

CİVCİV BOYUN KASI ÜZERİNDE MİKRODALGALARIN ETKİSİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Araş. Gör. Feyzan AKŞEN

YÜKSEK LİSANS YÖNETİCİSİ

Doç. Dr. Salih ÇELİK

Diyarbakır — 1987

T E Ő E K K Ü R

Büyük bir özveride bulunarak yüksek lisans yöneticiliğimi üstlenen, çalışmalarına yön veren ve bu çalışmanın ortaya çıkmasında değerli bilgi ve görüşleriyle bana yol gösteren Sayın.Doç.Dr.Salih Çelik'e,

Farmakoloji Anabilimdalından materyal almama izin veren ve bana yardımlarını esirgemeyen Sayın.Doç.Dr.Tülin Söylemezoğlu'na ve Farmakoloji Anabilimdalı öğretim üye ve yardımcılara,

İstatistiksel yöntemlerde yardımcı olan SayınDr.Yusuf Çelik'e

Deneyssel hayvan temininde bana yardımcı olan Sayın.Adnan Suay'a, ve tüm Biyofizik çalışma arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Arş.Gör. Feyzan Akşen

İ Ç İ N D E K İ L E R

GİRİŞ.....	1
GENEL BİLGİLER.....	9
MATERYAL ve METOD.....	29
BULGULAR.....	35
TARTIŞMA.....	42
ÖZET.....	45
LİTERATÜR.....	46

1. G İ R İ Ő

Radjo ve mikrodalga radyasyonunun hayvanlar ve insanlar üzerindeki etkisi devam eden bir araştırma konusudur (30).

Mikrodalga radyasyonunun sinir sistemiyle etkileşimi üzerine yapılan deneysel çalışmalar 1930'ların ilk yıllarında yapılmıştır (33).

Son birkaç yıldır uyarılabilen hücre sistemleri üzerinde yapılan ve yapılmakta olan çok sayıdaki araştırmalar, mikrodalgaların merkezi sinir sistemi üzerindeki etkilerini açıklamak ve gerekli bilgileri elde etmek amacıyla yapılmıştır (33).

1948'de Richardson ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, tavşanın gözüne kaynaktan 5 cm uzakta 15 dakika süreyle, 100 Watt mertebesinde ve 12 cm dalgaboylu mikrodalga uygulandığında 3 ila 9 gün sonra gözde katarakta benzer lezyonların olduğunu rapor etmişlerdir (39,44,47).

1949'da Oldendorf, 12.5 cm dalgaboyuna sahip mikrodalgalarla tavşanların kafalarının irradyasyonu sonucu kafa derisine herhangi bir zarar vermeksizin beyinde harabiyete neden olduğunu göstermişlerdir (39,44).

1952'de Hines ve Randall, laboratuvar hayvanlarında 10 cm dalgaboylu yüksek şiddetdeki mikrodalgaların etkisini tesbit etmişlerdir. Bu araştırmacılar, tavşanlara 3000 Wattlık sahada 75 saniye mikrodalgaya maruz bırakılan tavşanların ani ölümlerini gözlemişler, aynı radyasyonu 30 saniye

süreyle uygulamadan iki dakika sonra öldüklerini gözlemişlerdir (22,30).

1953'de Reike, mikrodalgaların sebep oldukları fizyolojik değişimlerinin dönüşümlü olduğunu (reversibl) tarif etmiştir (44,45).

1953'de Boysen, deney hayvanlarında 5-500 Watt çıkış gücü olan mikrodalga jeneratörü ile 350 MHz frekanslı mikrodalgayı kullanarak tüm vücut irradyasyonu üzerinde çalışmış ve bu hayvanların bağırsaklarında (özellikle mikrodalga radyasyonuna hassas olan jejenum ve ileum) nekroz, hyperima ve hemorrhage oluştuğunu gözlemiştir (6,44).

1957'de McLaughlin, mikrodalgaların 42 yaşındaki (beyaz) erkek üzerinde öldürücü etkisinin olduğunu rapor etmiştir (32,44).

1962'de Yu.I.Kamenskii, kurbağa ischiadic sinirinin sürekli mikrodalgalarla ($\lambda=12.5$ cm; 11 mW/cm²) 20-30 dakikalık süreyle irradyasyonu, uyarı iletim oranı arttırdığını, refrakter fazının kısalttığını ve aksiyon akımlarının amplitüd değerini değiştirdiğini, fakat sinirin başlangıç uyarısı üzerinde etkili olmadığını gözledi. Ve yine bu kişi 12 mW/cm² yoğunluklu, 10 cm dalgaboylu, 1 μ s sn puls esnasında 700 Hz frekanslı, 20-30 dakikalık pulslu mikrodalgalarla siniri irradiye ettiğinde sinirin uyarılabilirliğinin ve iletim derecesinin arttığını gözlemiştir (25).

1964'de Ely ve arkadaşları, mikrodalgaların deney hayvanlarının göz merceklelerinde katarakt oluştuğunu gözlemişler-

dir(14,30).

1967'de Frey, pulslu (atımlı) mikrodalgalar kullanarak beyinden gelen uyarılmış tepkileri tesbit etmiştir. Bu bilim adamı, saniye başına 50 pulsa kadar olan puls tekrarlama oranındaki bir artışı, uyarılan potansiyelerde anlamlı bir değişikliğe neden olmadığı, fakat 50 puls/saniyenin üzerindeki pulsların sürekli bir uyarılmaya neden olduğunu gözlemiştir (16,33).

1968'de Carpenter ve Van Ummerson; 1969'da Biurnbom ve arkadaşlarının mikrodalgaların deney hayvanlarında göz merceklerinin kesifleşmesini (katarakt) meydana getirdiğini söylemişlerdir (8,30).

1968 yılında, sinir impulsunun elektriksel parametrelerinin kinetikleri üzerindeki sürekli mikrodalgaların ($\lambda=12.5$ cm) etkisi, Kamenskii tarafından araştırılmıştır. Bu araştırmacı, mikrodalga ortamına konulan sinirin (mikrodalgaanın sinirde meydana gatareceği 3°C -- 9°C 'ye kadar değişen ısıya bağlı "ısı uyararı"na rağmen) mikrodalgaların sinirde eksitasyon iletim oranı ve biyopotansiyelin amplitüdü üzerindeki etkisini keşfetmiştir. Ayrıca bu parametrelerin (aksiyon iletim oranı ve biyopotansiyel amplitüdü) soğurulan mikrodalgaların enerji değerlerine bağlı olarak, stimülasyona ve inhibasyona dönüştüğü gözlenen bu etkilerin biosubstrat içerisinde mikrodalga enerji absorpsiyonunun spesifik mekanizması ile ilgili olduğunu gözledi (24).

1970'de Rothmeier, izole edilmiş kurbağa sıyatik si-

nirlerine (atım süresi 3-4 μ sn, atım frekansı 1 Hz) 200 kW'lık bir pik gücüne sahip 2.8 GHz'lik atımlı mikrodalga radyasyonu uygulandığında; mikrodalgaya maruz kalmanın sinirin uyarılabilirliğini arttırdığını ve bunun elektriksel uyarımın alt eşik düzeyleri ile birleştirildiği bazı durumlarda hareket potansiyelleri ürettiğini tesbit etmiştir (33,49).

1972'de Baranski, 3.5 ve 25 mW/cm² yoğunluğuna sahip 3 GHz'lik pulslu mikrodalgalara 3 saat süre ile maruz kalan hayvanların beyin dokusu homogenate'lerinde succinate dehidrojenes aktivitesinin azaltıldığını tesbit etmiştir (3,52).

1973'de James.C.Lin ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, deneysel ve teorik olarak memelilerin beyinlerini; gönderilen mikrodalgalarla ısıtmaya çalıştıklarında, çeşitli beyin parçalarında lokal hiperthermia'dan farklı absorpsiyon elde edildiği ve uygulama süresince giren radyasyonun şiddetine bağlı olarak mikrodalgaların (son derece hızlı) ısıtmasıyla sıcaklığın (kesin olarak) yükseldiği sonucuna varmışlardır. Başlangıçta deneysel hayvanda dokuya zarar vermeden 90 saniye içinde 43°C'lik sıcaklık elde edildiğini, böylelikle beyin kanseri için farklı hiperthermia'lı mikrodalga kullanılması gerektiğini ileri sürmüşlerdir (29).

1974'de, dokuda ve biyolojik modellerdeki elektromanyetik alanların nitelenmesindeki yakın gelişmelerinin gözden geçirilmesi Guy tarafından yapılmıştır. Soğurma durumlarının hem deneysel hem de teorik yöntemlerini açıklamıştır (19,52).

1975 ve 1976'da Taylor ve arkadaşları, 2.45 GHz'lik sürekli mikrodalga radyasyonunun kedi omuriliği üzerindeki etkilerini araştırmışlar ve belin alt kısmındaki sakral bölgede, omuriliğinin bir parçasını özgül soğurma oranını yaklaşık 1600 mW/cc olan yoğunluklara maruz bırakmışlar. Sirta ait kök uyarılıp, hareket potansiyelini karına ait damardan kaydetmişlerdir (33,35,52,55).

1975'de Elder ve Ali, izole edilmiş fare ciğeri mitokondriyası üzerinde 2.45 GHz'lik mikrodalgaların sürekli dalga şeklinde uygulanmasının etkisinin olumsuz olduğunu ileri sürmüşlerdir (13,52).

1975'de ve 1978'de Chou ve Güy, tavşanın vagus siniri, süperior rahim boyu sinir düğümü ve fare diyafram kası üzerinde sürekli dalga (Continuous Wave) ve atım modülasyonlu 2.45 GHz'lik mikrodalgaların etkilerini incelemişlerdir (9,10,33,52).

1975'de Portela ve arkadaşları, kurbağa kas lifleri üzerinde 10.5 cm'lik mikrodalgaların etkilerini incelemişler; edilgen ve hareketli parametreleri, hareket potansiyeli iletkenlik hızını ve su geçirgenliğini içeren hücre zarı özelliklerinin belli bir sayısında % 10'dan % 30'a kadar olan geçiş değişikliklerini tesbit etmişlerdir (42,52).

1975'de Albert ve Desantis, histolojik teknikler kullanılarak Çin hamsterlerinin sinir sistemi üzerinde mikrodalga radyasyonunun etkilerini incelemişler ve 30 dakikadan 22 güne kadar tekrarlı olarak yapılan uygulamalarda 25 veya 50

mW/cm^2 yoğunluklu, 2.45 GHz'lik radyasyonuna CNS (Merkezi Sinir Sistemi)'nin maruz bırakılan kısmında değişme, maruz bırakılmayan kısmında herhangi bir değişikliği gözlememişlerdir (1,52).

1975'de Servantie ve arkadaşları, 500'den 600'e kadar olan atımlı tekrarlama frekanslarında ve 5 mW/cm^2 'lik ortalama alan yoğunluklarında 3 GHz'lik pulslu mikrodalgalarla farede omuriliğe ait nöronların eşzamanlılığını tesbit etmişlerdir (51,52).

1975'de Gallovay, eğitilmiş Rhasus maymunlarında değişimli ve tekrarlı, yüksek yoğunluklu 2.45 GHz'lik mikrodalgaların etkilerini tesbit etmişlerdir (18,52).

1975'de Roberti ve arkadaşları, farelerin eşzamanlı motor aktivitesi üzerinde, 0.5'ten 20 mW/cm^2 'ye kadar olan güç yoğunluklarında 408 saate kadar süren uygulama süresince 10.7 ve 3 GHz'lik mikrodalga irradyasyonunun etkisini belirlemişlerdir. İrradiye edilmiş ve irradiye edilmemiş kontrol grubu fareler arasında spontan aktivitede herhangi bir farklılık tesbit etmemişlerdir (48,52).

1975'de Thomas ve arkadaşları, düşük seviyedeki radyasyondan sonra çoklu takviye programlarına olan tepkiye karşı şartlandırılan hayvanların davranışındaki değişiklikleri gözleyerek beyaz farelerin sinir sistemi üzerinde mikrodalga radyasyonunun etkilerini araştırmışlardır (52,57).

1975'de Frey ve arkadaşlarıyla, 1977'de Oscar ve Hawkins, hem şiddetli hem de sürekli mikrodalgaların farelerin

kan-beyin engel sistemlerinde geçici değişiklikler meydana getirdiğini göstermişlerdir (17,30,40).

1975'de Bawin ve arkadaşları, izole edilmiş civciv beyin dokusundan 147 MHz'lik radyasyonun 20 dakika süre ile 1 mW/cm^2 , keskin radyoaktif kalsiyum akışının arttığını tesbit etmişlerdir (4,28,30,33,52).

1976'da Lin ve 1977'de Guy, kontrollü radyasyon ve ısı şartları altında radyo ve mikrodalgaların hücreli sistem üzerindeki etkisini invitro araştırmak için ayrı projeler geliştirmişlerdir (20,30,31).

1976'da Donald.I.McRae ve arkadaşları, 2450 MHz CW mikrodalga radyasyonu direkt olarak kedinin spinal korduna uygulandığında, sırasıyla sinaptik fonksiyon ve reflex yanıtında çalışıp, reflex yanıtının küçük ama önemli istatistiksel artma gözlenmiş olup, bununda sinaptik geçişi kuvvetlendirdiğini tesbit etmişlerdir (35).

1977'de Mitchell ve arkadaşları, 2450 MHz CW'lik radyasyonun farelerde düzensiz hareket aktivitesi ve iştahacı farklı davranış üzerinde etkilerini incelemişlerdir (30,37).

1977'de S.M.Michaelson'un yaptığı çalışmada, köpeklerin kafalarına 80 mW/cm^2 yoğunluğunda mikrodalga radyasyonu verildiğinde, pentobarbital anesteziden 1 saat sonra derinin, tympanic'in ve rectal sıcaklığın 1°C 'den 2°C 'ye yavaşça yükselmesine sebep olduğunu bulmuştur. Bu 1 saatlik gösterim esnasında solunum yüksekliğiyle sinüs arrhythmiası aşırı derecede arttığı ve bradycardia oluştuğu, solunum de-

recesiyle ventricular iletim zamanının arttığını gözlemiştir (36).

1977'de Lin ve arkadaşları, tekrarlanan 148 MHz'de 1 mW/cm^2 'ye maruz kalan fare (günde 1 saat, haftada 5 gün, 10 hafta süreyle) dördüncü ve yedinci günde post-partum'dan sonra şekil almışken elementlerinin etkilemediğini anlamış ve hayvanların deney süresince sağlıklı kaldıklarını gözlemişlerdir (30).

1980 ve 1982'de Donald, I. McRee ve Howard Wachtel'in, sürekli ve pulslu mikrodalga radyasyonunun izole edilmiş kurbağa siyatik sinirlerinin üzerinde canlılığa etkisini araştırmışlardır. Sonuçta, izole edilmiş kurbağa siyatik sinirlerinin canlılığı üzerine mikrodalgaların (kendilerine özgü) etkileri olduğunu saptamışlardır. Çünkü, daha hızlı bozunumlar, arttırılan sıcaklık deneylerinde değilde mikrodalgaya maruz kalma esnasında olmuştur. Mikrodalgaya maruz bırakılan sinirlerin birleşik aksiyon potansiyelleri sıcaklık sabit tutulduğunda bile daha hızlı bozunduğunu söylemişlerdir (33,34).

2. GENEL BİLGİLER

2.1.1. MİKRODALGA NEDİR

Kozmik ışınlar, gamma ışınları, X ışınları, mor ötesi ışınları, gün ışığı, kızıl ötesi ışınları, mikrodalgalar v.s. elektromanyetik spektrumunu oluştururlar (50).

Mikrodalgalarla çalışmadan önce aşağıda sıralanan özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak gerekir.

- Mikrodalgalar, elektromanyetik dalgalar ailesinin bir üyesidir. Bunlar, yüksek frekanslı ışınlardır (7,44).

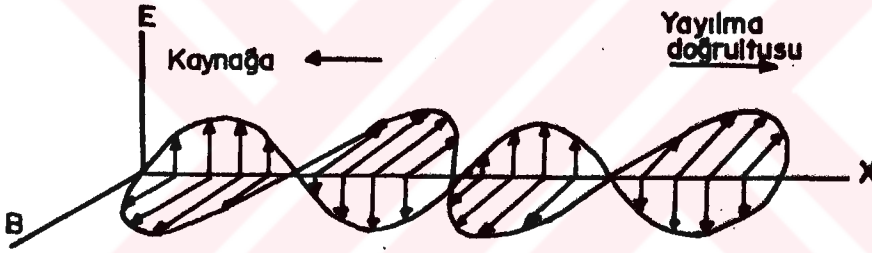
Tablo-1: Elektromanyetik Spektrum

<u>FREKANS</u>	<u>DALGA BOYU</u>		
(Hz)	(metre)		
1	10^8		
10^2	10^6	ELEKTRİK (AC)	
10^4	10^4	RADYO FREKANSLARI	
10^6	10^2	KISA DALGALAR	
10^8	1		
10^{10}	10^{-2}	MİKRO DALGALAR	NONİONİZAN
10^{12}	10^{-4}	ENFRARUJ	
10^{14}	10^{-6}	GÖRÜNEN IŞIK	
10^{16}	10^{-8}	ULTRAVİOLE	
10^{18}	10^{-10}		
10^{20}	10^{-12}	X IŞINLARI	
10^{22}	10^{-14}	GAMMA IŞINLARI	
		KOZMİK IŞINLAR	İONİZAN

- Elektromanyetik spektrumda 300-300000 MHz arasındaki bölgeyi oluştururlar, nonionizan radyasyonların bir parçasıdır (7).

- Mikrodalgalar, kızıl ötesi ışınları ile ultra yüksek frekanslı radyo dalgaları arasındaki bölgede kalan ve dalga boyları milimetreler mertebesinde olan elektromanyetik dalgalardır (50,58). Dalga boyları elektromanyetik dalga spektrumunu 0.1 cm ile 30 cm olan bölgeye girerler (43).

- Mikrodalgalar aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi ortamda yayılırlar (46,58).



Şekil-1: Bir elektromanyetik dalgaya ait elektrik ve manyetik alanların geometrik temsili

- Mikrodalgalar enine dalgalardır (11,46,58).
- Mikrodalgalarla ortama enerji salınır (5,50,58).
- Mikrodalgalar, dalgaların karakteristik (yansımaya, kırılma, girişim, kırınım ve polarizasyon) temel özelliklerini gösterirler (5,50,58).

- Maddesel ortamlarda mikrodalgaların yayılma hızı, dalganın frekansına bağlıdır (58).

Bir maddenin yayınladığı ışınlar o maddenin sıcaklığına olduğu gibi fizik özelliklerinede bağlıdır. Diğer bir

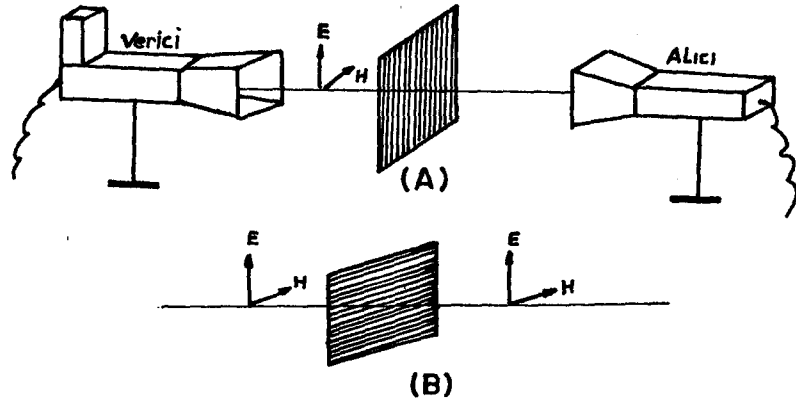
deyimle, her madde belirli bir ısıda atom ağırlığına ve iç yapısına uygun olarak belirli bir dalga boyunda ışın yayınlar (50). X ışınları, yüksek frekanslı akımlar, v.s. madenlerin ısıtılmasıyla elde edilemez. Çok fazla enerji kapsayan bu gibi ışınlar ve yüksek frekanslı akımlar elektronik cihazlardan yararlanarak elde edilir (50).

Mikrodalgalar, genellikle klystron veya magnetron gibi elektronik tüblerle elde edilirler (44).

Mikrodalgalarla deneysel çalışma yapmak için en gerekli iki araç dalga kaynağı (titreşken osilatör) ve dalgayı algılayan algıç (dedektör)'dir (43).

Mikrodalga kaynağından elde edilen ve üzerine sabit frekanslı gerilim modüle edilmiş elektromanyetik dalga bir alıcı dedektör aracılığıyla hoparlöre verilir ve sabit frekanslı bir ses duyulur. Duyulan sesin şiddeti, elektromanyetik dalganın gerçek şiddeti ile doğru orantılıdır. Mikrodalga vericisinin saldıdığı elektromanyetik dalga düzlem polarizedir ve elektriksel alan vektörüne daima paralel kalır (43).

Aşağıdaki Şekil-A'da ağıın tellerine paralel olan E elektrik alan vektörünün değişimleri iletken tellerde akım oluşturur. Enerji bu şekilde kaybolduğundan ağıın arkasında elektromanyetik dalga gözlenemez. Şekil-B'de iletken telleri, E vektörüne dik olacak şekilde tutulursa, E'nin değişimleri tellere dik doğrultuda akım oluşturamaz, enerji kaybı olmadığından dalga ağıın arkasında gözlenir (22).



Şekil - 2 : Mikrodalgalarla polarizasyonun gözlenmesi

Elektromagnetik teori bakımından maddeler iletkenler ve yalıtkanlar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Bir iletken yüksek frekanslı bir alan içerisine sokulduğunda, yüzeyinde bir yüzey akımı oluşur ve pratik olarak bu akım iletkenin içine nüfuz edemez. Bir dielektrik (yalıtkan) elektriksel bir alanın içerisine sokulduğunda, yük hareketi olmasına rağmen dielektrik içindeki atomların elektron bulutu azda olsa bir yer değiştirmeye maruz kalır ve her atom kendi başına elektrik dipolüne benzer. Bu duruma dielektrik polarize olmuştur denir. Bir elektriksel dipol, aralarında bir uzaklığı bulunan pozitif noktasal yük (çekirdek), ve negatif noktasal yük (elektron) lerden meydana gelmiştir. Dielektrik içinde alanın zamanla değişmesi ile madde içinde meydana gelen elektrik alanında değişir ve oluşan dipollerde salınım yaparlar. Enerjinin korunumu prensibine göre bu salınımların devam edebilmesi için elektronlar elektromagnetik dalgada enerji alırlar. Ortamda ısıya dönüşen bu enerjiye mikrodalga enerjisi denir (12,43).

2.1.2 : MİKRODALGALARIN YAYILMASI VE ABSORBSİYONU

Yarı iletken ve homojen bir ortamda mikrodalga düzenli bir ısı artışı meydana getirir. Bunun aksine mikrodalgalara karşı farklı direnç gösteren dokuları kapsayan bir canlı organizmada, yer yer fazla ısı artışları olur. Özellikle mikrodalgalara çok değişik iletkenlik gösteren iki ortamın birleşme noktalarında yansıma ve elektromagnetik enerjinin ısı enerjisine dönüş oranı çok büyüktür. Bu biyofizik kuralına uygun olarak, mikrodalga uygulamaları esnasında kullanılan enerjinin % 50'sinden fazlası ciltti yansıyarak havada kaybolur. Cilt üzerine "mycalex" diye adlandırılan dielektrik maddenin konulmasıyla bu enerji kaybının azaltılabileceği gösterilmiştir. Ayrıca ciltaltı tabakasıyla adalelerin birleşme noktalarında bol miktarda enerji ısıya dönüşür (50).

2.1.3 : MİKRODALGALARIN UYGULANDIĞI ALANLAR

2. Dünya Savaşından bu yana; mikrodalgalar savaş teknolojisinde, deniz bilimciliğinde ve tıpta uygulanmaktadır (44).

Ayrıca haberleşmede ve endüstride geniş kullanım alanı vardır. Günümüzde eylerde kullanılan mikrodalga fırınları, el telsizleri, tahta ve kağıt kurutulması, plastik tedavi, biyokimya analizi, hırsız alarmları bu araçlara birer örnek olarak gösterilebilirler. Ayrıca FM radyo ve televizyon vericilerinin uzay haberleşmelerinde de mikrodalga frekansı ile yapılmaktadır (26,30,43).

Mikrodalgaların tıptaki uygulamaları, "doku ısıtılması"(diathermy) ve "tanı"(diagnostic) olmak üzere iki ana grupta toplanabilirler (54).

Tıpta, bazı romatizmal ve infeksiyös hastalıkların tedavisinde, cerrahide dokuları kesmek veya koterize etmekte, kanser tedavisinde radyoterapi ile birlikte hipertermi amacıyla kullanılırken genellikle mikrodalgaların etkisinden yararlanılmaktadır (26).

2.1.4 : MİKRODALGALARIN BİYOLOJİK ETKİLERİ

Günümüzde artan hızla uygulamalarına şahit olduğumuz elektromanyetik dalgalar ve özellikle mikrodalgalar, insanlar üzerinde etki yapabilen biyolojik etkilere neden olmaktadır (54).

Mikrodalgalar organizmadan herhangi bir ağrı veya rahatsızlık duygusu uyandırmadan geçerler (26).

En önemli etkiler gözler ve üreme organları gibi vücudun dış kısımlarında görülmektedir (50,54). Fakat bunun yanı sıra sinir sisteminde, kalp üzerinde ve vücudun diğer kısımlarında ihmal edilemeyecek etkileri gözlenmektedir. Ayrıca belirli yayılma yoğunluklarında ve frekanslarda insanlar üzerinde davranış değişikliği, kromozom değişikliği ve virüsleri harekete geçirme gibi etkilerde görülmektedir (50,54).

Mikrodalgaların en çok uygulama alanı 300 MHz ile

10 GHz arasında olup, biyolojik dokulardan, dokuların özelliklerine bağlı olarak, kolayca geçebilir, yansiyabilir veya yutulabilirler. Bundan dolayı biyolojik etkileri açısından önemleri çoktur (50,54).

Biyolojik maddeler tarafından mikrodalgaların yutulması nedeniyle oluşan en önemli etki ısıdır (thermal etki). Isınma olayı, alan yoğunluğu yüksek mikrodalgalar için görülür. Yoğunlukla anlatılmak istenen; elektriksel alan şiddetinin metre başına volt cinsinden değeri (v/m) yüzlerce volt düzeyine, güç ise mikrowatt düzeyine ulaşılabilir (mW/cm²) (50,54).

İşte kısa bir süre için bile olsa, meydana gelen bu ısınma yerel yanmalara sebep olmaktadır. (Örneğin, 40 ve 100 mW/cm²'lik alan şiddetinde bir elektrik alan uygulandığında, kan damarları ciddi olarak zedelenir ve iç organlarda kanamalar meydana gelir. Ayrıca bütün vücudun aşırı ısınmasından beyin gibi bazı organlarda hasara uğrayabilir (50,54).

Vücudun belli yerlerine önceden yerleştirilmiş metal parçacıklarda elektromanyetik enerjinin vücutta yoğunlaşmasına neden olurlar. Buna örnek olarak, yüksek frekanslı bir cihazın yanında çalışan bir kişinin proximal phalax'ında açık kırık oluşmuş ve bu kişinin elinde ve parmağında kırık kemik sarmaya yarayan alüminyum çubuğa dayandırılmış bu kişi iş yerinde çalıştığı zaman elinde şişlik ve ağrı oluşmuştur, kişi yüksek frekans üreten araçtan uzak durduğunda şişme ve ağrının durduğu Reike adlı bilim adamı tarafından tesbit edilmiştir (44,50,54).

Ayrıca yüksek alan yoğunluğuna sahip ortamlarda çalışanlar genellikle gözyaşlarıyla birlikte başağrılarından göz yanmalarından, yorgunluk, baş dönmesi ve halsizlik gibi durumlardan şikayet ederler. Yorgunluk, küskünlük ve sürekli rahatsızlık duyarlar (44,54).

Mikrodalgaların ısısal zararlı etkilerine rağmen, bu ısısal etki tıpta "doku ısıtılması" (diathermy) ve "tanı" (diagnostic) amacıyla kullanıldığını öncedende söylemiştik. Bunları kısaca aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.

2.1.4.a : Doku Isıtılması (Diathermy) :

En eski uygulama olup, yüksek sıcaklık elde edilmesinde kullanılır. Yeterli derecede sıcaklık metabolik aktiviteyi arttırarak, vücudun savunmasını güçlendirir (54). Vücudun dokularını ısıtarak kanser tedavisi yeni bir uygulama alanı olarak kendisini göstermektedir. Kanser veya tümör bölgesi mikrodalgalarla 42° C'ye kadar ısıtılırken, vücudun geri kalan kısmı normal ısısında muhafaza edilir. Farelerde yapılan deneylerde tümörün % 75'i dört ile beş saatlik deney sonunda yok olmuştur (29,54).

Mikrodalga diyatermi, göz hastalıklarında da denenmiş ve tedavi sırasında öncelikle corpus vitrea ve lens crystallinde ısı artışı olmuş, ayrıca uzun ve kuvvetli tedaviden sonra lens crystallinanın bulanıklaşacağı ve katarakt meydana getireceği anlaşılmıştır (50).

Mikrodalga diyaterminin en fazla ısınmayı cilt altında ve özellikle kaslarda meydana getirdiği bilinir.

Mikrodalga tedavisinin alçak dozlarda kemiklerin büyümesini kamçıladiğini, yüksek dozlarda ise azaldığı gözlenmiştir (50).

Son zamanlarda yeni bir uygulamada, kan bankalarından alınan 4-6°C'deki kanın vücuda verilmeden önce mikrodalgalarla ısıtılmasını sağlamaktır (54).

Ayrıca dondurulmuş insan organlarının veya diğer biyomateriyalinin hızlı eritilmelerinde bilinen yöntemlerden on kat hızlı çalışma, mikrodalgalarla gerçekleşmektedir. Dondurulmuş biyolojik materyalin yaşama şansı, eritilme hızıyla doğru orantılıdır (54).

2.1.4.b : Tanı Uygulaması (Diagnostic) :

Biyolojik materyalin ve sistemlerin yapısının ve özelliklerinin analizinde mikrodalga frekansında yapılacak ölçümlerden yararlanılmaktadır. Örneğin, yağ gibi maddelerdeki ve organlardaki su miktarını yutma özelliğini veya biyolojik zar sistemlerinin analizi; kırılma indeksi veya yutma özelliklerini kolaylıkla tespit etmek mümkün olmaktadır (54).

Nonthermal Etki : (Isınmayla ilgili olmayan etkiler)

Yağ emülsiyonlarında mikrodalga diyatermi yapılırken yağ damlacıklarının inci dizisi şeklinde sıralanışı çok önemlidir. Bunun yanı sıra, mikrodalga diyatermi ısınma yapmayan

çok ufak dozlarıyla optik sinirin duyarlılığında, kanın koagülasyonunda ve karaciğer fonksiyonlarında bazı değişiklikler olabileceği ileri sürülmüştür (50).

2.1.5 : MİKRODALGALARIN GÜVENLİK STANDARTLARI

Güvenlik sınırlarını tesbit etmek çok karışık bir işlemdir. Sınırların tesbiti için, etkilerin bilinmesi gerekmektedir. Malesef, biyolojik etkilerin tam tesbiti, birçok parametrenin mevcudiyetinden dolayı hemen hemen imkansızdır. Fakat gerçekçi bir gözle hazırlanan standartlar insanların gereksiz yere yüksek radyasyona maruz kalmalarını önleyeceği gibi, elektromanyetik enerjiden, önemli tehlikelere uğramasızın, optimum miktarda yararlanmamızı sağlayacaktır. Bu yüzden, güvenilir standartlar oluşturmak için ilmi araştırmalar yapılmaktadır (52,54).

Değişik ülkelerde santimetre kare başına izin verilebilir oranda radyasyon düzeyi için standartlar belirlenmiştir. ABD'nin standardı, normal sağlıklı bir insanın olağan çevre şartları altında vücudunda, sıcaklık artışı olmadan alabileceği en yüksek manyetik güç miktarıdır. Bu değer 10 mW/cm^2 olarak hesaplanmıştır. Bu amaçla yapılan tüm çalışmalarda aynı sonuç elde edilmiştir (52,54).

SSCB Sağlık Bakanlığı, 1959 yılında mikrodalga uygulamaları sırasındaki güvenlik miktarlarını açıklamıştır(52,54).

Yapılan deneyler sırasında 1 mW/cm^2 civarındaki de-

ğerlerde deney hayvanlarında gözlenen değişiklikler SSCB standartlarına temel alınmıştır. Bu değeri sınır değer alıp bir iş gününde ortalama 10 saat kabul ederek 0.1 mW/cm^2 değeri elde edilmiştir. Fakat bu değerde uygun görülmeyip, güvenliği sağlamak amacıyla 0.01 mW/cm^2 olarak kabul edilmiştir (54).

Biyolojik etkilerin değerlendirilmesine göre diğer ülkelerde, bir güvenlik standartı belirlemişlerdir. Bütün ülkelerin belirlediği değerlerdeki farklılık, bu noktadan kaynaklanmaktadır. Gerek askeri, gerekse sivil kesimlerde, radar ve diğer mikrodalga yayıcılarının 10 mW/cm^2 'lik limit içinde zararlı olduklarını kanıtlayıcı herhangi bir delil söz konusu değildir. Buna rağmen, gönderici anten (transmitter) için 30 MHz'in altındaki frekanslarda çalışan personelin yakın alandan ötürü etkilendikleri hakkında pekçok endişeler bulunmaktadır (52,54).

Tablo-2: Değişik ülkelerde halen mevcut olan standartlar

Ülke ve Kaynak	Radyasyon Frekansı	Tavsiye Edilen Enyüksek Seviye	Şartlar
A.B.D. (ANSI)	10MHz-100GHz	10 mW/cm^2 1 mW hr/cm^2	0.1 saatlik süre 0.1 saat içinde ortalama enerji
A.B.D. Kara ve Hava kuvvetleri	—	10 mW/cm^2	Sürekli uygulama

Tablo-2'nin devamı:

Ülke ve Kaynak	Radyasyon Frekansı	Tavsiye Edilen Enyüksek Seviye	Şartlar
İngiltere	30MHz-30GHz	100mW/cm ² 10mW/cm ²	İnsan çalışmayan yerler. 8 saatlik uygulama.
Kanada	10MHz-100GHz	1mW hr/cm ²	0.1 saatlik süredeki ortalama enerji
Polonya	300MHz	10mW/cm ² 1 W/cm ² 100W/cm ² 1 mW/cm ²	0.1 saatlik süre 8 saat maruz kalma Günde 2-3 saat Günde 15-20 dak.
S.S.C.B.	0.1-1.5MHz	20V/m 5 amp/m	Değişen Magnetik
	1.5-30MHz	20V/m	Alanlar
	30-300MHz	5V/m	
	300MHz	10 W/cm ² 100 W/cm ² 1mW/cm ²	Günde 6 saat Günde 2 saat Günde 15 dak.
Çekoslovakya	0,01-300MHz	10V/m	Günde 8 saat
	300MHz	25 W/cm ² 10 W/cm ²	Günde 8 saat CW çalışma Günde 8 saat aralıklı çalışma.

ANSI American National Standards Institute (Amerikan Ulusal Standartlar Kurumu)

Araştırmamızda 21 günlük civcivin biventer-cervicis (boyun kası kullandık. Kaslar ve özellikle çizgili kaslar hakkındaki bilgiler aşağıdaki gibi özetlenebilir.

2.2.1 : K A S

Vücutta iskelet sisteminin ve iç organların hareketlerini sağlamakla görevli olan kas sistemi çizgili, düz ve kalp kası olmak üzere üç kısma ayrılır. Yaklaşık olarak vücudun % 40'ı iskelet kaslarından, diğer % 5 veya % 10 kadarında düz kaslar ve kalp kasından oluşmuştur (21). Bunlardan çizgili kaslara iskelet sistemiyle olan anatomik ve fizyolojik ilgilerinden dolayı iskelet kasları da denir. Düz kaslar özellikle iç organların ve kan damarlarının etraflarını çevreler, ayrıca kıl köklerinin altında, dalakta, göz küresinin arkasında (Müller kası) ve vücudun diğer bazı yerlerinde bulunur (38, 56).

Organizmada çizgili kaslar, merkezi sinir sisteminden, motor sinirler yoluyla gelen impulslarla faaliyete sevk edilir. Kalp kası çizgili kas olmasına rağmen istemsiz olarak çalışır, yani şahısın isteğine uymaz. Otomatiktir, bütün sinirleri ke-silsede kasılmasına devam eder. Otonom sinirlerle idare edilir. (38).

Çizgili kasta herhangi bir kasılmanın oluşabilmesi için, sırayla şu olayların meydana gelmesi gerekir:

1- Merkezi sinir sisteminin iradesel veya refleks faaliyeti,

2- Bu faaliyet sonucunda başlayan impuls veya impuls dalgasının motor sinirler yoluyla terminal plak denilen ve sinirle kas arasında bulunan bölgeye gelmesi,

3- Terminal plakta oluşan depolarizasyon sonucunda lokal, iletilemeyen bir potansiyelin (plak potansiyeli) doğması,

4- Bu potansiyelin belirli bir değere ulaşmasıyla kasın eksite edilmesi (nöromüsküler ileti).

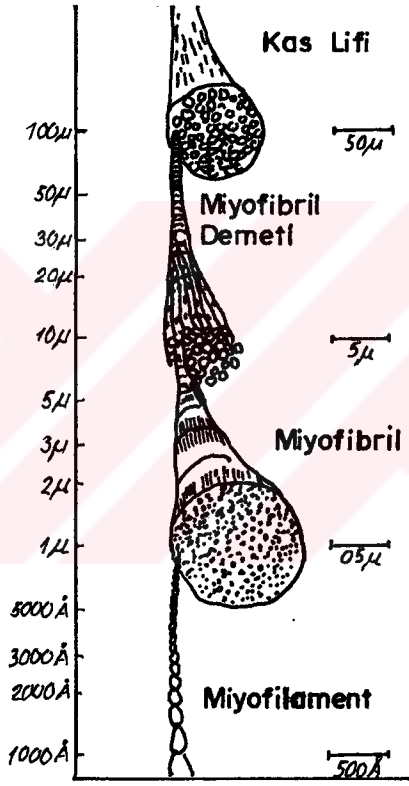
5- Kas eksitasyonunun, kasın kontraksiyonunu tevlit etmesi (eksitasyon-kontraksiyon ilişkileri) (56).

2.2.2 : ÇİZGİLİ KAS :

2.2.2.a : Çizgili Kasın Yapısı :

İskelet kasları canlının hareketi ve yer değiştirmesi ile ilgilidir (38). İskelet kası uzun silindirik kas hücrelerinden yapılmıştır (15,38,56). Her bir çizgili kas, kalın bir bağ dokusu kılıfı (epimysium) içinde birbirine paralel olarak yerleşmiş bulunan kas lifleri demeti veya fasikuluslardan oluşmuştur. Kas demetlerinin çevresini ikinci, fakat daha ince bir bağ dokusu kılıfı (perimysium) çevreler. Bu kılıfın içinde uzun, hafif silindirik şekilde ve bol çekirdekli kas hücreleri veya lifleri bulunur. Liflerin çapı 10-100 mikron, boyları ise 1-120 mm arasında değişir (15,21 56).

Kas lifinin hücre zarı, sarkolemmadır. Sarkolemma-
nın yapısında "plazma zar" adı verilen gerçek hücre zarı
vardır (15,21). Her kas lifide ayrıca, sarkoplasma deni-
len bir sıvı içinde, birbirlerine paralel olarak yerleş-
miş bulunan miyofibrillerden yapılmıştır ve bütün lif nis-
beten komplike bir yapıya haiz olan ince bir zar sarkolem-
ma ile çevrilmiştir (15,21,56).



Şekil-3:Çizgili kas lifinin ve bunu oluşturan miyofibril-
lerin yapısı.

Kasta en küçük kontraksiyon ünitesi bir miyofibril-
dir. Miyofibril, kalın ve ince olmak üzere iki çeşit miyo-
filamentten yapılmıştır (21,38). Kasta 4 çeşit protein var-
dır.Bunlar Miyozin,aktin, tromiyozin ve troponindir.

Bu dört protein kasta iki multimoleküler topluluk kurmuşlardır ki, bunlar ince aktin filamentleri (50-70 Å) ve kalın miyozin filamentleridir (100-150 Å). Kasın kasılma mekanizması, kalın ve ince filamentlerin birbirleri üzerine kaymaları esasına dayanır (filament kayma teorisi). Fakat kasılmanın olabilmesi için eksite olması ve eksitasyonun kontraksiyonu tevlit etmesi gerekir (15,21,38).

2.2.2.b : Çizgili Kasın Direkt ve İndirekt Eksitasyonu :

Çizgili kasın motor sinir yoluyla gelen impulslarla uyarılmasına indirekt uyarılma veya eksitasyonu denir. Kasa uygun şiddetde bir akım gönderilecek olursa, kas uyarana bir kasılma ile cevap verir ve indirekt uyarılabilme yeteneğini bu şekilde ispatlar. (56).

2.2.2.c : Çizgili Kasın Aksiyon Potansiyeli :

Bütün uyarılabilen dokularda olduğu gibi, sükun durumunda bulunan bir kas içi, dışı nazaran daha düşük potansiyelidir ve aradaki fark 80-90 mV kadardır. Kasın uyarılmasında meydana gelen potansiyel değişiklikleri, eksitasyonun doğması ile ilgilidir. Bu potansiyel değişikliklerini göstermek amacıyla, ekstrasellüler ve intrasellüler kaydetme metodları kullanılır. Eğer kaydedici tertibata bağlı

elektrotları kasın yüzeyine yerleştirip, kas uyarılırsa, difazik bir potansiyel eğrisi elde edilir.(56).

2.2.2.d : Çizgili Kasların Mekaniksel Özellikleri

Herhangi bir kasın uyarılmasını takiben kasta meydana gelen mekaniksel olaya kas kasılması, sarsısı veya kontraksiyonu denilir. Genellikle kasılan bir kasta, boy veya gerilim değişir. Eğer kasın kasılmasında boy değişmeyip sadece gerilimde bir artma meydana gelecek olursa buna izometrik kasılma denir. Bunun tersine ise izotonik kasılma denir (21,38,56).

Bir kasa bir defa maksimal uyarı yapılırsa, kas kontraksiyon yapar ve gevşer. Uyarılmalar çok sık aralıklarla tekrarlanırsa kas gevşemeye fırsat bulamaz ve uyarılma devamınca kasılmış olarak kalır (38,56).

2.2.2.e : Çizgili Kasın Kimyasal Bileşimi

Kasın % 75-80'i su, % 18-20'si proteinlerden ibarettir. Gerisini karbonhidrat, mineral, lipid ve non-proteik azot oluşturur. Proteinlerin % 60'ı miyozin, % 12'si aktinden ibarettir. Kasta % 0.5-1.5 oranında bulunan glikojen, kasın başlıca karbonhidratı ve enerji kaynağıdır. Kas kimyasal enerjiyi mekanik enerjiye çeviren bir yapıdır. Kas kontraksiyonunda, aktin ve miyozinden başka önemli

olan iki madde (non-proteik azot sınıfına dahil olan) kreatin fosfat ve adenosin trifosfattır. Bunlardan başka kasta, çeşitli kontraksiyonlarda çeşitli anyon ve katyonlar bulunur. Kas kasılması ile ilgili reaksiyonlar şu şekilde sıralanabilir :

1- Adenosin trifosfat (ATP), adenozin trifosfataz (ATP-az) fermentinin etkisiyle adenosindifosfat (ADP) ve anorganik fosfata parçalanır ve açığa çıkan enerji parçalanmayı sağlar. Anaerob, yani oksijensiz bir ortamda meydana gelen bu defosforilizasyon olayı esnasında kasın reaksiyonu asiditeye kayar.

2- ATP'nin defosforilizasyonunda açığa çıkan ADP, kreatin fosfat (KP)'la birleşir ve bu suretle kontraksiyon enerjisinin kaynağı olan ATP'nin yeniden sentezi mümkün olur (Lohman reaksiyonu). Bu reaksiyon sonucunda serbest kalan kreatinin alkalik etkisiyle kasın pH'sı alkaliniteye meyil eder. Birinci kimyasal reaksiyon gibi, Lohman reaksiyonunda anaerob bir ortamda oluşabilir.

3- Kas glikojenin parçalanmasıyla enerji bakımından zengin olan fosfat bileşikleri ortaya çıkar. Bu enerji ADP ve fosfattan ATP'ın ve kreatinle ATP'dan kreatin fosfatın sentezi için harcanır (21,38,56).

2.2.2.f : Kasın Enerji Metabolizması

Karbonhidrat ve lipid metabolizması yoluyla meydana

getirilen anorganik fosfat bileşikleri, örneğin ATP ve kreatin fosfat kas enerjisinin kaynağıdır. Bir molekül ATP'nin hidrolizi ile 12000 kalori açığa çıkar ve ADP meydana gelir. ADP'nin fosforile edilerek tekrar ADP meydana getirmesi için çeşitli metabolik yollar vardır. Bunlar :

- a- Anaerobik glikoliz,
- b- Aerobik glikoliz,
- c- Serbest yağ asitlerinin oksidasyonu,
- d- Fosfo-kreatin mekanizması gibi yollardır (38).

Kas çok aktif iken kontraksiyon enerjisi şu kaynaklardan sağlanır ;

- 1- Kasta mevcut ATP'den,
- 2- Kasta depo edilmiş kreatin fosfattan,
- 3- Kasta mevcut glikojenin, glikoliz yoluyla laktik aside kadar parçalanmasından,
- 4- Mitokondride meydana gelen aerobik oksidasyon enerjisinden (38).

2,2.2.g : Kas Yorgunluğu

Kas uzun süre aktiviteye sevk edilirse yorulur. Fakat yorgunluk kasın aksiyon potansiyeli mekanizmasına veya aksiyon potansiyelin kasılmayı yaratma mekanizmasına ait değildir. Yorgunluk kasın kendisine aittir (15,21,38,56). Kasın kan dolaşımı aksatılırsa yorulma çok çabuk meydana gelir ve kan dolaşımı normal duruma getirilirse bu erken yorulma

ortadan kalkar. Buna göre kas yorgunluğunun esas nedeni ;

1- Oksijen yetmezliği (hypoxia)

2- Metabolitlerin birikmesidir (21,38,56).



3. MATERYAL VE METOD

1- Kullanılan cihazlar :

- a- İzole organ banyosu
- b- Tartı aleti (S 2000 Bosch, 0.1 mg'a duyarlı)
- c- Stimülatör (Palmer-Harris, 4067/12)
- d- Mikrodalga üretici
 - Güç kaynağı (Phywe, 6868)
 - LF (düşük frekans) amplifikatörü (Phywe, 07550)
 - Klystron (Phywe, 6860)
 - Mikrodalga alıcısı
 - Hoparlör
- e- Ossiroskop (Nordmende, Typ : U0963)
- f- Elektrodlar
- g- Kompresör (Trumpf)
- h- Isıtıcı ve termostat
- ı- Kimoğraf (Palmer, 3374/14)

2- Kullanılan kimyasal maddeler :

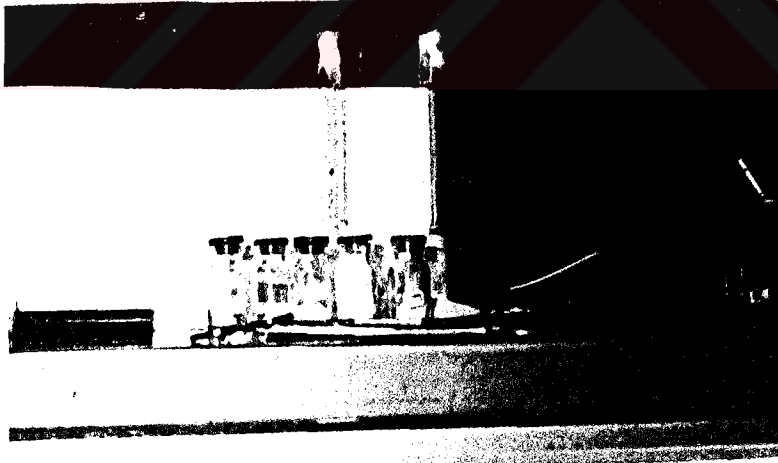
- a- Distile su
- b- Kloroform (Merck firmasından, 4075937).
- c- Sodyum klorür (NaCl) (Merck firmasından, 6364179).
- d- Sodyum bi karbonat (NaHCO_3) (Merck firmasından, 5221028)
- e- Potasyum klorür (KCl) (Merck firmasından, 2538810).
- f- Kalsiyum klorür (CaCl_2) (Merck firmasından, 536TA91281).
- g- Magnezyum klorür (MgCl_2) (Merck firmasından, 70143872).
- h- Sodyum di hidrojen fosfat (Na_2HPO_4) (Merck firmasından, 5230476).

1- Glukoz ($C_6H_{12}O_6$) (Merck firmasından,635086)

3- Araştırmamızda deney hayvanı olarak, Breuler cinsi vatani İngiltere olan et tavuğu kullanıldı. Kullanılan deney hayvanları, Diyarbakır Köytur'dan ve Gün Tavuk'dan temin edildi.

M E T O D

1- Kreb's solüsyonunun hazırlanması : 4.5 litrelik Kreb's solüsyonu için şunlar gereklidir : 31.05 gr NaCl, 9.45 gr $NaHCO_3$, 1.575 gr KCl, 1.26 gr $CaCl_2$, 0.495 gr $MgCl_2$, 0.63 gr Na_2HPO_4 , 9 gr $C_6H_{12}O_6$ ile 4.5 litre distile su gereklidir. Aşağıdaki resimde kullanılan kimyasal maddeler görülmektedir (Resim-1).



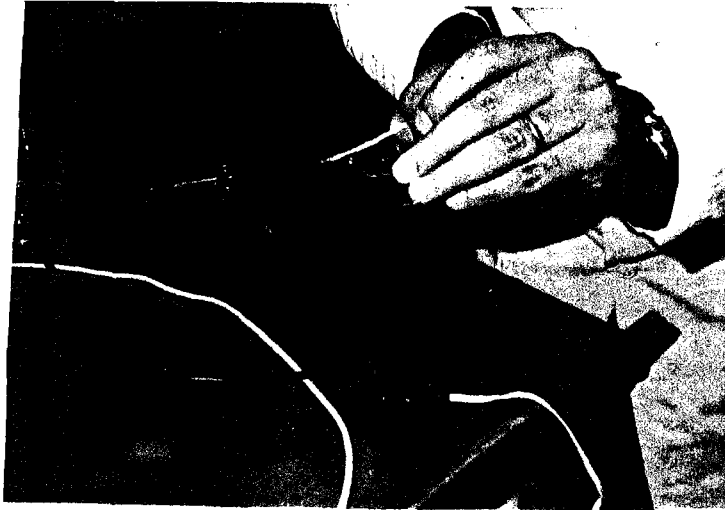
Bosch marka hassas terazi ile tartılan kimyasal maddelerin her biri ayrı ayrı distile su ile yıkanmış temiz erlen meyerlerde karıştırılarak çözüldürüldü. Daha sonra tek tek

çözündürülen bu kimyasal maddeler yine distile su ile yıkanmış büyük bir cam balondâ karıştırıldı ve 4.5 litreyi tamamlayacak şekilde üzerine distile su ilave edilerek Kreb's solüsyonunu hazırladık.

2- Kullanılan kas materyalinin hazırlanması :

Araştırmamızda 3 haftalık civciv boyun kası (biventer-cervicis) kullanıldı. Kullanılan kas şu şekilde izole edildi (27).

3 haftalık civciv ilk önce kloroformla bayıltıldı (41). Daha sonra boyun tüyleri temizlendi ve kafadan boyun tabanına kadar ortadan kesi yapıldı. Biventer-cervicis kası orta hattın yakınında ve yüzeyin hemen altındadır. Bir iple kasın üst ucu bağlandı ve dikkatlice kesildikten sonra bütün kas boyundan diseke edildi. Disekke edilen kasın alt ucuda bir iple bağlandı. Kasın asıcıya asılması için her iki ucu iple bağlanan kasın bir ucuna ipi halka şeklinde bağladık. Alınan bu kasların canlılıklarını yitirmemeleri için hemen bir miktar Kreb's solüsyonunun içine bırakıldı (16). İzole edilen bu kaslardan birini, aşağıdaki resimde görüldüğü gibi, asıcının en altında bulunan telden kasın halka şeklinde bağlanan (Resim-2)

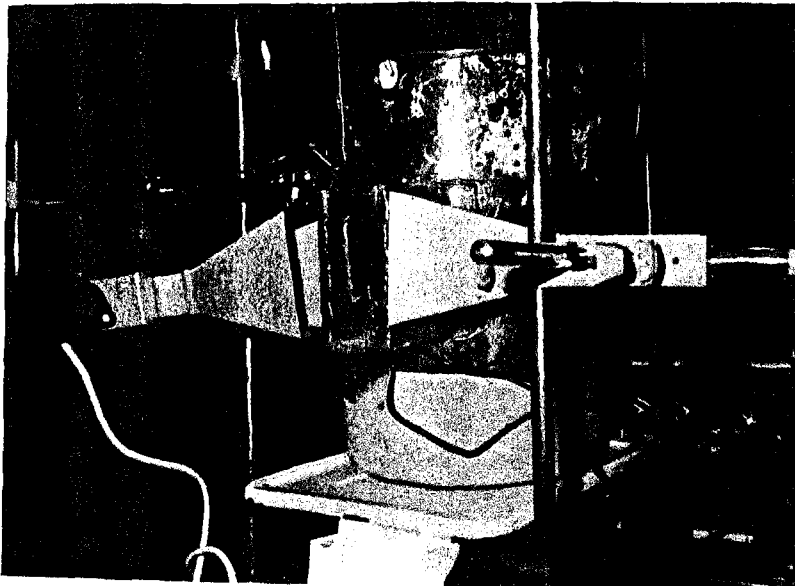


ucundaki ipi geçirerek, asıccıda bulunan elektrotlara temas edecek şekilde kas yerleştirildi.

Hazırlanan Kreb's solüsyonu % 95 oksijen ve % 5 CO₂ ihtiva ederek, oksijenlendirilmiş ve 37°C'de muhafaza edilmiştir (41).

Kesilen civcivin boyun kası iki tane olup, bu kaslardan birini hemen kullanmak üzere izole organ banyosuna yerleştirdik. Diğer kas ise, dokunun canlılığını koruyabilmesi için gerekli Kreb's solüsyonuyla birlikte petri kutusunun içine bırakıp daha sonra kullanmak üzere buzdolabında (en alt katta) sakladık.

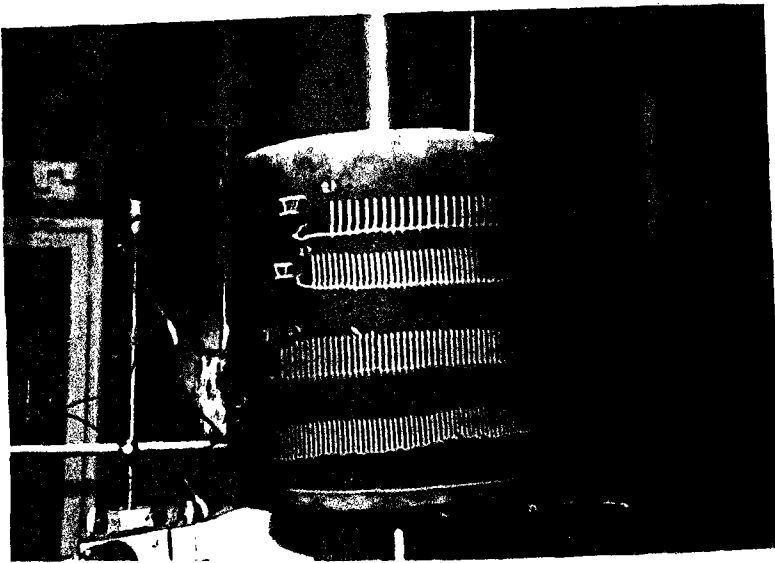
4.5 litrelik Kreb's solüsyonunu civcivin vücut sıcaklığı 37°C olduğundan 37°C'ye kadar ısıttık. Daha sonra izole edilen ve asıccıya alınıp, frontal manivelaya bağlanan kas 37°C de ısıtılan Kreb's solüsyonlu ortama aşağıdaki resimdede görüldüğü gibi yerleştirildi (Resim-3).



Ayrıca izole organ banyosu kompresör yoluyla sürekli olarak oksijenlendirildi. Daha sonra stimülatörden bir stimulus vererek kasın çalışıp çalışmadığını kimoğrafta gözledik. Uygulama yaparken frontal manivelaya bağlanmış kas, kasılıp gevşediğisırada oluşan eğriler kimoğrafa kaydedilecek şekilde ayarlandı.

Izole organ banyosundaki kas '45'-60' dinlendirilip, ortama adaptasyonu sağlandı. Baseline çizgisi oluştuktan sonra, sırayla bir stimülatörle, birde mikrodalgalı uyarılar verilerek eğriler kimoğrafa çizdirildi.

Deneylerimizde, yukarıda izah edildiği gibi izole edilen ve organ banyosuna yerleştirilen kasa ilk önce mikrodalga uygulamadan stimülatörle uyarılarak kimoğrafta kontrol grubuna ait eğriler elde edildi. Daha sonra aynı kasa mikrodalga uygulayarak kimoğrafta deney grubuna ait eğriler elde edildi. Ve kontrol grubuna ait eğrilerle deney grubuna ait eğriler karşılaştırıldı. Aşağıda deney sırasında alınan eğrilerin resmi görülmektedir (Resim-4).



Deneyimiz bittikten sonra yapılan işlem ,kimoğraf-taki isli kağıda çizdirilen eğrileri tesbit etmektir. Bunu şu şekilde tesbit ettik :

Kimoğrafa kaydedilen eğrileri tesbit etmek için Gummo-i-Arabicum (Arap zamkı) içine eğrileri aldığımız isli kağıdımızı batırdık, kağıdı zamkın içinden çıkardıktan sonra kuruması için askılara alıp kurumaya bıraktık. Böylece eğrilerimizi tesbit etmiş olduk.

4. B U L G U L A R

Mikrodalgaların biyolojik sistem üzerindeki etkilerini tesbit etmek amacıyla kurduğumuz sistemle civciv boyun kaslarını, çıkış gücü 25 mW olan mikrodalgalarla irradiye ettik.

Uygulamaların sonuçlarını, Diyarbakır Köytur ve Gün Tavuk'dan temin ettiğimiz 21 günlük Breuler cinsi vatani İngiltere olan 10 et tavuğunun boyun kasını ($\lambda=3.2$ cm ve $f=9.10^3$ MHz) aşağıdaki resimdede görülen deney düzeneği hazırlanarak mikrodalga ortamına koyarak gözledik.



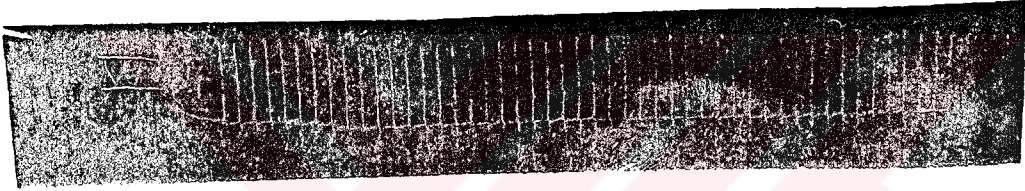
Resim- 5

İzole edilen kasın ortama adaptasyonu sağlandıktan ve stabil duruma getirdikten sonra uygulamalarımıza başladık.

Deneylerimizde, yalnızca stimülatörle uyarı vererek kaydettiğimiz eğriler kontrol grubu olarak, mikrodalga ortamındaki kasın stimülatörle uyarılmasıyla kaydettiğimiz eğrileri ise deney grubu olarak seçtik.

Elde ettiğimiz bulguları şöyle sıralayabiliriz :

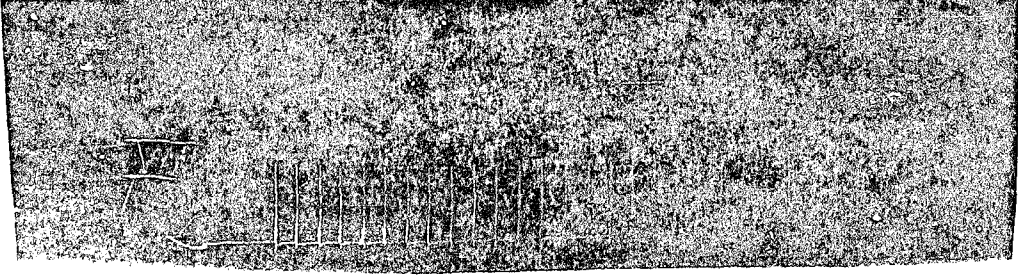
- Kas için deney şartları (materyal ve metod kısmında belirtildiği gibi) sağlandıktan sonra, stimülatörle (Amplitüd:25V, f:1Hz, puls genişliği:4msn, mode:0.1) 6 dakika stimüle ettik. Stimülasyon sonucunda aşağıdaki resimde görülen aksiyon potansiyel eğrilerini elde ettik.(Resim-6).



- Aynı kasi deney şartlarını değiştirmeden (deney sistemimize ait olan eğride görüldüğü gibi) mikrodalga ortamına alarak (25mW çıkış güçlü, $f=9.10^3$ MHz, $\lambda=3.2$ cm) 6 dakika irradiye ettik. Böylece ortama verdiğimiz enerji doz olarak ;

$$25.10^3 \text{ Watt} \cdot 10.60 \text{ sn} = 25.6.10^1 \text{ Joule} = 15 \text{ Joule idi.}$$

Bu uygulama sonucunda aşağıdaki aksiyon potansiyel eğrilerini elde ettik.(Resim-7).



Materyal-Metod kısmında belirtilen deney şartlarındü 10 civciv üzerinde çalıştık. Bunlardan 4 tanesinden boyun kası alınırken, doku hasar gördüğü için sonuç alınamadı. Ancak altısında yukarıda verilen sonuçların tekrarı niteliğinde değerler elde ettik. Bu değerlerin istatistiksel yorumunu yapmak için;

1- Resim-6'daki sadece stimülasyon sonucu elde ettiğimiz difazik aksiyon potansiyelin;

a- Pozitif pik uzunlukları

b- Negatif pik uzunlukları

c- Pikler arası mesafe değerlerini Tablô-3'de tesbit ettik.

Tablo-3 : Mikrodalga uygulanmamış, stimüle edilmiş civciv boyun kasından elde edilen difazik aksiyon potansiyellerinin ; pozitif pik uzunlukları, negatif pik uzunlukları, pikler arası mesafe değerleri.

↑pik uzunluğu (cm)	-pik uzunluğu (cm)	Pikler arası mesafe (cm)
0.05	1.4	0.25
0.05	1.4	0.25
0.1	1.4	0.25
0.1	1.4	0.25
0.1	1.4	0.25
0.05	1.4	0.25
0.05	1.4	0.25
0.06	1.4	0.25
0.03	1.4	0.25
0.05	1.4	0.25
0.02	1.38	0.25
0.05	1.38	0.25
0.1	1.4	0.25
0.05	1.4	0.25
0.1	1.4	0.25
0.2	1.4	0.25
0.1	1.4	0.25
0.05	1.4	0.25
0.1	1.4	0.25
0.1	1.4	0.25
0.1	1.4	0.25
0.1	1.4	0.25

Table-3'ün devamı :

+pik uzunluğu -pik uzunluğu Pikler arası mesafe

(cm)	(cm)	(cm)
0,1	1,35	0,25
0,15	1,4	0,25
0,15	1,4	0,25
0,1	1,4	0,25
0,1	1,42	0,25
0,07	1,42	0,25
0,15	1,4	0,25
0,1	1,4	0,25
0,1	1,4	0,25
0,1	1,4	0,25
0,1	1,42	0,25
0,02	1,4	0,25
0,1	1,4	0,25
0,1	1,45	0,25
0,1	1,5	0,25
0,1	1,5	0,25
0,1	1,45	0,2
0,1	1,4	0,2
0,1	1,38	0,25
0,1	1,4	0,25
0,1	1,4	0,25
0,11	1,45	0,25
0,1	1,42	0,25
0,09	1,3	0,2

\bar{x} :0,089

\bar{x} :1,404

\bar{x} :0,246

SD:0,0348

SD:0,0301

SD:0,0123

n:47

n:47

n:47

2- Resim-7'deki mikrodalga ortamında stimüle ettiğimiz aynı kasın difazik aksiyon potansiyelin ;

a- Pozitif pik uzunlukları

b- Negatif pik uzunlukları

c- Pikler arası mesafe değerlerini Tablo-2'de tesbit ettik.

Tablo-4 : Mikrodalga uygulanmış, stimüle edilmiş civ-civ boyun kasından elde edilen difazik aksiyon potansiyellerinin ; pozitif pik uzunlukları, negatif pik uzunlukları, pikler arası mesafe değerleri.

+pik uzunluğu (cm)	-pik uzunluğu (cm)	Pikler arası mesafe (cm)
0.1	1.38	0.38
0.05	1.38	0.38
0.05	1.38	0.35
0.03	1.38	0.4
0.1	1.3	0.38
0.03	1.3	0.38
0.08	1.3	0.35
0.1	1.3	0.38
0.1	1.3	0.35
0.05	1.3	0.35
0.1	1.3	0.38
0.1	1.25	0.35
0.1	1.3	0.35
0.08	1.3	0.38
0.06	1.3	0.35
0.1	1.28	0.35
0.08	1.3	0.35

Tablo-4'ün devamı :

+ pik uzunluğu (cm)	- pik uzunluğu (cm)	Pikler arası mesafe (cm)
0.05	1.3	0.35
0.08	1.3	0.35
0.1	1.2	0.38
0.1	1.2	0.35
0.05	1.2	0.35
0.02	1.25	0.35
0.08	1.3	0.38
0.06	1.25	0.38
0.06	1.2	0.38
0.04	1.2	0.38
$\bar{x}:0.072$	$\bar{x}:1.284$	$\bar{x}:0.365$
SD:0.026	SD:0.051	SD:0.016
n:27	n:27	n:27

5. T A R T I Ş M A

Mikrodalgalar günümüz yaşam koşullarında adeta yaşamımızın bir parçası olduğu bilinmektedir. İnsanoğlunun bu derece ilgili olduğu bu elektromanyetik enerjinin canlı sistem üzerinde ne gibi etkilerin olduğunu anlamaya yönelik 10 civcivin boyun kasları üzerinde araştırma yaptık.

Bu konuda 1930 yılından bu yana yapılan çalışmalarla ilgili yaptığımız literatür taramasında mikrodalgaların biyolojik sistemler üzerinde istenmeyen etkileri olduğunu, bunlardan bazıları :

- tavşan beyinde harabiyete neden olduğu (39,44),
- gözde katarakta neden olduğu (14,30,39,44,47),
- deney hayvanlarının bağırsaklarında nekroza neden olduğu,
- hatta yüksek dozda tavşanlara uygulanması halinde ani ölümlerine neden olduğunu (23,44),v.s.. tesbit etmişlerdir.

Civciv boyun kasının normal fizyolojik ortamında (ortam şartlarını değiştirmeden) yaptığımız uygulama sonucunda elde ettiğimiz Tablo-3 ve Tablo-4 değerlerinin istatistiksel değerlendirilmesini yapmak üzere Tablo-5'i elde ettik.

Tablo-5 : Mikrodalga uygulanmış (Grup 1) ve uygulanmamış (Grup 2) stimüle civciv boyun kası ile ilgili veriler

GRUPLAR	$\bar{X} \pm SD$		I t I	P
	$\bar{X}_{Grp.1} \pm SD_1$	$\bar{X}_{Grp.2} \pm SD_2$		
Pik aralığı Grup 1	0.365 \pm 0.016	—	33.391	P<0.001
Pik aralığı Grup 2	—	0.246 \pm 0.0123		
(-) Pik uzunluğu Grup 1	1.284 \pm 0.051	—	11.160	P<0.001
(-) Pik uzunluğu Grup 2	—	1.404 \pm 0.0301		
(+) Pik uzunluğu Grup 1	0.072 \pm 0.026	—	2.385	P<0.05
(+) Pik uzunluğu Grup 2	—	0.089 \pm 0.0348		

Stimüle edilen kasın mikrodalga uygulanmış ve mikrodalga uygulanmamış durumunda elde ettiğimiz difazik aksiyon potansiyel eğrilerinin pik aralığı, pik uzunluklarının karşılaştırılmasını "Eşleştirilmiş Student's t Testi" ile yaptık (53). Tablo-5'tede görüldüğü gibi mikrodalgaların kasın faaliyeti üzerinde etkili olduğu ve bu etkininde $P < 0.001$ ve $P < 0.05$ düzeyinde anlamlı olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu durum 1962 yılında Yu.I.Kamenskii'nin ($\lambda=12.5$ cm ve 11 mW/cm²) mikrodalgalarla kurbağanın ischiadic sinirinin irradyasyonu sonuçları ile uyum göstermektedir (25).

6. Ö Z E T

Günlük yaşantımızın vazgeçilmez bir elektromanyetik enerjisi olan mikrodalgaların biyolojik sistem üzerindeki etkilerini belirlemek üzere 21 günlük civcivin boyun kaslarını ($\lambda=3.2$ cm, $f=9.10^3$ MHz, 25 mW) mikrodalgalarla irradiye ettik. Irradyasyonun sonuçlarının $P<0.001$ ve $P<0.05$ düzeyinde anlamlı olduğunu, bu nedenle bu enerji ile çalışırken tedbirli davranmanın gerekliliği ortaya çıkmaktadır.



7. L İ T E R A T Ü R

- 1- Albert,E.N., DeSantis,M.: Do microwaves alter nervous system structure ? In Biologic Effects of Nonionizing Radiation, Tyler, P., Ed., New York Academy of Sciences, New York, Ann. N. Y. Acad. Sci. 247,37,1975.
- 2- Andaç,O.S.: Hücre Fizyolojisi. Hacettepe Üniversitesi Yayınları. A-20.1977, Ankara.
- 3- Baranski,S.: Histological and histochemical effect of microwave irradiation on the central nervous system of rabbits and guinea pigs. Am.J.Phys.Med.,51,182,1972.
- 4- Bawin,S.M., Kaczma,L.K.,Adey,W.R.: Effects of modulated VHF fields on the central nervous system.Ann.N.Y.Acad Sci.247: 74-80,1975.
- 5- Beiser,A.: Çağdaş Fiziğin Kavramları, Çevirenler: Çetin,M., Gülsün,Z., Yıldırım,H..Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınlarından, Yayın no: 23,1982.
- 6- Boysen,J.E.: Hyperthermic and pathologic effects of electromagnetic radiation. A.M.A.Arch.Ind.Hyg.and Occup. Med., 7: 516, 1953.
- 7- Budd,A., McCrosson,C.G.: Microwave Lens Effects in Humans. Arch.Ophthal.Vol.88,259-262, Sept.,1972.
- 8- Carpenter,R.L., Van Ummerson,C.A.: The action of microwave power on the eye. J.Microwave Power,3: 3-19,1968.
- 9- Chou,C.K.,Guy,A.W.: The effects of electromagnetic fields on the nervous system,Scientific Report No.6, Bioelectromagnetic Research Lab. Dep.of Rehabilitation Medicine, University of Washington School of Medicine,Seattle,1975.

- 10- Chou,C.K., Guy,A.W.: Effects of electromagnetic fields on isolated nerve and muscle preparations, IEEE MTT.26. 141-147,1978.
- 11- Crawford,S.F.: Titreşimler ve Dalgalar. Berkeley Fizik Prog. Cilt 3. Çevirenler: Aydın,V.A.,Cesur, F.A.,Durlu, N.T.,Durmaz,S.,Erdik,E.,Köksal,F.,Nasuhoğlu,R. Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları,78.1976.
- 12- Durak,M.: Mikrodalga Fırınları.Bilim ve Teknik Dergisi, Cilt 19, Sayı 220,Mart 1986.
- 13- Elder,J.A.,Ali,J.S.: The effect of microwaves (2450 MHz) on isolated rat liver mitochondria, In Biologic Effects of Nonionizing Radiation,Tyler,P.,Ed.New York Academy of Sciences,New York,Ann.N.Y.Acad.Sci.247,251,1975.
- 14- Ely,T.S.,Goldman,D.E., Hearon,J.F.: Heating characteristics of laboratory animals exposed to ten-centimeter microwaves IEEE.Trans.Biomed.Engg.11: 123-135,1964.
- 15- Ertekin,C,: Klinik Elektromiyografi. Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınlarından, No.118. Bornova-İzmir,1977.
- 16- Frey,A.H.: Brain stem evoked responses associated with low intensity pulsed VHF energy. J.Appl.Physiol.23,984-988,1967
- 17- Frey,A.H.,Field,S.R.,Frey,S,: Neural function and behavior, defining the relationship. Ann.N.Y.Acad.Sci.247:433-439, 1975.
- 18- Gallovay,W.D.: Microwave dose-response relationships on two behavioral tasks, In Biologic Effects of Nonionizing Radiation,Tyler,P.,Ed, New York Academy Sci., New York,Ann. N.Y.Acad.Sci., 247,410,1975.

- 19- Guy,A.W.: Quantation of induced electromagnetic field patterns in tissue and associated biological effects. In Biologic Effects and Health Hazards of Microwave Radiation Polish Medical, Warsaw,203,1974.
- 20- Guy,A.W.: A method for exposing cell cultures to electromagnetic fields under controlled conditions of temperature and field strength. Radio Science 12: 815-965,1977.
- 21- Guyton,C.A.: Fizyoloji Cilt 1. Çevirenler: Aktin,E.,Bilge, M.,Büyüköztürk,K.,Devrim,S.,Dorken,N.,Kazancıgil,A., Önen,K.,Yenel,F.,Unal,G, Güven Kitabevi Yayını,1977,Ankara.
- 22- Güner,Z.,Pehlivan,F.: Fizik Deney Kılavuzu. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınlarından, Sayı: 380.236-240.
- 23- Hines,H.M.,Randall,J.L.: Possible Industrial Hazards in The Use of Microwave Irradiation,Electrical Engineering,1952.
- 24- Kamenskii,Yu.I.: Effect of microwaves on the kinetics of electric parameters of a nerve impulse. Trans.Moscow, Soc,Nat.28,164-172,1968.
- 25- Kamenskii,Yu.I.: Effect of microwaves on the functional state of the nerve. Biophysics Vol.9,No.6,1964.
- 26- Kayhan,Ö.: Mikrodalgalar ve Sağlığımız. Bilim ve Teknik Dergisi,Cilt 19, Sayı 220, Mart,1986.
- 27- Kaymakçalan,Ş., Türker,K.: Deneysel Farmakoloji kitabı. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınlarından, Sayı:142 1964,Ankara.
- 28- Liushits,N.N.: The effect of an ultra-high frequency field on the functions of the nervous system. Biophysics,3,409-421,1958.

- 29- Lin, J.C., Guy, A.W., Kraft, H.G.: Microwave Selective Brain Heating. The Journal of Microwave Power, Vol.8, Nos 3 and 4, November, 1973.
- 30- Lin, J.C.: Health aspects of radio and microwave radio and microwave radiation. Pathol. Toxicol, Jul, Aug 2(6): 1413-32, 1979.
- 31- Lin, J.C.: A new system for investigating nonthermal effect of microwave on cells. In Johnson, C.C. and Shore M.L. (Editors): Biological Effects of Electromagnetic Waves. HEW Publication (FDA). 77-8011, 350-355, 1976.
- 32- McLaughlin, J.T.: Tissue Destruction and Death from Microwave Radiation (Radar). California Medicine, 86(5) May, 1957.
- 33- McRee, I. Donald : The effects of microwave radiation on the vitality of isolated frog sciatic nerves. Radiation Research 82, 536-546, 1980.
- 34- McRee, I. Donald : Pulse microwave effects on nerve vitality. Rad. Res., 91, 212, 218, 1982.
- 35- McRee, I.D., Wyatt, H.R., Haseman, K., Somjen, G.: The transmission of reflexes in the spinal cord of cats during direct irradiation with microwaves. Journal of Microwave Power, 11(1) 49-60, 1976.
- 36- Michaelson, S.M.: Central nervous system responses to microwave induced heating. Neuro. Sci. Res. Program Bull, 15: 98-100, 1977.

- 37- Mitchell, D.S., Switzer, W.G., Bronaugh, E.L.: Hyperactivity and disruption of operant behavior in rats after multiple exposures to microwave radiation. Radio Science 12: 2635-2715, 1977.
- 38- Noyan, A.: Fizyoloji Ders Kitabı. Anadolu Üniversitesi Yayınları. No.2, 1980.
- 39- Oldendorf, W.H.: Focal neurological lesions produced by microwave radiation. Proc. Soc. Exp. Biology and Med., 72:432, Nov., 1949.
- 40- Oscar, K.J., Hawkins, T.D.: Microwave alteration of the blood-brain barrier system of rats. Brain Res. 126:281-293, 1977.
- 41- Perry, M.L.W.: Pharmacological experiments on isolated preparations. (Second Edition) E and S Livingstone, Edinburgh and London, 1970.
- 42- Portela, A., Vaccari, J.G., Michaelson, S.M.: Transient effect of low-level microwave irradiation on muscle cell bioelectric properties, Water Permeability and Water Distribution, (Cont. No, N00014-68.C-01313) Final Rep., Office of Naval Research, Arlington, Va., 1975.
- 43- Porties, A.N., Young, D.H.: Berkeley Fizik Lab. 2 Çevirenler: Armağan, N., İbrahim, A., Yağcı, O., Uras, A.. Hacettepe Univ. Yayınları A-8, Ankara.
- 44- Quan, C.Kuo: Hazards of microwave radiations. (A Review) Industrial Med. and Surg., July, 1960.
- 45- Reike, F.E.: Unplanned Radiowave Diathermy at Place of Work. Industrial Med., 23:328, Aug, 1953.

- 46 - Richards, Sears, Wehr, Zemansky : Modern Üniversite Fiziği.
Elektrik Cilt.2, Çevirenler: Nasuhoğlu, R., Tokmakçioğlu, E.,
Çağlayan Kitabevi Yayını, İstanbul.
- 47 - Richardson, A.W., Duane, T.D., Hines, H.M.: Experimental Opacities Produced by Microwave Irradiations. Arch. Phys. Med.,
29:765, 1948.
- 48 - Roberti, B., et all: Preliminary investigations of the effects of low-level microwave radiation on spontaneous motor activity in rats. In Biologic Effects of Nonionizing Radiation. Tyler, P., Ed, New York, Ann.N.Y.Acad.Sci.247, 425, 1975.
- 49- Rothmeier, J.; Effect of microwave radiation on the frog sciatic nerve. In the nervous System and Electrical Currents. (N.L.Wulfson and A.Sances, Eds.) Vol.1, pp.57-69. Plenum, New York, 1970..
- 50- Sengin, O.: Fizik Tedavi Kitabı, İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi Yayınlarından, fakülte no.81.1970.
- 51-Servantie, B., Servantie, A.M., Etienne, J.: Synchronization neurons by a pulsed microwave field as evidenced by spectral analysis of electrocorticograms from the white rat. In Biologic Effects of Nonionizing Radiation. Tyler, P., Ed., New York, Ann.N.Y.Acad.Sci.247, 82, 1975.
- 52- Stephen, F.C.: Biologic effects of microwave and radiofrequency radiation. CRC, Critical Reviews in Environmental Control, 121-167, June, 1977.
- 53- Sümbüloğlu, K.: Sağlık Bilimlerinde Araştırma Teknikleri ve İstatistik. Matis Yayınlarından , Mayıs, 1978, Ankara.

- 54- Şeker,S.: Elektromanyetik Dalgaların Biyolojik Etkileri ve Güvenlik Standartları. Boğaziçi Üniversitesi Biyo Medikal Mühendisliği Bülteni.Yıl,1985,Sayı,2,Haziran
- 55- Taylor,E.M.,Ashleman,B.T.: Some effects of electromagnetic radiation on the brain and spinal cord of cats.Annals New York Academy of Sciences,247,63-73 (1975).
- 56- Terzioğlu,M.: Fizyoloji Ders Kitabı,Cilt 1. İstanbul Univ. Cerrahpaşa Tıp Fakültesi yayınlarından,Dekanlık no.27 İstanbul,1974.
- 57- Thomas,J.R.,Finch,E.D.,Fulk,D.W.,Burch,L.S.: Effects of low-level microwave radiation on behavioral baselines. In Biologic Effects of Nonionizing Radiation.Tyler,P., Ed.,New York,Ann.N.Y.Acad.Sci.247,425,1975.
- 58- Yıldırım,H.: Biyofizik, Anadolu Üniversitesi Eğitim,Sağlık ve Bilimsel Araştırma Çalışmaları Vakfı Yayınları, No.17. Eskişehir,1985.

Y. G.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi