

KAYNAMA YOKLUĞUNUN SÜREKLİ AKIM İLE TEDAVİSİ

Erol Süldür*

Erdoğan Altınel**

Ziya Güner***

Kemiğin elektriksel davranışı son 25 yıldır birçok araştırmacının dikkatini çekmiş ve son yıllarda klinik uygulamaya geçilerek büyük oranda açıklığa kavuşturulmuştur.

Kemiğin mekanik olarak yüklenmesi sonucu elektrik potansiyellerinin oluştuğu ilk kez Yasuda, Fukada ve Yasuda tarafından Japonya'da; Bassett ve Baker ile Shamos ve arkadaşlarınca Amerika Birleşik Devletlerinde bildirilmiştir (1953) (1). Bu potansiyellerin kemikteki kompresyon bölgesinde elektronegatif, dekompresyon (gerilme, tension) bölgesinde ise elektropozitif olduğu; diğer bir deyişle deforme bir kemikte konkav tarafta elektronegatif, konveks tarafta elektropozitif potansiyellerin ortaya çıktığı saptanmıştır (1,2). Deneysel araştırmalar elektronegatif akımın olduğu bölümde kemik yapımının daha fazla olduğunu göstermişler (2,3). Bu çalışmalar mekanik yüklenme sonucu kemikte oluşan potansiyellerinin mekanik yüklenme olmaksızın ve doğrudan kemiğe verilmesinin araştırılmasına yol açmıştır. Friedenberg ve Brighton çalışmalarında mekanik zorlanmaların oluşturduğu potansiyellerin hücre canlılığına bağlı olmayıp kemiğin organik yapısından kaynaklandığını, mekanik yüklenme olmaksızın ortaya çıkan potansiyellerin ise (bioelektrik) hücresel canlılığa dayandığını ortaya çıkarmışlar ve bunların aktif büyüme ve tamir bölgelerinde elektronegatif, daha az aktif bölgelerde elektropozitif olduklarını bildirmişlerdir (1,3,4).

Bu gözlemlerin ışığı altında birçok araştırmacı kemiğe uygulanan akımın etkilerini incelemişlerdir. Bu amaçla öncelikle değişik miktarlardaki akımın kemik üzerinde etkileri araştırılmış ve küçük miktarlardaki elektrik akımının osteogenezi uyardığı ortaya konulmuştur (1,3,4,5,6). Yasuda ve ark. kemiğin galvanomatabolik davranışını incelemişlerdir (3). Bu çalışmada femur'a 1 mikroamper akım uygulanmış ve katod bölümünde daha fazla kallus oluştuğu görülmüştür; 1-100 mik-

* Sosyal Sigortalar Kurumu Ankara Hastanesi II. Ortopedi ve Travmatoloji Şef Yrd.

** A.Ü. Antalya Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Kürsüsü Profesörü ve Başkanı

*** A.Ü. Ankara Tıp Fakültesi Medikal Fizik Kürsüsü Profesörü ve Kürsü Başkanı

NOT : Bu uygulama sonuçları Prof. Dr. Erdoğan Altınel tarafından bir radyo konuşması olarak sunulmuştur (Gecenin İçinden Programı, TRT Ankara Radyosu, 25.4.1980).

roamperde kemik kallus, 100 mikroamperin üzerinde kartilaginöz kallus ve 1000 mikroamperin üstünde kemik yıkımı olduğu bildirilmiştir. Stefan ve ark. az mikrotarlarda elektrik akımı uygulanmasının katod bölgesinde osteogenezi uyardığını bir çok araştırmacının sonuçlarına dayanarak belirtmişler, Friedenber ve Kohanim ise akımın 3-10 mikroamper olabileceğini ileri sürmüşlerdir (5,6). O'Connor ve Bassett ve ark. deneysel araştırmalarında 100 mikroamperlik akım kaynağının kullanılmasıyla birbirlerine yakın sonuçlar almışlar, fakat bu araştırmacıların hiçbiri kemikte doğan akımı ve onun sabitliğini ölçememişlerdir (2,3,4,7). Bunu açıklığa kavuşturmak için Friedenber ve ark. *in vivo* olarak doku rezistansı tarafından etkilenmeyecek sabit bir akım kaynağı oluşturmak amacı ile hayvanlarda kemiğin galvanometabolik davranışını araştırmalar ve böyle bir güç kaynağı mevcut olmadığından geniş bir amper aralığı (1-100 mikroamper arası) uygulaması yaparak elektrodlar etrafındaki kemiğin reaksiyonunu makroskopik olarak ortaya koymuşlardır. Buna göre anod çevresinde doku yıkımı olduğu ve 20 veya daha fazla mikroamperde arttığı gözlenmiş, bunun yanı sıra katod çevresinde aşırı kemik yıkımı 100 mikroampere kadar görülmemiştir (3). Sonuçta, yapılan öteki deneysel ve hatta klinik çalışmalar, uygun akım miktarı olarak 10-20 mikroamperin kemik yapımının uyarılmasında yeterli olduğunu göstermiştir (1,2,3,4,5,7,8,9).

Bu çalışmaların ışığı altında klinik uygulamalar başlamış ve ilk kez insanlarda kemik defektlerinin elektrik akımı ile tedavisi Ciesynki ve Friedenber ve ark. tarafından yapılmıştır (1964,1970) (1,9). Friedenber uygulamayı ilk kez bir tibia iç malleol'unun kaynamamış kırığında yapmış; hemen arkasına Lavine tibia'nın doğmalık kaynama yokluğunda sürekli doğru akımla başarılı tedavi bildirmiştir (1,9,10,11,12). Kraus ile Lechner ve Bassett ve ark. elektromagnetik alan ve vurgulu (pulsing) elektromagnetik alanda taze tibia kırıkları ve doğmalık tibia kaynama yokluğunun başarılı tedavi sonuçlarını yayınlamışlardır (1,13).

Bu çeşitli çalışmalardan görüleceği gibi elektrik akımı gerek sürekli doğru akım, vurgulu (pulsing) doğru akım ve gerekse magnetik alan biçiminde olsun osteogenezi uyarmaktadır. Hernekadar araştırmacılar kendi yöntemlerinde başarılı olduklarını savunuyorlarsa da hangi tür elektrik enerjisinin daha etkili olduğu henüz açıklığa kavuşmuş değildir. Bu bakımdan bugün için uygulanabilecek başlıca 3 yöntem geliştirilmiş bulunmaktadır. Bunlar; (1) Total İnvazif Yöntem - Burada elektrodlar ve akım kaynağı ekstremiteye implante edilir. (2) İnvazif olmayan Yöntem - Burada Bassett'in kullandığı magnetik alan tedavi yöntemi örnek olarak verilebilir; bu sistem bütünüyle ekstremitenin dışında bulunur. (3) Yarı İnvazif Yöntem - Burada elektrod deriden kemiğe kadar itilir, güç kaynağı derinin dışında yer alır.

Bu yöntemlerin iyi ve kötü yanları vardır. Total olarak invazif olan cerrahi girişimi gerektirir, çok sayıda yabancı cisim tarafın içerisine sokulmaktadır. İnvaziv olmayan yöntemde sistem dışarıda kalmakla birlikte hastayı yatağa bağla-

maktadır. Semi-invazif olanında sadece elektrod kemiğe kadar gitmekte, fakat hasta günlük yaşamını bir yerde aktif olarak sürdürebilmektedir. Bu durumda kişi eğer doktorla kooperasyon kurabilirse (akım ölçümleri, sistem kontrolü, enfeksiyon izlenmesi için) hastane dışında, ayaktan tedavi altında kalabilmektedir. Çalışmamızda bütün bu iyi ve kötü yönleri göz önüne aldık ve semi-invazif olan sürekli doğru akım yöntemini uyguladık.

GEREÇ VE YÖNTEM

GEREÇ

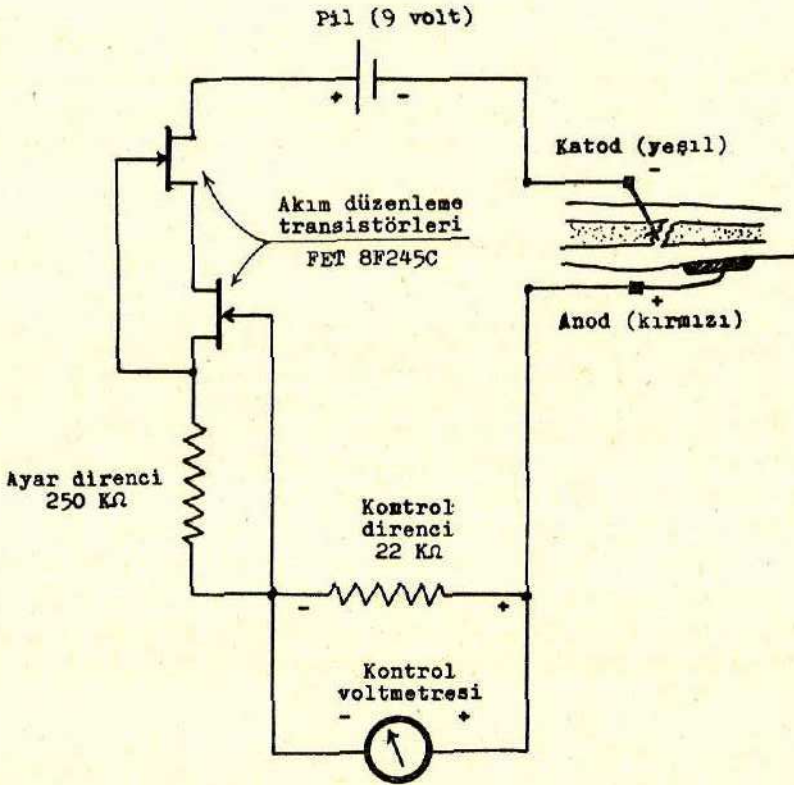
Sosyal Sigortalar Kurumu Ankara Hastanesi ve Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniklerinde kaynama yokluğu (psödoartroz, non-union) bulunan 13 olguda (ileride açıklanacağı gibi biri seri dışı bırakıldı) sürekli doğru akım uygulandı. Akım kaynağı Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Medikal Fizik Kürsüsünde geliştirildi. 9 voltluk pilden 20 mikroamper çıkışlı geliştirilen kaynak ileride daha etraflı açıklanacaktır.

Olguların 4'ü (% 30.8) enfeksiyon sonrası gelişmiş kaynama yokluğu hastaları idi. Olgularımızda en küçük yaş 6 yıl, en büyük yaş 46 yıl olmak üzere ortalama yaş 31.5 yıl olarak bulundu. Cins olarak 12 (% 92.3) erkek, 1 (% 7.7) kadın hastamız vardı. Olgularımızın 2 olgu (% 15.4) dışında hepsinde etyoloji travma olarak belirlendi. Olgular yönünden daha etraflı bilgi Tablo.I ve Tablo.II'de verilmiştir.

YÖNTEM

Başlangıçta da belirttiğimiz gibi yöntem semi-invaziftir. Uygulamada esas alınan Brighton ve Ark. 'larının önerdiği sistem olmuştur. Bu sistemin üzerinde az da olsa bir değişiklik yapılmış ve 7 voltluk pil yerine 9 voltluk pil kullanılmıştır. Böylelikle akım kaynağının daha uzun süreli olması ve akım şiddetinin daha sabit hale gelmesi sağlanmış olmaktadır. Kullanılan akım kaynağının devresi Şekil. I'de gösterilmiştir.

Elektrot polarizasyonu ve doku özellik değişimi sonucu oluşan elektriksel direnç değişimlerinin neden olacağı akım şiddeti değişimlerin gidermek için sabit akım kontrol düzenekli güç kaynağı kullanılmıştır. Montajdan sonra devre, dış etkenlerden korunmak ve çevresinden elektriksel olarak yalıtılmak için parafin kapsül içerisine alınmıştır. Paslanmaz çelik tel olan anod ve katod bağlantı telleri ile bakır tel olan kontrol uç telleri yalıtılmış olarak dışarıya çıkmaktadır. 22 K. Ohm'luk gözlem direnci üzerinden çıkan kontrol uçlarına bağlı (0.6 volt bölmesi olan ve 30.000 Ohm/V nitelikli) bir gözlem voltmetresi ile okunan potansiyel farkı, devreden akım geçip geçmediğini ve kaç mikroamperlik akım geçtiğini saptamakta yeterli olmuştur. 22 K. Ohm'a paralel bağlı 18 K. Ohm voltmetre iç direnci bir-



Şekil 1 : Kullanılan akım kaynağı devre şeması.

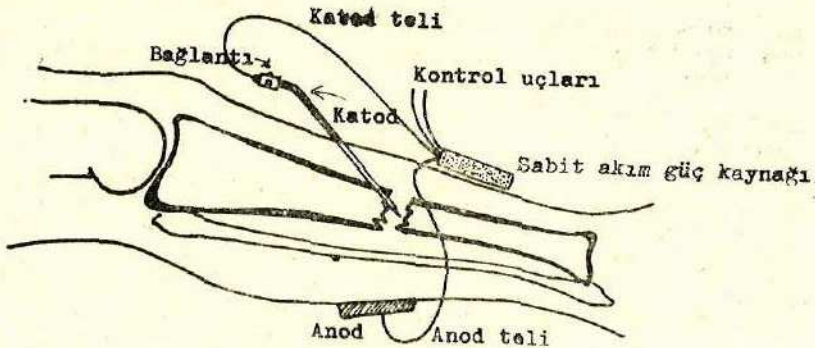
likte 10 K. Ohm eşdeğer direnç oluşturmakta, devreden 20 mikroamper akım geçiyorken voltmetreden 200 mV gerilim okunmaktadır.

Şekil. 1'deki devrenin akım karakteristikleri şöyledir : Yük direncinin 0-200 K.Ohm aralığındaki değerlerinde, 20 mikroamper olarak düzenlenmiş olan akım şiddetindeki total değişme 0.6 mikroamper kadar olmakta ve kiloohm başına 0.004 mikroamper kadar küçük bir değerde kalmaktadır. Yük direncinin 200 K.ohm 400 K. Ohm aralığındaki değerlerinde ise kiloohm başına değişim 0.02 mikroamper kadar olmaktadır. İnvitro kontrol deneylerimizde 4 aya varan uygulamalarda akım şiddetinde bir değişme saptanmamıştır. İnvivo uygulamalarımızda kontrol uçlarından okunan gerilim değeri uygulama boyunca sabit kalmıştır ki devreden geçen akım şiddetinde bir değişme olmadığını ve otomatik transistör kontrol devresinin pek mükemmel çalıştığını göstermektedir.

Anod elektrodu; paslanmaz çelik tel $3 \times 4 \text{ cm}^2$ alan oluşturacak şekilde kıvrımlı bükümle yapılmıştır. Böylelikle anod için özel paslanmaz çelik tel ızgarası

kullanma zorunluluğu ortadan kaldırmıştır. Katod elektrodu olarak paslanmaz çelik Kirschner çivisi kullanılmıştır. Sivri uç kısmı 1 cm. kadar açık bırakılmış olup çivi sıkıca teflon katater yalıtkanla yalıtılmıştır. Anod teli ile bağlantı açık bırakılan 2 cm.'lik bağlantı yerinden sarma ve bükme irtibatlaması ile sağlanmıştır.

UYGULAMA : Gerek invitro ve gerekse köpekler üzerinde (tibia) yaptığımız invivo deneyler sonucunda akımın uygulama boyunca sabit kalmasından sonra hastalarda uygulama yapılmaya başlandı. Uygulama steril ameliyathane şartlarında ve skopi kontrolü altında yapıldı. Hastalara çok kez lokal anestezi yapıldı. Genel anestezi ancak koopere olmayan ve bazı özel durumdaki hastalara verildi. Anesteziden sonra taraf steril hazırlanıp örtüldü ve kaynama yokluğu bölgesinin biraz uzağından birkaç mm.'lik deri, deri altı kesisi yapıldı. Buradan önce Kirchner çivisinden biraz daha kalın bir perforatör ucu içeren bir el perforatörüyle girilerek, skopi kontrolü altında kırık aralığına kadar gidildi. Tarafın konumu bozulmadan perforatör ucu dışarıya alındı ve uç çıkarılarak perforatöre daha önce hazırlanışı anlatılan Kirschner çivisi takıldı ve ucun geçtiği delikten içeriye itildi. Böylelikle yalıtkanın doğrudan kemikten geçirilmesiyle oluşacak kıvrılıp geriye kaçması önlenmeye çalışıldı. Perforatör ucunun kırık aralığına kadar itilmesinin nedeni Kirchner çivisinin 1 cm.'lik açık kısmının aralığa tam olarak girmesini sağlamak içindi. Böylece gevşemesi güç sağlam bir giriş sağlanmış olmaktadır. Kirchner teli geçirilip irtibatlama yapıldıktan sonra taraf uygun prensiplerde alçı tespitine alındı. Akım kaynağı kontrol uçları ile birlikte tespit dışı bırakıldı ve anod hastanın derisine serum fizyolojik ile ıslatılmış bir gaz tamponla yerleştirilip tespiti gaz sargı ile sarılarak sağlandı; bu ıslaklık sürekli olarak sürdürüldü (hastalara disposable bir enjektör ve serum fizyolojik verilerek hasta kendisi bu ıslaklığın sürdürülmesini sağladı). Uygulanmış durum şematik olarak Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2 : Uygulanmış durumun şematik görünümü.

Tablo 1

Olgu Yaş Cins No.	Kemik	Kırık özelliği	Önceki tedavi ve Süresi	Katod sayısı	Akım	Uygulama Süresi	Ek Tedavi	Akım sonrası Tedavi ve Süresi
1. G.G. 33 E	Sağ Tibia	Açık	Traksiyon + Uzun bacak alçısı	1	20 Mikroamp.	4 ay	PTB Kısa yürüme cihazı	3 ay 6 ay
2. H.A. 12 E	Sağ femur	Pato-lojik (Osteomyelit) tibiotik sonu	Fenestras- yon + kapalı Drenaj + Anomiyelit	1	20 Mikroamp.	3.5 ay	Uzun bacak alçısı	1 ay
3. B.S.E. 6 E	Sol Tibia	Antibiotik, Fenestras- yon, Kapalı Drenaj alçı (9,5 ay)		1	20 Mikroamp.	3 ay		1 ay
4. Ö.Ü. 16 E	Sol Ülna	Sol ön- kol kırığı	Ameliyat, (DCP), Dirsek üstü alçı. Enfeksiyon (5.5 ay)	1	18 Mikro- amper	2 ay	Dirsek altı alçı	3 hafta
5. H.K. 43 K	Sağ Ulna	Sağ ön- kol kırığı	Ameliyat (Kompresyon) Enfeksiyon (1 yıl)	1	18 Mikro- amper	3.5 ay	—	Ameliyat (Psödo tamiri)
6. J.G. 43 E	Sol Radius	Sol ön- kol kırığı	Dirsek üstü alçı (10 ay)	1	20 Mikroamp.	4 ay	Dirsek üstü alçı	Dirsek üstü alçı (1.5 ay)
7. R.Ö. 30 E	Sol Radius ve kayna- mıs hu- merus kırığı	Sol ön- kol ve kol kırığı	Dirsek üstü alçı (5 ay)	1	20 Mikroamp.	6.5 ay	Ameliyat (plak) Oblik 1 Elektrod dirsek üstü alçısı	Dirsek üstü alçı (1.5 ay)
8. H.C. 46 E	Sol Medial Malleol	Sol Me- dial malleol	Diz üstü (6 ay), Diz altı (3 ay) toplam 9 ay alçı	2	Herbir katoddan 10 Mikroamp.	2 ay 2 elektrod, 5 ay 1 elektrod, toplam 7 ay	Diz altı yürü- me alçısı	Serbest hareket gittikçe yük verme
9. D.Ö. 24 E	Sol hu- merus kırığı	Sol hu- merus kırığı	Dirsek üs- t alçı (8 ay)	2	Herbir katoddan 10 Mikroamp.	2 ay 1, 3 ay 2 elektrod, toplam 5 ay	Kol-gövde alçısı	Dirsek üstü alçı (1.5 ay)
10. S.K. 35 E	Sol Ulna	Sol ön kol kırığı	Yara tedavisi, alçı (1 yıl)	1	20 Mikroamp.	3 ay	Dirsek üstü alçı (Radius osteotomisi. ulnaya katod)	Dirsek üstü alçı (1.5 ay)
11. H.T. 25 E	Sağ Tibia	Sağ krus kırığı	Diz üstü alçı (6 ay)	1	20 Mikroamp.	1 hafta	P.T.B.	Hasta alçıyı kırıp katodu çıkarttı
12. A.Ç. 28 E	Sol Medial Malleol	Sol Me- dial malleol	Diz altı (alçı 6 ay)	2	Herbir katoddan 10 Mikroamp.	3.5 ay	Diz altı alçı (yürüme)	Diz altı alçı (2.5 ay)
13. H.T. 44 E	Sol Tibia	Sol Kru- kırığı	Diz üstü alçı (4 ay) ameliyat (plak) 1 yıl	2	Herbir katoddan 10 Mikroamp.	1 elektrod 2 . ay 2 elektrod 2 ay toplam 4 ay	Diz üstü alçı Alçı	Diz altı alçı (1 ay)

Tablo II

Olgu No.	Komplikasyonlar	Teknik Zorluklar	Sonuç	Başarısızlık Nedenleri	Düşünceler
1	Katod çıktıktan sonra çivi yerinde minimal enfeksiyon.	—	Başarı.	—	Akım sonrasında yeterli kaynama vardı, fakat serbest yük için yeterli değildi.
2	Çivi yerinde derin enfeksiyon, kısa sürede kontrol altına alındı.	Katod-da 1 kez gevşeme oldu, yineleni.	Başarı.	—	—
3	—	—	Başarı.	—	—
4	—	—	Başarı.	—	—
5	Katod gevşedi, ikinci kez başka yönde geçirildi.	Katod-da gevşeme. yineleni.	Başarı-sız.	Katodda gevşeme ve çivi yerinde yüzeysel enfeksiyon.	Psödo. sürdü ve psödo tamiri gerekli oldu.
6	Çivi yerinde enfeksiyon ve elektrodun çıkması.	—	Başarı-sız.	Enfeksiyon. katodun çıkması ve hastanın yeniden katod konulmasını istememesi.	Hasta koopere değildi.
7	—	—	Başarı.	—	—
8	—	—	Başarı.	Elektrod gevşemesi.	Hasta ilgili ve titiz davrandı.
9	—	—	Başarı.	—	—
10	Elektrod gevşedi. erken çıktı.	—	Yeter-siz kay-nama	Elektrod gevşemesi.	—
11	Enfeksiyon, elektrod çıkması, alçı kırılması.	—	Seri dışı bıraktı.	—	Hasta ilgisiz, koopere değil.
12	—	—	Başarı.	—	—
13	—	—	Başarı.	—	—

Tablo I ve II'den de anlaşılacağı gibi olguların hepsi etraflı olarak incelenmiştir. Kırıkların lokalizasyonu aşağıdaki gibi bulunmuştur: Humerusta 1 olgu (% 7.7), Radius'ta 2 olgu (% 15.4), Ulna'da 3 olgu (% 23.0), Femur'da 1 olgu (% 7.7), Tibia'da 4 olgu (% 30.8) ve Medial malleol'de 2 olgu (% 15.4) dur.

Kırıkların özellikleri şöyledir; Açık kırık 2 olgu (% 15.4), Patolojik kırık 2 olgu (% 15.4) ve Kapalı kırık 9 olgu (% 69.2)'dir.

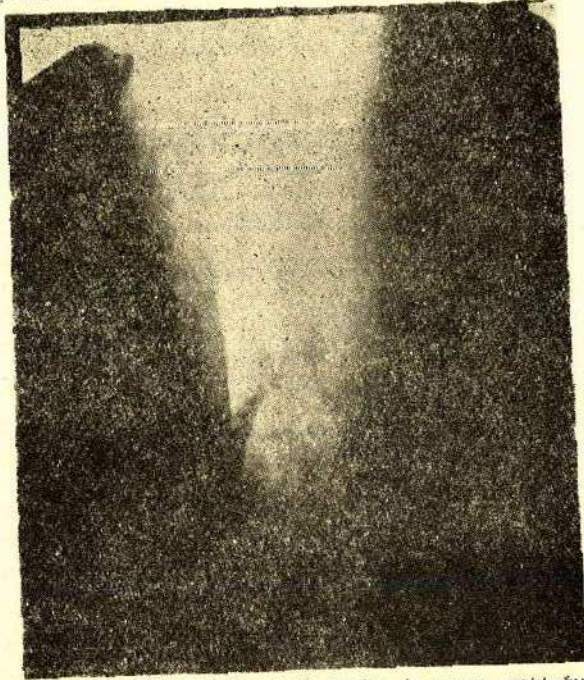
Uygulanan katod sayısı olguya göre 9 hastada 1, 4 haftada 2 olmuştur. Bu durumda tek katod % 69.2 çift, katod % 30.8 oranında uygulanmış olmaktadır.

Ortalama akım verme süresi 3.5 ay olarak tespit edilmiş bu en az 2 ay, en fazla 6.5 ay olmuştur.

Akım şiddeti 18-20 mikroamper olmuştur.

Kırıkların lokalizasyonuna uygun olarak dış tespit her olguda uygulanmıştır (örneğin tibia için diz üstü, radius için dirsek üstü alçı).

Akım uygulama öncesi tedavileri değişik olmuştur : Burada kapalı kırık olan 9 olgudan (% 69.3) 6'sı (% 46.2) konservatif yolla dış tespit uygulanarak tedavi edilmeye çalışılmıştır. Bu hastalarda en kısa tespit süresi 5 ay, en uzun süre ise 10 aydır. Ortalama tespit süresi 7.3 ay olarak bulunmuştur. Kapalı kırık olan 3 olguda (% 23.0) ise kırıkların konumu konservatif tedavi için uygun olmadıklarından ameliyat edilmişlerdir. Ameliyat sonrasında, bu olgularda kaynama yokluğu geliştiğinden akım tedavisi altına alınmışlardır.



Şekil 3 : Olgu 2. Patolojik kırıkta kaynama yokluğu.

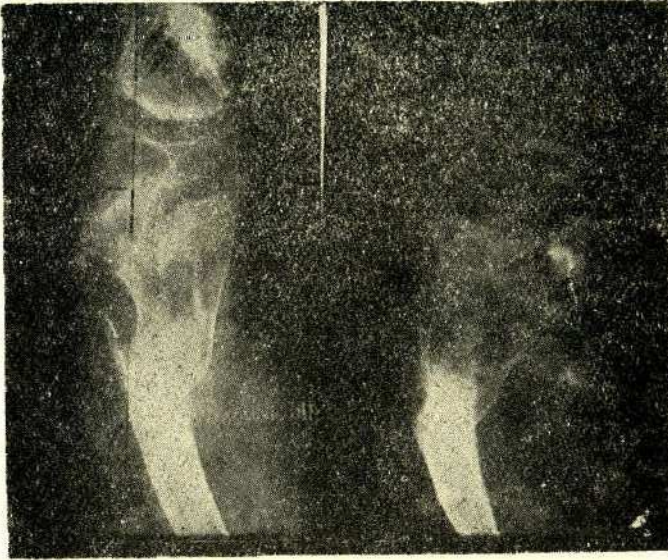
Açık kırık bulunan 2 olgunun biri (% 7.7) traksiyon+alçı tedavisi ile 1 yıl, diğeri (% 7.7) yara+alçı yolu ile 1 yıl tedavi edilmiştir.

Patolojik kırığı olan 2 olgu (% 15.4) osteomyelit sonucu yapılan tedavilere (fenestrasyon+kapalı drenaj+alçı) rağmen kontrol altına alınamıyarak patolojik kırıklarda kaynama yokluğu olarak karşımıza çıkmışlardır.

Akım sonrası tedaviler ise az değişiklik göstermiştir : Akım uygulaması sona erdikten sonra kırıklar genellikle uygun bir süre dış tespitte alınmışlardır. Sadece



Şekil 4 : Olgu 2. Elektrod uygulanmıştır.



Şekil 5 : Olgu 2. Kırık kaynamıştır.

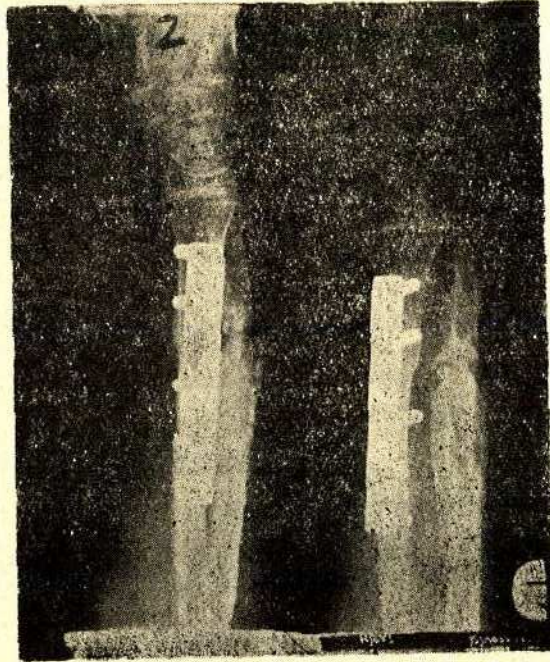
1 olguda akım uygulaması sona erdikten sonra dış tespite alınmadan yavaş yavaş yük verdirilmiştir. Geriye kalan 10 olgu (% 77.0) en az 3 hafta, en çok 9 ay alçı tespitine alınmıştır. Ortalama tespit süresi 1.9 ay olmuştur.

Bir olgu hastanın koopere olmaması nedeniyle alçı kırılması, elektrodların çıkması ve yüzeysel enfeksiyon gelişmesi yüzünden seri dışı bırakılmıştır (% 7.7).

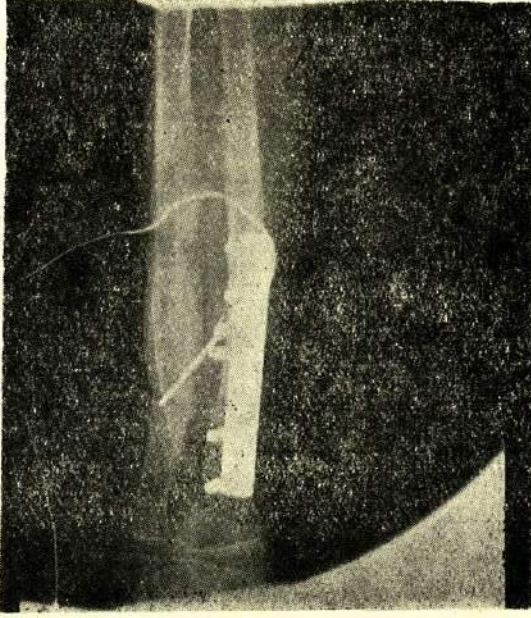
Diğer bir olgu ise (% 7.7) akım tedavisine karşın kaynama yokluğunun sürmesi sonucu ameliyat edilerek tamiri yapılmış ve tedavi edilmeye çalışılmıştır.

Başarı Oranı : 13 olguluk bu serimizde başarı oranları üzerinde hastaların tedaviye tam uymaları, koopere olmaları ve düzenli olarak kontrollara gelmeleri önemli rol oynamıştır. Hastanın ilgisiz olması ve doktorunun önerilerine uymaması sistemin kontrolden uzak kalmasına ve dolayısıyla başarı oranının düşmesine yol açacağı ortadadır. Başarı oranı üzerinde uygulamadaki teknik yanlışlıkların da etkisi olmaktadır. Bunlardan en önemlisi elektrodların gevşemesi, elektrod çivisinin geçtiği yerde yüzeysel enfeksiyon ve akım devresinde oluşan (anodda akım geçirgenliğinin bozulması gibi) hastalıklar nedeni ile aralıklı akım geçmesi gösterilebilir.

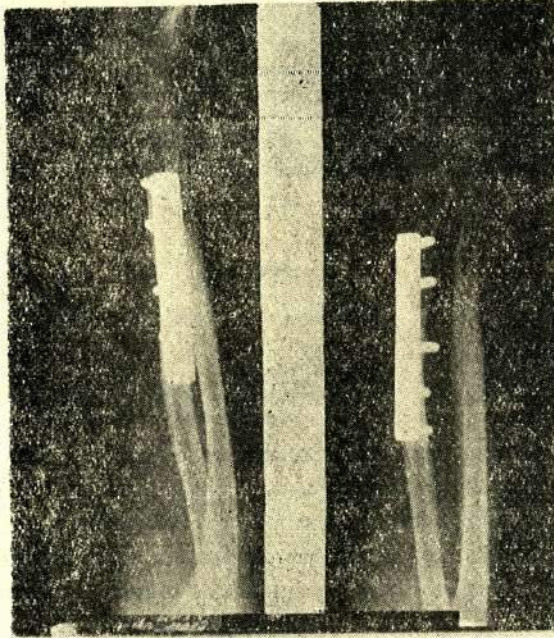
Bütün bunlara karşın 13 olguluk seride ilk kez uygulanmış olduğu halde başarı oranımız yüksek olmuştur. İleride yapılacak bir takım teknik değişiklikler yöntemle ilişkili başarısızlıkları en aza indirecektir sanıyoruz.



Şekil 6 : Olgu 4. Plak enfeksiyon gelişmesi nedeni ile çıkartılmıştır. Ünada kaynama yokluğu görülmektedir.



Şekil 7 : Olgu 4. Elektrod geçirildikten sonraki kontrol devrelerinden birinde kırığın durumu görölmektedir.



Şekil 8 : Olgu 4. Kırık kaynamıştır.

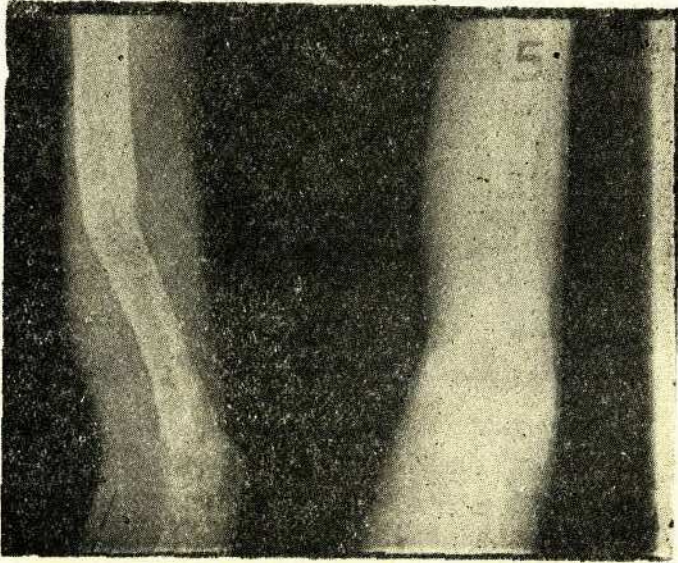
13 olguda 9 olgu başarılı (% 69.2), 2 olgu başarısız (% 15.4) olmuş 1 olgu (% 7.7) seri dışı kalmış, 1 olguda da (% 7.7) kaynama yeterli bulunmamıştır. Bu son olguda başarılı sonuçlar arasına katılabilir sanıyoruz. Böylelikle başarı oranı $\% 69.3 + \% 7.7 = \% 77.0$ olarak ele alınabilecektir. Aslında seri dışı bırakılan hasta ele alınmadığında net başarı oranı $\% 75.0$ 'tir; yetersiz kaynama bulunan 1 olgu da (% 8.3) eklendiğinde başarı oranı $\% 83.3$ sayılabilecektir.



şekil 9 : Olgu 9. Çift elektrod uygulanmıştır.

TARTIşMA

Kaynama gecikmesi ve çoğunlukla kaynama yokluğunda (doğmalık ve sonradan gelişen) elektrik akımı uygulaması ile kırık iyileşmesinin sağlanması son yıllarda ortopedik cerrahinin önemli bir konusu durumuna gelmiş bulunmaktadır. Bu hususta memleketimizde yapılan orijinal çalışmaların ilkinini bu 13 olguluk serimizdeki uygulama oluşturmaktadır diyebiliriz. Bugüne kadar sadece Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica'nın 13. cilt, 3. sayı, 1979 baskısında 185-198. sahifelerinde yayınlanan 1 olguya rastlıyoruz (14). Henüz kesin sonuç alınmadığı bu uygulamada aslında kaynamamış kırıklarda elektrik akımı ile tedavi prensiplerinin dışına çıkılmış ve hastaya psödoartroz tamiri + doğru akım uygulaması birlikte yapılmıştır. Kanımızca bunun doğrudan uygulanan elektrik akımı ile iyileşme olarak kabul etmemek gerekeceği gibi henüz iyileşme sağlanmadan ya-



Şekil 10 : Olgu 9. Kırık kaynamıştır.

yını yapılmıştır. Ayrıca kaynama yokluğu yerinde cerrahi tamir yapıldıktan sonra elektrik akımı uygulaması ile alınacak sonucun nasıl değerlendirileceği anlaşılabilir bir konu değildir.

Literatürde çalışmalar kaynama yokluğu üzerine yönlendirilmiş bulunmaktadır; Japonya'daki son SICOT kongre bildirilerinden bunun böyle olduğu açıkça anlaşılmaktadır (Ekim, 1978) (15,16,17,18,19,20,21). Ve burada seçilen yöntemin daha çok sürekli doğru akım kaynağının ve anod'un ekstremitde dışında bulunduğu, katod'un kırık bölgesine küçük bir cerrahi girişimle yerleştirildiği şeklinde olduğu görülmektedir.

Uygulamamızda seçtiğimiz yöntem bu olmuştur. Bu yöntemin sakıncalı yanları olduğu kadar yararlı yanları da vardır. En önemli yararı hastayı yatağa bağlamamasıdır; çok küçük bir cerrahi girişimi gerektirir; önemli bir komplikasyonu yoktur, olduğunda giderilmesi veya düzeltilmesi çok kez kolay olmaktadır (enfeksiyon, katodda gevşeme gibi- 6 olgumuzda çok kısa sürede giderildi ve düzeltildi); özellikle alt taraf kaynamamış kırıklarında yük verici alçılardan yararlanmaya olanak (PTB alçısı vs.) vermektedir.

İlk olgularımızda tek katod kullanılmıştır. Sonraları, özellikle büyük kemiklerde (Tibia gibi) tek katodun yararlı olabilmesi uzun süreyi aldı (olgu 1); bu nedenle öteki olgularda çift katod uygulanmaya başlandı ve sonuçlar daha iyi ve iyileşme daha kısa sürede oldu (olgu 8,9,12,13). Olgularımızın hepsinde de tam gelişmiş kaynama yokluğu vardı. Bir hasta koopere olmadığı için seri dışı



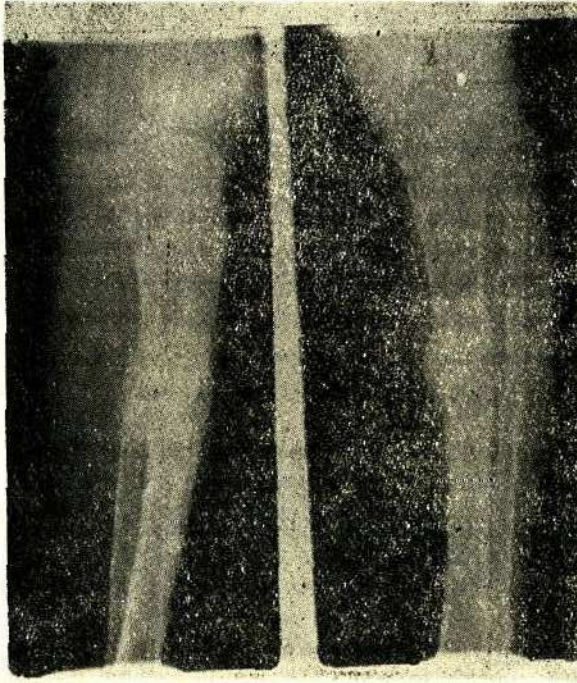
Şekil 11 : Olgu 13. Kaynama yokluğuna çift katod yerleştirilmiştir.

bırakıldı (Olgu II- Tibia'da kaynama yokluğu). Olgularımızın bir bölümünün özelliği de kemik enfeksiyonu sonu kaynama yokluğu gelişmiş olmasıydı (olgu 2,3,4,5); bunlarda enfeksiyon kontrol altına alınıp ilkelere uygun süre beklenildikten sonra akım uygulamasına geçildi ve 1 olgu dışında (olgu 5) ötekilerde kaynama sağlandı. Burada elektrik akımının enfeksiyonu uyarmadığı veya enfeksiyonu da şifaya kavuşturduğu (çünkü akım tedavisi tamamlandıktan sonra enfeksiyonda alevlenme görülmedi) düşünülebilir. İki olguda katod internal fiksasyon aracından (plak deliğinden) geçirilerek kakım uygulanmıştır.

Başarı oranımız % 75 (+ % 8.3) oldukça iyi görünmektedir. Literatürde hastalar üzerinde uygulama sonuçları hem az hemde başarı oranları fazla yüksek değildir. Brington ve ark. 1975'de yayınladıkları ilk 29 olguluk seride başarı oranı belirtilmemiştir (1). Aynı otörün biri dışında (Friedenberg) öteki araştırmacılarla yaptığı 200 olguluk başka bir seride başarı oranı % 75-80 arasında bildirilmiştir (16). Bunun dışında Sakou ve ark. ları 13 kaynama yokluğunun 12'sinde, 15 kaynama gecikmesinin 14'ünde iyileşme olduğunu belirtmişlerdir (15). Ohashi ve ark. 6 kaynama gecikmesi ve kaynama yokluğu bulunan tibia kırığında tam iyileşme olduğunu bildirmişler ve bunlarda eksternal iskelet fiksatorü de kullanmışlardır (17). Avustralya'da Peterson ve ark. implante edilmiş stimülatörle

kaynama gecikmesi veya yokluğu bulunan tibia ve femur kırıklarında 10-20 mikroamper akım uygulamışlar, hasta sayısının 70'in üstünde olduğunu bildirmişler, sonuçları ileride açıklayacaklarını fakat cesaret verici olduğunu belirtmişlerdir (19).

Bütün bunlardan anlaşılacağı gibi literatürde belirli olgularda belirli yöntem sonuçları ve Brington ve ark. dışında bildirilen fazla sayıda olgu içeren klinik seriler yoktur. O halde eldeki verilere göre sonuçlarımız oldukça iyi ve cesaret verici görülmektedir. Biz burada elektrik akımının kaynamamış bir kırığı nasıl etkileyerek kaynamaya yol açtığını (oksijen basıncını azaltarak, osteoblastik akti-



Şekil 12 : Olgu 13. Kırık kaynamıştır.

viteyi artırarak yani direkt olarak hücreye veya çevresine ve indirekt olarak hücreye etki ederek yahut kalsiyum iyonik diffüzyonunu artırarak v.s.) tartışacak cesareti bulamıyoruz; bu deneyimimiz yoktur. Fakat sonuç nasıl olursa olsun direkt akımın kaynama yokluğunu iyileştirdiğine, bu iyileşmede kesin etkisi olduğuna ve kaynamamış bir kırıkta dış tespit süresi uzatılarak iyileşme hiçbir zaman sağlanamayacağına yani kesinlikle psödoartroz tamiri şeklinde ameliyatı gerektireceğine inanıyoruz.

Burada bir durumu daha belirtmeden geçmek istemiyoruz; bu yayını istese idik bir ön bildiri olarak 1978 yılı sonlarında yapabildik. Fakat istedikki A. Ü. Tıp Fakültesi Medikal Fizik Kürsüsü'nde kendi olanaklarımızla yapılan akım

kaynakları standardize edilsin ve buna bağlı olarak bir seri olguda sonuçları tam aldıktan sonra yayımlayalım. Böylelikle yurdumuzda bu uygulamanın yaygınlaştırılmasına yol açabileceğimizi düşündük.

Sonuç olarak denilebilirki; direkt akımın küçük bir cerrahi girişimle ve kırık bölgesine katod sokulması biçiminde uygulanması kaynama yokluğu olgularında iyi sonuçlar vermektedir. Bu sonuçlar osteomyelit sonu gelişmiş kaynama yokluğunda da iyi olmuştur. Yöntemin gerektirdiği koşullarda uygulanması, hasta-doktor ilişkisinin olumlu yönde olması ve birden çok katod kullanılması başarı oranını artıracaktır. Kanımızca direkt akım etkisi ile kaynama yokluğunda iyileşme, bütün bu çalışmadan edindiğimiz deneyimlerin ışığı altında yinede şu varsayımlardan gidilerek açıklanabilir : Uygulanan direkt akım kemikte mevcut elektrik potansiyellerini artırmakta ve belkide bu nedenle bölgedeki kalsiyumun iyonik diffüzyonuna veya bunun artmasına yol açarak kalsiyumun kaynama yokluğu bölgesine çökmesine neden olarak kaynamayı sağlamaktadır. Burada yine iyon seviyesinin artmasından gidilerek belirli bir iyon düzeyinden sonra belki de osteoblastik aktivite artmakta ve kırığın tamiri böylelikle gerçekleşmektedir. Ayrıca edindiğimiz bir izlenim de kemik enfeksiyonu sonu gelişen kaynama yokluğundaki uygulamalarda enfeksiyonda alevlenme (bölgeye yabancı metalik katod sokulduğu halde) görülmemesi direkt akımın enfeksiyonu da iyileştirmekte rol oynadığını düşündürmüştür (22).

ÖZET

1. A. Ü. Tıp Fakültesi Ortopedi ve Travmatoloji Kürsüsü ile S. S. K. Ankara Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniğinde A. Ü. Tıp Fakültesi Medikal Fizik kürsüsünde yapılp standardize edilen direkt akım kaynakları ile 13 kaynamamış kırıklı hastada uygulama yapılmıştır.

2. Bir oğlu seri dışı bırakılmış, komplikasyonlar önemli olmamış ve kolaylıkla giderilmiştir.

3. Başarı oranı % 75 (+ % 8.3) olarak bulunmuştur.

4. Bu uygulama osteomyelit sonu gelişmiş kaynama yokluğunda da iyi sonuç vermiştir.

5. Birden fazla (4 olguda) katod (18-80 mikroamper akım şiddetinde) uygulamasında daha iyi sonuç alınmıştır.

6. Seçilen yöntem semi-invaziftir, hastayı büyük bir cerrahi girişimden ve onun çözülmesi güç komplikasyonlarından kurtarmaktadır ve hastayı çok kez yatağa bağlamadan kaynamayı sağlamaktadır.

7. Sonuçta kaynama yokluğu bölgesine katod sokularak uygulanan direkt akımın kaynama yokluğunu nasıl iyileştirdiğini edinilen deneyimlerden gidilerek varsayımlarla açıklanmaya çalışılmıştır; bu varsayımların daha derinliğine araştırılmasının gerekli olduğu ve bundan sonra yapılacak çalışmalara ışık tutacağı inancındayız.

SUMMARY

Healing of Non-union by Means of Constant Direct Current

1. Direct current was applied to 13 patients with non-union by the way of power sources standardized in the Department of Medical Physics of Ankara University. The patients were treated in the Clinics of Orthopaedic Surgery and Traumatology of Medical Faculty of Ankara University and Ankara Hospital of Social Security.

2. One patient was not included, complications weren't important and were treated easily.

3. The percentage of success was 75 (+ % 8.3).

4. This method gave good results also in non-union after osteomyelitis.

5. The results were better the cases in which cathodes (18-20 mA) applied more than one (4 cases in our series).

6. The method is semi-invasive, it protects the patient from a serious surgical intervention and its complications which are difficult cases and usually permits ambulation.

7. And at the result the potential of direct current in re-union of the non-union was tried to explain by some hypotheses. It is our opinion that these hypotheses need to be studied in detail.

LİTERATÜR

- 1 - Brington, C.T.; Friedenber, Z.B.; Zemsky, L.M.; Pollis, P.R. : Direct Current Stimulation of Non-Union and Congenital Pseudoarthrosis. Exploration of Its Clinical Application. J. Bone and Joint Surg., 57-A : 368, 1975
- 2 - Bassett, C.A.L.; Pawluk, R.J.; Becker, R.O. : Effects of Electric Currents on Bone In-vivo-Nature, 204 652, 1964
- 3 - Friedenber, Z.B.; Andrews, E.T.; Smolenski, B.I.; Pearl, B.W.; Brighton, C.T. : Bone Reaction to various amounts of Direct Current. Surgery, Gynecology and Obstetrics, Nov. : 894, 1970
- 4 - Friedenber, Z.B.; Roberts, P.G.; Didizian, N.H.; Brighton, C.T. : Stimulation of Fracture Healing by Direct Current in the Rabbit Fibula. J. Bone and Joint Surg., 53-A : 1400, 1971
- 5 - Friedenber, Z.B.; Kohanim, M. : The Effect of Direct Current on Bone. Surgery, Gynecology and Obstetrics, July : 97, 1968
- 6 - Stefan, S.; Sansen, W.; Mulier, J.C. : Experimental Study on Electrical Impedance of Bone and the Effect of Direct Current on the Healing of Fractures. Clin. Orthop. and Rel. Research. 120 : 264, 1976

- 7 - O'Connor, B.T.; Charlton, H.M.; Currey, J.D.; Kirby, D.R.S.; Woods, C. : Effects of Electric Current On Bone in vivo. *Nature* 222 : 162, 1969
- 8 - Friedenbergl, Z.B., Brighton, C.T. : Bioelectric Potentials in Bone. *J. Bone and Joint Surg.* 48-A : 915, 1966
- 9 - Friedenbergl, Z.B., Harlow, M.C., Brighton, C.T. : Healing of Non-union of the Medial malleolus by Means of Direct Current. A Case Report *J. Trauma*, 11 : 833, 1971
- 10 - Cieszynski, T. : Studies on the regeneration of ossal tissue. Influence of positive and negative electricity upon callus formation in humans. *Arch. Immunol. Ther. Exp.* 12 : 269, 1964
- 11 - Cieszynski, T. : Stimulation and Depression of Bone Regeneration by Electric Polarisation in Humans. *Calcif. Tissue Res.* 4 : 124. 1970
- 12 - Lavine, L.S., Lustrin, L., Shamos, M.E., Moss, M.L. : The Influence of Electric Current on Bone Regeneration invivo. *Acta Orthop. Scand.* 42 : 305, 1971
- 13 - Bassett, C.A.L., Pawluk, R.J., Pilla, A.A. : Augmentation of Bone Repair by Inductively Coupled Electromagnetic Fields. *Science* 184 : 575, 1974
- 14 - Kuzgun, Ü., Acar, H. : Enfekte Tibia Psödoartrozunun Direkt Elektrik Akımı ile Tedavis i(Ön Bildiri). *Acta Orthop. et Trauma. Turcica.* 13 : 185, 1979.
- 15 - Sakou, T., Miyazaki A., Osako, S., Shimizu, T. : Direct Current Stimulation of Fracture Healing. *Sicot XIV. World Congress Abstracts Book* : 131, Kyoto (Japonya), Oct. 15, 1978
- 16 - Brighton, C.T., Friedenbergl, Z.B., Mitchell, E.I., Esterhai, J.L. : Treatment of Non-Union with Constant Direct Current ----- *ibid.*, 131.
- 17 - Ohaski, T., Inoue, S., Uda, K., Hase, H., Kajikawa, K. : Direct Current Stimulation for Non-Union and Delayed Union of the Tibia. ----- *ibid.* 131
- 18 - Watson, J., Downes, M.E. : Treament of Non-Union Using Pulsed Magnetic Field. ----- *ibid.* 132
- 19 - Paterson, D.C., Cass, C.A., Lewis, G.N., Nelson, J.W., Atkinson, V.N. : Clinical Experience in Australia with an Implanted Bone Growth Stimulator (1976-78) ----- *ibid* 132-133
- 20 - Dekleva, N.D., Bumbasirevic, Z., Beleslin, B., Majic, V.I. Vujnovic, D.L. : Electromagnetic Field Role in Bone Fracture Healing. ----- *ibid.* 122
- 21 - Inoue, S., Ohashi., TFukada, E., Ashihara, T. : Eletric Stimulation for Osteogenesis using Different Stimulation Methods. ----- *ibid.* 124
- 22 - Özkan, A.U., Güner, Z., Gürses, H., İçöz, V. ve Saygun, N. Biyoelektroliz (Kas Dokusu ve Tümör Dokusu üzerine uygulama) *Doğa* 2 : 271, 1978