



**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI**

ALT EKSTREMİTE UZUN KEMİK DEFECTLERİNDE SEGMENT TRANSPORTU TEDAVİ SONUÇLARIMIZ

UZMANLIK TEZİ

Dr. Mustafa YILDIZ

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Ahmet HARMA

MALATYA-2025



**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
ORTOPEDİ VE TRAVMATOLOJİ ANABİLİM DALI**

ALT EKSTREMİTE UZUN KEMİK DEFEKTLERİNDE SEGMENT TRANSPORTU TEDAVİ SONUÇLARIMIZ

UZMANLIK TEZİ

Dr. Mustafa YILDIZ

ORCID ID: 0000-0001-5890-4043

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Ahmet HARMA

MALATYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
İNGİLİZCE ÖZET	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Tanımlar	2
2.1.1. Osteomyelit.....	2
2.1.2. Ateşli Silah Yaralanmaları.....	3
2.1.3. Travma.....	4
2.1.4. Kas-İskelet Sistemi Tümörleri.....	5
2.2. Anatomi	8
2.2.1. Kururis Anatomisi	8
2.2.2. Uyluk Anatomisi	16
2.3. Kaynamama	24
2.3.1. Kaynamama Türleri.....	25
2.3.2. Kaynamamanın Tedavisi	28
2.4. Uzun Kemiklerin Defektleri	30
2.4.1. Kemik Defektlerinin Tedavi Yöntemleri.....	30
2.3. Distraksiyon Osteogenezi	33
2.3.1. Distraksiyon Osteogenezi Tarihçesi	33
2.3.2. Distraksiyon Osteogenezi Cerrahi Prensipleri.....	35
2.3.3. Monolateral Eksternal Fiksatorler	43
2.4. Kortikotomi	45
2.5. Distraksiyon Osteogenezinin Evreleri	47
2.5.1. Latent Evre	47
2.5.2. Distraksiyon Evresi	48
2.5.3. Konsolidasyon Evresi	48
2.6. Distraksiyon Osteogenezinin Başarısını Etkileyen Faktörler	49
2.7. Distraksiyon Osteogenezi Komplikasyonları	50
2.8. Segment Transportu İle Uzun Kemik Defektlerinin Tedavisi.....	53

3. MATERYAL VE METOT	55
3.1. Gereç Ve Yöntem	56
3.2. Cerrahi Teknik	57
3.3. İstatistiksel İncelemeler	58
4. BULGULAR	59
Komplikasyonlar:	65
5. TARTIŞMA	67
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	74
7. KAYNAKLAR	75
8. EKLER	86
EK-1. Etik Kurul Onayı	86



TEŞEKKÜR

Geçirdiğim uzmanlık eğitimi programı boyunca bana desteklerini ve hoşgörüsünü esirgemeyen, tecrübeleriyle bana ışık tutan saygıdeğer hocalarım, Prof. Dr. Kadir Ertem, Prof. Dr. Ahmet Harma, Doç.Dr. Mustafa Karakaplan, Prof. Dr. Reşit Sevimli, değerli abilerim Doç. Dr. Emre Ergen, Doç. Dr. Okan Aslantürk, Dr. Ö. Ü. Dr.Muhammed Köroğlu ve Dr. Ö. Ü. Dr. H. Utku Özdeş'e teşekkürü bir borç bilirim.

Uzmanlık eğitimi süresince birlikte çalıştığım ve çalışırken mutlu hissettiğim asistan abilerime ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Klinikte birlikte çalışma fırsatı bulduğum sağlık memurları, hemşireler, tıbbi sekreterlere ve yardımcı sağlık personellerine sağladıkları keyifli ve huzurlu ortam için teşekkür ederim.

Tezimin yazılması ve düzenlenmesi aşamalarında beni bir başıma bırakmayan tez danışmanı hocam sayın Prof. Dr. Ahmet Harma'ya ayrıca teşekkür ederim.

Zorlu ve yoğun asistanlık dönemi boyunca desteklerini her zaman hissettiğim çok değerli eşim Zeynep'e ve gözümün nuru, zor günlerimde bana huzur veren kızım Göksu Mira'ya teşekkür ederim.

ÖZET

Alt Ekstremitte Uzun Kemik Defektlerinde Segment Transportu Tedavi Sonuçlarımız

Amaç: Uzun kemiklerde travma, tümör, ateşli silah yaralanması veya osteomyelit sonrasında meydana gelen defektlerin tedavisi günümüzde hala zor ve meşakkatli bir süreçten geçmektedir. Kemik defektlerinin tedavisinde birçok yol kullanılmakla beraber, çalışmamızda alt ekstremitte uzun kemiklerinin defektlerinde rezeksiyon sonrası segment transportu ile tedavisi gerçekleştirilen hastaların klinik ve radyolojik sonuçları sunuldu.

Materyal ve Metot: Ocak 2012 ile Mart 2023 yılları arasında İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği'nde alt ekstremitte uzun kemiklerinde osteomyelit, tümör, travma veya ateşli silah yaralanması nedeniyle tedavi edilen hastalara rezeksiyon ve segment transportu tedavisi uygulandı ve bu hastalarda Ilizarov, tek başına LRS ve manyetik çivilerle LRS kombine olarak kullanıldı. Hastaların tedavi süresi, komplikasyonları ve fonksiyonel ve radyolojik sonuçları değerlendirildi.

Bulgular: Uygun şekilde takiplerini tamamlayan 36 hastanın 9'u (%25) kadın, 27'si (%75) erkekti. Hastaların yaş ortalaması 32,5 (12- 69 yıl) idi. Ortalama defekt miktarı 10,3 cm (2,5-20,4 cm) olarak bulundu. Hastaların ortalama kavuşma süresi 12,4 aydı (2-48 ay). Ortalama eksternal fiksator kalış süresi 16,9 aydı (3-68 ay). Hastaların EFI'si ortalama 1,73 ay/cm, CI'si ortalama 1,41 ay/cm olarak hesaplandı. Komplikasyonlar Paley'in komplikasyon derecelendirme sistemine göre yapıldı. Buna göre komplikasyonların 32'si sorun, 46'sı engel, 12'si gerçek minör komplikasyon, 28'i gerçek majör komplikasyonlardı. Hastaların sonuçları ASAMI kemik, ASAMI fonksiyonel, Karlström-Olerud fonksiyonel ve LEFS fonksiyonel skalalarına göre belirlendi. ASAMI kemik skorlaması sonuçları 15 hastada (%41,6) mükemmel, 12 hastada (%33,3) iyi, 7 hastada (%19,4) orta ve 2 hastada (%5,5) kötü olarak bulundu. ASAMI fonksiyonel skorlaması 8 hastada (%22,2) mükemmel, 20 hastada (%55,5) iyi, 4 hastada (%11,1) orta ve 4 hastada (%11,1) kötü sonuçlandı. Karlström-Olerud fonksiyonel sonuçları 8 hastada (%22,2) mükemmel, 12 hastada (%33,3) iyi, 8 hastada (%22,2) tatmin edici, 7 hastada (%19,4) kötü sonuçlandı. LEFS fonksiyonel skorları 3 hastada (%8,3) normal fonksiyon, 25 hastada (%69,4) hafif fonksiyon kaybı, 6 hastada (%16,6) orta şiddette fonksiyon kaybı ve 1 hastada (%2,7) şiddetli fonksiyon kaybı

olarak sonuçlandı. Bir hastada (%2,7) gelişen osteomyelit sonrası yapılan diz altı amputasyon sonucunda bu hasta için tedavi başarısız olarak değerlendirildi.

Sonuç: Alt ekstremité uzun kemiklerinin defektlerinde komplikasyon oranının yüksek olmasına ve tedavi süresinin uzun olmasına rağmen segment transportu yüksek oranda başarılı bir tedavi yöntemidir.

Anahtar Sözcükler: Uzun kemik, kemik defekti, segment transportu, kemik uzatma, distraksiyon osteogenezi



ABSTRACT

Our Segment Transport Treatment Results in Lower Extremity Long Bone Defects

Objective: The treatment of defects in long bones resulting from trauma, tumors, gunshot injuries, or osteomyelitis remains challenging and arduous. Although various approaches are used in the treatment of bone defects, our study presents the clinical and radiological outcomes of patients treated with segmental transport following resection of lower extremity long bone defects.

Materials and Methods: Between January 2012 and March 2023, patients with lower extremity long bone defects due to osteomyelitis, tumors, trauma, or gunshot injuries were treated with resection and segmental transport at Inonu University Turgut Ozal Medical Center's Orthopedics and Traumatology Clinic. Ilizarov, LRS alone, and magnetically controlled nails combined with LRS were utilized in these treatments. The treatment duration, complications, and functional and radiological outcomes were assessed.

Results: Of the 36 patients who completed follow-up, 9 (25%) were female, and 27 (75%) were male, with an average age of 32.5 years (range 12–69 years). The mean defect size was 10.3 cm (range 2.5–20.4 cm), and the average healing time was 12.4 months (range 2–48 months). The mean external fixation duration was 16.9 months (range 3–68 months). The patients' EFI averaged 1.73 months/cm, while the CI averaged 1.41 months/cm. Complications were classified using Paley's complication grading system: 32 issues, 46 obstacles, 12 minor complications, and 28 major complications. Outcomes were evaluated according to the ASAMI bone and functional scores, the Karlström-Olerud functional scale, and the LEFS functional scale. ASAMI bone scoring results were excellent in 15 patients (41.6%), good in 12 (33.3%), fair in 7 (19.4%), and poor in 2 (5.5%). ASAMI functional scoring yielded excellent results in 8 patients (22.2%), good in 20 (55.5%), fair in 4 (11.1%), and poor in 4 (11.1%). According to the Karlström-Olerud functional outcomes, 8 patients (22.2%) had excellent results, 12 (33.3%) had good results, 8 (22.2%) had satisfactory results, and 7 (19.4%) had poor results. LEFS functional scores indicated normal function in 3 patients (8.3%), mild functional loss in 25 (69.4%), moderate functional loss in 6 (16.6%), and severe functional loss in 1 (2.7%). Due to a below-knee amputation following osteomyelitis in 1 patient (2.7%), the treatment was considered unsuccessful in that case.

Conclusion: Despite the high complication rate and prolonged treatment duration, segmental transport remains a highly effective treatment method for long bone defects in the lower extremities.

Keywords: Long bone, bone defect, segment transport, bone lengthening, distraction osteogenesis



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

HBMP	: Human bone morphogenic protein
ASY	: Ateşli silah yaralanması
DSÖ	: Dünya sağlık örgütü
GKS	: Glasgow koma skalası
AIS	: Abbreviated injury scale
ÖÇB	: Ön çapraz bağ
ISS	: Injury severity score
AÇB	: Arka çapraz bağ
RTS	: Revised trauma score
NSAİİ	: Nonsteroid antiinflamatuvar ilaç
İMÇ	: İntrameduller çivi
ASAMI	: Association for the study and application of the methods of Ilizarov
LRS	: Limb reconstruction system
AO	: Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
AP	: Anteroposterior
ML	: Medial-lateral
MO	: Medial-oblik
LO	: Lateral-oblik
DAF	: Dinamik aksiyel fiksator
CBT	: Cable bone transport
PMMA	: Polimetilmetakrilat
LEFS	: Lower extremity severity score
EFI	: External fiksator index
CI	: Consolidation index

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No	Sayfa No
Tablo 2.1. Berbari ve arkadaşları tarafından tanımlanan sık osteomyelit etkenleri.....	3
Tablo 2.2. Kronik osteomyelit için Cierny-Mader evreleme sistemi.	3
Tablo 2.3. Enneking cerrahi sınırları	6
Tablo 2.4. Distraksiyon osteogenezi komplikasyonları.	52
Tablo 4.1. Operasyon sayısına göre fonksiyonel sonuçlar.	60
Tablo 4.2. Yaşa göre fonksiyonel sonuçlar.	60
Tablo 4.3. Operasyon nedenine göre fonksiyonel sonuçlar.	61
Tablo 4.4. Cerrahi şekline göre fonksiyonel sonuçlar.	62
Tablo 4.5. Kemik defekt miktarına göre fonksiyonel sonuçlar.	62
Tablo 4.6. EFI'ye göre fonksiyonel sonuçlar.	63
Tablo 4.7. CI'ye göre fonksiyonel sonuçlar.	63
Tablo 4.8. Kemik transportu yönüne göre EFI ve CI karşılaştırılması.	64
Tablo 4.9. Kemik transport yönüne göre fonksiyonel sonuçlar.	64
Tablo 4.10. Komplikasyonların dağılımı.	66

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
Şekil 2.1. Tibianın anatomik görünümü	9
Şekil 2.2. Kururis ön yüz anatomisi.	12
Şekil 2.3. Kururis arka yüz anatomisi.	13
Şekil 2.4. Sağ femur anatomisi	18
Şekil 2.5. Uyluk ön yüz anatomisi.	22
Şekil 2.6. Uyluk arka yüz anatomisi.....	24
Şekil 2.7. Avasküler kaynamama. A , torsiyon kama tipi kaynamama. B , parçalı kaynamama. C , defektli kaynamama. D , atrofik kaynamama.	27
Şekil 2.8. Hipertrofik kaynamama. A , “fil ayağı kaynamama”. B , “at ayağı kaynamama”. C , “oligotrofik kaynamama”.	28
Şekil 2.9. Ilizarov eksternal fiksator komponentleri.	37
Şekil 2.10. Tibiadan güvenli geçiş bölgeleri	41
Şekil 2.11. Femurdan güvenli geçiş bölgeleri	43
Şekil 2.12. LRS eksternal fiksatorün komponentleri. A , LRS fiksatorün tatbik edilmesi için gerekli komponentler. B , T klemp. C , dönebilen klempler. D , çok yönlü klempler. E , iki katlı klempler.	45
Şekil 2.13. Çoklu delme sonrası osteotom yardımıyla yapılan osteotomi.	47
Şekil 2.14. Gigli testeresi yardımıyla yapılan osteotomi.....	47

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kemik defektleri genel olarak trafik kazası veya ateşli silah yaralanması gibi yüksek enerjili travmalarla meydana gelen üçüncü derece açık kırıklarda görülmektedir. Kemik defekti, travma esnasında veya yapılan debridmanlar sırasında da oluşabilir. Buna ek olarak, enfeksiyon veya tümör nedeniyle yapılan eksizyonlar ve konjenital sebepler dahi kemik defektlerinin meydana gelmesine neden olabilir (1).

Defekli kemik yaralanmalarının yönetimi hasta ve hekim için oldukça zor olup bilgi ve beceri yanında büyük ölçüde sabır gerektirmektedir (2). Bu defektlerin tedavisi eskiden beri süregelen bir sorun olup; nörovasküler yapıların, eklemlerin ve kas-tendon yapılarının yaralanması sıklıkla birlikte görülür. Tedavi sürecinde kemik kayıplarının tedavisinin yanında fonksiyonel sonuçlar da ciddiye alınmalıdır (3).

Kemik defektlerinin tedavisinde çeşitli yöntemler kullanılabilmektedir. Kullanılan başlıca yöntemler, otojen spongios kemik grefti, Papineau tekniği, pediküllü vasküler serbest kemik grefti, allogreft tatbiki, segment protezi uygulaması, human bone morphogenetic protein (HBMP) uygulaması ve distraksiyon osteogenezidir (4).

Distraksiyon osteogenezi yöntemi, Ilizarov'un geliştirdiği sirküler eksternal fiksatörün kullanımı sonrası keşfedilmiş olup uzun kemik defektlerinin tedavisinde çok önemli bir yere sahiptir (5).

Çalışmamızda günümüzde tedavisi ve takibinin halen oldukça zor olduğu travma, tümör ve enfeksiyon nedeniyle gelişen uzun kemik defektlerinde segment transportu yapılan hastaların fonksiyonel ve radyolojik sonuçları bildirilmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tanımlar

2.1.1. Osteomyelit

Osteomyelit, kemikte mikrobiyal bir veya birden fazla ajan varlığında oluşan enfeksiyöz ve inflamatuvar bir olaylar dizisidir. Osteomyelit kelime kökenleri incelendiğinde, "osteon" kemiklerin en küçük yapı taşı, "myelo" ise kemik iliği, "itis" ise inflamasyon anlamına gelir (6).

Osteomyelit vakaları başlangıç zamanına göre akut ve kronik olarak sınıflandırılır, mikrobiyal ajanın bulaş şekline göre ise ekzojen veya hematojen, immün sistem tepkisine göre de piyojenik veya granülomatöz terimleri kullanılır (7).

Osteomyelit ile ilişkili diğer iki terim de sekestrum ve involukrumdur. Sekestrum, osteomyelitte nekroz geçirmiş kemik dokusu olup içinde kortikal kemik bulunur ve etrafında inflamatuvar dokular mevcuttur. Sekestrum, başlangıçta sağlam bir kemik parçasıyken, mikrobiyal ajanlar tarafından salgılanan enzimler, toksinler ve kemik içi basıncın artması ile birlikte avasküler hale gelerek ölü doku halini alır (8).

İnvolukrum terimi, yeni meydana gelen reaktif kemik dokusunu ifade eder; enfekte kemik dokusu ile sağlam doku arasında yer alır ve radyografide sklerotik bir görünüm oluşturur (9).

Antibiyotiklerin geliştirilerek yaygın olarak kullanıma girmesi akut hematojen osteomyelitte başarı sağlamıştır fakat implantlara bağlı osteomyelitlerde ise aynı etki sağlanamamakta ve tekrarlayan enfeksiyonlar ile seyretmektedir. Ayrıca implantlara bağlı osteomyelitler en sık nedenlerden biri haline bile gelmiştir (6,7,10). Perioperatif antibiyoterapi ise enfeksiyonların fulminan yerine düşük dereceli ancak inatçı bir karakter kazanmalarına neden olmuştur. Bu tip enfeksiyonlarda semptomlar; ağrı, radyografik değişiklikler ve patolojik fraktürler ile karakterizedir (11).

Tablo 2.1. Berbari ve arkadaşları tarafından tanımlanan sık osteomyelit etkenleri (12).

Sık (%50'den fazla)	Az sık (%25)	Nadir
S.aureus	Streptokok	M.tuberculosis
Koagülaz (-) stafilokok	Enterokok	M.avium complex
	Pseudomonas C türleri	Rapidly growing mycobacteria
	Enterobacter türleri	Dimorphic fungi
	Proteus türleri	Candida
	E.coli	Aspergillus
	Serratia türleri	Mycoplasma
	Anaeroblar (Peptostreptococcus, Clostridium, B.fragilis)	Tropheryma whipplei
		Brucella
		Salmonella
		Actinomyces

Tablo 2.2. Kronik osteomyelit için Cierny-Mader evreleme sistemi (13).

Anatomik Sınıflandırma		
Tip I	Medüller	Endosteal yayılım
Tip II	Yüzeyel	Kortikal yüzey örtünme defektine bağlı yüzeyel enfeksiyon
Tip III	Lokalize	Eksizyonu sırasında stabiliteyi bozmaya neden olmayacak kortikal sekestr
Tip IV	Yaygın	Tanı veya debridman ile tedavi anında mekanik instabilite beklenen durum
Fizyolojik Sınıflandırma		
Tip A	Normal	Lokal damarlanma iyi, normal immünolojik yanıt
Tip B	Yetmezlik	İmmün sistem ve yara iyileşmesini bozan lokal veya sistemik faktörler
Tip C	Kısıtlayıcı	Tedavi sırasında mevcut durumunun daha kötüleşmesi beklenen, minimal düşkünlük veya kötü prognoz beklentisi

2.1.2. Ateşli Silah Yaralanmaları

Ateşli silah yaralanmaları (ASY); terör eylemleri, çatışmalar ve sivil olarak silahlanmanın artışıyla birlikte sıkça karşı karşıya gelinen bir sorun olarak görülmektedir. ASY mekanizması, künt travmadan ya da kesici-delici alet yaralanmalarından farklıdır. Hasar veren merminin kinetik enerjisi, dokulara ısı, ses ve mekanik enerji olarak iletilir. Ateşli silahlarla oluşan yaralanmaların türü, mermi hızına doğrudan bağlıdır. Yüksek hızdaki

mermiler, düşük hızdakilere göre daha geniş ve karmaşık yaralanmalara neden olabilir. Yüksek hızlı mermiler dokulara büyük miktarda kinetik enerji ileterek, bu enerjinin hızlı yayılmasına ve ciddi doku hasarına yol açar (14). Havalı tüfek ve tabanca gibi silahlarla oluşan yaralanmalarda, kemik ve kıkırdak gibi sert doku parçaları sürüklenir, bunlar primer ve tersiyer olarak lezyonlar oluştururlar ve arter, ven ve sinirlerde hasar meydana getirerek sekonder harabiyetlere de yol açarlar. Mermiden çıkan parçacıklar da doku içinde yayılarak sekonder yaralanmalara yol açabilir (15). Düşük hızlı mermiler, dokularda laserasyon ve kontüzyona sebep olur ve yaralanma bölgesindeki damarların hasar görmesi durumunda yaygın kanamalara neden olabilirler. Yüksek kinetik enerjiye sahip askeri silah mermileri gibi mermiler ise çaplarıyla orantısız olarak ciddi yaralanmalara yol açarlar. Bu mermilerin yol açtığı primer ve sekonder etkilerin yanı sıra şok dalgası ve kavitasyon etkileriyle de dokuları harap ederler (16).

Ateşli silahtan kaynaklanan materyalin geçtiği dokularda parçalanmaya yol açması ve meydana gelen yüksek gerilim genellikle önemli morbiditeye sebep olan parçalı ve karmaşık fraktürlere yol açar. Ciltteki mikroorganizma ile yabancı maddelerin yaranın içine çekilmesi, düşük basınçla giriş-çıkış delikleri boyunca enfeksiyon riskini artırır. Ateşli silahla yaralanan bir ekstremitte, parçalı kırık, kemik defekti, nörovasküler yaralanma ve yumuşak doku hasarı açısından değerlendirilmelidir (17).

2.1.3. Travma

Travma, tarih boyunca insan sağlığını tehdit eden önemli bir sorun olmuştur. Travma veya yaralanma, vücudun esnekliğinin üstünde bir enerji ile alışverişin yol açtığı, iskemi ve reperfüzyona bağlı hücresel ölümün de patogeneze eşlik ettiği, hücresel bütünlüğün bozulmasıdır (18).

Travma çeşitli biçimlerde ortaya çıkabilir; fiziksel travma (düşmeler, trafik kazaları, yanıklar vb.), psikolojik travma ve sosyal travma gibi. Bu çeşitlilik, insanları etkileme şekilleri ve sonuçları açısından da farklılık gösterir. Bu nedenle, travma tedavisi çok disiplinli bir yaklaşım gerektirir ve genellikle acil tıp, genel cerrahi, ortopedi ve rehabilitasyon gibi bir dizi tıbbi uzmanlık alanını içerir (19).

Travma tedavisindeki son gelişmeler, travma sonrası bakım ve rehabilitasyon dahil olmak üzere, hastaların yaşam kalitesini ve sonuçlarını iyileştirmeyi hedefler. Bu gelişmeler, travmanın her aşamasında etkili ve kapsamlı bir tedavi yaklaşımı sunarak, hastaların daha iyi bir iyileşme ve yaşam kalitesi elde etmelerini sağlamayı amaçlar.

Travma, dünyada önemli bir halk sağlığı sorunu olarak kabul görmektedir. Küresel ölüm ve sakatlığın önde gelen nedenlerinden biri olan travma, yaşam kalitesini önemli ölçüde etkiler ve yüksek maliyetlere yol açar.

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) verilerine göre, travma dünya genelinde ölümlerin yaklaşık %10'unun sebebidir. DSÖ ayrıca trafik kazaları, düşmeler, yanıklar ve fiziksel şiddetin, en yaygın travma nedenleri arasında olduğunu belirtmektedir (20).

2.1.4. Kas-İskelet Sistemi Tümörleri

Kas iskelet sistemi tümörleri mezenkimal kökenlidir; kemik ve yumuşak doku tümörleri olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Bu tümörler, histopatolojik özelliklerine göre benign ve malign olmak üzere alt gruplara ayrılır. Ayrıca, metastatik tümörler de bu sınıflandırmanın dışında yer alır (21).

Metastatik tümörler, vücudun başka bölgelerinden kas iskelet sistemine yayılan tümörlerdir. Özellikle akciğer, meme ve prostat kanserleri gibi primer kanserlerin metastazları, kemik ve yumuşak dokularda sıklıkla görülür. Bu tür tümörler, orijinal tümörün tedavi edilmesinin ardından kas iskelet sisteminde ikincil tümörler olarak ortaya çıkabilir ve genellikle ciddi tedavi gerektirir (21).

Yumuşak Doku Tümörleri:

Yumuşak doku tümörleri, kaslar, yağ dokusu, sinirler, kan damarları ve bağ dokularında ortaya çıkabilir. Benign yumuşak doku tümörleri arasında lipom, fibrom ve hemanjiom gibi türler yer alır. Malign yumuşak doku tümörleri ise liposarkom, fibrosarkom ve sinovyal sarkom gibi ciddi ve yayılma potansiyeli yüksek olan tümörleri içerir (22).

Kemik Tümörleri:

Kemik tümörleri, genellikle kemiğin belirli bölgelerinde gelişir ve klinik olarak farklı özellikler gösterirler. Benign kemik tümörleri arasında osteokondrom, enostoz, osteoid osteoma ve fibröz displazi gibi türler bulunur. Malign kemik tümörleri ise osteosarkom, kondrosarkom ve Ewing sarkomu gibi daha agresif tümörleri içerir (22).

Malign Kemik Tümörleri ve Cerrahi Tedavisi:

Kemiklerin malign tümörleri, tüm malignitelerin %1'ini oluşturmakta olup, insidansı yılda 10/1.000.000 olarak rapor edilmektedir. Kemiklerin benign tümörleri ve yumuşak doku tümörleri daha yaygın görülmektedir. Kemiklerin malign tümörleri arasında en sık görülen tür multipl myelom olup, onu sıklık sırasına göre osteosarkom, kondrosarkom ve Ewing sarkomu izler. Malign kemik tümörü tedavisi medikal tedavi ve cerrahi tedavi olarak iki ana başlıkta incelenebilir. Her iki tedavi de birbiriyle iç içedir ve kombine olarak uygulanır. Medikal tedavi protokolleri kemoterapi ve radyoterapidir. Bu tedaviler cerrahi öncesi (neoadjuvan) ve cerrahi sonrası (adjuvan) olarak uygulanır (22).

Ortopedik tümörlerin cerrahi tedavisinde üç ana hedef vardır. Bunlar, mümkünse ekstremitayı korumak, olabildiğince sınırlı bir rezeksiyon gerçekleştirmek ve rezeksiyon sonrası oluşan defektin vücut fizyolojisine en yakın yöntemle biyolojik rekonstrüksiyonunu sağlamaktır (23).

Günümüzdeki radyoloji alanındaki görüntüleme yöntemlerinin, cerrahi tekniklerin gelişmesi ile ekstremita koruyucu cerrahi seçeneği ön plana çıkmıştır (24).

Enneking, 1980'de, tümör ve tümörün psödokapsülü ya da reaktif alanına göre dört adet cerrahi limit tanımlamış ve bu cerrahi limitlerin elde edilebilmesi için uygun yöntemleri belirtmiştir (25).

Tablo 2.3. Enneking cerrahi sınırları (25).

Cerrahi Sınır	Tanım
İntralezyonel	Tümör dokusunun sadece bir kısmının çıkarılması
Marjinal	Tümörün psödokapsülü veya reaktif alanı boyunca çıkarılması
Geniş	Tümörün psödokapsülü, reaktif alanı ve çevresindeki sağlıklı dokunun bir kısmının çıkarılması
Radikal	Tümörün, psödokapsülü, reaktif alanı ve çevresindeki sağlıklı dokunun tamamının çıkarılması

İntralezyonel Eksizyon:

İntralezyonel cerrahide, tümörün psödokapsülünden geçilip lezyonun içerisine girilmektedir. Bu yöntemle geride makroskopik olarak tümör kalmakta ve tüm cerrahi alan kontamine olarak kabul edilmektedir. İntralezyonel eksizyon çoğu zaman benign lezyonların küretajında, tanısal insizyonel biyopside veya adjuvan uygulanacak lezyonların subtotal olarak eksizyonunda kullanılmaktadır (25).

Marjinal Eksizyon:

Marjinal eksizyonda, tüm lezyon tek parça olarak çıkarılır. Diseksiyon planında lezyon çevresindeki psödokapsül veya reaktif alan mevcuttur. Malign lezyonlarda uygulandığı zaman geride mikroskopik olarak tümör kalabilir. Malign lezyonlarda marjinal eksizyon sonrası rekürrens %25- %50 olarak raporlanmıştır. Benign olduğu düşünülen bir lezyonun marjinal eksizyonuna eksizyonel biyopsi adı verilir. Marjinal amputasyon ise palyasyon amaçlı ya da lezyonun anatomik zorluklardan dolayı eksize edilememesi veya planlanan radyoterapi ve kemoterapiye ek olarak yapılabilmektedir (25).

Geniş Cerrahi Sınırlarla Rezeksiyon:

En-blok rezeksiyon olarak da adlandırılan geniş cerrahi rezeksiyonda lezyonun tümör ve reaktif alanı ile birlikte, bunların çevresinde normal bir doku kuşağı bırakılarak rezeksiyon yapılır. Bu yöntemde diseksiyon planı tamamen normal dokulardan geçer ancak hala tümörün bulunduğu kompartman içerisindeydir. Etkilenen kas ya da kemik tamamen eksize edilmez. Geniş rezeksiyonun sonrasında, skip metastazların kalması muhtemeldir. Malign kas-iskelet sistemi tümörlerinin tedavisinde geniş rezeksiyon sıklıkla tercih edilmektedir (25).

Radikal Rezeksiyon:

Radikal rezeksiyon, tümörün çevresindeki kapsül veya reaktif alan ile birlikte, tümörün köken aldığı tüm kemik ve yumuşak dokuların çıkarılması işlemidir. Diseksiyon planı transvers olarak etkilenen kompartmanın fasya septaları veya periost tabakasını içermekte, longitudinal olarak ise etkilenen kemiğin proksimal ve distalindeki eklemlerden, kasların ise origo ve insersiyolarından geçmektedir. Radikal rezeksiyonlarda fonksiyonel kayıp daha fazla olup, malign kas-iskelet sistemi tümörlerinde daha nadir uygulanmaktadır (25).

Rezeksiyon sonrası oluşan geniş segmental defektlerde rekonstrüksiyon çoğu zaman zordur. Geniş segmental defektlerde uygulanan yöntemler arasında kemik otogrefti, allogreft veya allogreft ile otogreftin kombine şekilde kullanımı, rotasyonplastisi, distraksiyon osteogenezi ve endoprotez uygulamaları bulunmaktadır (26).

2.2. Anatomi

2.2.1. Kururis Anatomisi

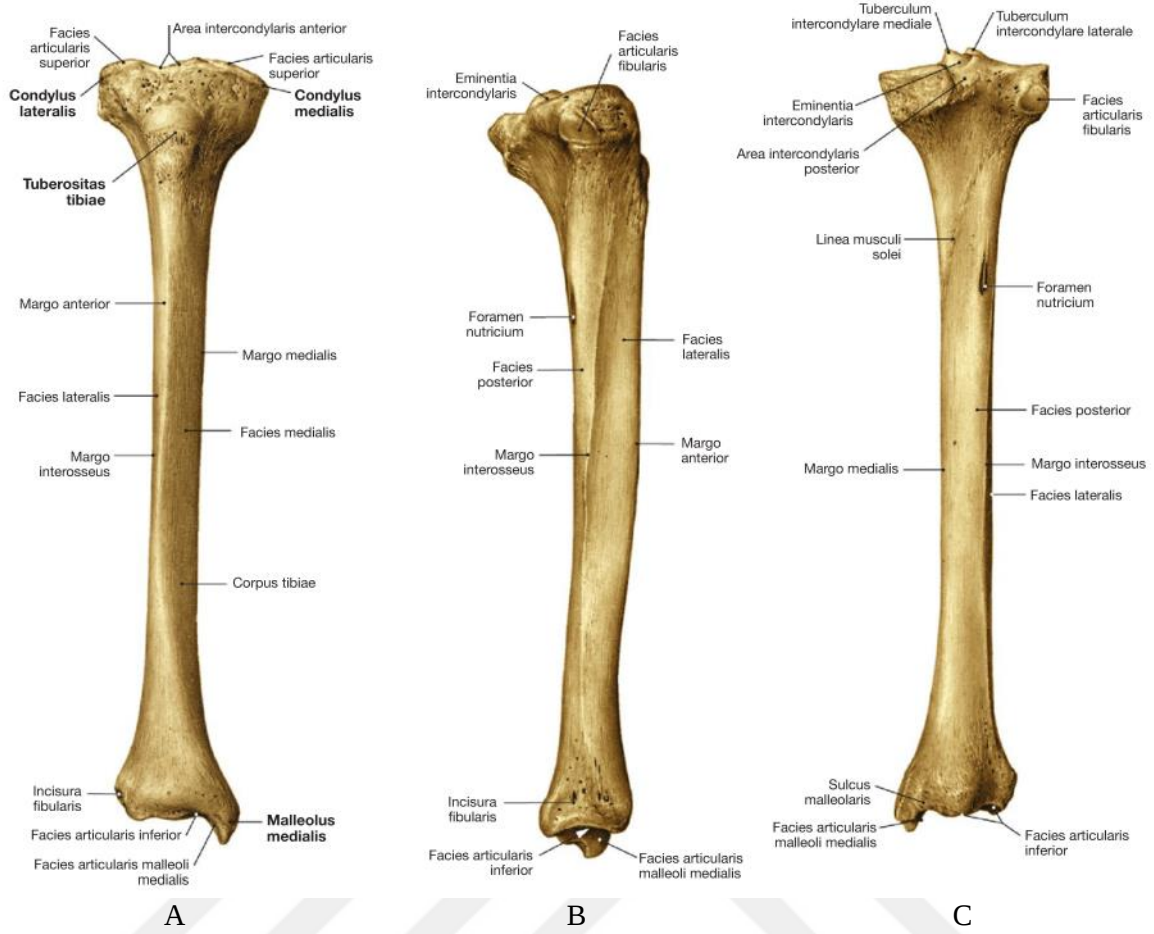
Tibia Anatomisi:

Tibia, fibulanın medial tarafında yer alır ve bacağın asıl yük taşıma görevini üstlenen kemiktir. Femurdan sonra vücuttaki en uzun kemiktir (27). Proksimalde femur kondilleriyle, diz ve ayak bileğinde, distalde talusla eklem yapar (28).

Tibia üst ucu kalın bir yapıya sahiptir ve burada condylus medialis ve condylus lateralis adı verilen iki kondil bulunur. Medial kondil lateral kondilden daha büyüktür. Bu kondillerin arasında bağ ve menisküslerin tutunma noktası olan eminentia intercondylaris yer alır (29).

Tibianın üç kenarı bulunur. Margo anterior, cilt altında kolaylıkla hissedilebilir. Medial kenar oval bir yapıya sahiptir ve margo interossea keskin olup fibulaya bakan tarafta yer alır (30).

Tibianın distal ucu daha ince olup iç tarafına doğru uzanan kısmı medial malleol olarak adlandırılır (31).



Şekil 2.1. Tibianın anatomik görünümü (32). A: Ön yüz. B: Lateral yüz. C: Arka yüz.

Fibula Anatomisi:

Fibula, tibianın posterolateralinde kalır ve çapı tibiaya göre daha küçüktür. Yük taşımaz fakat kasların tutunma bölgelerini bulundurur ve ayak bileği eklemine yardımcı eder (31).

Fibulanın distal ucuna malleolus lateralis denir. Malleolun sınırları ayak bileği eklemi ligamentlerinin tutunma noktasıdır (31).

Kururisteki Anatomik Yapılar:

Kururisin Arterleri:

Tibia shaftının beslenmesi nutrisyonel periosteal arterler tarafından sağlanır (33). A. popliteus, A. tibialis anterior, A. tibialis posterior ve A. peronealis dallarına ayrılır.

A. tibialis posterior: A. tibialis posterior, A. poplitea'dan ayrıldıktan sonra bacağın arka kısmına girerek, laterale doğru A. peronealis'i verir. Ayak tabanında A. plantaris medialis ve A. plantaris lateralis dallarını verir. Posterior kompartmandaki kasları beslemektedir ve tibianın proksimal ucunun posteriorunda A. Nutricia adı verilen en büyük nutrisyonel arteri verir (29).

A. peronealis: A. peronealis, A. tibialis posterior'dan laterale doğru verilen bir daldır. M. hallucis longus'un altından aşağıya doğru iner. Ayak bileğinde verdiği dal A. tibialis posterior ile birleşerek lateral kompartmanı besler.

A. tibialis anterior: A. tibialis anterior, anterior kompartmanı besler. M. popliteus'un alt kenarında A. Poplitea'dan ayrılır. Krurisin distal 1/3 kısmında tibianın ön yüzüne dayanır. Ayak bileği anteriorunda A. dorsalis pedis olarak isimlendirilir (31).

Tibianın Beslenmesi: Tibianın arterleri periosteal damarlardan gelmektedir. Nutrisyonel arter, A. tibialis posterior'dan ayrılıp M. soleus'a uyarak tibianın arkasında kortekse girer. Üç adet çıkan dal ve bir adet inen dala sahiptir. Endosteal besleyici arter kırık iyileşmesinde korteksin %90'a yakınının dolaşımını sağlar ve çok önemlidir. Kırık oluştuğunda veya intramedüller çivi (İMÇ) uygulaması sırasında ana besleyici arterin zarar görmesi durumunda, periosteal damarlarla iyileşme kompanse edilir.

Rhinelande'e göre, kemiğin ana besleyicisi intramedüller kan akımıdır; ancak kırık meydana geldikten sonra periosteal arterlerin beslenmeye katkısı artar (34).

Kururisin Venleri:

Tibia ve bacak bölgesindeki venöz sistem, yüzeysel venler ve derin venler olmak üzere iki grupta incelenir. Bu venler arasında, kan akışını düzenleyen kapakçıklar bulunur. Derin venler, genellikle arterlerle birlikte seyreder ve “vena comitantes” olarak adlandırılır.

-Derin Venler;

V. tibialis anterior: Ayak ve bacağın ön bölgesinden kanı toplar ve V. poplitea'ya taşır.

V. tibialis posterior: V. Plantaris lateralis ve V. plantaris medialis venlerinin birleşmesiyle oluşur. Dizin arka bölgesinde V. tibialis anterior ile birleşerek V. poplitea'yı oluşturur.

-Yüzeysel Venler;

V. saphena magna: Vücutun en uzun veni olup ayak sırtındaki V. digitales communis'lerin birleşmesiyle arcus venosus dorsalis oluşturur. Medial malleolun arkasından proksimale doğru ilerleyerek femurun proksimalinde V. femoralis'e drene olur.

V. saphena parva: Aşıl tendonu boyunca yukarı doğru çıkar ve orta hatta yaklaşarak diz arkasında bulunan fossa poplitea bölgesinde fasyayı delerek V. poplitea'ya açılır.

Derin venler ile yüzeysel venler arasında bağlantı sağlayan venlere "v. perforantes" denir (31).

Kururisin Sinirleri:

N. femoralis: L2-L4' ten köken alır. N. cutaneous medialis ve N. saphenus dalları kururisin medial bölgesinin duyusunu sağlar. (35,36).

N. tibialis: L4-S3'ten köken alır. Siyatik sinirin iki terminal dalından biridir. Fossa poplitea'dan A. poplitea ve V. poplitea ile birlikte geçer. Fossa poplitea içinde N. cutaneous surae medialis dalını verir. Bu dal, R. communicans peronealis'in N. cutaneous surae lateralis dalı ile birleşir ve N. suralis'i oluşturur. Ayak tabanında motor ve duyusal innervasyon sağlayan N. plantaris medialis ve N. plantaris lateralis dallarına ayrılır. Kururisin posterolateral duyusunu alır (35,36).

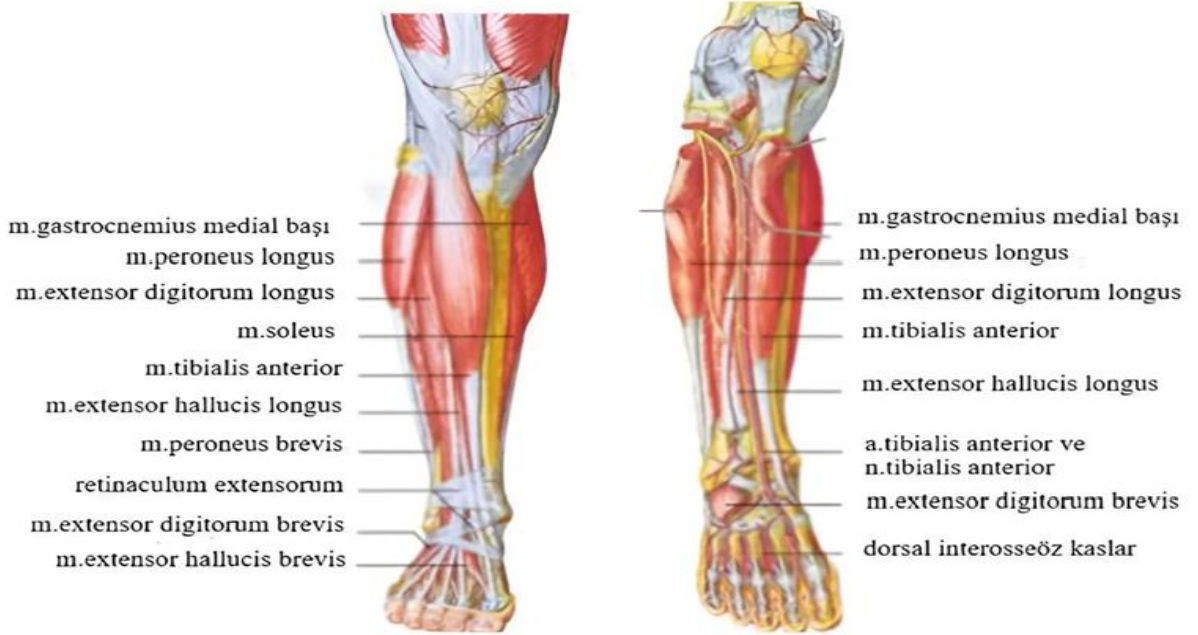
N. peroneus (fibularis) communis: Siyatik sinir popliteal fossaya geldiğinde uç dalı olarak ayrılır. Caput fibulae'ya doğru ilerler ve burada N. peroneus superficialis ve N. peroneus profundus olmak üzere iki dala ayrılır. R. communicans peronealis dalı, N. cutaneous surae medialis dalı ile birleşerek N. suralis'i oluşturur (37).

N. peroneus (fibularis) superficialis: Extensor retinakulumun süperiorunu çaprazlar ve ayak sırtında dağılarak duyusal innervasyon sağlar. Peroneus longus ve brevis kaslarının motor innervasyonundan sorumludur (37).

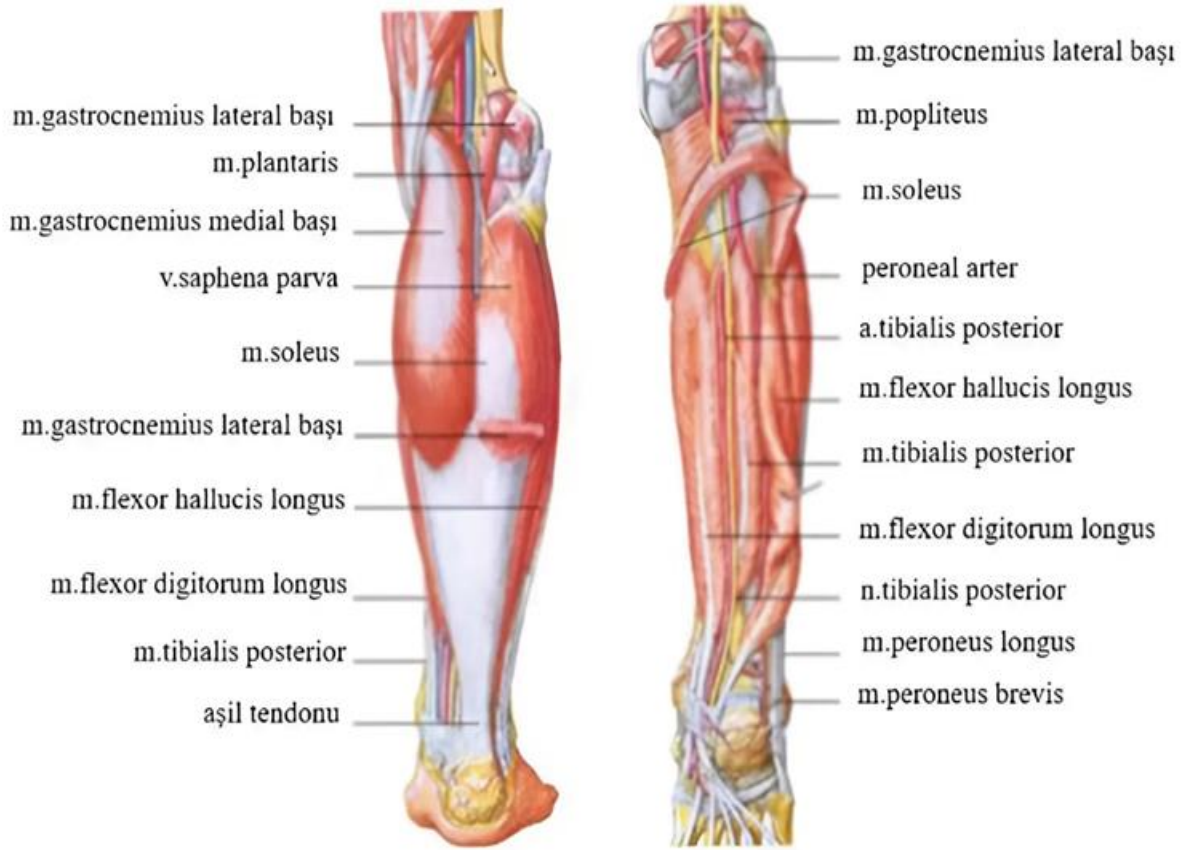
N. peroneus (fibularis) profundus: Caput fibulae ile M. peroneus longus arasından başlayıp ekstensor retinakulumun derininden geçerek ayak sırtına ulaşır ve son dalı 1. ve 2. parmak arasındaki duyuyu alır. Anterior kompartmanın 4 kasının motor innervasyonunu sağlar: Tibialis anterior, extensor digitorum, extensor hallucis longus ve peroneus tertius (37).

Bu sinirler ve dalları, bacak ve ayağın çeşitli bölgelerinin duyusunu sağlamakta ve motor fonksiyonları kontrol etmektedir.

Kururisin Kas ve Kompartmanları:



Şekil 2.2. Kururis ön yüz anatomisi.



Şekil 2.3. Kururis arka yüz anatomisi.

Tibia ve fibula, dört kompartman ile çevrili olup bu kompartmanlar: anterior, lateral, yüzeyel posterior ve derin posterior olarak adlandırılır.

Anterior Kompartman: Anterior kompartman, tibianın anterolaterali, fibula ve membrana interossea'nın önünde yer alır. Bu kompartmanın önünde fascia cruris, lateralinde ise septum intermusculare cruris anteriorus bulunur (36,38). Bu kompartmanda şu yapılar yer alır:

- M. tibialis anterior: Tibia lateral yüzü boyunca uzanır. Lateral tibiada anterior interosseöz membrandan başlayıp medial kuneiform ve 1. metatarsa yapışır. N. peroneus profundus (L4,L5) ile uyarılır. Ayağın dorsifleksiyonu ve inversiyonundan sorumludur.
- M. extensor hallucis longus: Orta 1/3 fibula ve membrana interossei'den başlar, birinci parmak distal falanks bazisinin dorsoline yapışır. Nn. Profunda (L5-S1) tarafından uyarılır. Birinci parmak ve ayak bileğinin dorsifleksiyonundan sorumludur.

- M. extensor digitorum longus: Tibia lateral kondili ile fibula ve membrana interossea'nın ön yüzeylerinde başlayarak distalde retinakulundan geçerken 4 parçaya ayrılır ve bu parçalar ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci parmak distal falankslarının bazislerine dorsalden yapışır. N. peroneus profundus (L5-S1) tarafından innerve olur ve ayak bileği dorsifleksiyonunda görevlidir. Eversiyona da katkı sağlar.
- M. peroneus tertius: 1/3 distal fibula ve membrana interossea'dan başlayıp lateral malleolun önünde m. extensor digitorum longus kasından ayrılarak 5. metatars bazisine yapışır. İnervasyonu N. peroneus profundus (L5-S1) tarafından sağlanır ve ayak bileği dorsifleksiyon ve eversiyonunda görev alır.
- N. peroneus profundus
- A. tibialis anterior
- V. tibialis anterior

Lateral Kompartman: Lateral kompartman, anteriordan septum intermusculare anterior ile, posteriordan septum intermusculare posterior ile çevrilidir ve kururis lateralinde bulunur (38). Bu kompartmanda şu yapılar bulunur:

- M. peroneus longus: Caput fibuladan ve superolateral yüzden başlayıp lateral kenardan tabana döner ve os cuboideum altındaki sulkustan geçerek medial cuneiform bazisine yapışır. Yüzeyel peroneal sinir (L5-S1-S2) tarafından uyarılır. Ayak bileği plantar fleksiyonu ile eversiyonundan sorumludur.
- M. peroneus brevis: Bu kas M.peroneus longus'un derinindedir; fibula alt uç lateralinden başlayıp beşinci metatarsın bazisine yapışır. Yüzeyel peroneal sinir (L5-S1-S2) tarafından innerve edilir. Ayak bileği plantar fleksiyonu ile eversiyonundan sorumludur.
- N. peroneus superficialis

Posterior Kompartman: Süperfisyal ve derin olmak üzere iki tanedir. Bu iki kompartman arasında peroneal ve posterior tibial arter ve sinir yapıları bulunur (38).

-Yüzeyel Posterior Kompartman;

- M. gastrocnemius: Lateral ve medial femur kondillerinin posteriorundan başlar, aşıl tendonuyla birlikte kalkaneus posterioruna yapışır. Medial ve lateralde iki başı

bulunmakta olup lateral başın içinde bir sesamoid kemik olan fabella bulunmaktadır. N.tibialis (S1-S2) tarafından uyarılır. Diz fleksiyonu ve ayak bileği plantar fleksiyonunda görevlidir. Yürümede önemlidir.

- M. soleus: M.gastrocnemius'un altında seyreden bu kasın liflerinin bir bölümü caput fibuladan, diğer bir bölümü ise tibia posterior yüzünün medial kenarında linea musculi solei'den başlar. Aşıl tendonu ile birlikte kalkaneusun posterioruna yapışır. N. Tibialis (S1-S2) innerve eder, ayak bileğinin plantar fleksiyonunda görev alır. Ayakta dik durmada önemlidir ve ayak bileğini sabitler.
- M. plantaris: Linea supracondylaris femoralis'in lateralinden başlar, m. gastrocnemius ve m. soleus arasından geçerek kalkaneus tendonunun kenarına yapışır.

-Derin Posterior Kompartman;

- M. popliteus: Femur lateral kondilinin lateral yüzeyi ve lateral menisküsün posterior tarafından başlayarak diz eklemine çaprazlar ve sonrasında tibianın arkasındaki linea musculi solei'nin proksimal kısmına yapışır. N. tibialis (L4-L5-S1) tarafından innerve olur. Diz fleksiyonuna katkısı vardır. Femur sabitken tibianın iç rotasyonunu, tibia sabitken femurun dış rotasyonunu yaptırır. Fleksiyonun başlangıcında lateral menisküsü arkaya doğru çeker ve femurun tibia üstünde anteriora kaymasına engel olur.
- M. flexor hallucis longus: Fibula distal arka 2/3 'ten ve membrana interossea'dan başlayıp iki sesamoid arasından geçer ve birinci parmak distal falanksının bazisine yapışır. N. Tibialis (S2-S3) tarafından uyarılır. Birinci parmağa plantar fleksiyon yaptırır. Yürürken vücudun ileri atılmasını sağlar ve ayağın longitudinal arkını destekler.
- M. flexor digitorum longus: Tibianın posterior yüzünden başlayıp, 2, 3, 4, 5 distal falanks tabanına yapışır. Tendonu medial malleolun arkasından geçmektedir. Ayak longitudinal arkını alttan desteklemekte ve ayak bileğine plantar fleksiyon yaptırmaktadır. Yürüyüş sırasında parmakların yeri kavramasında önemlidir.
- M. tibialis posterior: Superolateral tibia, membrana interossei ve superomedial fibuladan başlayarak tuberositas naviculare'nin, cuneiform'un, cuboid'in alt yüzeyinin ve 2, 3, 4. metatarsların tabanına yapışmaktadır. N. Tibialis (L4- L5)

tarafından innerve edilir; ayak bileğinin plantar fleksiyon ve inversiyonunda görevlidir. Ayağın longitudinal arkını alttan desteklemektedir.

- N. tibialis,
- A. tibialis posterior,
- V. tibialis posterior

2.2.2. Uyluk Anatomisi

Femur Anatomisi:

Femur vücudun en büyük kemiği olup uyluğun tek kemiği olma özelliği taşır. Pelvisi dize bağlar. Bu sebeple birçok kas bağlanır. Proksimal, shaft ve distal femur olmak üzere 3 bölgeye ayrılır.

Proksimal Femur: Femurun proksimal kısmı, kalça eklemiyle ilişkili önemli yapıları içerir. Bu yapılar arasında femur başı, boyun kısmı, trokanter major, trokanter minor ve krista intertrokanterika bulunur.

Femur başı, sferik bir yapıya sahiptir ve femur boyununun anterior çıkıntısı olarak devam eder. Superomedialde pelvisin asetabulumu ile eklem yapar. Femur başının sferik yüzeyinin ortasında fovea capitis femoris bulunur.

Trokanter major, hastayı lateral dekübit pozisyonuna aldığımızda en rahat palpe edilebilen noktadır. Kalçaya abduksiyon yaptıran kaslardan gluteus medius ve minimus bu bölgeye yapışır. Ayrıca, vastus lateralis kasının origosu da bu bölgededir.

Trokanter minor, proksimal femurun posteromedial bölgesinde bulunur ve femur boyununun shaft ile birleşim noktasıdır. İliopsoas kası bu bölgeye yapışır.

Crista intertrokanterika, trokanter major ile trokanter minoru bağlayan çıkıntıdır ve proksimal femurun posteriorunda yer alır. Kristanın superioruna doğru devam ettiğimizde quadratus femoris kasının yapışma yeri olan quadrat tüberkül bulunur (39,40).

Femur shaftı: Femur cismi anterior, medial ve lateralde silindirik bir yapıda olup posteriorda kalınlaşan korteks diyafiz ortasında linea aspera bölgesinde birleşmektedir. Linea aspera proksimal bölgede küçük ve büyük trokanterleri, distalde medial ve lateral kondilleri ayırır (41).

Linea aspera'nın medial sınırı, proksimalde linea pectinea olarak devam ederken, lateral sınır ise tuberositas glutea adını alır. Tuberositas glutea bölgesine gluteus maximus kası yapışır (39).

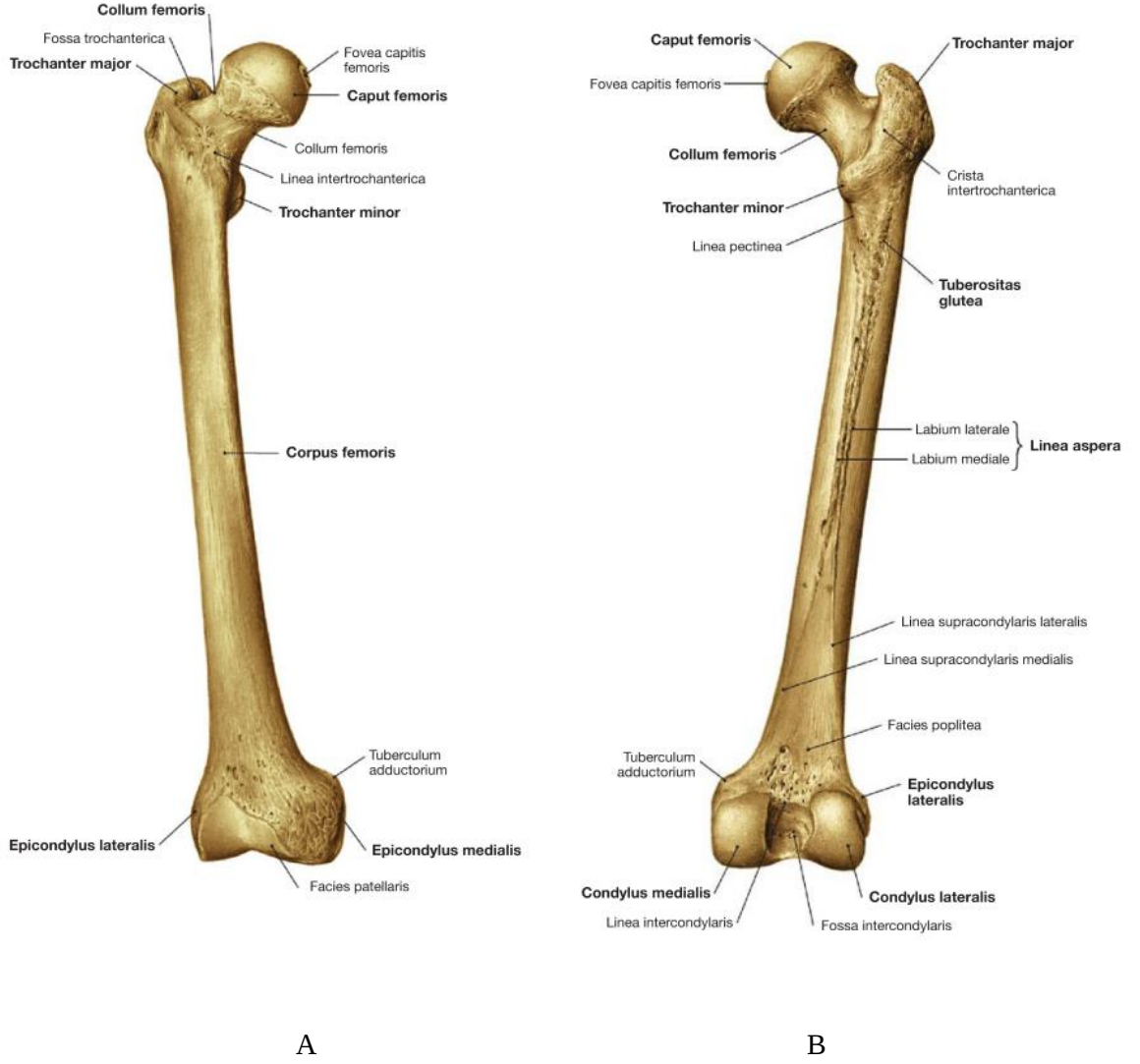
Distal Femur: Femurun distal kısmında en önemli yapılar medial ve lateral kondillerdir. Bu kondiller, femurun tibia ile eklem yapmasını sağlar.

Medial ve lateral kondiller, femurun distal sınırını oluşturan yuvarlak alanlardır. Kondillerin posterio-inferior yüzeyi menisküs yapılarla eklem yapar, anterior yüzeyi ise patella kemiği ile eklem yapar. Lateral kondil, medial kondile göre daha önde durur ve patellanın laterale çıkmasını önler. Daha düz lateral kondili olanlarda patella çıkığı oluşma ihtimali yüksektir (40).

Medial ve lateral kondillerin non-artiküler kemik çıkıntıları epikondiller olarak adlandırılır. Medial epikondil, lateral epikondile göre daha geniştir. Medial ve lateral kollateral bağların orijin noktaları bu epikondillerden başlar.

İnterkondiller fossa, posterior femoral çentikte derin bir bölgedir ve iki kondil arasında bulunur. Bu fossa, intrakapsüller bağların yapıştığı iki fasete sahiptir. Ön çapraz bağ (ÖÇB) femur lateral kondilinin medialine, arka çapraz bağ (AÇB) ise femur medial kondilinin lateraline yapışmaktadır (42,43).

Medial ve lateral kondillerin yapısı ve düzeni, diz ekleminin hareketini ve yük taşıma kapasitesini belirler. İnterkondiller fossa ise, diz ekleminin stabilitesini sağlayan çapraz bağların yapışma noktalarını içerir.



Şekil 2.4. Sağ femur anatomisi (32). A: Ön yüz. B: Arka yüz.

Uyluktaki Anatomik Yapılar:

Uyluğun Arterleri:

Uyluğun ana arterleri arasında femoral arter, derin femoral arter (a. profunda femoris) ve bunların dalları yer alır.

Femoral Arter: Femoral arter, uyluğun ana arteri olup external iliak arterin devamı olarak ligamentum inguinale'nin altında başlar. Femoral sinir ve femoral ven ile birlikte seyreder. Uyluk boyunca ilerlerken çeşitli dallar verir ve nihayetinde popliteal artere dönüşerek diz arkasında devam eder (44).

Derin Femoral Arter: Femoral arterin en büyük dalıdır ve uyluğun derin kaslarına kan sağlar. Femoral arterin yaklaşık 4-5 cm distalinde ortaya çıkar ve posteriorda ilerleyerek

uyluğun arka kısmındaki kasları besler. Derin femoral arterin önemli dalları arasında medial ve lateral circumflex femoral arterler bulunur (45).

Medial ve Lateral Sirkumfleks Femoral Arterler: Derin femoral arterin önemli dallarıdır. Medial circumflex femoral arter, femur başı ve boynuna kan sağlar ve bu bölgedeki kemik ve eklemlerin beslenmesinde kritik bir rol oynar. Lateral circumflex femoral arter ise uyluğun lateral kısmındaki kasların ve femur başının beslenmesini sağlar (46).

Popliteal Arter: Popliteal arter, popliteal fossada yer alan femoral arterin devamıdır. Bu arter, diz eklemi ve çevresindeki yapılar için ana beslenme kaynağıdır. Popliteal arter, popliteus kasının distal sınırında anterior tibial arter ve posterior tibial arter olmak üzere iki terminal dalına ayrılır (47).

Uyluğun Venleri;

Uyluk bölgesinde yer alan venler, yüzeysel ve derin venler olmak üzere iki ana grupta incelenmektedir:

-Yüzeysel Venler:

- **V. saphena magna:** Ayağın iç kenarından başlayarak uyluğun iç yüzeyi boyunca yukarı doğru seyrederek ve kasık bölgesinde femoral vene dökülür. Yüzeysel yerleşiminden dolayı varis ve yüzeysel tromboflebit gibi hastalıklara yatkındır.
- **V. saphena parva:** Ayak bileğinin dış kenarından başlayarak baldırın arka yüzeyi boyunca ilerler ve diz seviyesinde popliteal vene dökülür.

-Derin Venler:

- **V. femoralis:** Uyluğun derin venlerinin en büyük ve en önemlisidir. Derin yerleşimi nedeniyle derin ven trombozu gibi ciddi durumlarla ilişkilidir. Diz ekleminden başlayarak kasık bölgesine kadar devam eder ve iliak venlerle birleşir.
- **V. femoralis profundus:** Uyluğun derin kaslarına kan taşıyan bu ven, femoral vene paralel olarak seyrederek ve onunla birleşir (45).

Uyluğun Sinirleri;

-N. femoralis:

+L2, L3 ve L4 omurilik segmentlerinden gelir.

+Quadriceps kas grubunun motor innervasyonunu sağlar ve bacağın ekstansiyonu için kritik öneme sahiptir. Aynı zamanda uyluğun ön ve medial yüzeyinin duysal innervasyonunu da sağlar.

+Femoral sinir yaralanmaları, diz ekstansiyonunda zayıflık ve uyluğun ön yüzeyinde duyu kaybına yol açabilir.

-N. obturatorius:

+L2, L3 ve L4 omurilik segmentlerinden gelir.

+Uyluğun medial kas grubunun (adduktor kaslar) motor innervasyonunu sağlar ve uyluğun medial yüzeyinin duysal innervasyonuna katkıda bulunur. Bacağın adduksiyon hareketlerinde rol oynar.

+Obturator sinir hasarı, bacağın adduksiyonunda zayıflık ve uyluğun iç yüzeyinde duyu kaybına neden olabilir.

-N. cutaneus femoris lateralis:

+L2 ve L3 omurilik segmentlerinden gelir.

+Uyluğun lateral yüzeyinin duysal innervasyonunu sağlar.

+Maralgia paresthetica adı verilen durum, bu sinirin sıkışması sonucu oluşur ve uyluğun dış yüzeyinde ağrı, yanma ve uyuşma hissine yol açar.

-N. cutaneus femoris posterior:

+S1, S2 ve S3 omurilik segmentlerinden gelir.

+Uyluğun arka yüzeyinin duysal innervasyonunu sağlar.

+Bu sinirin hasarı, uyluğun posteriorunda duyu kaybına neden olabilir.

-N. ischiadicus:

+L4, L5, S1, S2 ve S3 omurilik segmentlerinden gelir.

+Uyluğun posterior kas grubunun (hamstring kaslar) motor innervasyonunu sağlar ve diz fleksiyonunu mümkün kılar. Ayrıca bacağın ve ayağın büyük bir kısmının duyu ve motor innervasyonunu sağlar (48).

+Siyatik sinir yaralanmaları, diz fleksiyonunda zayıflık ve bacağın çeşitli bölgelerinde duyu kaybına yol açabilir. Aynı zamanda düşük ayak deformitesine sebep olabilir.

Uyluğun Kas ve Kompartmanları:

Uyluğun anterior, medial ve posterior olmak üzere üç adet kompartmanı bulunmaktadır.

Anterior Kompartman:

Anterior kompartmanda bulunan kaslar femoral sinir tarafından innerve edilmektedir. Genel kural olarak bu kaslar diz ekstansiyonu yaptırmaktadır. Anterior kompartmanın ana kasları pectineus, sartorius ve quadriceps femoris olarak bilinmektedir. İliopsoas kasının son kısmı da anterior kompartmanda sonlanmaktadır.

1. M. quadriceps femoris:

Quadriceps femoris kası, vastus isimli üç adet kas (vastus lateralis, vastus medialis, vastus intermedius) ve rectus femoristen oluşmaktadır. Bu kaslar distalde bir araya gelip quadriceps tendonu aracılığıyla patellaya yapışır.

Diz ekstansiyonunun ana kasıdır.

2. M. sartorius:

Vücudun en uzun kasıdır ve uyluğun yüzeysel kısmını inferomedialden çaprazlar. Diğer uyluk kaslarından daha yüzeysel yerleşmiştir.

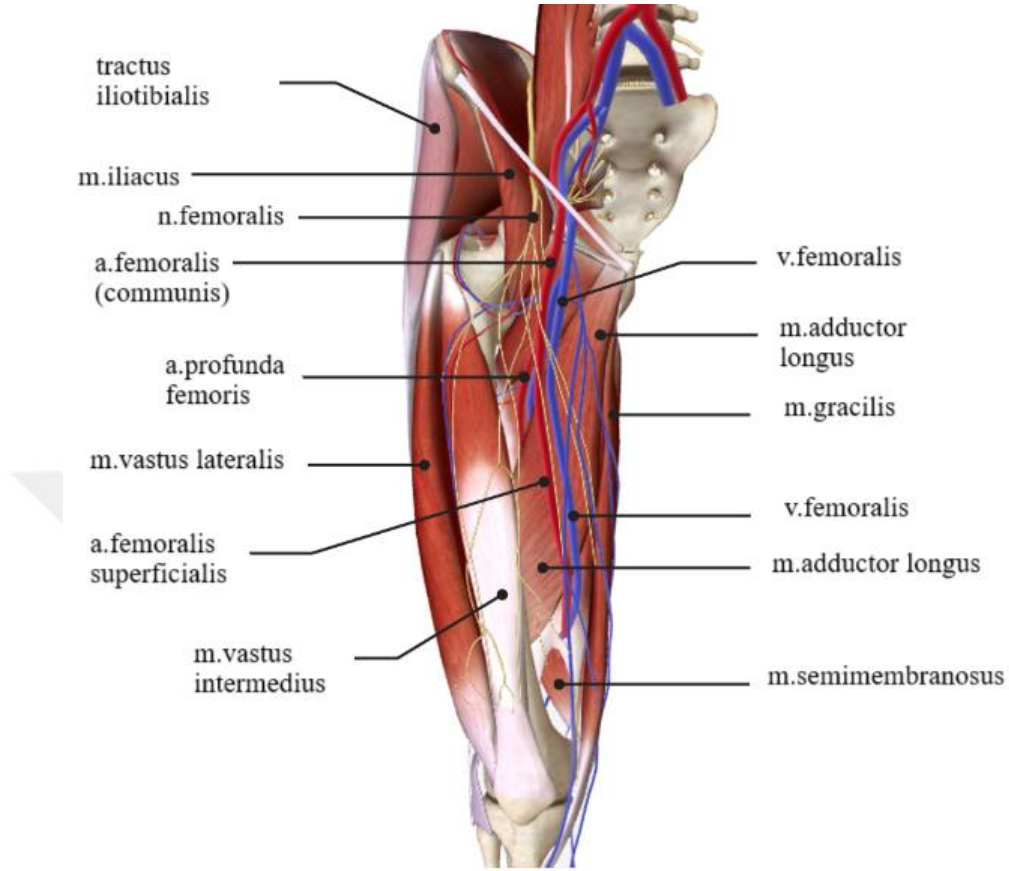
Kalça ekleminin fleksiyon, abduksiyon ve dış rotasyonunda görevlidir; dize ise fleksiyon yaptırır.

3. M. pectineus:

Düz yapıya sahiptir ve femoral üçgenin zeminini oluşturur. Çift innervasyona sahiptir, hem anterior hem de medial kompartmanın geçiş kası olarak bilinmektedir. Femoral ve obturator sinirden inerve olmaktadır.

Uyluk eklemine adduksiyon ve fleksiyon yaptırır.

Bu kaslar, femoral sinir tarafından sağlanan motor ve duysal işlevlerin yanı sıra uyluk ve diz hareketlerinin düzenlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır.



Şekil 2.5. Uyluk ön yüz anatomisi.

Medial Kompartman:

Medial kompartmanda bulunan kaslar, kalça adduktörleri olarak bilinir. Bu kompartmanda toplamda beş kas bulunmaktadır: gracilis, obturator externus, adductor longus, adductor brevis ve adductor magnus. Bu kasların tümü obturator sinir tarafından innerve edilir.

1. M. adductor Magnus

Medial kompartmanın en geniş kasıdır ve diğer kaslara göre daha posteriorda yer alır. Fonksiyonel olarak iki parçaya bölünür: adduktor kısım ve hamstring kısmı.

Uyluğun adduksiyonunu sağlar ve kalça eklemine stabilite kazandırır.

2. M. adductor Longus

Adductor magnus ve adductor brevis kaslarının bir kısmını örter. Femoral üçgenin medial sınırını oluşturur.

Uyluğun adduksiyonunu sağlar.

3. M. adductor Brevis

Anterior ve posterior obturator sinirin dalları arasında yer alır.

Uyluğun adduksiyonunu sağlar ve kalça eklemine yardımcı olur.

4. M. obturatorius externus

Medial kompartmanın en küçük kasıdır ve en süperiorda bulunur.

Uyluğun dış rotasyonunu sağlar.

5. M. gracilis

Uyluğun supero-medial sınırında yer alır. Kalça ve diz ekleminden geçer.

Kalça ve uyluğa adduksiyon, dize ve bacağı fleksiyon yaptırır.

Posterior Kompartman:

Posterior kompartmanda bulunan kaslar, hamstring kasları olarak bilinir. Bu kaslar biceps femoris, semitendinosus ve semimembranosus kaslarından oluşur. Bu kaslar, kalçaya ekstansiyon ve dize fleksiyon yaptırır ve siyatik sinir tarafından inerve edilir.

1. M. biceps femoris

İki başa sahiptir: uzun baş ve kısa baş. Uyluğun posterolateralinde yer alır. Her iki baş, dizin posterolateralinde birleşir.

Dize fleksiyon, kalçaya ve uyluğa ekstansiyon, dize ve kalçaya dış rotasyon yaptırır.

2. M. semitendinosus

Biceps femorisin medialinde uzanır ve semimembranosusun büyük kısmını örter.

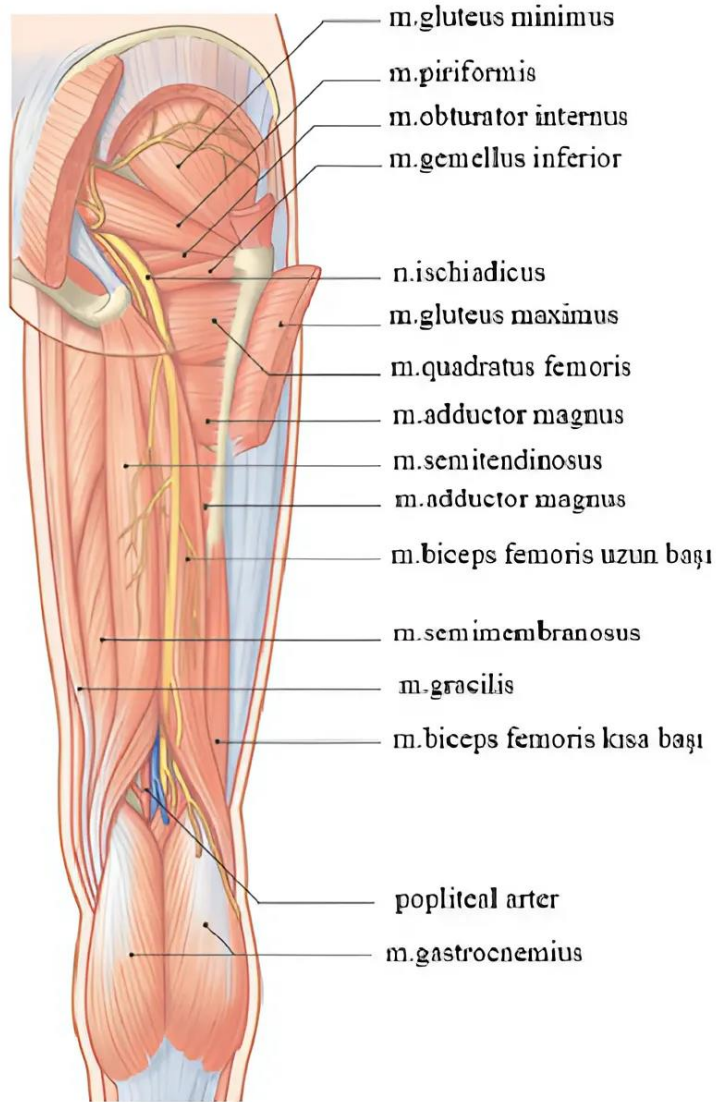
Dize ve bacağı fleksiyon, kalçaya ve uyluğa ekstansiyon, dize ve kalçaya iç rotasyon yaptırır.

3. M. semimembranosus

Düz ve geniş yapıya sahiptir ve semitendinosusun altında bulunur.

Dize ve bacağı fleksiyon, kalçaya ve uyluğa ekstansiyon, dize ve kalçaya iç rotasyon yaptırır.

Bu kaslar, posterior kompartmanda yer alarak bacak hareketlerinde önemli rol oynar, özellikle yürüyüş, koşma ve zıplama gibi aktivitelerde etkili olur (40).



Şekil 2.6. Uyluk arka yüz anatomisi.

2.3. Kaynamama

Kaynamama, “fraktür oluşumundan sonra minimum 9 ay geçmiş olmasına rağmen klinik ve radyolojik olarak kaynamanın tamamlanmaması” veya “son 3 aylık takipte klinik ve radyolojik kaynamada ilerleme işaretinin olmaması” olarak tanımlanmıştır (41). Ancak farklı otoriteler tarafından kırık kaynamamasının kesin bir süre ile tespitinin mümkün olmadığı belirtilmiştir. Kaynamama klinik olarak hastada devam eden ağrı, radyolojik olarak da anteroposterior ve lateral grafilerde en az üç kortekste kaynama yetersizliği durumudur (42).

Radyolojik olarak şüpheli kalınan durumlarda ise bilgisayarlı tomografiye başvurulmalıdır.

Risk faktörleri, hasta bağımlı ve hasta bağımsız olarak sınıflandırılabilir. Hasta bağımlı faktörler modifiye edilebilenler (sigara, alkol, obezite, vitamin D eksikliği, Steroid, NSAİİ ve opiat gibi ilaçlar) ve modifiye edilemeyenler (erkek cinsiyet, yaş, genetik, kronik inflamatuvar hastalıklar, kronik böbrek yetmezliği, diyabet, periferik vasküler hastalıklar, osteoporoz) olarak sınıflandırılabilir. Hastadan bağımsız faktörler ise açık kırık durumu, uygulanan önceki açık redüksiyon cerrahisi, kırığın paterni, kırığın meydana geldiği anatomik bölge, ilk operasyon sonrası kırık bölgesinde boşluk (gap) meydana gelmesi, kompartman sendromu, enfeksiyon olarak belirlenebilmektedir (43).

Mekanik olarak ise kaynamama, malredüksiyon (dizilim bozukluğu, malpozisyon) ve uygun olmayan stabilizasyon (eksik veya yetersiz sabitleme, çok fazla ya da rijit sabitleme, uygun olmayan implant seçimi, uygun olmayan implant pozisyonu veya teknik hatalar) nedeniyle gelişebilmektedir (49).

Kaynamamalar kabaca septik ve aseptik olarak ayrılabilmekte olup septik kaynamamalarda altta yatan bir enfeksiyon varlığından söz edilir. Septik kaynamama vakalarında izlenecek yol hastaya göre değişkenlik göstermekle beraber öncelik enfeksiyonun tedavi edilmesidir. Burdaki tedavi diğer kaynamama tiplerine göre daha kompleks olabilmektedir. Seri debridmanlar, rekonstrüktif işlemler, implant çıkarma, bir veya ikiaşamalı cerrahi tekniklerin kullanılması, antibiyotik kullanımı bu tür durumlarda yapılabilecek tedavinin basamaklarını oluşturmaktadır. Osteomyelit ve amputasyona kadar gidebilecek durumlar oluşabilmektedir. Genelde atrofik kaynamama paterni göstermektedir (50,51).

Bir kısım kaynamayan kemikte, kırık uçlarında skleroz gelişir ve sinovyal zar, fibrokartilaj doku ve müsinöz bir sıvı ile karakterize bir yalancı eklem olduğu gözlenir. “Psödoartroz” olarak adlandırılan bu yapı eklem tiplerini taklit eder, fakat yük taşımaya dayanıklı değildir (52).

2.3.1. Kaynamama Türleri

Weber ve Cech radyolojik görünümü ve biyolojik durumu göz önünde bulundurarak kaynamamaları atrofik ve hipertrofik kaynamamalar olarak iki ana grupta sınıflandırmıştır (53–55):

Avasküler Kaynamama:

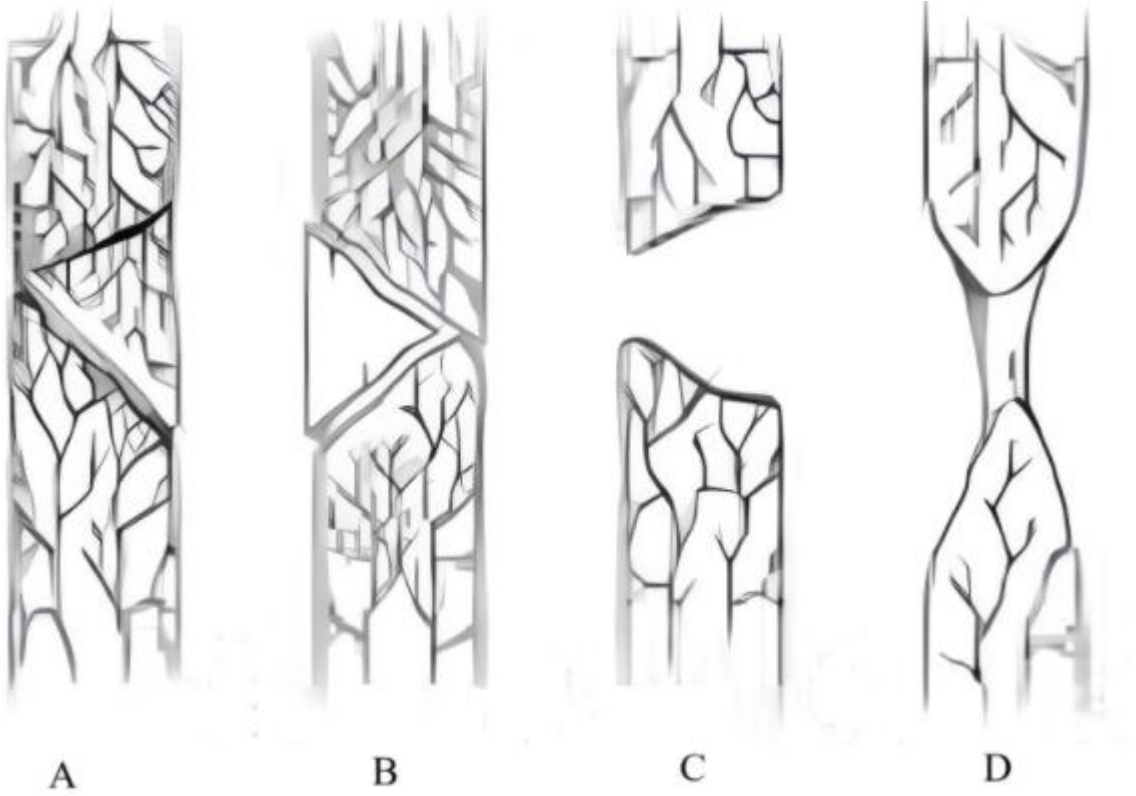
Hücrel olarak kırık iyileşme cevabının çok az veya hiç olmamasıdır. Radyolojik olarak hiç reaksiyonun olmaması ile tanı konur. Kendi içerisinde 4 tiptedir:

2.4.1.1.1. Torsiyon kama tipi kaynamama: Ortadaki parçanın kan akımının azalması veya olmamasıdır. Ortadaki parça, bir ana parçayı iyileştirirken diğer ana parçayı iyileştirmemiştir. Tipikolarak plak ve vida ile tespiti sağlanmış tibia kırıklarında gözlenmektedir.

2.4.1.1.2. Parçalı kaynamama: Birden fazla nekrotik parça sayısı olup radyografide hiç kaynama gözlenmez. Tipikolarak, uygulanmış plağın kırılması sonucu gelişmektedir.

2.4.1.1.3. Defekli kaynamama: Açık kırık veya enfeksiyon sonrasında kemik parçada defekt mevcut olup başlangıçta kırık uçları canlıdır, fakat kemik defektinin büyüklüğü kırığın iyileşmesi için gerekli mesafenin üzerindedir. Bu uçlar da zamanla canlılıklarını yitirmektedir.

2.4.1.1.4. Atrofik kaynamama: Atrofik kaynamama durumunda genellikle ortadaki parça kaybolur ve yerine osteojenik bir potansiyele sahip olmayan skar dokusu oluşur. Kırık uçlarının uzun süre sonunda kısmi olarak incelendiği ve ekstremitede kullanılmamaya bağlı osteoporoz ve kas atrofilerinin ortaya çıktığı genel bir tablo olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 2.7. Avasküler kaynamama. **A**, torsiyon kama tipi kaynamama. **B**, parçalı kaynamama. **C**, defektli kaynamama. **D**, atrofik kaynamama.

Hipertrofik (Vasküler) Kaynamama:

Kırık parçalarının biyolojisi ve kallus yanıtının iyi olduğu, genellikle iyileşmenin remodelizasyon fazına etki eden faktörler sonucu meydana gelen kaynamamalardır. Mekanik stabilitenin yetersiz olduğu kırık uçlarında biyolojinin kırık kaynaması için yeterli kallus oluşturabildiği kaynamama tipi olup 3 tipte incelenmektedir:

Fil ayağı kaynamama:

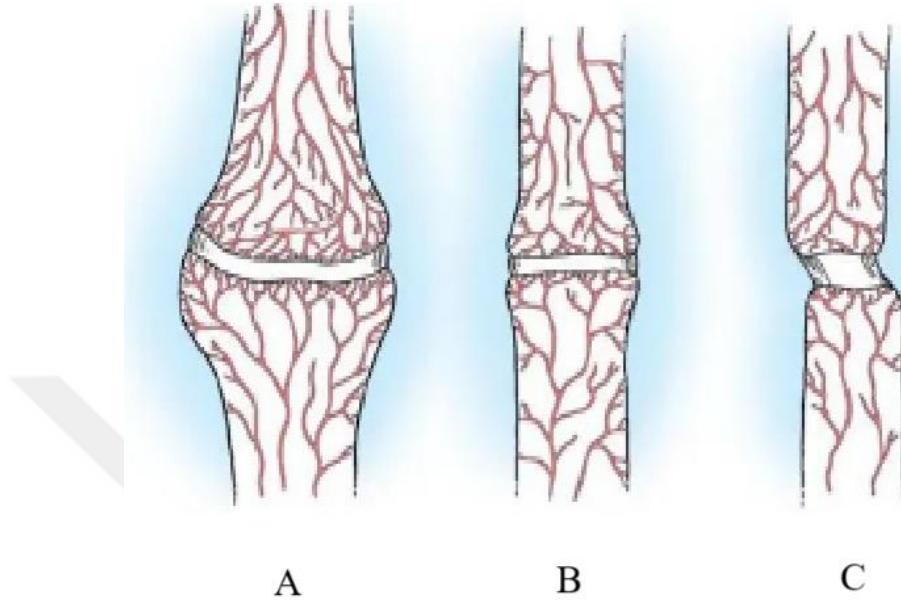
Kırık uçlarının canlı olduğu ve kallus dokusunun bolca bulunduğu kaynamama tipi olup yetersiz stabilitede yapılan tespit, erken yük verme ve erken hareket verme sebebiyle oluşur.

At ayağı kaynamama:

At ayağı kaynamama durumunda fil ayağı tipi kaynamamaya kıyasla daha az kallus dokusu mevcuttur fakat oluşan kallus kaynama için yetersiz miktardadır. Kırık uçlarında bir miktarda skleroz mevcuttur. Genellikle plak-vida ile yapılan yetersiz tespitler sonrası görülmektedir.

Oligotrofik kaynamama:

Kırık uçları vaskülerdir ancak kallus dokusunun gelişmediği hipertrofik kaynamama tipidir. Kırık fragmanın uçları hipertrofik değildir. Kırık uçlarındaki majör deplasman, distraksiyon, veya redüksiyonu tam olmadan yapılan tespit nedeniyle oluşur.



Şekil 2.8. Hipertrofik kaynamama. A, “fil ayağı kaynamama”. B, “at ayağı kaynamama”. C, “oligotrofik kaynamama”.

2.3.2. Kaynamamanın Tedavisi

Cerrahi Olmayan Tedavi Yöntemleri:

Cerrahi müdahaleye ihtiyaç duyulmadan uygulanan yöntemler genellikle kaynamama durumunun erken evrelerinde veya belirli türdeki kaynamama tiplerinde tercih edilir. Bu yöntemler, kemik iyileşmesini desteklemek ve vücuda kaynama sürecini yeniden başlatmak için yardımcı olabilir.

Elektromanyetik Alan Terapisi: Elektromanyetik alan uygulaması, kırık bölgesinde kan dolaşımını artırarak iyileşme sürecini desteklemeyi amaçlamaktadır. Elektrik akımı veya manyetik alanların kırık bölgesinde kemik hücrelerini uyarak kaynamayı teşvik ettiği düşünülmektedir.

Ultrason Tedavisi: Düşük yoğunluklu ultrason dalgaları, kemiğin iyileşme sürecini hızlandırmak için uygulanır. Ultrason tedavisi genellikle kaynamama durumunun hafif vakalarında tercih edilir.

Kalsiyum ve D Vitamini Takviyeleri: Kalsiyum ve D vitamini, kemik kaynaması için gerekli mineralleri sağlar. Takviye tedavisi, özellikle yaşlılar veya osteoporoz gibi metabolik kemik hastalıkları olanlarda önemlidir.

İmmobilizasyon ve Alçı Tedavisi: Bazı hastalarda, kırık bölgesine yeterince istirahat sağlanmadığında kaynamama gelişebilir. Alçı veya özel atellerle immobilizasyon sağlanarak kemik stabilitesi artırılır ve iyileşme desteklenir.

Düşük Yoğunluklu Titreşim Terapisi: Düşük yoğunluklu titreşimler, kemik hücrelerini uyararak iyileşme sürecine katkı sağlayabilir. Özellikle alt ekstremitte kırıklarında, bu terapi kaynamayı desteklemek amacıyla kullanılabilir (52,56,57).

Cerrahi Tedavi Yöntemleri:

Kemik Grefti: Kemik grefti, iyileşmeyi hızlandırmak amacıyla kırık bölgesine başka bir kaynayan kemik parçasının nakledilmesi yöntemidir. Greft, hasta kendi vücudundan (otogreft) veya bir donörden (allogreft) alınabilir. Kemik greftleri, kemik hücreleri, kemik büyüme faktörleri ve yapısal destek sağlayarak kaynamayı destekler.

Plak ve Vida ile Fiksasyon: Kırık bölgesinde stabilite sağlamak için plak ve vida sistemleri kullanılarak kemiğin yeniden sabitlenmesi sağlanır. Bu yöntem, kırık uçlarının doğru pozisyonda osteosentezini sağlar ve kaynamama durumunun giderilmesine yardımcı olur.

Eksternal Fiksatorler: Özellikle kompleks veya enfekte kırıklarda tercih edilen eksternal fiksatorler, kemiğin dışına yerleştirilen metal çubuklar ve çemberler yardımıyla kırık bölgesini sabitler. İlizarov çerçevesi gibi cihazlar, kemiğin kontrollü bir şekilde uzamasını sağlayarak kaynamama tedavisinde kullanılır.

Kompresyon veya Distraksiyon Osteogenezi: Kemik uçları arasında kontrollü bir basınç veya çekme kuvveti uygulayarak kemik dokusu oluşumunu teşvik eden bir yöntemdir. Bu teknik, özellikle segment transport veya uzatma işlemlerinde kullanılır ve İlizarov cihazı gibi özel cihazlarla yapılır.

Kemik Morfogenetik Protein (BMP) Uygulamaları: Kemik morfogenetik proteinler, kemik iyileşme sürecini hızlandıran biyolojik moleküllerdir. BMP enjeksiyonları, kırık bölgesine enjekte edilerek kemik hücrelerinin çoğalmasını ve kaynamayı destekler.

Osteotomi: Kırık bölgesinde kemiğin uygun pozisyonda iyileşmesini sağlamak amacıyla yapılan bir kesme işlemi olan osteotomi, özellikle yanlış kaynama (malunion) durumlarında uygulanır. Kemiğin yeniden şekillendirilmesi, iyileşme sürecini optimize eder.

2.4. Uzun Kemiklerin Defektleri

Kemik defektleri; osteomyelit, yüksek enerjili travma, ateşli silah yaralanmaları, tümör ve atrofik kaynamama nedeniyle debridman gibi birçok nedenle ortaya çıkabilmektedir. Kemik defektlerinin tedavisi hasta ve hekim tarafından sabır ve disiplin gerektiren uzun ve meşakkatli bir süreçtir. Kemik defekt miktarı arttıkça tedavi süresi, tekrarlayan operasyonlar ve karşılaşılabilecek komplikasyonlar artmaktadır. Kayıp miktarı 8 cm üstünde olanlar mega kemik defekti olarak tanımlanmıştır (58–61).

Kemik defektinin bulunduğu alanda yumuşak doku problemleri hatta rekonstrüksiyon gerektiren doku defektleri bulunabilmektedir. Yaralanma esnasında nörovasküler yapılar zarar görmüş olabileceğinden dikkatli dolaşım ve periferik sinir muayenesi yapılmalıdır. Ekstremitte dizilimi, kısalık, mevcut deformite, komşu eklemlerde hareket kayıpları, aktif enfeksiyon varlığı araştırılmalı ve tüm faktörler göz önüne alınarak uygun tedavi planlanmalıdır (61).

2.4.1. Kemik Defektlerinin Tedavi Yöntemleri

Masquelet Yöntemi:

Masquelet tarafından 1986 yılında tanımlanan yöntem, kemik kayıplarının tedavisinde kullanılan etkili bir prosedürdür. Yöntem, özellikle 5 cm ile 25 cm arasındaki kemik kayıplarında başarıyla uygulanmaktadır ve iki basamaktan oluşan cerrahi bir süreçtir. Birinci aşamada rezeksiyon ve debridman sonrasında oluşan ölü boşluk, polimetilmetakrilat (PMMA) adlı kemik çimentosu ile doldurulur. Yaklaşık 8 hafta sonra ikinci aşama olarak cerrahi alan yeniden açılır; PMMA çimentosunun üzerinde oluşan membran nazikçe açılır ve çimento tamamen temizlenir. Oluşan defekt alanı, hastanın kendi kemik grefti (otogreft) ve/veya kadavradan alınan greft (allogreft) ile doldurulur ve kemik stabilizasyonu gerçekleştirilir (62,63).

Kemik Grefti:

Büyük kemik defektlerinin doldurulmasında kortikal ve kansellöz kemik greftleri kullanılabilir. Kortikal kemik greftlerinin mekanik olarak daha güçlü olması ve büyük kemik defektlerini doldurmak için yeterli büyüklükte alınabilmesi kansellöz kemik greftlerine göre temel avantajdır. Greftleme sırasında köprü plaklama kullanılarak stabilizasyon artırılabilir ve kaynamanın sağlanması kolaylaştırılabilir.

Kortikal kemiğin porozitesinin az olması sebebiyle revaskülarizasyon sürecinin uzun sürmesi, kansellöz kemiğe göre daha az sayıda osteoblastik öncü hücre içermesi ve remodelizasyonunun sınırlı olması kansellöz kemiğe göre dezavantajlardır. İmplantasyondan sonraki 12-24 ay osteoklastik aktiviteninde fazla oluşu nedeniyle ilerleyici kemik kaybı meydana gelir ve buna bağlı olarak ilk 6-24 ayda kortikal greftte çökme, kırık gibi komplikasyonlar gelişebilmektedir.

Geleneksel yöntemlerle uygulanan greftlerin revaskülarizasyonunun yavaş ve yetersiz olması büyük boyutlardaki kemik defektlerinin tedavisinde kullanımlarını kısıtladığından dolayı mikrocerrahinin gelişimiyle birlikte vaskülarize kemik greftlerinin kullanımı yaygınlaşmıştır (64). İyileşmesi diğer greftlerden farklı olarak kemik kaynaması prensiplerine uygun olarak gelişmektedir ve yük altında hipertrofiye uğramaktadır (65). Hem kemik defektine hem de yumuşak doku defektine aynı anda müdahale edilebilmektedir. İliak kanatlar, kostalar ve fibula vasküler kemik grefti için uygun bölgelerdir (64,66). Donör saha morbiditesinin olması, ameliyat süresinin uzun olması, anastomozdan sonra greftin dolaşımının takip edilememesi ise vaskülarize kemik greftinin dezavantajları olarak bildirilmektedir (67).

Silindirik Titanyum Örgü Kafes Tekniği:

Titanyum kafeslerin iskeletsisteminde kullanımı 2000'li yıllarda Cobos ve ark. tarafından tanımlanmıştır. Biyolojik olarak uyumlu olmaları ve aksiyel yüklenmeye karşı direnç gösterebilmesi titanyum kafesin avantajlarındandır. Ayrıca kemik grefti ile doldurulması yapısal destek de sağlamakta ve tek aşamalı cerrahi ile nihai tedavi sağlanabilmektedir (68).

Cerrahi yapılırken kemik defektinden 1 cm uzun olacak şekilde hazırlanan titanyum kafesin içine otogreft ve/veya allogreft doldurularak hazırlanır. Mekanik stabilite için genelde intramedüller tespit tercih edilse de plak vida veya eksternal fiksator de kullanılabilir. İntramedüller tespit yapılacaksa kafesin içine kılavuz tel geçirilerek yer hazırlandıktan sonra defektli alana yerleştirme yapılır (68).

Bu teknikte hazır implantlar kullanılmakta, allogreft ve demineralize kemik matriks kullanılabildiği için otogreft ihtiyacı azalmaktadır, ekstremitte uzunluğu sağlanabilir ve harekete izin verebilir. Bu özellikler ve diğer tekniklere göre nispeten kolay olması tekniğin avantajları olarak belirtilmektedir (69).

Akut Kısaltma ve Yeniden Uzatma:

Akut kısaltma ve yeniden uzatma yöntemi, büyük bir vaskülarize osteokutan flebin defekti kapatmak için ilerletilmesi ve beraberinde yumuşak doku defeklerinin de eşlik ettiği kemik kayıplarında greftlemeye gerek kalmadan tüm cansız ve enfekte dokuların lokal sağlıklı dokularla değiştirilmesi olarak düşünülebilir (70). Akut kısaltma ve yeniden uzatma tekniğinde, psödoartroz bölgesi rezeke edilip kısaltılır ve kemiğin sağlıklı bir bölgesinde uzatma için osteotomi yapılır. Bu yöntem, eksternal fiksator yardımıyla kemik kaybının ve mevcut deformitenin düzeltilmesini sağlar. Kısaltma miktarı, ekstremitenin dolaşımıyla ilişkilidir. Tibia için 3 cm altındaki defektlerde akut kısaltma yapılabilirken, daha büyük defektlerde akut olarak 3 cm kısaltma yapılmasına ek olarak, 2 mm/gün hızında kademeli olarak kontrollü kısaltma önerilmektedir (70–72).

Tedavi süreci boyunca yük verilebilmesi, nispeten diğer yöntemlere göre daha kısa sürmesi ve kısaltma yapılacağı için yumuşak doku problemlerinin daha az görülmesi avantajları iken, kısaltma yapılabilmesi için fibulanın rezeksiyonunun gerekmesi, kısaltmaya bağlı kas dokusunun zayıflaması ve ciddi rehabilitasyon ihtiyacı olabilmesi, büyük kemik defeklerinin akut kısaltmaya uygun olmaması dezavantajları arasında sayılabilmektedir (73,74).

Distraksiyon Osteogenezi:

Distraksiyon osteogenezi veya kallotazis, kademeli distraksiyonun, yeni kemiğin oluşturulduğu iki vaskülarize kemik yüzeyi sağladığı bir kemik rejeneratif sürecidir. Kallotazis tekniğinin temel prensibi, iki kemik segmentinin kademeli olarak distraksiyonundan önce horizontal kemik kesisinin (osteotomi) gerçekleştirilmesini içerir. Yavaş yavaş ve giderek distrakte olan iki kemik segmenti arasındaki boşlukta yeni kemik dokusu üretilir. Distraksiyon hızı distraksiyon yerine göre değişiklik gösterebilmekle birlikte genellikle 24 saatte 1 mm kadardır. Distraksiyon LRS, Ilizarov eksternal fiksatorü veya manyetik çivi kullanılarak gerçekleştirilebilir. Bu tekniğin sınırlamalarından biri, yeni

meydana gelen olgunlaşmamış kemik dokusunun olgunlaşması, mineralleşmesi ve sonunda sağlamlaşması için gereken sürenin uzun olmasıdır.

2.3. Distraksiyon Osteogenezi

Distraksiyon osteogenezi prosedürü sırasında dokular sabit bir gerilime maruz kalır ve metabolik olarak aktif hale gelir. Osteotomize edilmiş kemiğin proksimal ve distal kısımları kemik rejenerasyonuna eşit oranda katılır. Bu rejenerasyon süreci sırasında kemik oluşumu, fizyolojik fiz büyümesinden dört ila sekiz kat daha hızlı olan 200-400 µm/gün kadar yüksek bir lineer kemik oluşumu hızı gösterebilir. Yeni kemik oluşumunun miktarı ve kalitesini etkileyen faktörler hastanın yaşı, osteotominin yeri, cerrahi yaklaşımın yönü ve distraksiyon bölgesini çevreleyen yumuşak dokunun miktarıdır (75). Distraksiyon osteogenezi boy kısalıkları, ekstremitte eşitsizliklerinde ve ayrıca segment kaydırmada kullanılmaktadır.

Distraksiyon osteogenezinde sirküler fiksatorler (Kurgan, Lecco ve Bergamo yöntemleri), bilateral fiksatorler (Girgin yöntemi) veya monolateral fiksatorler (LRS) kullanılabilir.

2.3.1. Distraksiyon Osteogenezi Tarihçesi

Boy kısalıkları ve ekstremitte eşitsizliklerinin tedavisi, 19. yüzyılın sonlarına doğru başlamıştır (76). İlk ekstremitte uzatma ameliyatları, Langenbeck (1869), Hopkin ve Perrose (1889) ve von Eiselberg (1897) tarafından yapılmıştır. Bu ameliyatların ortak özelliği, osteotomi sonrası tek seansta uzatma elde etmeleridir (77). Modern kemik uzatma çabaları, İtalya'da A. Codivilla'nın çalışmaları ile başlamış ve 1904'te sunduğu orijinal makalesinde tekniğini tarif etmiştir. A. Codivilla, uzatma yapılacak ekstremitede kalkaneustan bir tel geçirmiş ve bir osteotom ile oblik femoral osteotomi yaptıktan sonra, anestezi veya anestezi olmadan 25-75 kg arası ani distraktif güç uygulamıştır (77).

Chicago'da Magnuson, 1908 yılında "Z" şeklinde bir osteotomi yapıp 14 hastada uzatma uygulamıştır. Magnuson, ani güçlü distraksiyonla uzatma elde etmiş ve fildişi vidalarla osteosentez yapmıştır. Magnuson'un hastalarının hemen hepsinde şiddetli şok gelişmiş, hatta bir tanesi distraksiyon sırasında masada ölmüştür (78).

Kemik uzatmada eksternal fiksatorü ilk kullanan Ombredanne olmuştur. 1913 yılında, poliomiyelitli bir çocukta yaptığı oblik femoral osteotomi sonrası yaptığı tedrici

uzatmayı yayınlamıştır. Osteotominin proksimal ve distal kısmına birer kalın tel yerleştirip bunları uyluğun lateralinde bir cihaza adapte etmiştir. Günde 0.5 cm uzatma ile başlamış, fakat 6. günde cilt nekrozu oluşması nedeniyle 3 cm uzatma ile tedavisini sonlandırmıştır (78).

Putti, 1921'de osteotomi sonrası subtrokanterik ve kondiler birer çivi geçirdikten sonra "osteoton" adı verdiği distraksiyon cihazıyla hastayı 7-8 kilodan başlayan ağırlıklarla traksiyona almıştır. Yaklaşık 30 gün süren distraksiyonla 10 hastada ortalama 8 cm uzatma elde etmiştir (79).

Kırık hematomunun kemik kaynaması üzerine olumlu etkisini ilk kez 1905'te August Bier tanımlamıştır. Kanın toplandığı yerde yeni kemik ve konnektif dokunun mutlaka oluşacağını savunan Bier, bu prensibi 1923'te uzatma yapacağı bir hastada osteotomi sonrası bir hafta bekleyerek ilk kez pratiğe geçirme imkanını elde etmiştir. Böylece latent periyodu tanımlayan ilk kişi olmuştur (80).

Klapp ve Block, 1930 yılında gergin telleri bir eksternal fiksatöre adapte ederek ilk kullananlar olmuşlardır. Kullandıkları sistem, günümüz eksternal fiksatörlerine en çok benzeyen sistemdir (76).

"Kemik distraksiyonu" terimini ilk kullanan kişi, 1931'de David Bosworth olmuştur. Bosworth, frame rijiditesinin önemini vurgulamış ve osteotomi seviyesinin sonuca etki etmediğini iddia etmiştir (76).

Brockway ve Fowler, 1942'de yayınladığı makalesinde hastaların %87'sinde iyi sonuçlar elde ettiklerini bildirmiştir. Gerim kuvvetlerinin osteojenik dokuda yeni kemik oluşumu sağladığını deneysel olarak ilk gösteren kişi, 1942'de Glucksman olmuştur (76).

Wagner, 1963 yılında unilateral bir fiksator kullanarak middiyafizer transvers osteotomi sonrası yaptığı uzatma tekniğini yayınlamıştır. Günde 1.5-2 mm uzatma ile yeterli uzama elde edildikten sonra defekti greftleyip plak vidayla osteosentez yapmıştır (81).

İtalya'dan De Bastiani, 1970'lerde Ilizarov'un fikirlerini kullanarak unilateral dinamize edilebilen bir fiksator geliştirmiştir. Kallotazis veya kallus distraksiyonu adını verdiği bu yöntemde, distraksiyona başlamadan önce 14 gün beklemiştir (82).

Ekstremité uzatma ve eksternal fiksator kullanımı, son 40 yılda bütün dünyada yaygın uygulama alanı bulmuştur. Teknolojik gelişmeler sayesinde daha gelişmiş fiksator sistemleri yapılmıştır (76).

Prof. Dr. G. Abromovich Ilizarov, ilk olarak 1945 te kendi adını verdiği Ilizarov tekniğinin çalışmalarına başlamıştır. 1951 yılında kendi geliştirdiği sirküler eksternal fiksatörünü kırık osteosentezinde kullanmaya başlamıştır. (79).Yine aynı yıl bu tekniği bir hastasında kullanırken, hastanın vidaları yanlışlıkla ters döndürüp kompresyonun aksine distraksiyon yapması sonrasında radyolojik olarak yeni kemik dokusu oluşumunu gözlemlemiştir. Ardından hayvanlar üzerinde yaptığı distraksiyon çalışmaları ile distraksiyon kuvveti varlığında yeni kemik doku oluşabileceğini göstermiş ve distraksiyon osteogenezi kavramını ortaya atıp geliştirmeye başlamıştır. Ilizarov 1981 yılında düzenlenmiş olan 22. İtalyan AO toplantısına davet edilmiş olup geliştirdiği tekniği dünyaya tanıtmıştır. 1982’de modern Ilizarov Hastanesi açılmıştır. Enstitünün çalışanları kendilerini ASAMI (Association for the Study and Application of the Methods of Ilizarov) olarak tanımlamışlardır. Haziran 1984 yılında Ilizarov tekniği ile tedavi edilen 600 hastanın sonuçları İtalya’nın Lecco ve Bergamo şehrindeki konferansta sunulmuştur.

Dr. Paley ve Dr. Frankel Amerika’da Ilizarov sistemin yaygın kullanımının öncüleri olmuşlardır.

Ilizarov tekniği ve uygulamasında önemli bir adım da Dr. Stuart Green’in güvenli zonlar hakkındaki çalışmasının yayınlanmasıdır. Green 1989’da Ilizarov tekniğinin temel noktalarını yayınlamıştır.

Ülkemizde Ilizarov tekniği uygulamaları birçok merkezde yapılmakta olup; psödoartroz tedavisi, açık kırık tedavisi ve ekstremitte uzatma tedavileri bu uygulamaların başında gelmektedir.

2.3.2. Distraksiyon Osteogenezi Cerrahi Prensipleri

Ilizarov Eksternal Fiksatörü:

Ilizarov eksternal fiksatörü, hem kemik kaynamasını sağlamak hem de kemik deformitelerini düzeltmek için kullanılan, çok yönlü bir dış iskelet sistemi olarak tanımlanmaktadır. Bu sistem, mekanik stabilite ve biyolojik iyileşmeyi bir arada destekler. İlizarov sistemi, 20. yüzyılın ortalarında geliştirilmiş ve gerim-stres teorisine dayalı olarak dokuların iyileşmesini hızlandırmak ve kemik rejenerasyonunu teşvik etmek için kullanılmaktadır.

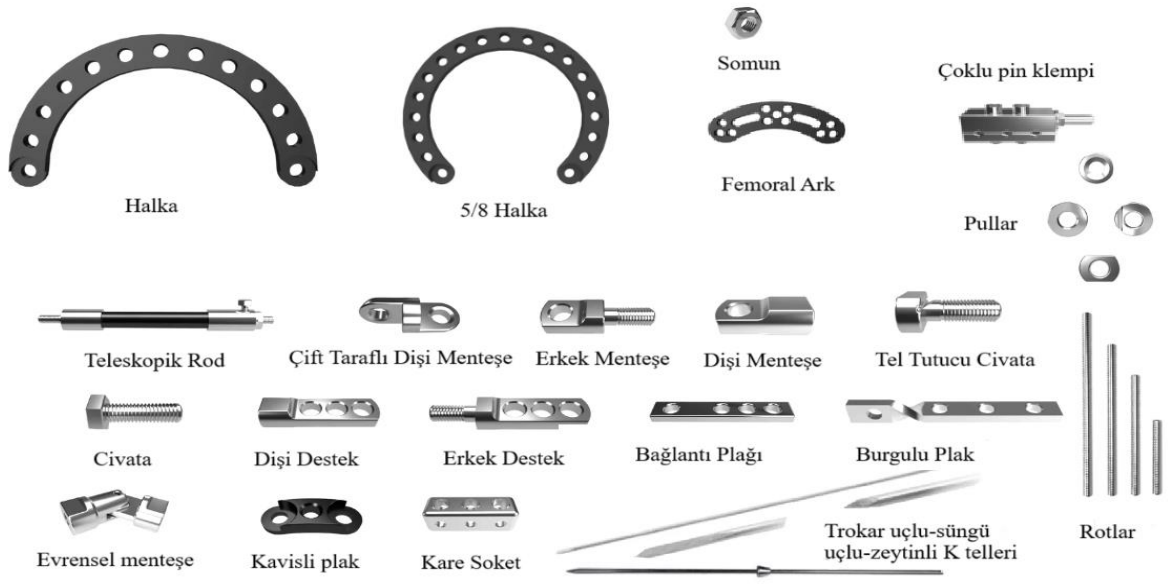
Ilizarov eksternal fiksator sistemini oluşturan halkalar, rodlar, teller ve diğer bağlantı elemanları sayesinde, her üç düzlemde kompresyon, distraksiyon, rotasyon, angülasyon gibi ayarlamalar yapılabilir. Biyomekanik özellikleri, farklı konfigürasyonlar oluşturulmasına ve cerrahi sonrası gerekli modifikasyonların yapılmasına olanak tanır.

Ilizarov'un gerim-stres teorisine göre sürekli traksiyon uygulaması, dokuların metabolik aktivitesini artırır ve proliferasyon ile biyosentezi teşvik eder. Yavaş ve kontrollü distraksiyon, yeni kemik dokusunun (kallus) oluşmasına olanak sağlar (83). Bu biyolojik prensip sayesinde hem tedavi eden, hem iyileşme hem de yeniden şekillendirme sağlayan yeni bir yöntem meydana gelmiştir (84–86).

Ilizarov eksternal fiksatorü, kemiğin şekillendirilmesi ve uzatılması sırasında kanlanmayı artırarak kemik kaynama hızını ve enfeksiyon riskini azaltır ve iyileşmeyi hızlandırır. Hastalar ameliyat sonrası erken dönemde ağırlık verebilir, böylece uzun süre hareketsiz kalmaya bağlı komplikasyonlar (kas atrofisi, eklem sertliği) minimuma indirgenir (87,88).

Ilizarov Eksternal Fiksatorünün Komponentleri:

Farklı çaplardaki halkalar, civatalar, somunlar, rodlar, tel tutucular, stoplu veya düz teller ve şanz vidaları Ilizarov eksternal fiksatorünün ana parçaları olarak geçmektedir. Plaklar, menteşeler, pullar, küpler, L bağlantılar, arklar ve çıkmalar ek yardımcı elemanlar olup sistem üzerinde modifikasyon yapılmasına olanak tanır. Bunlara ek olarak tel kesici, tel gerdirici, 10 luk anahtarlar, delici-kesici motor ve osteotomlar operasyon sırasında ihtiyaç duyulabilecek diğer malzemelerdir.



Şekil 2.9. Ilizarov eksternal fiksator komponentleri.

- **Halkalar:** Tam, yarım veya 5/8 halkalar kullanılır. Halkalar üzerinde 4 mm aralıklarla delikler bulunmakta olup çapları 8 mm kadardır. Hafif alaşımlardan veya radyolüsen maddelerden üretilmektedir. Tam halkanın dokuya zarar verebileceği veya eklem hareketini engelleyebileceği bölgelerde genellikle radyolüsen olan 5/8 halkalar tercih edilmektedir.
- **Teller ve Tel gerdiriciler:** Kemik fragmanlarını Ilizarov çerçevesine tutturur. Çapları 0,5-2 mm arasında değişir. Spongiöz kemikte trokar uçlu, kortikal kemikte süngü uçlu teller tercih edilir. Kemiğe yön verilmesi istenen deformite düzeltme amaçlı yapılan ameliyatlarda kullanılan ya da kemiğin kaymasını önlemek amacıyla kullanımları olan zeytinli (olive) teller de mevcuttur. Teli seçerken ekstremitenin çapı, kemiğin dansitesi ve ihtiyaç duyulan fiksasyon rijiditesi önemli kriterlerdir. Ilizarov tekniğinde kullanılan tel gerdiriciler iç içe geçmiş iki borudan oluşur. Dıştaki boru halkaya otururken içteki Kirschner telini tutar. Gerilme kuvvetinin 1,5 mm çapındaki teller için 210 kg'a, 1,8 mm çaptakiler içinse 305 kg'a kadar dayanabildiği gösterilmiştir. İdeal gerim tecrübeye bağlı olup yapılan çalışmalarda tel çapına göre sırası ile 105 kg ve 150 kg olarak saptanmıştır.
- **Rodlar, Somunlar, Civatalar ve Klempler:** Mekanik bağlantılar sağlar, halka ile birleştirilme sonrası kompresyon veya distraksiyon için ayarlanabilir. Rod ve somunlardaki yiv çapı 6 mm'dir. Somunda her 1 cm'de 10 yiv bulunur ve 360 derece dönmesiyle rodun üzerindeki sağlanan hareket miktarı 1 mm'dir. Somun ve civatalar

sistem elemanlarını birbirine bağlar. Klempler erkek ve dişi olmak üzere iki tiptir. Erkek klemplin bir tarafında yivli rod bulunur. Dişi klempte ise vidanın girebileceği yivli delik mevcuttur. Delik sayıları farklı olabilir.

Ilizarov Eksternal Fiksatorünün Biyomekaniği:

Ilizarov eksternal fiksatorünün stabilitesi, çerçevenin kemik fragmanlarını kompresyon ve aksiyel yüklenme gibi kuvvetlere karşı dayanıklı hale getirmesiyle sağlanır (89). Meydana gelen mikro hareketlerin iyileşmeyi teşvik ettiği, ancak aşırı hareketlerin süreci olumsuz etkileyebileceği bilinmektedir (87). Halka çapı ve malzemesi de biyomekaniğini etkiler. Küçük çaplı ve hafif materyallerden üretilmiş halkalar, stabiliteyi artırır. Örneğin, halka çapındaki 2 cm'lik bir artış stabiliteyi %43,5 oranında azaltabilir (90,91,92).

Tellerin gerginliği ve sayısı, aksiyel ve torsiyonel stabiliteyi etkiler. Tel gerginliğinin artmasıyla bükülme ve aksiyel stabilitenin artıp torsiyonel stabilitenin azaldığı belirtilmiştir (87). Düz K teli yerine stoplu teller kullanılması, tel sayısı ve eksantrik yerleşim, stabiliteyi artırır (90,93,94). Ayrıca stoplu K telleri fragmanlar arasındaki makaslama kuvvetlerini azaltarak kaynamayı hızlandırabilmektedir (87,90).

Ilizarov eksternal fiksator sisteminde genel olarak distraksiyon hattının her iki tarafında ikişer halka önerilir (95,96). Stabiliteyi artırmak için hibrit sistem olarak adlandırılan 2 tel + 1 şanz vidası, 1 tel + 2 şanz vidası veya 3 şanz vidası uygulamaları yapılabilmektedir (93,94).

Ilizarov Eksternal Fiksatorünün Uygulanması:

İlk önce uygulanacak halka çapı belirlenir. Halkalar, yumuşak doku ile en az 2-3 cm mesafe bırakılarak yerleştirilir (90). Pratikte, çerçeve üzerinde arkadan iki, önden ise bir parmak olacak şekilde mesafe bırakılması ve tibiaya yapılması planlanan uygulamalarda bacağın hafif anteromedial konumlandırılması yararlı olacaktır (90).

Hastayla yapılması planlanan işlem uygun şekilde tarif edilerek paylaşıldıktan sonra operasyon öncesi dönemde gerekli radyografik incelemeler yapılmalı, çerçeve hastanın üzerinde denenmelidir. En iyi stabilite dört halka ile sağlanmakla beraber üç halka da tercih edilebilmektedir. Deformitesiz kemik taşıma planlanıyorsa halkaların birbirine paralel olmasına dikkat edilmelidir (90,91).

Transfiksasyon telleri yerleştirilirken anatomik kesitlere dikkat edilmelidir. Tellerin nörovasküler yapıların en az 2 cm uzağından geçirilmesi gerekmektedir (83,92,93). Özellikle damar ve sinir traselerinin farklı kesitlerdeki konumlarını iyi bilmek önemlidir. Anatomik yapılar yalnızca damar ve sinirlerle sınırlı değildir; kaslar, tendonlar, deri ve kemik gibi diğer anatomik yapılar da dikkate alınmalıdır. Tellerin uygun bir şekilde geçişi sağlanırken, birden fazla seçenek mevcutsa, telin cilt ve kemik arasındaki yumuşak doku kitlesini mümkün olan en az seviyede kat etmesine özen gösterilmelidir.

Transport işlemi sırasında K telleri, ilk uzatma sırasında cildi germemek adına cilt kortikotomi bölgesine doğru çekilmelidir. Teller yerleştirilirken içinden geçecek kasların maksimum boyda olacak pozisyonda yerleştirilmesi ve tendonlardan tel geçirilmemesi hareket kısıtlılığına yol açmaması açısından önemlidir. Halkaya yaklaştırmak için teller eğilmemeli; bunun yerine halka tele yaklaştırılmalı veya tel ile halka arasındaki boşluk pul veya post gibi yardımcı aletlerle giderilmelidir. K telleri halkalara tutturulduktan sonra tel gerdiriciler yardımıyla gerilir. Transport veya uzatma için osteotomi gerçekleştirilir (83,92,93). Kortikotomiler sıklıkla metafizer bölgeden tercih edilir. Uzatma işlemine çocuklarda 5 gün, yetişkinlerde ise ortalama 7 gün sonra başlanır. Uzatma yapılırken günlük 1 mm kadar uzatma yapılacak şekilde dört kez 0,25 mm olarak uygulanır (84,94).

Transport işlemi sırasında, fragmandan geçirilen tel ve şanz vidaları, eğer fragmanın ucuna çok yakın yerleştirilirse, birleşme anında hedef bölgedeki halka ile çakışır ve buna bağlı olarak kompresyona engel olabilir. Telin çok proksimale yerleştirilmesiyle fragman transport sırasında uygun olmayan yönler kayabilir. En uygun bölge transportu yapılan segmentin hedefe giden ucunun 2,5 cm kadar gerisidir. Transport işlemi 7-8 cm'den fazla yapılacaksa, kemiğin proksimaline ve distaline iki kortikotomi yapmak distraksiyonun hızını iki katına çıkarabilir. Transport sırasında belirli aralıklarda röntgen takibi yapıp kaynama değerlendirilmelidir.

Tibiada Ilizarov Eksternal Fiksatorü ile Kemik Transportu Tekniği:

Tibia üzerinde yapılan Ilizarov uygulamalarında, nörovasküler komplikasyonları minimuma indirmek amacıyla güvenli tel geçiş yönlerinin belirlenmesi kritik öneme sahiptir. Bu yönler, hem anatomik yapıları korumak hem de eklem hareketliliğini sağlamak için doğru bir şekilde seçilmelidir. Tel geçirilirken dikkate alınması gereken dört temel yön mevcuttur:

1. Anteroposterior (AP): Ön ve arka yön.

2. **Mediolateral veya Transvers (ML):** Medyal ve lateral yön.
3. **Medial Oblik (MO):** Anteromedialden posterolaterale doğru eğilim.
4. **Lateral Oblik (LO):** Anterolateralden posteromediale doğru eğilim.

Şanz Vidalarının Yerleştirilmesi

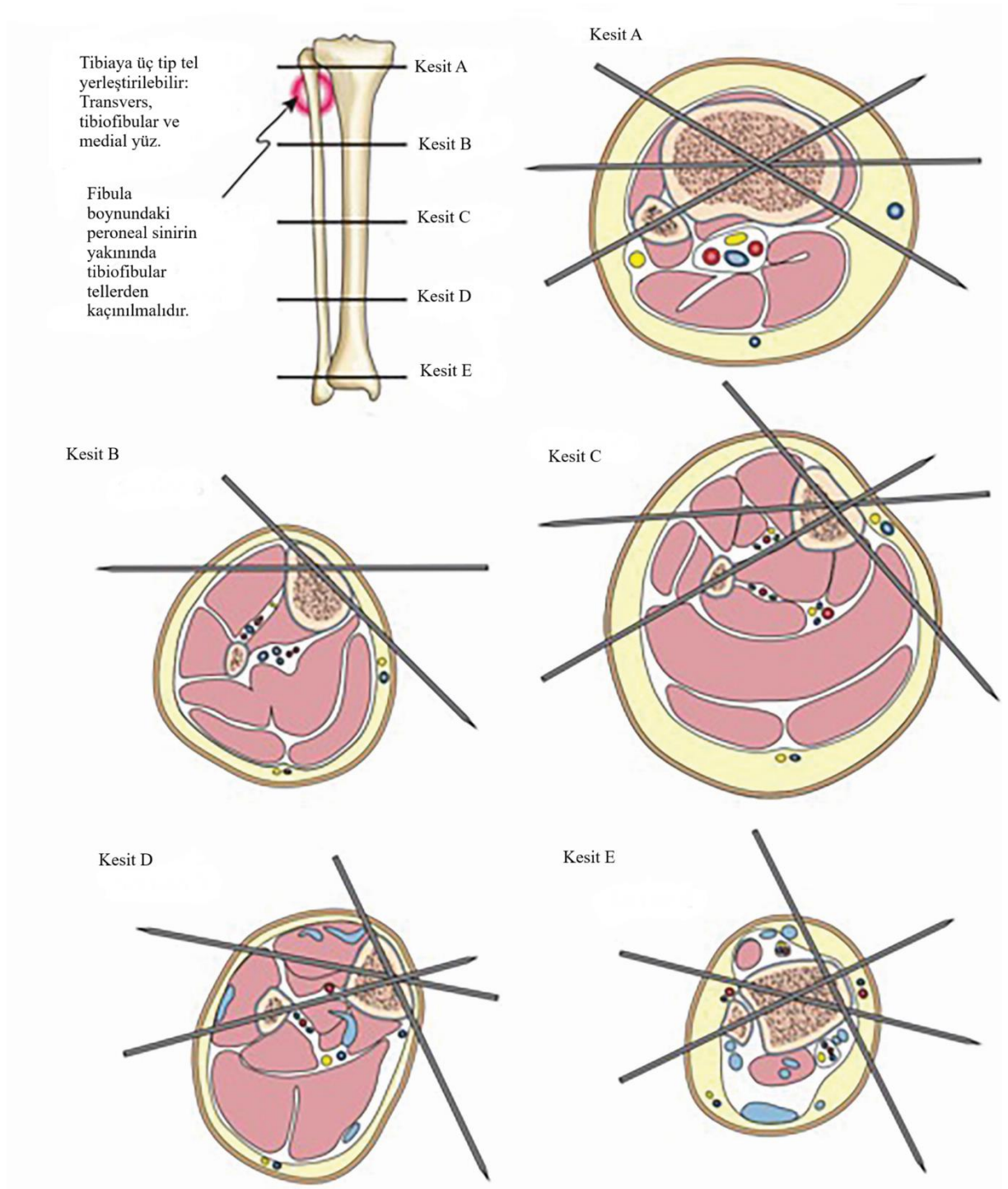
Proksimal Bölge: Şanz vidaları, tuberositas tibia'nın medial ve lateraline yerleştirilirken patellar tendonlara zarar vermemek için dikkatli bir şekilde yerleştirilmelidir.

Distal Bölge: Şanz vidaları, medialden diğer tele en az 60° açıyla yerleştirilmeli ve tendonlara zarar vermemelidir.

Güvenli K Teli Geçiş Yönleri:

- **Proksimal Bölge:** Tibia'nın posterior kısmına geçmemek şartıyla ML, MO ve LO yönelimleri genellikle güvenlidir.
- **Orta Bölge:** Tibia ortasında tel geçişleri için posteriordan ve interosseöz membran içindeki damar-sinir yapıları dikkate alınmalıdır. Orta bölümde ML ve MO yönelimli tel geçişleri güvenlidir.
- **Distal Bölge:** Distalde MO ve LO yönelimli tel geçişleri güvenlidir. Özel bir durum yoksa, distal bölgedeki fibula tespiti yapılmalıdır. Bu seviyede ilave ML geçişi de güvenlidir.

Daha önce hazırlanan çerçeve, hastaya uygun şekilde kururise yerleştirilir. İlk adımda, proksimalden bir adet tercihen stoplu K teli, fibula başından tibiya doğru geçirilir. Ardından, distal bölgede ayak bileği ekleminden 2 cm proksimale kadar bir adet K teli lateralden mediale doğru yerleştirilir ve çerçeve tespiti sağlanır. Rodların her iki taraftan tibiya paralel olması sağlanmalıdır (92,93).



Şekil 2.10. Tibiadan güvenli geçiş bölgeleri (95).

Proksimal bölgedeki K telleri yerleştirilirken ayak bileği nötral pozisyonda tutulur. İç-dış yönlerde yerleştirilirken diz tam ekstansiyona, çıkarılırken ise diz fleksiyona getirilir. Distal bölgede ayak bileği dorsifleksiyona getirilerek teller yerleştirilir. K tellerinin anterior kompartmandan geçirilmesi planlanıyorsa ayak bileği plantar fleksiyona alınmalı, peroneal kaslardan yerleştirilme durumunda ise iç rotasyona getirilmelidir. Bu hareketler eklem hareket açıklığını korumak açısından önemlidir (93,96,97).

Sistem stabil hale geldikten sonra tibiaya kortikotomi yapılır. Eğer fibulaya osteotomi planlanıyorsa, n. peroneus'un hasar görmemesi için osteotomi fibulanın 1/3 distalinden yapılmalıdır. Osteotomi hattındaki rodlar çıkarılır ve osteokalazinin tamamlanmasından emin olmak için distal halkalar dışarıya doğru döndürülür. Osteotomi sonrasında sistemin vidaları sıkılır ve tel ve şanz vidalarının dipleri gerekli görülürse sütür ile sabitlenir. Pansuman yapılarak işlem sonlandırılır.

Femurda Ilizarov Eksternal Fiksatorü ile Kemik Transportu Tekniği:

Femur uzatması, tibia uzatmasından daha karmaşık bir işlem olarak kabul edilir. Bu zorluğun üstesinden gelmek için, femura Ilizarov uygulamalarında genellikle hibrid tipte Ilizarov sistemleri kullanılır. Femur anatomik aks boyunca uzatıldığında dizde valgus stresi oluşabilir. Bu durumu önlemek için uzatma işlemi sırasında femurun anatomik ve mekanik aksları arasındaki açı farkı dikkate alınmalıdır.

Femur çevresindeki yoğun kas kütlesi ve iliotibial bant içinden geçiş, işlem sonrası eklem sertliği ve hareketle ilişkili ağrılara yol açabilir. Bu nedenle, Ilizarov eksternal fiksator uygulaması anatomik yapılar göz önünde bulundurularak tasarlanmalıdır. Femur uzatmalarında LRS daha sık tercih edilmektedir.

Femurun proksimal kısmında, lateral ve oblik yarım çivilerle hibrid uygulama yapılarak ve femoral arter- ven-sinir ve siyatik sinir korunarak AP pozisyonunda oblik tellerin geçişi mümkünken, orta ve distal bölgelerde 90°'ye yakın tel geçişleri gerçekleştirilebilir.

Daha distal bölgelerde de 90°'ye yakın tellerin geçirilmesi mümkündür. Bu bölgelerde, mediolateral (ML), medial oblik (MO) ve lateral oblik (LO) tellerin geçişi sağlanabilir. Diz bölgesinde cildin en az hareket ettiği noktalar seçilir; bu, hareketle oluşabilecek ağrıyı azaltır ve eklem hareket genişliğini artırır.

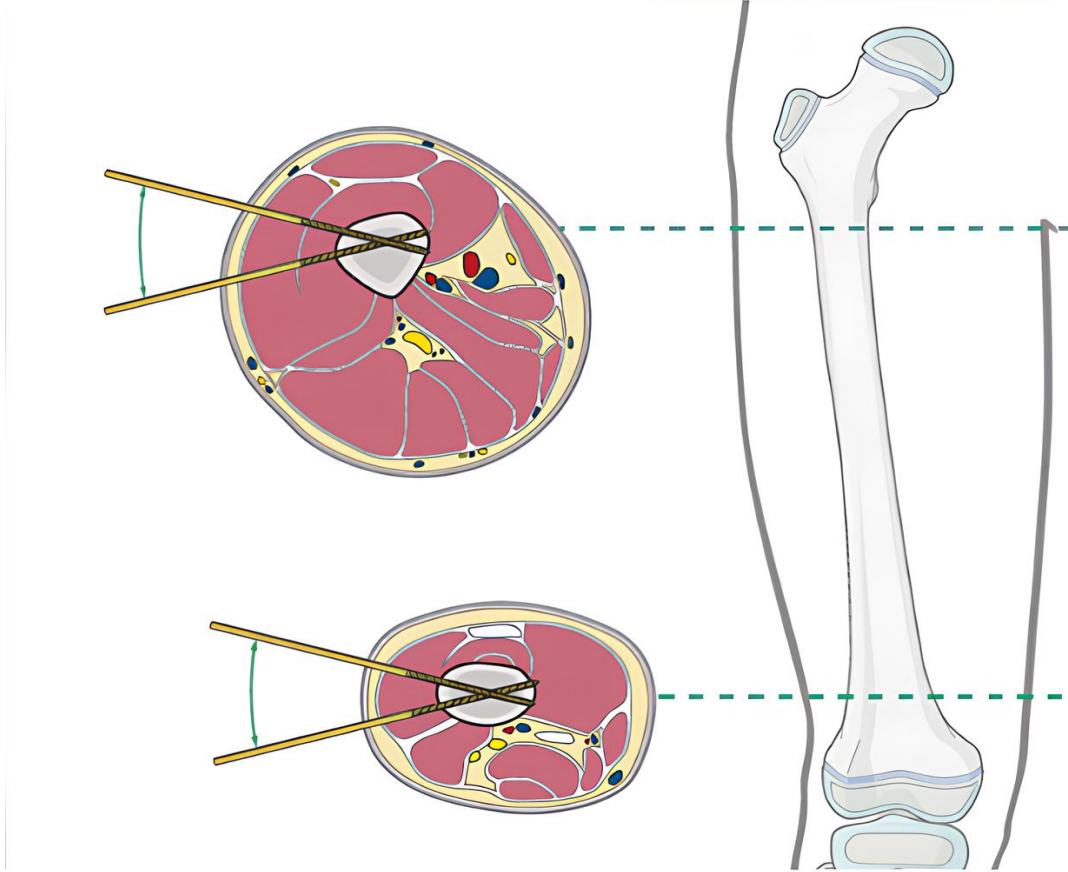
Femurun distal kısmına iki çember hazırlanır. K telleri, m. quadriceps femoris üzerinden geçirilirken diz 90° fleksiyona getirilir ve tel karşı korteksten geçtikten sonra diz tam ekstansiyona alınır.

Femurun proksimaline cihazın uygulanması iki yöntemle yapılabilir:

1. Birinci yöntem: Femur proksimaline uygun yarım çemberler, distaldeki ikinci veya üçüncü çembere 2 rod ile bağlanır. Şanz vidaları trokanter veya subtrokanterik bölgeye sabitlenir.

2. İkinci yöntem: Distaldeki çemberlere bağlanan kalın rodlar femoral ark üzerine yerleştirilir. Rankolar yardımıyla şanz vidaları bu sisteme eklenir (90).

Osteotomi seviyesi belirlendikten sonra lateralden mini bir insizyon yapılır. Matkap ile çoklu delik açıldıktan sonra osteotomi işlemi tamamlanır. Osteotomiden emin olduktan sonra sistem sıkılır ve pansuman yapılır. Pin dibi enfeksiyonları femur uzatmalarında daha sık görülür, bu nedenle hijyen ve enfeksiyon kontrolüne özel önem verilmelidir. (98).



Şekil 2.11. Femurdan güvenli geçiş bölgeleri (99).

2.3.3. Monolateral Eksternal Fiksatorler

Monolateral eksternal fiksatorler, tek bir taraftan kemiğe bağlanan cihazlardır. Kolay uygulanabilir, daha az yer kaplar ve hasta konforunu artırır. LRS (Orthofix®) ve Dinamik Aksiyel Fiksator (DAF) gibi cihazlar monolateral eksternal fiksatorlerdir.

Limb Reconstruction System (LRS), uzuv kısalması, kemik kaybı, açık kırıklar, kaynamama ve açısal deformitelerin tedavisinde kullanılan, rekonstrüktif prosedürlere yönelik bir dizi modüler monolateral eksternal fiksator içerir (100,101).

Bu sistem 2 veya daha fazla kemik parçasını birbirine göre manipüle etmek için tasarlanmıştır. Sistem, yeni kemik oluşturmak için kemik parçalarını yavaşça ayırarak, deformiteyi düzeltmek için göreceli konumlarını değiştirerek veya her iki prosedürü de birlikte uygulayarak işlev görür. Bu manipülasyon, her kemik segmentine yerleştirilen 2 veya 3 kemik vidası ile sağlanır. Vidalar, gelişmiş ray üzerindeki klemplerdeki vida yuvalarına sıkıca sabitlenmiştir ve bu klempler, rayın eksen boyunca hareket ettirilebilir. Bir kemik parçasının diğerine göre açlandırılması ve ötelenmesi mümkündür. Akut düzeltme, akut açısal düzeltme şablonları kullanılarak, aşamalı düzeltme ise aşamalı düzeltme kelepçeleri ile gerçekleştirilir (102).

LRS Eksternal Fiksatorünün Komponentleri:

Limb Rekonstrüksiyon Sistemi (LRS), karbon fiber veya alüminyumdan imal edilmiş, kemiğin uzunluğuna veya uzatma planına göre farklı boyutlarda seçilebilen oluklu raylar, şanz vidalarını çeşitli açılarda tutabilen klempler ve distraksiyon-kompresyon birimlerinden oluşur.

Oluklu Raylar: Karbon fiber veya alüminyumdan yapılmış olup rayın uzunluğu, kemiğin uzunluğu veya hedeflenen uzatmanın ölçüsüne göre seçilebilmektedir.

Şanz Vidaları: Kemik çapı 20 mm ve daha fazla ise, 5 veya 6 mm çapında vidalar kullanılır, kemik çapı 20 mm'den ince ise 3,5 veya 4,5 mm çapında vidalar tercih edilir.

Vidaların boyları ve dış uzunlukları: Kemiğin boyutuna göre ayarlanmalıdır. Bazı vidalar kompresyon uygulama kapasitesine sahiptir.

Klempler:

Düz klempler, raylara adapte edilebilir, 2 veya 3 şanz vidasını tutarak kemik sabitlemesini sağlar.

T-klempler, şanz vidalarını kemik aksına dik tatbik eder.

Dönebilen klempler, farklı açılarda şanz vidası yerleştirme imkanı tanır.

Çok yönlü klempler, farklı açı ve yönde vida tatbiki yapar, ancak uzatma işlemi yapılamaz.

İki katlı (sandviç) klempler, kemik aksının ray aksıyla uyumsuz olduğu durumlarda veya iki düzlemde vida tatbiki gerektiğinde kullanılır.

T-anahtar: Şanz vidalarının uygulanması için kullanılır.

Şanz vidası kılavuzu, vidaların doğru pozisyonda tatbik edilebilmesini sağlar.

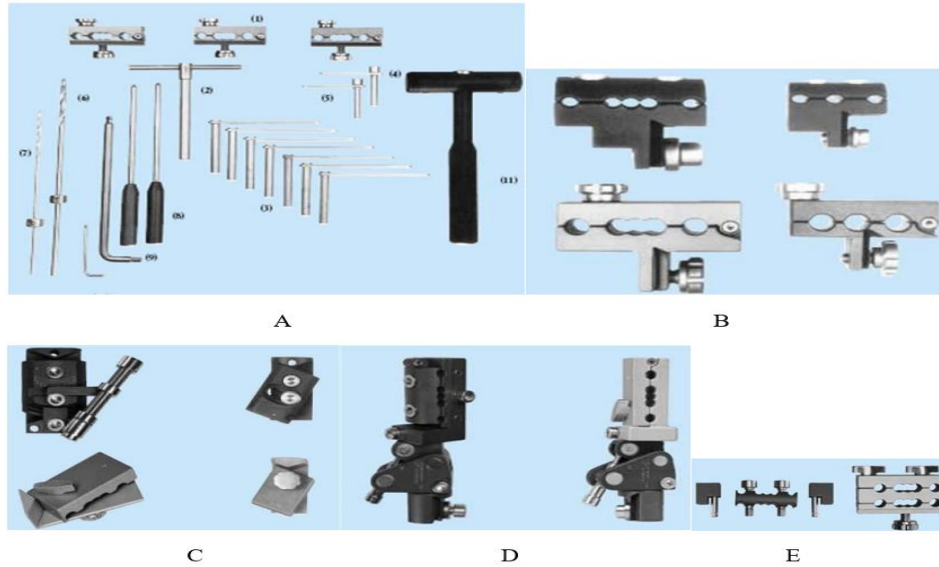
4,8 mm matkap ucu, 5 veya 6 mm lik şanz vidalarına yol açmak için kullanılır. Kemik nekrozu ve gevşemeyi engeller.

3,2 mm matkap ucu, 5 veya 6 mm lik spongiöz vidalar için veya 3,5- 4,5 mm kortikal vidalar için uygundur.

Trokar: şanz vidası kılavuzu ile doğru kortikal pozisyonu belirler.

Distraksiyon kompresyon üniteleri: Ray boyunca kemiğin kontrollü olarak hareket ettirilmesini sağlar.

Polihedral Allen anahtarı (6 mm): Klempe, vida ve tutucularının kilitlenmesi ve çıkarılmasında kullanılır (103).



Şekil 2.12. LRS eksternal fiksatörün komponentleri. **A**, LRS fiksatörün tatbik edilmesi için gerekli komponentler. **B**, T klempe. **C**, dönebilen klempler. **D**, çok yönlü klempler. **E**, iki katlı klempler.

2.4. Kortikotomi

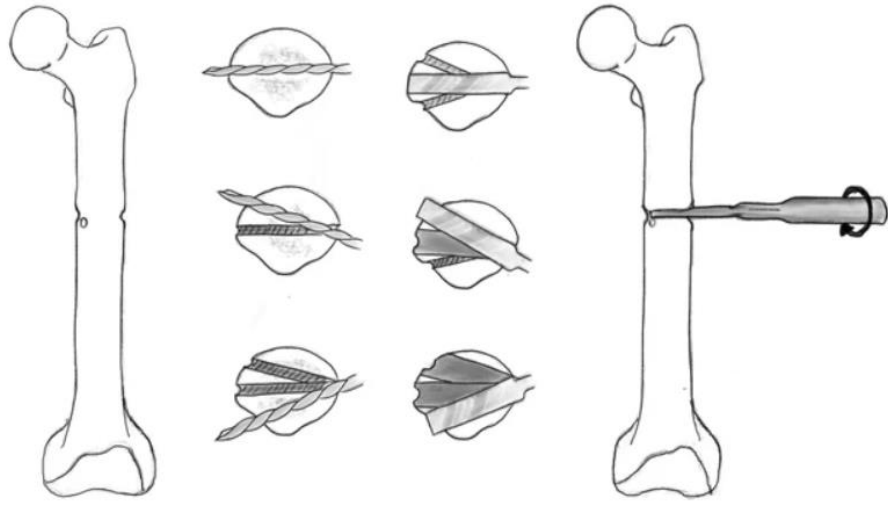
Kortikotomi otomatik testere, matkapla çoklu delme sonrası osteotom ve gigli testeresi yardımı ile olmak üzere üç şekilde yapılabilir:

Tibiaya Gigli testeresi yardımıyla osteotomi yapılırken osteotomi yapılacak kemiğin çevresinde (osteotomi yapılacak kemik segmentinin her iki tarafında) iki küçük kesi yapılır. Gigli teli, bu kesilerden geçirilerek kemiğin çevresini sarar. Telin pozisyonu, kemiğin hedeflenen bölgesine düzgün bir şekilde oturacak şekilde ayarlanır. Gigli teli, özel bir testere gibi kullanılarak kemik üzerinde ileri-geri hareket ettirilir. Bu hareketlerle tel, kemiği düzgün ve kontrollü bir şekilde keser. Kemiğin yalnızca korteks (kemik kabuğu) kısmı inceltir ve periosteumun olabildiğince korunmasına özen gösterilir. Telin eşit ve kontrollü bir şekilde hareket ettirilmesiyle, kemiğin istenilen yerinde ve açıda bir kırık (osteotomi) oluşturulur.

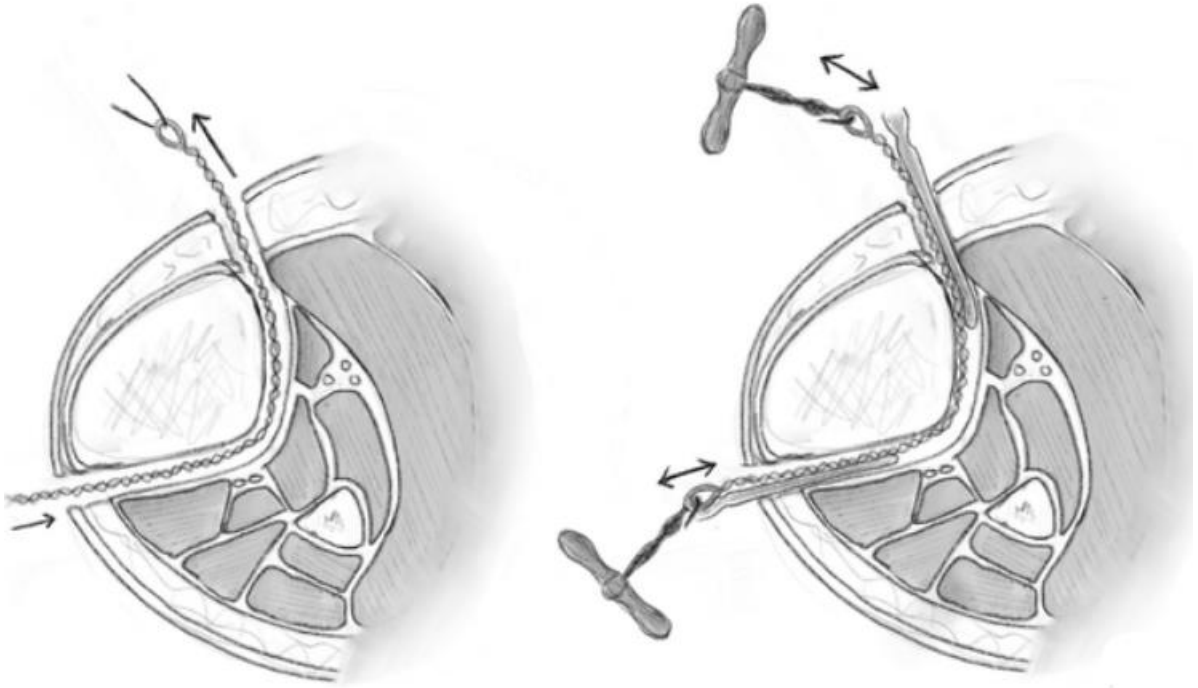
Tibiaya kliniğimizde uyguladığımız gibi osteotom yardımıyla osteotomi yapılırken osteotomi yapılacak seviyede medialden mini bir insizyonla girilerek tibiaya ulaşılır, etraf yumuşak dokulara ve periosteuma zarar vermeyecek şekilde çoklu delme sonrası osteotomi gerçekleştirilir ve osteotomi manevra yaptırılarak kortikotominin tam olarak yapıldığından emin olunur. Osteotomi gerekirse patlayıcı tarzda yapılır ve bu sayede bölgedeki fragmanlardan dolayı vaskülarizasyon artırılarak kaynamanın daha iyi gerçekleşmesi için ortam hazırlanır.

Otomatik testere kullanılacaksa tibia altına ekartörler yerleştirilerek ekartörlerin kalkan olarak kullanılmasıyla otomatik testerenin çevre yumuşak dokulara zarar vermesi engellenir (104).

Femurda kortikotomi genellikle çoklu delme sonrası osteotom ile veya doğrudan osteotom ile yapılır. Çoklu delme işlemi yapılması planlanıyorsa osteotomi yapılacak düzeyde mini bir insizyonla ciltaltı, fasya ve kas dokuları geçildikten sonra matkap ile çoklu delme işlemi gerçekleştirilir ve ardından osteotom ile kortikotomi tamamlanır. Kortikotominin tam olarak yapıldığından emin olmak amacıyla ara rodler gevşetilir, böylece segmentlerin hareketi serbest hale gelir. Ayrıca osteotominin proksimal ve distal halkaları kontrollü bir şekilde distrakte edilerek ve rotasyonel olarak çevrilerek kemiğin tam olarak kesildiğinden ve yumuşak dokuların zarar görmediğinden emin olunur (88).



Şekil 2.13. Çoklu delme sonrası osteotom yardımıyla yapılan osteotomi.



Şekil 2.14. Gigli testeresi yardımıyla yapılan osteotomi.

2.5. Distraksiyon Osteogenezinin Evreleri

2.5.1. Latent Evre

Distraksiyon osteogenezi süreci, kortikotomiyi takip eden 5-7 günlük bir latent dönem ile başlangıç gösterir. Latent dönem, kırık iyileşmesinin başlangıç safhasıyla büyük benzerlikler gösterir. Kortikotomi bölgesindeki reaksiyon, kemik ve yumuşak dokuların onarımına yönelik bir süreç başlatır. Bu bölgede oluşan boşluk, hematomla dolar, fibrin

kılıfla çevrelenir ve yoğun bir iltihabi hücre infiltrasyonu oluşur. Distraksiyon başlamadan önce, mezenkimal hücreler aktive olur ve organize bir şekilde çoğalmaya başlar. Bu hücreler immatür vasküler sinüzoidler ve kollajen köprüler oluşturur. Transformasyon osteogenezinde ise bu döneme ihtiyaç yoktur. Mezenkimal hücrelerin ön organizasyonu olmaksızın süreç doğrudan osteojenik aktivite ile başlar. (105).

2.5.2. Distraksiyon Evresi

Distraksiyon başlangıcında fibrovasküler köprü distraksiyon yönünde organize olur. Kollajen ağı tendon benzeri bir yoğunluk kazanır ve daha az vasküler hale gelir. Gerim toleransını aşmayan hız ve ritimde distraksiyon uygulanmalıdır, aksi halde doku bütünlüğü zarar görebilir (105).

Distraksiyonun birinci haftasında distraksiyon aralığındaki 6-7 mm'lik fibröz avasküler doku, fibröz interzon adı verilen yapıya dönüşür. Bu yapı kollajen lifleri arasında iğ şeklindeki fibroblastları barındırır. Bu dönemde henüz osteoid ve osteoblastlar bulunmaz (105).

Distraksiyonun ikinci haftasında, fibröz interzonun her iki yanında, vasküler sinüzoidlerin yakınında kümeler halinde osteoblastik hücreler ortaya çıkar. Osteoblastlar, kollajen demetlerini osteoid benzeri matriks ile birleştirir. Haftanın sonunda osteoid hücreler mineralize olur ve kemik spikülleri (primer mineralizasyonun öncüleri) oluşur. Osteojenik süreç, periost, korteks ve medüller kanal dahil kesilen tüm yapılarda gözlemlenir (105).

Distraksiyonun üçüncü haftasında, osteojenik yapılanma belirginleşir; kemik spikülleri uzar, mikrokolonlar oluşur ve fibröz interzon ossifikasyonu gerçekleşir. Yeni kemik spiküllerinin etrafında büyük, ince duvarlı yapıların gelişmesi devam eder (105).

Distraksiyonun son haftasında tam ossifikasyon meydana gelir, fibröz interzon tamamen ossifiye olur; aralık tam olarak köprüleşir ve bir tane kalın mikrokolon oluşur. Bu, distraksiyon sürecinin kemik oluşumu açısından tamamlandığını gösterir (105).

2.5.3. Konsolidasyon Evresi

Konsolidasyon döneminde, distraksiyon osteogenezi ile oluşan osteojenik süreç tamamlanarak kemik dokusu yeniden şekillenir. Bu süreç şu şekilde gerçekleşir:

- Primer kemik, büyük merkezi nörovasküler bir kaynağa sahip Haversian kemiğine dönüştürülür. Vasküler sinüzoidler köprüleşerek bölgenin kanlanmasını artırır.

- Kemik yeniden şekillendirilmesi 4-6 ay boyunca devam ettikçe, yeni kemik iliği de üretilir.

- İnflamasyon ve kemik oluşumu sinyallerinin çoğu distraksiyon fazına göre azalırken, kemik mineralizasyonunu desteklemek için TGF- β 1 ekspresyonu korunur.

- Osteoklastlar bu fazda kemik yeniden şekillendirmede önemli bir rol oynar ve bunun sonucunda RANKL, IL-1 ve TGF- β 'nin daha yüksek ekspresyonu olur.

- Fibröz interzon mineralize mikrokolonlara dönüşür. Bu dönüşüm ossifikasyonun başlangıcıdır ve mekanik stabilite sağlar.

- Osteojenik bölge, korteks ve medulla olarak yeniden şekillenir.

- Oluşan kemik kolonları lameller ve laküner yapılar gösterir. Bu özellikler kemik dokusunun dayanıklılığını ve biyomekanik özelliklerini destekler.

- Konsolidasyon 4-6 ay boyunca kademeli olarak gerçekleşir ve yeniden şekillenme 12-24 ay sonra tamamlanır.

Kemik kolonları arasındaki fibrovasküler doku, zamanla normal kemik iliği dokusuna dönüşür (105,106). Konsolidasyon süresinin genel olarak distraksiyon evresinin iki katı bir sürede tamamlandığı kabul edilir.

2.6. Distraksiyon Osteogenezinin Başarısını Etkileyen Faktörler

Histolojik, biyokimyasal, histokimyasal ve radyonükleer görüntüleme çalışmalarına göre gerim-stres osteogenezi sürecinde kemiğin kalitesini ve miktarını belirleyen beş ana faktör şunlardır: doğrudan kemik oluşumunu etkileyen osteotomi sırasında kemik iliği, periostal yumuşak dokular ve besleyici arterlerde meydana gelen hasar miktarı, gerim-stres osteogenezi için uygun bir mekanik ortam sağlayan fiksasyonun rijiditesi, osteotomi ile distraksiyonun başlaması arasındaki bekleme süresi olan latent dönem, kemik rejenerasyonunun miktarını ve kalitesini belirleyen distraksiyon hızı ve frekansı (84,107).

Osteotomi yapılırken çevre yumuşak dokulara daha az zarar verilmesinin osteojenik aktiviteyi artırdığı gözlemlenmiştir.

Yapılan fiksasyonun rijidite seviyesi ile osteojenik aktivite doğru orantılı olarak artmakta ve yetersiz stabilite durumunda psödoartroz gelişebilmektedir. Stabil bir fiksasyon erken harekete ve yük vermeye de izin verdiğinden kallus olgunlaşması ve fonksiyonel iyileşme için de önem arz etmektedir. Fiksator rijiditesinin stabilitesini artırmak için:

- a. Yumuşak doku ödemeine izin vermek için en küçük halka kullanılmalıdır.
- b. Eğer rod uzunluğu 12 cm'den fazla ise stabiliteyi artırmak amacıyla iki halka arasına fazladan bir halka eklenmelidir.
- c. Kemik segmentlerinin daha iyi kontrol edilebilmesi için stoplu teller kullanılmalıdır.
- d. Stabiliteyi arttırmak için daha fazla sayıda veya daha kalın çaplı teller kullanılmalıdır.
- e. İki çivi, aralarında en az 60° açı olacak şekilde yerleştirilmelidir. Alternatif olarak, çiviler arasında en az 4 cm mesafe bırakılarak başka bir halka veya çivi eklenmelidir.

Distraksiyon osteogenezinin osteojenik potansiyelini en yükseğe çıkarmak için en optimal osteotomi bölgesi metafiz bölgesi olarak kabul edilir. Bunun nedeni masif spongios kemik yapısına sahip olması, zengin kollateral vasküler yapıya sahip olması ve iyileşme ve yeni kemik oluşumu için elverişli bir ortam sağlamasıdır (91,105).

Günlük 0,5 mm altındaki distraksiyon hızının prematür konsolidasyona, 1 mm üzerindeki distraksiyon hızının ise kemik rezorpsiyonuna neden olabileceği bildirilmiştir. Distraksiyon hızının günlük 1 mm ve bu miktarında günde 4 eşit parçaya (0.25 mm) bölünerek uygulanması önerilse de en uygunu bunun hastaya göre ayarlanmasıdır (108).

Radyoterapi, sigara kullanımı, proteinden fakir diyet ve kemoterapötik ajan kullanımı gibi bazı faktörler de distraksiyon osteogenezisinde oluşan rejeneratı kötü etkileyip kalitesini bozmaktadır (109).

2.7. Distraksiyon Osteogenezi Komplikasyonları

Paley, distraksiyon osteogenezi ve kemik transportu tedavilerinde görülen komplikasyonları üç ana kategoride toplamıştır:

1. Sorun: Tedavi sürecinde meydana gelen ancak tedavi sonunda cerrahi müdahaleye gerek kalmadan tamamen çözülebilen komplikasyonlardır.

2. Engel: Tedavi sürecinde meydana gelen ve ancak cerrahi müdahaleyle tamamen çözülebilen komplikasyonlardır.

3. Gerçek komplikasyon: Tedavi sürecinin sonunda çözülmeyen kalan komplikasyonlardır. Gerçek komplikasyonlar kendi içinde şu şekilde sınıflandırılır:

- Minör komplikasyonlar: Hasta üzerinde kalıcı bir iz bırakmayan veya ek bir cerrahi müdahale gerektirmeden düzelen komplikasyonlardır.

- Majör komplikasyonlar: Tedavi sonrası ancak cerrahi müdahale ile düzeltilebilen komplikasyonlardır.

- Sekel: Cerrahi müdahaleye rağmen düzeltilemeyen ve hastada kalıcı etkilere yol açan komplikasyonlardır (110).



Tablo 2.4. Distraksiyon osteogenezi komplikasyonları.

Yönteme bağlı genel komplikasyonlar	Teknik ile ilgili komplikasyonlar:	İnflamatuvar Komplikasyonlar:	Tedaviden sonraki komplikasyonlar:
Uygulama sırasında hemen oluşanlar (Nörovasküler komplikasyon)	Erken komplikasyonlar (Halkaların cilde çok yakın yerleştirilmesi, bölgesel cilt gerginliği, hareketler sırasında bölgesel ağrı (kastan tel geçmesi))	Flebit Çivi yolu sorunları Osteomyelit	Eklemler hareket kısıtlılığı Refraktör Malunion
Geç komplikasyonlar (Ağrı, Bölgesel ödem, Kompartman sendromu, Derin ven trombozu, Sudek atrofisi, Psikiyatrik bozukluklar)	Geç komplikasyonlar (Telin kopması, eklem sertliği, redüksiyonun kaybı, kaynamada gecikme, psödoartroz meydana gelmesi, cihazın erkenden alınması, yetersiz alçı veya breys uygulaması)		

2.8.Segment Transportu İle Uzun Kemik Defektlerinin Tedavisi

Segment transportu, uzun kemiklerde meydana gelen geniş kemik defektlerinin tedavisinde kullanılan özel bir kemik uzatma ve onarma yöntemidir. Bu yöntem, travma, tümör rezeksiyonu, osteomyelit (kemik enfeksiyonu) veya diğer nedenlerle oluşan kemik kayıplarında, kemiği yeniden yapılandırmak ve fonksiyonel olarak kullanılabilir hale getirmek amacıyla tercih edilir. İlizarov tekniğine dayanan segment transportu, günümüzde gelişmiş eksternal fiksator cihazları ile uygulanarak başarılı sonuçlar elde edilmektedir.

Kemiğin sağlam bir bölümünden yapılacak osteotomi ile kemik segmentinin fiksator yardımı ile uygun rotada kaydırılır. Bu sistemin avantajı aynı anda mevcut deformiteyi düzeltmeye de olanak vermesidir. Tek düzlemli (mono-planar) veya çok düzlemli (multi-planar veya İlizarov tipi veya sirküler) eksternal fiksatorler kullanılabilir. Kablo veya longitudinal teller aracılığıyla internal kaydırma yapılabileceği gibi transvers teller veya şanz vidaları yardımı ile eksternal kaydırma da yapılabilmektedir (109).

Kemik defektinin ölçüsüne göre tek seviyeli (bifokal) veya çift seviyeli (trifokal) osteotomi yapılabilmektedir. Osteotominin ardından osteotomi yapılan kemik segmenti, eksternal fiksator veya internal çivi sistemi gibi cihazlarla kırık bölgesine doğru yavaş yavaş taşınır. Günde yaklaşık 1 mm olacak şekilde hareket ettirilen segment, kemiğin kayıp kısmını tamamlayacak şekilde ilerler. Defektin olduğu seviyeye göre segment proksimalden distale (antegrad) veya distalden proksimale doğru (retrograd) kaydırılabilmektedir. Bifokal transport uzun kemik defektlerinin tedavisinde de kullanılabilir olsa da uzun süreli fiksasyon, kaynamada gecikme, pin dibi enfeksiyonu gibi komplikasyonları artırdığından dolayı 6 cm'yi aşan defektlerde trifokal osteotomi önerilmektedir (109). Segment taşıma işlemi sırasında, taşınan segment ile başlangıç noktası arasında yeni kemik dokusu oluşur. Bu sürece "distraksiyon osteogenezi" denir ve kemiğin kendi kendine iyileşmesini teşvik eder. Taşıma işlemi tamamlandığında, yeni oluşan kemik dokusu konsolidasyon sürecine girer. Bu aşamada kemik sertleşir ve dayanıklılık kazanır, böylece ekstremitenin eski gücüne ve fonksiyonuna kavuşur.

Segment transportu, geniş kemik kayıplarında tercih edilen diğer tedavilere kıyasla belirgin avantajlara sahiptir. Kemiğin kendi iyileşme kapasitesini kullanarak kayıp bölgeyi yeniden yapılandırması sağlanır, bu da diğer greftleme veya implant yöntemlerinden daha fizyolojik bir çözüm sunar. Ayrıca kırık uçları arasındaki boşluğu kemik dokusu ile doldurma imkanı sunar, bu da büyük kemik kayıplarında greft ihtiyacını azaltır. Distraksiyon

osteogenezi, kemik büyümesini uyaran büyüme faktörlerini ve hücrel aktivitelere arttırarak iyileşme sürecini destekler.

Her ne kadar etkili bir yöntem olsa da segment transportu, uzun tedavi süreci ve bazı komplikasyon riskleri ile ilişkilidir. Eksternal fiksator cihazının yerleştirildiği pim ve tellerin çevresinde enfeksiyon gelişme riski vardır. Enfeksiyon oluşumunu engellemek için düzenli pansuman ve hijyen önemlidir. Uygulanan bölgenin yakınındaki eklemlerde hareket kısıtlılığı gelişebilir. Segment transportu sırasında oluşan yeni kemik dokusunun yeterince konsolide olamaması sonucu kemik zayıf kalabilir. Tedavi sürecinin uzun ve ağrılı olabilmesi nedeniyle hastalarda psikolojik zorluklar ortaya çıkabilir. Özellikle aylar süren tedavi sürecinde hastanın motivasyonu ve tedaviye uyumu önemlidir.

Segment transportu sonrası tedavi başarısı, hastanın klinik ve radyolojik sonuçlarına göre değerlendirilir. Kaybedilen kemik bölgesinde yeni kemik dokusunun oluşması ve bu dokunun sağlam hale gelmesi ana başarı kriteridir. Tedavi sonrası hastanın ekstremitayı kullanabilmesi ve günlük aktivitelerine dönme derecesi fonksiyonel skorlar ile değerlendirilir. Segment transportu sırasında ve sonrasında gelişen komplikasyonların başarılı bir şekilde yönetilmesi tedavi başarısını belirleyen bir diğer faktördür.

3.MATERYAL VE METOT

Ocak 2012 ile Mart 2023 yılları arasında İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği'nde alt ekstremitte uzun kemiklerinde osteomyelit, tümör, travma ve ateşli silah yaralanması nedeniyle tedavisi gerçekleştirilmiş olan 44 hastanın bilgileri geriye dönük olarak tarandı. Takiplerine devam etmeyen hastalar çalışmadan çıkarıldı. Operasyondan sonra osteomyelit gelişen hastalar, ateşli silah yaralanması sonrası uzun kemik defekti gelişen hastalar, açık kırık sonrası osteomyelit gelişen hastalar, travmadan sonra uzun kemik defekti gelişen hastalar, tümör sebebiyle segment rezeksiyonu yapılan hastalar ve takiplerine devam edip tamamlayan hastalar çalışmaya dahil edildi.

Alt ekstremitte uzun kemiklerindeki osteomyelit tanısı fizik muayene, radyolojik incelemeler, seroloji, sintigrafi ve kültür sonuçlarına göre konuldu. Kronik osteomyelit için çalışmaya Cierny-Mader sınıflamasına göre evre 4A-4B olan hastalar dahil edildi. Ateşli silah yaralanması tanısı fizik muayene ve radyolojik incelemeler sonunda konuldu. Tümör rezeksiyonlarının tanısında fizik muayene, radyoloji ve patoloji tetkikleri yardımcı oldu. Travma hastaları fizik muayene ve radyoloji tetkikleri ile değerlendirildi. Hastaların süreç hakkında bilgilendirildikten ve aydınlatılmış onamları alındıktan sonra, tüm hastaların ameliyathane ortamında spinal veya genel anestezi altında operasyonları gerçekleştirildi.

Hastaların segment transportu, LRS eksternal fiksatörü (Orthofix®), Ilizarov eksternal fiksatörü ve LRS + manyetik çivi kombinasyonu ile yapıldı. Hastalara defekt bölgesi ve boyutuna göre tek veya çift seviye osteotomi yapıldı. Tek seviyeli osteotomiler defekt bölgesine göre uzun kemiklerin proksimal ya da distal metafizo-diyafizer bölgesinden yapıldı. Çift seviyeden yapılan osteotomiler ise aynı operasyonda hem proksimal bölgeden hem de distal metafizo-diyafizer bölgeden uygulandı.

Osteotomi operasyonundan sonra ortalama yedinci gün segment transportuna başlandı. Günlük 1 mm hızda ve sabah ve akşam olmak üzere iki eşit parçaya bölünerek transport işlemi gerçekleştirildi. Hastalara taburculuktan sonra iki haftalık periyotlarla transport işlemi son bulana kadar klinik ve radyolojik takip uygulandı. Transportu tamamlanan hastalarda transportu yapılan segmentin konsolidasyonu tamamlanıp trikortikal ossifikasyon görülene kadar hasta eksternal fiksator ile takip edildi. Konsolidasyonun tamamlanması sonrası kavuşma bölgesi problemi olan hastalar için ek operasyon planlanarak otogreft ve gerekli durumda plak vida ile osteosentez gerçekleştirildi.

Hastaların geçirdikleri operasyon sayıları ve şekilleri, kemik defekt miktarları, görülen erken ve geç dönem komplikasyonları, segment transportu süreleri, EFI ve CI indeksleri ve günlük yaşama dönüşler kaydedildi.

3.1. Gereç Ve Yöntem

Bu tez çalışması İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurul 20/11/2023 tarihli 374395 sayılı kararı ile yapılmıştır. Çalışmamız Nisan 2012–Ekim 2022 tarihleri arasında İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi Ortopedi ve Travmatoloji polikliniğine başvuran ve tarafımızca uzun kemiklerde kemik defektli olan ve segment transportu yöntemi uygulanan 44 hastayı kapsamaktadır.

Çalışmaya dahil etme kriterleri; “alt ekstremitte uzun kemiklerinden herhangi birinde ateşli silah yaralanması, travma, tümör veya osteomyelit sonrası gelişen kemik defekti olmak, segment transportu yöntemi ile tedavi edilmek, yeterli takibi yapılabilmüş ve tedavisi tamamlanmış olmak” olarak belirlendi. Dışlama kriterleri ise segment transportu yöntemi ile tedavinin tamamlanamaması ve yeterli takibi yapılamamış olmak olarak belirlendi. Bu şartları sağlayan 36 hasta çalışmaya dahil edildi.

Retrospektif olan çalışmamızdaki hastaların demografik ve klinik özelliklerinden elde edilen veriler excel dosyasına aktararak muhafaza edilmiştir. Verilerin güvenilirliği hastane otomasyon sistemi kayıtları ve kliniğimizin hasta takip sistemi göz önünde bulundurularak kontrol edilmiştir. Hastanenin görüntüleme modülünden geriye dönük olarak hastaların radyografilerine erişilerek gerekli ölçümler yapıp kaydedilmiştir. Yeni fizik muayene ve radyolojik açıdan takip için hastalar kontrole çağırılmıştır.

Bu tez çalışmasında hastaların yaş, ilk başvuru yaşı ve cinsiyet gibi demografik özellikleri, etkilenen ekstremitesi, operasyon nedeni, başvurudan itibaren ilk operasyon tarihi, rezeksiyon sonrası ilk operasyonun zamanı, rejenerat kavuşma tarihi, kemik defektinin ortalama miktarı, segment transportu yöntemi, segment transport mesafesi kaydedilmiştir. Konsolidasyon zamanları kaydedilmiştir. Hastaların kemik transportundaki segment sayısı ve osteotomi seviye sayısı (bifokal-trifokal) kaydedilmiştir. Hastaların fonksiyonel ve radyolojik sonuçları kaydedilmiştir. Hastaların kemik transportu süresince karşılaştıkları komplikasyonlar kaydedilmiştir. Rejenerat hattına bağlı problemler, diğer komplikasyonlar kaydedilmiştir. Hastaların Lower Extremity Severity Score (LEFS) skalaları ve Karlström-Olerud fonksiyonel skorlamaları değerlendirilmiş, ASAMI bone ve ASAMI functional skalalarında elde edilen değerlendirmelerle birlikte kaydedilmiştir.

3.2. Cerrahi Teknik

Tibia: Hastaya 1 g sefazolin verilmesini takiben supin pozisyonda yatırılarak anestezi gerçekleştirildikten sonra uyluğa pnömatik turnike yerleştirildi. Cerrahi saha temizliğinden sonra steril boyama ve steril örtünme gerçekleştirildi. Floroskopi eşliğinde uygun bölgelerden eksternal fiksator pinleri ve/veya şanz vidaları yerleştirildi. Sonrasında rezeksiyon yapılması planlanan kemik bölgesinin üzerinden anteromediyal insizyon yapıldı.

Osteomyelit için operasyon öncesi planlamaya göre tutulum olan segmentin proksimali ve distalinden olmak üzere minimum 2 cm'lik nonenfeksiyöz kemik dokusu ile birlikte rezeksiyon yapıldı. Uygun yumuşak doku debridmanı gerçekleştirildi. Gerekli görülen hastalara antibiyotikli çimento uygulandı. Eksternal fiksator sistemi kuruldu. Hastalara ameliyat sonrası enfeksiyon hastalıkları kliniğinin önerileri ve varsa üreyen patojene uygun antibiyotikler ile 8 hafta iv antibiyoterapi uygulandı. Hastanın kliniği ve seroloji markırları normalleştikten sonra hastalara segment transportu için osteotomi yapılmak amacıyla ikinci seans cerrahi uygulandı.

Tümör için tümörün benign veya malign olmasına yönelik uygun rezeksiyonlar yapıldı. Ameliyat öncesi planlamasına göre tutulum olan segmentin proksimali ve distalinden tutulum durumu ve prognoza göre en az 2 cm'lik tümör olmayan kemik dokusu da dahil olmak üzere rezeksiyon uygulandı. Gerekli yumuşak doku debridmanı yapıldı.

Travma için ameliyat öncesi yapılan planlamaya göre kemiğin herhangi bir osteosenteze uyum göstermeyecek olan defektli bölgelerindeki kemik parçaları eksize edildi ve defektli olan bölgenin proksimal ve distali düzeltildi. Uygun yumuşak doku debridmanı yapıldı. Gereken hastalara antibiyotikli çimento uygulandı ve eksternal fiksator sistemi kuruldu. Hastalara operasyon sonrası enfeksiyon hastalıkları kliniğinin önerileri ve varsa üreyen patojene uygun antibiyotikler ile eradikasyon sağlanıncaya kadar iv antibiyoterapi uygulandı.

Ateşli silah yaralanması için ameliyat öncesi yapılan planlamaya göre dışarıda olan kemik parçalarına rezeksiyon uygulandı ve defektli olan bölgenin proksimal ve distali düzeltildi. Çıkarılabilen saçma parçaları veya mermiler çıkarıldı. Uygun yumuşak doku debridmanı yapıldı. Hastalara operasyon sonrası enfeksiyon hastalıkları kliniğinin önerileri ve varsa üreyen patojene uygun antibiyotikler ile eradikasyon sağlanıncaya kadar iv antibiyoterapi uygulandı.

Femur: Hastaya 1 g sefazolin verilmesini takiben supin pozisyonda yatırılarak anestezi uygulandı. Bir pnömatik turnike uygulanmadı. Anestezi sonrasında cerrahi saha temizliği yapıldı ve takiben steril boyama ve uygun steril örtünme yapıldı. Uygun bölgelerden eksternal fiksator pinleri ve/veya şanz vidalarının floroskopi eşliğinde yerleştirilmesi sonrası rezeksiyon yapılması planlanan kemik bölgesi üzerinden anteromediyal insizyon yapıldı.

3.3. İstatistiksel İncelemeler

Çalışmada yer alan değişkenlerden nitel veriler sayı (yüzde) ile özetlendi. Nicel verilerin normal dağılıma uygunluğu Shapiro Wilk testi ile değerlendirildi. Nicel verilerden normal dağılım göstermeyenler ortanca (minimum-maksimum) ile özetlenirken normal dağılım gösteren nicel veriler ortalama± standart sapma ile özetlendi. İstatistik analizlerde kategorik değişkenler Pearson ki-kare testi kullanılarak karşılaştırıldı. Nicel değişkenler için ise iki bağımsız grup arasındaki karşılaştırmalar için Mann Whitney U testi ve ikiden fazla bağımsız grup arasındaki karşılaştırmalarda ise Kruskal Wallis testi uygun olan yerlerde kullanıldı. Çoklu karşılaştırmalarda Kruskal Wallis testi için Bonferroni düzeltmeli Mann Whitney U testi kullanılarak ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Değişkenler arası ilişki olup olmadığına Spearman Rho korelasyon katsayısı ile bakıldı. Uygulanan istatistiksel analizlerde $p<0.05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Tüm analizler IBM SPSS Statistics 26.0 for Windows (New York; ABD) kullanılarak yapıldı.

4. BULGULAR

Kırkdört hastadan, çalışmaya dahil edilme kriterlerini karşılayan 36 hasta çalışmaya dahil edildi. Hastaların tamamı uzun kemik defekti gelişmeden önce normal yürüme fonksiyonlarına sahiplerdi ve herhangi bir deformiteleri bulunmamakta idi.

Hastalardan 9'u (%25) kadın, 27'si (%75) erkekti. Hastaların yaş ortalaması 32,5 (12-69 yıl) bulundu. Ondokuz hasta 12-30 yaş arasında (%52,7), 12 hasta 31-50 yaş arasında (%33,3), 5 hasta 51-69 yaş arasında (%13,8) idi.

Olguların ortalama defekt miktarı 10,3 cm (2,5-20,4 cm) olarak bulundu.

Hastaların 4'ünde (%11,1) çift segment üzerinden transport yapılırken, 32'sinde (%88,9) tek segment üzerinden transport gerçekleştirildi. Tek seviye yapılan osteotomilerden 12 tanesi (%33,3) tibia proksimal seviyeden, 14 tanesi (%38,8) tibia distal seviyeden, 3 tanesi (%8,3) femur proksimal seviyeden, 1 tanesi (%2,8) femur distal seviyeden gerçekleştirildi.

Hastaların ortalama kavuşma süresi 12,4 aydı (2-48 ay). Hastaların ortalama eksternal fiksator kalış süresi 16,9 aydı (3-68 ay). Hastaların yatıştan ilk operasyona kadar geçen süre ortalamaları 6.25 gündü (0-38 gün). Hastaların ilk operasyondan rezeksiyon sonrası ilk operasyona kadar geçen süre ortalaması 168,5 gündü.

Hastaların ortalama operasyon sayısı 8,16 (3-18) bulundu. Operasyon sayısı ile ASAMI kemik, ASAMI fonksiyonel skorlamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmazken, LEFS ve Karlström-Olerud skorlaması arasında istatistiksel olarak anlamlı negatif korelasyon saptandı (Tablo 4.4.). Tibia defekti olan hastaların 7'sinde (%12,5) kemik transportu sırasında fibula rezeksiyonu yapıldı.

Tablo 4.1. Operasyon sayısına göre fonksiyonel sonuçlar.

Değişkenler		ASAMI Bone	ASAMI Functional	LEFS	Karlström-Olerud	Operasyon Sayısı
ASAMI Kemik	r	1.000	0.756**	0.611**	0.615**	-0.176
	p		0.000	0.000	0.000	0.304
ASAMI Fonksiyonel	r	0.756**	1.000	0.701**	0.709**	-0.324
	p	0.000		0.000	0.000	0.053
LEFS	r	0.611**	0.701**	1.000	0.731**	-0.497**
	p	0.000	0.000		0.000	0.002
Karlström-Olerud	r	0.615**	0.709**	0.731**	1.000	-0.340*
	p	0.000	0.000	0.000		0.043
Operasyon Sayısı	r	-0.176	-0.324	-0.497**	-0.340*	1.000
	p	0.304	0.053	0.002	0.043	

r: Spearman'in rho korelasyon katsayısı; *<0.05; **p<0.01

Hastaların ASAMI Kemik, ASAMI fonksiyonel, LEFS ve Karlström-Olerud fonksiyonel skorlaması sonuçları arası yaşa bakıldığında, istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (Tablo 4.5.).

Tablo 4.2. Yaşa göre fonksiyonel sonuçlar.

Değişkenler		ASAMI Bone	ASAMI Functional	LEFS	Karlström-Olerud	Yaş
ASAMI Kemik	r	1.000	0.756**	0.611**	0.615**	-0.280
	p		<0.001	<0.001	<0.001	0.098
ASAMI Fonksiyonel	r	0.756**	1.000	0.701**	0.709**	-0.098
	p	<0.001		<0.001	<0.001	0.569
LEFS	r	0.611**	0.701**	1.000	0.731**	-0.202
	p	<0.001	<0.001		<0.001	0.238
Karlström-Olerud	r	0.615**	0.709**	0.731**	1.000	-0.068
	p	<0.001	<0.001	<0.001		0.694
Yaş	r	-0.280	-0.098	-0.202	-0.068	1.000
	p	0.098	0.569	0.238	0.694	

r: Spearman'in rho korelasyon katsayısı; **p<0.01

Hastaların 31'inde tibia (%86,1), 5'inde femur (%13,8) defekti mevcuttu. Hastalardan 23'üne osteomyelit (%63,8), 5'ine travma (%13,8), 5'ine ateşli silah yaralanması (%13,8) ve 3'üne tümör (%8,3) nedeniyle segment rezeksiyonu yapıldı. Operasyon nedenine bağlı ASAMI kemik, ASAMI fonksiyonel, Karlström-Olerud skorlaması ve LEFS skorlaması arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (Tablo 4.6.).

Tablo 4.3.Operasyon nedenine göre fonksiyonel sonuçlar.

Değişkenler		Operasyon Nedeni n(%)				Tümör	P*
		Osteomyelit	Travma	Ateşli Yaralanması	Silah		
ASAMI Kemik	Kötü	2 (8.70)	0 (0.00)	0 (0.00)		0 (0.00)	0.571
	Orta	6 (26.09)	0 (0.00)	1 (20.00)		0 (0.00)	
	İyi	7 (30.43)	1 (20.00)	3 (60.00)		1 (33.33)	
	Mükemmel	8 (34.78)	4 (80.00)	1 (20.00)		2 (66.67)	
ASAMI Fonksiyonel	Kötü	4 (17.39)	0 (0.00)	0 (0.00)		0 (0.00)	0.421
	Orta	3 (13.04)	0 (0.00)	1 (20.00)		0 (0.00)	
	İyi	12 (52.17)	2 (40.00)	4 (80.00)		2 (66.67)	
	Mükemmel	4 (17.39)	3 (60.00)	0 (0.00)		1 (33.33)	
LEFS	Şiddetli Fonksiyon Kaybı	2 (8.70)	0 (0.00)	0 (0.00)		0 (0.00)	0.897
	Orta Şid. Fonksiyon Kaybı	4 (17.39)	0 (0.00)	1 (20.00)		1 (33.33)	
	Hafif Fonksiyon Kaybı	15 (65.22)	4 (80.00)	4 (80.00)		2 (66.67)	
	Normal Fonksiyon	2 (8.70)	1 (20.00)	0 (0.00)		0 (0.00)	
Karlström-Olerud	Kötü	4 (17.39)	0 (0.00)	0 (0.00)		0 (0.00)	0.847
	Orta	2 (8.70)	0 (0.00)	1 (20.00)		1 (33.33)	
	Tatmin Edici	6 (26.09)	1 (20.00)	1 (20.00)		0 (0.00)	
	İyi	6 (26.09)	3 (60.00)	2 (40.00)		1 (33.33)	
	Mükemmel	5 (21.74)	1 (20.00)	1 (20.00)		1 (33.33)	

*:Pearson ki-kare testi

Rezeksiyon sonrası 24 hastaya (%66,6) LRS sistemi, 5 hastaya (13,8) Ilizarov sistemi ve 7 hastaya (%19,4) LRS ve manyetik çivinin kombine olarak kullanıldığı kombine sistem ile kemik transportu uygulandı (2-48 ay). Hastaların cerrahi şekli ile ASAMI kemik, ASAMI fonksiyonel, Karlström-Olerud ve LEFS skorlaması arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (Tablo 4.7.).

Tablo 4.4. Cerrahi şekline göre fonksiyonel sonuçlar.

Değişkenler		Cerrahi Şekli n(%)			p*
		LRS	Ilizarov	Kombine	
ASAMI Kemik	Kötü	2 (8.33)	0 (0.00)	0 (0.00)	0.557
	Orta	5 (20.83)	2 (28.57)	0 (0.00)	
	İyi	9 (37.50)	2 (28.57)	1 (20.00)	
	Mükemmel	8 (33.33)	3 (42.86)	4 (80.00)	
ASAMI Fonksiyonel	Kötü	3 (12.50)	1 (14.29)	0 (0.00)	0.467
	Orta	2 (8.33)	2 (28.57)	0 (0.00)	
	İyi	15 (62.50)	2 (28.57)	3 (60.00)	
	Mükemmel	4 (16.67)	2 (28.57)	2 (40.00)	
LEFS	Şiddetli Fonksiyon Kaybı	1 (4.17)	1 (14.29)	0 (0.00)	0.562
	Orta Şid. Fonksiyon Kaybı	4 (16.67)	2 (28.57)	0 (0.00)	
	Hafif Fonksiyon Kaybı	17 (70.83)	3 (42.86)	5 (100.00)	
	Normal fonksiyon	2 (8.33)	1 (14.29)	0 (0.00)	
Karlström-Olerud	Kötü	2 (8.33)	2 (28.57)	0 (0.00)	0.343
	Orta	3 (12.50)	1 (14.29)	0 (0.00)	
	Tatmin Edici	7 (29.17)	1 (14.29)	0 (0.00)	
	İyi	8 (33.33)	2 (28.57)	2 (40.00)	
	Mükemmel	4 (16.67)	1 (14.29)	3 (60.00)	

*:Pearson ki-kare testi

Ortalama kemik defekt yüzdesi %26 (4-54) idi. Kemik defekti 2,5-8 cm arasında 10 (%27,8) hasta, 8,01 ile 20,4 cm arasında 26 (%72,2) hasta vardı. Kemik defekt miktarına göre ASAMI Kemik skorlamasında istatistiksel olarak anlamlı negatif yönlü korelasyon saptandı (p=0.049). ASAMI fonksiyonel, Karlström-Olerud ve LEFS skorları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (Tablo 4.8.).

Tablo 4.5. Kemik defekt miktarına göre fonksiyonel sonuçlar.

Değişkenler		ASAMI Bone İst	ASAMI Functional İst	LEFS	Karlström-Olerud	Kemik Defekt Miktarı
ASAMI Bone	r	1.000	0.756**	0.611**	0.615**	-0.331*
	p		<0.001	<0.001	<0.001	0.049
ASAMI Functional İst	r	0.756**	1.000	0.701**	0.709**	-0.215
	p	<0.001		<0.001	<0.001	0.208
LEFS	r	0.611**	0.701**	1.000	0.731**	-0.229
	p	<0.001	<0.001		<0.001	0.179
Karlström-Olerud	r	0.615**	0.709**	0.731**	1.000	-0.055
	p	<0.001	<0.001	<0.001		0.751
Kemik Defekt Miktarı	r	-.331*	-0.215	-0.229	-0.055	1.000
	p	0.049	0.208	0.179	0.751	

r: Spearman'in rho korelasyon katsayısı; *<0.05; **p<0.01

Hastaların EFI'si ortalama 1,73 cm/ay, CI'si ortalama 1,41 cm/ay olarak hesaplandı. EFI ve CI nin yaşa göre istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı bulundu. CI'ye göre

ASAMI fonksiyonel skorlamasında istatistiksel olarak anlamlı negatif korelasyon gözlemlendi (Tablo 4.8., Tablo 4.9.).

Tablo 4.6. EFI'ye göre fonksiyonel sonuçlar.

Değişkenler		ASAMI Kemik	ASAMI Fonksiyonel	LEFS	Karlström- Olerud	EFI
ASAMI Kemik	r	1.000	0.756**	0.611**	0.615**	-0.028
	p		<0.001	<0.001	<0.001	0.871
ASAMI Fonksiyonel	r	0.756**	1.000	0.701**	0.709**	-0.189
	p	<0.001		<0.001	<0.001	0.270
LEFS	r	0.611**	0.701**	1.000	0.731**	-0.218
	p	<0.001	<0.001		<0.001	0.202
Karlström- Olerud	r	0.615**	0.709**	0.731**	1.000	-0.095
	p	<0.001	<0.001	<0.001		0.582
EFI	r	-0.028	-0.189	-0.218	-0.095	1.000
	p	0.871	0.270	0.202	0.582	

r: Spearman'in rho korelasyon katsayısı; *<0.05; **p<0.01

Tablo 4.7. CI'ye göre fonksiyonel sonuçlar.

Değişkenler		ASAMI Kemik	ASAMI Fonksiyonel	LEFS	Karlström- Olerud	CI
ASAMI Kemik	r	1.000	0.756**	0.611**	0.615**	-0.174
	p		<0.001	<0.001	<0.001	0.310
ASAMI Fonksiyonel	r	0.756**	1.000	0.701**	0.709**	-0.402*
	p	<0.001		<0.001	<0.001	0.015
LEFS	r	0.611**	0.701**	1.000	0.731**	-0.247
	p	<0.001	<0.001		<0.001	0.147
Karlström- Olerud	r	0.615**	0.709**	0.731**	1.000	-0.059
	p	<0.001	<0.001	<0.001		0.732
CI	r	-0.174	-0.402*	-0.247	-0.059	1.000
	p	0.310	0.015	0.147	0.732	

r: Spearman'in rho korelasyon katsayısı; *<0.05; **p<0.01

Otuzaltı hastanın 31'ine (%86,1) bifokal kemik transportu, 5'ine (%13,9) trifokal kemik transportu tekniği uygulandı. Bifokal kemik transportu hastalarından 15 hastaya (%48,4) antegrad, 16 hastaya (%51,6) retrograd yöntemle kemik transportu uygulandı.

Bifokal kemik transportu ameliyatı olanlardan retrograd olanların EFI ve CI indeksleri ile antegrad olanların EFI ve CI karşılaştırılması sonrasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (Tablo 4.10.).

Tablo 4.8. Kemik transportu yönüne göre EFI ve CI karşılaştırılması.

	Kemik transportu yönü			P*
	Antegrad	Retrograd	Trifokal (Antegrad + Retrograd)	
EFI	1.2(0.5-2.66)	1.37(0.6-6.98)	1.02(0.49-1.37)	0.180
CI	1.07(0.32-2.72)	1.36(0.44-2.99)	0.98(0.73-2.02)	0.135

Değişkenler, dağılımın normalliğine bakılarak medyan (minimum–maksimum) olarak verilmiştir.*: Kruskal Wallis testi

Bifokal kemik transportu ameliyatı olanlardan retrograd olanların ASAMI kemik ve fonksiyonel sonuçları ve Karlström-Olerud ile LEFS fonksiyonel sonuçları ile antegrad olanların karşılaştırılması sonrasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (Tablo 4.11.).

Tablo 4.9. Kemik transport yönüne göre fonksiyonel sonuçlar.

Değişkenler		Kemik transportu yönü n(%)			P*
		Antegrad	Retrograd	Trifokal (Antegrad + Retrograd)	
ASAMI Kemik	Kötü	0 (0.00)	2 (12.50)	0 (0.00)	0.526
	Orta	4 (26.67)	3 (18.75)	0 (0.00)	
	İyi	4 (26.67)	6 (37.50)	2 (40.00)	
	Mükemmel	7 (46.67)	5 (31.25)	3 (60.00)	
ASAMI Fonksiyonel	Kötü	1 (6.67)	3 (18.75)	0 (0.00)	0.543
	Orta	1 (6.67)	3 (18.75)	0 (0.00)	
	İyi	9 (60.00)	8 (50.00)	3 (60.00)	
	Mükemmel	4 (26.67)	2 (12.50)	2 (40.00)	
LEFS	Şiddetli Fonksiyon Kaybı	1 (6.67)	1 (6.25)	0 (0.00)	0.796
	Orta Şid. Fonksiyon Kaybı	1 (6.67)	4 (25.00)	1 (20.00)	
	Hafif Fonksiyon Kaybı	11 (73.33)	10 (62.50)	4 (80.00)	
	Normal fonksiyon	2 (13.33)	1 (6.25)	0 (0.00)	
Karlström-Olerud	Kötü	1 (6.67)	3 (18.75)	0 (0.00)	0.606
	Orta	0 (0.00)	3 (18.75)	1 (20.00)	
	Tatmin Edici	5 (33.33)	2 (12.50)	1 (20.00)	
	İyi	5 (33.33)	5 (31.25)	2 (40.00)	
	Mükemmel	4 (26.67)	3 (18.75)	1 (20.00)	

*:Pearson ki-kare testi

Hastaların eksternal fiksatorlerinin çıkarılması sonrasında ASAMI kriterlerine bakılarak kemiksel ve fonksiyonel sonuçları değerlendirildi. ASAMI kemik skorlaması sonuçları 15 hastada (%41,6) mükemmel, 12 hastada (%33,3) iyi, 7 hastada (%19,4) orta ve 2 hastada (%5,5) kötü olarak bulunmuştur. ASAMI fonksiyonel skorlaması 8 hastada (%22,2) mükemmel, 20 hastada (%55,5) iyi, 4 hastada (%11,1) orta ve 4 hastada (%11,1) kötü sonuçlanmıştır.

Karlström-Olerud fonksiyonel sonuçları 8 hastada (%22,2) mükemmel, 12 hastada (%33,3) iyi, 8 hastada (%22,2) tatmin edici, 4 hastada (11,1) orta, 4 hastada (%11,1) kötü sonuçlanmıştır.

LEFS fonksiyonel skorları 3 hastada (%8,3) normal fonksiyon, 25 hastada (%69,4) hafif fonksiyon kaybı, 6 hastada (%16,7) orta şiddette fonksiyon kaybı ve 2 hastada (%5,6) şiddetli fonksiyon kaybı olarak sonuçlanmıştır.

Kötü sonuç olarak kabul edilen bir hastada (%2,7) gelişen osteomyelit sonrası yapılan diz altı amputasyon sonucunda ASAMI kemik ve fonksiyonel skorları, Karlström-Olerud ve LEFS fonksiyonel skorlarında “başarısız” olarak değerlendirilmiştir.

Komplikasyonlar:

Çalışmamızda 34 hastada (%94,4) komplikasyon meydana geldi. İki hastada hiçbir komplikasyon görülmedi. Paley komplikasyon sınıflamasına göre (110) bu komplikasyonların 32’si sorun, 46’sı engel, 12’si gerçek minör komplikasyon, 28’i gerçek majör komplikasyondur (Tablo 4.10.).

Oniki hastada (%33,3) rejenerasyon bölgesine bağlı komplikasyon meydana geldi, bu hastaların 11 tanesinde osteotomi hattının prematür konsolidasyonu sebebiyle tekrar osteotomi gerçekleştirildi.

Yirmibir hastada (%58,3) kavuşma bölgesine bağlı komplikasyon meydana geldi, üç hastada aksiyel deviasyon sonrasında hastalardan birine uzatma hattından alınan greft ve plak vida ile osteosentez gerçekleştirildi. Yirmi hastada kavuşma bölgesinde kaynamama komplikasyonu meydana geldi. Bu hastaların 16’sında iliak kanattan greft alınarak kaynamayan bölgeye yerleştirildi ve bu hastalardan 10’una plak vida ile destek sağlandı. İki hastaya abdominal bölgeden alınan kök hücre uygulaması yapıldı. Bu hastalardan bir tanesinde fibulanın tibiaya transferi gerçekleştirildi.

İki hastada ayak bileğinde varus deformitesi gelişmesi üzerine hastalardan birine Ilizarov sistemi kurularak, diğerine ise düzeltici osteotomi uygulanarak deformite düzeltme gerçekleştirildi. Bir hastada ekin deformitesi gelişti ve aşiloplasti operasyonu gerçekleştirildi.

Otuzaltı hastanın 32’sinde pin dibi enfeksiyonu gelişti. Yirmiüç hastada Paley pin dibi sınıflamasına göre (110) evre 1, 8 hastada evre 2 pin dibi enfeksiyonu gelişti ve bunların tamamı günlük pansumanla geriledi. İki hastada enfeksiyon gelişmesi üzerine antibiyotikli

sement zinciri uygulaması gerçekleştirildi, daha sonra enfeksiyonun eliminasyonu sonrası segment kaydırmaya devam edildi.

Bir hastada intraop popliteal ven yaralanması gelişti ve kalp damar cerrahi bölümü tarafından intraop onarımı sağlandı. Bir hastada osteotomi hattında cilt nekrozu gelişmesi üzerine plastik cerrahi bölümü tarafından flep operasyonu gerçekleştirildi.

İki hastada ayak bileği artrozu gelişmesi üzerine artrodez gerçekleştirildi.

Dört hastada defektli kemik bölgesinde cilt katlantısı meydana geldi ve transport süremizin uzamasına neden oldu.

Hastaların 27 (%75) kadarında kısıklık, RSD ve deformiteyi içeren geç komplikasyonlar meydana geldi. Kısıklık gelişen 20 (%55,5) hastada ortalama kısıklık 1,22 cm olarak bulundu.

Tablo 4.10. Komplikasyonların dağılımı.

Komplikasyon	Hasta sayısı
Sorun	
Pin dibi enfeksiyonu	32
Engel	
Aksiyel deviasyon	3
Şanz vida kırılması	2
Artrodez ile sonuçlanan ayak bileği artrozu	2
Cilt nekrozu	1
Ekin deformitesi	2
Varus deformitesi	2
Hedef bölgede kaynama gecikmesi	16
Hedef bölgede cilt katlantısı	4
Enfeksiyon	2
Popliteal ven yaralanması	1
Prematür konsolidasyon	11
Gerçek minör komplikasyon	
Bacak uzunluk farkı (<2 cm)	12
Gerçek majör komplikasyon	
Bacak uzunluk farkı (>2 cm)	8
Diz ve ayak bileği eklem sertliği	10
Aksiyel deformite >7°	9
Amputasyonla sonuçlanan osteomyelit	1

5. TARTIŞMA

Uzun kemik defektlerinin cerrahi tedavisi, bilgi, beceri ve aynı zamanda sabır gerektiren meşakkatli bir süreçtir. Bu defektler genellikle yüksek enerjili açık kırıklar veya yapılan debridmanlar sonrasında meydana gelir. Eklem yaralanmaları, kas ve tendon gibi yumuşak doku hasarları ve enfeksiyonlar, elde edilecek fonksiyonel sonuçları olumsuz etkileyen ve tedaviyi zorlaştıran faktörlerdir. Travma dışında, osteomyelit debridmanı ve tümör dokusu eksizyonu da kemik kaybına yol açabilmektedir. Bu durumlara kısalık ve deformite eşlik ettiğinde, çok sayıda tekrarlayan cerrahi müdahale ve oldukça uzun bir tedavi süresi gerekmektedir (111).

Uzun kemik defektlerinin tedavisinde tarih boyunca çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemler arasında otolog kansellöz kemik grefti, Papineau yöntemi, allogreftler, fibula veya iliak kanattan alınan vasküler pediküllü serbest kemik greftleri, Masquelet tekniği, titanyum kafesler, tibiofibular sinostoz ve human bone morfojenik protein uygulaması yer alır. Her ne kadar bu yöntemlerin başarılı sonuçları bulunsun da, her biri ciddi sorunlar ve komplikasyonlar barındırmaktadır (111).

Kemik transportunun, uzun kemik defektlerinin tedavisinde etkili bir yöntem olduğu kanıtlanmıştır. Çeşitli araştırmacılar, kemik taşıma yöntemini diğer tekniklerle karşılaştırmıştır. Ancak, yumuşak doku yaralanmalarının derecesi, kullanılan yöntemlerdeki çeşitlilik, kemik defektinin boyutu, hastaların demografik özellikleri ve diğer faktörler arasındaki farklılıklar nedeniyle kesin bir sonuca ulaşmak zordur. Bu çalışmalardan elde edilen bulgular, her vakanın kendine özgü bir yaklaşım gerektirdiğini göstererek genel bir perspektif sağlar (112).

Uzun kemik defektlerinin tedavisinde uzun yıllardır tercih edilen yöntem otojen kemik greftlemesidir. Bu yöntemde, en güçlü osteojenik aktiviteye sahip olan otojen kansellöz greftler kullanılır. Ancak bu yöntemin en büyük dezavantajı, donör alanın sınırlı olması ve greftle doldurulacak defekt boyutunun kısıtlı kalmasıdır. Spongioz greftleme yönteminin bir diğer dezavantajı ise greftin %20-40 oranında rezorbe olabilmesidir (113).

Greftleme tekniklerinden bir diğeri Papineau tekniği olup genellikle yaklaşık 4 cm'ye kadar olan kemik defektlerinde uygulanabilmektedir. Green'in yaptığı bir çalışmada, kemik defekti olan psödoartrozların tedavisinde Papineau tekniği ile kemik transportu yöntemi karşılaştırılmıştır. Çalışmada, 5 cm kemik defekti olan 17 hasta Ilizarov kemik transport

yöntemiyle, ortalama 4 cm kemik defekti olan 15 hasta ise Papineau tekniği uygulanmıştır. 17 kemik transportu hastasının 6'sında hedef bölgede greftleme ihtiyacı duyulduğu bildirilmiştir. Her iki grup için tedavi süresi göstergesi olarak EFI 1,9 ay/cm olarak bildirilmiştir. Tedavi süresini kısaltmak amacıyla Green, ileride greftlenecek olan hedef bölgenin debridman sırasında greftlenmesini önermektedir (114). Papineau tekniğinin dezavantajları arasında, tedavinin üç aşamada gerçekleştirilmesi, kemik defekti bölgesinin sadece ince bir cilt grefti ile örtülmesi, tamanlanması aylar sürmesi ve bu süreçte hastanın hastaneye bağımlı kalması sayılabilir (111,114,115).

Allogreftler, donör saha morbiditesi yaratmamaları nedeniyle kemik kayıplarında tercih edilebilir. Özellikle tümör cerrahisinde kemik kayıplarının kapatılmasında sıkça kullanılmaktadırlar. Ancak, bu greftlerin dezavantajları arasında gecikmiş kaynama veya kaynamama, enfeksiyon riski ve kırık gibi yüksek komplikasyon oranları bulunmaktadır (116).

Titanyum örgü kafesler, çeşitli anatomik bölgelerdeki kemik kayıplarında kemik devamlılığını sağlamak için etkili bir şekilde kullanılabilir. Attias ve arkadaşları, ortalama 8,4 cm uzunluğunda kemik defekti olan 17 hastayı titanyum kafesle tedavi etmiş ve %94 başarı oranı rapor etmiştir (117). Gavaskar ve arkadaşları, Masquelet tekniği ile birlikte, ortalama 8,4 $\pm$ 2,3 cm tibia kemik defekti olan 26 hastanın tedavisi için titanyum kafes kullanmıştır. Kafes içine kansellöz kemik allogrefti doldurmuş ve kilitli intramedüller çivi ile stabilize ederek başarılı sonuçlar elde etmişlerdir (118). Ancak, başarısız vakalarda kafesin çıkarılması ve kaynamanın radyolojik değerlendirilmesi zor olabilmektedir. Bu yöntemin avantajları arasında operasyon sonrası erken dönemde tam yük vermeye izin vermesi, donör saha morbiditesinin olmaması ve ekstremitede stabilite sağlaması yer alır. Ancak, teorik dezavantajları arasında artmış enfeksiyon riski, enfekte olgularda kullanılamama ve otogreft donör alanının kısıtlı olması bulunur. Ayrıca, yumuşak doku örtüsünün yetersiz olduğu durumlarda, ilk aşamada yumuşak doku rekonstrüksiyonu gerektirmesi de bir diğer dezavantajı olarak kabul edilmektedir.

Vaskülarize fibular greft tekniği, kemik defektlerinin tedavisinde kullanılan bir diğer seçenektir. Cavadas ve arkadaşları, 4 cm ve üzerinde tibia kemik defekti olan 41 hastayı bu yöntemle tedavi etmiş ve başarılı sonuçlar elde etmişlerdir (119). Abdel-Razek ve ekibi, tibia kemik kaybı ortalama 4,1 cm olan 17 hastayı Ilizarov kemik transportu yöntemiyle, ortalama 7,6 cm kemik kaybı olan 15 hastayı ise vaskülarize fibula grefti yöntemi ile tedavi etmişlerdir. Sonuç olarak, vaskülarize fibula grefti ile tedavi edilen hastalarda daha iyi

sonuçlar gözlemlenmiş fakat büyük olmayan kemik defektlerinin tedavisinde, özellikle enfeksiyon ve kısıalık gibi sorunların eşlik ettiği hallerde, Ilizarov eksternal fiksatorü ile kemik transportunun daha başarılı olduğunu belirtmişlerdir. Buna ek olarak Ilizarov eksternal fiksatorü ile kemik transportu tekniği, ameliyat sonrasında hastanın tam yük vererek erken mobilize olmasına olanak tanırken, vaskülarize kemik grefti grubunda, fibulanın kalınlaşması tamamlanana kadar hastaların ağırlık taşımaması gerektiği bildirilmiştir. Ilizarov kemik transport tekniği, kemik kaybının aynı çaptaki kemikle rekonstrükte edilmesi avantajına sahiptir. Vaskülarize fibular greft tekniği ise, fibulanın tibianın kortikal kalınlığına ulaşamaması, mikrocerrahi gerektirmesi, refraktr oluşma riski ve ameliyat süresinin uzun olması gibi dezavantajları bünyesinde barındırmaktadır. Ayrıca, dolaşımı bozulmuş tek damarla beslenen ekstremitede komplikasyonlara yol açabilmektedir (120).

Masquelet tekniği, büyük kemik defektlerinin tedavisinde son yıllarda popülerlik kazanmıştır. Tong ve arkadaşları, ortalama 6,76 cm (2,7-15,7 cm arası) kemik kaybı olan 19 hastayı kemik transportu yöntemi ile, 20 hastayı ise Masquelet tekniği ile tedavi etmişlerdir. Kemik sonuçlarının benzer olduğunu, ancak Masquelet tekniği ile fonksiyonel sonuçların daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Her iki teknikte de avantaj ve dezavantajların olduğu, dolayısıyla farklı endikasyonlarda kullanılabileceği üzerinde durulmuştur (121). Giannoudis ve arkadaşları ise, ortalama 4,2 cm (2-12 cm arası) kemik kaybı olan 43 hastayı Masquelet tekniği ile tedavi ederek başarılı sonuçlar elde ettiklerini ve bu tekniğin kemik defektlerinde iyi bir alternatif olabileceğini belirtmişlerdir (122). Masquelet tekniğinin avantajları arasında, uygulamanın kolaylığı ve mikrocerrahi gerektirmemesi sayılabilir. Ancak, enfeksiyon tamamen ortadan kaldırılmadığa bu tekniğin etkin olamayacağı bildirilmektedir (123). Yumuşak doku örtü yetersizliği durumunda ise Masquelet tekniğinde ilk adımda yumuşak doku rekonstrüksiyon gerekliliği mevcuttur. Bunun yanı sıra, ciddi miktarda kemik grefti ihtiyaı ve uzun süre yk vermeme gerekliliği de yönteminin dezavantajları arasında sayılmaktadır.

Distraksiyon osteogenezi, kemik defektlerinin tedavisinde popülerliği süregelen bir yöntemdir. Kemik defektlerinin tedavisinde, temel prensibi distraksiyon osteogenezi olan çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlar arasında Wagner, LRS (Orthofix®), intramedüller çivi üzerinden monolateral eksternal fiksator ve Ilizarov gibi farklı cihazlar bulunmaktadır. Ancak, Wagner yönteminin yüksek komplikasyon oranları nedeniyle artık tercih edilmediği görülmektedir. Diğer yöntemlerle ise başarılı sonuçlar elde edilmiştir (124).

Paley ve arkadaşları, distraksiyon osteogenezinde LRS (Orthofix®) fiksatorünün Ilizarov eksternal fiksatorü kadar güvenli ve stabil olabileceğini bildirmişlerdir (125). Yilihamu ve ekibi, 3 cm ve üzerindeki kemik kayıplarını tedavi eden 86 hastayı Ilizarov eksternal fiksatorü ile, 43 hastayı ise LRS (Orthofix®) eksternal fiksatorü ile karşılaştırmış ve her iki eksternal fiksatorün de etkili olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, LRS (Orthofix®) eksternal fiksatorü ile tedavi edilen hastaların yaşam kalitesi ve ameliyat sonrası memnuniyetinin daha yüksek olduğunu vurgulamışlardır (126). Iacobellis ve arkadaşları, ortalama 8,4 cm kemik kaybı olan 100 hastayı (26 femur ve 74 tibia) Ilizarov ve LRS (Orthofix®) fiksatorleri ile tedavi etmiş ve Ilizarov fiksatorünün deformitelerin modifikasyonlarla düzeltilmesine olanak tanıdığını, bu nedenle üstün olduğunu tespit etmişlerdir. LRS (Orthofix®) eksternal fiksatorünün, özellikle femoral kemik defektine sahip hastalar tarafından daha iyi tolere edildiğini belirtmişlerdir (127). Bizim çalışmamızda, 36 hastanın 24'üne LRS, 5'ine Ilizarov, 7'sine manyetik çivi ve LRS kombinasyonu şeklinde operasyon uygulanmış olup ortalama kemik defekt miktarımız 10,3 cm (2,5-20,4 cm) idi. Hastaların 5 tanesi femur defektine, 31 tanesi tibia defektine sahipti. Femur defektine sahip hastaların tümüne LRS (Orthofix®) sistemi ile kemik transportu uygulandı. Tibia defektine sahip hastalara uygulanan LRS (Orthofix®), Ilizarov ve kombine sistem arasında ASAMI kemik, ASAMI fonksiyonel, Karlström-Olerud fonksiyonel ve LEFS fonksiyonel skorlamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı. Bu da literatürü destekler niteliktedir.

Kemik defekti büyük olan hastalarda eksternal fiksator sisteminde transport süresince sistemin parçası olan teller ve şanz vidaları cilt üzerinde yol alarak ilerler. Bu durum tel ve çivilere bağlı olarak ciddi yumuşak doku komplikasyonlarına ve izlere yol açabilmektedir. CBT (Cable Bone Transport) tekniğinde taşınan kemik parçası içeriden özel bir çelik tel ile kemik defektini dolduracak şekilde taşınmaktadır. Bu teknikte yumuşak doku sorunları görülmez, ciltte iz bulunmaz, kemik iyileşmesi daha hızlıdır, çok büyük kemik defektleri (18-20 cm) tedavi edilebilir ve hasta konforu çok yüksektir. Küçükaya ve arkadaşları 13 hasta üzerinde yaptıkları çalışmada CBT tekniğini kullanmış ve pin dibi problemleri ve cilt sorunlarıyla karşılaşmamışlardır (128). Çalışmamızda geniş kemik defekti olan 6 hastaya (defekt ortalaması 13,9 cm) CBT tekniği uygulandı ve bu altı hastanın kemiksel değerlendirme sonuçları 1 mükemmel, 3 iyi, 2 orta sonuç ve fonksiyonel değerlendirme sonuçları 1 mükemmel, 3 iyi, 1 orta ve 1 kötü sonuç olarak bulundu.

Ilizarov tarafından tanımlanan distraksiyon osteogenezi ile uzun kemik defektlerinin başarıyla tedavi edilmesi sağlanmıştır. Bu yöntemle, kemik defektlerinin kapatılmasının yanı sıra uzunluk farkı ortadan kaldırılabilmekte ve kaynama elde edilmektedir. Paley ve ark., ortalama 6,2 cm kemik kaybı olan 25 tibia vakasını distraksiyon osteogenezi ile tedavi etmiş ve bu tedavi sonucunda kemiksel kriterlere göre 18 mükemmel, 5 iyi, 2 orta, 1 kötü; fonksiyonel kriterlere göre ise 16 mükemmel, 7 iyi, 1 orta ve 1 kötü sonuç elde etmişlerdir (129). Song ve ark., ortalama 8,3 cm kemik kaybı olan 27 tibia hastasını Ilizarov kemik taşıma metodu ile tedavi etmişlerdir. Tedavi sonunda kemiksel sonuçlara göre 14 mükemmel, 8 iyi, 2 orta ve 4 kötü; fonksiyonel sonuçlara göre ise 11 mükemmel, 11 iyi, 2 orta ve 3 kötü sonuç elde etmişlerdir (130). Zhang ve ark., ortalama 10.1 cm kemik kaybı olan 41 femur vakasında LRS (Orthofix®) sistemiyle distraksiyon osteogenezi gerçekleştirmiş ve kemiksel değerlendirme kriterlerine göre 30 mükemmel 6 iyi 5 kötü; fonksiyonel değerlendirme kriterlerine göre 21 mükemmel 9 iyi 11 kötü sonuç elde etmişlerdir (131). Gerçekleştirdiğimiz çalışmamızda, ortalama kemik kaybı 10,3 cm olan 31'i tibia 5'i femur defektine sahip 36 hastanın kemik sonuçları; 15 mükemmel, 12 iyi, 7 orta ve 2 kötü, fonksiyonel sonuçları; 8 mükemmel, 20 iyi, 4 orta ve 4 kötü sonuç olarak bulunmuştur. Bizim çalışmamızda kemiksel sonuçlarımız % 75, fonksiyonel sonuçlarımız % 77,7 mükemmel ve iyi olarak bulunmuştur. Kötü sonuçlanan hastalardan bir tanesi için amputasyon kararı alınmıştır.

Distraksiyon osteogenezinin uzun tedavi süreci ve bu uzun tedavi sürecine bağlı komplikasyonlarının artması önemli bir dezavantaj olarak kabul edilmektedir (132). Song ve ark. ortalama kemik kaybı 8,3 cm olan 27 tibia hastasını Ilizarov kemik transportu yöntemi ile ortalama 8 ayda tedavi ettiklerini bildirmişlerdir(130). Dendinos ve ark. ortalama kemik kaybı 6 cm olan 28 tibia hastasını Ilizarov kemik taşıma metodu ile ortalama 10 ayda tedavi etmişlerdir (133). Bobroff ve ark. ortalama kemik kaybı 9,45 cm olan 12 tibia hastasını Ilizarov kemik transportu yöntemi ile ortalama 16,7 ayda tedavi ettiklerini bildirmiş ve EFİ'yi 2 ay/cm olarak bulmuşlardır (134). Paley ve Maar ortalama kemik kaybı 10,7 cm olan 19 tibia hastasını Ilizarov kemik transportu yöntemi ile ortalama 16 ayda tedavi ettiklerini bildirmiş ve EFİ'yi 1,7 ay/cm olarak bulmuşlardır (135). Zhang ve ark., ortalama kemik kaybı 10,1 cm olan 41 femur vakasında LRS (Orthofix®) metodu ile ortalama 20,3 ayda tedavi etmiş, EFİ'yi ortalama 1,3 ay/cm olarak bulmuşlardır (131). Bizim çalışmamızda ortalama kemik kaybı 10,3 cm olup uygulanan tedavinin süresi 16,9 ay, ortalama EFİ 1,73 ay/cm olarak bulunmuştur. Bu değerler literatürle uyumlu görünmektedir.

Distraksiyon osteogenezinde geç kaynama önemli bir sorun olup tedavi süresinin uzamasında önemli bir etmen olarak görülmektedir. Kemik transportunun sonunda hedef bölgeye kemik grefti uygulaması kaynama elde etmede yaygın kullanılmakla beraber Paley ve ark., tüm hastalarında kemik grefti kullanılmadan sadece kompresyon ile kaynama elde ettiklerini bildirmişlerdir (129). Polyzois ve ark. 25'i tibia 17'si femurda olmak üzere toplam 42 kemik defekti hastasının 4 tanesinde kemik grefti gerekliliğini bildirmişlerdir (136). Zhang ve ark., LRS (Orthofix®) ile tedavi ettiği 41 adet femur hastasının üç tanesinde kemik grefti gerekli olduğunu bildirmişlerdir (131). Paley ve Maar 19 vakalık çalışmalarında 10 hastasında hedef bölgede iyileşme zorluğu görmüş ve hastaların tümüne debridman ve kemik greftlemesi gerekli olduğunu bildirmişlerdir (135). Blum ve arkadaşlarının 50 femur üzerine yaptığı çalışmada 15 hastada hedef bölgede kaynama gecikmesi nedeniyle iliak greft uygulanmıştır (137). Bizim çalışmamızda 36 hastadan 16'sında hedef bölgede kaynama gecikmesi meydana gelmiş ve 12 hastada hedef bölgeye debridman ve iliak kanat greftlemesi uygulanmıştır.

Osteotomi sonrası sık meydana gelebilen bir diğer durum prematür konsolidasyondur ve operasyon sayısının artmasına neden olan önemli bir etmendir. Freischmidt ve arkadaşlarının gerçekleştirdiği 8'i femur, 7'si tibia olmak üzere 15 kemik defekli hastanın olduğu çalışmada 1 hastada (%6,6) prematür konsolidasyon meydana gelmiş olup tekrar osteotomi ihtiyacı oluşmuştur (138). Bizim çalışmamızda 11 hastada (%32) tekrar osteotomi gerektiren prematür konsolidasyon meydana gelmesinin sebebinin merkezimizin il dışından fazla hasta alması, COVID enfeksiyonu dolayısıyla hastaların kliniğimize başvurmaması ve Elazığ ile Malatya'da gerçekleşen yakın zamanlı depremler dolayısıyla hastaların takiplerinin yetersizliği olduğunu düşünmekteyiz.

Kemik transportunda biyolojik nedenler transportun hızlanmasını mümkün kılmadığından tedavi süresini kısaltmak için ikinci bir osteotomi yapılarak trifokal taşıma prensibi tanımlanmıştır. (129,139). Borzunov, 12 ila 14 cm arasında değişen tibia kemik defektlerinde bifokal ve multifokal kemik transportu tekniklerini birbiriyle karşılaştırmış ve multifokal tekniklerin kullanılmasıyla distraksiyon süresinin 2,5 kat, eksternal fiksatörün kalma süresinin ise 1,3 ila 1,9 kat arasında azaltılabileceğini bildirmiştir. Bu sonuçlar, multifokal transport yönteminin özellikle daha kısa tedavi süresi ile avantaj sağladığını ortaya koymaktadır (140). Catagni ve ark., ortalama 12,5 cm tibia kemik defekti olan 45 bifokal kemik transportu hastasını, ortalama 13,5 cm tibia kemik defekti olan 41 trifokal kemik transportu hastası ile karşılaştırmışlardır. Sonuçlar kemik ve fonksiyonel

değerlendirmeler açısından gruplar arasında anlamlı bir fark göstermemiştir fakat bifokal transport grubunda iyileşme indeksi ortalama 44 gün/cm iken, trifokal transport grubunda bu süre 29 gün/cm olarak anlamlı derecede daha kısa bulunmuştur. Ayrıca, trifokal taşıma grubunda komplikasyon sayısının da anlamlı derecede daha az olduğu bildirilmiştir (141). Bizim çalışmamızda tibiasında ortalama defekti 11,9 cm olan 5 hastaya trifokal kemik taşıma uygulanmıştır. Bu hastaların EFI ortalaması 0,97 ay/cm olarak bulunmuştur. Bu 5 olgunun kemik ve fonksiyonel skorları 3 mükemmel 2 iyi şeklinde bulunmuştur.

Distraksiyon osteogenezi ile tedavi esnasında komplikasyon çok sık görülebilmektedir (110). Zhang ve arkadaşlarının 41 femur üzerinde yaptığı çalışmada komplikasyon olarak 23 pin dibi enfeksiyonu, 2 pin gevşemesi, 3 aksiyel deviasyon, 1 refraktür, 14 diz eklem rijiditesi meydana gelmiştir (131). Catagni ve ark., ortalama tibia kemik defekti 12,5 cm olan 45 bifokal kemik transportu hastasında 35 hastada 57 sorun, 19 engel ve 28 gerçek majör komplikasyon; ortalama tibia kemik defekti 13,5 cm olan 41 trifokal kemik taşıma hastasının 31'inde 58 sorun, 8 engel ve 21 gerçek major komplikasyon varlığı bildirmişlerdir (141). Çalışmamızda Paley sınıflamasına göre 32'si sorun, 46'sı engel, 12'si gerçek minör komplikasyon, 28'i gerçek majör komplikasyon olup 32 hastada pin dibi enfeksiyonu, 1 hastada çivi distal kilitleme vidasında kırılma, 11 hastada osteotomi hattında prematür konsolidasyon, 2 hastada ayak bileği varus deformitesi, 2 hastada ekin deformitesi, 2 hastada hedef bölgede enfeksiyon, 1 hastada intraop popliteal ven yaralanması, 1 hastada şanz vidası kırılması, 1 hastada osteotomi hattında cilt nekrozu, 2 hastada ayak bileği artrozu, 10 hastada ayak bileği ve dizde eklem sertliği, 4 hastada hedef bölgede cilt katlantısı, 8 hastada >2 cm bacak uzunluk farkı gözlemlendi. Bir hastada kemik transportu sırasında osteomyelit gelişmesi üzerine diz altı amputasyon uygulandı.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda osteomyelit, ateşli silah yaralanması, travma ve tümör nedeniyle alt ekstremitte uzun kemiklerinde defekt gelişen hastalara LRS (Orthofix®), Ilizarov ve LRS ve manyetik çivinin birlikte kullanıldığı kombine yöntemlerle kemik transportu yapılarak tedavi edilen hastaların sonuçlarını bildirdik.

Hastalarda oluşan büyük kemik defektlerinde bile yüksek oranda başarı sağlayan kemik transportu yönteminde uygulanan cerrahi teknik, tedaviye uyum, pin dibi bakımının yeterli oranda yapılması ve uygun rehabilitasyon tedavinin başarısı ve tedavi esnasında meydana gelebilecek komplikasyonların sıklığını belirleyen faktörlerdir.

Hastalarda gecikmiş kaynama durumları sık görülebilmekte, bu da hastalarda ek cerrahi gereksinimine yol açabilmektedir. Kaynama sorunu görülen bölgedeki kemik uçlarının rezeksiyonu ve debridmanı ile kansellöz greft uygulaması kaynamama problemini en az seviyeye indirerek tedavi süresinin kısılmasına olanak tanınması bakımından önemli prosedürlerdir.

Bu tez çalışması alt ekstremitte uzun kemiklerinin mega defektlerinde, tedavi süresi uzun ve mükerrer operasyon sayısı yüksek olsa da uygulanan tedavi yönteminden bağımsız olarak kemik transportunu başarılı ve etkin bir tedavi yöntemi olarak değerlendirmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Sen C, Balci HI, Celiktaş M, Özkan C, Gulsen M. Definitive Surgery for Open Fractures of the Long Bones with External Fixation. In: Cakmak M, Sen C, Eralp L, Balci HI, Civan M (eds). Basic Techniques for Extremity Reconstruction, 1st ed Berlin-Heidelberg, Springer, 2018: 107-28.
2. Beutler A, Titus S. General principles of definitive fracture management, <https://www.uptodate.com/contents/236> Son Erişim Tarihi 20 Kasım 2024.
3. Mauffrey C, Barlow BT, Smith W. Management of segmental bone defects. JAAOS. 2015; 23(3), 143–53.
4. Smrke D, Roman P, Veselko M, Gubi B. Treatment of Bone Defects — Allogenic Platelet Gel and Autologous Bone Technique. In: Andrades JA (ed). Regenerative Medicine and Tissue Engineering, 1st ed. IntechOpen. 2013: 325-40.
5. Aktuglu K, Erol K, Vahabi A. Ilizarov bone transport and treatment of critical-sized tibial bone defects: a narrative review. J Orthop. Traumatol. 2019;20(1):22.
6. Lazzarini L, Mader JT, Calhoun JH. Osteomyelitis in long bones. J Bone Joint Surg Am, 2004;86(10):2305–2318.
7. Dabov GD. Osteomyelitis. In: Canale ST, Beaty JH (eds). Campbell's Operative Orthopaedics, 11th ed. Philadelphia, Mosby/Elsevier, 2008: 695-722.
8. Cierny G, Mader JT. Adult chronic osteomyelitis. Orthopedics, 1984;7(10):1557–64.
9. Alaia EF, Chhabra A, Simpfendorfer CS, Cohen M, Mintz DN, Vossen JA, et al. MRI nomenclature for musculoskeletal infection. Skeletal radiol. 2021;50:2319-47.
10. Diefenbeck M, Mückley T, Hofmann GO. Prophylaxis and treatment of implant-related infections by local application of antibiotics. Injury. 2006;37:95-104.
11. Fitzgerald RH Jr. Experimental osteomyelitis: description of a canine model and the role of depot administration of antibiotics in the prevention and treatment of sepsis. J Bone Joint Surg Am. 1983;65(3):371–80.
12. Berbari EF, Steckelberg JM, Osmon DR. Osteomyelitis. In: Bennett JE, Dolin R, Blaser MJ (eds). Mandell, Douglas, and Bennett's Principles and Practice of Infectious Diseases, 8th ed. Philadelphia, W.B. Saunders, 2015: 1318-27.
13. Cierny G 3rd, Mader JT, Penninck JJ. A clinical staging system for adult osteomyelitis. Clin Orthop Relat Res. 2003;(414):7–24.
14. Maiden N. Ballistics reviews: mechanisms of bullet wound trauma. Forensic Sci Med Pathol. 2009;5(3):204–09.

15. Harvey EN, Korr IM. Secondary damage in wounding due to pressure changes accompanying the passage of high velocity missiles. *Surgery*, 1947; 21(2):218–39.
16. Fackler, ML, Malinowski JA. The wound profile: a visual method for quantifying gunshot wound components. *J Trauma*, 1985;25(6):522–29.
17. Opasanon S, Chuangsuwanich A. Gunshot Wounds. In: Téot L, Meaume S, Akita S, Ennis WJ, del Marmol V (eds). *Skin Necrosis*, 1st ed. Vienna, Springer, 2015: 49-53.
18. Burlew CC, Moore EE. Trauma. In: Brunickardi, FC, Andersen DK, Billiar TR, Dunn DL, Hunter JG, Kao LS et al. (eds). *Schwartz's principles of surgery*, 11th ed. United States, McGraw-Hill Education Medical, 2019: 183-249.
19. Alberdi F, García I, Atutxa L, Zabarte M. Epidemiology of severe trauma. *Med Intensiva*. 2014;38(9):580–588.
20. World Health Organization, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/injuries-and-violence> Son Erişim Tarihi 22 Kasım 2024.
21. Fianagan AM, Blay JY, Bovee JVMG, Bredella MA, Cool P, Nielsen GP et al. Bone tumours: Introduction. In: WHO Classification of Tumours Editorial Board (eds). *WHO Classification of Tumours: Soft Tissue and Bone Tumours*, 5th ed. Lyon, International Agency for Research on Cancer, 2020: 340-4.
22. Choi JH, Ro JY. The 2020 WHO Classification of Tumors of Bone: An Updated Review. *Adv Anat Pathol*. 2021;28(3):119–138.
23. Yajima H, Tamai S, Mizumoto S, Sugimura M, Horiuchi K. Vascularized fibular graft for reconstruction after resection of aggressive benign and malignant bone tumors. *Microsurgery*. 1992;13(5):227–233.
24. Sharma PK, Kundu ZS, Yadav U. Straightplasty, a Limb Salvage Procedure in Malignant and Aggressive Bone Tumors of Lower Extremities: A Retrospective Analysis. *Cureus*, 2021;13(5), e15294.
25. Enneking WF, Spanier SS, Goodman MA. A system for the surgical staging of musculoskeletal sarcoma. *Clin Orthop Relat Res*. 1980;(153):106–120.
26. Henshaw R, Malawer M. Review of Endoprosthetic Reconstruction in Limb-sparing Surgery. In: Malawer M, Sugarbaker PH (eds). *Musculoskeletal Cancer Surgery*, 1st ed. Dordrecht, Springer, 2004: 383-403.
27. Arıncı K, Elhan A. *Anatomi.1, 4. Baskı*. İstanbul. Güneş Tıp Kitapevi, 2005: 24-6.
28. Gray H. *Anatomy: descriptive and surgical*. In: Pick TP, Howden R (eds). *Anatomy: Descriptive and Surgical*, 1st ed. New York, Bounty Books, 1977: 182.

29. Sinnatamby CS. Last's Anatomy, 12th ed. London, Churchill Livingstone Elsevier, 2011: 171-4.
30. Moore KL, Dalley AF, Agur AMR. Clinically Oriented Anatomy, 8th ed. Philadelphia, Wolters Kluwer, 2018: 1557-8.
31. Iannotti JP, Parker R. The Netter Collection of Medical Illustrations, Musculoskeletal System, 2nd ed. Philadelphia, Saunders Elsevier, 2013: 180-5.
32. Paulsen F, Waschke J. Sobotta Atlas of Anatomy, 16th ed, Munich, Elsevier, 2019: 306.
33. Menck J, Bertram C, Lierse W, Wolter D. Das arterielle Versorgungsprinzip der Tibia und seine praktischen Konsequenzen [The arterial blood supply of the tibial and practical consequences]. Langenbecks Archiv fur Chirurgie. 1992;377(4):229-34.
34. Rhinelander FW. The vascular response of bone to internal fixation. In: Browner BD, Edwards CC (eds). The science and practice of intramedullary nailing. Philadelphia, Lea and Febiger, 1987:25-60.
35. Lew DP, Waldvogel FA. Osteomyelitis. NEJM, 1997;336(14): 999–1007.
36. Jobe MT, Martinez SF. Peripheral Nerve Injuries. In: Canale ST, Beaty JH (eds). Campbell's Operative Orthopaedics, 11th ed. Philadelphia, Mosby Elsevier, 2007: 3635-97.
37. Van den Bergh FRA, Vanhoenacker FM, De Smet E, Huysse W, Verstraete KL. Peroneal Nerve: Normal Anatomy and pathologic findings on routine MRI of the knee. Insights Imaging. 2013;4:287-99.
38. Petrisor BA, Bhandari M, Schemitsc E. Tibia ve Fibula Kırıkları. İçinde: Rockwood ve Green Erişkin Kırıkları, Başbozkurt M, Yıldız C (çeviri editörleri). Rockwood and Green's Fractures in Adults, Bucholz RW, Court-Brown CM, Heckman JD, Tornetta P III, 7. Baskı, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins. 2014: 1867-1927.
39. Arıncı K, Elhan A. Anatomi.1, 4. Baskı. İstanbul. Güneş Tıp Kitapevi, 2005: 22-3.
40. Burghardt RD, Siebenlist S, Döbele S, Lucke M, Stöckle U. Compartment syndrome of the thigh. A case report with delayed onset after stable pelvic ring fracture and chronic anticoagulation therapy. BMC Geriatr, 2010;10:51.
41. Nork SE. Femur Cisim Kırıkları. İçinde: Rockwood ve Green Erişkin Kırıkları, Başbozkurt M, Yıldız C (çeviri editörleri). Rockwood and Green's Fractures in Adults, Bucholz RW, Court-Brown CM, Heckman JD, Tornetta P III, 7. Baskı, Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins. 2014: 1655-718.

42. Volpin G, Shtarker H. Management of Delayed Union, Non-Union and Mal-Union of Long Bone Fractures. In: Bentley, G (ed) *European Surgical Orthopaedics and Traumatology*, 1st ed. Berlin-Heidelberg, Springer, 2014: 241-66.
43. Bhure U, Strobel K. Hand and Wrist: Fracture Nonunion. In: Van den Wyngaert T, Gnanasegaran G, Strobel K (eds) *Clinical Atlas of Bone SPECT/CT*, 1st ed. Berlin-Heidelberg, Springer, 2023: 323-32.
44. Standing S. *Gray's Anatomy. The Anatomical Basis of Clinical Practice*, 40th ed. London, Churchill Livingstone, 2008: 1378.
45. Netter FH. *The Netter Collection of Medical Illustrations*, 2nd ed. Philadelphia, Saunders Elsevier, 2013: 66-8.
46. Vazquez MT, Murillo J, Maranillo E, Parkin I, Sanudo J. Patterns of the circumflex femoral arteries revisited. *Clin Anat.* 2007;20(2):180-5.
47. Paloma A, Marc RN, Sara Q, Clara S, Marko K, Jose Ramon S, et al. Popliteal Artery: Anatomical study and review of the literature. *Ann Anat.* 2020;234(2021):151654
48. Burks SS, Levi DJ, Hayes S, Levi AD. Challenges in sciatic nerve repair: anatomical considerations. *J Neurosurg.* 2014;121(1):210-8.
49. Pesántez RF, Olarte CM, Salavarieta J. Evaluation and Treatment of Nonunions in the Osteoporotic Patient. *Curr Geriatr Rep.* 2014;3(2):128-34.
50. Rupp M, Kern S, Walter N, Anastasopoulou L, Schnettler R, Heiss C, et al. Surgical treatment outcome after serial debridement of infected nonunion-A retrospective cohort study. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 2022;32(1):183-89.
51. Masrouha KZ, Raad ME, Saghie SS. A novel treatment approach to infected nonunion of long bones without systemic antibiotics. *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2018;13(1):13-8.
52. Chun DS, Baker KC, Hsu WK. Lumbar pseudarthrosis: a review of current diagnosis and treatment. *Neurosurg focus.* 2015;39(4):E10.
53. Weber BG, Čech O. *Pseudarthrosis: pathophysiology, biomechanics, therapy, results.* 1st ed. New York, Grune & Stratton, 1976: 14-28.
54. Frölke JP, Patka P. Definition and classification of fracture non-unions. *Injury.* 2007;38(2):19-22.
55. Dimartino S, Pavone V, Carnazza M, Cuffaro ER, Sergi F, Testa G. Forearm Fracture Nonunion with and without Bone Loss: An Overview of Adult and Child Populations. *J Clin Med.* 2022;11(14):4106.

56. Atkins RM. Principles of management of septic non-union of fracture. *Injury*. 2007;38(2):23-32.
57. Day SM, DeHeer DH. Reversal of the detrimental effects of chronic protein malnutrition on long bone fracture healing. *J Orthop Trauma*. 2001;15(1):47-53.
58. Eralp L, Şen C, Eren İ. Reconstruction Techniques for Mega Bone Defects. In: Kocaoğlu M, Tsuchiya H, Eralp L. (eds) *Advanced Techniques in Limb Reconstruction Surgery*, 1st ed. Berlin-Heidelberg, Springer. 2015:159-76.
59. DeCoster TA, Gehlert RJ, Mikola EA, Pirela-Cruz MA. Management of posttraumatic segmental bone defects. *J Am Acad Orthop Surg*. 2004;12(1):28–38.
60. Walter G, Kemmerer M, Kappler C, Hoffmann R. Treatment algorithms for chronic osteomyelitis. *Dtsch Arztebl Int*. 2012;109(14):257-64.
61. Şen C, Sağlam Y. Enfekte ve/veya kemik defektli psödoartrozlarda kullanılan özel teknikler. *TOTBID*. 2017;16(6):615-23.
62. Masquelet AC, Begue T. The concept of induced membrane for reconstruction of long bone defects. *Orthop Clin North Am* 2010;41(1):27–37.
63. Alford AI, Nicolaou D, Hake M, McBride-Gagyi S. Masquelet's induced membrane technique: Review of current concepts and future directions. *J Orthop Res*. 2021;39(4):707-18.
64. Jobe MT. Microsurgery. In: Canale ST, Beaty JH (eds). *Campbell's Operative Orthopedics*, 11th ed. Philadelphia, Mosby Elsevier, 2008: 3707-95.
65. de Boer HH, Wood MB. Bone changes in the vascularised fibular graft. *J Bone Joint Surg Br*, 1989;71(3):374-78.
66. Yazar S, Lin CH, Wei FC. One-stage reconstruction of composite bone and soft-tissue defects in traumatic lower extremities. *Plast Reconstr Surg*. 2004;114(6):1457-66.
67. Taylor GI. The current status of free vascularized bone grafts. *Clin Plast Surg*. 1983;10(1):185-209.
68. Cobos JA, Lindsey RW, Gugala Z. The cylindrical titanium mesh cage for treatment of a long bone segmental defect: description of a new technique and report of two cases. *J Orthop Trauma*. 2000;14(1):54-9.
69. Attias N, Lindsey RW. Case reports: management of large segmental tibial defects using a cylindrical mesh cage. *Clin Orthop Relat Res*. 2006;450:259-66.

70. El-Rosasy MA. Acute shortening and re-lengthening in the management of bone and soft-tissue loss in complicated fractures of the tibia. *J Bone Joint Surg Br.* 2007;89(1):80-8.
71. Sen C, Kocaoglu M, Eralp L, Gulsen M, Cinar M. Bifocal compression-distraction in the acute treatment of grade III open tibia fractures with bone and soft-tissue loss: a report of 24 cases. *J Orthop Trauma.* 2004;18(3):150-57.
72. Saleh M, Rees A. Bifocal surgery for deformity and bone loss after lower-limb fractures. Comparison of bone-transport and compression-distraction methods. *J Bone Joint Surg Br.* 1995;77(3):429-34.
73. Sen C, Eralp L, Gunes T, Erdem M, Ozden VE, Kocaoglu M. An alternative method for the treatment of nonunion of the tibia with bone loss. *J Bone Joint Surg Br.* 2006;88(6):783-89.
74. Wen H, Zhu S, Li C, Xu Y. Bone transport versus acute shortening for the management of infected tibial bone defects: a meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord.* 2020;21(1):80.
75. Podeszwa D. Limb Length Discrepancy. In: Herring JA (ed). *Tachdjian's Pediatric Orthopaedics*, 6th ed. Philadelphia, Elsevier, 2022: 806-69.e10.
76. Codivilla A. The classic: On the means of lengthening, in the lower limbs, the muscles and tissues which are shortened through deformity. *Clin Orthop Relat Res.* 2008;466(12):2903-09.
77. Wiedemann M. Callus distraction: a new method? A historical review of limb lengthening. *Clin Orthop Relat Res.* 1996;(327):291-304.
78. Paley D, Herzenberg JE, Paremian G, Bhav A. Femoral lengthening over an intramedullary nail. A matched-case comparison with Ilizarov femoral lengthening. *J Bone Joint Surg Am.* 1997;79(10):1464-80.
79. Moseley CF. Leg lengthening: the historical perspective. *Orthop Clin North Am.* 1991;22(4):555-61.
80. Paterson D. Leg-lengthening procedures. A historical review. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;(250):27-33.
81. Walsh WR, Hamdy RC, Ehrlich MG. Biomechanical and physical properties of lengthened bone in a canine model. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;(306):230-38.
82. Catagni MA, Guerreschi F, Holman JA, Cattaneo R. Distraction osteogenesis in the treatment of stiff hypertrophic nonunions using the Ilizarov apparatus. *Clin Orthop Relat Res.* 1994;(301):159-63.

83. Ilizarov GA. Osnovnye printsiipy chreskostnogo kompressionnogo i distraktsionnogo osteosinteza [Basic principles of transosseous compression and distraction osteosynthesis]. Ortop Travmatol Protez. 1971;32(11):7-15.
84. Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues. Part I. The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation. Clin Orthop Relat Res. 1989;(238):249-81.
85. İlizarov GA. The historical background of transosseous osteosynthesis. In: Green SA (ed). Transosseous osteosynthesis, 1st ed. Berlin, Springer-Verlag, 1992:3-62.
86. Delloye C, Delefortrie G, Coutelier L, Vincent A. Bone regenerate formation in cortical bone during distraction lengthening. An experimental study. Clin Orthop Relat Res. 1990;(250):34-42.
87. Podolsky A, Chao EY. Mechanical performance of Ilizarov circular external fixators in comparison with other external fixators. Clin Orthop Relat Res. 1993;(293):61-70.
88. Altun İ. Alt Ekstremitte Kısılıklarında Ilizarov Eksternal Fiksator ile Uzatma Sonuçları [uzmanlık tezi]. Adana: Çukurova Üniversitesi; 2011.
89. Ilizarov GA. The Apparatus: Components and Biomechanical Principles of Application. In: Ilizarov GA (ed). Transosseous Osteosynthesis, 1st ed. Berlin-Heidelberg, Springer, 1992: 63-136.
90. Spiegelberg B, Parratt T, Dheerendra SK, Khan WS, Jennings R, Marsh DR. Ilizarov principles of deformity correction. Ann R Coll Surg Engl. 2010;92(2):101-5.
91. Baştürk S. İlizarov'un Transossöz Osteosentez Yönteminin Klinik Uygulamaları [Uzmanlık Tezi]. İstanbul: İstanbul Üniversitesi; 1995.
92. Taylor JC. Ring size selection. Tech Orthop. 1990;5(4):13-8.
93. Aronson J, Harp JH Jr. Mechanical considerations in using tensioned wires in a transosseous external fixation system. Clin Orthop Relat Res. 1992;(280):23-9.
94. Green SA. The use of wires and pins. Tech Orthop. 1990;5(4):19-25.
95. Paley D, Fleming B, Catagni M, Kristiansen T, Pope M. Mechanical evaluation of external fixators used in limb lengthening. Clin Orthop Relat Res. 1990;(250):50-7.
96. Pugh KJ, Wolinsky PR, Dawson JM, Stahlman GC. The biomechanics of hybrid external fixation. J Orthop Trauma. 1999;13(1):20-6.
97. Chao EY, Neluhani EV, Hsu RW, Paley D. Biomechanics of malalignment. Orthop Clin North Am. 1994;25(3):379-86.

98. Ilizarov GA, Ledyayev VI. The replacement of long tubular bone defects by lengthening distraction osteotomy of one of the fragments. *Clin Orthop Relat Res.* 1992;(280):7-10.
99. Ilizarov GA. Correction of Deformities of Long Tubular Bones with Simultaneous Limb Lengthening. In: Ilizarov GA (ed). *Transosseous Osteosynthesis*, 1st ed. Berlin-Heidelberg, Springer, 1992: 329-68.
100. Mayer BE, Siddiqui NA. Eight Wires/ 10 Steps: The Siddiqui Method For Applying Static Circular External Fixation, <https://www.hmpgloballearningnetwork.com/site/podiatry/eight-wires10-steps-siddiqui-method-applying-static-circular-external-fixation>. Son Erişim Tarihi 20 Kasım 2024.
101. Saleh M, Yang L, Sims M. Limb reconstruction after high energy trauma, *Br Med Bull.* 1999;55(4):870-84.
102. AO Surgery Reference. Safe zones for pin placement. <https://surgeryreference.aofoundation.org/orthopedic-trauma/periprosthetic-fractures/knee/approach/safe-zones#proximal-tibia> Son Erişim Tarihi 20 Kasım 2024.
103. De Bastiani G, Aldegheri R, Renzi-Brivio L. The treatment of fractures with a dynamic axial fixator. *J Bone Joint Surg Br.* 1984;66(4):538-45.
104. Aldegheri R. Distraction osteogenesis for lengthening of the tibia in patients who have limb-length discrepancy or short stature. *J Bone Joint Surg Am.* 1999;81(5):624-34.
105. Aldegheri R, Renzi-Brivio L, Agostini S. The callotasis method of limb lengthening. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;(241):137-45.
106. Adejuyigbe B, Gharpure M, Wahle CF, Kallini JR. Distraction osteogenesis: A comprehensive review. *Appl. Biosci.* 2024;3(4):503-16.
107. Dabis J, Templeton-Ward O, Lacey AE, Narayan B, Trompeter A. The history, evolution and basic science of osteotomy techniques. *Strategies Trauma Limb Reconstr.* 2017;12(3):169-80.
108. Aronson J. Experimental and clinical experience with distraction osteogenesis. *Cleft Palate Craniofac J.* 1994;31(6):473-82.
109. Aronson J, Good B, Stewart C, Harrison B, Harp J. Preliminary studies of mineralization during distraction osteogenesis. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;(250):43-9.

110. İlizarov GA. The historical background of transosseous osteosynthesis. In: Green SA (ed). Transosseous osteosynthesis, 1st ed. Berlin, Springer-Verlag, 1992:3-62.
111. Schulze F, Lang A, Schoon J, Wassilew GI, Reichert J. Scaffold guided bone regeneration for the treatment of large segmental defects in long bones. *Biomedicines*. 2023;11(2):325.
112. Runyan CM, Flores RL, McCarthy JG. Distraction Osteogenesis: Biologic and Biomechanical Principles. In: McCarthy, J (ed) Craniofacial Distraction, 1st ed. Cham, Springer, 2017: 11-43.
113. Paley D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin Orthop Relat Res*. 1990;(250):81-104.
114. Başbozkurt M, Gür E. Defekt psödoartrozları ve kemik defektlerinde tedavi. İçinde: Çakmak M, Kocaoğlu M (editörler). İlizarov Cerrahisi ve Prensipleri, 1.Baskı. İstanbul, Doruk Grafik, 1999: 137-143.
115. Paley D, Catagni MA, Argnani F, Villa A, Benedetti GB, Cattaneo R. Ilizarov treatment of tibial nonunions with bone loss. *Clin Orthop Relat Res*. 1989;(241):146-65.
116. Cierny G 3rd, Zorn KE. Segmental tibial defects. Comparing conventional and Ilizarov methodologies. *Clin Orthop Relat Res*. 1994;(301):118-23.
117. Green SA. Skeletal defects. A comparison of bone grafting and bone transport for segmental skeletal defects. *Clin Orthop Relat Res*. 1994;(301):111-17.
118. Green SA, Jackson JM, Wall DM, Marinow H, Ishkanian J. Management of segmental defects by the Ilizarov intercalary bone transport method. *Clin Orthop Relat Res*. 1992;(280):136-42.
119. Dick HM, Malinin TI, Mnaymneh WA. Massive allograft implantation following radical resection of high-grade tumors requiring adjuvant chemotherapy treatment. *Clin Orthop Relat Res*. 1985;(197):88-95.
120. Attias N, Thabet AM, Prabhakar G, Dollahite JA, Gehlert RJ, DeCoster TA. Management of extra-articular segmental defects in long bone using a titanium mesh cage as an adjunct to other methods of fixation: a multicentre report of 17 cases. *Bone Joint J*, 2018;100-B(5):646-51.
121. Gavaskar AS, Parthasarathy S, Balamurugan J, Raj RV, Chander VS, Ananthkrishnan LK. A load-sharing nail - cage construct may improve outcome after induced membrane technique for segmental tibial defects. *Injury*. 2020;51(2):510-15.

122. Cavadas PC, Landín L, Ibáñez J, Nthumba P. Reconstruction of major traumatic segmental bone defects of the tibia with vascularized bone transfers. *Plast Reconstr Surg.* 2010;125(1):215-23.
123. Malizos KN, Zalavras CG, Soucacos PN, Beris AE, Urbaniak JR. Free vascularized fibular grafts for reconstruction of skeletal defects. *J Am Acad Orthop Surg.* 2004;12(5):360-69.
124. Tong K, Zhong Z, Peng Y, Lin C, Cao S, Yang Y, et al. Masquelet technique versus Ilizarov bone transport for reconstruction of lower extremity bone defects following posttraumatic osteomyelitis. *Injury.* 2017;48(7):1616-22.
125. Giannoudis PV, Harwood PJ, Tosounidis T, Kanakaris NK. Restoration of long bone defects treated with the induced membrane technique: protocol and outcomes. *Injury.* 2016;47(6):53-61.
126. Masquelet AC. Induced Membrane Technique: Pearls and Pitfalls. *J Orthop Trauma.* 2017;31(5):36-8.
127. Aaron AD, Eilert RE. Results of the Wagner and Ilizarov methods of limb-lengthening. *J Bone Joint Surg Am.* 1996;78(1):20-9.
128. Paley D, Herzenberg JE, Paremain G, Bhavé A. Femoral lengthening over an intramedullary nail. A matched-case comparison with Ilizarov femoral lengthening. *J Bone Joint Surg Am.* 1997;79(10):1464-80.
129. Yilihamu Y, Keremu A, Abulaiti A, Maimaiti X, Ren P, Yusufu A. Outcomes of post-traumatic tibial osteomyelitis treated with an Orthofix LRS versus an Ilizarov external fixator. *Injury.* 2017;48(7):1636-43.
130. Iacobellis C, Berizzi A, Aldegheri R. Bone transport using the Ilizarov method: a review of complications in 100 consecutive cases. *Strategies in trauma and limb reconstruction.* 2010;5(1):17-22.
131. Kucukkaya M, Armagan R, Kuzgun U. The new intramedullary cable bone transport technique. *J Orthop Trauma.* 2009;23(7):531-36.
132. Paley D, Catagni MA, Argnani F, Villa A, Benedetti GB, Cattaneo R. Ilizarov treatment of tibial nonunions with bone loss. *Clin Orthop Relat Res.* 1989;(241):146-65.
133. Song HR, Cho SH, Koo KH, Jeong ST, Park YJ, Ko JH. Tibial bone defects treated by internal bone transport using the Ilizarov method. *Int Orthop.* 1998;22(5):293-7.

134. Zhang Q, Zhang W, Zhang Z, Zhang L, Chen H, Hao M, et al. Femoral nonunion with segmental bone defect treated by distraction osteogenesis with monolateral external fixation. *J Orthop Surg Res.* 2017;12(1):183.
135. Paley D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin Orthop Relat Res.* 1990;(250):81-104.
136. Dendrinos GK, Kontos S, Lyritis E. Use of the Ilizarov technique for treatment of non-union of the tibia associated with infection. *J Bone Joint Surg Am.* 1995;77(6):835-46.
137. Bobroff GD, Gold S, Zinar D. Ten year experience with use of Ilizarov bone transport for tibial defects. *Bull Hosp Jt Dis.* 2003;61(3-4):101-7.
138. Paley D, Maar DC. Ilizarov bone transport treatment for tibial defects. *J Orthop Trauma.* 2000;14(2):76-85.
139. Polyzois D, Papachristou G, Kotsiopoulos K, Plessas S. Treatment of tibial and femoral bone loss by distraction osteogenesis. Experience in 28 infected and 14 clean cases. *Acta Orthop Scand.* 1997;(275):84-8.
140. Blum AL, BongioVanni JC, Morgan SJ, Flierl MA, dos Reis FB. Complications associated with distraction osteogenesis for infected nonunion of the femoral shaft in the presence of a bone defect: a retrospective series. *J Bone Joint Surg Br.* 2010;92(4):565-70.
141. Freischmidt H, Guehring T, Thomé P, Armbruster J, Reiter G, Grützner PA, et al. Treatment of Large Femoral and Tibial Bone Defects With Plate-Assisted Bone Segment Transport. *J Orthop Trauma.* 2024;38(5):285-90.

8.EKLER

EK-1.Etik Kurul Onayı



