

# PULSASYONLU ELEKTROMAGNETİK AKIMLA UYGULANAN DENEYSEL KIRIKLARDA KALLUS TAKİBİ VE DİRENCİNİN BİOMEKANİK YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ

**Dr. Turgut GÖKSOY\***

**Dr. Dilek ONEL\*\***

**Dr. Muhlis TUZLACI\*\*\***

Pulsasyonlu yüksek frekanslı elektromagnetik akımların kırık iyileşmesi üzerine etkileri 20 tavşan fibulasında araştırıldı. 5'i kontrol, 5'i deney grubundan olmak üzere 10 tavşanın sol fibulasına osteotomi yapıldı. Herhangi bir fiksasyon yöntemi uygulanmadı. Kontrol grubu kendi halinde iyileşmeye bırakılırken, deney grubundaki tavşanlara 28 gün süre ile her gün 15 dakika tedavi yapıldı. Pulsasyonlu yüksek frekanslı akımların uygulama parametreleri olarak, 62 Herz impuls frekansı, 10 Watt ortalama çıkış gücü ve 0.4 msn. sabit bir impuls süresi seçildi. 28. günün sonunda her iki grubun röntgen grafileri çekildi ve hayvanlar öldürüldü. Her iki grupta bulunan tavşanların sol fibulalarında oluşan kallusla, kırılmamış sağ fibulaları çıkarılarak kallus direnci karşılaştırmalı olarak biomekaniksel bir yöntemle araştırıldı. Yöntemin esası elektronik bir aygıtla (INSTRON 1195) fibulaları gittikçe arttırılan kompresif bir stres altında tutmak suretiyle kırmak ve bu sırada kırılma eğrilerini kaydetmektedir. Bunu takiben kallusların histolojik incelemesi yapıldı. Sonuçta deney grubunda çok b aşarılı bulundu.

rak daha ileri devrede ve biomekaniksel olarak da kontrol grubundan daha dirençli olduğu görüldü.

## **GİRİŞ:**

Kırık iyileşmesinin hızla yöntemin denendiği görülmektedir.

Pulsasyonlu yüksek frekanslı elektromagnetik akımların deneysel kırıklar üzerine etkileri radyolojik, histolojik ve kallusun direncini saptayan biomekaniksel yöntemlerle araştırılmamıştır. Fakat direkt akımlar ve alçak frekanslı elektromagnetik alanlarla yapılan birçok çalışma mevcuttur.

Bu konuda yapılan ilk çalışma 1953'de Japonya'da Yasuda ve Fukada tarafından gerçekleştirildi. Araştırmacılar mekaniksel stres al-

\* Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Kliniği

\*\* Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Kliniği Direktörü

\*\*\* Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Radyoloji Kürsüsü Direktörü

tında kalarak deforme olan kemikte elektrik potansiyellerinin oluştuğunu gösterdiler. Bu durumun kemiğin hidroksi apatit kristal yapısına bağlı olduğu ve kemiğin canlılığıyla hiçbir ilişkisi olmadığı saptandı (2,7,27). Kemik tıpkı bir kuarz gibi mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren bir transdusere benzer. Meydana gelen potansiyellere "Piezzo-letkrik potansiyeller" denilir (3,12).

Yasuda, kemiğe dışardan verilecek uyaranlarla değişik kallus tiplerinin oluşabileceğini ileri sürdü. Elektriğin miktarının kolayca denetlenmesinden dolayı elektrik akımlarının uygulanmasına karar verildi (29). İlk hayvan deneyleri Friedenber ve Lavin tarafından tavşanlarda yapılarak, direkt akımların katod bölgesinde osteogenezisi arttırdığı gösterildi (17,21).

İnsanlarda ilk deney Friedenber tarafından kaynama gecikmesi gösteren bir olguda yapıldı (18). Başarılı sonuçların alınmasını takiben çok sayıda araştırmacı konuya ilgi gösterdi ve birçok çalışma gerçekleştirildi (10,11,20,21).

Direkt akımlarla yapılan uygulamalarda en geniş çalışması ve tecrübesi bulunan Brighton, direkt akımlar vererek birçok kaynama gecikmesi gösteren hastayı tedavi etti (23).

Direkt akımlarla yapılan uygulamaların birçok dezavantajları bulunmaktadır. Elektrodların yerleştirilmesi ve çıkarılması işlemi, bazı durumlarda birden fazla elektrod koyma mecburiyeti, infeksiyon taşınması ve elektrodların elektrolize uğramasıyla osteogenezise zararlı olabilecek bazı yan ürünlerin çıkabilmesi örnek olarak verilebilir (5,6).

Bunun üzerine yeni bir akım türü aranılmaya başlandı. BASSETT, önce köpeklerde sonra insanlarda pulsasyonlu elektromagnetik akımları dışarıdan cilt üzerinden tatbik etti ve çok başarılı sonuçlar aldı (4,5,6). Yöntem daha da geliştirilerek halen birçok kliniklerde rutin olarak uygulanmaktadır (23).

Pulsasyonlu yüksek frekanslı elektromagnetik akımlar kontinü kısa dalgalı akımlardan çok farklı özelliklere sahiptir. Kontinü kısa dalga diatermi uygulamalarında dokuların değişik seviyelerinde farklı ısı artışları olduğu gösterilmiştir. WILDERVANCK ve KRUSEN tarafından yapılan bu çalışmalarda pulsasyonlu uygulamaların hiçbir ısı artışı yapmadığı saptanmıştır (19). Bunun nedeni, moleküler titreşimi sağlayan elektromagnetik enerji alanında yeterli miktarda süreksizlik varsa, ısı oluşumu hiçbir zaman fizyolojik açıdan eşik değere ulaşamaz. Çünkü meydana gelen ısı çok küçük bir zaman ara-

liğında etkili olmakta ve uzun bir dinlenme döneminde damarlar aracılığıyla vücudun başka bölgelerine taşınmaktadır. Dokularda enerjinin ısıya dönüşümü kanla taşınan ısıdan fazla olunca dokunun ısı da yükselmektedir (14,19).

İlk pulsasyonlu yüksek frekanslı akım üretici 1940 yılında GINGSBERG ve MILINOVSKI tarafından bulunmuştur. (Diapulse). Birçok araştırmacı bu akımlarla çalışmalar yapmışlar ve çok başarılı sonuçlar elde etmişlerdir (15,30).

ARANOFSKY (1) postoperatuvær semptomlara, WILSON (31) bilek antorsuna, LEVY (22) (16) deneysel hematomlara, YOUNG (30) posttravmatik kırıklara, rüptürlere, kontüzyonlara çok olumlu etkilerinin olduğunu göstermişlerdir. Bu akımların birçok avantajları mevcuttur. Alçı ve bandajlar üzerinden uygulandığı gibi eksternal veya internal metalik cisimler uygulama için kontrendike değildir (19,26).

#### **MATERYEL ve METOD :**

Araştırmada 20 tavşan fibulası kullanıldı. Tavşanlar 6-7 aylık, 2,5-3 kg. ağırlığında Yeni Zelanda tipi olup stan dart yemlerle beslendiler. Çalışma için tavşan fibulasının seçilmesinin nedeni fibulanın tibia ile synostoz yapmasıdır. Bundan dolayı yürüme ve vücut ağırlığını taşımada belirgin bir fonksiyonu olmayan ve adeta aksesuar bir kemik yapısında olan fibulaya kırma işleminden sonra herhangi bir fiksasyon işlemi yapılmadı. Pulsosyanlu yüksek frekanslı elektromagnetik akım üretici (CURAPULS 418)\* hem kontinü hem de interminttan (pulsasyonlu) kısa dalgaları üretebilir. 11.06 m. dalga boyu, 27.12 MHz. frekansı, 100-900 w impuls çıkış gücü, cihazda sabit olan 0.4 msn. impuls süresi bulunmaktadır.

Röntgen aygıtı (MAMMOMAT)\*\*. Meme filmlerini çekmede kullanılan bu cihazın molibden anodlu tübü olup yumuşak ve net grafilere elde etmemizi sağladı. Filimler ranforsitörsüz olarak çekilmektedir.

INSTRON 1195 cihazı\*\*\* 100 gram - 100 ton arasında kompresyon uygulama olanağı olan ve bu sırada sıkıştırılan cismin gösterdiği

\* Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Kliniği.

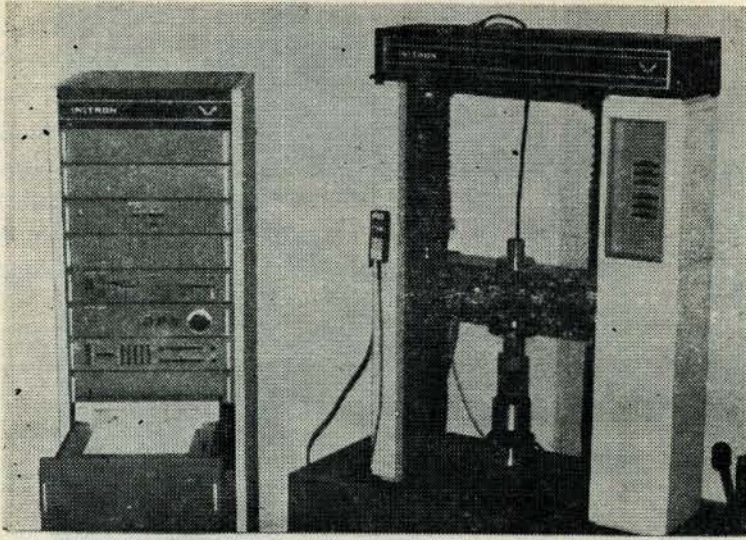
Curapuls 418: Enraf Nonius, Made in Holland

\*\* Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Radyolojik Kürsüsü

Mammomat: SIEMENS, Made in Germany

\*\*\* İTÜ İnşaat Fakültesi Yapı Malzemesi Kürsüsü Laboratuvarı

INSTRON 1195: Instron Ltd. High Wycombe, Bucks, Printed in England



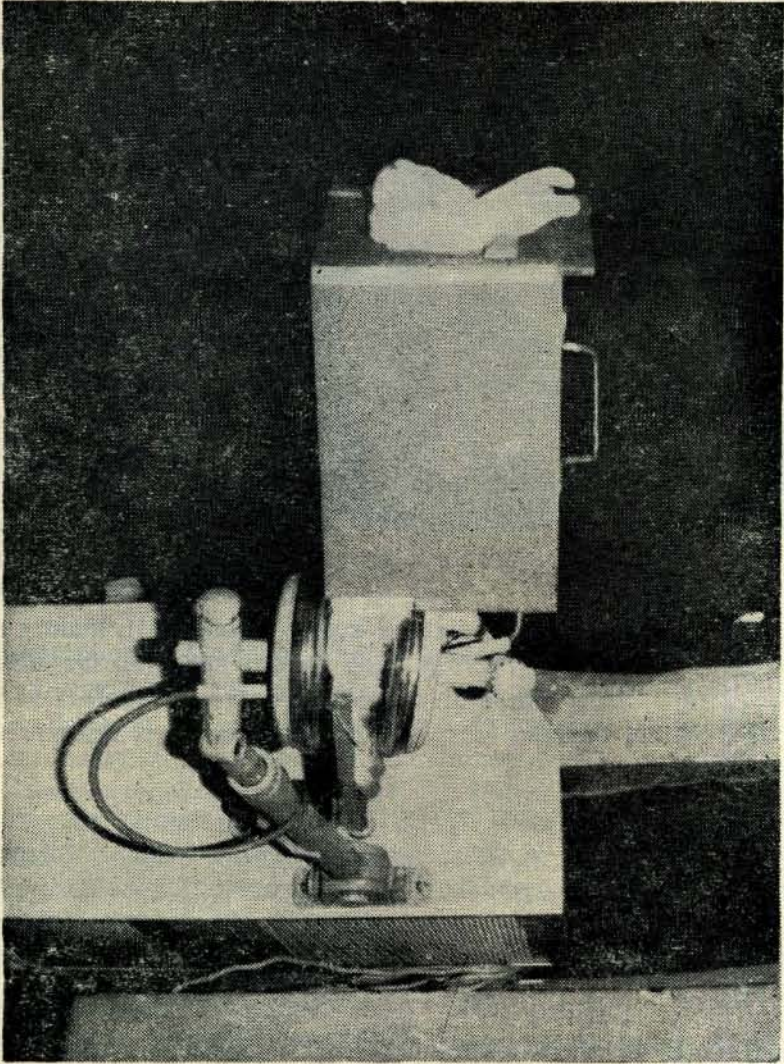
Resim : 1 — INSTRON 1195 aygıtı.

tepkinin eğrisini çizdiren elektronik bir aygıttır (Resim : 1). Instron'un hareket eden üst çenesinin (cross head speed) sıkıştırıcı hızı dakikada 0.5 mm'dir. Çizilen eğrilerde ordinant sıkıştırıcı kuvveti ( $F : \text{kg}$ ), absis ise sıkıştırıcı başlığın hareketini göstermektedir.

I — FİBULADA KIRIK OLUŞTURULMASI : Oksijen ve eter karışımı bir maske yardımı ile solutularak tavşanlar bayıldı. Aseptik şartlarda yapılan bir insizyon ile sol arka bacakta fibulaya ulaşıldı. Küçük bir makas ile fibula ortasından kırıldı. Operasyonu takiben fiksasyon yapılmadı. Bu işlem toplam 10 tavşanda gerçekleşti.

II — DENEY GRUBUNDAKİ TAVŞANLARIN TEDAVİYE ALINMASI : Deney grubundaki 5 tavşanın sol arka bacağı 28 gün süreyle tedavi edildi. Tedavi sırasında hayvanın hareketsiz durumda kalması için bir kafes modeli geliştirildi (resim 2). Elektrodlar resimde görüldüğü gibi birbirlerine paralel ve tavşanın bacağından 1,5 cm. uzaklıktaydı. Tedavide kullanılan parametreler şunlardır. 62 Hz. Pulsasyon frekansı, 10 w ortalama çıkış gücü ve 0.4 msn. impuls süresi (sabit), kondansatör tip elektrodlarla hergün 15 dakika süre tedavi yapıldı. Bu sırada kontrol grubundaki tavşanların kırıkları kendi haliyle iyileşmeye bırakıldı.

III. — KALLUSLARIN RADYOLOJİK TAKİBİ : 28. günde toplam 10 tavşanın kırıklarının radyolojik incelenmesi yapıldı. Bu işlem-

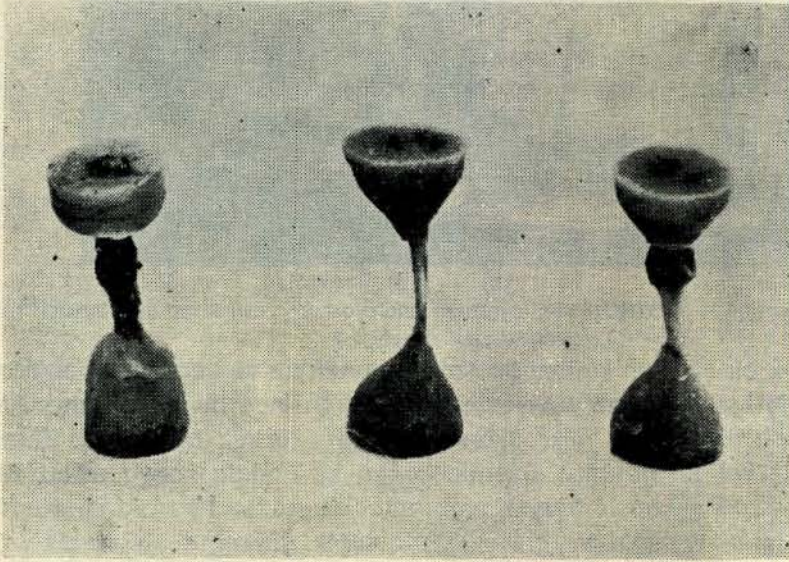


Resim : 2 — CURAPULS 418 (yüksek frekanslı pulsasyonlu elektromagnetik akım üretici) aygıtıyla deney grubundaki tavşanların tedaviye alınması.

de 35 Kv. potansiyel kullanılmış ve tüp-bacak arası daima aynı uzaklıkta sabit tutulmuştur.

IV. — KALLUS DİRENCİNİN BİOMEKANİK YÖNTEMLERLE DENETLENMESİ : 28. günün sonunda tavşanların tümü öldürüldü. Kırık meydana gelmiş tarafta ve karşı tarafta bulunan sağlam fibular üstde eklemden, altta ise tibia ile synostoz yaptığı yerden kesilerek uzaklaştırıldı. Fermol içine alınan kemiklere biomekanik deneye

hazırlanması için bazı işlemler uygulandı. Deneyde kullanılacak olan INSTRON 1195 cihazı kompresif stresler uygulamakta olup, bu stresin kemiklere aktarılması için kemiklerin uçlarına başlıklar takmak gerekmektedir. Bu amaçla diş hekimliğinde kullanılan Takilon toz ve likid karıştırılarak elde edilen madde bir kalıba döküldü. Fibulalar içine sokup bekletildi. Kısa bir süre sonra sertleşerek, diş protezlerinde kullanılan en az kemik kadar dirençli aside dayanıklı bir madde olan Akrilik başlıklar elde edildi. Kemiğin her iki ucuna başlık takılınca haltere benzeyen bir görünüm ortaya çıktı (Resim3).

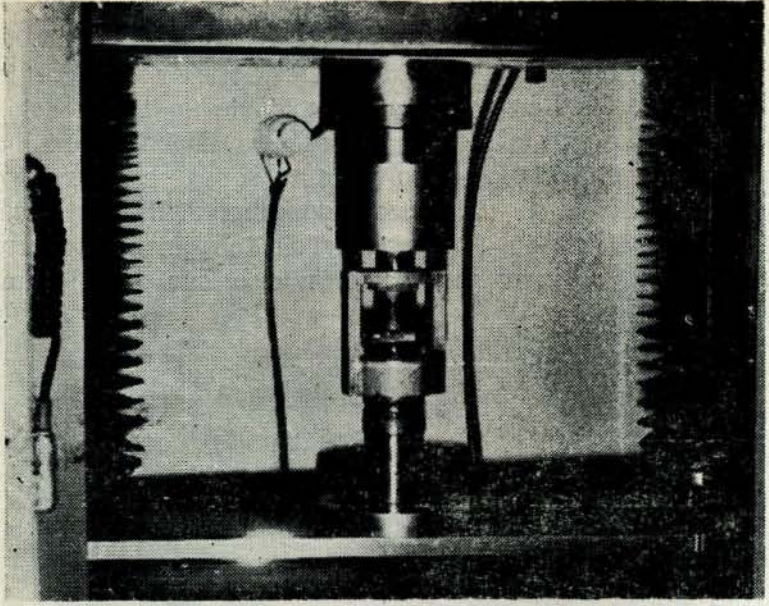


Resim : 3 — Akrilik başlıklar içine gömülen intakt ve kalluslu fibulalar.

Kemiğin başlıklar içine tam manasıyla adapte olması için akrilik içine giren kısmına yivler açılarak kemiğin başlığa olan aderansı artırıldı. Başlıkların temas yüzeyinin olabildiğince düzleştirilmesiyle Instron aletinin sıkıştırıcı çenelerinin verdiği stresle halterin kaymaması temin edildi. Gerçi açılı veya egzantrik pozisyonlarda oluşacak küçük kaymalar, sıkıştırıcı çenelerin altında bulunan bilya sistemiyle kolayca kompanse edilmektedir. (Resim 4) Bütün kemikler teker teker sıkıştırıldı ve farklı güçlerde kırılmaları sağlandı. Bu işlem sırasında cihaz tarafından eğriler çizildi.

$$\text{DİRENÇ (R)} = \frac{\text{kuvvet}}{\text{yüzey (a) mm}^2} \text{ formülünden hareket edilerek sı-}$$

kıştırılan kemiğin kırılmasını temin eden gerçek gücü saptamak için kallus yüzeyinin hesaplanması gerekmektedir. Bu amaçla fotomag-



Resim : 4 — İNSTRON 1195 aygıtının fibulaya kompresif stres uygulaması

roskopik bir yöntem kullanıldı. Kallus alanından ve karşı taraf sağlam fibulanın kallusa uyan seviyesinden oldukça ince bir kesit alındı. Alınan kesit ekranlı bir mikroskop yardımıyla 20 kez büyütüldü. Ekran üzerinde beliren görüntü, üzerine konan bir kağıda kopya edildi. Bir planometre yardımıyla kesitin alanı  $\text{mm}^2$  cinsinden hesaplandı. Kemiğin kırılmasını sağlayan güç (F), kemiğin yüzeyine bölünerek ( $a$ ), gerçek direnci (R) saptandı. Her tavşanda kemiklerde bireysel direnç farklılıklarının olması doğaldır. Bu yüzden kallus direncinin ( $R_k$ ) karşı taraftaki intakt fibulayı kırmak için gereken dirence (R) bölünmesi bu sakıncayı ortadan kaldırmaktadır. Böylece  $R_k/R_i = Q$  ile belirtilen bir oran ortaya çıkmaktadır.

V. — KALLUSUN HİSTOLOJİK TAKİBİ : Kırık uçları % 10'luk Nitrik asitle dekalsifiye edildi. Hematoksilen eosin ile boyanan preparatlar ışık mikroskopu altında incelendi. Histolojik bulguları kantitatif olarak değerlendirmek için birbirini değişik zaman aralıklarında izleyen ve gittikçe yükselen bir histolojik değerlendirme tablosu elde edildi. Kriter kırık iyileşmesi ile ilgili klasik kitaplardan alındı (13, 25.).

#### KIRIK İYİLEŞMESİNDE HİSTOLOJİK DEĞERLENDİRME TABLOSU

1. Kriter ..... Bağ dokusundan farklılaşan osteoblastlar, osteoid madde trabeküllerinin, kondroblastlar ise kırıkta adacıkları oluşumunu başlatmış.

2. Kriter ..... Osteoblastlar kübik şekle dönüşerek, artmış osteoid madde trabekülleri etrafına epitel gibi dizilmişler.
3. Kriter ..... Kırıkdak hücreleri adacıklar şeklinde artarak kemik eksenine çevresinde dağınık bir şekilde yayılmışlar.
4. Kriter ..... Kırıkdak hücreleri kemik eksenine paralel sütunlar halinde dizilir ve hipertrofiye olurlar.
5. Kriter ..... Osteoblastların bir kısmı osteositlere dönüşmüş ve uzantıları aracılığıyla temas halindedir. Dağınık trabeküller kemik ağı yapmaya başlamış.
6. Kriter ..... Kırıkdak sütunların kapillerler tarafından istila edilmesiyle oluşan enkontral kemik trabekülleri kemik eksenine göre yer yer dik, yer yer paralel.
7. Kriter ..... Kemik trabekülleri kemik eksenine paralel duruma gelmiş.
8. Kriter ..... Kemik trabeküllerinin yaptığı ağ kemiğe dönüşerek kırık uçları birleştirme eğiliminde.
9. Kriter ..... Kırık uçlarında yeni oluşan kemikle birleşme sağlanmış.

#### BULGULAR :

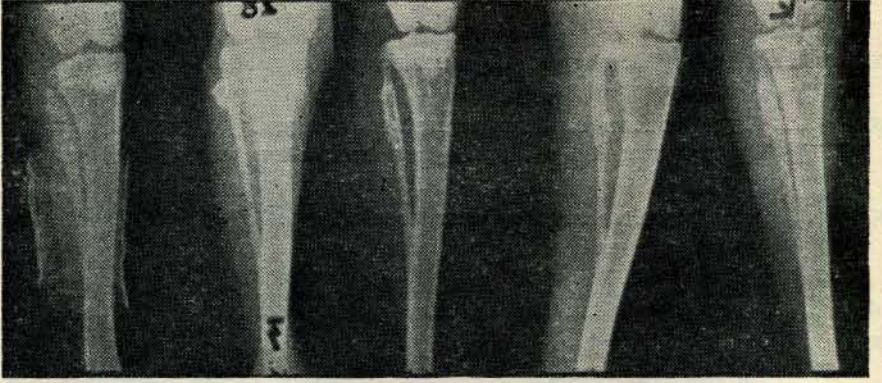
Denek No.	Kallus Direnci :		İntakt Fibula		Q	Histolojik Kriter
	Rk	Direnci : Ri.	Rk / Ri			
	F / a	F / a				
	(kg) (mm <sup>2</sup> )	(kg) (mm <sup>2</sup> )	kg/mm <sup>2</sup> /kg/mm <sup>2</sup>			
1	11.1 / 10.3	20.2 / 6.4	1.07 / 3.15	0.33	8	
2	9.2 / 8.5	19.7 / 5.2	1.08 / 3.78	0.28	6	
Kont. 3	11.3 / 10.8	22.1 / 6.1	1.04 / 3.62	0.29	7	
4	14.7 / 11.6	24.3 / 5.8	1.13 / 4.18	0.27	5	
5	8.7 / 6.8	20.9 / 4.7	1.27 / 4.44	0.28	6	
			mean	0.29	6.4	
1	6.6 / 8.64	12.5 / 5.12	0.76 / 2.44	0.31	8	
2	22.6 / 9.6	21.3 / 4.8	2.35 / 4.43	0.53	9	
Deney 3	21.2 / 12.5	31.0 / 7.1	1.69 / 4.4	0.38	8	
4	21.2 / 11.8	27.3 / 6.4	1.79 / 4.26	0.42	9	
5	35.1 / 20.9	38.2 / 8.2	1.67 / 4.64	0.35	9	
			mean	0.39.0	8.6	

TABLO : 1 — Olguların biomekanik ve histolojik bulguları.

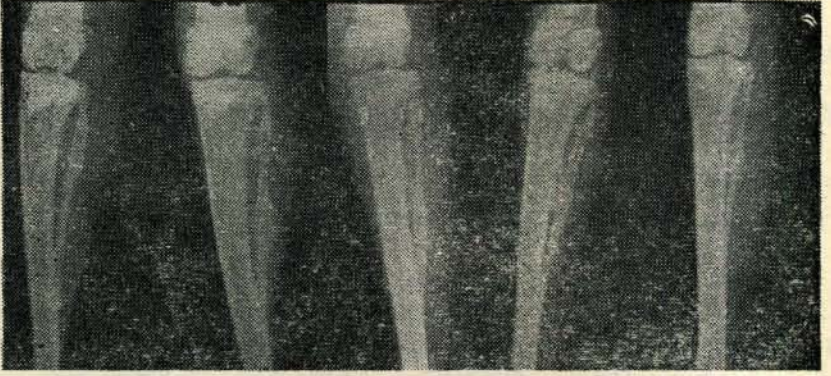
A) RADYOLOJİK BULGULAR : Resim 5, Resim 6'da kontrol ve dene mektedir. Görüldüğü gibi deney grubundaki tüm olguların kallusları konsolide iken kontrol grubundakilerin ancak 1'i konsolide olmuştur.

B) BİOMEKANİK BULGULAR : Olguların tümünün bulguları TABLO 1'de verilmektedir. Kalluslu fibulanın kırılması güç, (F=kg) kallusun alanı (a=mm<sup>2</sup>) ile intakt fibulayı kıran güç (F) ve alanı (a) ayrı ayrı verilmiştir. Yöntem bölümünde belirtildiği gibi Rk ve Ri ve bunların birbirine bölünmesi ile Q değeri hesap-





Resim : 5 — Kontrol grubundaki tavşanların 28. günde alınan radyografileri.

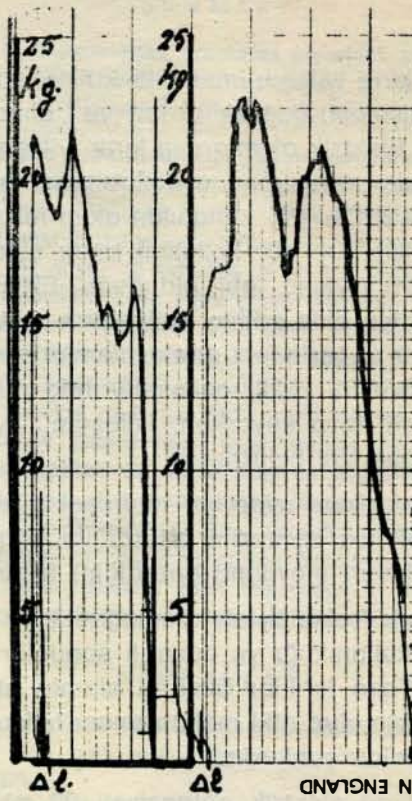


Resim : 6 — Deney grubundaki tavşanların 28. günde alınan radyografileri.

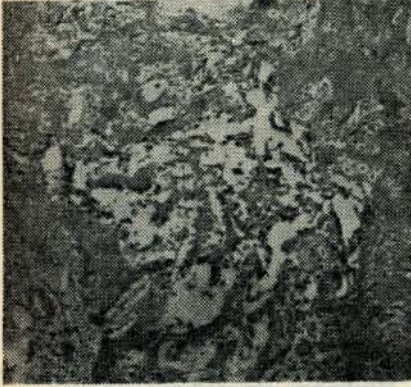
lanmıştır. Q değerlerinin ortalaması kontrol grubunda 0.29 iken deney grubunda 0.39.8'dir.

INSTRON 1195 tarafından çizdirilen eğriler grafik olarak verilmiştir. (Resim 7)

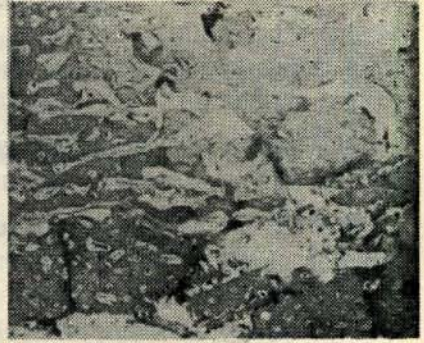
C) HİSTOLOJİK BULGULAR : Resim 8 kontrol grubundan bir olgunun histolojik görünümü olup histolojik kriteri 6 puana uymaktadır. Deney grubundan bir diğer olgunun histolojik bulgusu ise resim 9'da verilmektedir. Preparat 9. kritere uymaktadır. TABLO 1'de her olgunun histolojik kriteri verilmektedir. Kontrol grubunda 6.4 olan histolojik kriterlerin ortalaması, deney grubunda 8.6 dır.



Resim : 7 — İNSTRON 1195 aygıtı tarafından çizdirilen fibulanın kırılma eğrileri (Eğriler Denek No. 2'ye aittir. Solda intakt fibula, sağda kalluslu fibulanın kırılma eğrisi görülüyor).



Resim : 8 — Kontrol grubundan bir olgunun (No. 5) histolojik görünümü. Histolojik değerlendirme bulgusu : 6, büyütme oranı : 80x.



Resim : 9 — Deney grubundan bir olgunun (No.4) histolojik görünümü. Histolojik değerlendirme bulgusu : 9, Büyütme oranı : 32x.

## TARTIŞ MA :

Giriş bölümünde kırık iyileştirilmesinde kullanılan elektrik akımları çalışmalarının gelişmesi, değişik türleri ve alınan sonuçlardan kısaca bahsedilmiştir. Elektrik akımlarının kırık iyileşmesi üzerine etki mekanizması nasıldır sorusunun aydınlatılması amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. YASUDA (28) kullanılan akım miktarının kallusun tipini belirlediğini, BRIGHTON (9) kallusun akım şiddetine bağlı olmayıp kullanılan gerilim farkına tabi olduğunu, FRIEDENBERG (17) değişik akım şiddetleriyle elde edilen kallusların içinde en dirençli olanın 5.20 mikroamper değerindeki direkt akımlarla elde edileceğini vurgulamışlardır. BASSETT (5,23) çalışmalarında pulsasyonlu akım türlerinin avantajlarını ortaya koyarken, iyileşme üzerinde seçilen pulsasyon paterninin önemini belirtmiştir.

BASSETT (23) elektriksel uyarının hücresel düzeyde etkili olarak DNA ve RNA, kollajen sentezini arttırdığını, NORTON (24) ise hücresel cAMP değişimleri meydana getirdiğini bildirmektedir.

Pulsasyonlu yüksek frekanslı elektromagnetik akımların çok değişik kondisyonlarda kullanıldığı ve başarılı sonuçlar alındığı literatürde görülmektedir. Taze kırıklar üzerine olumlu etkisi olduğu bu çalışma ile gösterilmekte olup etki mekanizması hakkında ortaya atılan görüşlerden başlıcaları şunlardır.

Normalde hücrelerde elektrik potansiyeli 90 mV iken lezyonlu hücrelerde 40 mV'un altına inmektedir. Böylece hücrelerin enerji seviyelerinin düşmesiyle sodyum-su karışımı hücre zarından içeri girmektedir. Elektromagnetik akımlarla hücreler elektriksel olarak şarj edilerek, düşük olan elektrik potansiyeleri normale dönüşmekte ve iyileşme temposu hızlanmaktadır (ROSS 1976). Enerji seviyesinde yükselme doğal olarak hücresel seviyede DNA ve RNA sentezinin artmasıyla olmaktadır.

BRIGHTON ise hangi tür elektriğin, yöntemin doz ve sürenin daha iyi sonuç vereceğini zaman bize gösterecektir demektedir (8).

Elektrik akımlarının veya pulsasyonlu yüksek frekanslı elektromagnetik alanların kallus oluşumu ve direnci üzerine etkilerinin tam olarak aydınlatılması için çalışmalar sürdürülmektedir. Muhtemelen kırık iyileşmesi hızlanırken, kallusun direncini saptayan ve remodelling denilen olay da süratlenmektedir. Böylece elektriksel kallusun direnci kendiliğinden gelişen kallusa oranla daha fazladır. Bu durum tedavi uygulanan deney grubunda histolojik olarak da ileri kriterlerin saptanmasıyla da kanıtlanmaktadır.

## SUMMARY

### Follow-Up of Callus in Experimental Fractures on which pulsed electromagnetic currents were adopted, and the investigation of its resistance via Biomechanical procedures

Effects of the pulsed high frequency electromagnetic currents on fracture healing have been investigated on 20 fibula of rabbits. Osteotomy has been applied on 10 left fibulas. 5 of them have been formed the control group. No fixation method have been applied. Subjects in the experimental group have received pulsed electromagnetic current for 28 days, 15 minutes in a day, while control group have been left to heal by themselves. 62 Herz pulse frequency, 10 watt mean power and 0,4 m.sec constant pulse duration have been accepted as application parameters of pulsed electromagnetic currents. At the end of the 28th day, radiograms of the both group have been obtained and the subject sacrificed. Resistance of the callus in the left fibulas and the intact right fibulas have been compared by biomechanical methods. Bones have been broken with an electronic device (INSTRON 1195) which applies an increasing compressive force and breaking point curves have been recorded. Subsequently callus have been studied histologically. The results of experimental group were found to be very satisfactory. In radiological examination of cases all of the fractures were consolidated, and by biomechanically more resistant than the cases in the control group, and united bones have shown a better progress in the histological sections.

## KAYNAKLAR

- 1 — ARANOFSKY, D. H. : Reduction of dental postsurgical symptoma using non-thermal pulsed high peak-power electromagnetic energy, *Oral Surg.* Vol. 32:5, 688-696, 1971.
- 2 — BASSETT, C. A. L., HERMAN, I. : The effect of elektrostatic fields on macromolecular synthesis by fibroblasts in vitro, *J. Cell Bio.* 39 :Abst 9a, 1968.
- 3 — BASSETT, C. A. L., BEVKER, R. O. : Generation of electric potentials by bone in response to mechanical stress, *Science* 137:1063-1064, 1962.
- 4 — BASSETT, C. A. L., PAWLUK, R. J. : Noninvasive methods for stimulativ osteogenesis, *J. Biomed. Mat. Res.* 9:371-374, 1975.
- 5 — BASSETT, C. A. L., PILLA, A. A., PAWLUK, R. J. : A nonoperative salvage of surgicall resistant pseudoarthrosis and non-unions by pulsing electromagnetic fields, *Clin. Orthop.* 124:128-143, 1977.
- 6 — BASSETT, C. A. L., PILLA, A. A., PAWLUK, R. J. : Acceleration of fracture repair by electromagnetic fields a surgical noninvasive method., *Ann. New York Acad. Scie.* 238:242-262, 1974.
- 7 — BAUX, S., FAUONIER, J., SEROUSSI, S., ORCEL, L. : Etude experimentale des possibilites de stimulation électrique du developpement du cal osseux, *J. Chir (Paris)* 113:5-6, 551-558, 1977.
- 8 — BRIGHTON, C. T. : Bioelectrical effects on bone and cartilage, Editorial comment. *Clin. Orthop.* 124:2-4, 1977.
- 9 — BRIGHTON, C. T., CRONKEY, J. E., OSTERMAN, A. L. : In vitro epiphyseal plate growth in various constant electrical fields, *J. Bone Jt. Surg.*, 57-a:3, 368-377, 1975.
- 10 — CASS, C. A. : Some experiences of battery stimulator in fractures with established non-union, *J. Bone Jt. Surg.* 57-B, 2:251, 1975.

- 11 — CIESZYNSKI, T.: Die Klinischen Aspekte Bioelectrischen Polarisation. Chirurg, 44:559-562, 1973.
- 12 — COCHRAN, G. V. B., PAWLUK, R. J., BASSETT, C. A. L.: Electromechanical characteristics of bone under physiologic moisture conditions, Clin. Orthop., 58:249-270, 1968.
- 13 — CONWELL, H. E., REYNOLDS, F. C.: Management of Fractures Dislocations and Sprains, 7. Ed., The C. V. Mosby Comp. St.-Louis 59-64, 1961
- 14 — CURAPULS-418: Technical Definition, Enraf Nonius, Holland, 1979.
- 15 — DIAPULSE: Medical Surgical Review, Diapulse Corp. of America, Medical Economica, Inc. New York, 1968.
- 16 — FENN, J. E.: Effect of pulsed electromagnetic energy (Diapulse) on experimental Hematomas, Canad. Med. Assos. J. 100:251-254, 1969.
- 17 — FRIEDENBERG, Z. B., ANDREWS, E. T., SMOLENSKI, B. F., PEARL, B. W., BRIGHTON, C. T.: Bone reaction to varying amounts of direct currents, Surg. Gynec. Obst. 131:894-899, 1970.
- 18 — FRIEDENBERG, Z. B., HARLOW, M. C., BRIGHTON, C. T.: Healing of non-union of the medial malleolus by means of direct current: A case report, Journal Trauma, 11:883-885, 1971.
- 19 — KRUSEN, F. H., KOTTKE, F. J., ELLWOOD, P. M.: Handbook of Physical Medicine and Rehabilitation, W. B. Saunders Comp. Philadelphia-London, 268-270, 1965.
- 20 — LAVIN, L. S., LUSTRIN, I.: Electric enhancement of bone healing, Science 175:1118-1121, 1972.
- 21 — LAVINE, L. S., LUSTRIN, I., SHAMOS, M. H.: Experimental model for studying the effect of electric current on bone in vivo, Nature 224: 1112-1113, 1969.
- 22 — LEVY, H.: Pulsed short waves in sinus and allied conditions in childhood, Western Medicine, 2:246-250, 1961.
- 23 — MEDICAL NEWS: Electrical Stimulation of bone growth wins clinical acceptance, JAMA, 243, 14:1401-1403, 1980.
- 24 — NORTON, L. A., RODAN, G. A., BOURRET, L. A.: Epiphyseal cartilage cAMP changes produced by electrical and mechanical perturbations, Clin. Orthop. 124:59-68, 1977.
- 25 — ROCKWOOL and GREEN: Fractures, Vol. I, J. B. Lippincott Comp., Philadelphia-Toronto, 97-105, 1975.
- 26 — VALTONEN, E. J., LILLIUS, H. G., TIULA, E.: Disturbances in the functions of cardiac pacemaker caused by short wave and microwaves diathermies a pulsed high frequency current, Ann. Chirurg. Gynec. Fenniae, 64:284-287, 1975.
- 27 — YASUDA, I.: Fundamental Aspects of fracture treatment, Clin. Orthop. 124: 5-8, 1977.
- 28 — YASUDA, I.: Electrical callus and callus formation by electrod, Clin. Orthop. 124:53-56, 1977.
- 29 — YASUDA, I.: Mechanical and electrical callus, Ann. New York Acad. Sci. 238:457, 1974.
- 30 — YOUNG, G. R.: Value and limitations pulsed high frequency, General Motors medical conference, Diapulse Corp. of America, Pittsburg-Pennsylvania, 12-13.4.1964.
- 31 — WILSON, D. H.: Comparison of short wave diathermy and pulsed electromagnetic energy in treatment of soft tissue injuries, Physiotherapie 60, 10:309-310, 1974.