiyonda stabil (yan bağlar gergin), fleksiyonda ise eklem hareket açıklığını arttıran (yan bağlar gevşer) bir özellik kazandırmaktadır. Lateral femoral kondilin mediale göre daha geniş olması ile diz fleksiyonunun ilk 15-20 derecesinden sonra tibia da 9-20 derecelik iç rotasyon meydana gelir. Bu aynı zamanda Q açısını azaltarak patellanın laterale sublukse olmasını da engelleyen bir mekanizmadır.



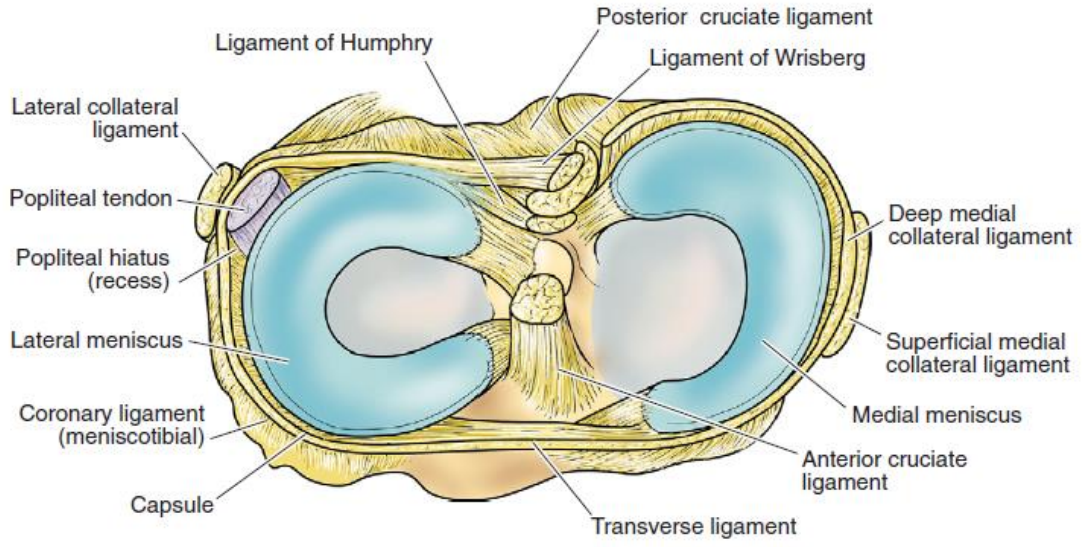
Şekil 1 : Diz eklemi anterior görünümü (25)



Şekil 2: Diz eklemi posterior görünümü(25)

Tibia

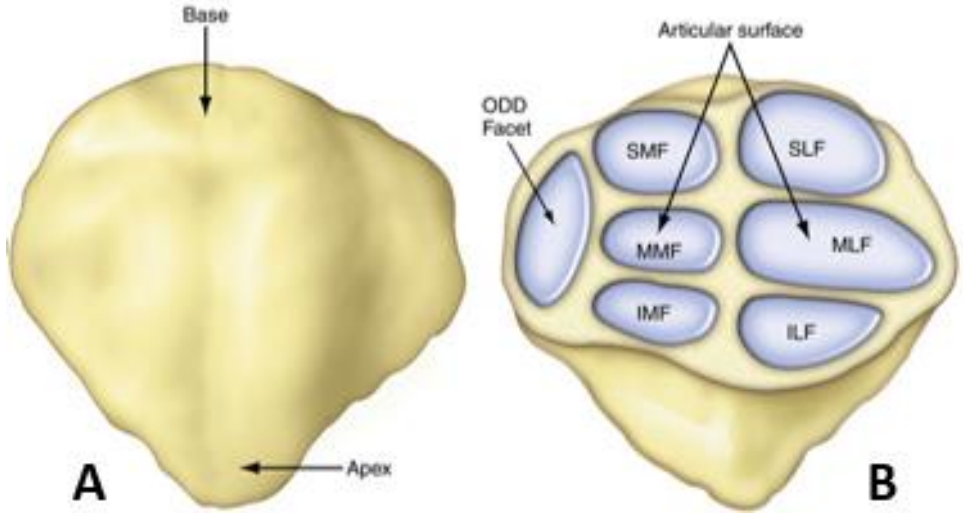
Tibia proksimal eklem yüzü medial ve lateral plato ile bu ikisi arasında yer alan eminentia interkondilaristen oluşmaktadır(şekil 3). Medial plato esas yük taşıyan kısım olup lateral platoya göre daha büyük, iç bükey veya düze yakındır. Lateral plato ise dış bükey yapıdadır. Bu yapı ‘‘vida-yuva’’ (screw -home) mekanizmasını oluşturur. Tibial platolar yaklaşık 10 derece posterior eğime (slop) sahiptirler. Her iki plato eminentia interkondilaris ile birbirinden ayrılır. Eminentia interkondilaris önünde yer alan fossada medial ve lateral menisküs anterior boynuzları ile ön çapraz bağın yapışma yeri, arkasında yer alan fossada ise arka çapraz bağın yapışma yeri bulunur.



Şekil 3: Tibia platosuna süperiordan bakış(25)

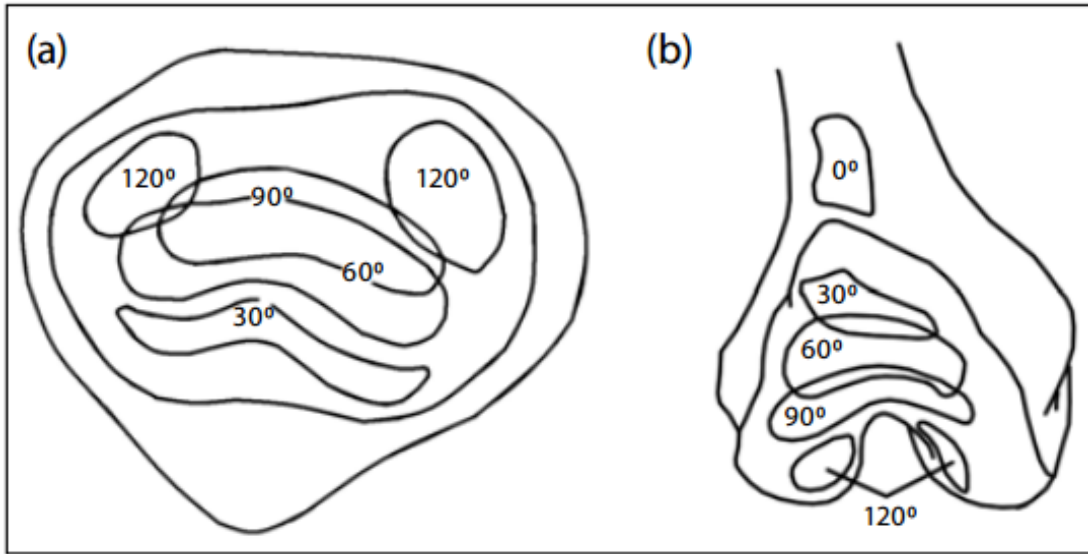
Patella

Diz eklemi ekstansör mekanizmasını oluşturan üçgen şeklinde vücudun en büyük sesamoid kemiğidir. Kuadriseps kas tendonu içinde yer alır ve ekstansör mekanizmanın kaldıraç (moment) kolunu uzatır. Süperioru inferior kısmına göre daha geniş yapıdadır. Artiküler yüzeyi vertikal olarak iki ayrı fasete ayrılmıştır (şekil 4). Lateral faset daha geniş yapıdadır.



Şekil 4 Patella ya anterior (A) ve posteriordan anatomik bakış(B)(26)

Patellanın 7 temas yüzeyi bulunmaktadır. Medial ve lateral fasetler yaklaşık eşit büyüklükte üç parçaya ayrılmıştır. Ayrıca medial fasetin medial sınırı da ayrı bir faset (Odd faset) olarak değerlendirilir. Diz ekstansiyonda iken lateral fasetin inferioru, lateral femoral kondil ile temas halindedir.



Şekil 5: Patellofemoral eklem teması (a) patellar yüzey (b) femoral yüzey(27)

Diz 20° fleksiyonda iken patellanın troklear olukla teması başlar, fleksiyon arttıkça ise medial ve lateral femoral kondil yüzeyleri ile ayrı ayrı temas eder(şekil 5). Diz tam fleksiyon iken medial faset daha fazla basınca maruz kalır(şekil 5).

2.3.2. Ekstraosseöz-İntraartiküler yapılar

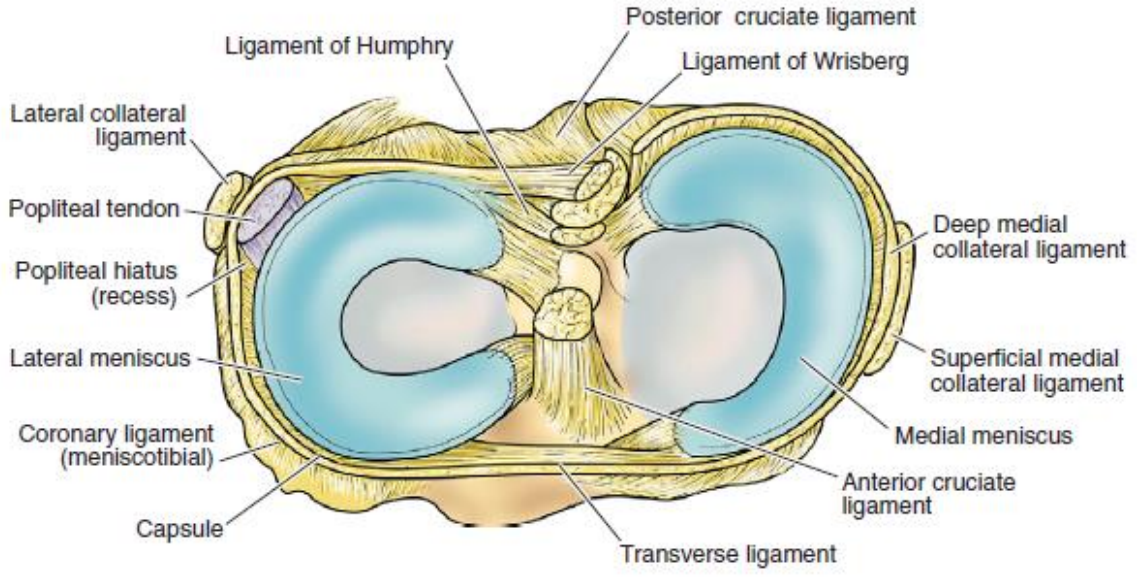
Menisküsler

Femur kondillerinin tibia platosuna oturmasını sağlayan, eklem temas yüzeyini arttıran, yarımay şeklinde fibrokartilajinöz yapılardır. Tibial plato eklem yüzeylerinin periferik 2/3 lük kısmını kaplarlar. Periferleri daha kalın ve eklem kapsülüne tutunmayı sağlar. Üçgen şeklinde kesitsel yapıya sahip olup merkeze gidildikçe incelirler. Proksimalde femur kondillerine uyum sağlayacak şekilde konkav ve tibial yüzeyleri düzdür. Medial ve lateral menisküsü anterior da birbirlerine bağlayan "Ligamentum Transversum Genu" yer alır(28).

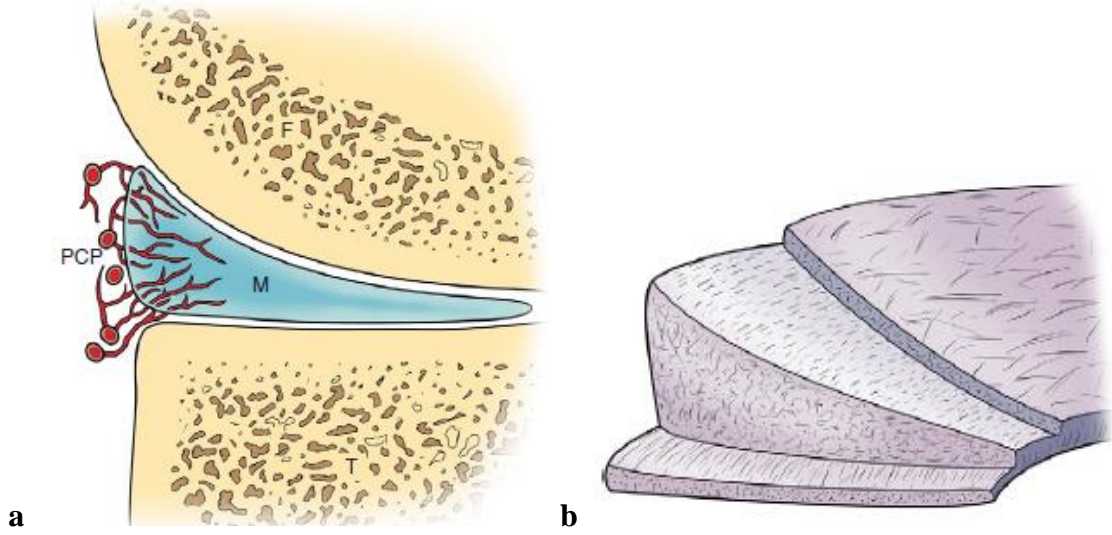
Lateral menisküs medial menisküse göre daha hareketli ve daha sirküler yapıdadır. Ön boynuzu, interkondiler çıkıntı önünde ve ön çapraz bağın dışında kalacak şekilde yer alır. Arka boynuzu ise interkondiler çıkıntının arkasına ve iç menisküs arka yapışma yeri önüne yapışır. Dış menisküsün arka boynuzundan, iç femoral kondil ve interkondiler fossaya uzanan ve arka çapraz bağ ile olan ilişkilerine göre adlandırılan iki bağ vardır. Arka çapraz bağın önünde yer alana, "lig. meniskofemorale anterior" (Humphry lig.);arkasında yer alana "lig. meniskofemorale posterior" (Wrisberg) adı verilir. Lateral menisküsün posteriorunda yer alan oluktan popliteus tendonu geçmektedir.

Medial menisküs ise semisirküler yapıdadır ve orta kısmı medial kollateral bağa yapışık olduğu için daha az hareketlidir(29). Medial menisküs posteromedialde eklem kapsülü ve semimembranosus kası tendonu ile ilişkidedir(şekil 6).

Menisküsler eklem stabilitesine katkıda bulunurken eklem temas yüzeyini arttırdıkları için birim alan düşen yükü de azaltırlar. Şok absorpsiyonu, eklem kıkırdağının beslenmesi ve lumbrikasyon diğer özellikleridir(30, 31).



Şekil 6: Tibial plato süperior görünüm(25)



Şekil 7: Menisküs kanlanması şematik görünüm(a) ve trilaminar menisküs yapısı(b)(25)

Menisküsler ekstrasinovial yapılardır ve beslenme özellikleri farklıdır (şekil 7). Medial ve lateral genicular arterlerin süperior ve inferior dallarınca beslenir. Meniskosinoviyal bileşkeden giren damarlar ‘perimeniskeal kapiller pleksus’u oluştururlar. Bu damar ağı menisküs periferik yaklaşık %25-33'lük kısmını besler. Menisküsler, proprioseptif reseptörlerin varlığından dolayı eklemi aşırı zorlanmalardan koruyan bir proprioseptif duyu organı olarak da görev yapmaktadır.

Ön ve arka çapraz bağlar

Primer diz stabilizatörleri olan ön ve arka çapraz bağlar eminentia interkondillaris'e yapışma yerlerine göre adlandırılmışlardır.

Ön çapraz bağ tibia ve femur arasında uzanan intraartikuler ancak ekstrasinovial, 31-38 mm uzunluğunda ve kollojen liflerden oluşan bir bağıdır(32). Multiple longitudinal liflerden oluşan bağ proksimalde lateral femur kondilin medialine, distalde ise anterior tibia platosuna yapışır. Ön çapraz bağ lifleri femurdan tibia'ya doğru arka çapraz bağın önünde ve bu bağı çaprazlayarak posterosüperiordan anteroinferiora ve lateralden mediale doğru seyrederken spiral dışa rotasyon tarzında açılım gösterir(17). Anteromedial ve posterolateral olmak üzere iki hüzmeden oluşur. Fleksiyonda anteromedial, ekstansiyonda ise posterolateral hüzme gergindir(33).

Arka çapraz bağ, daha kuvvetli ve daha az oblik seyredir. Medial menisküs arka boynuzunun hemen arkasında, tibia interkondiler fossanın arkasından başlar. Anterior, süperior ve mediale doğru giderek ön çapraz bağı çaprazlar, medial femoral kondilde interkondiler yüzeyin arka dış kısmına yapışır. Anterolateral ve posteromedial olmak üzere iki hüzmeye ayrılır. Fleksiyonda anterolateral, ekstansiyonda ve 100° üzerindeki fleksiyonda posterolateral hüzmeler gerilir. Ana görevi, tibianın arkaya kaymasını engellemektir. Aynı zamanda femurun tibia üzerinde rotasyonu sırasında, menisküsleri stabilize eder, eksternal rotasyonel kuvvetlerine karşı koyar ve dizin fleksiyonu sırasında, femurun tibia üzerinde kayarken, yuvarlanma hareketinin oluşmasını sağlar.

Sinovya

Diz ekleminde girinti ve çıkıntılar yaparak, boşlukları doldurur. Sinovyal membran fibröz yapıda olup, kapsülün iç kısmını döşer, fakat menisküsleri örtmez. Sinovya, patellanın

yukarısında, kuadriseps femoris ile femur alt uç arasında suprapatellar bursayı yapar. Aşağıda ise patellar tendonun eklem içi yüzünden başlayarak, iç ve dış taraflara uzanım gösterir.

2.3.3. Ekstraosseöz –ekstraartiküler yapılar

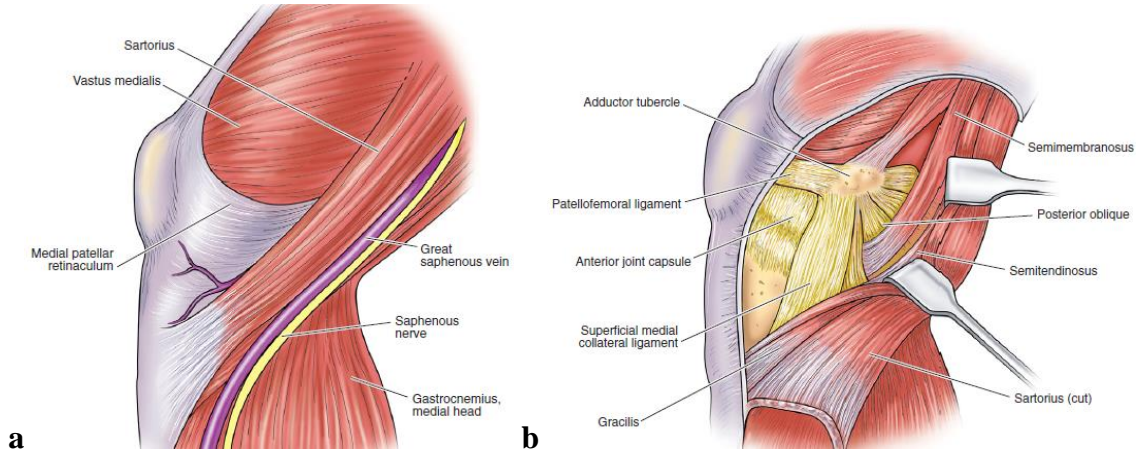
Bağlar

Eklem kapsülü bağ adı verilen çeşitli kalınlaşma odakları içeren fibröz bir yapıdır. Anteriorda eklem kapsülü yerini patellar tendona bırakır. Patellar tendon, patellanın alt kutbundan başlayan, yaklaşık 6-7 cm boyunda güçlü, düz bir bağıdır. Arka yüzeyi bir bursayla tibiadan ve infrapatellar yağ yastığı ile eklem sinovyal membranından ayrılır. Eklem kapsülünün arka bölümü vertikal liflerden oluşmuştur. Bu lifler semimembranöz kattan oluşan oblik lifler ve popliteal bağ ile güçlendirilmiştir.

Warren ve Marshall dizin medial ve lateral destekleyici yapılarını 3 tabakada incelemiştir(34).

Medialde:

I.Tabaka: Cilt insizyonunu takiben karşılaşılan en yüzeysel tabakadır. Bu tabaka sartorius kası derin fasyası tarafından oluşturulur(şekil 8).



Şekil 8: Diz eklemi medial bakış I. Tabaka (a), II. Tabaka (b)(25)

II. Tabaka: Medial kollateral bağın (MCL) yüzeysel kısımları tarafından oluşturulur (şekil 8). Ön kısımdaki paralel lifler femurun iç kondilinden başlar ve pes anserinusun arkasına yapışır. Arka kısımdaki oblik lifler femur iç kondilinden başlar, alttaki daha derin 3. tabaka olan kapsül ile karışır ve arka tibial eklem yüzeyinin hemen aşağısına ve iç menisküse

yapıştır. Fleksiyon sırasında yüzeysel bağın ön kenarı, ekstansiyonda ise arka kenarı gerilir. Yaklaşık 45° fleksiyonda iken bağ en gergin şeklini alır. Yaklaşık 30° fleksiyonda ise bağ en gevşek halini alır ve bu konumda tibianın rotasyonuna izin verir. Yüzeysel iç yan bağın paralel olan lifleri, dizin valgus zorlanmalarına karşı ana destekleyicisidir.

III. Tabaka: En derin kısmında eklem kapsülü yer alır. Eklem kapsülü yukarıda femur kondili iç yüzüne ve iç menisküse güçlü bir şekilde yapışmıştır. Aşağıda ‘‘koronal bağ’’ adını alarak tibia eklem yüzeyinin hemen altına yapıştır.

Lateralde;

I.Tabaka: ‘‘Traktus iliotibialis’’ lifleri ve dış retinakulum bulunur. Dış tarafta uzunlamasına seyreden lifler ‘‘Gerdy’’ çıkıntısına yapıştır.

II. Tabaka: Dış yan bağ ve arkuat bağ bulunur. Dış yan bağ, femur dış epikondilinden başlar ve dış retinakulumun altından geçerek fibula başında sonlanır. Popliteus tendonu, dış yan bağ (lateral kollateral ligament (LCL)) altından geçerek femurun dış epikondiline yapıştır. Kapsülün kalınlaşmış bir uzantısı, dış yan bağın arkasında, femur dış kondili ile fibula başı arasında yer alır ki bu uzantıya arkuat bağ adı verilir.

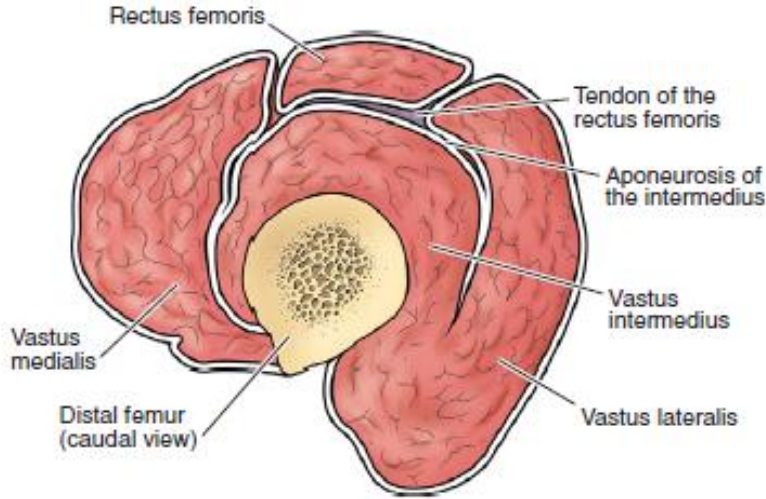
III. Tabaka: Eklem kapsülüdür. Dizin varus zorlanmasına karşı ana destekleyicisi dış yan bağıdır.

Muskulotendinöz yapılar:

Kuadriseps kası; dizin en güçlü ekstansörüdür. Rektus femoris, vastus medialis, lateralis ve intermedius olmak üzere 4 kas grubundan oluşmuştur (şekil 9). Rektus femoris kasının uzun başı spina iliaca anterior inferiordan, yansıyan başı ise asetabulumdan başlar. Vastus lateralis trokanter majorden, vastus intermedius linea intertrokanterikadan, vastus medialis ise trokanter minörün altında linea asperadan başlar. Bu kaslar distalde birleşip kuadriseps tendonunu oluştururlar.

Kuadriseps kası, femur cismi ile olan konumundan dolayı, patellar tendonla aynı doğrultuda değildir. Vastus lateralisin kas lifleri, patellaya, 14° lik bir açı ile yapışırken, vastus medialisin kas lifleri 55° lik bir açıyla yapıştır. Patellar tendon ile kuadriseps tendon eksenleri arasında bir açı mevcuttur. Bu açığa ‘‘Quadriceps-angle (Q açısı)’’ denir. Bu açı, kadınlarda yaklaşık 14,5° -17°, erkeklerde ise 10°-14° dir(35) . Q açısındaki artış patellayı

laterale transle olmaya zorlar ve böylece retropatellar basınç artışına, dolayısıyla da ağrıya neden olur(36, 37). Patella, fleksiyonun başlangıcında, troklea ile temas etmediğinden, laterale sublukse olmasını engelleyebilecek tek yapı, vastus medialisin oblik kas lifleridir. Fleksiyon arttıkça, troklea devreye girerek, bu görevi üstlenir.



Şekil 9: : Kuadriseps kasının dört komponenti(25)

Hamstring kasları; sartorius, gracilis ve semitendinosus tarafından oluşturulur. Gracilis kası pubis arkından, sartorius kası spina iliaca anterior superiorından, semitendinosus kası tuber iskiadikumdan kaynak alırlar. Aşağıda bu üç kas pes anserinusu oluşturarak, tibianın iç kondiline yapışırlar. Bu kaslar, dizi hem rotasyonel zorlamalardan, hem de valgus zorlamalarından korurlar. Bacağa fleksiyon ve biraz da iç rotasyon hareketi yaptırırlar.

Gastroknemius: Her iki başı femoral kondillerden başlayıp, soleus kasını da içine alarak, aşağıda aşıl tendonunu oluşturup kalkaneusa yapışır. En kuvvetli bacak kasıdır. Kapsül ile sıkı ilişkisi vardır. Plantaris kası, femur kondilinin üst dış kısmından başlayıp, ince bir tendon halinde gastrokinemius kasının içteki başı altında ilerler.

Semimembranosus kası; tuber iskiadikumdan başlar, tibianın iç kondilinin arka alt kısmında sonlanır. Tendonundan ayrılan kalın liflerin bir kısmı, dizin arka oblik bağını meydana getirir. Bacağa fleksiyon ve iç rotasyon yaptırır. Biseps femoris kası; uzun başı tuber iskiadikumdan, kısa başı linea asperadan başlar ve her iki baş distalde bileşerek fibula başında sonlanır. Bacağa fleksiyon ve dış rotasyon yaptırır. Dizi rotasyonel ve varus streslerine karşı korur. Dizi pelvise sabitleyen içteki kaslar sartorius, gracilis ve semitendinosus, dıştaki kas ise iliotibial traktustur.

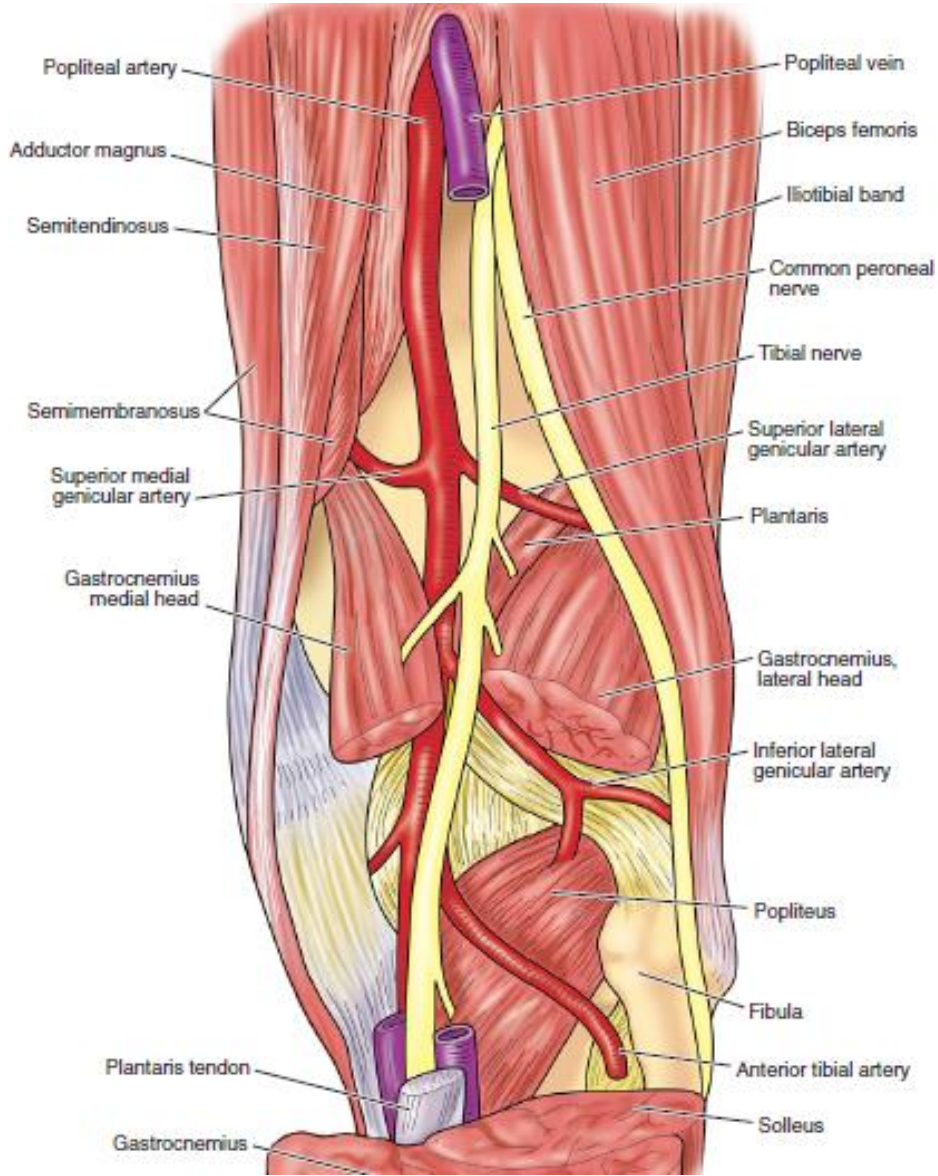
2.3.4. Diz eklemi nörovasküler yapısı:

Bireysel varyasyonlar olmasına rağmen diz predominant innervasyonu genel hatları ile ortaya konulmuştur(38, 39). İki grup afferent sinir tanımlanmıştır. İlki tibial sinirin posterior artiküler dalları ve obturator sinirden oluşan posterior gruptur. İkincisi ise anterior gruptur ve femoral sinirin artiküler dalları, n.peroneus communis ve n.saphaneus'tan oluşur(şekil 10).

N. Tibialis (medial ya da internal popliteal sinir) siyatik sinirden uyluk ortası seviyesinde ayrılır, derin fasya altından popliteal fossaya doğru ilerler. Daha distalde gastroknemius kası başları arasından geçer. Bu seviyede gastroknemius yüzeyine doğru bir duyu dalı (sural sinir) verir. M.Gastroknemius her iki başı, plantaris, soleus ve popliteal kasa ise muskuler dallar verir. Ayrıca birkaç adet artiküler dal verir. Bunlar arasında en büyük ve en sık görüleni posterior artiküler sinirdir ve çıkış yeri değişkenlik göstermekle beraber en sık popliteal fossa seviyesinden çıkar. Sinir laterale doğru ilerleyerek posterior ve perimeniskeal kapsül ile çapraz bağların sinovyasını innerve eden popliteal plexus yapısına katılır.

N. Peroneus communis (lateral ya da eksternal popliteal sinir) ,tibial sinirin lateralinden popliteal fossaya girer, biceps femoris tendonu ile gastroknemius lateral başı arasından ve fibula başı posteriorundan distale doğru uzanır. Yüzeyel (muskulokütanöz) ve derin peroneal sinir (anterior tibial) olmak üzere iki dal verir.

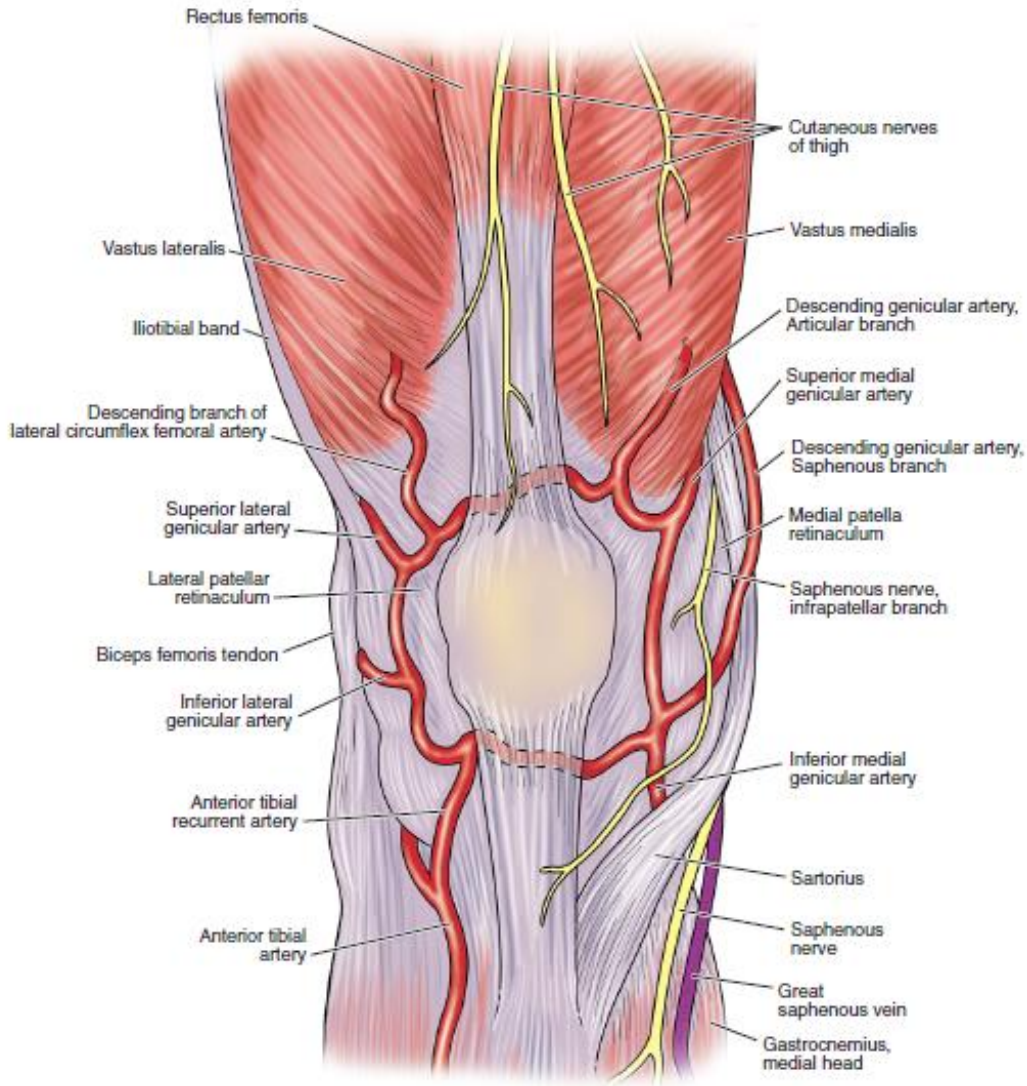
Femoral sinirden ayrılan safen sinirin infrapatellar dalları ile medial ve lateral femoral kutanöz sinirlerin dallarından oluşan anastomozlar patella çevresindeki innervasyondan sorumludur.



Şekil 10: Popliteal fossa nörovasküler yapılar(25)

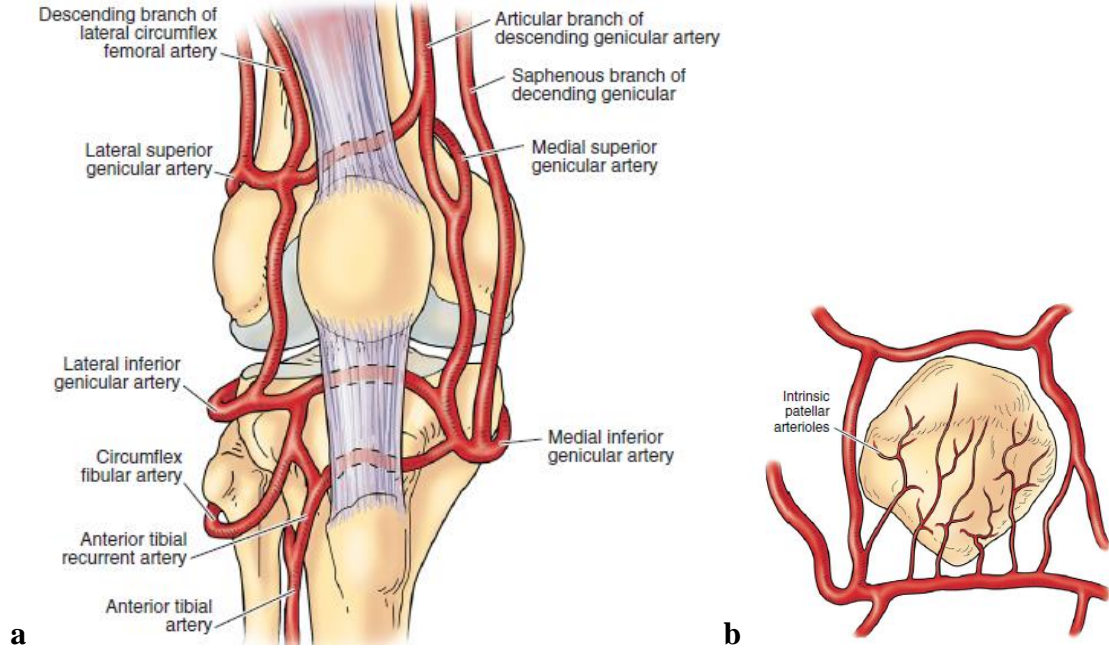
A.femoralis adduktör kanaldan geçmeden desenden geniküler arteri verir. Desenden arterden safen, artiküler ve derin oblik dallar çıkar. Adduktör kanaldan ilerleyen femoral arter kanaldan çıkarken popliteal arter adını alır. Popliteal arter proksimalde femurdan ince bir yağ doku ile ayrılırken, distalde posterior eklem kapsülü seviyesinde ise direkt olarak oblik popliteal ligaman üzerinde uzanarak popliteus fasiası yüzeyine doğru ilerleyerek yüzeysel ve derin tibial arter sonlanmalarını verir. Popliteal arterden beş artiküler dal ve birkaç adet muskuler dal çıkar. Middle genikülat arter popliteal arterin anteriorundan çıkarak posterior kapsül, intrakapsüler yapılar ve menisküslerin arka boynuzlarını besler(40). Medial ve lateral süperior genikülat arterler, popliteal arterin posteriorundan çıkarlar. Medial süperior genikülat arter gastrocnemius medial

başı orijinin proksimali ve semimembranosus ve semitendinosus derininden anteriora doğru döner.



Şekil 11: Diz eklemi anterior süperficial nörovasküler yapıları(25)

Daha distalden ayrılan dallar ise inferior medial ve lateral genikülat arterlerdir. Lateral inferior genikülat arter eklem hemen lateralinde seyrederek, derinde LCL ve fibula başını çaprazlayarak anteriorda yer alan anastomoza katılır. Inferior medial genikülat arter eklem seviyesini ve MCL yi çaprazlayarak anteriorda yer alan anastomoza katılır(şekil 11-12). Inferior genikülat arterlerinin oluşturduğu kapiller anastomozlar fat pad, sinovial kavite ve patellar tendonun beslenmesinde de rol alır. Süperior ve inferior dört genikülat arterden çıkan dalların menisküsleride besler ancak ana beslenme süperior genikülat arterlerden gelir(41).



Şekil 12: Diz eklemi genikulat arteryel anastamozlar (a) patella çevresindeki vasküler ağ (b)(25, 40)

3. DİZ EKLEMİ BİYOMEKANIĞI VE KİNEMATİĞİ

3.1. Tibiofemoral eklem

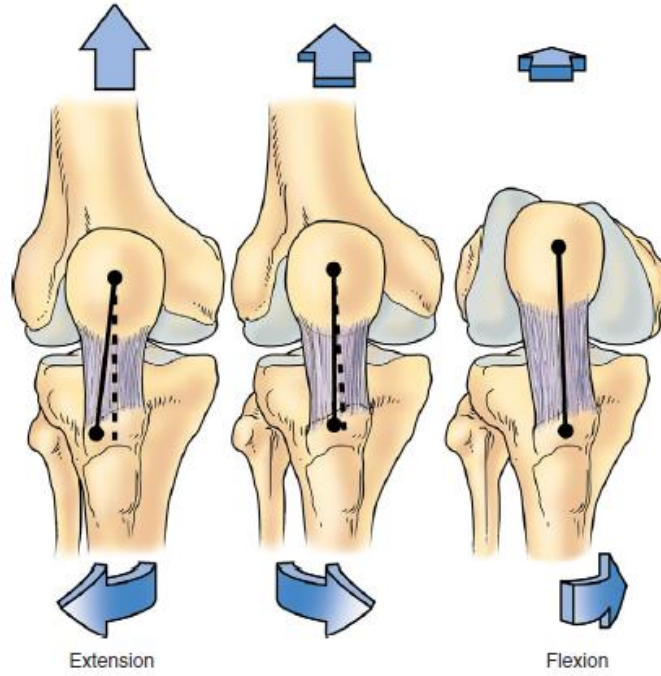
Diz eklemi hareketleri birçok araştırmacı tarafından incelenmiş ve basit fleksiyon ve ekstansiyondan daha karmaşık olduğu gösterilmiştir. Menteşe tipi olan tibiofemoral eklem üç planda translasyon (medial –lateral, anterior-posterior ve proksimal-distal) ve üç planda rotasyona (fleksiyon-ekstansiyon, internal-eksternal ve varus-valgus) izin verir. Hareket ve stabilite kontrolü çeşitli statik (ön ve arka çapraz bağlar, menisküsler vb.) ve dinamik stabilizatörler (kaslar vb) tarafından sağlanır(42-45).

Fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri sırasında femur kondilleri tibial plato üzerinde yuvarlanma (rolling), kayma (sliding) ve dönme (rotasyon) hareketlerini kombine bir şekilde gerçekleştirir(şekil 13-14).

Fleksiyon ve ekstansiyon yürümenin salınım fazında 70 derece, basma fazında 20 derecedir ve her yürüme döngüsünde 10 derece abduksiyon veya adduksiyon ile 10-15 derece

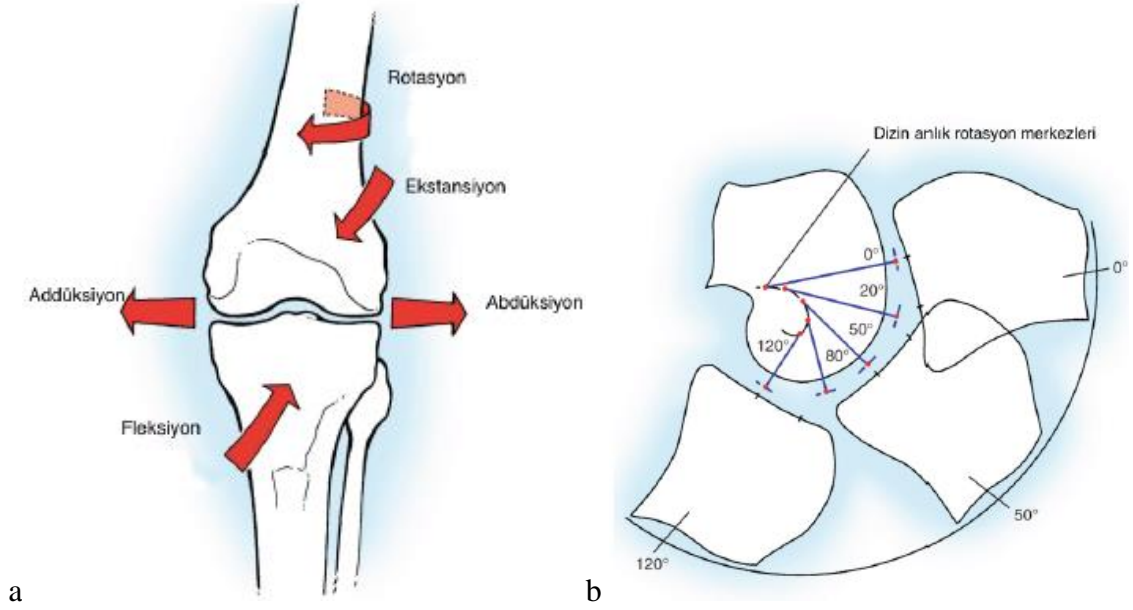
iç ve dış rotasyon oluşabilir. Anlık rotasyon merkezi fleksiyon ve ekstansiyon hareketleri ile sürekli yer değiştirir ve femoral kondiller çevreinde 'j' şeklinde (J sign) bir eğim oluşturur.

Ekstansiyonun sonuna doğru tibiannın femur üzerinde dış rotasyona gelmesi ile diz eklemi kilitlenir ve buna "screw-home mekanizması" denir(şekil 13). Dizin fleksiyon hareketi boyunca meydana gelen rollback arka çapraz bağ tarafından sağlanır, bu bağ aynı zamanda eklem stabilitesine de katkı sağlar(46).



Şekil 13: Screw- home mekanizması.Tam ekstansiyonda tibial tüberkül dış rotasyon yapar(25)

Dizin aktif fleksiyon hareket açıklığı 140 derece, pasif olarak ise 160 derecedir. Fleksiyon kalça ekstansiyondayken 120 derece iken kalça fleksiyonda 140 derecedir. Diz eklemine 5-10 derece hiperekstansiyon görülebilir. Matsuda ve ark. yürümenin salınım fazında 67°, merdiven çıkarken 83°, merdiven inerken 90°, sandalyeden kalkma esnasında 93° fleksiyona ihtiyaç duyulduğunu bildirmişlerdir(47).



Şekil 14: Diz eklemi üç eksenli hareketi(a) ve dizin anlık rotasyon merkezi değişimi (j sign) (b) (48)

Abduksiyon ve adduksiyon 30° fleksiyonda maksimum iken, 30° den sonra artan yumuşak doku gerginliği nedeni ile azalmaktadır. Diz tam ekstansiyondayken abduksiyon ve adduksiyon görülmez.

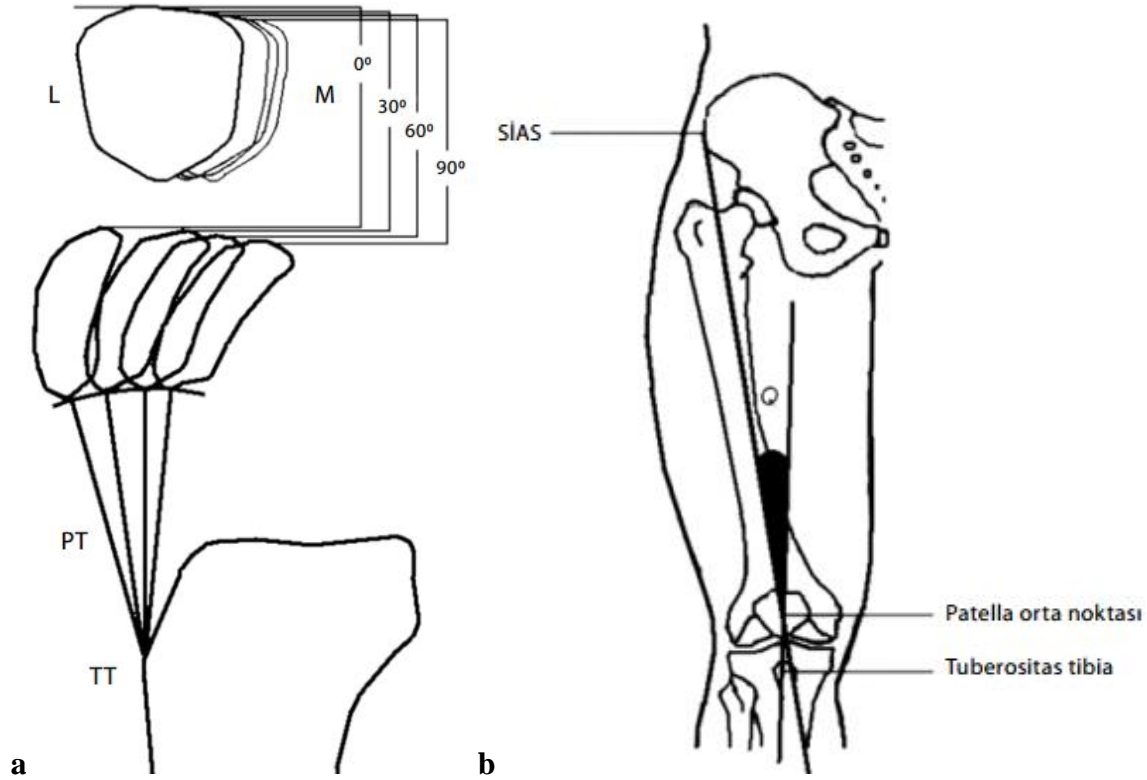
Diz eklemi stabilitesi medial-lateral ve anterior-posterior şeklinde incelenebilir. Lateralde LCL, lateral menisküs, eklem kapsülü, iliotibial bant ve arkuat ligaman stabiliteden sorumlu iken medialde MCL, medial menisküs, eklem kapsülü ve pes anserinus tendonları sorumludur. Anterior stabilite primer olarak ön çapraz bağ tarafından, posterior stabilite ise primer olarak arka çapraz bağ tarafından sağlanır. Eklem kapsülü ise sekonder stabilitede rol alır.

3.2. Patellofemoral eklem

Patellofemoral eklem ekstansiyon mekanizmasında, kuadriseps kasının kuvvet kolunu uzatarak (mekanik avantaj) ve kas kuvvetinin yönünü değiştirerek dizin stabilitesinde önemli rol oynar(49). Patella kuadriseps kasının oluşturduğu kuvveti dizin rotasyon merkezinden uzak tutmak suretiyle ekstansör kuvvet kolunu uzatarak döndürme etkisinde bir mekanik avantaj sağlar ve bu kuvvetin yönünü patellar tendon aracılığı ile değiştirir. Bu nedenle total

patellektomi yapılan dizlerde ekstansiyon için dizin yer çekimine karşı %15-30 daha fazla kuvvete ihtiyacı vardır(49). Fleksiyon hareketi süresince dizin rotasyon merkezi sürekli değiştiği için patella kuvvet kolundaki değişme nedeni ile dönme etkisine olan katkısında sürekli değişir. Moment kolu en uzun değerine (yaklaşık 5 cm) 40° fleksiyonda ulaşırken, en kısa değerine (yaklaşık 2 cm) 90° fleksiyonda ulaşır.

Patella, fleksiyon ve ekstansiyon boyunca dinamik bir durum sergiler ve dizin her fleksiyon hareketi boyunca femoral olukla yaklaşık üçte bir teması olur ve yaklaşık 7 cm yol kateder. Ön-arka planda yer değiştirme ise yaklaşık 19 mm dir. Fleksiyon ile birlikte tibiadaki iç rotasyon nedeni ile patella yaklaşık 7 mm mediale kayar, 11° iç rotasyon yapar ve yaklaşık 8° lik ön-arka planda dönme gerçekleşir ve ekstansiyonun son 20° sinde laterale doğru kayar (Şekil 15).



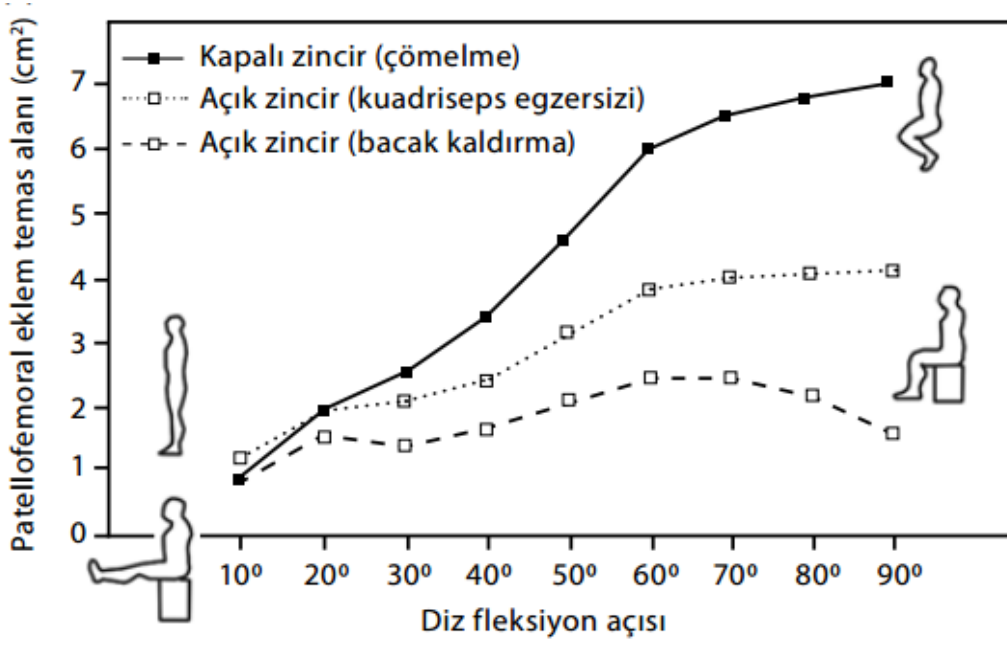
Şekil 15: (a) Patella fleksiyon-ekstansiyon boyunca üç düzlemdeki hareketi (b) Q açısı (49).

Patella yüzey alanı yaklaşık 12-13 cm² dir. Yaklaşık 20 derece fleksiyonda PF teması başlar. Temasın daha erken ya da geç başlaması patellar tendon uzunluğu ile ilişkilidir

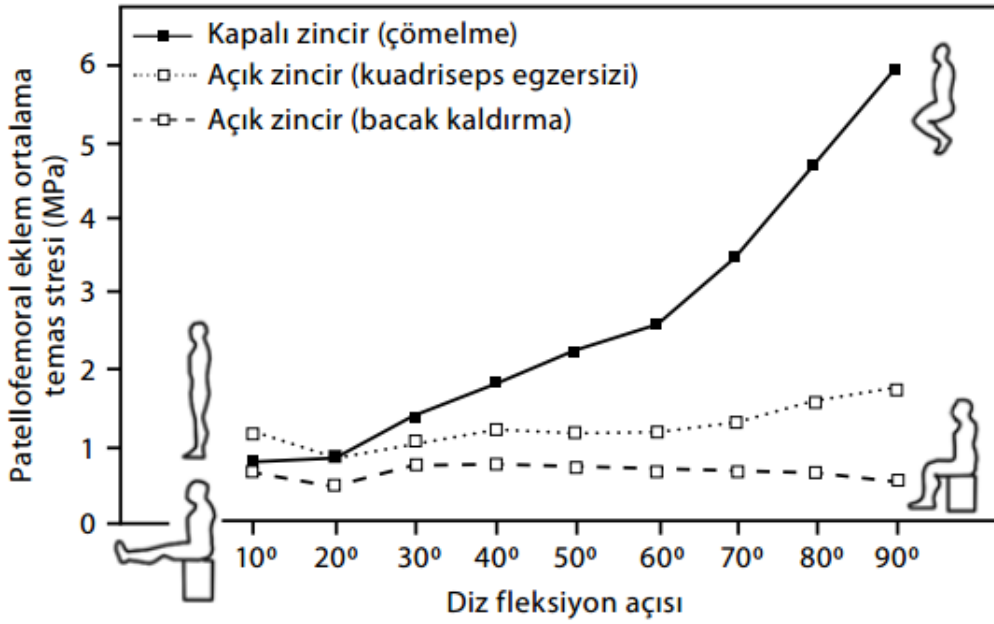
(patella baja-patella alta)(49). Yapılan çalışmalarda yaklaşık 20 derece fleksiyonda iken 2,6 cm² olan temas alanı dizin fleksiyonu ile daha distale doğru yer değiştirir ve yaklaşık 90° fleksiyonda maksimum değerine ulaşır (4,1 cm²)(49). Diz maksimum fleksiyonda iken temas bozulmaya başlar ve patella mediali femoral kondille temas eder(50). Patellofemoral eklem teması ve yüzeye binen stres yapılan egzersiz çeşidine göre değişkenlik gösterdiği gösterilmiştir(49)(Şekil 16-17).

Q açısı patellaya etki eden proksimal ve distal gerilme kuvvetleri arasındaki açıdır. Patella kuadriseps kasından gelen kuvveti merkezde toplar ve sürtünmesiz olarak kuvveti patellar tendon aracılığı ile tibial tüberküle iletir(49). Diz ekstansiyonda prone pozisyonda yatan bir insanda kuadriseps kası kastırılıp, spina iliaka anterior süperior (SİAS), patella orta noktası ve tüberositas tibia arasında ölçülen açı "Q açısı"dır(şekil 15). Kadınlarda daha yüksek olan bu açının erkeklerde normal değeri 13° iken kadınlarda 17° dir ve 20° nin üstü patolojik olarak kabul edilir(51).

Diz tam ekstansiyonda iken patellafemoral temas olmadığı için kuadriseps kasıldığında gerilme kuvveti SİAS ve TT ü aynı hizaya getirmek isteyeceğinden patella o kadar laterale doğru kayar ve buda Q açısının büyüklüğü ile orantılıdır. Diz fleksiyona doğru gittikçe PF temas başladığı için tibianın iç rotasyonu nedeni ile Q açısı azalır ancak mediale geçmeyeceği için sıfırlanmaz. İlerleyen fleksiyon ile patellofemoral oluğa (troklear sulkus) oturan patella stabil kalır. Ancak kemik uyumu yeterli değilse (troklear r displazi vb.) stabilizasyon sadece yumuşak dokular tarafından sağlanmaya çalışılacak ve bu da eklem subluksasyonuna neden olacaktır. Sulkus derinliği yeterli olan ancak Q açısı fazla olan hastalarda lateral tarafta eklem reaksiyon kuvveti daha yüksek olacaktır.



Şekil 16: Fleksiyon ile patellofemoral temas ilişkisi(27)



Şekil 17: Diz fleksiyonu ile eklem stres ilişkisi(27)

4. TİBİAL TÜBERKÜL OSTEOTOMİSİ

Diz artroplastisi ve PF dizilim bozukluğu cerrahisinde güvenli ve doğru yaklaşım sunan çeşitli teknikler tanımlanmıştır. Bunlar arasında en sık kullanılanlar medial parapatellar, subvastus ve lateral yaklaşımlardır(52, 53). Artroplasti alanında tibial tüberkül osteotomisi (TTO) revizyon diz artroplastisi ile primer zor (sıkı) dizler için geliştirilmiştir(9, 54-57). Aynı zamanda patellofemoral bozuklukların tedavisinde de sıklıkla kullanılmaktadır. Hauser ile başlayan süreç Whiteside ile yeni bir boyut kazanmıştır(9, 10). Maquet'in tariflediği tibial tüberkülün anteriorizasyonu temelde PF artrozu azaltmak içindir(15). Başarılı bir tekniktir ve PF ağrısı azaltmaktadır ancak kırık ve TT'nin eleve edilmesine bağlı cilt nekrozu tekniğin kullanımını kısıtlamaktadır(58). Hauser'in medializasyon tekniğinde ise posteriora kaydırma komponenti medial PF artroza neden olmaktadır(10). Elmslie-Trillat düz medial kaydırma tekniği medial patellofemoral ligament (MPFL) tamiri popularize olmadan önce izole lateral patellar instabilitenin tedavisinde kullanılmıştır(59, 60). Fulkerson ise hem anterior hemde medial kaydırmanın avantajlarını kullanarak kendi anteomedial kaydırma tekniğini tariflemiştir(19).

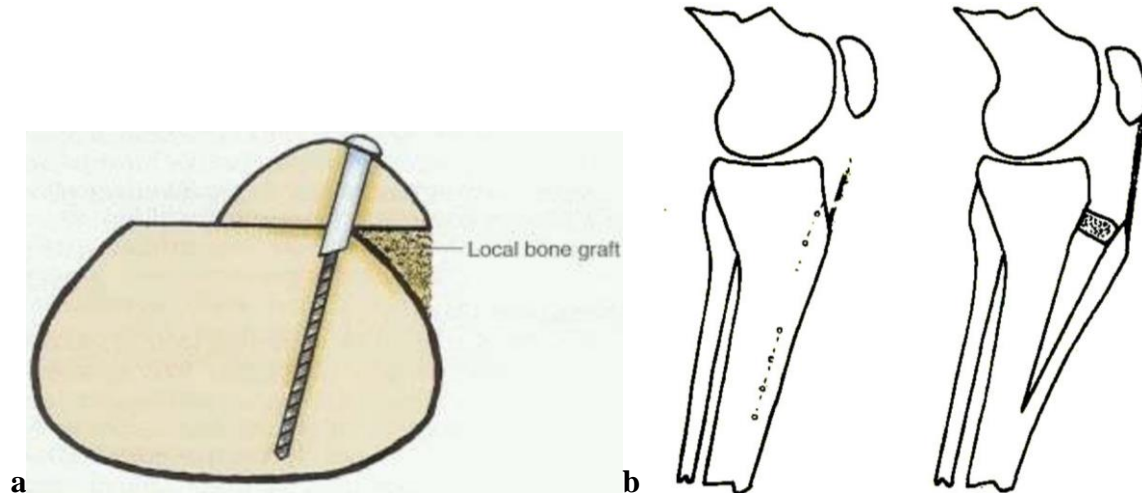
4.1. CERRAHİ ENDİKASYONLAR

Temel olarak osteotomi sonrası TT için beş farklı translasyon (anterior, medial, lateral, proksimal ve distal) ve iki kombine translasyon (anteromedializasyon ve anterolateralizasyon) mevcuttur. Posterior kaydırma patellar yükü arttırdığı için kontraendikedir.

4.1.1. Mediale kaydırma

İzole medial kaydırma (Roux-Elmslie-Trillat Prosedürü) kuadriseps vektörünün lateral komponentinde düşme sağlamasına rağmen, MPFL rekonstruksiyonunun tek başına çok başarılı sonuçlar vermesi nedeni ile izole kullanımı artık tartışmalıdır(). Ancak eğer MPFL rekonstruksiyon grefti ya da tamirine binen yükü azaltmak amaçlanırsa TT-TG (Tibial Tubercle-Troklear Groove) mesafesine bakılmalıdır. Eğer TT-TG mesafesi >20 mm ise medializasyon ile PF semptom ya da instabilitesi olmayan bireylerdeki normal değerine (13mm) yaklaşması sağlanabilir(61, 62). İzole medial kaydırmaya günümüzde çok nadir ihtiyaç duyulur, çünkü kondrozis ya da kronik patellar subluksasyonu olan bireyler anteromedializasyondan yeterli faydayı görmektedir ve izole statik kronik patellar

subluksasyon da çok nadir görülmektedir. Sonuç olarak TT-TG mesafesi normal bireylerde medializasyon ihtiyacı yoktur.



Şekil 18: (a) Roux-Elmslie-Trillat Prosedürü, (b) anterior kaydırma(14, 15)

4.1.2. Anterior kaydırma

TT'nin 10-15 mm anteriora alınması PF stresi yaklaşık %20 oranında azaltır. Bu işlemde sagittal planda patellar rotasyon yaratılmamasına dikkat edilmelidir. Tekniğin en sık kullanım alanı PF strese bağlı oluşan kondrozis ya da ağrıdır. Genellikle işlem esnasında kondral restorasyona da ihtiyaç duyulur. Nedeni bilinmeyen diz önü ağrısında endike değildir.

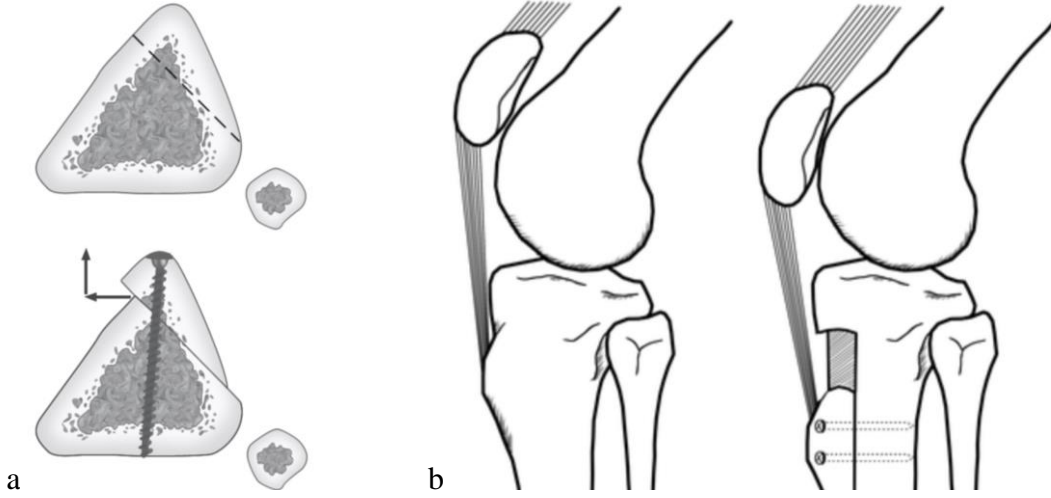
4.1.3. Anteromedializasyon

İzole anteromedializasyonun endikasyonu, TT-TG mesafesi artmış izole distal lateral ya da distal patellar kondrozis (troklea intakt) ve yine TT-TG mesafesi artmış PF kondral restorasyon yapılan hastalardır. İzole kullanımı proksimal pole, medial faset, panpatellar, troklear ya da bikondiler kondrozis durumlarında kontraendikedir. Ancak bu vakalarda kartilaj tamiri yapılmış ve TT-TG anormal ise ek prosedür olarak kullanılabilir(şekil 19).

4.1.4. Distal kaydırma

Patellofemoral stresin artırılması ya da patella infera oluşmasına neden olduğu için genellikle korkulan bir işlemdir. Ancak patella infera travma ya da cerrahiye sekonder biyolojik skar oluşumudur ve patellar yükseklik korunduğunda sekel olarak oluşmaz. Patella alta da ise PF kuvvetler anormal şekilde yüksektir ve distale kaydırma ile normal değerlere gelebilir(62-65). TT'nin distale kaydırılması ile Insall-Salvati oranı değişmez, bu nedenle

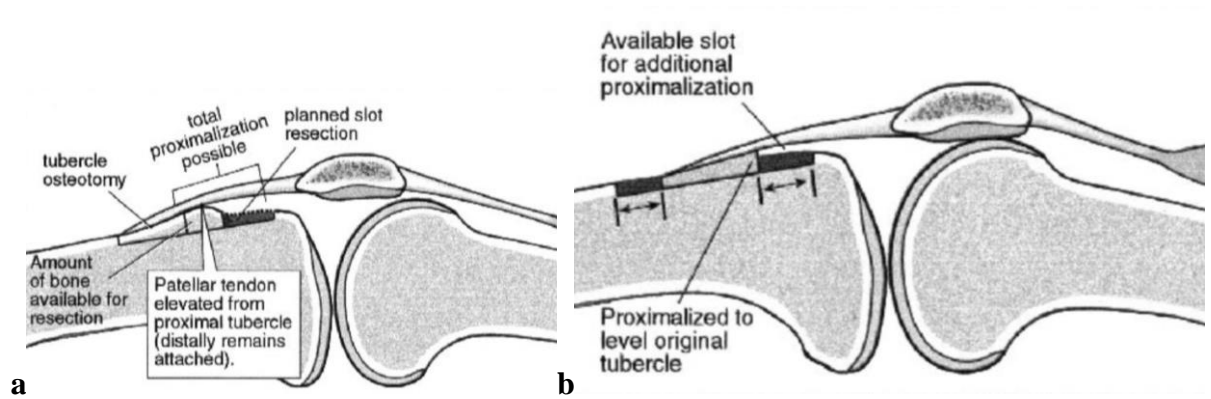
postoperatif değişimin değerlendirilmesi için Caton-Deschamps (CD) ya da Blackbourne-Peel indekslerinin kullanımı daha doğrudur. CD indeksi normal olan hastalarda distal kaydırma kontraendikedir(şekil 19).



Şekil 19: (a)anteromedializasyon (fulkerson osteotomisi),(b)distal kaydırma (66)

4.1.5. Proksimal kaydırma

Patella infera tedavisi kompleks ve multifaktöriyel bir durumdur. Diğer tüm teknikler optimize edilmesine rağmen yeterli sonuç alınmadığında TT'nin birkaç milimetre proksimale kaydırılması bir seçenek olabilir. Ancak tibial plato üzerinde impingement gelişmemesi için dikkatli olunmalıdır. Aynı zamanda anteromedial kaydırma ile birlikte de uygulanabilir. Patellar yerleşimi normal olan hastalarda proksimal kaydırma kontraendikedir.



Şekil 20: Proksimal kaydırma basamakları(a ve b)(67)

4.1.6. Lateral kaydırma

Bu tekniğin tek cerrahi endikasyonu TT'nin postoperatif aşırı medialize edilmesidir. Posterior kaydırmanın yapılmış olduğu Hauser prosedürü sekeli olgularda anterolateral kaydırma Fulkerson'un tarif ettiği şekilde yapılabilir.

4.1.7. Diz artroplastisinde tibial tüberkül osteotomisi ve cerrahi teknikler

TTO fleksiyon kontraktürü olan revizyon diz artroplastisi vakalarında ya da sıkı dize neden olan deformite varlığı(postravmatik, ileri proksimal tibia varus –valgus deformitesi) ve romatoid artrit varlığı gibi durumlarda primer artroplastide daha geniş ve konforlu yaklaşım amacı ile tercih edilir. Özellikle revizyon diz artroplastisinde komponentlerin ve çimentonun kolay çıkarılmasına imkan tanır ve periprostetik kırık riskini azaltır. TTO ile sıkı dizlerde patellar tendon avülziyonu engellenir, kuadriseps ve patella devaskülarize edilmez, patella baja ya da patellofemoral uyumsuzluk varsa düzeltilmesi sağlanır.

Diz artroplastisinde TTO kullanımında Dolin(20) ile başlayan süreç Whiteside (9) ile popülerite kazanmıştır. Ancak tespit konusunda tartışmalar devam etmektedir. TTO sonrası tespit için yapılan biyomekanik çalışmalar(68, 69) kanüllü vidanın üstünlüğünü gösterse de vida dışında çeşitli tespit yöntemleri tariflenmiştir. Bunlar arasında serklaj, sirküler kablo (cable), etibond sutür, emilebilir sutür, staple yer almaktadır(22, 58, 70-73) .Artroplasti sonrası TT tespitinde ise meduller kanal stem ile dolduğu için genellikle serklaj kullanır(70).

4.2. POSTOPERATİF REHABİLİTASYON

Postoperatif erken dönemde elevasyon ve buz uygulaması yapılır. Açık ayarlı diz breysi tam ekstansiyonda kiltlenir ve yük vermeden koltuk değnekleri ile hasta mobilize edilir. Erken dönemde sadece kuadriseps egzersizleri yaptırılır. Eklem hareket açıklığı egzersizlerine postop altıncı hafta itibarı ile hastanın tolere edebildiği derece ile başlanır. Parsiyel yük vermeye de bu dönemde başlanır. Sekizinci haftaya kadar kırık riskinden korunmak amacı ile değneklere devam edilir(4). Klinik ve radyolojik yeterli iyileşme sağlandığında değnekler ile breys bırakılır ve tam yük verilir. Spor aktiviteler için uzun bir rahablasyona ihtiyaç duyulur.

4.3. KOMPLİKASYONLAR

En sık rastlanan komplikasyonlar geç yara yeri iyileşmesi, enfeksiyon, nonunion ve cilt nekrozu (sadece Maquet prosedüründe), tüberkülün kırılması, proksimal tibia kırığı, kaynama gecikmesi ve implantın çıkarılma mecburiyetidir(15, 18, 60, 74-78). Cilt nekrozu için tek risk faktörü anteriora kaydırmadır. Kompartman sendromu da rapor edilmiştir ve cerrahlar bu konuda çok dikkatli olmalıdırlar(14, 79). Pulmoner emboli ve derin ven trombozu da rapor edilmiştir ancak proflaksi hala tartışmalıdır(18, 79). Artrofibrozis artroskopik debridman ve/veya anestezi altında manüpülasyonun bir sonucu olarak görülebilir(14, 19, 74). Erken hareket bu komplikasyonların önlenmesinde büyük öneme sahiptir ve seçilmiş olgularda devamlı pasif hareket yapılabilir(80).

- *Cilt nekrozundan korunmak için aşırı anterior kaydırmadan sakınılmalı
- *Tüberkül kırığından korunmak için 6-8 hafta yük verilmemeli
- *Erken eklem hareketi verilerek artrofibrozisten kaçınılmalı
- *Postoperatif emboliden korunmak için proflaksi uygulanmalı
- *Anterior kompartman fasiası gevşetilerek kompartman sendromundan korunulmalı
- *İnstabilite varlığında MPFL rekonstruksiyonu tekrar gözden geçirilmeli
- *Kaydırma miktarına karar verilmesine için artroskopik olarak PF kartilaj değerlendirilmelidir

Tablo 1: TT osteotomisinde komplikasyonlardan kaçınılması için dikkat edilmesi gerekenler

5. MATERYAL VE METOD

Çalışma amacı ile 24 adet üç yaşını doldurmuş dana dizi kullanıldı. Çalışma için gerekli örnek sayısı literatürde yer alan benzer çalışmalar kullanılarak yapılan power analiz sonucuna göre belirlendi. Alınan dana dizlerinde patella, patellar tendon ve tibial tüberkül intakt kalacak şekilde femur ile beraber çevre yumuşak doku, retropatellar yağ dokusu, ön-arka çapraz bağlar ve menisküsler uzaklaştırıldı. Deney öncesi tüm örnekler Bezmialem Vakıf Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi'nde GE-Lunar DPX PRO cihazı ile kemik mineral yoğunluğu (BMD) ölçümü yapıldı. Takiben alınan örnekler eşit sayıda üç gruba bölündü. Grup 1 de kanüllü vida, grup 2 de kablo ve grup 3 de ise serklaj ile tespit grubu olarak belirlendi.

BMD sonuçları istatistiksel analize tabi tutuldu ve gruplar arasında anlamlı fark olmadığı, dağılımın homojen olduğu görüldü(p:0.559). Daha sonra tibiaların distal 1/3'lük kısmı motorlu testere yardımı ile transvers osteotomi yapılarak uzaklaştırıldı.

Aynı gün için tüm örneklerin osteotomi ve tespit işlemleri yapılarak örnekler derin dondurucuda muhafaza edildi.

5.1. Osteotomi Tekniği

Distal 1/3'ü rezeke edilen tibialar tek tek derin dondurucudan çıkarılarak çözüldü ve motorlu testere yardımı ile TT seviyesinde kalınlık 2-2,5 cm, uzunluk 12-13,4 cm olacak şekilde koronal düzlemde medialden laterale doğru düz osteotomi yapıldı. İşlem süresince örneklerde tibial tüberkülün kırılmaması ve patellar tendonun zarar görmemesi için azami dikkat gösterildi.

5.2. Osteotominin tespiti

Grup 1 de yer alan örneklerin tespitinde iki adet tam yivli 6,5 mm lik titanyum kanüllü vida (TST, Pendik, İstanbul) kullanıldı. Vidalar TT'ün 2 ve 6 cm distaline drilleme sonrası klavuz tel yardımı ile posterior korteksi de geçecek şekilde osteotomi hattına dik olacak şekilde, tibiada stem var olduğu düşünülerek vidalardan biri posteromedial diğeri ise posterolaterale doğru gönderilerek tüberkül tespit edildi(resim 1-2).



Resim 1: Vida ile tespit -önden görünüm (grup 1)



Resim 2: Vida ile tespit yandan görünüm (grup 1)

Grup 2 de yer alan örneklerin tespitinde üç adet 1,8 mm'lik kablo (cable) (Tasarım, Eyüp, İstanbul) kullanıldı. Kablolar TT'nin 2-5 ve 8 cm distaline tibia çevresinden sirküler dönülerek yerleştirildi ve her kablonun gerginliği ölçüm cihazı ile 500N olarak (DG 2500N-Chatillon, AMETEK, USA) ayarlandıktan sonra tespit tamamlandı(resim 3-4).



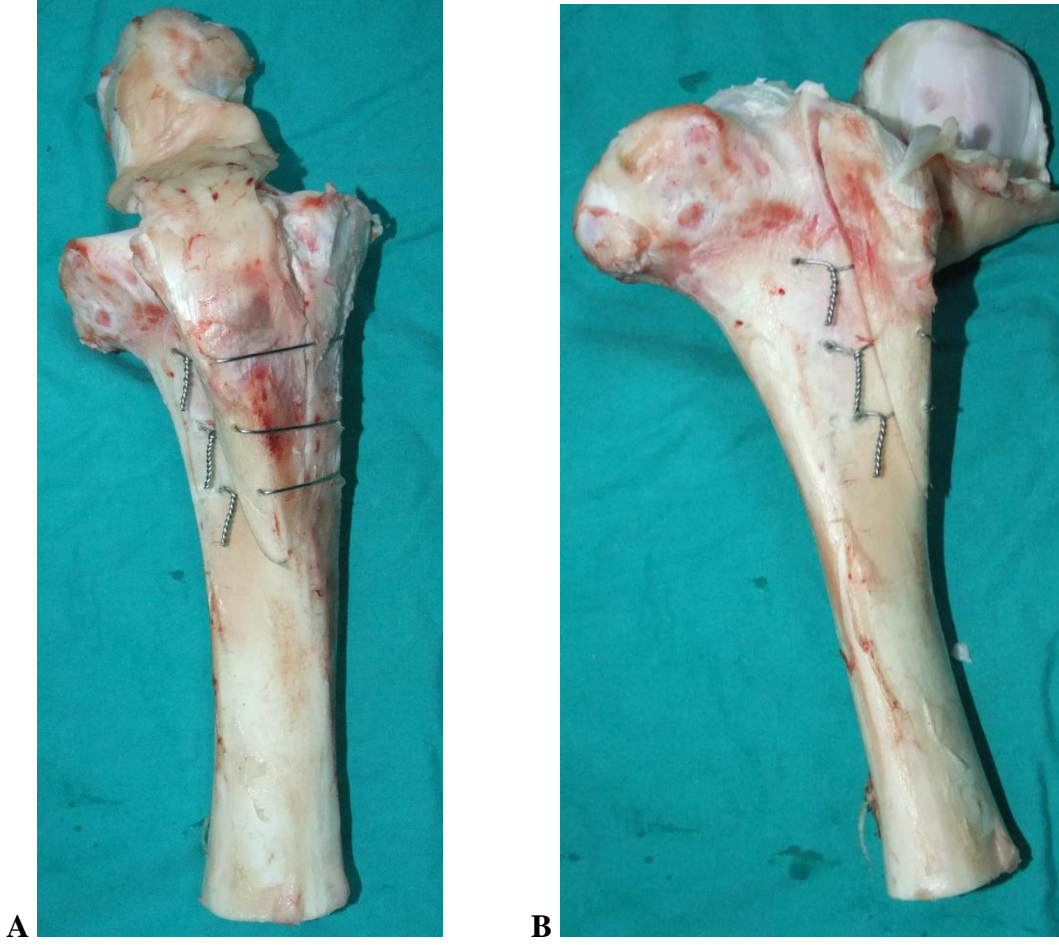
Resim 3: Kablo ile tespit önden görünüm (grup 2)



Resim 4: Kablo ile tespit yandan görünüm (grup 2)

Grup 3'te yer alan örneklerde ise tespit 1,8 mm lik üç adet serklaj teli(Tasarım, Eyüp, İstanbul) ile sağlandı. İlk olarak serklaj telleri TT'nin 2-5 ve 8 cm distalinden osteotomi hattının 1 cm altından drilleme ile açılan tünellerden geçirildi. Aynı seviyede osteotomi fragmanın anteroposterior planda 1/3 medialinde drill yardımı ile tüneller açıldı ve teller fragman içinden geçirildi. Takiben her serklaj telinin gerginliği 500N olarak (DG 2500N-Chatillon, AMETEK, USA) ayarlandıktan sonra tespit tamamlandı (resim 5).

Kullandığımız serklaj tekniği Whiteside'in tarif ettiği yöntemin modifikasyonudur(22). Orijinal teknikte serklaj teli osteotomi hattının altından geçirildikten sonra fragman üzerinde bağlanır ancak yetersiz fiksasyon nedeni ile Davis ve Caldwell tarafından teknik modifiye edilerek serklaj tüberkül fragmanın içinden geçirilmiştir. Biz de çalışmamızda bu modifiye tekniği kullandık(22, 68, 69, 81).



Resim 5: Serklaj teli ile tespit önden ve yandan görünüm (grup 3)

5.2.1. Deneyin yapılması

Biyomekanik testler İstanbul Teknik Üniversitesi Makina Mühendisliği Fakültesi Biyomekanik Laboratuvarında servohidrolik test cihazı kullanılarak (MTS 858 Mini Bionix II, Eden Prairie, MN) yapıldı. Dinamik siklik yüklenme sonrası statik yüklenme ile yetmezlik (failure) gerçekleştirildi. Dinamik yüklenme 10-60 Newton ön yükleme sonrası 650 Newton ile 1000 siklus olarak gerçekleştirildi. Dinamik ya da siklik yüklenme süresince kuvvette ani düşme ya da 10 mm deplasman varlığı yetmezlik olarak kabul edildi.

Tibia diafizinden 2 adet çapraz K- teli geçildikten sonra örnekler 100 mm çap ve 60 mm yüksekliğe sahip polivinil klorür (PVC) boru iskelet olarak kullanılarak polyester macun (DYO Kimya, İzmir) içine gömülmüştür. Önceden hazırlanan merkezleyici yardımı ile örneklerin macun içinde uzun eksene dik ve merkezde yer alması sağlanmıştır. Patella ise

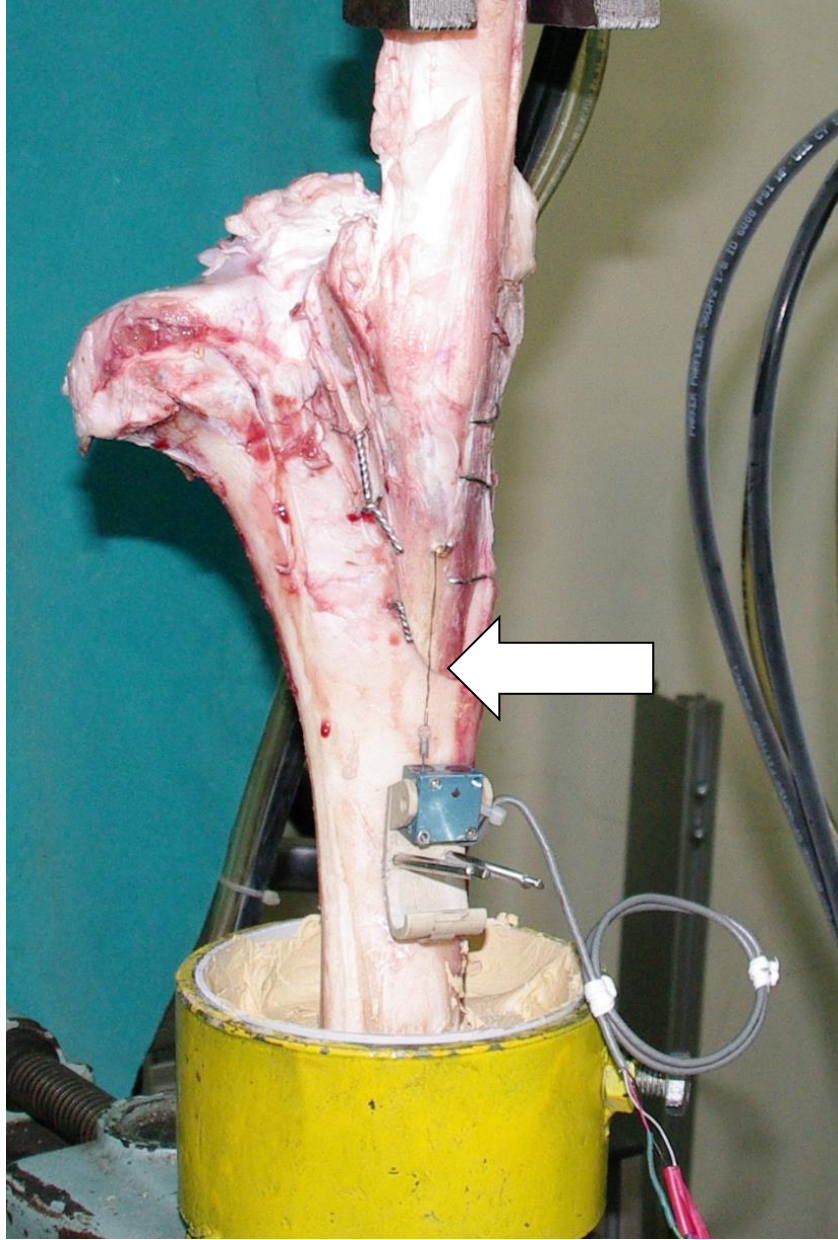
zarar görmeyecek ve tendon bütünlüğü korunacak şekilde çapraz geçilen iki adet k teli ile 80 mm genişlik ve 80 mm derinlikte PVC boru kullanılarak polyester macun içine gömüldü.

Örnekler test cihazına patellar tendon ile osteotomi hattı arasındaki açı 0° olacak şekilde yerleştirildi. Ardından her örnekte tibia anterior korteksi ile tüberkül fragmanı arasına osteotominin uzun eksenine paralel olacak şekilde deplasman ölçüm cihazı (deplasman transducer) yerleştirildi (Unimeasure, Oregon, USA)(Resim 6).

Hazırlanan her örnekte osteotomi hattının uzunluğu, fragmanın TT seviyesinde kalınlığı ve genişliği ayrı ayrı ölçülerek kayıt altına alındı.

Her örnek için siklik dinamik yüklenme periyodu, ön yüklemde meydana gelen deplasman miktarı, dinamik yüklenme boyunca meydana gelen deplasman miktarı ve yetmezlik anında meydana gelen deplasman miktarı ve failure kuvvetleri ayrı ayrı kaydedildi.

Not: Çalışma için gerekli örnek sayısı literatürde yer alan benzer çalışmalar kullanılarak yapılan power analiz sonucuna göre belirlenmiştir.



Resim 6: Deplasman transducer yerleştirilmiş örnek

6. DENEY SONUÇLARI

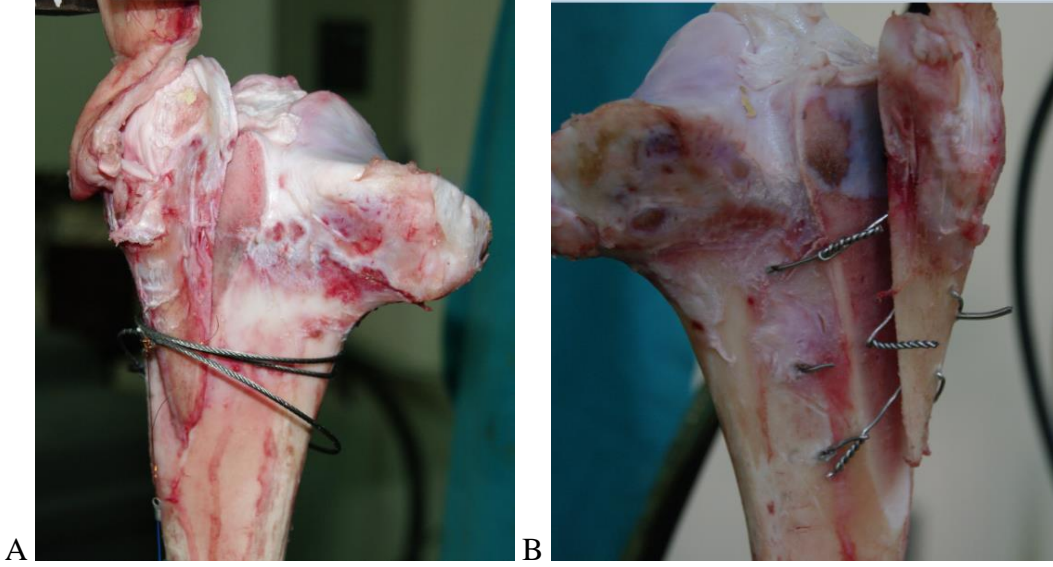
Siklik yüklenme periyoduna geçilmeden yapılan ön yüklenme ile grup 2 ve grup 3 te belirgin deplasmanın gerçekleştiği ancak yüklenmenin ilerleyen döneminde deplasmanın daha stabil seyrettiği görüldü.

Vida ile tespit grubundaki 7 örnekte statik yüklenme fazında plastik deformasyon sonucu, 1 örnekte ise yine statik yüklenmede parsiyel patellar tendon rüptürü sonucu yetmezlik meydana geldi (resim 7).



Resim 7: Vida ile tespit grubunda parsiyel tendon rüptürü

Kablo ile tespit grubundaki hiçbir örnekte dinamik yüklenme fazında yetmezlik görülmezken, 6 örnekte statik yüklenme fazında fragmanın proksimal migrasyonu ile, 2 örnekte ise kablonun kopması ile yetmezlik gerçekleşti (resim 8). Benzer şekilde serklaj grubundaki tüm örneklerde statik yüklenme fazında tellerin kopması sonucu yetmezlik meydana geldi (resim 8). Ortalama yetmezlik yüklenme (failure load) kuvveti grup 1(vida) de 3907 N, grup 2 (kablo) de 2274 N ve grup 3 (serklaj) ise 1334 N olarak tespit edildi. Her grup içinde örneklerin yetmezlik yüklenme eğrileri benzerlik göstermiştir.

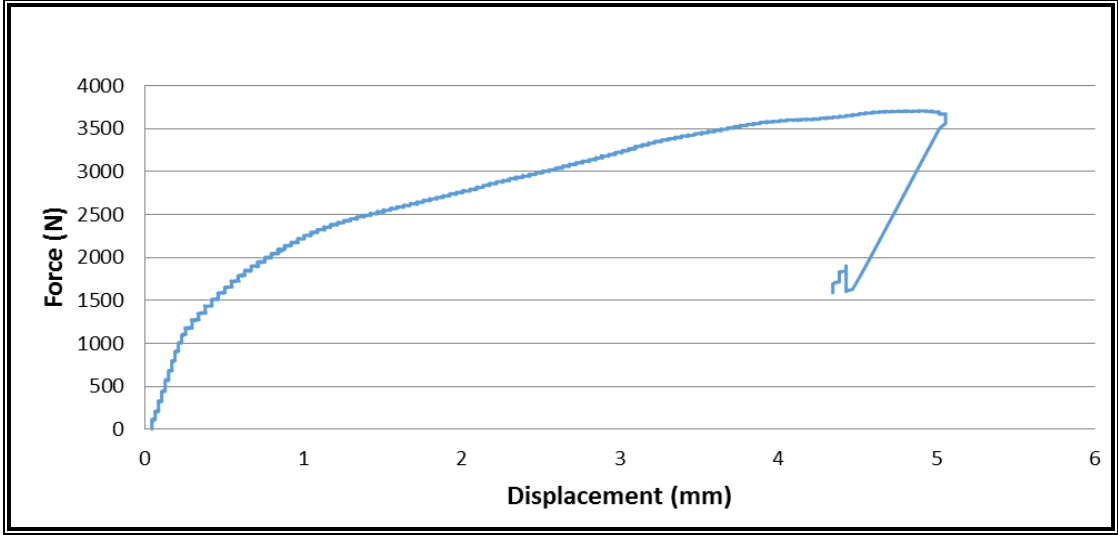


Resim 8: Kablo grubunda fragmanın proksimal migrasyonu (A) ve serkalj grubunda tellerin kopması sonucu failure (B)

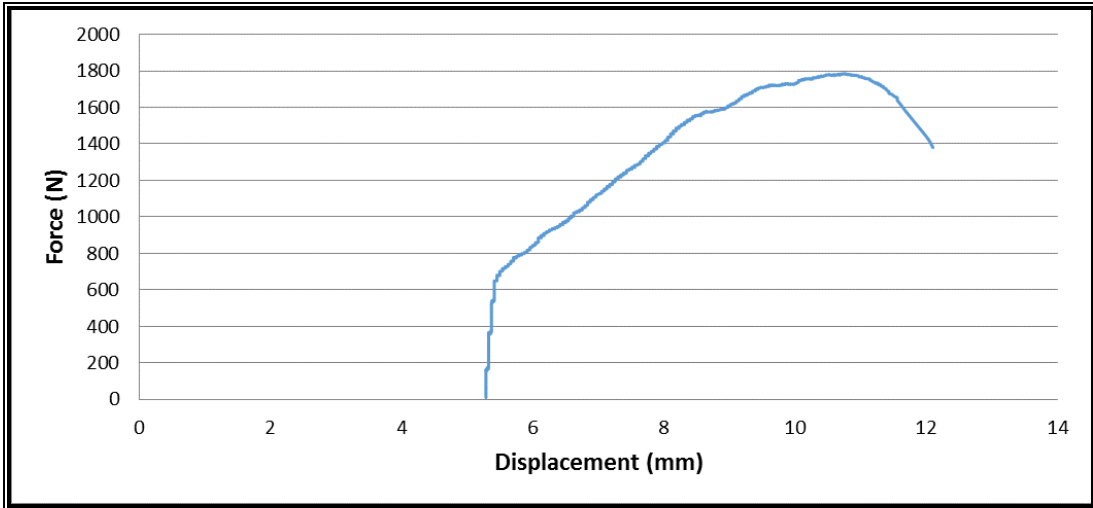
Gruplar arası yetmezlik kuvvetlerinde Mann-Whitney U testi ile ikili karşılaştırma yapıldığında grup 1 ile grup 2 arasında ($p<0.001$), grup 2 ile grup 3 ($p<0.001$) ve grup 1 ile grup 3 arasında anlamlı fark olduğu görüldü ($p<0.001$) . Üç grubun birbirleri ile karşılaştırılmasında ise Kruskal –Wallis testi kullanılmış ve anlamlı fark olduğu görülmüştür ($p<0.001$). İstatistiksel anlamlılık için $p<0,05$ olarak kabul edilmiştir.

Kanüllü vida ile tespitin diğer gruplara göre çok daha stabil olduğu ve kablo ile tespitin de serkalj teli ile tespite göre anlamlı derecede stabil olduğu görülmüştür. Ancak dinamik yüklenme sonucunda hiçbir örnekte yetmezlik gerçekleşmemesi üç tespit yönteminde de yeterli stabilite sağlandığını göstermiştir.

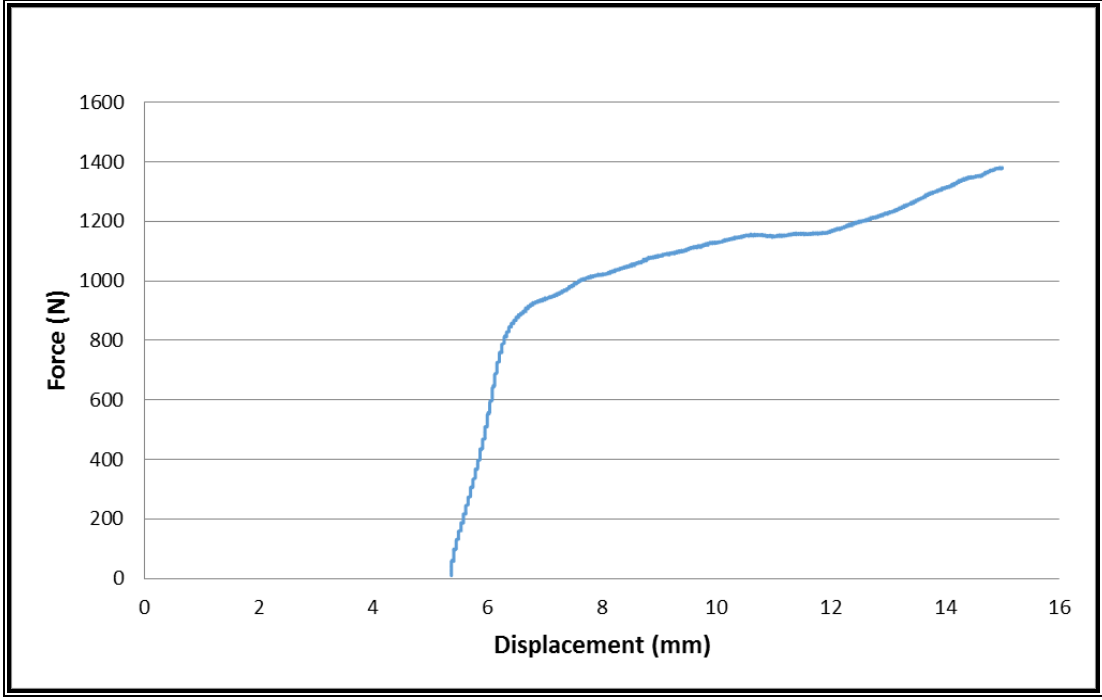
Hipotezimiz kanüllü vidanın daha stabil tespit sağladığının gösterilmesi ile çürütülmüştür.



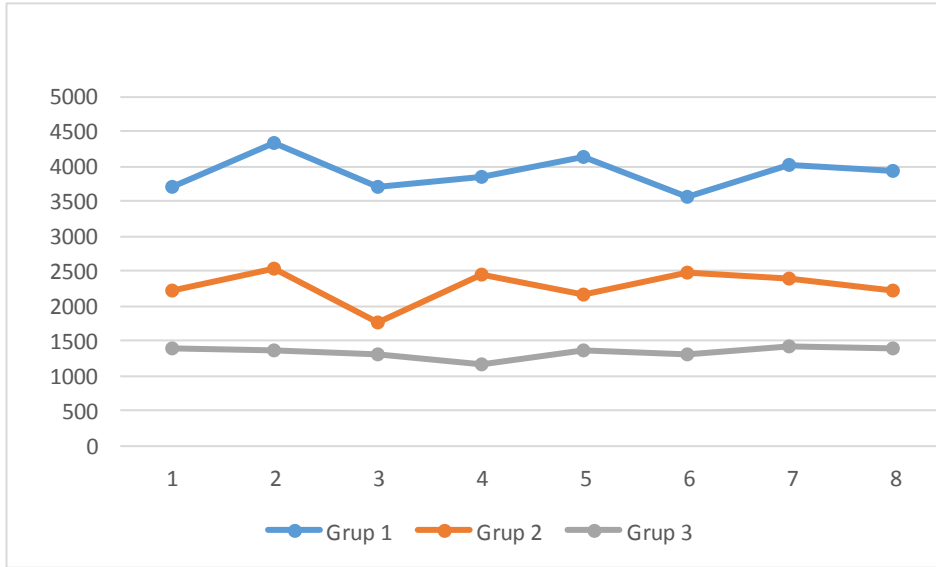
Şekil 21: Vida ile tespit (grup 1) kuvvet-yer değiştirme eğrisi



Şekil 22: Kablo ile tespit (grup 2) kuvvet –deplasman eğrisi



Şekil 23: Serklaj ile tespit (grup 3) kuvvet – deplasman eğrisi



Şekil 24: Grupların failure load değerlerinin grafiksel görünümü

Tablo 2: Örneklerin Kemik Mineral Yoğunluğu (BMD) ve Osteotomi ile ilgili veriler

Grup	Örnek	BMD(g/cm ²)	Osteotomi uzunluğu(mm)	Fragmanın kalınlığı (mm)	Failure load (Newton)
1	1	2.212	121	23	3698
1	2	2.337	127	25	4331
1	3	1.914	133	21	3711
1	4	2.107	117	24	3857
1	5	2.319	123	24	4136
1	6	2.044	132	22	3569
1	7	2.291	129	25	4015
1	8	1.973	134	20	3945
2	1	2.314	122	24	2217
2	2	2.078	130	20	2530
2	3	2.285	125	23	1764
2	4	2.301	115	23	2441
2	5	2.107	131	25	2163
2	6	2.192	129	22	2472
2	7	2.401	127	24	2382
2	8	2.283	120	20	2227
3	1	2.309	117	22	1385
3	2	2.116	123	23	1368
3	3	2.271	134	23	1307
3	4	2.163	131	21	1173
3	5	2.094	122	24	1357
3	6	1.958	119	20	1298
3	7	2.129	121	22	1407
3	8	2.321	130	22	1382

7. TARTIŞMA

Primer veya revizyon total diz artroplastisinde (TDA) ekstansiyon kontraktürüne bağlı yapılan cerrahi yaklaşımlarda ve patellofemoral dizilim bozukluğu cerrahisinde tibial tüberkül osteotomisi (TTO) açılım sırasında yardımcı bir prosedür olarak tanımlanmıştır. Bazı primer diz artroplastisi vakaları için minimal invazif teknikler tanımlanmış olsa da revizyon diz artroplastisinde bu mümkün olmamaktadır(82-86). Ekstansiyon kontraktürü olan dizler için geleneksel yaklaşımlar kuadriseps snip, femoral peel, medial kollateral gevşetme, V-Y kuadrisepsplasti ve modifikasyonlarını içerir. Tüm bu tekniklerde başarılı sonuçlar bildirilmiştir ancak yüksek oranda artrofibrozis, ekstansiyon kısıtlılığı, güçsüzlük, patellofemoral uyum bozukluğu, yara yeri iyileşme problemleri (cilt nekrozu vb) ve devaskülarizasyon sonucu patella avasküler nekrozu görülebilmektedir(1, 3, 87). Tibial tüberkül osteotomisi tüm bu komplikasyonlardan korunmak ve daha iyi bir cerrahi yaklaşım sunmak amacı ile geliştirilmiştir. Teknik artroplasti alanında esas poplaritesini Whiteside tarafından kullanılmaya başlanması ile kazanmıştır(9, 22).

Litaratürde birçok yazar tarafından TTO özellikle de revizyon diz artroplastisi ve patellofemoral dizilim bozukluğu için iyi bir seçenek olarak gösterilmiştir(8, 9, 19, 72, 85, 86). Geniş cerrahi yaklaşım imkanı, komponent yerleşiminin kolay olması, düşük periprostetik kırık riski, patella ve kuadriseps tendon beslenmesini bozmaması ve daha güçlü olan kemik-kemik iyileşmesine olanak tanınması tekniğin başlıca kazanımlarıdır(9). Teknik aynı zamanda tibia medullasından çimentonun daha rahat çıkarılmasına ve rahat greftleme imkanı da sunar. Wolf tibial tüberkül osteotomisi ile yaptığı 25 vakalık diz artroplastisi serisinde hastaların %77'sinde tam kaynama elde etmiştir(8). Whiteside ve Ohl TTO'ni kullanıkları ve %54'ü revizyon TDA olan 71 vakalık serilerinde istisnasız tüm hastalarda yeterli kaynama olduğunu bildirmişlerdir (22). Burki ve ark. ise 51 vakalık TDA serilerinde günümüzde özellikle valgus deformitesi olan dizlerde tercih edilen lateral yaklaşım ile birlikte tüberkül osteotomisini kullanmışlar ve %88 oranında iyi ve mükemmel sonuç bildirmişler(72). Mendes, TTO ile revizyon total diz artroplastisi yapılan 64 hastayı retrospektif olarak incelemiş 59 hastada mükemmel kaynama olduğunu bildirmiştir(81). Van den Broek step-cut TTO yardımı ile yapılan 39 vakalık revizyon diz artroplastisi vakasını

retrospektif olarak incelemiş 36 hastada (%92,3) tam kaynama elde ettiklerini göstermiştir(86).

Gerek ekstansiyon kontraktürü olan dizlerde gerekse de patellofemoral dizilim bozukluğu için ekstansör mekanizmanın mobilize edilmesi daha konforlu cerrahi imkanı sunmasına rağmen nonunion, tibia kırığı ve ekstansiyon kısıtlılığı başta olmak üzere birçok komplikasyon rapor edilmiştir(4-8, 88). Bu komplikasyonlar arasında en çok korkulanan patellar tendon rüptürü ve çevre yumuşak doku hasarı sonucu avasküler nekroz gelişmesidir(2, 4, 5, 7, 82, 88-90). Patellar tendon rüptürü kısmi ya da tam olabilir. En önemli risk faktörleri eklem sertliği, geçirilmiş cerrahi (TTO, patellofemoral realignment, proksimal tibial osteotomi, revizyon TDA vb.), enfeksiyon sekeli, patella infera ve obezitedir(2, 89, 91-95). Patellar tendon rüptürü için risk oluşturan komorbiditeler arasında ise inflamatuvar eklem hastalıkları, diyabet, hipertroidi, lupus, uzun süreli steroid kullanımı, kronik böbrek yetmezliği ve tekrarlayan steroid enjeksiyonları yer alır(89, 91, 92, 95-97). Schoderbek yaptığı literatür taramasında diz artroplastisinde ekstansör mekanizma yaralanma oranını %0.17 ile %2.5 arasında bulmuştur(91). Rand, diz artroplastisi sonrası patellar tendon rüptüre %0.17 oranında rastlarken, Papalia ve ark.'ı bu oranın %1 dolayında olduğunu bildirmişlerdir(2, 98). Wolf romatoid artrit varlığın da hem patellar tendon rüptürü hem de diğer komplikasyonların görülme sıklığının arttığını ve bu oranın %50 dolayında olduğunu bildirmiştir(8) . Biz çalışmamızda siklik yüklenmelerde rüptüre rastlamazken, statik yüklenme fazında sadece kanüllü vida ile tespit grubundaki 1 örnekte (%4,1) parsiyel tendon rüptürüne rastladık.

Tüberkül osteotomisi sonrası kaynamama/geç kaynama, tüberkülün kırılması ve proksimal tibia/şaft kırığı oranı yaklaşık %3.3 olarak bildirilmiştir(88). Kemiksel komplikasyon sıklığı hastaya (yaş, osteoporoz, komorbiditeler, geçirilmiş cerrahi) ve cerrahi tekniğe (fiksasyon yöntemi, osteotominin derinliği, uzunluğu ve postoperatif rahabilitasyon) bağlı olarak değişmektedir(26). TTO sonrası yetersiz iyileşmeye bağlı tekrar operasyon oranı % 0-6,6 arasında değişmektedir(14, 19, 59). Geç kaynama daha sık görülürken, kaynamama nadirdir ve sadece erişkin hastalarda bildirilmiştir(5, 99). Wolf ve ark. tarafından TTO'ne sekonder genel komplikasyon oranı %23 olarak verilmiş ve bunların %12'sinde yetersiz tespit ve kısa fragman varlığı suçlanmıştır(8). Tüberkül fragmanının 3 cm den daha kısa olması durumunda yeterli tespit yapılamayacağını savunmuşlardır(8) . Bu çalışmadan yaklaşık bir yıl sonra ise Whiteside ve Ohl 80-100 mm uzunluk, 20 mm kalınlık ve 20 mm genişlikte yaptıkları osteotomide daha iyi sonuçlar bildirmişlerdir(22). Özellikle postoperatif kaynamama

riskini azaltmak amacı ile osteotomi yüzeyinin geniş tutulması ve tüberkül çevresindeki yumuşak dokuya minimal hasar verilmesi gerektiği savunulmuştur(9, 100). Luhmann ve ark. patellofemoral instabilite cerrahisinde TTO sonrası tibia şaft kırığına %5,9 oranında rastlamışlardır. Stetson ve ark. nın yaptığı 234 vakalık en geniş seride ise % 2,6 oranında proksimal tibia kırığına rastladıklarını bildirmişlerdir(88). Biz de çalışmamızda osteotomimizi Whiteside ve Ohl' un tarif ettiğine benzer şekilde osteotomi kalınlığı en az 2 cm ve uzunluk en az 12 cm olacak şekilde yaptık. Deneyler sonucunda hiçbir örnekte tüberkül ya da tibial kırığa rastlamadık.

Cilt nekrozu hem TDA hem de tibiyanın anteriora kaydırıldığı Maquet prosedüründe en çok korkulan komplikasyonlardandır ve en önemli risk faktörleri ise aynı dizden geçirilmiş cerrahiye bağlı multiple skar varlığı, malnütrisyon, diabet, ileri derecede ekstansiyon kontraktürü ve periferel dolaşım bozukluğudur(82, 87, 101-103). Ries, TDA sonrası cilt nekrozu nedeni ile opere edilen 9 hastanın 8'inde predispozan faktör olduğunu bildirmiştir(87). Maquet osteotomisi sonrası yara yeri problemleri %37 ye varan sıklıkta görülebilmektedir(104).

Proksimal migrasyon patella alta ve sıkışmaya neden olduğu için osteotominin şeklinde ve tespitinde dikkatli olunmalıdır. Migrasyonun engellenmesi amacı ile step-cut osteotomi tercih edilerek basamak bariyer olarak kullanılabilir(81). Van den Brouk step-cut TTO yardımı ile yapılan 39 vakalık revizyon diz artroplastisini retrospektif olarak incelemiş ve sadece 2 vakada proksimal migrasyona rastlamıştır(86). Ancak proksimal migrasyon amaçlanan sıkı dizlerde stabil fiksasyon ve impingement açısından dikkatli olunmalıdır. Zonnenberg yaptığı literatür taraması sonucu TTO kullanılarak yapılan 823 TDA vakasının 18'inde proksimal migrasyon görüldüğünü bildirmiştir(105). Biz çalışmamızda vida ile tespit edilen örneklerin hiç birinde proksimal migrasyona rastlamazken, ön yükleme sonrası kablo ile tespit grubunda (grup 2) ortalama 2,4 mm, serklaj ile tespit grubunda (grup 3)ise ortalama 4 mm süperior migrasyon gerçekleştiğini gördük.

Bu komplikasyonların büyük çoğunluğu TT'nin yeterli fiksasyonu ile önlenir. TTO sonrası tespit için birçok yöntem(serklaj, tek ya da bikortikal vida, staple, absorbable suture vb) tarif edilmiştir(9, 59, 72, 73, 106-116). Literatürde mevcut bilgiler ışığında TTO sonrası en sık tercih edilen tespit metodunun kanüllü vida olduğu görülür(8, 9, 21, 106). Postoperatif dönemde erken eklem hareket açıklığı egzersizlerine başlanması ve komplikasyon oranının en aza indirilmesi amacı ile TTO sonrası mümkün olan en stabil tespit yöntemi kullanılmalıdır.

Literatürde tespit materyallerini kıyaslayan çok az çalışma mevcuttur(68, 69). Biyomekanik çalışmalar sonrası tespit için iki ya da üç vida ya da serklajın yeterli olduğu gösterilmiştir(68, 69). Davis ve Caldwell insan kadavrasında yaptıkları biyomekanik çalışma ile TTO sonrası vida ya da serklaj ile tespitin güvenli bir metod olduğunu ancak serklajın vida ile tespit kadar stabil olmadığını göstermişlerdir(68, 69). Revizyon diz artroplastisinde gerek vida ve gerekse kablo-serklaj ile tespitte kemik kaybının önüne geçilmiş olur(21). Vida ile tespit en stabil fiksasyon metodu olmasına rağmen proksimal tibial defekt ya da kortikal kemiğin zayıf olması, tibial stem kullanımı ve fragmanın çok ince olduğu durumlarda kullanımı zordur. Ayrıca tibial stem kullanılması durumunda vida ile tespit oldukça güç olmaktadır.

Biz de çalışmamızın sonunda her üç tespit yönteminde postoperatif rehabilitasyon göz önüne alındığında yeterli stabiliteyi sağladığını gördük. Ancak yetmezlik kuvveti ve deplasman miktarı göz önüne alındığında kanüllü vida ile tespit çok daha başarılı bulunmuştur. Bu stabilite vidanın doğrudan fragmanı tibia proksimaline tespit etmesi ve bükülmeye karşı yüksek direnci ile açıklanabilir. Kablo ile tespitin serklaj ile tespite göre daha stabil bir fiksasyon metodu olduğunu gösterdik.

Çalışmanın limitasyonları arasında klinik çalışma olmaması ve bu nedenle kanama miktarı, yumuşak doku hasarı ve yara iyileşmesinin değerlendirilememesi, kaynamanın değerlendirilememesi, dana dizi kullanılması sayılabilir. Dana dizleri revizyon diz cerrahisi için optimal bir örnek olmamasına rağmen biz patellar tendona binen siklik dinamik ve statik aksiyel yükler ile üç tekniği karşılaştırdık. Ancak bu çalışmaların klinik olarak desteklenmeye ihtiyacı vardır.

8. SONUÇ

Bu çalışmanın sonucunda karşılaştırılan güncel tespit yöntemlerinin üçünde de yeterli stabilite sağlandığı gösterilmiştir. Ancak özellikle patellofemoral dizilim cerrahisi ve kemik defektinin olmadığı, erken postoperatif rehabilitasyon amaçlanan hastalarda en stabil tespit materyali olduğunu gösterdiğimiz kanüllü vidanın kullanımını öneriyoruz.

9. KAYNAKLAR

1. Barrack RL, Smith P, Munn B, Engh G, Rorabeck C. The Ranawat Award. Comparison of surgical approaches in total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research*. 1998(356):16-21.
2. Rand JA, Morrey BF, Bryan RS. Patellar tendon rupture after total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research*. 1989(244):233-8.
3. Trousdale RT, Hanssen AD, Rand JA, Cahalan TD. V-Y quadricepsplasty in total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research*. 1993(286):48-55.
4. Bellemans J, Cauwenberghs F, Brys P, Victor J, Fabry G. Fracture of the proximal tibia after Fulkerson anteromedial tibial tubercle transfer. A report of four cases. *The American journal of sports medicine*. 1998;26(2):300-2.
5. Cosgarea AJ, Freedman JA, McFarland EG. Nonunion of the tibial tubercle shingle following Fulkerson osteotomy. *The American journal of knee surgery*. 2001;14(1):51-4.
6. Fulkerson JP. Fracture of the proximal tibia after Fulkerson anteromedial tibial tubercle transfer. A report of four cases. *The American journal of sports medicine*. 1999;27(2):265.
7. Ritter MA, Carr K, Keating EM, Faris PM, Meding JB. Tibial shaft fracture following tibial tubercle osteotomy. *The Journal of arthroplasty*. 1996;11(1):117-9.
8. Wolff AM, Hungerford DS, Krackow KA, Jacobs MA. Osteotomy of the tibial tubercle during total knee replacement. A report of twenty-six cases. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1989;71(6):848-52.
9. Whiteside LA. Exposure in difficult total knee arthroplasty using tibial tubercle osteotomy. *Clinical orthopaedics and related research*. 1995(321):32-5.
10. Hauser ED. Total tendon transplant for slipping patella: a new operation for recurrent dislocation of the patella. 1938. *Clinical orthopaedics and related research*. 2006;452:7-16.
11. DeCesare WF. Late results of Hauser procedure for recurrent dislocation of the patella. *Clinical orthopaedics and related research*. 1979(140):137-44.
12. Juliusson R, Markhede G. A modified Hauser procedure for recurrent dislocation of the patella. A long-term follow-up study with special reference to osteoarthritis. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 1984;103(1):42-6.
13. Dougherty J, Wirth CR, Akbarnia BA. Management of patellar subluxation. A modification of Hauser's technique. *Clinical orthopaedics and related research*. 1976(115):204-8.
14. Cox JS. Evaluation of the Roux-Elmslie-Trillat procedure for knee extensor realignment. *The American journal of sports medicine*. 1982;10(5):303- 10.
15. Maquet P. Advancement of the tibial tuberosity. *Clinical orthopaedics and related research*. 1976(115):225-30.
16. Maquet P. Mechanics and osteoarthritis of the patellofemoral joint. *Clinical orthopaedics and related research*. 1979(144):70-3.
17. Rue JP, Colton A, Zare SM, Shewman E, Farr J, Bach BR, Jr., et al. Trochlear contact pressures after straight anteriorization of the tibial tuberosity. *The American journal of sports medicine*. 2008;36(10):1953-9.
18. Fulkerson JP, Becker GJ, Meaney JA, Miranda M, Folcik MA. Anteromedial tibial tubercle transfer without bone graft. *The American journal of sports medicine*. 1990;18(5):490-6; discussion 6-7.
19. Fulkerson JP. Anteromedialization of the tibial tuberosity for patellofemoral malalignment. *Clinical orthopaedics and related research*. 1983(177):176-81.
20. Dolin MG. Osteotomy of the tibial tubercle in total knee replacement. A technical note. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1983;65(5):704-6.
21. Dolin MG. Osteotomy of the tibial tubercle during total knee replacement. A report of twenty-six cases. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1990;72(5):790.
22. Whiteside LA, Ohl MD. Tibial tubercle osteotomy for exposure of the difficult total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research*. 1990(260):6-9.
23. Moore KL PT. Klinik Yönleri ile İnsan Embriyolojisi. 1.baskı ed. Yıldırım M Oİ, Dalkıç H., editor. İstanbul: Nobel Tıp Kitapevi; 2002.
24. P. ÖÜK. Diz Embriyolojisi 1998.
25. SCOTT WN. Insall and Scott Surgery of the Knee. Fifth edition ed. Scott WN, editor. Philadelphia: ELSEVIER; 2012.
26. Luhmann SJ, Fuhrhop S, O'Donnell JC, Gordon JE. Tibial fractures after tibial tubercle osteotomies for patellar instability: a comparison of three osteotomy configurations. *Journal of children's orthopaedics*. 2011;5(1):19-26.

27. Mow VC FE, Ateshian GA. Orthopaedic

Basic Science. 2nd edition ed. Buckwalter JA ET, Simon SR, editor. Rosemont American Academy of

Orthopaedic Surgeons; 2000.

28. Johannsen AM, Civitarese DM, Padalecki JR, Goldsmith MT, Wijdicks CA, LaPrade RF. Qualitative and quantitative anatomic analysis of the posterior root attachments of the medial and lateral menisci. *The American journal of sports medicine*. 2012;40(10):2342-7.
29. Clark CR, Ogden JA. Development of the menisci of the human knee joint. Morphological changes and their potential role in childhood meniscal injury. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1983;65(4):538-47.
30. Dandy DJ. The arthroscopic anatomy of symptomatic meniscal lesions. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 1990;72(4):628-33.
31. Chahla J, Dean CS, Moatshe G, Mitchell JJ, Cram TR, Yacuzzi C, et al. Meniscal Ramp Lesions: Anatomy, Incidence, Diagnosis, and Treatment. *Orthopaedic journal of sports medicine*. 2016;4(7):2325967116657815.
32. Unterhauser FN, Bail HJ, Hoher J, Haas NP, Weiler A. Endoligamentous revascularization of an anterior cruciate ligament graft. *Clinical orthopaedics and related research*. 2003(414):276-88.
33. Peterson JR, Krabak BJ. Anterior cruciate ligament injury: mechanisms of injury and strategies for injury prevention. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2014;25(4):813-28.
34. Hozack WJ, Goll SR, Lotke PA, Rothman RH, Booth RE, Jr. The treatment of patellar fractures after total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research*. 1988(236):123-7.
35. France L, Nester C. Effect of errors in the identification of anatomical landmarks on the accuracy of Q angle values. *Clinical biomechanics*. 2001;16(8):710-3.
36. Freedman BR, Brindle TJ, Sheehan FT. Re-evaluating the functional implications of the Q-angle and its relationship to in-vivo patellofemoral kinematics. *Clinical biomechanics*. 2014;29(10):1139-45.
37. Freedman BR, Sheehan FT. Predicting three-dimensional patellofemoral kinematics from static imaging-based alignment measures. *Journal of orthopaedic research : official publication of the Orthopaedic Research Society*. 2013;31(3):441-7.
38. Gardner E. The innervation of the knee joint. *The Anatomical record*. 1948;101(1):109-30.
39. Kennedy JC, Alexander IJ, Hayes KC. Nerve supply of the human knee and its functional importance. *The American journal of sports medicine*. 1982;10(6):329-35.
40. Scapinelli R. Vascular anatomy of the human cruciate ligaments and surrounding structures. *Clin Anat*. 1997;10(3):151-62.
41. Arnoczky SP. Blood supply to the anterior cruciate ligament and supporting structures. *The Orthopedic clinics of North America*. 1985;16(1):15-28.
42. Hsieh HH, Walker PS. Stabilizing mechanisms of the loaded and unloaded knee joint. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1976;58(1):87-93.
43. Kaplan EB. Factors responsible for the stability of the knee joint. *Bull Hosp Joint Dis*. 1957;18(1):51-9.
44. Markolf KL, Mensch JS, Amstutz HC. Stiffness and laxity of the knee--the contributions of the supporting structures. A quantitative in vitro study. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1976;58(5):583-94.
45. Welsh RP. Knee joint structure and function. *Clinical orthopaedics and related research*. 1980(147):7-14.
46. Misra AN, Hussain MR, Fiddian NJ, Newton G. The role of the posterior cruciate ligament in total knee replacement. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 2003;85(3):389-92.
47. Matsuda Y, Ishii Y, Noguchi H, Ishii R. Varus-valgus balance and range of movement after total knee arthroplasty. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 2005;87(6):804-8.
48. S.Terry Canale JHB. *Campbell's operative Orthopedics*. S.Terry Canale JHB, editor: Elsevier; 2011.
49. Aglietti P GF, Cuomo P. *Disorders of patellofemoral joint*. New York: Churhill Livingstone; 2006.
50. Hungerford DS, Barry M. Biomechanics of the patellofemoral joint. *Clinical orthopaedics and related research*. 1979(144):9-15.
51. Mihalko WM, Boachie-Adjei Y, Spang JT, Fulkerson JP, Arendt EA, Saleh KJ. Controversies and techniques in the surgical management of patellofemoral arthritis. *Instructional course lectures*. 2008;57:365-80.
52. Krettek C, Schandelmaier P, Miclau T, Tschernke H. Minimally invasive percutaneous plate osteosynthesis (MIPPO) using the DCS in proximal and distal femoral fractures. *Injury*. 1997;28 Suppl 1:A20-30.
53. Insall J. A midline approach to the knee. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1971;53(8):1584-6.

54. Wishart M, Arnold MP, Huegeli RW, Amsler F, Friederich NF, Hirschmann MT. Anterolateral approach using tibial tubercle osteotomy for total knee arthroplasty: can we predict failure? *International orthopaedics*. 2012;36(12):2485-90.
55. Hay GC, Kampshoff J, Kuster MS. Lateral subvastus approach with osteotomy of the tibial tubercle for total knee replacement: a two-year prospective, randomised, blinded controlled trial. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 2010;92(6):862-6.
56. Clarke HD. Tibial tubercle osteotomy. *The journal of knee surgery*. 2003;16(1):58-61.
57. Halder AM. [Tibial tubercle osteotomy]. *Operative Orthopädie und Traumatologie*. 2012;24(2):85-94.
58. Payne J, Rimmke N, Schmitt LC, Flanigan DC, Magnussen RA. The Incidence of Complications of Tibial Tubercle Osteotomy: A Systematic Review. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*. 2015;31(9):1819-25.
59. Naranja RJ, Jr., Reilly PJ, Kuhlman JR, Haut E, Torg JS. Long-term evaluation of the Elmslie-Trillat-Maquet procedure for patellofemoral dysfunction. *The American journal of sports medicine*. 1996;24(6):779-84.
60. Shelbourne KD, Porter DA, Rozzi W. Use of a modified Elmslie-Trillat procedure to improve abnormal patellar congruence angle. *The American journal of sports medicine*. 1994;22(3):318-23.
61. Cohen ZA, Henry JH, McCarthy DM, Mow VC, Ateshian GA. Computer simulations of patellofemoral joint surgery. Patient-specific models for tuberosity transfer. *The American journal of sports medicine*. 2003;31(1):87-98.
62. Dejour H, Walch G, Nove-Josserand L, Guier C. Factors of patellar instability: an anatomic radiographic study. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 1994;2(1):19-26.
63. Ward SR, Terk MR, Powers CM. Patella alta: association with patellofemoral alignment and changes in contact area during weight-bearing. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2007;89(8):1749-55.
64. Ward SR, Terk MR, Powers CM. Influence of patella alta on knee extensor mechanics. *Journal of biomechanics*. 2005;38(12):2415-22.
65. Servien E, Verdonk PC, Neyret P. Tibial tuberosity transfer for episodic patellar dislocation. *Sports medicine and arthroscopy review*. 2007;15(2):61-7.
66. Yin L, Liao TC, Yang L, Powers CM. Does Patella Tendon Tenodesis Improve Tibial Tubercle Distalization in Treating Patella Alta? A Computational Study. *Clinical orthopaedics and related research*. 2016.
67. J. F. *Techniques in knee surgery 2*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2003.
68. Caldwell PE, Bohlen BA, Owen JR, Brown MH, Harris B, Wayne JS, et al. Dynamic confirmation of fixation techniques of the tibial tubercle osteotomy. *Clinical orthopaedics and related research*. 2004(424):173-9.
69. Davis K, Caldwell P, Wayne J, Jiranek WA. Mechanical comparison of fixation techniques for the tibial tubercle osteotomy. *Clinical orthopaedics and related research*. 2000(380):241-9.
70. Abbas AM, Williams RL, Khan WS, Ghandour A, Morgan-Jones RL. Tibial Crest Osteotomy in Extensile Knee Exposure-A Modified, Low-Energy, Suture Technique. *The Journal of arthroplasty*. 2016;31(2):383-8.
71. Le Moulec YP, Bauer T, Klouche S, Hardy P. Tibial tubercle osteotomy hinged on the tibialis anterior muscle and fixed by circumferential cable cerclage in revision total knee arthroplasty. *Orthopaedics & traumatology, surgery & research : OTSR*. 2014;100(5):539-44.
72. Burki H, von Knoch M, Heiss C, Drobny T, Munzinger U. Lateral approach with osteotomy of the tibial tubercle in primary total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research*. 1999(362):156-61.
73. Maruyama M. Tibial tubercle osteotomy in revision total knee arthroplasty. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*. 1997;116(6-7):400-3.
74. Bessette GC, Hunter RE. The Maquet procedure. A retrospective review. *Clinical orthopaedics and related research*. 1988(232):159-67.
75. Ebinger TP, Boezaart A, Albright JP. Modifications of the Fulkerson osteotomy: a pilot study assessment of a novel technique of dynamic intraoperative determination of the adequacy of tubercle transfer. *The Iowa orthopaedic journal*. 2007;27:61-4.
76. Klecker RJ, Winalski CS, Aliabadi P, Minas T. The aberrant anterior tibial artery: magnetic resonance appearance, prevalence, and surgical implications. *The American journal of sports medicine*. 2008;36(4):720-7.
77. Mendes DG, Soudry M, Iusim M. Clinical assessment of Maquet tibial tuberosity advancement. *Clinical orthopaedics and related research*. 1987(222):228-38.
78. Silvello L, Scarponi R, Guazzetti R, Bianchetti M, Fiore AM. Tibial tubercle advancement by the Maquet technique for patellofemoral arthritis or chondromalacia. *Italian journal of orthopaedics and traumatology*. 1987;13(1):37-44.
79. Wiggins HE. The anterior tibial compartmental syndrome. A complication of the Hauser procedure. *Clinical orthopaedics and related research*. 1975(113):90-4.

80. Fox AJ, Wanivenhaus F, Rodeo SA. The basic science of the patella: structure, composition, and function. *The journal of knee surgery*. 2012;25(2):127-41.
81. Mendes MW, Caldwell P, Jiranek WA. The results of tibial tubercle osteotomy for revision total knee arthroplasty. *The Journal of arthroplasty*. 2004;19(2):167-74.
82. Della Valle CJ, Berger RA, Rosenberg AG. Surgical exposures in revision total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research*. 2006;446:59-68.
83. King J, Stamper DL, Schaad DC, Leopold SS. Minimally invasive total knee arthroplasty compared with traditional total knee arthroplasty. Assessment of the learning curve and the postoperative recuperative period. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2007;89(7):1497-503.
84. Berger RA, Deirmengian CA, Della Valle CJ, Paprosky WG, Jacobs JJ, Rosenberg AG. A technique for minimally invasive, quadriceps-sparing total knee arthroplasty. *The journal of knee surgery*. 2006;19(1):63-70.
85. Kelly MA, Clarke HD. Stiffness and ankylosis in primary total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research*. 2003(416):68-73.
86. van den Broek CM, van Hellemond GG, Jacobs WC, Wymenga AB. Step-cut tibial tubercle osteotomy for access in revision total knee replacement. *The Knee*. 2006;13(6):430-4.
87. Ries MD. Skin necrosis after total knee arthroplasty. *The Journal of arthroplasty*. 2002;17(4 Suppl 1):74-7.
88. Stetson WB, Friedman MJ, Fulkerson JP, Cheng M, Buuck D. Fracture of the proximal tibia with immediate weightbearing after a Fulkerson osteotomy. *The American journal of sports medicine*. 1997;25(4):570-4.
89. Lynch AF, Rorabeck CH, Bourne RB. Extensor mechanism complications following total knee arthroplasty. *The Journal of arthroplasty*. 1987;2(2):135-40.
90. Rand JA. Extensor mechanism complications after total knee arthroplasty. *Instructional course lectures*. 2005;54:241-50.
91. Schoderbek RJ, Jr., Brown TE, Mulhall KJ, Mounasamy V, Iorio R, Krackow KA, et al. Extensor mechanism disruption after total knee arthroplasty. *Clinical orthopaedics and related research*. 2006;446:176-85.
92. Nam D, Abdel MP, Cross MB, LaMont LE, Reinhardt KR, McArthur BA, et al. The management of extensor mechanism complications in total knee arthroplasty. *AAOS exhibit selection. The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2014;96(6):e47.
93. Dalury DF, Dennis DA. Extensor mechanism problems following total knee replacement. *The journal of knee surgery*. 2003;16(2):118-22.
94. Parker DA, Dunbar MJ, Rorabeck CH. Extensor mechanism failure associated with total knee arthroplasty: prevention and management. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*. 2003;11(4):238-47.
95. Pagnano MW. Patellar tendon and quadriceps tendon tears after total knee arthroplasty. *The journal of knee surgery*. 2003;16(4):242-7.
96. Dobbs RE, Hanssen AD, Lewallen DG, Pagnano MW. Quadriceps tendon rupture after total knee arthroplasty. Prevalence, complications, and outcomes. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2005;87(1):37-45.
97. Booth R, Jr. Extensor allograft: the consummate treatment for extensor disruption after total knee arthroplasty. Commentary on an article by Nicholas M. Brown, MD, et al.: "Extensor mechanism allograft reconstruction for extensor mechanism failure following total knee arthroplasty". *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 2015;97(4):e25.
98. Papalia R, Vasta S, D'Adamio S, Albo E, Maffulli N, Denaro V. Complications involving the extensor mechanism after total knee arthroplasty. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA*. 2015;23(12):3501-15.
99. Arredondo J, Worland RL, Jessup DE. Nonunion after a tibial shaft fracture complicating tibial tubercle osteotomy. *The Journal of arthroplasty*. 1998;13(8):958-60.
100. Chalidis BE, Ries MD. Does repeat tibial tubercle osteotomy or intramedullary extension affect the union rate in revision total knee arthroplasty? A retrospective study of 74 patients. *Acta orthopaedica*. 2009;80(4):426-31.
101. Windsor RE, Insall JN, Vince KG. Technical considerations of total knee arthroplasty after proximal tibial osteotomy. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1988;70(4):547-55.
102. Kim YH, Cho SH, Kim JS. Total knee arthroplasty in bony ankylosis in gross flexion. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 1999;81(2):296-300.
103. Greene KA, Wilde AH, Stulberg BN. Preoperative nutritional status of total joint patients. Relationship to postoperative wound complications. *The Journal of arthroplasty*. 1991;6(4):321-5.
104. Kadambande SS, Auyeung J, Ghandour A, Mintowt-Czyz W. A review of wound healing following Maquet osteotomy. *The Knee*. 2004;11(6):463-7.

105. Zonnenberg CB, Lisowski LA, van den Bekerom MP, Nolte PA. Tuberositas osteotomy for total knee arthroplasty: a review of the literature. *The journal of knee surgery*. 2010;23(3):121-9.
106. Whiteside LA. Exposure options in the difficult knee. *Orthopedics*. 2001;24(9):895-6.
107. Ries MD, Richman JA. Extended tibial tubercle osteotomy in total knee arthroplasty. *The Journal of arthroplasty*. 1996;11(8):964-7.
108. Brown DE, Alexander AH, Lichtman DM. The Elmslie-Trillat procedure: evaluation in patellar dislocation and subluxation. *The American journal of sports medicine*. 1984;12(2):104-9.
109. Koeter S, Diks MJ, Anderson PG, Wymenga AB. A modified tibial tubercle osteotomy for patellar maltracking: results at two years. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 2007;89(2):180-5.
110. Scuderi G, Cuomo F, Scott WN. Lateral release and proximal realignment for patellar subluxation and dislocation. A long-term follow-up. *The Journal of bone and joint surgery American volume*. 1988;70(6):856-61.
111. Nakagawa K, Wada Y, Minamide M, Tsuchiya A, Moriya H. Deterioration of long-term clinical results after the Elmslie-Trillat procedure for dislocation of the patella. *The Journal of bone and joint surgery British volume*. 2002;84(6):861-4.
112. Williams RM, Dymond JB, Jr. New outpatient treatment of recurrent patellar dislocations. *Orthopaedic review*. 1992;21(11):1329-32.
113. Wootton JR, Cross MJ, Wood DG. Patellofemoral malalignment: a report of 68 cases treated by proximal and distal patellofemoral reconstruction. *Injury*. 1990;21(3):169-73.
114. Bellemans J, Cauwenberghs F, Witvrouw E, Brys P, Victor J. Anteromedial tibial tubercle transfer in patients with chronic anterior knee pain and a subluxation-type patellar malalignment. *The American journal of sports medicine*. 1997;25(3):375-81.
115. van Haeff MJ, Sauter AJ. Tibial fracture after transposition of the tibial tubercle. *Acta orthopaedica Belgica*. 1991;57(3):317-9.
116. Barber FA, McGarry JE. Elmslie-Trillat procedure for the treatment of recurrent patellar instability. *Arthroscopy : the journal of arthroscopic & related surgery : official publication of the Arthroscopy Association of North America and the International Arthroscopy Association*. 2008;24(1):77-81.