

ENFEKTE TİBİA PSÖDARTROZUNUN DİREKT ELEKTRİK AKIMI İLE TEDAVİSİ

(ÖN BİLDİRİ)

Dr. Ünal KUZGUN (*)

Y. Müh. Halûk ACAR (**)

Kırık iyileşmesinin stimülasyonu amacıyla elektrik akımlarının kullanılması son yılların en heyecan verici ve üzerinde yoğun çalışılan konularından birisidir. Bugüne kadar alınmış olan sonuçlara göre elektrik stimülasyonu ile kırık iyileşmesinin normal süresini kısaltmak gene de mümkün olmamakla beraber iyileşmenin yavaşladığı veya durduğu olgularda, yani kaynama gecikmesi ve psödartroz olgularında elektrik akımları uygulayarak osteojenezi başlatmak mümkün olabilmektedir. Kuşkusuz bu çalışmalar Tıpla birlikte Mühendislik biliminin ortak uğraşısını gerektirmektedir. Bu yazıda İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniğinde direkt elektrik akımları kullanılarak tedavi edilen 6 yıllık bir enfekte tibia psödartrozu olgusunda uygulanan teknik ayrıntıları ile anlatılmış ve tedavinin 6. ayında alınan ilk sonuçlar sunulmuştur.

GİRİŞ:

Kemik mekanik olarak deforme edildiği zaman elektrik potansiyelleri ortaya çıkar. Kemik piezoelektrisitesi denen bu fenomen ilk defa 1957 yılında Japonya'da FUKADA ve ABD'de BASSETT tarafından ortaya konmuştur (1,27). Kemikteki piezoelektrik olay kemiğin canlılığı ile ilgili olmayıp Kristallin yapısından ileri gelmektedir (15,21,11,27,48). Yani Kristallin yapısını koruyan eksize edilmiş bir kemikte de aynı fenomeni saptamak mümkündür (15,21). Daha sonraları normal canlı kemiğin ve kırık kemiğin bioelektrik potansiyellerini saptamak amacıyla birçok çalışmalar yapılmıştır (1,3,15,21,22,41). Deneysel araştırmaların bir sonraki aşamasında ise deformasyon potansiyellerinin kemik dokusuna uygulanmasıyla ortaya çıkan değişiklikler gözlemlenmiştir (2,3,16,17,18,24,25,26,30,32,33,34,35,37,38,42,46,47,48). Bu çalışmalar sonucu kırık bölgesine elektrodlar kon-

(*) İst. Üniv. İst. Tıp Fak. Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği

(**) Yüksek Elektronik Mühendisi - Hava Harp Okulu Öğretim üyesi

duğunda ve 10 ilâ 20 mikroamper şiddetinde bir direkt elektrik akımı uygulandığında katod etrafında rejenerasyonun meydana geldiği, anod etrafında ise ya hiçbir şeyin olmadığı veya dejenerasyonun olduğu ortaya konmuştur (2,9,10,11,17,24,26,28,29,34,36,39,40,43). Hayvan deneylerinden elde edilen ilk sonuçlardan sonra klinik uygulamada ilk olarak FRIEDENBERG tarafından bir medial malleol psödartrözünde tedavi amacıyla d-c akım tedavisi uygulanmış ve başarılı sonuç alındığı bildirilmiştir (23). Bundan sonra özellikle ABD, Japonya, Batı Almanya, İngiltere ve Polonya'da bu konuda klinik seriler yayınlanmaya başlanmıştır (9,10,11,12,13,14,20,31,36,39,40,43). d-c akım uygulamasının bir cerrahi girişimi gerektirmesi nedeniyle, cerrahi girişime gerek kalmaksızın kemik dokusunda gerilim endükleme amacıyla darbeli (pulsing) elektromagnetik alanların kullanılmasına BASSETT tarafından başlanmıştır (4,5,6,7,8). Darbeli (pulsing) elektromagnetik alan uygulamasında hastaya herhangi bir ameliyat yapılmaksızın, ciltten veya alçı üzerinden konan bobinler vasıtasıyla magnetik alan tedavisi uygulayarak bilinen tedavi yöntemleri ile başarı sağlanamayan ve amputasyona aday olan olguların çoğunda başarılı sonuçlar alındığı bildirilmiştir (4,5,6,7,8,19,44,45). Üçüncü bir tedavi yöntemi olarak düşünülebilecek olan Elektrostatik alanlar ise deneysel çalışmalarda etkin tedavi sağlanabilmesi için çok yüksek gerilimleri gerektirdikleri görüldüğünden ve bu seviyelerdeki gerilimlerin önemli sakıncaları olduğundan pratik uygulama alanına girememişlerdir.

İlk uygulanan yöntem olan d-c (direct current) uygulamasında bugüne kadar çok çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunları genel olarak invaziv ve semiinvaziv olarak iki grupta toplamak mümkündür. İnvaziv teknik tam bir cerrahi girişimi gerektirmekte ve elektrodlarla birlikte enerji kaynağı da vücuda implante edilmektedir (10,20,31). Semiinvaziv teknikte ise minor bir girişimle sadece elektrodlar yerleştirilmekte cihaz vücut dışında tutulmaktadır (10,23,43).

OLGU:

İ.A., 26 yaşında, erkek, M. tarihi : 13.12.1979

Şikâyeti : Sağ bacağındaki akıntılı yaradan, ayağına yük verememekten ve bacağındaki şekil bozukluğundan.

Hikâyesi : 1.12.1973 tarihinde trafik kazası geçirerek acil polikliniğine müracaat eden hastanın yapılan muayenesinde sağ tibia diafiz kırığı, anterior yüzde 1 cm, raddi yara tespit edilerek kapalı

repozisyon yapılmış ve Kliniğimize yatırılmış. İlk 10 gün içinde yara primer olarak kapanmış ve yapılan radyolojik tetkiklerde kırığın deplase durumda olduğu görülerek ameliyatına karar verilmiş, 27.12.1973 tarihinde ameliyata alınan hastaya açık repozisyon ve kompresyon osteosentezi uygulanmış. Ameliyattan sonra hastada cilt nekrozu ve enfeksiyon gelişmiş, debridman ve antibiotik tedavisi uygulandıktan sonra 14.1.1974 tarihinde taburcu edilmiş. Hasta 23.1.1974 tarihinde tekrar muayene edilerek enfeksiyonun aktif bir şekilde devam ettiği görülmüş ve yatırılarak 12.2.1974 tarihinde ameliyata alınıp plak, vidalar çıkarılmış ve küretaj yapıp yaklaştırıcı sütün konduktan sonra alçı uygulanmış. 22.4.1974 tarihine kadar yara ve enfeksiyon tedavisi uygulandıktan sonra taburcu edilmiş. Hastanın taburcu edildiği tarihte kaynamamış olan kırığı ile birlikte enfeksiyon sebat etmiş. Hasta 3.3.1975 tarihinde ameliyata alınarak enfekte bölgeler kürete edilmiş, repozisyon sağlandıktan sonra fiksator ekstern uygulanmış, kırığın stabilizasyonu sağlanmış ve sponjiöz grefler yerleştirilmiş. Ameliyattan sonra enfeksiyon ve cilt nekrozu devam etmiş, lokal ve sistemik antibiotik tedavisi uygulanmış. 22.5.1975 tarihinde taburcu edilen hasta 28.11.1975 tarihinde bir önceki tedaviden bir sonuç alınamadığı için tekrar yatırılmış. 9.12.1975 tarihinde ameliyata alınarak fiksator eksternle beraber Papineau ameliyatının I. seansı uygulanmış, 30.12.1975 tarihinde ise II. seans uygulanarak radikal küretaj ve grefonaj uygulaması tamamlanmış. Bu uygulamadan da başarılı sonuç alınamayınca fiksator ekstern çıkarılmış ve Pierre-Delbet alçısı uygulanmış. Hasta 13.3.1978 tarihinde açık enfekte psödartroz tanısı ile tekrar Kliniğimize yatırılmış ve enfekte bölgenin derin küretajından sonra Free-flap uygulaması planlanmış, 9.3.1978 tarihinde radikal küretaj yapıldıktan sonra enfeksiyonun inatçı bir şekilde devamı nedeniyle psödartrozun damarlı kemik grefi ile onarılmasından vazgeçilmiş.

13.2.1979 tarihinde tekrar muayene edilen hastanın tedavisinde bilinen yöntemlerle kırığın kaynamasına ve enfeksiyonun ortadan kaldırılmasına muvaffak olunamadığı görüldüğünden iki seçenek üzerinde durulmuştur : 1 - Amputasyon, 2 - Cerrahi girişimle kombine elektrostimülasyon.

Daha önceleri de başka ortopedistler tarafından kendisine amputasyon önerilen hasta bu yöntemi kesinlikle kabul etmemiştir. Kendisine amputasyon dışında henüz araştırma aşamasında olan elektrostimülasyon yöntemi önerildiğinde kabul etmiş ve yatırılmıştır.

Tedavinin planlanması :

Hastanın yatırıldığı tarihte alınan radyografileri (Resim: 1) de görülmektedir. Fibulanın kötü kaynamış kırığı ile birlikte bacadta deformasyon, tibiada kaynamamış kırık ve klinik olarak aktif enfeksiyonla müterafık cilt nekrozu mevcuttu. Uygulanacak cerrahi girişimle aşağıda belirtilen hususların yerine getirilmesi düşünölmüştü :

1. Fibulanın osteotomisi, gerekirse rezeksiyon.
2. Bacaktaki eğriliğın tam olarak düzeltilmesi, stabilizasyonun sağlanması.
3. Kemik grefleri konarak osteojenezin uyarılması.
4. Osteojenezin uyarılmasında daha önceki yöntemlerde grefnaj uygulamaları yetersiz kaldığından elektrostimölasyon.
5. Yaranın kapanmasını temin.

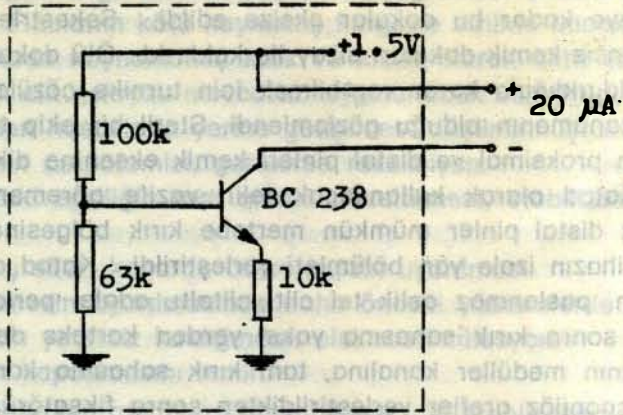
Yukarda belirtilen amaçlara ulaşabilmek için stabilizasyonu sağlamada enfekte bölgeden uzakta fiksasyonun gerektiğini kanısına varıldı. Elektrik akımlarının ise direkt yöntemle uygulanmasına karar verildi. Fiksator ekstern uygulaması ile kombine olarak elektromagnetik alan kullanmaya olanak yoktu. Çünkü yurdumuzda osteosentez materyelleri nonmagnetik çelikten yapılmadığı için manyetik alanın bozulması söz konusu idi. Ancak fiksator ekstern uygulaması ile birlikte d-c akımların kullanılabilmesi için kısa devreyi önlemek amacıyla aletin yalıtılması gerekiyordu. Bunun için aletin yan bölümleri rijid plastik materyelden yapılarak üst ve alt bölüm arasında akımın geçişi önlendi. Laboratuarda yapılan kontrollerde fiksatorün tam izole olduğı saptandı. Fiksatorün proksimal pin'lerinden birinin anod olarak kullanılmasına karar verildi. Katod etrafında maksimal rejenerasyon olduğundan katod olarak seçilen 0.8 mm. kalınlığında paslanmaz çelikten bir telin distal fragmanın tam kırık yüzeyine konmasına karar verildi. Kırık iyileşmesi ile birlikte yara iyileşmesinin de stimölasyonu amaçlandığından paslanmaz çelik tel yumuşak dokulardan yalıtılmadı.

AMELİYAT : 15.3.1979

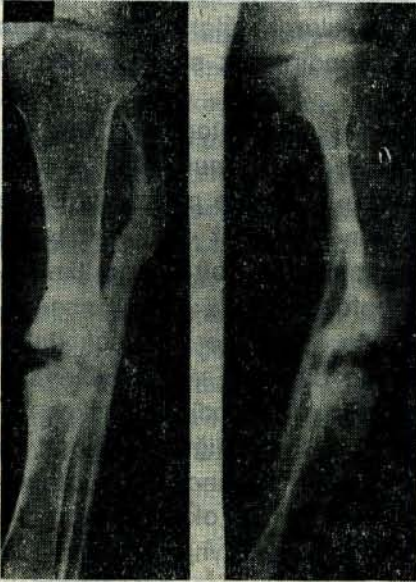
Hasta genel anestezi ile uyutulduktan sonra sağ alt ekstremiteye turnike kondu. Ameliyat sahasının temizliğı yapıldıktan sonra önce steril şartlarda kötü kaynamış fibula bölgesine girildi. Fibula ya osteotomi yapıldı, yetersiz olduğı görülerek 1.5 cm. lik bir bölüm rezeke edildi. Bundan sonra gene steril şartlar altında karşı tibia proksimalinden bol miktarda sponjiöz gref alınarak yaralar primer olarak kapatıldı. Psödartroz odağına girildiğinde bacadaki eğriliğın düzeltilmesine imkân vermeyecek derecede kalın fibröz nedbe do-

kusunun mevcut olduğu görüldü ve kemik fragmanları serbestleştirilinceye kadar bu dokular eksize edildi. Sekestrler çıkarıldı ve tüm cansız kemik dokuları sizay ile kaldırdı. Ölü dokuların tam olarak kaldırıldığına karar verebilmek için turnike çözüldü ve her sahada kanamanın olduğu gözlemlendi. Steril bir ekip tarafından fiksatorün proksimal ve distal pinleri kemik eksenine dik olarak geçirildi. Katod olarak kullanılacak telin vazife görememe olasılığına karşılık distal pinler mümkün mertebe kırık bölgesine yakın geçirildi. Cihazın izole yan bölümleri yerleştirildi. Katod olarak seçilen 0.8 mm. paslanmaz çelik tel cilt, ciltaltı, adale, periosttan geçirildikten sonra kırık sahasına yakın yerden korteks delinerek distal fragmanın medüller kanalına, tam kırık sahasına kondu Bol miktarda sponjiöz grefler yerleştirildikten sonra fiksatorün yan bölümleri senkron olarak sıkıştırılarak tellerde eğilme gözlemlenene kadar kompresyon uygulandı. Stabilizasyonun tam olduğundan görüldükten sonra üst ve altta yara dudaklarına ikişer adet yaklaşıtııcı sütür konup cirtada 4×6 cm. lik bölüm açık bırakılarak tülgre konup yara kapatıldı. Alçı uygulanmadı ve hasta uyandırılarak servise alındı.

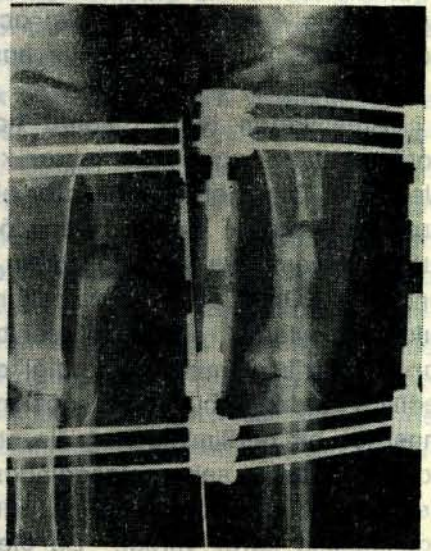
Ameliyattan hemen sonra hasta serviste yatağında iken fiksator eksterni izolasyonu tekrar kontrol edildi. Bunun için 0.5 sınıfı elektronik Ohmmetre ile fiksator eksternin distal ve proksimal uçları arasındaki direnç ölçüldü. Daha önceden nonlinear olduğunu tespit ettiğimiz kemik ve yumuşak doku direncinin 1.5 volt uç gerilimi altında 40 KOhm. değer gösterdiğini saptadık. Gene daha önce yapılan deneylerde iyileşme süresi boyunca kemik ve yumuşak dokuların elektrik akımına gösterdiği direncin değiştiği ve iyileşme ilerledikçe direncin büyüdüğü gözlemlenmişti. Direncin değişken olması ise bir gerilim kaynağı ile stimülasyon yapıldığında akımın da sabit kalmasına sebep olacağından akımı her an önceden saptanan değerde sabit tutabilmek için stimülasyonun bir akım kaynağı ile yapılmasına karar verildi. Bu elektronik akım kaynağının devresi (Şekil: 1) de gösterilmiştir. Akım kaynağının + ucu proksimaldeki Steinmann çivisine, — ucu ise kırık sahasından başlayıp yumuşak dokulardan geçip ciltten dışarı çıkan 0.8 mm. çapındaki paslanmaz çelik tele emniyetli bir şekilde bağlandı. Akım kaynağı kutusu fiksator eksternin lateral bölümüne sıkı bir şekilde tespit edildi. Akım kaynağının doğruluğu % 2 idi. Tedavi edici akım şiddetinin değerinin 10-20 mikroamper aralığı gibi geniş bir aralıkta bulunabileceği gözönüne alınarak toleransı daha düşük fakat komplike bir devre kullanılmasına gerek görülmedi (Resim: 2).



Sekil : 1 — Kullanılan devrenin şeması.

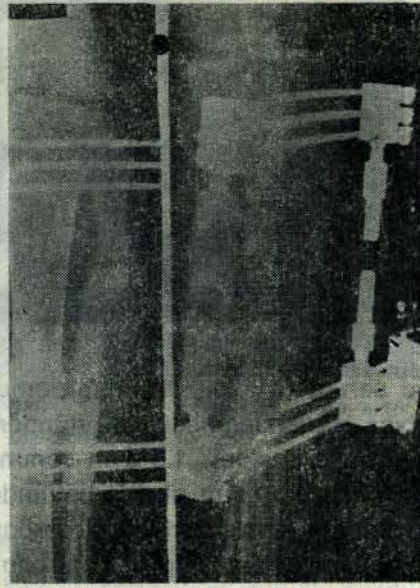
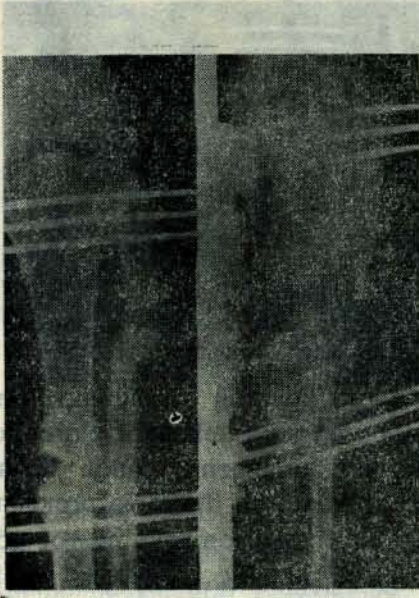


Resim : 1 — Hastanın tedaviye alınmadan önce sağ crus AP-Lateral radyografisi.



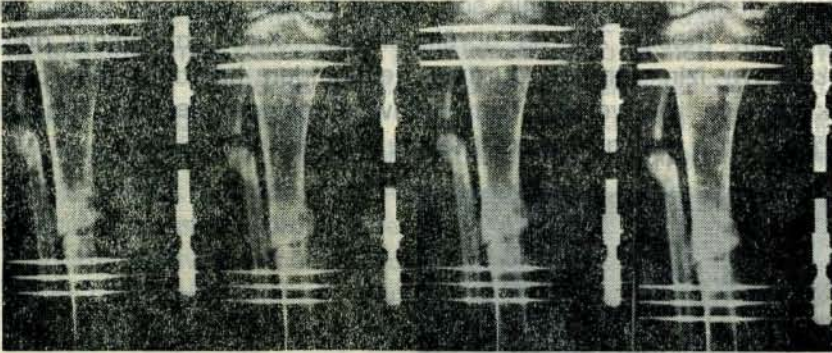
Resim : 2 — Hastanın ameliyattan sonra AP-Lateral radyografisi.

İlk pansuman 2. gün yapıldı, ve yara üzerindeki pıhtılar serum fizyolojik ile yıkanarak temizlendi. Tekrar tülgre konarak yara kapatıldı. Akım kaynağının kontrolü ilk iki ay, haftada iki gün cihazdan dışarı çıkarılan test uçlarına ölçü aleti bağlanarak yapıldı. 15. günden itibaren pansumanlar haftada iki gün yapılmaya başlandı

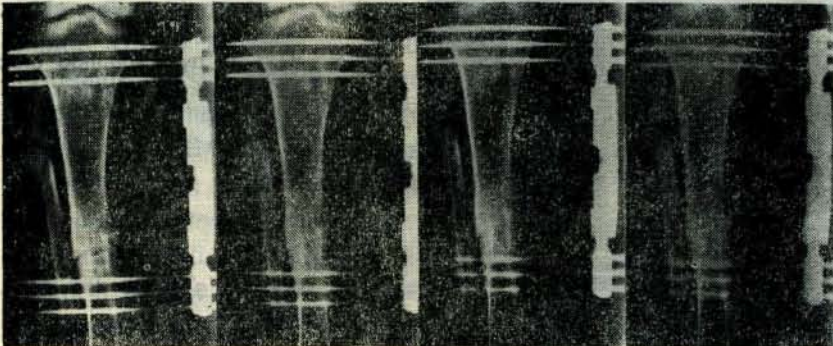


Resim : 3 — Tedavinin 2. haftasında AP-Lateral radyografisi.

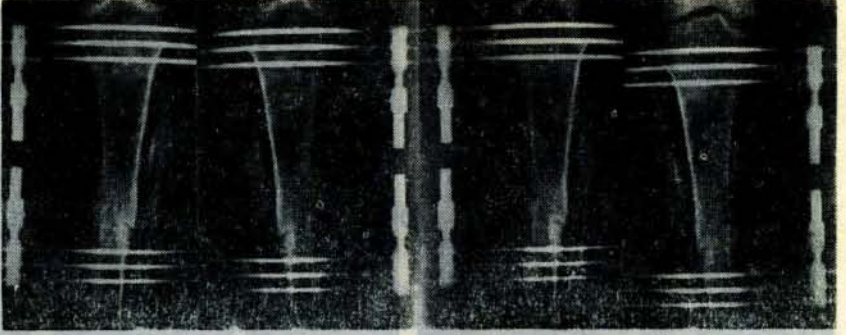
Resim : 4 — 6. Haftada AP-Lateral radyografisi.



Resim : 5 — 12. hafta sonunda alınan tomografiler.

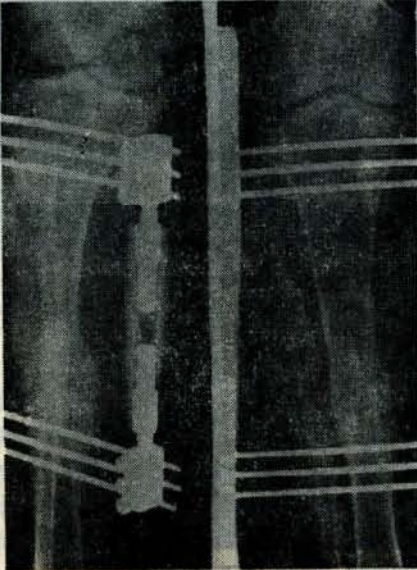


Resim : 6 — 20. hafta sonunda alınan tomografiler.

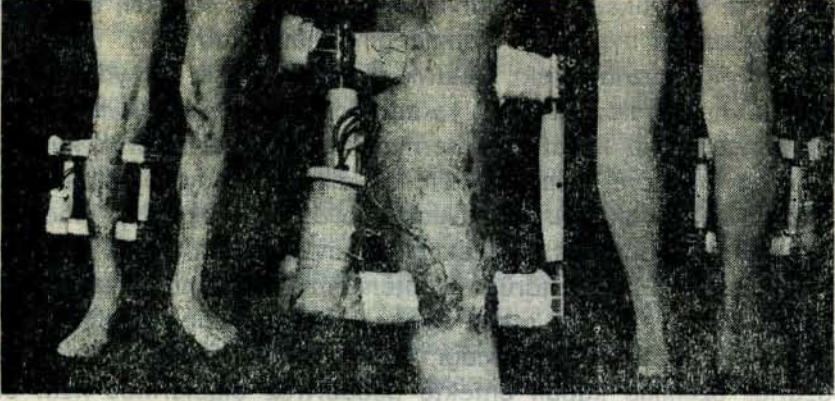


Resim : 7 — 6. ayın sonunda alınan tomografiler.

ve serum fizyolojik ile temizleme, tülgre konarak uygulandı. Enfeksiyon gözlemlenmedi. 15. günden itibaren yara sekonder olarak kapanmaya başladı. 1.5 ayın sonunda yara tamamen kapandı. Bu süre içinde katodun girdiği bölümde ve fiksatorün distal ve proksimal çivilerinin giriş deliklerinde herhangi bir enfeksiyon veya nekroz gözlemlenmedi. Radyolojik kontrollar 2., 6., 12., 20. haftalarda yapıldı (Resim: 3,4,5,6). 3. ayın sonunda enerji kaynağı olarak kullandığımız 1.5 voltluk kalem pilin bitmiş olduğu görüldüğünden yenisi ile değiştirildi. Hastanın son olarak 6. ayın sonunda alınan radyografileri (Resim: 7,8) de görülmektedir. Kırık kaynaması ağırlık yüklemeye izin verecek duruma geldiğinden hastanın tam ağırlık yüklemesine izin verildi. Tüm tedavi süresince elektrik tedavisine bağlı bir yan etki görülmedi (Resim: 9,10,11).



Resim : 8 — 6. ayın sonunda alınan AP-Lateral radyografi.



Resim : 9, 10, 11 — Hastanın bacağına yara ve psödartroz iyileştikten sonraki görünümü.

TARTIŞMA :

Kırık iyileşmesinde gözlemlenen gecikme veya psödartroz gibi komplikasyonların tedavisinde çeşitli cerrahi girişimler düşünülebilir. Bu uygulamalar çoğu zaman başarılı sonuç vermekle beraber özellikle enfekte olgularda bazen çok çeşitli tedavi yöntemleri dahi başarısız kalabilmektedir. Başta konjenital psödartrozlar olmak üzere erişkinlerin akkiz enfekte psödartrozlarında bilinen klasik tedavi yöntemlerinin defalarca uygulanmasına rağmen bazı olgularda kaynama elde edilememekte ve hastaya amputasyon önrilmektedir. FRIEDENBERG'in ilk olarak bir medial malleol psödartrozu olgusunu

akımlarının çeşitli yöntemlerle uygulanmasıyla kırıkların ve psödartrozların tedavi edilmesi Ortopedi ve Travmatolojide bir çığır açmıştır (23). Direkt elektrik akımları kemiğe devamlı doğru akım şeklinde verilebilecekleri gibi, pulsing yani darbeli, sinüzoidal veya alternatif akım şeklinde de verilebilirler. Bu çeşitli akım tipleri ile elde edilen sonuçlar çeşitli yazarlar tarafından literatürde yayınlanmıştır. Direkt elektrik akımı uygulamasının cerrahi girişimi gerektirmesine karşın BASSETT tarafından geliştirilmiş olan darbeli (pulsing) elektromagnetik alanların kullanılması bu riski de ortadan kaldırmaktadır. BASSETT'in uygulam

magnetik alan veren bobinlerle endüklenmekte ve bu bobinler ciltten, alçı üzerinden dahi uygulanabilmektedir (4,5,6,7,8). Bu metodun sakıncalı yönü ise hastanın devamlı olarak enerji kaynağına, yani elektrik prizine bağımlı kalmasıdır. Üçüncü olarak kullanılabilen alan, elektrostatik alanlar uygulamada yüksek voltajları gerektirdi-

ğinden ve bu yüksek voltajlar insan için daima tehlikeli seviyelerde bulunduğundan uygulama alanına girememişlerdir (4,7).

Biz olgumuzda direkt elektrik akımını değişik bir yöntemle uyguladık. Japonya'da OHASHI ve arkadaşları metilmetakrilat olan kemik çimentosunu fiksator eksternin yan bölümleri olarak kullandıklarını ve fiksator tespit edilen iki yalıtkan vidayı elektrod olarak kullanıp direkt akım uyguladıklarını bildirmişlerdir (39). Ancak biz 6-12 ay gibi çok uzun sürecek bir tedavi sürecinde metilmetakrilat tespit edilmiş fiksatorün yöntemimizde kullandığımız fiksator ekstern kadar sıkı bir tespit sağlayamayacağı ve istendiği zaman kompresyonun arttırılamayacağı kanısındayız. Bunun dışında çeşitli yazarlar özellikle kapalı enfekte psödotroz olgularında hem elektrodları hem de enerji kaynağını tümüyle vücut içine koyarak tedaviyi uygulamışlar ve olumlu sonuçlar bildirmişlerdir. Diğer bir grup ise semiinvaziv denen teknikle sadece elektrodları kırık sahasına gönderip stimülatörü vücut dışında tutarak minör bir müdahale ile ikinci bir ameliyata gerek kalmadan tedavi uygulayabildiklerini bildirmişlerdir. d-c akım uygulamasında ana sorun kırık sahasına yakın bir katod ve bu bölgeden uzakta anod koymak ve akım vermek olduğuna göre klinikte karşılaşılan olgunun özelliğine göre çok iyi bir plan yaparak tedaviyi uygulamak gerekmektedir.

6 yıldan beri kırığı kaynamayan ve cilt nekrozu, enfeksiyonu inatla devam etmiş olan olgumuzda teflonla yalıtılmamış elektrod kullanarak 1.5 ay gibi çok kısa bir sürede yaranın tamamen kapanışı d-c akımların yara iyileşmesi üzerinde de etkin olabileceğini göstermiştir. Bu şekilde kırık iyileşmesi ile birlikte yara tedavisinde de süreyi minime indirmek mümkün olmasının 6. ayını doldurmuş bulunmaktadır. Bu aşamada kırığın hastanın normal yürütmesine izin verecek kadar kaynadığını gözlemlemiş bulunuyoruz. Ancak yurdumuzdaki ilk klinik uygulama olduğunu sandığımız bu olguda biz akım tedavisini konsolidasyon tamamlanana kadar sürdürmek kararındayız. Aynı şekilde fiksatorün 6 aydır mevcudiyetinde hiçbir komplikasyon gözlemediğimizden bir internal fiksasyon materyeli gibi bunun da çıkarılmasını konsolidasyon tamamlandıktan sonra yapmayı planladık.

Uygulama non-invaziv teknik adı verilen elektromanyetik alan uygulaması gibi tek başına bir uygulama olmadığından belki alınan olumlu sonucun diğer kombinasyonlara bağlı olabileceği ileri sürülebilir. Biz d-c akım uygulaması ile birlikte hastamıza fibula osteotomisi, kırık sahasının repozisyonu, fiksasyon, nekrotik bölgelerin

küretajı ve yöntemleri kombine olarak hastaya daha önce iki defa uygulanmış ve olumlu sonuç elde edilememiştir. Psödartroz tedavisinde bir cerrahın kaynamayı elde edebilmek için her türlü girişimi bir defada uygulaması gerektiği görüşünden hareket ederek biz de ceforme durumdaki bacakta korreksiyonu sağlayıp fiksator eksterne ile stabilize hale getirdikten sonra elektrik akımı uygularken grefleme de ihmal etmedik. Aynı yöntemlerin uygulandığı diğer iki girişimde kaynamanın elde

mülasyonu sonucu her yara iyileşmesinin beklenenden çok kısa sürede olması ve hem de 6 yıl süren inatçı bir olguda kaynamayı elde edişimiz bize elektrik akımlarının gerçekten durmuş bir osteojenez uyarımda etkin bir rol oynadıklarını göstermiştir.

Sonuç olarak diyebiliriz ki, elektrik akımlarının kırık iyileşmesinde kesinlikle etkin bir rolü vardır. Ancak bu konuda yapılan çalışmaların rutin uygulama haline sokulması daha birçok deneysel çalışmayı ve klinik uygulamayı gerektirmektedir. Daha önce çeşitli ameliyatlara geçirmiş ve olumlu sonuç alınamamış olgularda, yani amputasyona aday olan olgularda d-c akımlarla tedavi alternatif bir yöntem olarak denenebilir. Kanımızca Ortopedi ve Travmatolojide hekimle birlikte bir mühendisin ortaklaşa çalışmasını gerektiren önemli konulardan birisi de kırık iyileşmesinin elektrikle stimülasyonudur.

SUMMARY

In the last years, one of the interesting topics is on fracture healing with electrical stimulation. According to the results gathered up till this date, to lessen the normal period of fracture healing with electrical stimulation is not possible but in the cases that healing has stopped or slowed-down because of delayed union and non union, by using electrical charge osteogenesis can be started. Of course, these studies need the cooperation of engineering sciences with medicine.

In this case study, done by the orthopaedics and traumatology clinics of the Istanbul Medical Faculty of Istanbul University, the clinical details and the first results got after 6 months by using direct electric stimulation on a tibia which was infected 6 years before and was still infected at the time the first stimulation was given, have been told.

KAYNAKLAR

- 1 — BASSETT, C. A. L., BECKER, R. O. : Generation of Electric Potentials by Bone in response to Mechanical Stress. Science 137:1063, 1962.
- 2 — BASSETT, C. A. L., PAWLUK, R. J., BECKER, R. O. : Effects of Electric Currents on bone in vivo. Nature 204:652, 1964.
- 3 — BASSETT, C. A. L. : Electrical Effects in Bone. Sci. Am., 213:18, 1965.

- 4 — BASSETT C. A. L., PAWLUK, R. J., PILLA, A. A. : Acceleration of fracture repair by electromagnetic fields. A Surgically Noninvasive Method. *Annals New York Acad. Sci.* 238:242-262, 1974.
- 5 — BASSETT, C. A. L., PAWLUK, R. J., PILLA, A. A. : Augmentation of Bone Repair inductively Coupled Electromagnetic Fields. *Science* 184:575-577, 1974
- 6 — BASSETT, C. A. L., PAWLUK, R. J. : Noninvasive methods for stimulating osteogenesis. *J. Biomed. Mat. Res.* 9:371-374, 1975.
- 7 — BASSETT, C. A. L., PILLA, A. A., PAWLUK, R. J. : A Non-Operative Salvage of Surgically Resistant Pseudoarthroses and Non-Unions by Pulsing Electromagnetic Fields. *Clin. Orthop.* 124:128, 1977.
- 8 — BASSETT, C. A. L., PILLA, A. A., MITCHELL, A. : Treatment of Skeletal disorders with pulsing electromagnetic fields. XIV World Congress (SICOT), October 15-20, 1978, Kyoto-Japan, (Abstracts)
- 9 — BRIGHTON, C. T. : Electric currents hasten bone fracture healing. *Naval Res. Rev.* 1-8 october 1972.
- 10 — BRIGHTON, C. T., FRIEDENBERG, Z. B., ZEMSKY, L. M., POLLIS R. P. : Directs current stimulation of non-union and congenital pseudoarthrosis. *J. Bone Jt. Surg.* 57-A, 368-373, 1
- 11 — BRIGHTON, C. T., FRIEDENBERG, Z. B., MITCHELL, E. I., ESTERHAL J. L. : Treatment of nonunion with constant direct current. XIV World Congress (SICOT) October 15-20, 1978, Kyoto-Japan (Abstracts)
- 12 — CIESZYNSKI, T. : Studies on regeneration of ossal tissue. II. Treatment of bone fractures in experimental animals with electrical energy. *Arch. Immunol. Ther. Exp.* 11, 191-209, 1963.
- 13 — CIESZYNSKI, T. : Studies on the regeneration of ossal tissue. III. Influence of positive and negative electricity upon callus formation in humans. *Arch. Immunol. Ther. Exp.* 12:269-295, 1964.
- 14 — CIESZYNSKI, T. : Stimulation and depression of bone regeneration by electric polarisation in humans. *Calcif. Tissue Res.* 4:124-136, 1970.
- 15 — COCHRAN, G. V. B., PAWLUK, R. J., BASSETT, C. A. L. : Electromechanical Characteristics of Bone under Physiologic moisture conditions. *Clin. Orthop* 58:249, 1968.
- 16 — COCHRAN, G. V. B. : Experimental Methods for stimulation of bone healing by means of electrical energy. *Bull. New York Acad. Med. Ser.* 48:899-911, 1972.
- 17 — COCHRAN, G. V. B. : Acceleration of bone healing by electrical stimulation. *Bull. Res.* 9:291-294, 1974.
- 18 — CONNOLLY, J. F., ORTIZ, J., PRICE, R. R., BAYUZICK, R. J. : The effect of electrical stimulation on the biophysical properties of fracture healing. *Annals New York Acad. Sci.* 238: 519, 1874.
- 19 — DEKLEVA, N., ZIVOJIN, B., BELESLIN, B., INGMAJIC, V., VUJNOVIC, L. : Electromagnetic fields role in fracture healing. XIV World Congress (SICOT) October 15-20 1978. Kyoto-Japan (Abstracts)
- 20 — DWYER, A. F. : The use of electrical current stimulation in spinal fusion. *Orthop. Clin. North. Amer.* 6:265-273, 1975.
- 21 — DWYER, J. P., MATTHEWS, B. : The electrical response to stress in dried, recently excised and living bone. *Injury* 1:279, 1970.
- 22 — FRIEDENBERG, Z. B., BRIGHTON, C. T. : Bioelectric Potentials in Bone. *J. Bone Jt. Surg.* 48-A, 915-923, 1966.

- 23 — FRIEDENBERG, Z. B., HARLOW, M. C., BRIGHTON, C. T. Healing of Nonunion of the Medial malleolus by Means of Direct Current. A Case Report. *J. Trauma* 11:833-1884, 1971.
- 24 — FRIEDENBERG, Z. B., ROBERTS, P. G., DIDIZIAN, N. H., BRIGHTON, C. T. : Stimulation of Fracture Healing by Direct Current in the Rabbit Fibula. *J. Bone Jt. Surg.* 53-A: 1400-1408, 1971.
- 25 — FRIEDENBERG, Z. B., ZEMSKY, L. M., POLLIS, R. P., BRIGHTON, C. T. : The response of Non-Traumatized Bone to Direct Current. *J. Bone Jt. Surg.* 56-A, 1023-1030, 1974.
- 26 — FRIEDENBERG, Z. B., ANDREWS, E. T., SMOLENSKI, B. L., PEARL B. W., BRIGHTON, C. T. : Bone Reaction to Varning Amounts of Direct Current Surg. Gynec. and Obstet. 131:894-899, 1970.
- 27 — FUKADA E., YASUDA, I. : On the piezoelectric effects of Bone. *J. Phys. Soc (Japan)*, 12: 1158-
- 28 — HASSLER, C. R., RYBICKI, E. F., J. R., HUGHES, K. E. : The effects of electrode configuration and calculated current density upon electrically augmented bone healing. *Proc. Ann. Conf. Eng. Med. Biol.* 16:297, 1974.
- 29 — HASSLER, C. R., RYBICKI, E. E., DIEGLE, R. B., CLARK, L. C. : Studies of enhanced Bone Healing via electrical stimuli. *Clin. Orthop.* 124:9-19, 1977.
- 30 — HAMBURY, H. J., WATSON, J., SIVYER, A., ASHLEY, D. J. B. : Effects of microamp electrical currents on bone in vivo and its measurement using Strontium 85 uptake. *Nature (London)* 231:190-192, 1971.
- 31 — INOUE, S., OHASHI, T., FUKADA, E., ASHIHARA, T. : Electric stimulation for osteo genesis using dlfferent stimulation methods. XIV World Congress (SICOT) October 15-20, 1978, Kyoto-Japan, (Abstracts)
- 32 — KLAPPER, L., STALLARD, R. E. : Mechanism of Electrical Stimulation of Bone Formation *Annals New York Acad. Sci.* 238:530, 1974.
- 33 — LAVINE, L. S., LUSTRIN, L., SHAMOS, M. : Experimental Model for studying the Effects of Electric current on Bone in vivo. *Nature* 244:1112, 1969.
- 34 — LAVINE, L. S., LUSTRIN, L., SHAMOS, M. H., MOSS, M. L. : The Influence of electric current on Bone Regeneration in vivo. *Acta Orthop. Scand.* 42: 305-314, 1971.
- 35 — LEVY, D. D. : Induced Osteogenesis by Electrical Stimulation. *J. Electrochem. Soc.* 118:1438-1442, 1971.
- 36 — MASUREIK, C., ERIKSSON, C. : A Clinical evaluation of the effect of small electrical currents on the healing of jaw fractures. *J. Dental Res.* 55-B 2974, 197.
- 37 — NORTON, L. A., RODAN, C. A., BOURRET, L. A. : Cyclic AMP fluctuation in bones grown in electric fields. *J. Dental Research.* 55-B, 215, 1976.
- 38 — O'CONNOR, B. T., CHARLTON, H. M., CURRY, J. D., KIREY, D. R. S., WOODS C. : Effects of Electric current on bone in vivo. *Nature* 222: 162, 1969.
- 39 — OHASHI, T., INOUE, S., UDA, K., HASE, H., KAJIKAWA, K. : Direct current electric stimulation for nonunion and delayed union of the tibia. XIV World Congress (SICOT), October 15-20, 1978, Kyoto-Japan (Abstracts)
- 40 — PATERSON, D., CASS, C. A., LEWIS, G. N., NELSON, J. W., ATKINSON, R. N. : Clinical experience in Australia with an implanted bone growth stimulator (1976-1978). XIV World Congress (SICOT) October 15-20, 1978, Kyoto-Japan (Abstracts)
- 41 — PAWLUK, R. J., BASSETT, C. A. L. : Electromechanical Factors in Healing Cortical Bone Defects. *Calc. Tiss. Res.* 4 (Suppl) 120-121, 1970.

- 42 — RICHEZ, J., CHAMAY, A., BIELER, L. : Bone changes
 rect electric microcurrent. *Vichows Arch. Path. Anat.*, 357:11.
- 43 — ROMANO, R. L., BURGESS, E. M., RUBENSTEIN, C. P. : Percutaneous electrical stimulation for clinical tibial fracture repair. *Clin. Orthop.* 114:290 1976.
- 44 — STUHLER, T., STANKOVIC, P., MEFFERT, O., TILING, Th., STRACHE, D. : Electromagnetic Bone stimulation by the Kraus-Lecher system. Quantitative measurement of osteons. XIV World Congress (SICOT) October 15-20, 1978, Kyoto-Japan, (Abstracts).
- 45 — TKACHENKO, S. S., RUTSKII, V. V. : Basis and experience in the use of electromagnetic stimulation in.
- 46 — WEIGERT, M., WERHAHN, C., MULLING, M. : Beschleunigung der knöchernen heilung von Oseotomien and Schafen durch elektrischen Strom. *Z. Orthop.* 110:959-962, 1972.
- 47 — YASUDA, I., NOGUCHI, K., SATA, T. : Dynamic callus and electric callus. *J. Bone Jt. Surg.* 37-A, 1292, 1955.
- 48 — YASUDA, I. : Mechanical and electrical Callus. *Annals New York Acad. Sci.* 238:457, 1974.
- 49 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 50 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 51 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 52 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 53 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 54 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 55 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 56 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 57 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 58 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 59 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 60 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 61 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 62 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 63 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 64 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 65 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 66 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 67 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 68 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 69 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 70 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 71 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 72 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 73 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 74 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 75 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 76 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 77 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 78 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 79 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 80 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 81 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 82 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 83 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 84 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 85 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 86 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 87 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 88 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 89 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 90 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 91 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 92 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 93 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 94 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 95 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 96 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 97 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 98 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 99 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.
- 100 — YAMAMOTO, T., WATANABE, S., SHIBATA, S., YAMAMOTO, T. : The effects of electric current on bone healing in vivo. *J. Orthop. Res.* 1:101-106, 1983.