



Alt ekstremitte uzatılmasında intramedüller kinetik distraktör kullanımı

Özgür KARAKOYUN¹, Metin KÜÇÜKKAYA², Sami SÖKÜCÜ³

¹Namık Kemal Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Tekirdağ;

²İstanbul Florence Nightingale Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul;

³Baltıman Kemik Hastalıkları Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği, İstanbul

Amaç: Bu çalışmada intramedüller kinetik distraktör (ISKD) çivisi ile ekstremitte uzatması yaptığımız hastaların klinik ve radyolojik sonuçlarını değerlendirmeyi amaçladık.

Çalışma planı: Bu çalışmada 12 hastanın [7 erkek, 5 kadın; ortalama yaş: 27 (13-40)], 10 femur ve 2 tibiasına ISKD ile uzatma ameliyatı yapıldı. Hastaların ortalama ekstremitte kısalığı 4.41 cm (2-7) olarak saptandı. Ameliyattan 7 gün sonra hastalara uzatma egzersizleri öğretilerek ekstremitte uzatmasına başlandı. Uzatmanın distraksiyon döneminde haftalık olarak ve konsolidasyon döneminde ise 2 haftada bir grafi kontrolü yapıldı. Bir tibia uzatma vakası uzatması tamamlandıktan sonra takipten çıktı.

Bulgular: Tüm hastalarda hedeflenen uzama sağlandı. Ortalama uzama 4.41 cm (2-7) idi. Ortalama kemik iyileşme indeksi 37.8 gün/cm (28.5-78.0) idi. Olgulardan 4 tanesinde kontrolsüz distraksiyon oldu. Bu olgulardan birinde kemik rejeneratının kötü oluşması nedeniyle greftleme yapıldı. Çivinin kilitlenip uzamanın durduğu bir olguda anestezi altında kapalı manipulasyon ile uzama sağlandı. Hiçbir hastada eklem sertliği görülmedi.

Çıkarımlar: İntramedüller uzayabilen çiviler, eklem kontraktürü ve enfeksiyon riskini düşürmektedir. Hastalar tarafından daha iyi tolere edilen bu implantlar hastaların günlük aktivitelerine daha erken dönmesine yardımcı olmaktadır.

Anahtar sözcükler: Kinetik distraksiyon; ekstremitte uzatma; uzayabilen intramedüller çivi; deformite.

Ekstremitte uzunluk farkı olan hastaların tedavisinde eksternal fiksatörler ile distraksiyon osteogenez tekniği yaygın olarak kullanılmaktadır. Eksternal fiksatör tedavisinde tel dibi enfeksiyonu, kas kontraktürü, eklem sertliği ve fiksatör çıkartılmasını takiben distraksiyon bölgesinde kırık gelişmesi gibi komplikasyonlar ile sık karşılaşılmaktadır.^[1] Fiksatör kalış süresini ve eksternal fiksatöre bağlı gelişen komplikasyonları azaltmak için kombine teknikler de kullanılmaya başlamıştır.^[2-4]

Bu tekniklerde distraksiyon süresi sonunda eksternal fiksatör çıkartılır ve distraksiyon bölgesi konsolidasyon tamamlanana dek internal osteosentez yöntemleri ile korunur. Bununla birlikte bu kombine tekniklerde de eksternal fiksatör komplikasyonları görülebilmektedir.^[5]

Tamamen kemiğin içerisine yerleştirilip eksternal fiksatöre gerek kalmadan diktraksiyon yapabilen implantlar ise 2000'li yılların başından itibaren kullanılmaya başlanmıştır. İntramedüller kinetik distraktör (ISKD)

Yazışma adresi: Dr. Özgür Karakoyun, Namık Kemal Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı, Merkez, Tekirdağ.

Tel: +90 282 – 250 50 00 e-posta: ozgurkarakoyun@yahoo.com

Başvuru tarihi: 22.08.2013 **Kabul tarihi:** 17.01.2014

©2014 Türk Ortopedi ve Travmatoloji Derneği

Bu yazının çevrimiçi İngilizce versiyonu
www.aott.org.tr adresinde
doi: 10.3944/AOTT.2014.13.0048
Karekod (Quick Response Code)



çivisinin ilk klinik uygulamaları Cole tarafından bildirilmiştir.^[6] ISKD çivisi, arasında dişli bir mekanizma olan iç içe geçmiş iki teleskopik çivi şeklinde tasarlanmış, mekanik uzayabilen bir intramedüller çividir.

Bu çalışmada intramedüller kinetik distraktör (ISKD) çivisi ile ekstremitte uzatması yaptığımız hastaların klinik ve radyolojik sonuçlarını değerlendirmeyi amaçladık.

Hastalar ve yöntem

2008 ile 2011 yılları arasında 12 hastanın [7 erkek, 5 kadın; ortalama yaş: 27 (13-40)] 10 femur ve 2 tibia-sına ISKD çivisi kullanılarak uzatma ameliyatı yapıldı. Bir tibia uzatma vakası uzatması tamamlandıktan sonra takiplerden çıktı. Ameliyat öncesinde hastaların kısalık miktarı ortalama 4.41 (2-7) cm olarak saptandı. 5 olguda kırık sonrasında kısalık vardı. Diğer olgularda kısalık sebepleri fiz hasarı, konjenital tibia psödoartrozu sekeli, gelişimsel kalça displazisi sekeli, poliomyelit sekeli veya pes ekinovarus sekeli idi. Kırık sonrası kısa kalan ve ISKD ile uzatma yapılan 3 olguda daha önce bilgisayar destekli eksternal fiksator, intramedüller çivi ve plak osteosentezi uygulanmıştı. Ateşli silah yaralanması sonrası kötü kaynama gelişen bir hastanın bacağı ile konjenital tibia psödoartrozu sekeli olan bir hastanın bacağı önceki tedavilerinde eksternal fiksator ile 8 cm uzatılmıştı. Femur uzatması yapılan olguların 9'unda ve tibia olgularında antegrad teknik kullanıldı. Bir femur uzatması olgusunda ise retrograd teknik uygulandı.

Ameliyat öncesi değerlendirmede fizik muayene ile eklem hareket açıklığı, eklem kontraktürü varlığı, kas güçleri ve rotasyonel deformite varlığı ve standart ayakta aks grafisi çekilerek deformite analizi ve kısalık değerlendirildi. Uzatma yapılacak olan kemik segmentinin bire bir grafileri çekilerek medulla kanal çapı ölçüldü. Osteotomi seviyesi uzatma sonrasında çivinin ince kısmı, uzama bölgesine ulaşmayacak şekilde grafi üzerinde hesaplandı. Ayrıca intramedüller çivi uygulaması sonrası enfeksiyon gelişimine yol açacak bir risk olmadığı radyoloji ve laboratuvar incelemeleri ile teyit edildi.

Hasta lateral dekübit pozisyonunda iken skopi kontrolünde ilk giriş teli piriformis fossaya yerleştirildikten sonra telin çevresinden 3 cm'lik longitudinal kesi yapıldı. Eğer femur uzatması için tibia çivisi tercih edilecek ise ilk giriş, çivinin proksimal eğimine uygun olacak şekilde trokanter major tepesine yakın bölgeden yapıldı. Medullanın oyulması sırasında medüller basıncın artarak emboli oluşturma riskini azaltmak amacı ile daha önce planlanan osteotomi hattı diril ile dirillenerek intramedüller basıncın düşmesi sağlandı. Osteotomi için gigli testeresi kullanılacak ise veya osteotomi medullar oyma

işlemi sonrası yapılacak ise femurun distal 1/3 kısmına kanüle diril yerleştirilerek oyma sırasında medüller basıncın yükselmemesi amaçlandı. Kılavuz tel medullaya yerleştirildi ve medüller kanal kullanılacak çividen 1.5-2 mm fazlasına kadar oyuldu. Osteotomi öncesi distal ve proksimalden birer adet Schanz çivisi yerleştirilerek iatrojenik rotasyonel deformite oluşması engellendi ve daha sonra osteotomi yapıldı. ISKD çivisi yerleştirilmeden önce ameliyat öncesi yapılan ölçümlerdeki kısalık miktarı kadar uzatma sağlayabilmesi için ayarlandı. Daha sonra çivi medullaya yerleştirildi ve kilitleme vidaları konuldu.

Hasta supin pozisyonunda iken tibia intramedüller çivileme için standart giriş noktası olan lateral eminensia hizasından ve eklem seviyesinden 2 cm'den fazla distalde olmayacak şekilde medullaya girilerek oyma işlemi gerçekleştirildi. Perkütan diafizler tibia osteotomisi yapıldı. Uzatma esnasında fibulanın kortekslerinin temasından dolayı oluşacak ağrıya neden olmamak ve fibulada erken kaynama sonucunda oluşacak deformite veya uzamanın durmasını engellemek için fibula 1/3 orta kısmından 1.5-2 cm'lik rezeksiyon yapıldı. Tibia ISKD çivisi standart tekniği ile yerleştirilerek kilitlendi.

Ameliyat sonrası ilk 5 gün aktivite kısıtlaması yapıldı ve uzamanın olmadığı manyetik kontrol cihazı ile kontrol edildi. Daha sonra aktivite miktarı distraksiyon hızı ölçülerek hastaya göre ayarlandı. Manyetik monitörün kullanılması günde en az 5 (tercihen 10 defa) kez ölçüm yapılacak şekilde hastalara öğretildi. Egzersiz programı günde 1.33 mm uzatma sağlanacak şekilde tasarlandı. Grafi kontrolleri distraksiyon süresince haftalık, daha sonraki dönemde ise 4-6 haftada bir yapıldı. Konsolidasyon başlayana kadar hastalara çift koltuk değneği yardımı ile 20 kg yük verildi, daha sonra yük miktarı tedrici olarak arttırıldı.

Bulgular

Seride ortalama 4.41 cm (2-7) uzama sağlandı. Ortalama kemik iyileşme indeksi 37.8 gün/cm (28.5-78.0) idi. Hastaların ameliyat sonrası tam yük vererek yürümeye başlama süresi ortalama 5.35 ay (3-7) olarak saptandı. Tüm hastaların mekanik aks deviasyonları normal fizyolojik sınırlar içinde idi. Tüm hastalarda ameliyat öncesi eklem hareket açıklığı yeniden elde edildi.

Bir femur uzatma olgusunda 1 cm uzamadan sonra erken konsolidasyon gelişti. Altıncı haftada ISKD çivisi çıkarılmadan eski osteotomi hattının 2 cm distalinde medial, anterior ve posterior korteksler gigli testeresiyle ve lateral korteks toplu diril ve osteotom yardımıyla çiviye zarar verilmeden yeniden osteotomize yapıldı. Diğer bir femur olgusunda ilk 2 hafta uzama olmaması üzerine

anestezi altında manipülasyonla uzatma başlatıldı.

Dört olguda (1 tibia, 3 femur) hızlı uzama meydana geldi. Hızlı uzama olan 2 olguda ilk haftada 2 cm hızlı uzama diğerlerinde ise ilk haftada 1 cm ve 1.2 cm uzama oldu. Hızlı uzama olan femur olgularının birisinde uzama bölgesinde konsolidasyon görülmemesi üzerine 5 ayda otojen kemik greftlemesi yapıldı. Bir femur hızlı uzama olgusunda ise uzama hızını yavaşlatmak için medüller kanalı daraltmak amacıyla pozisyon vidası tatbik edildi (Şekil 1). Hiçbir olguda enfeksiyon görülmedi.

Tartışma

Son yıllarda, eksternal fiksatörün sebep olduğu problemlerden kaçınmak için tamamen implante edilebilen,

mekanik veya motorlu uzayabilen çiviler geliştirildi. Mekanik uzayabilen Albizzia çivisi (DePuy, Villeurbanne, France) 1990 yılında geliştirildi. Bu çivinin uzama sağlayabilmesi için ekstremitenin 20 derecelik rotasyonlar yapması gerekmekteydi. Bu rotasyonel hareketi ciddi ağrılara neden olmaktaydı. Tamamen implante edilebilen Fitbone (Wittenstein, Igersheim, Almanya) çivisinde ise uzama çivi içindeki motorun vücut dışındaki bir verici yardımıyla aktive edilmesiyle gerçekleştirilir. Literatürde, kullanım açısından kolay olduğu ve fonksiyonel sonuçlarının iyi olduğu bildirilmiştir.^[7,8]

ISKD çivisi 2001 yılında ilk olarak Cole ve ark. tarafından geliştirildi. Dizayn olarak çapı geniş olan çivi ile daha küçük çaplı bir çivi, tek yönde harekete izin veren



Şekil 1. 32 yaşında erkek hasta, sol femur alt uça kaynamama ve 4.5 cm kısalık. (a) Ameliyat öncesi klinik görünüm. (b) Hastanın ortoröntgenografisi. (c, d) Femur kaynama bölgesinin ön-arka ve yan grafisi. (e) Femur alt uç için implant çıkarılması, allogreft tatbiki ve plak vida ile osteosentez ve ISKD çivisi tatbiki, femur proksimalde osteotomi ameliyatı yapıldıktan sonra hastanın erken ön-arka grafisi. Çivide hızlı kontrolsüz uzama var. (f) Kontrolsüz hızlı uzamayı kontrol amacıyla distal fragmana pozisyon vidası tatbik edilmiş. (g) Tedavi sırasında çekilen kontrol ortoröntgenografisi. (h) Kemik oluşumu tamamlandıktan sonraki ön-arka grafisi. (i) Tedavi sonrası ortoröntgenografisi. (j) Tedavi sonrası klinik fotoğraf. [Bu şekil, derginin www.aott.org.tr adresindeki çevrimiçi versiyonunda renkli görülebilir.]

Tablo 1. Hastaların demografik ve klinik özellikleri.

No	Cinsiyet	Yaş	Etiyoloji	Kemik	Kısalık (cm)	Uzatma miktarı (cm)	Tam yük verme süresi (cm)	İyileşme indeksi (gün/cm)	Komplikasyon
1	Erkek	24	İdiopatik	Femur	4	4	4	30.0	
2	Erkek	29	Pes ekinovarus sekeli	Femur	4.5	4.5	5	33.0	Erken konsolidasyon
3	Erkek	33	Kırık sonrası kısalık	Femur	3.5	3.5	3	28.5	Hızlı uzama (1cm)
4	Erkek	40	Kırık sonrası kısalık	Femur	5.5	5.5	7.3	39.0	
5	Kadın	14	Kalça displazisi sekeli	Femur	2	2	5.2	78.0	Hızlı uzama (2 cm), otojen greft tatbiki
6	Kadın	22	Kongenital tibia psödoartrozu	Tibia	4	4			Distraksiyon olmaması (genel anestezi altında manipülasyon)
7	Erkek	32	Kırık sonrası kısalık	Femur	4.5	4.5	4.3	28.5	Hızlı uzama (1.2 cm) nedeniyle pozisyon vidası tatbik edildi
8	Erkek	30	Poliomyelit sekeli	Femur	3.5	3.5	5	42.0	
9	Kadın	24	Fizis hasarı	Tibia	3.5	3.5	5	39.0	Hızlı uzama
10	Erkek	36	Kırık sonrası kısalık	Femur	7	7	6	28.5	
11	Kadın	27	Kırık sonrası kısalık	Femur	6	6	7	34.8	
12	Kadın	13	Fibular hemimeli	Femur	5	5	6	36.0	

bir mandal ile birbiri içine adapte edilmiştir. Uzama mekanizması 3° ile 9° rotasyonel hareketler ile sağlanmaktadır. Bu rotasyonel hareket hastanın fizyolojik yürüyüş esnasında ekstremitenin yaptığı rotasyonel harekete karşılık gelmektedir. Literatürde, ISKD ekstremitte uzatma açısından başarılı ve güvenli bulunmuştur. Ancak, çivinin takılarak uzamaması, anestezi altında manipülasyonu gerektirebilir.^[9] Distraksiyon miktarının ve süresinin kontrolü zordur. Distraksiyonun yavaş olması erken konsolidasyona, hızlı olması ise zayıf rejenerat oluşumuna neden olabilir.

Ekstremitte uzatma ameliyatları komplikasyonlara açık girişimlerdir. Klasik İlizarov yöntemiyle ekstremitte uzatma ve intramedüller çivi üzerinden uzatmanın ağrı, eklem sertliği ve enfeksiyon gibi riskleri vardır. İntramedüller çivi üzerinden yapılan uzatmada bu riskleri azaltmak için Küçükçaya ve ark. retrograde intramedüller çivi üzerinden 3 Schanz çivisi kullanımını tanımlamıştır. Schanz çivilerinin az sayıda kullanılması, intramedüller kanal ve intramedüller çivinin temasını azaltacağından enfeksiyon riskinin de azalacağı bildirilmiştir.^[10] Son yıllarda tamamen implante edilebilen kendiliğinden uzayabilen intramedüller çiviler geliştirilmiştir. Bu yöntemde kemik ile dış ortam arasında bağlantı sağlayan Schanz çivisi ve K teli olmadığından enfeksiyon riski daha düşük olacaktır. Birçok yayında, tamamen implante edilebilerek uzayabilen çivilerde enfeksiyon ile karşılaşılmadığı bildirilmiştir.^[7,11] Bizim uzatma yaptığımız 11 olgunun hiç birinde enfeksiyon görülmemiştir.

Albizzia çivisi mekanik olarak uzayabilen bir çividir. Uzama yapabilmek için ekstremitenin 20 derecelik rotasyonel hareketler yapması gerekmektedir. Bu nedenle hastalar için uzatma işlemi ciddi ağırlara neden olmakta ve bu durum uzatma işleminin anestezi altında yapılma ihtiyacını doğurmaktadır.^[12] ISKD çivisinde rotasyonel hareketlerin düşük derecelerde olması nedeniyle hastalarda ciddi ağrı yakınması olmamaktadır. Bizim olgularımızın hiç birinde ağrı nedeniyle narkotik analjeziklere ihtiyaç duyulmamıştır.

İntramedüller çivi ile yapılan uzatmalarda, intramedüller oyma, distraksiyon bölgesinde kemik oluşumunu bozmamaktadır. Rozbruch ve ark. uzatma sonrası intramedüller çivi uygulanması tekniği ile klasik İlizarov yöntemiyle uzatma tekniğini karşılaştırdıkları yayında, klasik ilizarov tekniği ile uzatmada kemik iyileşme indeksini 57 gün/cm, uzatma sonrası çivi uygulaması yönteminde ise 24 gün/cm olarak bildirmişlerdir.^[13] Krieg ve ark. Fitbone ile uzatma yaptıkları 32 olguda iyileşme indeksini 35 gün/cm,^[7] Dinçyürek ve ark. Fitbone ile uzatma yaptığı 15 olguda ise iyileşme indeksini 43.7 gün/cm,^[8] Wang ve ark.^[16] ISKD ile uzatma yaptıkları olguda iyileşme indeksini 47.8 gün/cm olarak bildirmişlerdir.^[14] Bizim çalışmamızda 11 olgunun iyileşme indeksi 37.8 gün/cm (28.5-78.0) olarak bulunmuştur.

Son zamanlarda birçok yazar ISKD kullanımını hakkında kendi deneyimlerini bildirmişlerdir. ISKD ile uzatmada sorun, ilk haftalarda uzatma miktarının kontrolünün zorluğudur.^[14] Hızlı uzama kötü rejenerat oluş-

masına neden olmakla birlikte, uzama olmaması sonucu erken kaynama görülebilmektedir.^[9,15]

Simpson ve ark. ISKD ile uzatma yaptıkları 33 hastada 7 olguda kontrolsüz hızlı uzama ile karşılaşmışlardır. Kontrolsüz hızlı uzayan olgularda çivinin ince olan kısmında kemik fragmanın 80 mm'den kısa olduğunu ve bunun istatistiksel olarak anlamlı olduğunu bildirmişlerdir.^[9] Ayrıca hızlı uzamada diğer bir sorunun intramedüller kanalın çivi çapından 2.5-3 mm'den daha fazla oyulması sonucu geliştiğini bildirmişlerdir. Çalışmamızda kontrolsüz uzayan bir olguda intramedüller kanal çapının geniş olduğu erken dönemde fark edildi. Kanal çapını daraltmak amacıyla hastaya 1 adet pozisyon vidası ile kontrolsüz uzama engellendi.

Kenaway ve ark. intramedüller uzatma yapılan 37 olgudan 8 tanesinde yetersiz rejenerat geliştiğini bildirmişlerdir.^[16] Sekiz yetersiz rejeneratlı, 29 normal rejeneratlı olgunun risk faktörleri karşılaştırıldığında, en yüksek risk faktörünün kontrolsüz hızlı uzama olmasıyla birlikte, hastanın yaşı, uzama miktarının 40 mm'den yüksek olması, hastanın 30 yaş üstü olması ve sigara kullanımının da risk faktörleri arasında olduğu bildirilmiştir. Wang ve ark. ISKD ile uzatma yaptıkları 16 olgudan 6 tanesinde gördükleri yetersiz rejenerat oluşumunu bu bölgede daha önce yapılmış olan cerrahi girişimlere bağlamışlardır.^[14] Çalışmamızda, kontrolsüz uzama meydana gelen 4 olgunun bir tanesine otojen kemik grefti uygulandı ve sorunsuz şekilde kaynama sağlandı.

Ameliyat sonrası çivinin takılarak uzamaması durumunda, zorlayıcı egzersizler veya anestezi altında manipülasyon yapılarak çivinin uzaması sağlanabilir. Kenaway ve ark. ISKD ile uzatma yaptığı 57 hastadan 3 tanesinde uzamada durma olduğunu görmüşler, 1 olguya anestezi altında manipülasyon yaparak, 2 olguya ise erken dönemde zorlayıcı egzersizler ile uzatmayı sağlamışlardır.^[11] Simpson ve ark. 33 olgudan 6 tanesinde uzama olmadığını saptamış, bu olguların bazılarında açık osteoklazi ve Schanz çivisi yardımıyla uzatma yapmışlardır. Aynı zamanda bu vakalarda distal fragmanın uzunluğunun 125 mm'den fazla olmasıyla, çivinin uzamaması arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir.^[9] Wang ve ark. 16 olgudan 3 tanesinde uzamada duraklama olduğunu saptamışlar ve zorlayıcı egzersizler ile çivinin uzatılmasını sağlamışlardır.^[14] Bizim çalışmamızda 1 olguda uzamada durma olmuş ve hastaya anestezi altında manipülasyonla uzama sağlanmıştır. Bir olguda ise erken konsolidasyon meydana gelmiş ve hastaya ikinci kez osteotomi yapılmıştır.

Dinçyürek ve arkadaşlarının Fitbone çivisi ile uzatma yaptıkları 15 hastanın 3'ünde konsolidasyon gecikmesi, 2'sinde Fitbone çivisinde uzama olmaması ve bir hasta-

da ise yüzeysel enfeksiyon gelişmesi gibi komplikasyonlar bildirmişlerdir.^[8] Al-Sayyad Fitbone ile uzatma yaptığı 10 hastada herhangi bir komplikasyon ile karşılaşmadığını bildirmiştir.^[17] Baumgart ve ark. Fitbone ile uzatma yaptıkları 150 hastanın %13'ünde komplikasyon ile karşılaştıklarını bildirmişlerdir.^[18] Bizim çalışmamızda 1 hastada erken konsolidasyon gelişti, 1 hastada çivide uzama olmadı, 1 hastada konsolidasyon gecikmesi oldu, 4 hastada ise çivide hızlı uzama meydana geldi. Bu komplikasyonlar diğer intramedüller uzayabilen çiviler ile benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte çivilerin uzama sistemlerine bağlı olan komplikasyonların çözüm yöntemleri çiviye göre değişmektedir.

Bizim ISKD ile uzatma yaptığımız 11 hastadan edindiğimiz deneyime göre, ISKD ile uzatmada kontrolsüz hızlı uzama, çivinin takılarak uzamaması gibi sorunlar görülse de, eklem kontraktürü ve enfeksiyon gibi komplikasyonlar nadirdir. Bu yöntem hastalar tarafından daha iyi tolere edilebilmekte ve hastaların günlük hayatlarına daha erken dönmesi sağlanabilmektedir.

Çıkar örtüşmesi: Çıkar örtüşmesi bulunmadığı belirtilmiştir.

Kaynaklar

1. Dahl MT, Gulli B, Berg T. Complications of limb lengthening. A learning curve. Clin Orthop Relat Res 1994;301:10-8.
2. Harbacheuski R, Fragomen AT, Rozbruch SR. Does lengthening and then plating (LAP) shorten duration of external fixation? Clin Orthop Relat Res 2012;470:1771-81.
3. Iobst CA, Dahl MT. Limb lengthening with submuscular plate stabilization: a case series and description of the technique. J Pediatr Orthop 2007;27:504-9.
4. Paley D. Problems, obstacles, and complications of limb lengthening by the Ilizarov technique. Clin Orthop Relat Res 1990;250:81-104.
5. Kocaoglu M, Eralp L, Kilicoglu O, Burc H, Cakmak M. Complications encountered during lengthening over an intramedullary nail. J Bone Joint Surg Am 2004;86-A:2406-11.
6. Cole JD, Justin D, Kasparis T, DeVlugt D, Knobloch C. The intramedullary skeletal kinetic distractor (ISKD): first clinical results of a new intramedullary nail for lengthening of the femur and tibia. Injury 2001;32 Suppl 4:SD129-39.
7. Krieg AH, Lenze U, Speth BM, Hasler CC. Intramedullary leg lengthening with a motorized nail. Acta Orthop 2011;82:344-50.
8. Dinçyürek H, Kocaoğlu M, Eralp IL, Bilen FE, Dikmen G, Eren I. Functional results of lower extremity lengthening by motorized intramedullary nails. Acta Orthop Trau-

- matol Turc 2012;46:42-9.
9. Simpson AH, Shalaby H, Keenan G. Femoral lengthening with the Intramedullary Skeletal Kinetic Distractor. *J Bone Joint Surg Br* 2009;91:955-61.
 10. Kucukkaya M, Karakoyun O, Kuzgun U. Lengthening over a retrograde nail using 3 Schanz pins. *J Orthop Trauma* 2013;27:e13-7.
 11. Kenawey M, Krettek C, Liodakis E, Wiebking U, Hankemeier S. Leg lengthening using intramedullary skeletal kinetic distractor: results of 57 consecutive applications. *Injury* 2011;42:150-5.
 12. Guichet JM, Casar RS. Mechanical characterization of a totally intramedullary gradual elongation nail. *Clin Orthop Relat Res* 1997;337:281-90.
 13. 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.
 14. Wang K, Edwards E. Intramedullary skeletal kinetic distractor in the treatment of leg length discrepancy-a review of 16 cases and analysis of complications. *J Orthop Trauma* 2012;26:e138-44.
 15. Mahboubian S, Seah M, Fragomen AT, Rozbruch SR. Femoral lengthening with lengthening over a nail has fewer complications than intramedullary skeletal kinetic distraction. *Clin Orthop Relat Res* 2012;470:1221-31.
 16. Kenawey M, Krettek C, Liodakis E, Meller R, Hankemeier S. Insufficient bone regenerate after intramedullary femoral lengthening: risk factors and classification system. *Clin Orthop Relat Res* 2011;469:264-73.
 17. Al-Sayyad MJ. Lower limb lengthening and deformity correction using the Fitbone motorized nail system in the adolescent patient. *J Pediatr Orthop B* 2012;21:131-6.
 18. Baumgart R, Hinterwimmer S, Krammer M, Hierl T, Mutschler W. A fully implantable, programmable distraction nail (Fitbone) - new perspectives for corrective and reconstructive limb survey. In: Leung KS, Taglang G, Schnettler R, editors. *Practice of intramedullary locked nails. New developments in techniques and application.* Heidelberg: Springer; 2006. p. 189-90.