

Uzatma cerrahisinde plak kullanımı: Plak yardımcı uzatma/uzatma sonrası plaklama/plak ile rekonstrüksiyon

Plate use in lengthening surgery: Plate-assisted lengthening/post-lengthening plating/plate reconstruction

Özgür İsmail Türk, Bilal Demir

Medicana Zincirlikuyu Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

Kemik dokunun uzatılarak yeni kemik kazanılması veya transport yöntemi ile eksik doku miktarının yerine konulması, uzun yıllardır başarı ile yapılmaktadır. Günümüzde artık büyük bir bilgi ve tecrübe birikimi sağlandığından, tüm dünyada yaygın ve sıklıkla tercih edilen cerrahi prosedürlerden biri olarak uygulanmaya devam edilmektedir. Güncel teknik ve cerrahi yöntemin, bugünlere gelmesi sürecinde, ortopedik implantların en temel malzemelerinden biri olan plak vida sistemleri, sürecin tüm gelişimi boyunca, etkin bir şekilde tercih edilmiştir. Bu derlemede distraksiyon cerrahisinde plakların, güncel cerrahi teknik ve yöntemler içinde, temel ve yardımcı malzemeler olarak kullanıma endikasyon ve kullanım teknikleri tartışılmıştır.

Anahtar sözcükler: kemik transport; plak yardımcı uzatma; uzatma sonrası plaklama

The generation of new bone through distraction or the replacement of missing bone segments via transport techniques has been successfully performed for many years. Today, with the accumulation of extensive knowledge and experience, these procedures continue to be widely adopted and frequently preferred surgical methods worldwide. Throughout the evolution of these techniques to their current state, plate and screw systems, one of the fundamental orthopedic implants, have been consistently utilized. This review discusses the indications and techniques for the use of plates in distraction surgery, both as primary and adjunctive tools, within the context of contemporary surgical practice.

Key words: bone transport; plate-assisted lengthening; post-lengthening plating

Distraksiyon osteogenezisi keşfedilip histolojik alt yapısı ve yöntemin teknik ayrıntıları ortaya konulduktan sonra, kemik dokusunun kendisinden yeni kemik üretilmesi mümkün oldu. Bu şekilde kemik defektlerinin giderilebilmesi ve kemik dokuda boy kazanabilmesiyle ortopedik tedavi seçenekleri genişlemiştir ve mevcut endikasyon seçeneklerinde de büyük bir gelişme elde edilmiştir.^[1-4] Travma veya onkolojik hastalıklar nedenleriyle kaybedilen kemik dokuların yerine konması, kaynamayan kırıkların ve sekellerinin tedavisi, deformite ve ekstremité eşitsizliklerinin tedavisi gibi yeni yöntemler ortopedi literatürüne eklendi.^[2,5,6]

Distraksiyon osteogenezisi, başlangıçtan itibaren uzun bir süre boyunca sirküler eksternal fiksatörlerle (EF) icra edildi.^[2-4,6] Bilgi birikimi ve tecrübe arttıkça, mevcut tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi, radyolojik ve fonksiyonel

sonuçların iyileştirilmesi çabaları hız kazanmıştır. Çünkü, EF tedavisi uygulanan hastalarda nispeten sık karşılaşılan, pin dibi enfeksiyonu, eklem sertliği, kontraktür ve tedavi bitiminde ortaya çıkan refraktür gibi komplikasyon ve zorluklar elde edilen iyi sonuçları ciddi şekilde gölgeler nitelikteydi.^[3,5] Bu seçkin tedavi yönteminde, hasta konforunun ciddi şekilde sınırlı olduğunu söylemek mümkündür. Dahası, EF'nin kalış süresi uzadıkça komplikasyonlar ve uygulama zorlukları hem sıklık hem de şiddet açısından belirgin şekilde artmakta; bu durum, yöntemin en önemli dezavantajı olarak öne çıkmaktadır.^[2,7,8]

Eksternal fiksatörlerin ekstremitéde kalış sürelerini kısaltan veya tamamen ortadan kaldıran, daha yeni yöntem ve ortopedik implant arayışları zaman içinde aşamalar kaydetmiştir.^[9-11] Bu gelişim sürecinin bir sonucu olarak intramedüller çivi ve plak sistemleri giderek artan

İletişim / Contact: Prof. Dr. Bilal Demir • **E-posta / E-mail:** bilalbirkandemir@yahoo.com

ORCID ID: Özgür İsmail Türk, 0000-0003-1545-6820 • Bilal Demir, 0000-0003-3449-3870

Geliş / Received: 22 Eylül 2025 • **Revizyon / Revised:** 24 Eylül 2025, 11 Ekim 2025 • **Kabul / Accepted:** 13 Ekim 2025

bir şekilde distraksiyon yöntemlerine dâhil olmuştur. Bu şekilde fiksatörlerin tedavi boyunca kalış süreleri ve dolayısıyla komplikasyonlar yaklaşık 2/3 oranında azaldı, uzun tedavi süreleri kısaldı.^[12,13] Geline son aşamada, distraksiyon cerrahisinde giderek azalan oranlarda fiksatörler tercih edilmeye devam etmektedir. Fiksatörler, nispeten düşük maliyetli ve her türlü patolojik duruma kolayca adapte olabilme özelliğinden dolayı, özellikle pediatrik hasta grubunda vazgeçilmez olma özellikleri devam etmektedir. Erişkin hasta gruplarında ise tamamiyle terk edilmeleri henüz uzak bir ihtimaldir.^[14-17]

Distraksiyon osteogenezi cerrahisinde intramedüller çivi ve plak vidaların kullanımları giderek artmaktadır.^[18-20] Her iki sistemin, endikasyonu, cerrahi tekniği ve mekanik özellikleri tamamen birbirinden farklıdır. İntramedüller çivilerin teknolojisi, fiksatör ve plaklardan bağımsız olarak ileri düzeyde gelişmiştir. Bu implantları tedavinin başından sonuna kadar tercih etmek mümkündür.^[12,13] Plak vida sistemlerinde henüz bu denli teknolojik bir gelişme mümkün olmamıştır. Ancak literatürde münferit motorlu plaklar görülmeye başlanmış olsa bile bu türden implantların henüz yaygın kullanımı ve tıbbi marketlerden elde edilmeleri mümkün değildir.^[21,22]

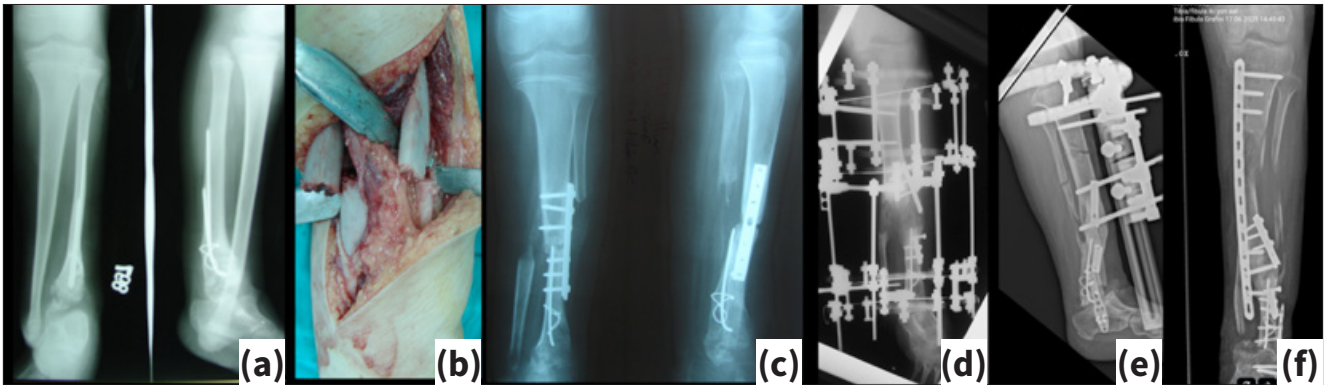
Plak vida sistemleri, distraksiyon osteogenezi cerrahisinde yaygın olarak uzun bir süredir kullanılmaktadır. Bu nedenle endikasyonları ve uygulama teknikleri konusunda geniş bir tecrübe ve bilgi birikimi oluşmuştur.^[23,24] İntramedüller çivilerin teknik olarak yetersiz kaldığı durumlarda, plak vida sistemleri hâlen ilk tercihtir.^[25] Bu türden hastalarda en büyük grup, pediatrik hastalardan oluşmaktadır. Pediatrik yaşlarda kemik strüktürünün küçük olması, açık epifiz hatları nedeni ile plaklar öncelikli olarak tercih edilmektedir.^[26] Erişkin hastalarda ise kemik medullası-

nın çivi taşımaya uygun olmadığı durumlarda, akut deformite düzeltme sonrasında çivilerin fiksasyon kabiliyetlerini aşan durumlarda, rezeksiyon sonrası rekonstrüksiyon yapılması gereken spesifik hasta gruplarında da, plaklar öncelikli tercih olmaya devam etmektedir.^[27,28] Bu derlemede plakların distraksiyon osteogenezi yöntemlerinde kullanıma tekniklerinin yanında, tümör veya osteomyelit nedeniyle segment rezeksiyonu yapılan hastalarda, plak-kemik cement ile geçici stabilizasyon ve sonrasında plak yardımcı uzatma ile tedavi edilen spesifik bir hasta grubu da tartışılmıştır.

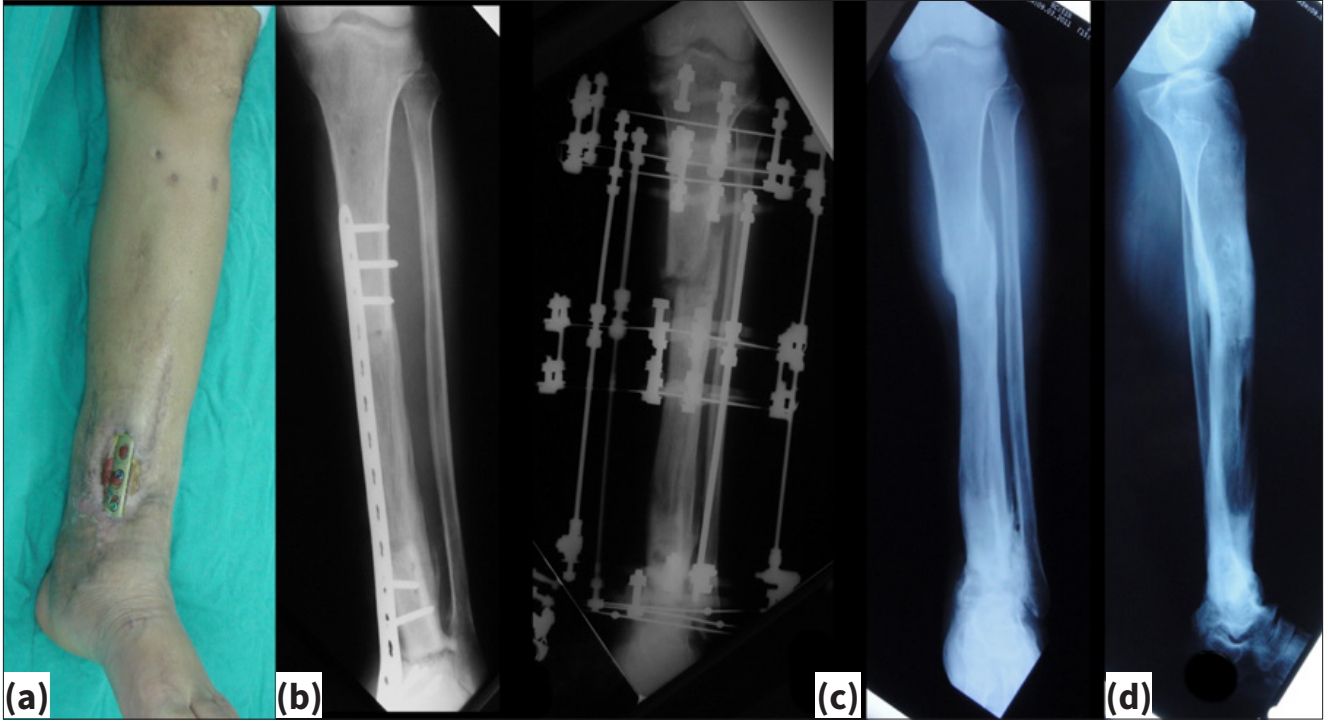
MATERYAL VE METOT

Tedavi edilen toplam hasta sayısı 42'dir. Hastaların 14'ü çocuk (ortalama yaş 9) ve 28'i erişkindir (ortalama yaş 51). Yaşı 16 ve daha fazla olan hastalar erişkin grubuna dâhil edilmiştir. Tüm hastaların 21'ine uzatma sonrası plakla fiksasyon yapılarak fiksatör çıkarılması ve 10'una da plak yardımcı uzatma yapılarak distraksiyon tamamlandıktan sonra plak distali kilitlenerek fiksatör çıkarımı yapılmıştır. Bu iki gruptan farklı 11 hastaya da tümör veya osteomyelit rezeksiyonu (8 tümör, 3 osteomyelit) ve plak cement kombinasyonu ile geçici fiksasyonu, onkolojik ve medikal tedavi sonrası mevcut plak üzerinden kemik transport ve uzatmayla ekstremitre rekonstrüksiyonu tedavisi yapıldı (Şekil 1).

Tüm hastalarda kaynama elde edildi. Fiksatör sonrası plaklama ve plak üzerinden distraksiyon yapılan hastaların hiçbirinde enfeksiyon görülmedi. Bu hastalarda cerrahi sonrası rutin olarak iki gün profilaktik antibiyotik kullanıldı. Tümör nedeniyle rezeksiyon yapılan bir hastada tibia medialinde, yerleştirilen plak ciltten ekspozite olduğu için plak çıkarılarak tedaviye sirküler fiksatörle devam edildi (Şekil 2). Bu hastanın tibiasında malign



Şekil 1.a-f. Uzatma sonrası en sık plak fiksasyonu yapılan hasta grubunda yer alan, konjenital redüksiyon defekti olan, tibial hemimeli hastasının 25 yıl önce ayak bileğinden geçirdiği cerrahi sonrası direkt grafisi (a), hastaya ayak bileği redüksiyonu, diseksiyon sonrası tibial gövdenin fibula gövdesi ile fiksasyonu yapılması (b), fiksasyon sonrası takiplerde hipertrofik psödoartroza bağlı plak kırılmıştır (c), plak çıkarılmadan distraksiyon tekniği ile uzatma yapılmıştır. Kaynamayla birlikte uzunluk da artırılmıştır (d), 25 yıl sonra hastaya yeni bir uzatma, ayak bileği koreksiyonu yapılmıştır (e), uzatma sonrası plak fiksasyonu yapılarak, EF erkenden çıkarılmıştır (f).



Şekil 2.a-d. Tibia distal tümör rezeksiyonu sonrası plak üzerinden kemik transport yapılan hastanın takiplerinde görülen plak ekspozisyonu (a) ve psödoartroz (b) sonrası plak vida sistemi çıkarılarak sirküler EF uygulanması (c) sonrası takiplerde solid osseöz kaynama elde edilmiştir (d).

tümör rezeksiyonu nedeniyle femur minimal invaziv plak kullanılmıştı. Serinin ilk hastası olan bu hastada, plağın kalınlığı nedeniyle cilt traksiyona bağlı olarak nekroze oldu. Bu hastadan elde edilen tecrübe ile sonraki tüm hastalarda plaklar, yumuşak doku örtümünün daha iyi olması nedeni ile lateral tarafa yerleştirildi (Şekil 3). Başka bir malign tümör rezeksiyon hastasında, transport tamamlandıktan sonra erken dönemde uzak yaygın metastaz nedeniyle hasta kaybedildi.

CERRAHİ TEKNİK

Uzatma Sonrası Plaklama

Distraksiyon cerrahisinde, EF ile geçirilen zamanın kısaltılması, geç dönem komplikasyonlarının önlenmesi, tedavi yönteminin etkinliğinin artırılması, hasta uyumu ve tedavi sonuçlarını iyileştirmek için, etkili bir yöntemdir. Distraksiyon fazından hemen sonra, konsolidasyon fazının plak fiksasyonu altında devam ettirilmesi, EF ile geçirilmesi gereken konforsuz tedavi periyodunu yaklaşık 2/3 oranında kısaltmaktadır.^[29,30] Eksternal fiksatör tedavisine özgü komplikasyon ve zorlukların doğrudan EF kalış süresi ile ilişkili olduğu hesaba katılırsa bu durumun ne büyük bir avantaj sağladığı kolaylıkla hesaplanabilir.

Cerrahi yöntem, instabil parçalı kırıklara perkütan köprü plak uygulamasıyla büyük benzerlik gösterir. Bu nedenle yöntemin uygulanması esnasında, öğrenme eğrisi oldukça kısa teknik birkaç farklılığın ortaya konmasıyla



Şekil 3.a,b. Plak yardımlı uzatma olgularında plağın tibia medial tarafta yerleşmesi yumuşak doku örtüm sorunlarına neden olabildiği için (a), plakların lateral tarafa yerleştirilmesi daha iyi örtüm sağlama nedeniyle daha güvenlidir (b).



Şekil 4. Plak yerleşimi için uygun koridorun, fiksator pinleri tarafından işgal edilmemiş olması gerekir. Şekildeki beyaz oklar plak yerleşim koridorunu işaret etmektedir.

kolaylıkla yapılabilir niteliktedir. En önemli teknik ayrıntı, uzatmanın tamamlanmasıyla birlikte plak yerleştirileceğinin önceden hesaplanmış olmasıdır. Plak yerleşimi için uygun koridorun, EF pinleri tarafından işgal edilmemiş olması gerekir (Şekil 4). Pin diplerinde mevcut olan düşük evreli bir enfeksiyonun, plak fiksasyonundan sonra kolaylıkla ilerleyerek fiksasyon bölgesinde enfeksiyona neden olabileceği açıktır. Ayrıca plak yolu üzerindeki pinlerin zorunlu olarak çıkarılması rejeneratın stabilitesini tehlikeye düşürebilir. Bu nedenle doğru uygulama, önceden hesap edilmiş bir plak koridorundan, EF çıkarılmadan, rejeneratın köprülenerek fiksasyonun tamamlanmasıdır. Plak rejenerat üzerinde hizalandıktan sonra rejeneratın her iki tarafındaki fragmanlar, mümkün olduğunca uzak aralarla ve her bir segmentte en az üç adet olmak üzere bikortikal vidayla fikse edilmelidir. Plak fiksasyonu tamamlandıktan sonra EF güvenle çıkarılabilir.

Planlama yapılırken dikkat edilmesi gereken önemli ayrıntılardan biri de pin dibi enfeksiyonu olmamalı, varsa da en az bir hafta öncesinde lokal pin dibi bakımı ve antibiyotikle tedavi edilmelidir. Gevşemiş pinlerde etkili bir enfeksiyon eliminasyonu mümkün değildir. Bu

nedenle gevşemiş pinlerin uzaklaştırılması pratik ve en hızlı çözümdür. Pinler çıkarıldıktan sonra EF'nin stabilitesi bozulacaksa EF tümü ile çıkarılarak geçici bir EF uygulamasıyla rejenerat stabilize edilmeli, sonra mevcut pin enfeksiyonları tedavi edilmeli, plaklama daha sonra yapılmalıdır. Nitekim bu seride yer alan hastalardan hiçbirinde ameliyat sonrası enfeksiyon ile karşılaşılmamıştır.

Plak uygulaması femur ve tibiada farklılık gösterir. Tibiada, uygulama açısından teknik bir engel yoksa anterolateral yüzün tercih edilmesi önerilir. Krusta antero-medial yumuşak doku örtümü plakları sağlıklı bir şekilde örtecek düzeyde değildir. Anteromedial yüzden yapılan uygulamalarda, sonradan örtüm sorunları ortaya çıkma olasılığı büyüktür. Ayrıca tibianın genellikle valgus yönünde deforme edici etkilere maruz kalması nedeniyle anterolateral plak uygulamaları mekanik avantaj da sağlar. Femurda ise uygulama, lateral yüzden ve genellikle minimal invaziv plaklama tekniğiyle yapılır. Femurda genellikle anatomik plaklar tercih edildiği için plağın kemik yüzeye mümkün olduğunca uyum sağlayabilmesi için uygulama yönüne dikkat edilmelidir. Rejeneratın yerleşimine göre distalden proksimale veya proksimalden distale yönde tercih edilebilir. Genel olarak, rejeneratın yakın olduğu uçtan diğer yöne doğru fiksasyon, teknik olarak daha kolayca uygulanabilir. Örneğin sağ tarafa antegrad yapılacak bir uygulamada, o bölge için üretilmiş plaklar veya sol femur distal için üretilmiş plaklar ters çevrilerek uygulanabilir.

Hasta takibi, defektif parçalı kırıklarda yapılan plak fiksasyonlarında olduğu gibidir. Eklem hareketlerinin korunması veya geliştirilmesi için erken fizyoterapi uygulanmalıdır. Ekstremiteye yük verebilmek için ise üç yönlü çekilen direkt radyografilerde, en az iki korteksin (2 korteks + plak= 3 korteks) görülmesiyle birlikte parsiyel progresif yük verilebilir.

Plak Yardımlı Uzatma

Plakların distraksiyon cerrahisinde, EF'ler gibi temel bir yöntem olarak kullanıldığı tedavi seçeneğidir. Plakların motorlu çiviler gibi henüz markette ulaşılabilir ölçüde, distraksiyon gücü üretmeleri mümkün değildir. Bu nedenle yöntemin, EF'lerle birlikte yapılması zorunludur (Şekil 5).

Fiksator ve plağın aynı anda, sinerjik olarak görev yapabilmesi için planlama bu yöntemde de en önemli aşamadır. Distraksiyon uygulanacak kemikte deformite yoksa plağın öncelikle yerleştirilmesi, sonra fiksatorün yerleştirilerek, en son osteotominin yapılması genellikle rutin bir tercihtir. Osteotomi distalindeki plak bölümü fikse edilmediği için erkenden yapılan bir osteotomi nedeniyle, fiksator uygulaması sırasında oluşacak büyük



Şekil 5.a,b. Plakların motorlu çiviler gibi distraksiyon gücü üretmeleri mümkün değildir. Bu nedenle fiksatorlerle birlikte kullanılmaları zorunludur (a,b).

hareketlerle osteotomi çevresi yumuşak dokuların zarar görmesine meydan verilmemelidir. Sonuçta hedeflenen rejenerat atrofik gelişebilir. Bizim tercihimiz osteotominin sistem stabilitesi sağlandıktan sonra yapılmasıdır.

Deformite varlığında ise öncelikle plak uygulaması için insizyonlar hazırlanmalı, plak yolu açılmalı, sonra osteotomi yapılarak akut deformite düzeltmeyle birlikte plağın yerleştirilmesi gerekir. Ameliyat sahası içinde osteotomi distaline hâkim olunabiliyorsa son olarak fiksator yerleştirilebilir. Osteotomi sonrası distal fragmana hâkim olunamayacaksa plağın distal deliklerinden Kirschner (K) teli veya geçici vida yerleştirilerek, geçici stabilize elde edilebilir. Fiksator uygulaması tamamlandıktan sonra bunların çıkarılması gerekir. Sonuç olarak, uygulama tamamlandığında deformitenin giderilmiş, plağın proksimal segmentinin fikse edilmiş, osteotomi alanının biyolojisine zarar verilmemiş ve fiksator distraksiyon aksının plakla paralel bir şekilde yerleştirilmiş olması gerekir.

Önemli noktalardan biri, osteotomi sonrası latent periyot ile ilgilidir. Latent periyot deformite nedeniyle akut koreksiyon yapılan olgularda osteotomi ve akut koreksiyon yapılan hastalarla ilgilidir. Literatürden farklı olarak bizim uygulamamız, bu tür hastalarda radyolojik olarak kallus görülünceye kadar uzun bir bekleme süresi, güçlü bir rejenerat oluşabilmesi için daha sağlıklı bir uygulamadır. Çünkü ne kadar dikkat edilirse edilsin akut deformite koreksiyonu bu alanın biyolojisine zarar verir niteliktedir. Bu nedenle bu tür hastalarda latent periyodun diğer hastalara göre en az üç kat (15-21 gün) fazla

olması gerekir. Diğer önemli bir nokta da enfeksiyon riskini mümkün olduğunca azaltmak için, fiksator pinlerinin plaktan en az 2 cm uzakta yerleştirilmesidir. Teknik olarak plakla aynı seviyede olması gereken pinlerin, plağın yerleştiği kortekse ulaşmadan, tek korteks yerleştirilmesi tavsiye edilir.

Distraksiyon tamamlandıktan sonra, plağın distal bölümünün vidalanarak fiksatorün çıkarılması, yöntemin son aşamasıdır. Plak en başından uygulanırken uzatma tamamlandıktan sonra da osteotomi distalini en az üç bikortikal vidayla fikse edebilecek uzunlukta olmalıdır (osteotomi proksimali plak boyu + osteotomi distali plak boyu + uzatma miktarı= gerekli plak uzunluğu). Pratik olarak genellikle, mümkün olan en uzun plakların tercih edilmesi iyi bir seçenektir. Bu durumda bile plak boyunun yetersiz kaldığı durumlar söz konusu olabilir. Bu tür olgularda rejeneratta üç yönlü kortikal matürasyon görülünceye kadar ekstremitte ortezle korunmalıdır.

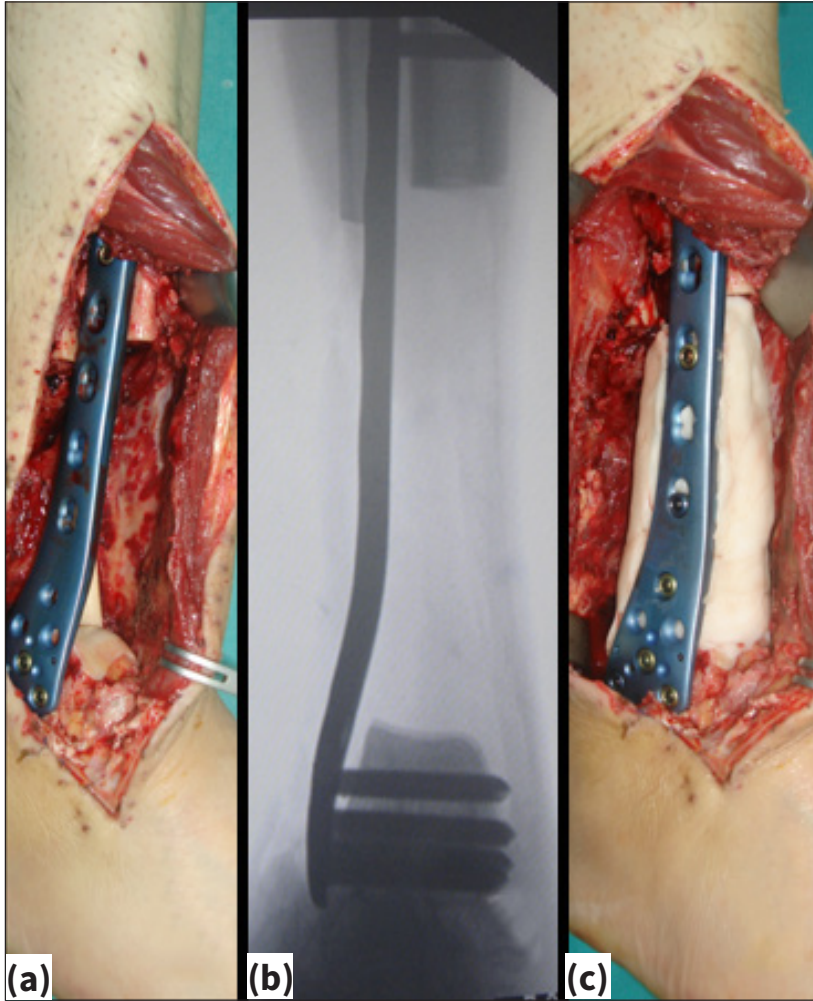
Plak Yardımlı Rekonstrüksiyon

Bu başlık altında plak + kemik sement + EF kombinasyonu ile tedavi edilen, literatürde de yazara ait spesifik bir yöntem olarak anlatılan tedavi yöntemi anlatılmıştır.^[31]

Bu yöntem tümör, osteomyelit veya travma nedeniyle geniş kemik segment kayıplarının söz konusu olduğu olguların rekonstrüksiyonlarında tercih edilebilir.^[31]

Tümör olgularında, rezeksiyon yapıldıktan sonra, defektin proksimal ve distal segmenti plakla fikse edilir. Tercihen femur için üretilmiş, yük vermeye dayanıklı plakların tercih edilmesi önerilir. Anatomik zorluk mevcut olan durumlarda daha güçsüz tibia plakları da uygulanabilir. Plak seçilirken sonraki aşamalarda plak üzerinden kemik distraksiyon yapılacağı da hesap edilerek mümkün olan en uzun plakların yerleştirilmesi gerekir. Rezeksiyonla ortaya çıkan defekt antibiyotik ilave edilmiş sement ile [40 gram (gr) sement için 800 miligram (mg) teikoplanin] defektin her iki tarafındaki kortekse sıkıca oturacak şekilde ve rezeke edilen kemiğin şekli verilerek yerleştirilir (Şekil 6). Sement henüz katılaşmamışken plaktan sementte vida uygulanarak sement aynı zamanda plağa da fikse edilir. Defekt bu hâliyle hastanın ameliyat sonrası dönemde desteksiz tam yük vermesine uygun şekilde onarılmış olur. Son olarak yumuşak doku alındığı şekilde kapatılır.

Osteomyelit olguları da yukarıda tarif edildiği şekilde tedavi edilir. Farklı olarak, kemik medullası da en az iki büyük boyutta oyularak irriga edilir (Şekil 7). Ameliyat sonrası dönemde antibiyograma uygun parenteral ve oral antibiyotik tedavisi de uygulanır. Bu hastalarda eks-



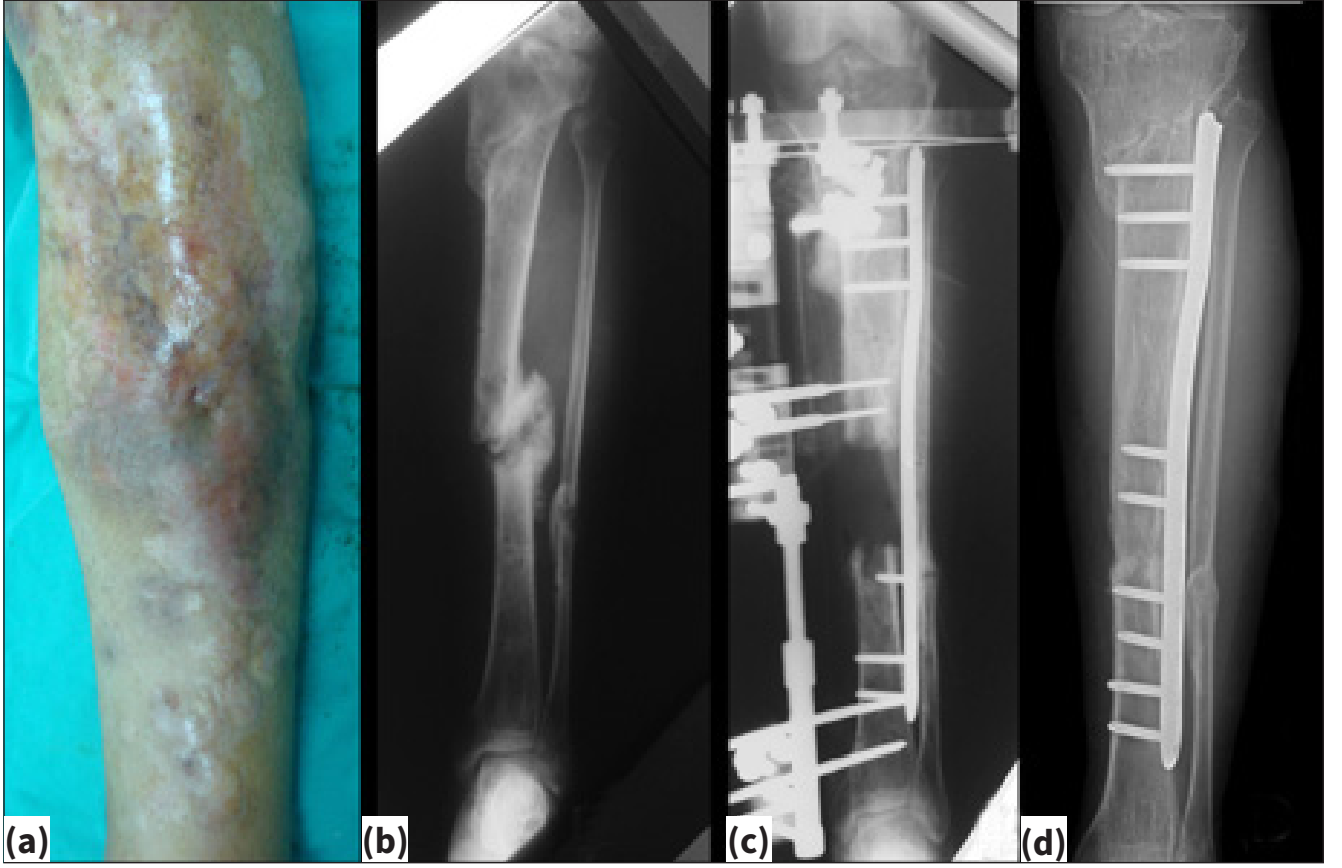
Şekil 6.a-c. Tibia diyafiz bölge rezeksiyonla ortaya çıkan defektin plak vidayla tespitinin ameliyat sırasındaki klinik (a) ve floroskopik görüntüsü (b), antibiyotik ilave edilmiş sement ile (40 gr sement için 800 mg teikoplanin) defektin her iki tarafındaki kortekse sıkıca oturacak şekilde ve rezeke edilen kemiğin şekli verilerek yerleştirilmiş görüntüsü (c).

tremitenin enfeksiyondan arındırılmış olması için laboratuvar ve klinik görünümün normal seviyelere gelmesi beklenir. İstenilen klinik ve laboratuvar sonuçları elde edilememişse debridman ve irrigasyon tekrarlanır. Kür elde edildikten sonra istenilen zaman, sement çıkarılarak, tümör vakalarında olduğu gibi sement çıkarılarak defekt plak üzerinden rekonstrükt edilebilir. Bu zamana kadar, hasta ekstremitelerini tam yükte kullanmaya devam eder. Rekonstrüksiyon aşamasına geçilmesi için zaman kısıtlaması gerekmez.

Travma nedeniyle yaşanan kayıplarda da teknik farklı değildir. Ancak travma nedeniyle yumuşak doku kayıpları da söz konusuysa sement + plak üzerinde yumuşak doku rekonstrüksiyonuyla örtüm sağlanarak ikinci aşamaya geçilmeden önce ekstremitte yumuşak dokularının tamamıyla iyileşmiş olması gerekir. Sonrasında flep kenar-

larından açılarak sement çıkarılabilir, kemik transport yapılabilir.

Bu yöntemin en büyük avantajı kemik defektinin biyolojik yöntemle onarılması için zaman kısıtlaması olmamasıdır. Bu sırada ekstremitte tam yük verilerek kullanılmaya devam ettiği için atrofi, eklem sertliği gibi fonksiyonel sonuçları olumsuz etkileyen komplikasyonlardan kaçınılabilir. Ayrıca rekonstrüksiyon için uygun zaman beklenebilir. Bu durum özellikle malign tümör nedeniyle tedavi edilen hastalarda, rezeksiyon sonrası kemoterapi veya radyoterapi zamanının 24 ay'a kadar uzadığı vakalarda, büyük avantaj sağlar. Son aşamada kullanılan EF'ler genellikle hibrid yapıda ve plaklı ekstremitteye kolaylıkla uygulanabilir niteliktedir. Son aşamada sement ve distal fragmanı fikse eden vidalar çıkarılarak osteotomi yapılır. *Docking site* oluştuktan sonra, *docking*



Şekil 7.a-d. Osteomyelit olgularında plak yardımlı kemik transportla tedavi edilebilir. Sol tibia osteomyeliti olan hastanın klinik (a) ve radyolojik görüntüsü (b), tibia diyafiz kemik doku rezeksiyondan sonra medulla oyularak tüm nekrotik içerik uzaklaştırıldıktan sonra osteotomi yapılarak plak yardımlı kemik transport (c) yapıldıktan sonra kaynama elde edilmiştir (d).

side grefonajı ile plak üzerinden tekrar vidalama yapılarak sistem stabilize edilir.

SONUÇLAR

Tedavi edilen seride üç grup hasta bulunmaktadır. Bunlardan uzatma sonrası plak uygulanan hastalarda ortalama EF kalış süresi 13 gün/cm, plak yardımlı kemik transport veya uzatma yapılan hastalarda ortalama fiksator kalış süresi 17 gün/cm, plak + kemik sement + distraksiyon uygulanan hastalarda ise EF kalış süresi 14 gün/cm olarak gerçekleşmiştir.

Bunlardan birinci gruptaki hastalar, özellikle pediatrik hasta grubundan oluşmakta ve ağırlıklı patolojiler; hemimelilerdir. Bu hastalarda fiksator tedavisine ait komplikasyon ve zorluklar yaklaşık 2/3 oranında azaltılabilmektedir. Bu hastaların mevcut patolojileri nedeniyle tekrarlayan ameliyat oldukları hesaba katılırsa oldukça efektif bir yöntem olduğu daha iyi anlaşılabilir. Bu grupta yer alan hastalarda plaklama sonrası tamamında solid kaynama elde edildi. Uzun dönem takiplerinde dört hastada diz eklem sertliği, beş hastada da ayak bileği eklem

sertliği görüldü. Eklem sertlikleri tüm hastalarda fizyoterapiyle tedavi edildi. Hiçbir olguda plaklama sonrası enfeksiyon görülmedi.

İkinci grup, plak yardımlı distraksiyon osteogeneziyle tedavi edilen hastalardır. Bu hastaların tamamında kaynama elde edildi. Bir hastada, plak yeterince uzun olmadığı için distraksiyon sonrası yeterli sayıda vidayla fiksasyon yapılamadı. Bu hastada rejeneratta matürasyon sağlanıncaya kadar ortezle koruma sağlandı. Bir hastada distraksiyon sırasında plağın distal ucu yumuşak dokuyu irrite etti. Bu hastada da fiksator açılmal ayarlamayla plağın kemik yüzeye yaklaşması sağlandı.

Serideki üçüncü grup hasta, tümör, osteomyelit nedeniyle segment rezeke edilen veya travma nedeniyle segment kaybı ortaya çıkan hastalardır. Bu hastalar, plak + kemik sement ile geçici olarak stabilize edilerek sonraki seansta plak üzerinden kemik transport yapılarak, biyolojik rekonstrüksiyonla tedavi edildiler. Bu hastaların tamamında biyolojik rekonstrüksiyon rekonstrüksiyon başarılı oldu. Ancak bir hastada, plak cildi delerek açığa çıktı (Şekil 2). Bu hastada *docking side* kaynaması da

elde edilemedi. Çözüm olarak plak çıkarılarak sirküler EF uygulanarak kaynama elde edildi (Şekil 2). Bu gruptaki hastalardan ikisinde tümörle birlikte ayak bileği eklemi de rezeke edildiğinden kaynama, tibia talar artrodez yapılarak elde edildi. Bir hasta da fiksator çıkarılıp plak kilitlendikten kısa bir süre sonra primer tümörün yaygın uzak metastazı nedeniyle kaybedildi.

TARTIŞMA

Distraksiyon osteogenezi, mekanik temel prensipleri ve histolojisiyle ortaya konduktan sonra, temel prensiplerine sadık kalınarak uygulama alanları giderek genişlemekte, tüm dünyada yaygın olarak tercih edilmeye devam etmektedir.^[2-4,32,33] Başlangıçta, yöntemin birçok değişik patolojide tedaviye yönelik olarak uygulanması, çoğunlukla sirküler EF'lerin yoğun kullanımıyla oldu. Hatta sirküler EF'lerin kullanıldığı her olguda "İlizarov yöntemi ile tedavi ediliyor" şeklinde yanlış bir algı da ortaya çıktı.

Ancak EF'lerin yoğun kullanımıyla birlikte, EF tedavisine özgü literatürde iyi bilinen komplikasyon ve zorlukların en azından makul düzeylerde azaltılması ve tedavinin yardımcı yöntemler olarak kullanılması, bir aşamanın daha geçilmesini sağladı. Çünkü EF tedavisiyle ilgili komplikasyonların birçoğu, EF kalış süresi ile doğrudan ilişkilidir.^[30,34,35]

Günümüzde gelişen teknolojiyle intramedüller çivileri müstakilen kullanarak, kemik transport ve uzatma yapılması sıklıkla tercih edilmektedir. Bu yöntemde aşılması gereken en önemli sorun maliyet gibi durmaktadır. Plaklarda ise henüz bu ölçüde müstakil kullanım sağlayacak teknolojik bir atılım sağlanamamıştır. Plakların, çivilerin yetersiz kaldığı, özellikle uzun kemiklerin metafizer bölgelerindeki girişimlerde, önemli bir eksikliği gidereceği de açıktır. Bu nedenle plakların da yakın gelecekte, motorlu çiviler gibi, müstakilen tek başlarına kemik transport ve uzatma amacıyla kullanılabileceklerini kanısındayız.

Distraksiyon osteogenezi yöntemlerinin en sık tercih edildiği hasta gruplarından biri, konjenital redüksiyon defekti başlığı altında incelenen hemimeli hastalarıdır. Bu hasta yerleşmiş tedavi protokollerinde, sirküler EF'ler yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu hastalarda plakların kullanımı genellikle uzatma sonrası plaklama şeklindedir. Bu hastalarda erişkin yaşa ulaşıncaya kadar tekrarlayan ameliyatlardan yapılması söz konusu olduğu için EF ile geçirilen tedavi süresinin mümkün olduğunca kısa olması büyük bir avantaj sağlar. Plak kullanımıyla fiksator çıkarıldıktan sonra nispeten sık olarak karşılaşılan refraktür, eklem sertlikleri veya kontraktürler gibi ciddi komplikasyonların da mümkün olduğunca azaltılması sağlanabilir.^[35,36]

Plak üzerinden uzatma cerrahisi, ortopedi pratiğinde sık kullanılan bir cerrahi prosedür değildir. Çünkü alternatif ve daha konforlu cerrahi yöntemler tercih edilerek, tedavide hedeflerine ulaşılabilir.^[37] Plaklarla fiksatorların aynı aksiste birlikte çalışmasını sağlamak için cerrahi öncesi planlama ve hesapların hassasiyetle yapılması gerekir. Aksi takdirde tedavi tamamlanamadan plâğın kemik yüzeyden giderek uzaklaşması sonucu, yumuşak doku irritasyonları ortaya çıkabilmektedir. Plakların fiksatorlarla kullanımını kısıtlayan önemli hususlardan biri, fiksatorların tedavi sırasında bile deformiteye müdahale edebilme kabiliyetinin, plak varlığında mümkün olmadığıdır. Bu nedenle uzatma sırasında deformite koreksiyonu yapılması ihtimali varsa plak üzerinden uzatma yapılmaması, onun yerine, uzatma sonrası plaklama tekniklerinin tercih edilmesi daha uygun olur.

Bu derlemede spesifik grup olarak anlatılan tümör veya osteomyelit nedeniyle rezeksiyon yapılan hastalarda rekonstrüksiyon aşamasında plakların kullanılması büyük bir avantaj sağlar. Çünkü bu tür büyük cerrahilerden sonra ekstremitenin fizyolojik sınırlarda kullanılabilmesi, uzun süren tedavilerde sıklıkla görülebilen kontraktür, atrofi ve eklem sertliği gibi problemlerin doğrudan elemine edilmesini sağlar. Erken postoperatif dönemden itibaren ekstremitenin normale yakın sınırlarda kullanılabilmesi, hastanın alması gereken diğer medikal tedaviler için de büyük bir zaman avantajı sağlar. Çünkü özellikle malign tümör hastalarında, rezeksiyon sonrası yaklaşık iki yıla kadar uzayabilen kemoterapi veya radyoterapi tedavileri gerekebilmektedir. Yine osteomyelit rezeksiyonlarından sonra daha kısa da olsa enfeksiyonun eliminasyonu için uzun zaman aralıklarına ihtiyaç olabilmektedir.^[8,37,38] Tüm bu avantajların elde edilebilmesi için plak kullanımı büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu teknikte tercih edilen plakların amaca uygun olması için, daha kalın, daha uzun ve daha dayanıklı olanlardan tercih edilmesi gerekir.

Kemik sement + plak kombinasyonu travma olgularında da başarıyla uygulanabilir. Çünkü travma nedeniyle yumuşak doku bağlantısı kalmamış kemik dokunun uzaklaştırıldıktan sonra ortaya çıkan çeşitli büyüklüklerdeki defektin rekonstrüksiyonu önemli bir sorundur. Defektin büyümemesi için yetersiz debridman yapılması da sık karşılaşılan bir durumdur. Ayrıca travma nedeniyle tüm vücudu hırpalanmış bir hastada defektin rekonstrüksiyon işlemine geçmek anlamsızdır. Bunun yerine bizim önerimiz, yeterli debridman sonrası ortaya çıkan defekt, sement ve plakla onarılmalı, yumuşak doku örtümü sağlanmalı sonra optimum zaman için beklenmelidir. Bu sürede kısıtlama olmaması, önerdiğimiz yöntemin en büyük avantajlarından biridir.

Fiksator uzaklaştırıldıktan sonra plak fiksasyonu yapılacak olgularda enfeksiyon riskine karşı bazı tedbirlerin

alınması gerekir. Bunlardan biri planlama yapılırken, plağın yerleşeceği koridorun fiksator pinleriyle işgal edilmiş olmasıdır. Bu şekilde kolonize olmuş pin diplerinden olası bir enfeksiyondan korunulmuş olur. Fiksator pinlerinin, plak uygulaması sırasında, her birinin stabil olması gerekir. Bu şekilde derin pin dibi enfeksiyonu ihtimali çok azalmış olur. Bu nedenle plaklama öncesi gevşemiş pinlerin uzaklaştırılması, antibiyotik tedavisi uygulanması, cerrahi uygulamanın güvenle gerçekleştirilmesini sağlar. Nitekim bu kurallar sıkı bir şekilde uyulduğu için bu seride hiçbir hastada ameliyat sonrası enfeksiyona rastlanılmamıştır.

Son söz olarak, plaklar ortopedik cerrahinin en başından beri çok yoğun kullanılan implant gruplarından biridir. Bu nedenle bu malzemelerin distraksiyon osteogenezi yöntemleri uygulanırken de sık olarak kullanılması doğal bir sonuçtur. Ancak plaklarda teknolojik gelişim süreci, çivilerdeki kadar hızlı olmamıştır. Yakın gelecekte plaklarda da, aynı motorlu çivilerde olduğu gibi, distraksiyon osteogenezi yöntemlerinin uygulanmasında, müstakil kullanımlarına imkân verecek gelişme ve haberleri alabileceğimizi umuyoruz.

KAYNAKLAR

- Demir B, Gürsü S, Öke R, Konya NM, Öztürk K, Şahin V. Shortening and secondary relengthening for chronically infected tibial pseudarthroses with poor soft tissues. *J Orthop Sci* 2009;14:525-34. [Crossref](#)
- Paley D, Maar DC. Ilizarov bone transport treatment for tibial defects. *J Orthop Trauma* 2000;14:76-85. [Crossref](#)
- Ilizarov GA. Clinical application of the tension-stress effect for limb lengthening. *Clin Orthop Relat Res* 1990;250:8-26. [Crossref](#)
- Ilizarov GA. The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part II. The influence of the rate and frequency of distraction. *Clin Orthop Relat Res* 1989;239:263-85. [Crossref](#)
- Demir B, Gürsü S, Öke R, Konya NM, Öztürk K, Şahin V. Shortening and secondary relengthening for chronically infected tibial pseudarthroses with poor soft tissues. *Journal of Orthopaedic Science* 2009;14:525-534. [Crossref](#)
- Kocaoğlu M, Eralp L, Ur Rashid H, Şen C, Bilsel K. Reconstruction of segmental bone defects due to chronic osteomyelitis with use of an external fixator and an intramedullary nail. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88:2137-45. [Crossref](#)
- Fischgrund J, Paley D, Suter C. Variables affecting time to bone healing during limb lengthening. *Clin Orthop Relat Res* 1994;(301):31-7. [Crossref](#)
- Paley D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin Orthop Relat Res* 1990;(250):81-104. [Crossref](#)
- Widanage KND, De Silva MJ, Lalitharatne TD, Bull AMJ, Gopura RARC. Corrigendum to "Developments in circular external fixators: A review" *Injury* 2023;54(12):111157. [Crossref](#)
- Ling K, Wang W, Liu J. Current developments in 3D printing technology for orthopedic trauma: A review. *Medicine (Baltimore)* 2025;104(12):e41946. [Crossref](#)
- Dahl MT, Morrison SG, Georgiadis AG, Huser AJ. What's new in limb lengthening and deformity correction. *J Bone Joint Surg Am* 2019;101(16):1435-9. [Crossref](#)
- Rozbruch SR, Kleinman D, Fragomen AT, Ilizarov S. Limb lengthening and then insertion of an intramedullary nail: A case-matched comparison. *Clin Orthop Relat Res* 2008;466:2923-32. [Crossref](#)
- Barakat AH, Sayani J, O'dowd-Booth C, Guryel E. Lengthening nails for distraction osteogenesis: A review of current practice and presentation of extended indications. *Strategies Trauma Limb Reconstr* 2020;15:54-61. [Crossref](#)
- Tan F, Yang C, Zeng J, Li J, Li P, Qiao Y, et al. A systematic review and meta-analysis: Comparing the efficacy of the Ilizarov technique alone with lengthening over a nail for lower extremity bone defects. *BMC Musculoskelet Disord* 2024;25(1):699. [Crossref](#)
- Szymczuk VL, Hammouda AI, Gesheff MG, Standard SC, Herzenberg JE. Lengthening with monolateral external fixation versus magnetically motorized intramedullary nail in congenital femoral deficiency. *J Pediatr Orthop* 2019;39:458-65. [Crossref](#)
- Popkov A, Dučić S, Lazović M, Lascombes P, Popkov D. Limb lengthening and deformity correction in children with abnormal bone. *Injury* 2019;50(1):S79-S86. [Crossref](#)
- Calder PR, Faimali M, Goodier WD. The role of external fixation in paediatric limb lengthening and deformity correction. *Injury* 2019;50(1):S18-S23. [Crossref](#)
- Tillotson LO, Maddock CL, Hanley J, Arseneau GM, Bradley CS, Kelley SP. Femoral lengthening in children: A comparison of motorized intramedullary nailing versus external fixation techniques. *J Pediatr Orthop* 2022;42:253-9. [Crossref](#)
- Galal S, Shin J, Principe P, Mehta R, Khabyeh-Hasbani N, Hamilton A, et al. Humerus lengthening: A comparison of the internal lengthening nail to external fixation. *HSS J* 2021;17(2):207-12. [Crossref](#)
- Oh CW, Baek SG, Kim JW, Kim JW. Tibial lengthening with a submuscular plate in adolescents. *J Orthop Sci* 2015;20:101-9. [Crossref](#)
- Li G, Tang X, Li J, Dong M. A novel approach to characterize the correction path features for the tibia deformity correction. *Biomed Eng Lett* 2024;14:511-21. [Crossref](#)
- Georgiadis AG, Gannon NP, Dahl MT. Motorized plate lengthening of the femur in children: A preliminary report. *J Pediatr Orthop* 2022;42:E987-E993. [Crossref](#)
- Oh CW, Shetty GM, Song HR, Kyung HS, Oh JK, Min WK, et al. Submuscular plating after distraction osteogenesis in children. *J Pediatr Orthop B* 2008;17:265-9. [Crossref](#)

24. Georgiadis AG, Rossow JK, Laine JC, Iobst CA, Dahl MT. Plate-assisted lengthening of the femur and tibia in pediatric patients. *J Pediatr Orthop* 2017;37:473-8. [Crossref](#)
25. Joseph B, Rebello G, Kant BC. The choice of intramedullary devices for the femur and the tibia in osteogenesis imperfecta. *J Pediatr Orthop B* 2005;14:311-9. [Crossref](#)
26. Hedequist D, Bishop J, Hresko T. Locking plate fixation for pediatric femur fractures. *J Pediatr Orthop* 2008;28:6-9. [Crossref](#)
27. Sandoval JMC, Rueda JLO, Daza AS. Management of diaphyseal tibial fractures by plate fixation with absolute or relative stability: A retrospective study of 45 patients. *Trauma Surg Acute Care Open* 2017;2(1):e000029. [Crossref](#)
28. Saied A, Ostovar M, Mousavi AA, Arabnejhad F. Comparison of intramedullary nail and plating in treatment of diaphyseal tibial fractures with intact fibulae: A randomized controlled trial. *Indian J Orthop* 2016;50:277 [Crossref](#)
29. Gulabi D, Erdem M, Cecen GS, Avci CC, Saglam N, Saglam F. Ilizarov fixator combined with an intramedullary nail for tibial nonunions with bone loss: Is it effective? *Clin Orthop Relat Res* 2014;472:3892-3901. [Crossref](#)
30. 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;79:1464-80. [Crossref](#)
31. Masquelet AC, Begue T. The concept of induced membrane for reconstruction of long bone defects. *Orthop Clin North Am* 2010;41:27-37. [Crossref](#)
32. Demir B, Özkul B, Lapcin O, Beng K, Arıkan Y, Yalcinkaya M. A modification of internal bone transport method for reconstruction of nonunion of forearm. *Indian J Orthop* 2019;53:196 [Crossref](#)
33. Demir B, Öztürk K, Öke R, Gürsu S, Aydın KB, Şahin V. A modified technique of internal bone transport. *Acta Orthop Belg* 2008;74(2):216-21.
34. Shields DW, Iliadis AD, Kelly E, Heidari N, Jamal B. Pin-site infection: A systematic review of prevention strategies. *Strategies Trauma Limb Reconstr* 2022;17:93. [Crossref](#)
35. Paley D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. *Clin Orthop Relat Res* 1990;(250):81-104. [Crossref](#)
36. 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;79:1464-80. [Crossref](#)
37. Kim HJ, Fragomen AT, Reinhardt K, Hutson JJ, Rozbruch SR. Lengthening of the femur over an existing intramedullary nail. *J Orthop Trauma* 2011;25:681-4. [Crossref](#)
38. Steinau HU, Daigeler A, Langer S, Steinsträsser L, Hauser J, Goertz O, et al. Limb salvage in malignant tumors. *Semin Plast Surg* 2010;24:18. [Crossref](#)