

Kaynamayan kırıkların elektromagnetik alanla tedavisi

Güngör Sami Çakırgil⁽¹⁾ Raşit Cesur⁽²⁾ Sinan Adıyaman,⁽³⁾ Mehmet Demirtaş⁽³⁾, Cihangir İslam⁽³⁾

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalında 11 nonunion gösteren kırık elektromagnetik alanla tedavi edildi. Cerrahi olmayan bu tip konservatif tedavi metoduyla % 81.8 başarı sağlandı. Bu başarı oranı hastanın yaşı, cinsi veya sakatlık süresinin uzunluğu, daha önce geçirdiği ameliyatların sayısı veya mevcut enfeksiyon veya metabolik fiksasyonla bir ilgisi yoktur.

Treatment Of Ununited Tibial Diaphyseal Fractures With Electromagnetic Fields

Eleven patient with ten ununited fractures and one congenital pseudoarthrosis of tibia were treated. Exclusively with pulsating electromagnetic field in two plan. The over all success rate in healing of the fracture with this surgically non-invasive out-patient method was 81.8 percent. The success rate was not materially effected by the age or sex of the patient, the length of prior disability, the number of previous failed operations or the presence of infection or bulky methalic fixation.

Tibia diafiz kırıklarında özellikle enfeksiyon geçirmiş vakalarda fraktürün tedavi edilmesi, Ortopedik Cerrahlar için büyük problem arzeder. İşte bu gibi hastalarda cerrahi olmayan bir konservatif tedavi, elektromagnetik alan uygulaması bu gibi problem vakalarda fayda sağlar. (4, 5,7)

Bioelektrik fenomenin iskelet sisteminin selluler elementleri üzerinde regule edici fonksiyonları üzerinde 25 yılı aşkın bir süreden beri yapılan sistematik araştırmalar sonucunda, elektromagnetik alan psödoartrozlu kırıkların tedavisinde kullanılmaya başlandı. (3)

1950 tarihlerinde mesenşimal hücre fonksiyonlarının, nutrisyonel biomekanik faktörlerin etkisi altında olduğu bilinmekte idi. Kemik hücrelerinin fonksiyonları üzerinde mekanik etkilerin mekanizmasını izahı için yapılan araştırmalar göstermiştir ki, ıslak ve canlı kemik, deforme iken piezoelektrikli durumdadır, yani elektriksel olarak şarj olur. (1) Bunun sonucu Wolf kanununa göre kemikte zayıf elektriksel akımın selluler etkisi ortaya çıkar. (1,8) Laboratuvar çalışmaları göstermiştir ki, bu elektriksel akım, negatif kutupta (katot) kemik formasyonlarını artırır. Bu cümleden olarak Philadelphia'dan Freidenberg, Brighton grubunun ve diğer araştırmacıların bioelektrik mevzudaki seri çalışmaları kaydedilmiştir. (10, 12) Çalışmalara göre osteogenesis, katot çevresinde gelişme gösterir. Bu nedenle geniş bir bölge için birkaç elektrod kullanılmalıdır.

Yaygın osteoporosis vakalarında ise elektriksel stimülasyon pek pratik bir yol değildir. Buna mukabil non-unionlu sahalarda etkinliği kabul edilmiştir. (8)

Hücrelerin içinde buldukları elektriksel alanı değiştiren non invasiv metod üzerindeki araştırmalar, fibroblast kültürleri (2) ve tavşan fibulası üzerindeki osteotomiler invitro ve invivo sahada yapıldı. (12)

1970 de başlayan çalışmalarda, pulsasyonlu elektromagnetik alanın asimetrik tarzda tatbikinin, kemikte biyolojik olarak aktif akım meydana getirip getirmeyeceği araştırıldı. Bilâhare hayvan deneylerinden elde edilen başarılı sonuçlar üzerine, az riskle yüksek başarı sağlayan bu metodun insanlar üzerinde de tatbikine geçildi. Vakalardan çoğu, iki yıldan uzun süren bir sakatlık devresi geçirmiş ve bazılarında da amputasyon bile planlanmıştı. (5)

Bizim mahdut sayıdaki 11 vakalık serimize mukabil dünyadaki 300 ü aşkın Ortopedik Cerrahın 1000 hasta üzerindeki deneylerine göre, psödoartrozlu diafiz kırıklarında, başarısız artrodez ve konjenital psödoartroz vakalarında % 80 başarı sağlanmıştır.

Material ve metod

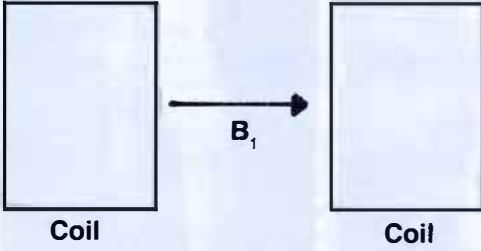
1982-1986 yılları arasında A.Ü.Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalında yaş ortalaması 29.9 olan 3 tibia, 6 carpal navicular, 1 ulna ve 1 humerus olmak üzere 11 psödoartroz vakası elektromagnetik alanla tedavi edildi.

Kliniğimizde kullanılan ve Fizik profesörü Adnan ŞAPLAKOĞLU tarafından geliştirilen sistemde, bir sinyal üreticisi ve bobin takımı mevcuttur. Bassett ve arkadaşlarının kullandığı alette bir çift bobin yer alır. Extremitte bu bobinler arasına yer-

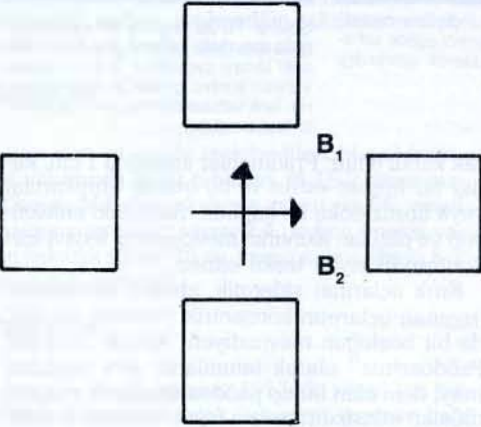
(1) A.Ü.Tıp Fak. İbni Sina Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Baş.

(2) A.Ü.Tıp Fak. İbni Sina Hast. Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Uzmanı

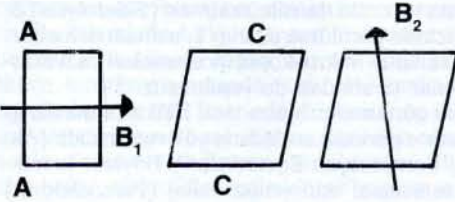
(3) A.Ü.Tıp Fak. İbni Sina Hast. Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı Aras. Gör.



Şekil 1: Dr. Bassett ve arkadaşları tarafından geliştirilen alette bir çift bobin yer almıştır.



Şekil 2: Profesör Şaplaçoğlu tarafından geliştirilen alette ise iki çift bobine yer verilmiştir.



Şekil 3: Şaplaçoğlu tarafından geliştirilen iki çift bobin veya dörtlü bobin sistemde B_1 ve B_2 magnetik alanları birbirine dik istikamette fonksiyon görür.



Şekil 4: Bobinlerin merkezi kısmında işaret halkası üst üste psödo sahasına gelecek tarzda konmalı ve bu durum röntgen filmleriyle tesbit edilmelidir.



Şekil 5: HR 36 yaşında bir erkek hasta açık tibia kırığı teşhisiyle yatırıldıktan sonra eksternal fiksator uygulanarak dört ayrı cilt plastiği ameliyatı uygulandı.



Şekil 6: Dört ayrı kemik grefi ameliyatları ve doğru akım ile stimülasyon yapıldı.

leştirilir. (Şekil 1) Şaplaçoğlu tarafından geliştirilerek kliniğimizde kullanılan aygıtta ise 4 lü bobin sistemine yer verilmiştir. (Şekil 2) Böylece 1 ve 2 no'lu bobinler B_1 magnetik alanını, 3 ve 4 no'lu bobinler de B_2 magnetik alanını üretir. Bu iki alan birbirine dik istikamette fonksiyon görür. Bu iki sistem magnetik alan, münavebeli olarak sıra ile görev yaparlar. Dolayısı ile magnetik alanın şiddeti artırılmadan, sadece yönü değiştirilmiş olur. Bu sistemin gayesi daha çok doku kesitini etkilemektir. Bassett'in tavsiyesine göre de, magnetik alan şiddetini artırmak şifayı kısaltıcı bir etki yapmaz. Bizim kullandığımız sistemde magnetik alanlar, içerisinde dik olarak geçtikleri düzlemlerde maksimal etkili, paralel geçtikleri düzlemlerde ise etkisizdirler. (Şekil 3) Bu noktadan hareket edilerek sisteme yeni bir prensip ilave etme lüzumu hissedilmiş ve böylece, kullandığımız 4 lü bobin geliştirilmiştir.

11 vakalık serimizde biri konjenital tibia, biri uzatma osteotomisi, diğerleri de post travmatik fraktür şekeli psödoartroz yer almıştır. Psödoartrozların devam süresi ortalama 2-3 yıldır. Vakalardan dördü daha önce 3-8 defa cerrahi müdahale geçirmiş, 2 vaka da doğru akım stimülasyonu uygulanmış ve 5 vaka ise alçı ile konservatif tedavi yapılmıştır. Bizim serimizde magnetik alanla tedavi süresi ise ortalama 2-3 ay olarak kaydedilmiştir.

Elektromagnetik alan tedavisi hastanede veya hastanın evinde yapılabilir ve genellikle gece yatarken 12 saat tatbik edilir.

Bobinlerin merkezi kısmında işaret halkası üst üste ve psödo sahasına gelecek tarzda konmalı ve bu durum röntgen filmleriyle tesbit edilmelidir. (Şekil 4) Alçı üzerinde bobinlerin oturacağı bölgeler kalemle işaretlenir. Sinyal jeneratörü şehir ceryanına bağlanır ve alçı tesbitli ekstremite üzerine de bobinler yerleştirilir. Bobinler arasında elektromagnetik alanının mevcudiyeti, basit olarak bir pusula ile saptanır.



Şekil 7: HR'ye yapılan bütün cerrahi tedavilere rağmen başarı alınmayınca PTB alçısı üzerinden 5.5 ay süreyle magnetik alan uygulandı. Radyolojik kallus yetersiz görüldü ve hasta 7 ay süreyle PTB alçısı ile tek bastonla yürütüldü.



Şekil 8: Bu süre sonunda fizik muayene ve radyografik kontrol psödo sahasının onsöz konsolidasyon gösterdiği tesbit edildi.



Şekil 9: TB 28 yaşında bir kadın hastada tibia diafiz kırığı nedeniyle konservatif tedavi uygulandı. 5 ay sonunda yapılan kontrol grafisi ve fizik muayene, kırık sahasında kaynama geçikmesi tesbit edildi.

Alternatif birbirine dik planda çalışan elektromagnetik alan cihazı resimde görülmektedir. Bu iki sistem sadece bir düğmeye basmakla, 2 dakikalık periodlarla dönüşümlü olarak fonksiyon gösterir. Magnetik alanda 2 Gauss'luk bir akım olunca ve kemiğin hem uzun eksenine, hem kesit düzlemine dik istikamette $\text{cm}/1,5$ milivolt bir voltaj meydana getirilir. Tedavi ortalama üç ay ve sadece geceleri devam eder. Alçı içerisinde aylık kontroller ve üç ay sonunda da alçısız röntgen kontrolleri yapılır. Bu süre sonunda fizik muayene ve radyolojik kontrol yeterli bir kallus teşekkülünü göstermiyorsa, tekrar alçıya alınarak magnetik alan tedavisine devam edilir. Şifanın gelişmesinde gecikme olan vakalarda ise, yeterli bir magnetik alan tedavisinden sonra extremiteye PTB alçısı tatbik edilerek tam yük vermesine ve böylece 4-6 hafta daha tedavinin devamına karar verilir.

Tedavi indikasyonu için AO grubunun kriterleri kullanılır. Genellikle 4-9 ay içinde klinik ve radyolojik kaynama belirtileri yoksa, kaynama gecikmesi kabul edilir. 9 ay geçmesine rağmen kallus gelişmemiş vakalar ise, psödoartroz ola-

rak kabul edilir. Fragmanlar arasında 1 cm. kadar bir boşluk vardır ve bu boşluk fibrokartilaj veya fibröz doku ile kaplıdır. Sahadaki enfeksiyon ve pürülan akıntının mevcudiyeti, tedavi için kontrendikasyon teşkil etmez.

Kırık uçlarının sklerotik, eburne görünümü, fragman uçlarının konsantrik manzara ile arada bir boşluğun mevcudiyeti "Kronik Synovial Psödoartroz" olarak tanımlanır. Ara boşlukta mayi dolu olan bu tip psödoartrozlarda magnetik alan etkisizdir; tedavi fayda vermez. 3 aylık bir tedavinin etkinliği, psödo boşluğunda radyografik dansite artışı, sklerotik fragman uçlarında yama tarzında dansite azalması (Sklerolysis) 3. ay içinde görülürse şifanın 1. safhası demektir. Bu sahanın mikroskopik incelemeleri bazı araştırmacılar tarafından da yapılmıştır. (6)

Bu görümden sonra taraf PTB alçısına alınıp üzerine periodik aralıklarla yük verilmelidir (Aktial Kompresyon Egzersizleri). Böylece kemikte maksimal endojenöz voltaj (Piezoelektrik) meydana getirilir. (1, 10) Eğer kırık hattı transvers ve psödo sahasında hipertrofi varsa, 3 hafta süreyle ve günde 3 defa extremite üzerine



Şekil 10: TB. Bu hastaya üç ay süreyle alçı üzerinden sadece geceleri 12 saat magnetik alan uygulandı. Bu süre sonunda yapılan fizik muayene ve radyografik kontrolde kırık sahasının onsöz konsolidasyon gösterdiği tesbit edildi.



Şekil 11: EY. 8 yaşında bir kız çocuğu hastamız daha önce çeşitli hastanelerde 7 defa cerrahi müdahaleler geçirmişti. Bu hastamıza 3.5 ay alçı üzerinden geceleri 12 saat süreyle magnetik alan uygulandı. Bilahare de 6 ay PTB alçısı ile yürüme müsaadesi verildi.



Şekil 12: EY. Aynı hastanın magnetik alan tedavisinden 10 ay sonra yapılan fizik muayene ve radyografik kontrolünde tibia diafizindeki psödoartrozun onsöz konsolidasyonu şifa bulduğu tesbit edildi.

50 defa 15 kg. kadar yük verilir (Baskül üzerinde ayarlanarak). Ağrı olursa, bu egzersizlerin sayısı azaltılır, ağrı olmazsa, egzersiz sayısı iki misline çıkarılarak 3 hafta daha devam edilir. Kırık hattı oblik veya çok parçalı ise, üçer haftalık aralarla ağırlıklar 7, 14, 25 kg. çıkarılarak, aynı sayıda egzersizler

ra alçı, magnetik alan ve koltuk değneklerine ara verilir. Şifanın 111. safhası, meduller kanalın psödo sahasını katetmesiyle belirlenir. Bu safhaya kadar extremite, fiberglass veya ortoplast'dan yapılmış bir sirküler kovanla korunur. Şifanın IV. safhası ise kemiğin şekillenme sürecidir ki, 2 yıl kadar zaman alır.

Sonuçlar

Son dört yıl içinde taakibedilen 11 psödoartroz vakasında % 81.8 başarı, % 19.2 başarısızlık kaydedildi. Bu vakalarda vasati yaş 56, vasati başarısız ameliyat sayısı 2.4, tedavi öncesi vasati sakatlık süresi 28 ay, vasati tedavisüresi 5-2 ay olarak saptandı.

Tartışma

Yasuda ve arkadaşları 1953 de yaptıkları bir araştırmada (14) kırık, ligament, arter ve bağ dokusu, elektriksel polarizasyon gösterir. Kırık iyileşmesinde rol alan hücreler (Osteoblast, kondroblast, fibroblast) bağ dokusundan menes alır. Bu hücrelerle birlikte uygun beslenme ve stimulus kırık şifasını sağlar. Bu noktadan hareketle, kırık kaynamasında external elektriksel stimulusların önemi üzerinde durulmuş ve in vitro araştırmaların başarılı sonuçlarından sonra da in vivo tatbikatına geçilmiştir. Bu stimuluslar, elektrodlar kullanılarak yapılan invassiv ne magnetik alan kullanılarak yapılan non invassiv metod şekillerindedir.

Semi invassiv metotta ise, elektrodlardan birisi deri üzerinde diğeri psödo sahasındadır.

Deformasyon gösteren kemiğin konkav kısmında negatif polarizasyona bağlı aktivite artışı yani, osteoblast faaliyetle yeni kemik formasyonları, konvex kısımda da, positif polarizasyona bağlı osteoklastik faaliyette ile kemik rezorpsiyonu olur.

Deneysel çalışmalar (8) negatif kutup (katod) kemik üzerinde, pozitif kutup (anod) üzerinde iken 20 mAmp. doğru akım ile optimal stimulus elde edilir. Becker (7) anod kutupta gümüş elektrod kullanarak osteomyelitleri tedavi ettiğini yazmıştır.

Non-invasiv metotta, kemik üzerinde indüksiyon akımı (Elektromagnetik alan) geliştirilmesi esası vardır. Burada magnetik alanın indüksiyon sinyalleri matrix hücrelerine ulaşınca, biopolimerik kristallerde distorsiyon ve apatit depolanmasıyla elektrostatik bir alan oluşturur. Bu alan

inde kalan hücreler yani makromoleküler, rezonans haline geçerek fonksiyonlarını değiştirir. Şöyleki, mezoderm hücresine çarpan bir magnetik sinyal onun, rejenerasyonu ile fibroblast, kondroblast ve osteoblast hücrelerine dönüşmesini sağlar. (15) Ayrıca kollagen ve protoglikogen sentezi artar ve bunlar, kemiğin matrix dokusunda birikmeye başlar. Buna ilaveten, calcium kristallerinin çökeltisi ile de kalsifikasyon başlar. Bilahare fibriller ve trabeküller gelişim ile kemikleşme olur, psödoartroz sahası şifa bulur.

Magnetik alan, özellikle kalsium ionunun intraselluler, ekstra-selluler ve hücre membranlarındaki konsantrasyonlarında değişim yapar. Glikozitlere bağlı kalsium, elektrostatik yükleriyle hücre duvarı permiablitesini düzenler, ayrıca hormon, antikor ve ilaçlarla elektrostatik yük değişime girerek, hücre fonksiyonlarını etkiler ve özellikle parathyroid hormona müessir olur. Protein sentezini kontrol eden potasium ionu da magnetik alandan etkilenen elementdir.

Magnetik alanın tesir tarzı bu şekilde özetlenmeye çalışıldıktan sonra, magnetik alanın klinik uygulamasını başlatan Bassett grubunun deneyimleri, dünyanın çeşitli merkezlerinde 8000 vaka üzerinde tatbik edilmiş ve bunlardan 2700 vakada kesin sonuç alınmıştır. Bassett grubu bu metodun, travmatik psödoartroz, konjenital psödoartroz, osteoporoz, stress kırıkları, kemik enfeksiyonlarında ve kaynama gecikmesinde kullanılmasını tavsiye ederler. (8)

Helmlzoltz bobin sistemiyle mücehhez cihazımız esas itibarıyla kalsium kinetiğini düzenleyici bir fonksiyon yapar. Bu cihaz 2 tip sinyal doğurur. Birisi 300 m/sn. lik tek bir dalga ile, 66-75 Hz. lik frekans,

3-3' voltluk alışı sinyali ile ortalama 2 Gauss'luk homojen elektromagnetik indüksiyon akımını yaratır. Bu akım kemiğin her cm² inde 1-1,5 m/V. luk potansiyel farkı yaratır.

İkinci sinyal, genişliği 5 m. sn, frekansı 10 Hz. tren dalgalarını doğurur. Bu dalga içindeki her sinyal, 200 m/sn lik pozitif, 40 m/sn. negatif ve 10 m/sn. lik boşluk sürelerini ihtiva ederek, 2 amplitüdü 3-30 volt arasında değişir. Bu sinyal de ortalama 2 Gauss'luk homojen elektromagnetik indüksiyon sağlar ve böylece kemiğin her cm² sine 1-1,5 m/V. luk potansiyel yükler.

2600 sayılı geniş bir vaka grubunda % 76 başarı sağlayan Bassett'in bir serisinde lezyonlarla vaka sayıları şöyle özetlenmiştir:

Lezyon	Vaka adedi	Başarı oranı
Tibia	1422	% 82
Femur	418	% 78
Humerus	120	% 63
Radius-ulna	191	% 69
Konjenital tibia psödoartrozu	68	% 82
Non-union	140	% 71
Akut Osteomyelit	299	% 71
Kronik Osteomyelit	733	% 74

Bu vakalar daha önce ortalama 2 ameliyat geçirmiş ve tedavi öncesi psödoartroz süresi ortalama 24 ay olarak kaydedilmiştir.

Kliniğimizde magnetik alan uygulanan 11 vakalık seride % 81,8 lik bir başarı oranı saptanmıştır. Bunlardan 6 vaka (%54.5) carpal scaphoid, 3 vaka (% 27.5) tibia, 1 vaka (% 9) ulna ve 1 vaka (% 9) humerus psödoartrozuna ait idi. Scaphoid psödoartrozlu vakalardan 1 tanesi, daha önce başarısız 2 gref ameliyatı ve 1 doğru akım uygulamasına tabi tutulmuştur. Bu vakayla birlikte diğer 5 vakanın hepsinde (% 100) başarılı sonuç alındı.

Konjenital tibia psödoartrozlu 8 yaşındaki bir kız çocuğu hastamız, daha önce çeşitli hastanelerde 7 defa cerrahi müdahaleler geçirmişti. Bu hastamıza 3 1/1 ay, günde 12 saat magnetik alan uygulandı ve bilahare 6 ay PTB alçısı ile yürüme müsadese verildi. Neticede başarılı sonuç alındı. 36 yaşında erkek bir hastada, açık tibia kırığı nedeniyle 4 defa cilt plastiği ve 4 defa kemik

grefi ameliyatları yapıldı. Başarı sağlanamayınca PTB alçısı üzerinden 5,5 ay süreyle magnetik alan uygulandı. Tedavisinin 2 ayı hastanede, 3,1/2 ayı evde sürdürüldü. 5,1/2 ay sonunda radyolojik kallus yetersizdi. Bu hasta 7 ay daha, PTB alçısı ile yürütüldü. Bu süre sonunda yapılan fizik muayene ve radyolojik kontrolde, psödo sahasının ossöz konsolidasyon gösterdiği tesbit edildi. Sor dört yıl içinde magnetik alan uygulanan ve taakipleri yapılan 11 hastada elde ettiğimiz % 81.8 başarılı sonuçlar, aşağıdaki avantajlarından dolayı bu tedavi metodunun üstünlüğünü vurgulamak isteriz.

Şöyleki: bu metod herhangi bir cerrahi müdahaleyi gerektirmez. Cerrahi girişimlerden doğabilecek enfeksiyon riski yoktur. Nihayet ekonomik yönden hastaya herhangi bir maddi yük yüklemeyiz. Ancak, kemikte internal fixasyon materyalleri mevcutsa, bu metaller magnetik akımın dağılımını etkileyebilir.

Kaynaklar

- 1- BASSETT C.A.L. and BECKER, R.O.: Generation of Electric Potentials by Bone in Response to Mechanical Stress. Science: 137. 1063-1064, 1962.
- 2- BASSETT C.A.L.: and HERMANN, I.: The Effect of Electrostatic Fields on Macromolecular Synthesis of Fibroblast in Vitro. J. Cell. Biol. 39: 9 a. 1968.
- 3- BASSETT C.A.L.: Biophysical Principles Affecting Bone Structure in the Biochemistry and Physiology of Bone Development and Growth Ed. 2 pp. 176. New York Academic Press. 1971.
- 4- BASSETT C.A.L.: PAWLUK, R.J.: Non Operative Salvage of Surgically-Resistant Pseudoarthrosis and Non-Unions by Pulsating Electromagnetic Field. A Primary Report Clin. Orthop. 124: 128-143, 1977.
- 5- BASSETT C.A.L.: NOTRON, L., PILLA, A.: Repair Non-Unions by Pulsating. electromagnetic Fields Acta Orthop. Belgica. 44: 706-724, 1978.
- 6- BASSETT C.A.L., CHOKSHI, R., PAWLUK R., and STROP, M.: The Effect of Pulsing Electromagnetic Fields on Cellular Calcium and Calcification of Non-Unions. pp. 427-441, New York. Grune and Stratton, 1979.
- 7- BECKER, R.O.: Clinical Experiences With Low Intensity Direct Current Stimulation. Of Bone Growth. Clin. Orthop. 124: 75, 1977.
- 8- BRIGHTON, C.T.: FREIDENBERG, Z.B.: Evaluation of the Use of Constant Direct Current in the Treatment of Non-Union. In Electric Properties of Bone and Cartilage Experimental Effects and Clinical Applications. pp. 519-545. New York Grune and Stratton, 1979.
- 9- BRIGHTON G.T.: Electrically Induced Osteogenesis (Relationship Between Charge, Current Density and the Amount of Bone Formed. Clin Orthop. 161: 122, 1981.
- 10- FREIDENBERG, Z.B. and BRIGHTON, C.T.: Bioelectric Potentials in Bone. J. Bone and Joint Surg. 48-A: 915-923, July, 1966.
- 11- COCHRAN, G.V., PAWLUK, R.J.: Electromechanical Characteristics of Bone Under Physiologic Moisture Condition. Clin. Orthop. 58: 249-270, 1968.
- 12- LEVY, D.D. and BERNARD, R.: Inducing Bone Growth in Vivo by Pulse Stimulation. Clin. Orthop. 88:218-222, 1972.
- 13- MC ELHANEY, I.: STALNAKER, R.: Electrical Fields and Bone Loss of Pisuse. J. Bismech. 1: 47-52, 1968.
- 14- YASUDA, I.: Dynamics Callus and Electric Callus. J. Bone and Joint Surg. 40-A: 227, 1958.
- 15- YOUNG, R.W.: Specialization of Bone Cell's in Bone Dynamics. H.M. Frost (Ed.) Henry Ford Hosp. Symp. pp. 117, Little Boston, 1964.