

Biyoelektrik Uygulama Araçları

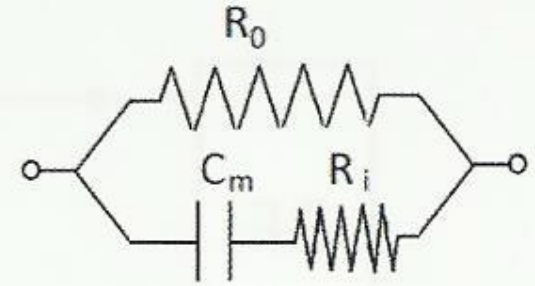
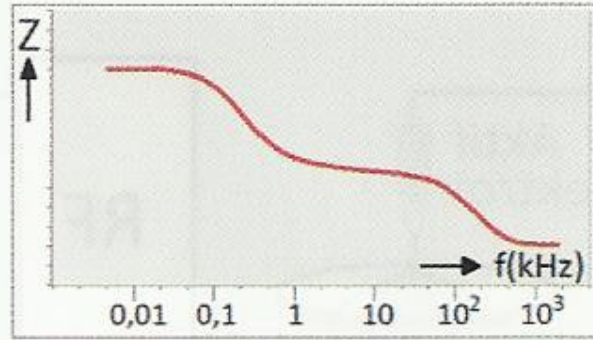
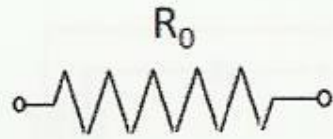
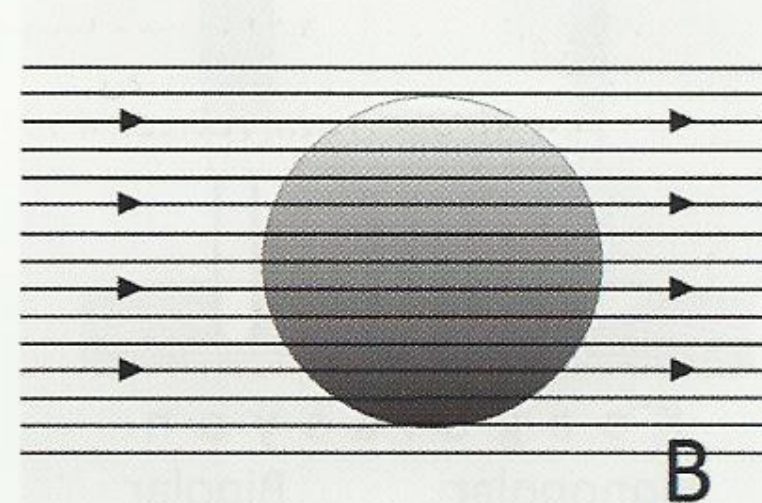
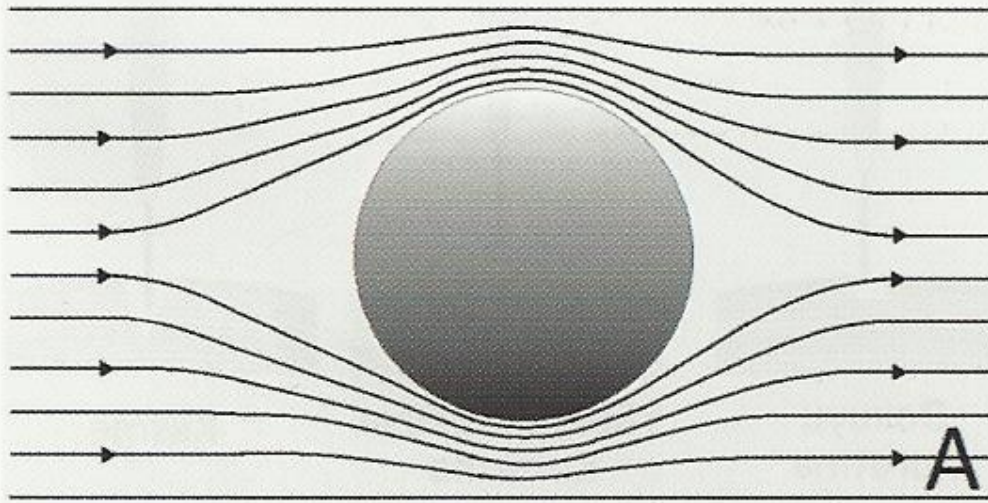


Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Tıp fakültesi Biyofizik Anabilim Dalı
Samsun

Doç. Dr. Ayşegül AKAR

SUNUM İÇERİĞİ

- **Tıpta Tanı ve Tedavi Amaçlı kullanılan Akım Çeşitleri**
- **Elektrik Akımının Biyolojik Etkileri**
- **Elektrik akımının Tıpta uygulamaları**
- **Elektrik ve Manyetik alanın Biyolojik Etkileri**

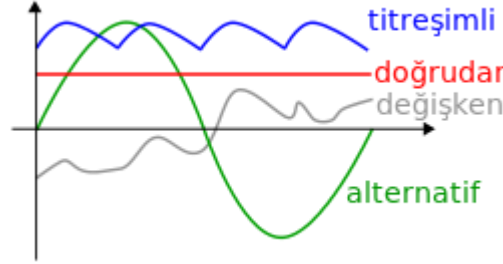


Şekil 8.1 Düşük frekanslı (A) ve yüksek frekanslı (B) akımların sıvı bir ortamda bulunan hücreden geçişinde izlediği yollar. Sırası ile A ve B şekillerinin altında düşük frekans ($< 10^2$ kHz) ve yüksek frekans ($> 10^2$ kHz) bölgesinde, dokunun elektriksel davranışını temsil eden elektriksel eşdeğer-devreler ve ortada doku empedansının (Z) frekansa bağımlılığı görülmektedir. Düşük frekans bölgesinde iyonik akımlar, yüksek frekans bölgesinde ise kapasitif ve yerdeğiştirme akımları etkindir.

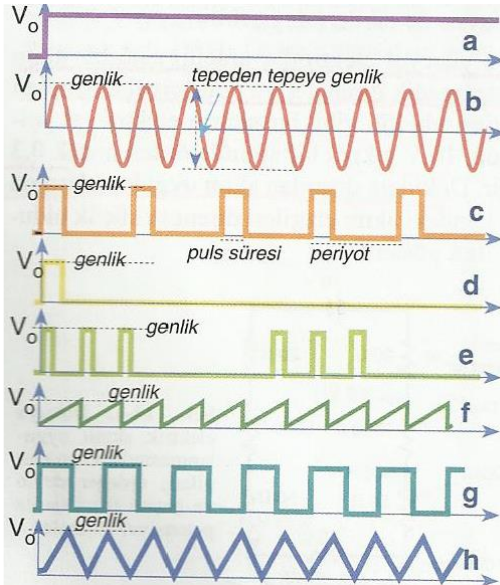
Tıpta kullanılan akımları dörde ayırabiliriz:

- **Doğru Akımlar (Galvanik Akımlar)**
- **Progressif Akımlar (Eksponansiyel akım)**
 - Analjezik etki
 - Tropik etki
 - Refleks etki
- **Alternatif akımlar**
 - Analjezik etki
 - Tropik etki
- **İndüksiyon akımları**

- **DOĞRU AKIM: (DA, DC ya da sürekli akım) elektrik yüklerinin yüksek potansiyelden alçak olana doğru sabit olarak akmasıdır.**

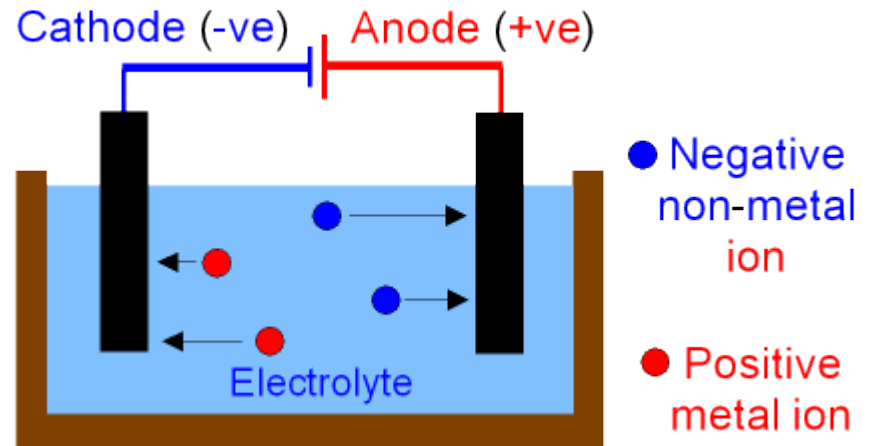
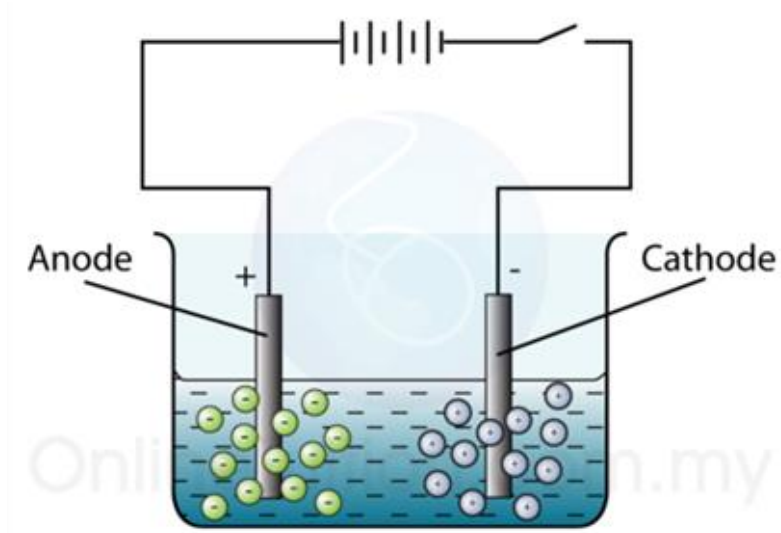


- **ALTERNATIF AKIM (AA veya AC) genliği ve yönü periyodik olarak değişen elektriksel akımdır.**



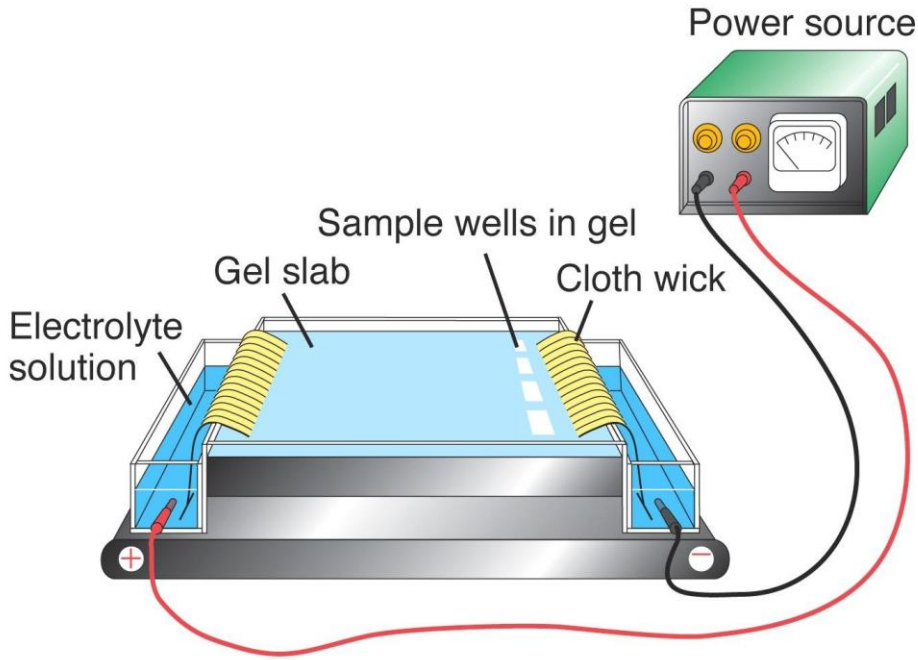
Şek. 14-2. Farklı zaman değişim biçimlerine sahip gerilimler (veya akımlar). a: Sabit gerilim. b: Bir osilatörün verdiği sinüzoidal gerilim. c, d, e: Bir stimülatörün vereceği pulslu gerilim, tek puls ve puls trenleri. f: testere dişli gerilim. g: Kare biçimli gerilim. h: Üçgen biçimli gerilim.

Doğru Akımın Fiziksel ve Kimyasal etkileri :

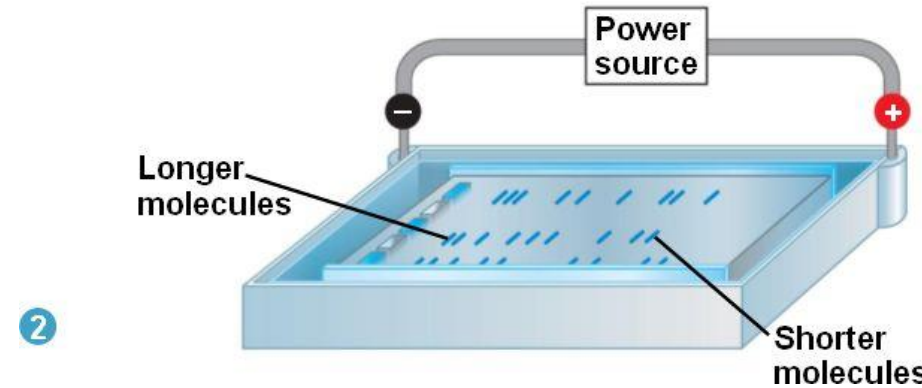
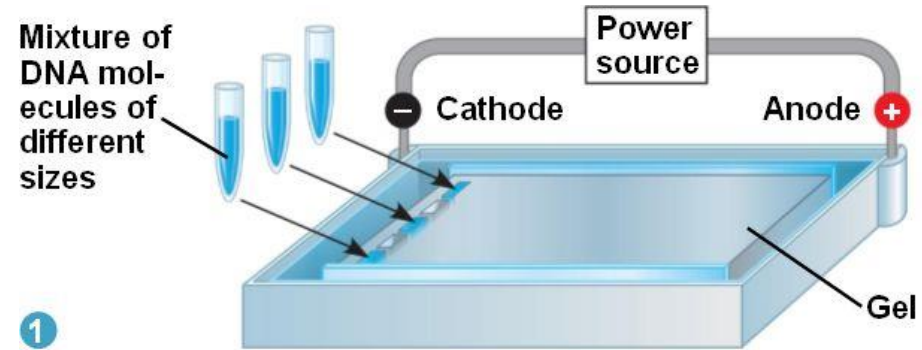


<https://www.google.com.tr/search?q=electrolysis&source>

DC AKIM ÖRNEĞİ Elektroferez



<http://www.rajaha.com/electrophoresis-principle-types-techniques/>



ELEKTRİK AKIMININ BİYOLOJİK ETKİLERİ

- **ISI ETKİSİ**
- **KİMYASAL ETKİSİ**
- **MANYETİK ETKİSİ**

ELEKTRİK AKIMININ BİYOLOJİK ETKİLERİ

ISI ETKİSİ

Akım geçen bir iletkende sürtünmeleri yenerek yükleri hareket ettirmek için yapılan iş sonuçta ısıya dönüşür



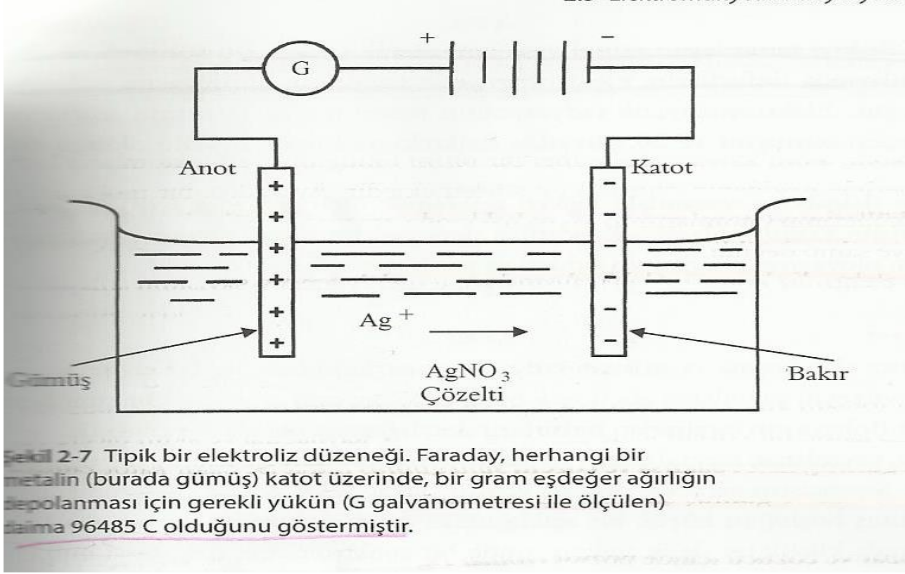
ELEKTRİK AKIMINA KAPILDI

ELEKTRİK AKIMININ BİYOLOJİK ETKİLERİ

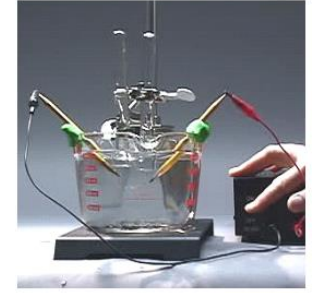
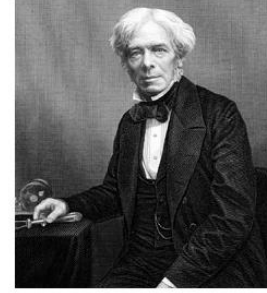
KİMYASAL ETKİSİ

- Farklı türlerde maddeler temas halinde iken kendiliğinden yük alışverişleri olabilir ya da tersine
- Birbiri ile değmede bulunan iki madde arasında elektriksel potansiyel farkı uygulanarak kendiliğinden yükseltgenme-indirgenme olayları başlatılabilir-ELEKTROLİZ, İYONTOFOREZ

İlk atom kavramı



MICHAEL FARADAY



**ELEKTROLİZ DENEYLERİ İLE
MADDENİN "+" VE "-"
YÜKLERDEN OLUŞTUĞUNU
İSPATLAMIŞTIR.**

**ELEKTROTLARDA TOPLANAN MADDE MİKTARI
DEVREDEN GEÇEN YÜK (AKIM VE SÜRE)
MİKTARI İLE DOĞRU ORANTILIDIR.**

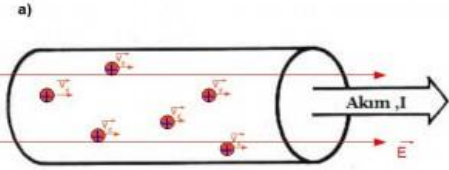
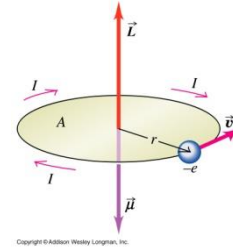
$$F = e \cdot N_A = 96485C$$



ELEKTRİK ALAN

1-Elektrik alanı (V/m):

Bir elektrik yükünün başka bir elektrik yükü üzerinde yarattığı çekme veya itme kuvveti etkisini ifade eder.

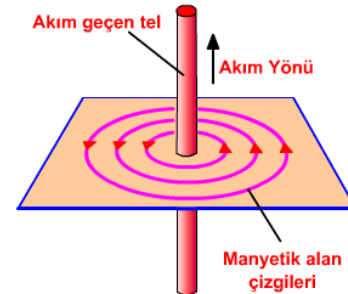


$$\mathbf{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qq}{r^2} \hat{\mathbf{r}} = q\mathbf{E}$$

2-Manyetik alan (Tesla veya Gauss): Elektrik yükleri yer değiştirdiğinde, yani bir elektrik akımı sirkülasyonu olduğunda ortaya çıkar.

isim	İntegral (tümlev) denklemleri
Gauss yasası	$\oint_{\partial\Omega} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \iiint_{\Omega} \rho \, dV$
Manyetizma için Gauss yasası	$\oint_{\partial\Omega} \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = 0$
Maxwell-Faraday denklemleri	$\oint_{\partial\Sigma} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d}{dt} \iint_{\Sigma} \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$
Ampère yasası (Maxwell denklemi ile)	$\oint_{\partial\Sigma} \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \mu_0 \iint_{\Sigma} \left(\mathbf{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right) \cdot d\mathbf{S}$

$$\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{v} \times \mathbf{B}$$



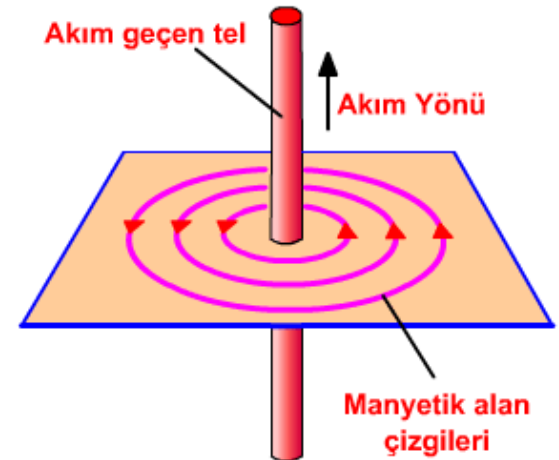
ELEKTRİK AKIMININ BİYOLOJİK ETKİLERİ

MANYETİK ETKİ

- Hareketli yüklü bir parçacığın veya üzerinden akım geçen bir telin çevresinde manyetik alan kurulur.
- Alternatif Akımlar geçen bir telin etrafında alternatif değişen manyetik alan oluşur

$$I = I_0 \sin 2\pi f t$$

$$F = q \cdot v \times B$$



BİYOELEKTRİK UYGULAMA ARAÇLARI

- GÜÇ KAYNAKLARI
- OSİLATÖRLER
- PULS JENARATÖRLERİ VEYA **STİMÜLATÖRLER**
- FONKSİYON JENERATÖRLERİ
- MAGNETOELEKTRİK STİMÜLATÖRLER
- BİLGİSAYAR KONTROLLÜ BİYOELEKTRİK
UYGULAMA ARAÇLARI

**TIPTA
BİYOELEKTRİK
UYGULAMALARI**

BİYOELEKTRİK UYGULAMALARI

Elektrik akımları tıpta iki önemli alanda kullanılmaktadırlar:

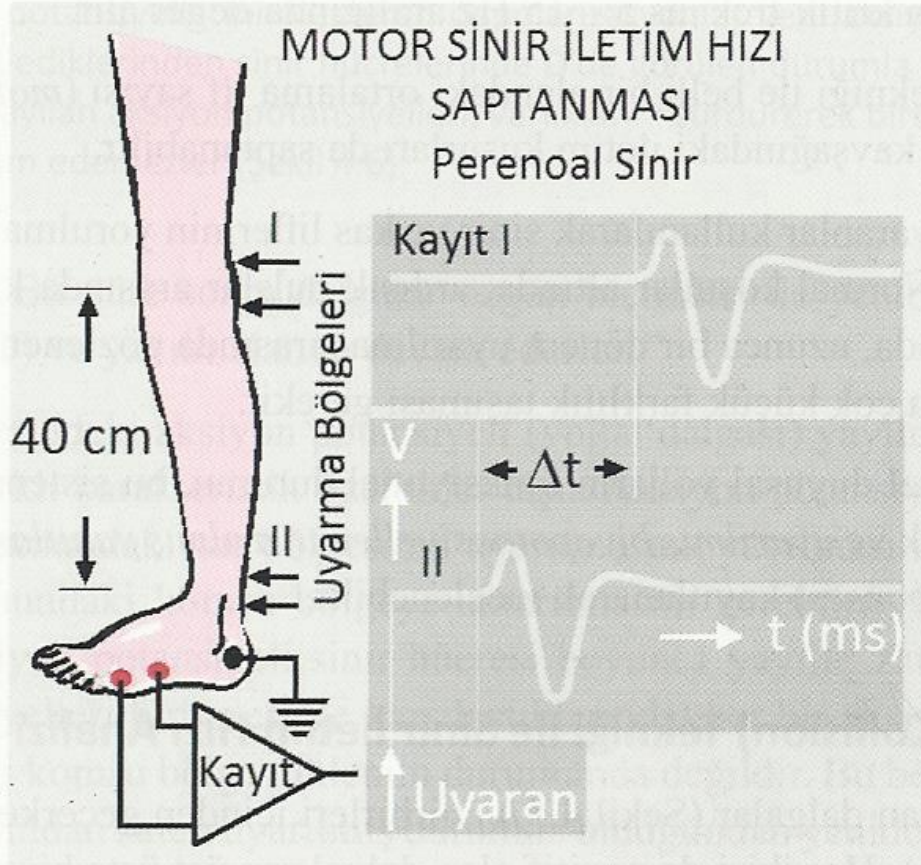
- Elektrodyagnoz**
- Elektroterapi/Elektrocerrahi**

ELEKTRODİYAGNOZ-Elektriksel Uyarım:

Elektrik akım kullanılarak elektriksel uyarım yoluyla yapılan teşhis yöntemleridir:

- Elektromiyografi (EMG)
- Elektrokardiyografi (EKG)
- Elektroansefalografi (EEG)
- Elektoretinografi (ERG)
- Elektrokülografi (EOG) gibi

Tanısal Tıpta elektriksel uyarmanın Önemi- İletim Hızı



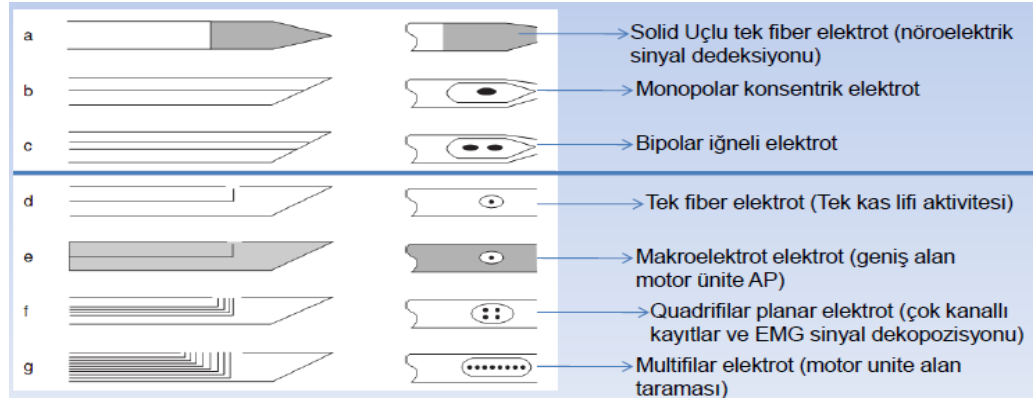
Şekil 4.3 Motor sinirde iletim hızı saptanırken kayıtlama bölgesi (sinir ile bağlantılı kas) sabittir ve sinir iki farklı noktadan uyarılarak kayıtlar alınır. Örnek için, yanıtların latansları arasındaki fark $\Delta t = 8 \cdot 10^{-3}$ s ve iletim hızı $v = (\text{Uyarma bölgeleri arasındaki uzaklık}) / \Delta t = 40 \cdot 10^{-2} \text{m} / 8 \cdot 10^{-3} = 50$ m/s'dir.

SİNİR VE KAS DOKULARININ ELEKTRİKSEL UYARILMASI- ELEKTRODİAGNOZ

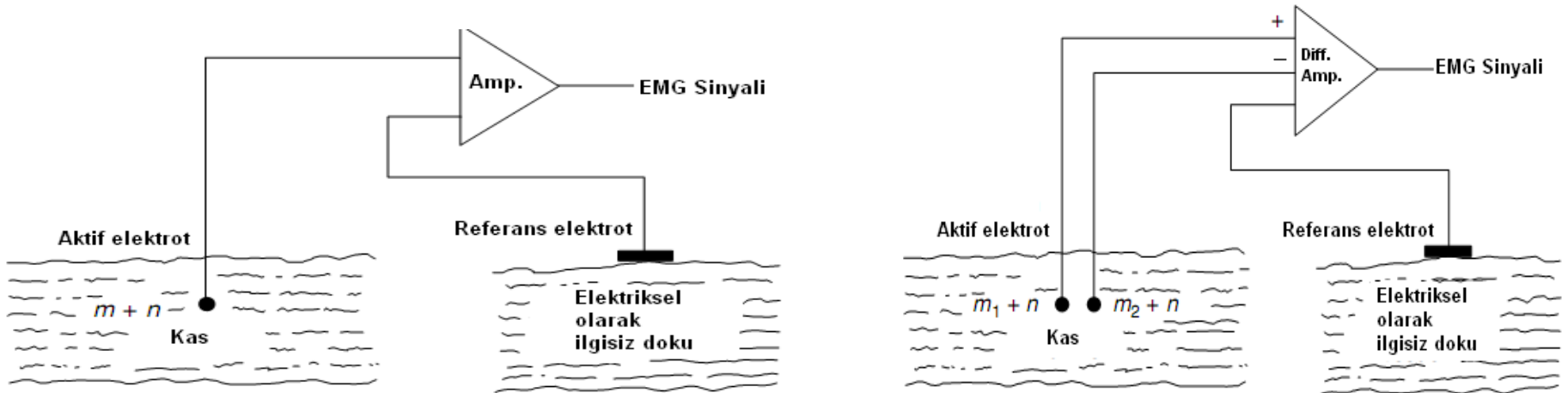
- **Elektriksel uyarmalarla aksiyon potansiyelini başlatmak veya bloke etmek**
- **Özel kas gruplarının kasılması**
- **Anestezik durum gibi sonuçlar doğurabilmektedir**

ELEKTRODİAGNOZ

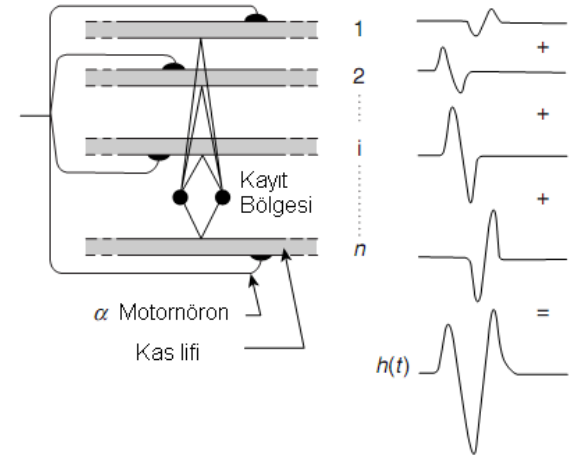
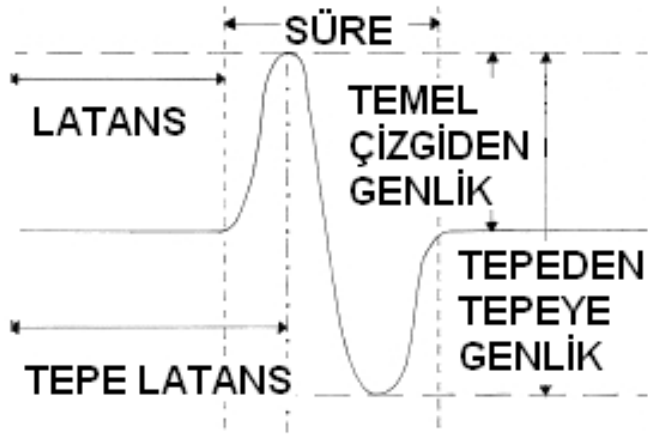
ELEKTROMİYOGRAFİNİN (EMG)



EMG KAYIT ÇEŞİTLERİ

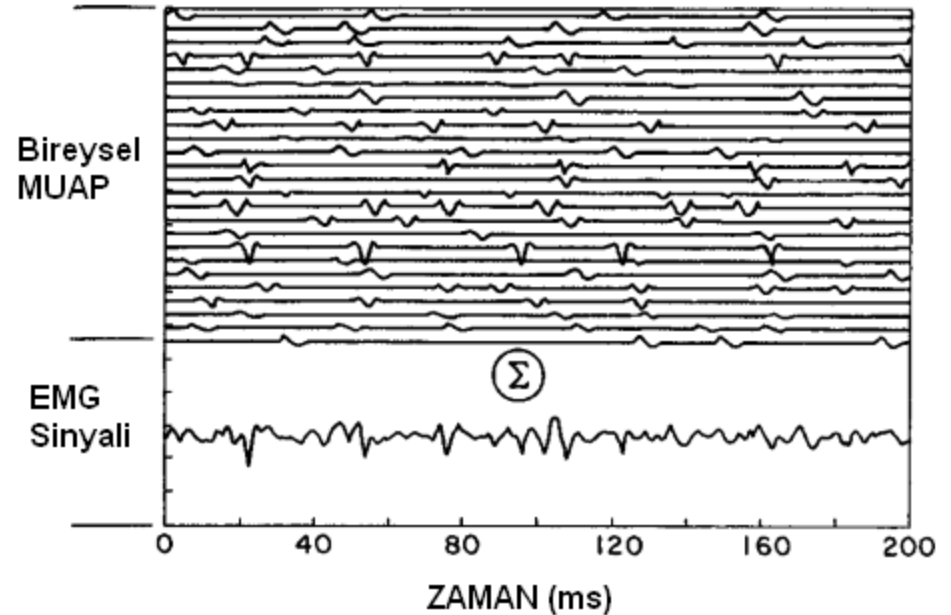


EMG

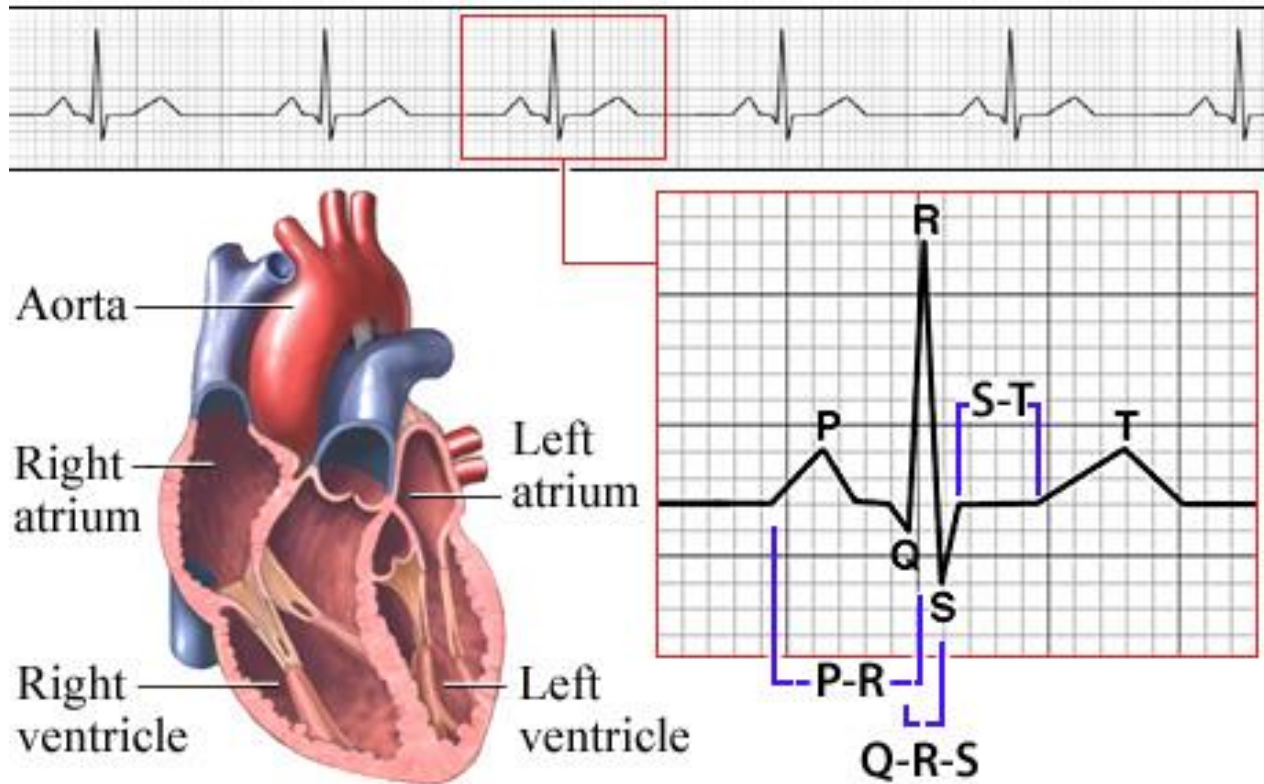


Motor unite aksiyon potansiyeli (MUAP).

- MUAP ölçümlerini etkileyen faktörler;
- 1. Elektrot kayıt yüzeyi ile motor unite kas liflerinin geometrik olarak ilişkisi,
- 2. Kas demetinin büyüklüğü
- 3. Motor üniteye yer alan kas demet sayısı.

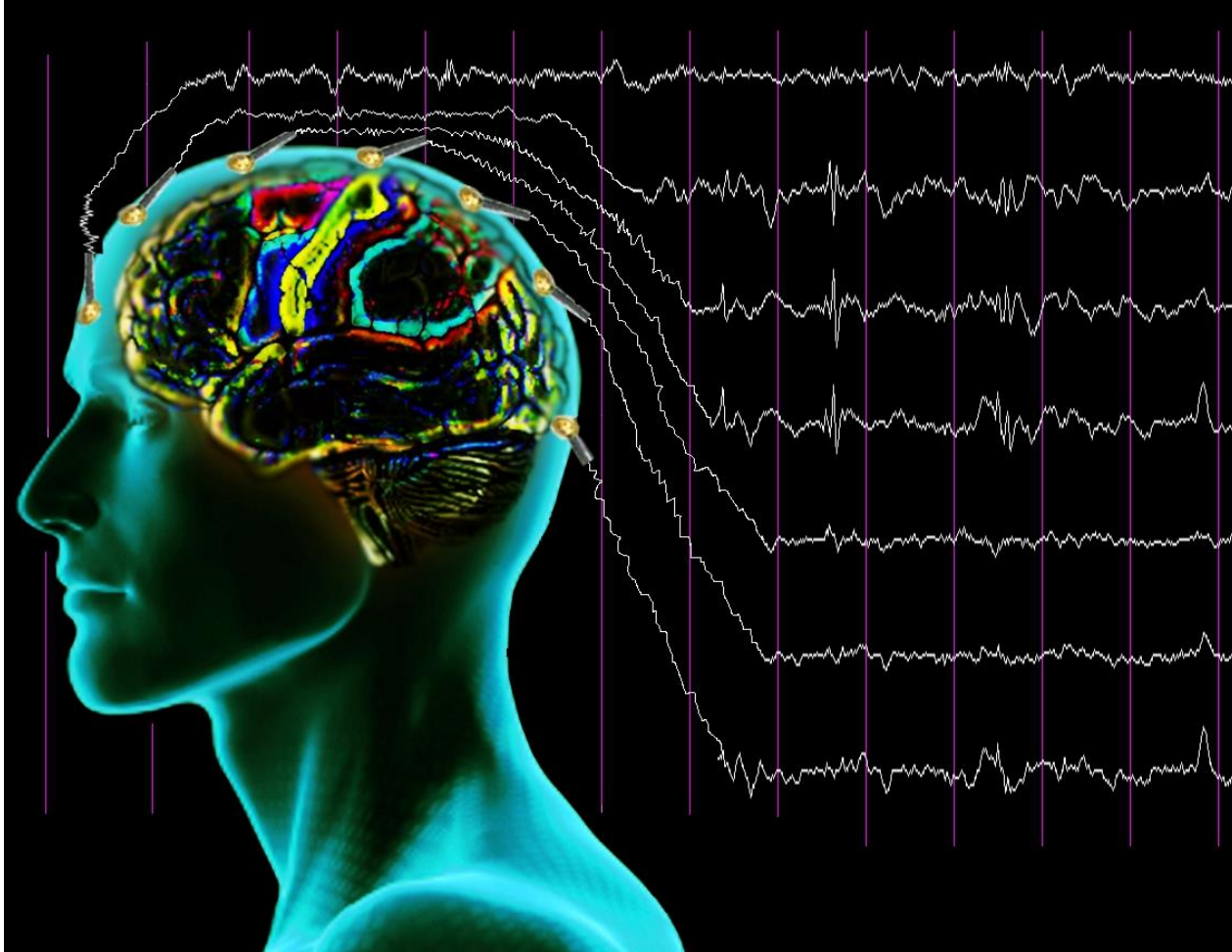


EKG (Elektrokardiyografi)



<http://www.saglik.im/elektrokardiogram-ekg/>

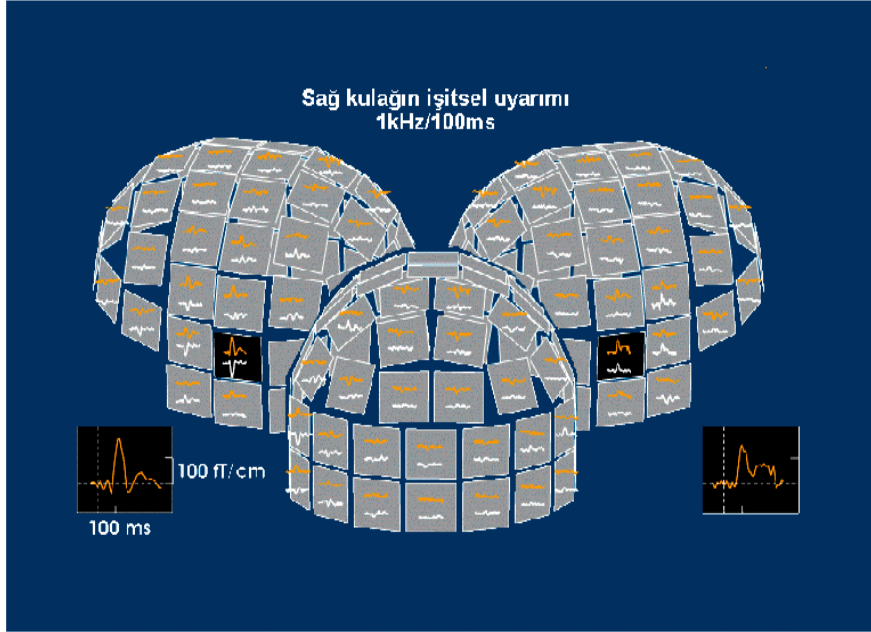
EEG (Elektroan-sefalografi)



<http://www.pendikhospital.com.tr/tibbi-birimlerimiz/eeg/>

Magnetoensefalografi (MEG)

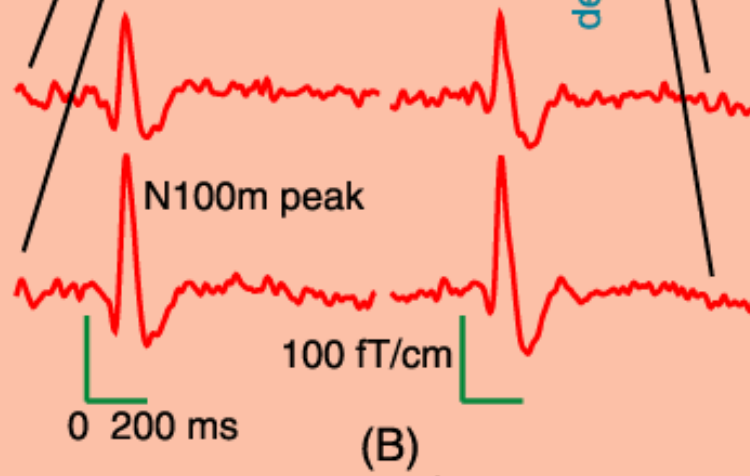
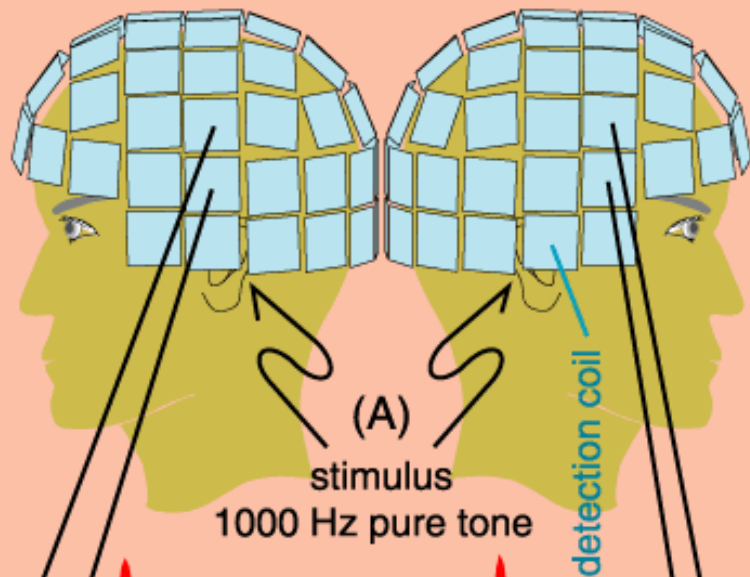
- MEG, Beynin biyoelektrik aktivitesinin neden olduğu manyetik alanın ölçülmesidir
- EEG'nin modern versiyonudur.



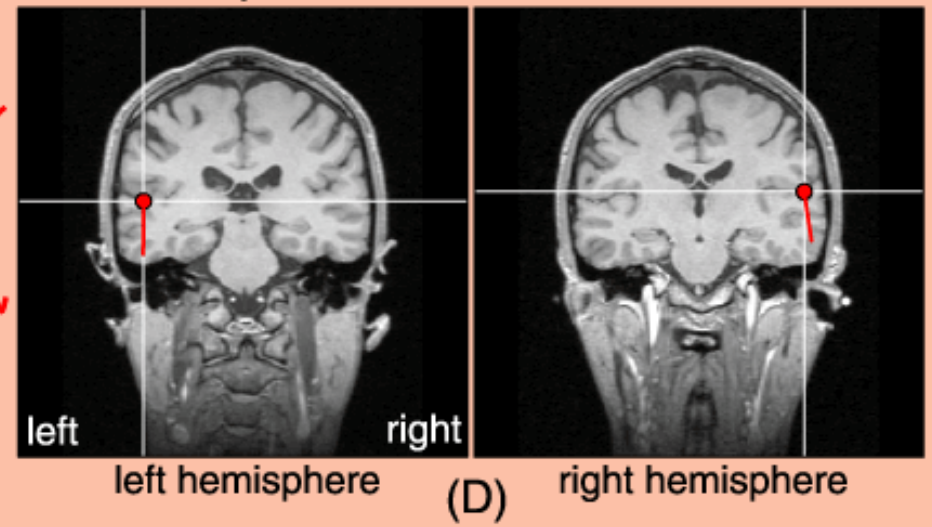
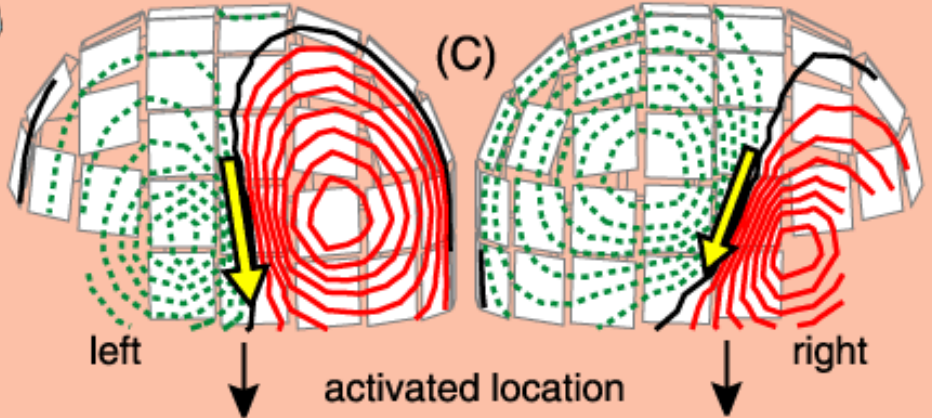
MEG Ölçümleri



Analysis of Auditory Evoked Brain Magnetic Fields



Contour maps over both hemispheres 130 ms after stimulus onset with activated locations (yellow arrow) and corresponding MR images



ELEKTROTERAPİ-Elektrik akımları ile tedavi

- Ağrı duyusunun giderilmesinde
- Farklı derinliklerdeki dokuların uygulanmasında
- Çeşitli iyonların organizmanın istenilen bir yerine gönderilmesinde elektrik akımlarının kullanılmasıdır.

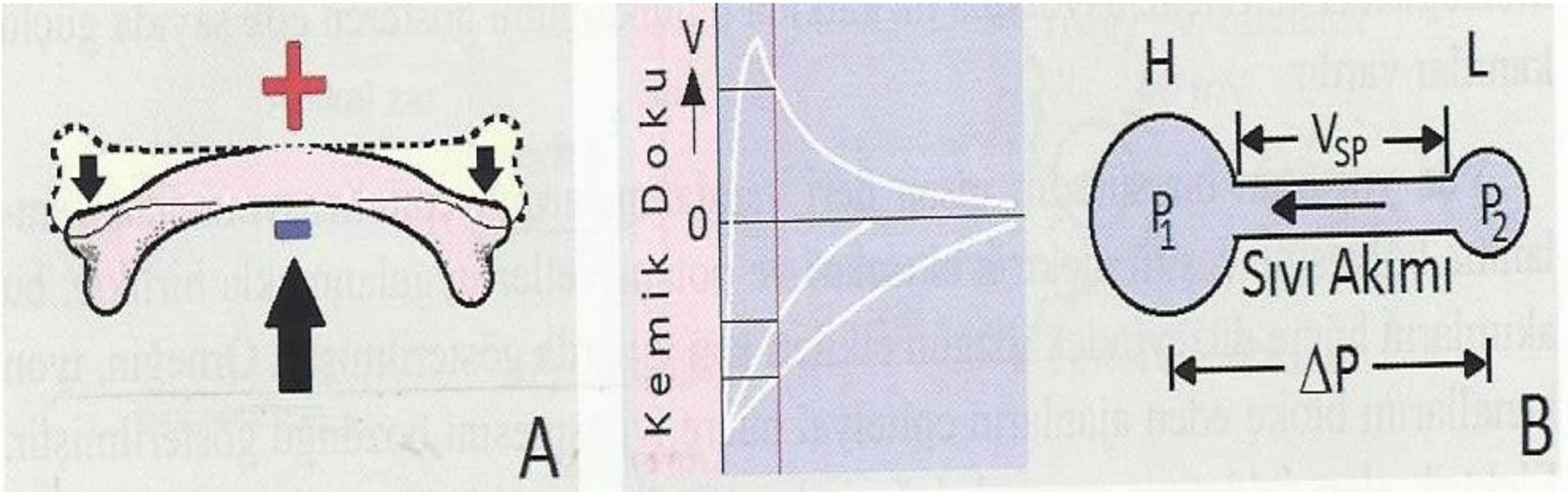
Tıpta tanı ve tedavi amacıyla kullanılan akımları frekansları bakımından üçe ayırabiliriz:

- Alçak Frekanslı Akımlar:
Frekansı 1000' den aşağı olan akımlardır.
- Orta Frekanslı Akımlar
- Yüksek Frekanslı akımlar

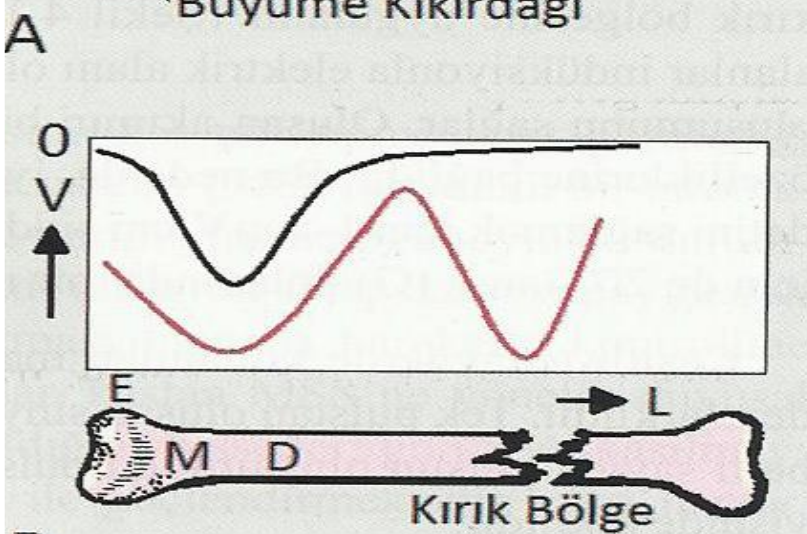
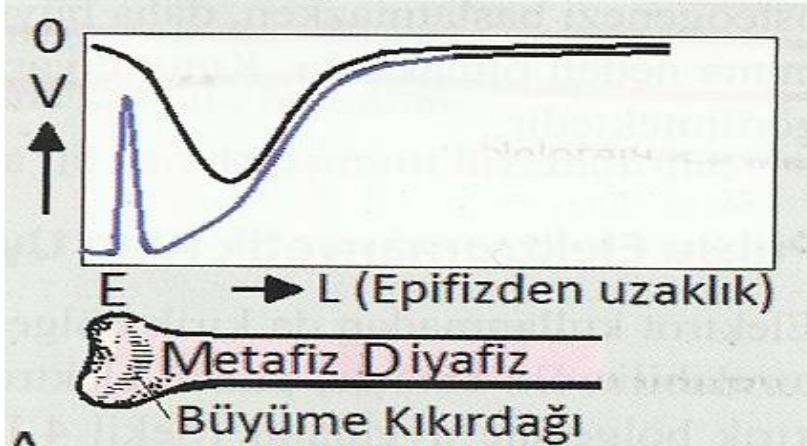
Tıpta elektriksel tedavinin Yeri

- Büyüme
- Epitelizasyon
- Kemik doku yapılaşma ve şekillenme
- Kas kasılmasında tedavi amacı ile elektrik akımı kullanımı

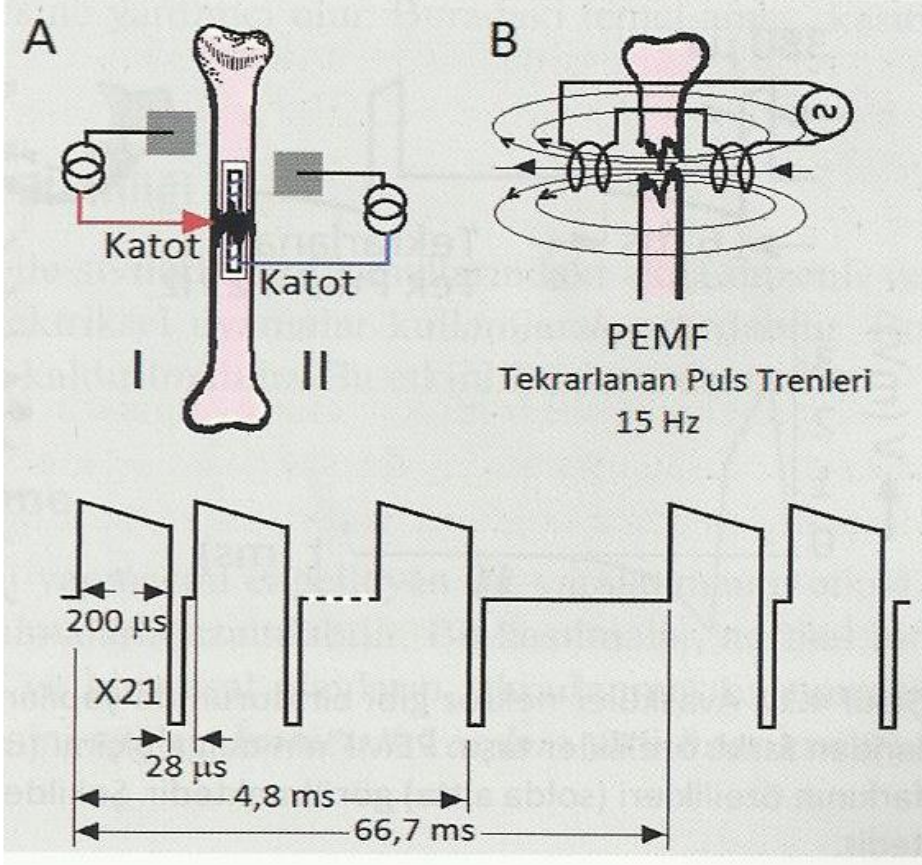
Kemik doku yapılaşma ve şekillenme



Şekil 4.8 Piezoelektrik özelliklere sahip kemik doku, zor etkisinde kaldığında gerilme altındaki bölgelerde pozitif, sıkışma altındaki bölgelerde negatif potansiyel oluşur (A). Kemik dokunun, değme halinde olduğu sıvıda bulunan iyonları adsorpsiyonu sonucu oluşan *elektriksel çift tabaka* bir dış basınç etkisinde hareket eder. Haversiyen (H) kanal ile lakuna (L) arasındaki kanalcıkta oluşan sıvı ve ona eşlik eden yük hareketi elektrik akımları/akıntı potansiyelleri (V_{SP}) oluşturur (B).



Şekil 4.9 Kemik dokunun gelişimi sırasında epifiz (E) ve büyüme kıkırdağı bölgesinin potansiyeli negatiftir (A). Kemiğin kırılması durumunda, kırık bölgesinin potansiyeli de negatifleşir (B).



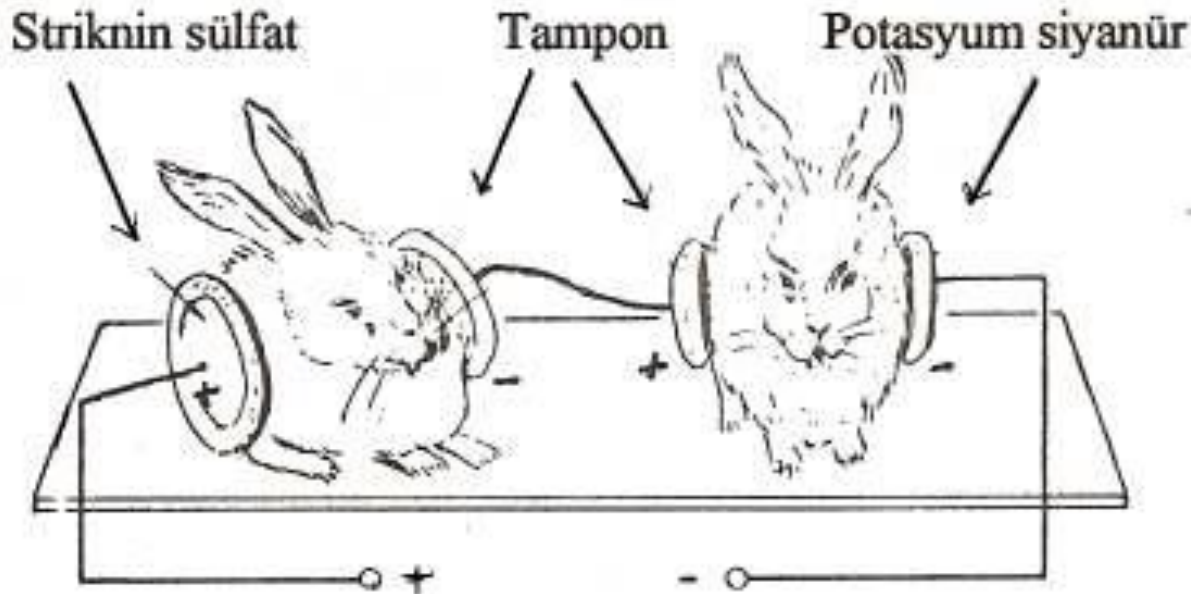
Şekil 4.10 Kaynamayan bir kemik kırığının tedavisinde, katot kırık bölgesine yerleştirilerek (I) veya metal implant katot seçilerek (II) DC akım uygulanabilir (A). İyileşme süreci, akım makarası ile pulslu elektromanyetik alan (PEMF) uygulayarak da başlatılabilir (B). Kaynamayan veya kaynama gücülüğü olan durumda uygulanan pulsların özelliği altta görülmektedir.

Kas kasılmasında tedavi amacı ile elektrik akımı kullanımı

- Kası eğitme
- Kas kasılmasının oluşturduğu pompalama ile kan dolaşımını hızlandırma
- Kas atrofi gelişimini geciktirme
- Kası güçlendirme
- Kasın hareket aralığını genişletme

ELEKTROTHERAPİ-İyontoforez

Elektrik akımı etkisinde yüklü taneciklerin dokuya sokulması işlemine iyontoforez denir



Leduc deneyi ile iyon göçünün gösterilmesi

İyontoforez

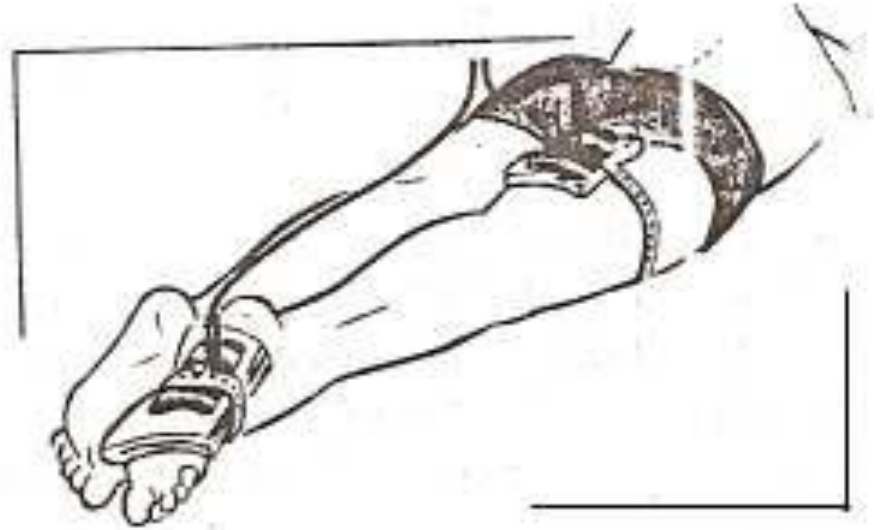
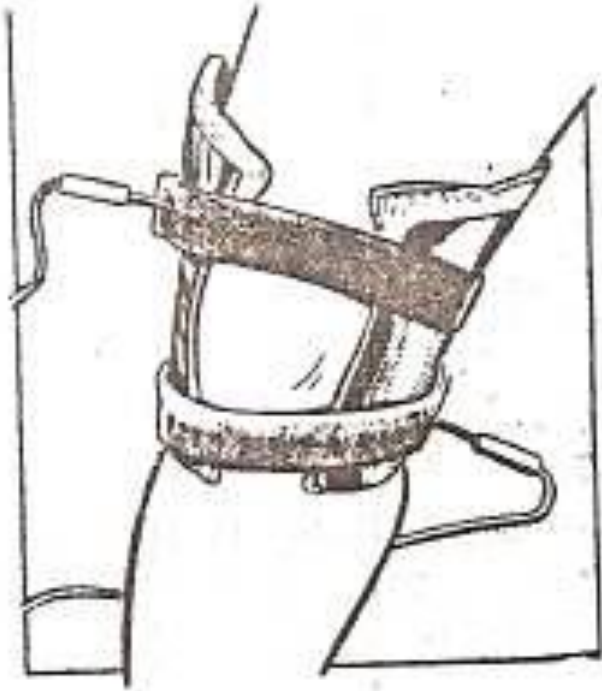
- **Bakır ve Çinko iyontoforezi** - Tinea pedis. Bu metod antibiyotiklerin bulunmasıyla önemini kaybetmiş olmasına rağmen ilaca cevap vermeyen durumlarda kullanılabilir.
- **Gümüş iyontoforezi** % 2'lik gümüş nitrat eriyiği ile bazı eklemlerde oluşmuş olan osteoartritin tedavisinde kullanılır
- **Vazodilatör ilaçlarla iyontoforez (Histamin)**: Vazodilatör bir madde, galvanik akımla pozitif uçtan cilde sokulabilir
- **Vazokonstrüktör ilaçlarla iyontoforez (Adrenalin)**
- **Lokal anestezi yapan ilaçlarla iyontoforez**
- **Kalsiyum ve İyot iyontoforezi** : Hemipleji serebral

İyontoforez



Hiperhidroz (Aşırı Terleme) ve Tedavisi

İyontoforez



Galvanizasyonda yada iyontoforezde elektrodların dize bağlanma şekli

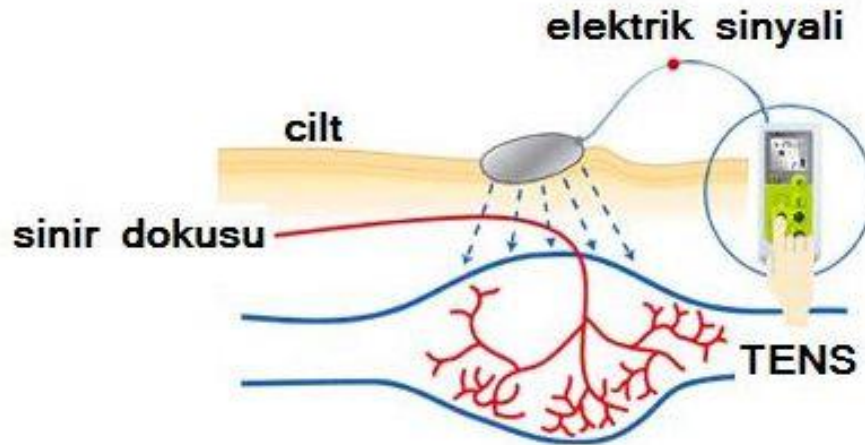
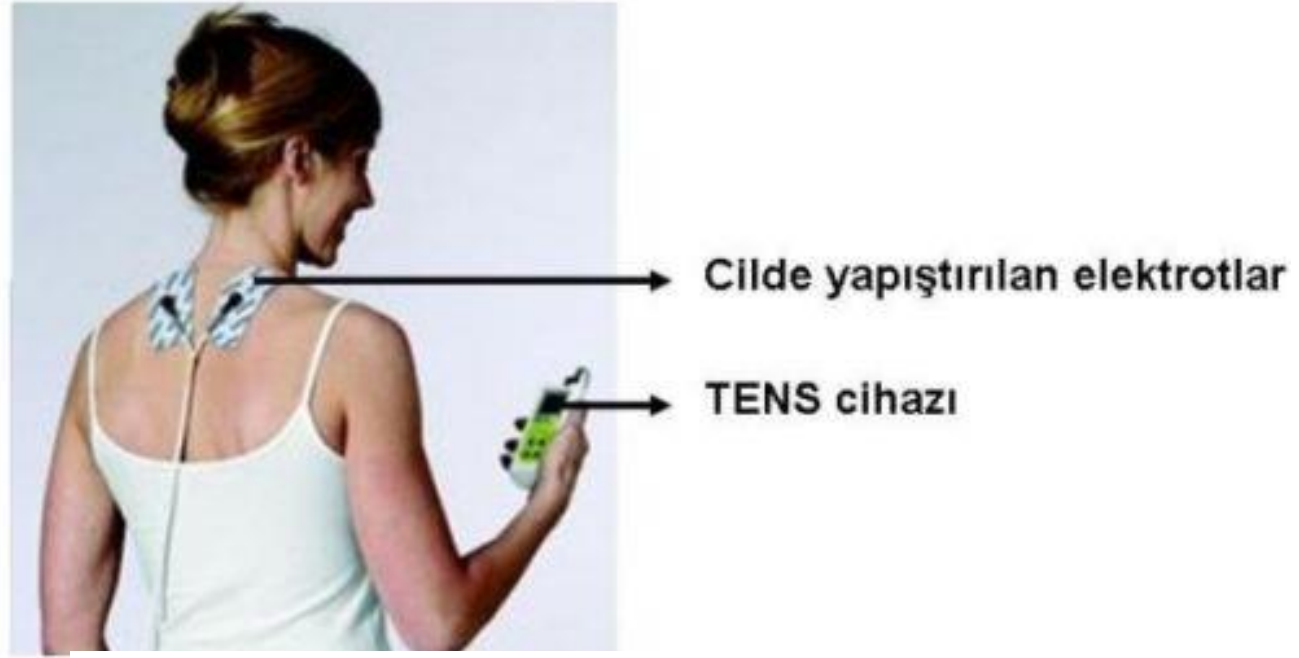
Uygulamada Romatizma Tedavisi

AĞRI GİDERİMİ İÇİN ELEKTRİKSEL UYARILMASI, Transcutaneous Electrical Neural Stimulation, TENS- ELEKTROTHERAPİ

AMAÇ: Çevresel sinirlere elektrik uygulaması ile kronik ağrıların giderilmesi

- **0-150V, 10 Hz-200 Hz**

TENS UYGULAMASI



MERKEZİ SİNİR SİSTEMİNİN ELEKTRİKSEL STİMÜLASYONU- ELEKTROTHERAPİ

AMAÇ: Merkezi sinir sistemi ile ilgili birçok motor bozukluklarının tedavisinde korteksin elektrikle uyarılması sağlanmaktadır

- Epilepsi, beyin felci..vb**
- 0-150V, 10 Hz-50 Hz**
- Bellek kaybına neden olabilen cerrahi uygulamaya tercih edilebilmektedir**

FONKSİYONEL ELEKTRİK STİMÜLASYONU, FES- ELEKTROTERAPİ

Kaybedilen nörolojik bir işlevin yerini alabilecek araca nöral protez, bu amaçla elektrik uygulamasına FES adı verilir

ELEKTRONARKOZ- ELEKTROTERAPİ

AMAÇ: Anastezik veya uyku durumunun yaratılmaya çalışılması

- **0-150V, 20 Hz-10 000 Hz**
- **Mekanizması bilinmemektedir**

ELEKTROŐOK TERAPİ DEPRESYON UYGULAMASI



MANYETİK UYARIM DEPRESYON UYGULAMASI



DEFİBRİLATÖRLER- ELEKTROTERAPİ

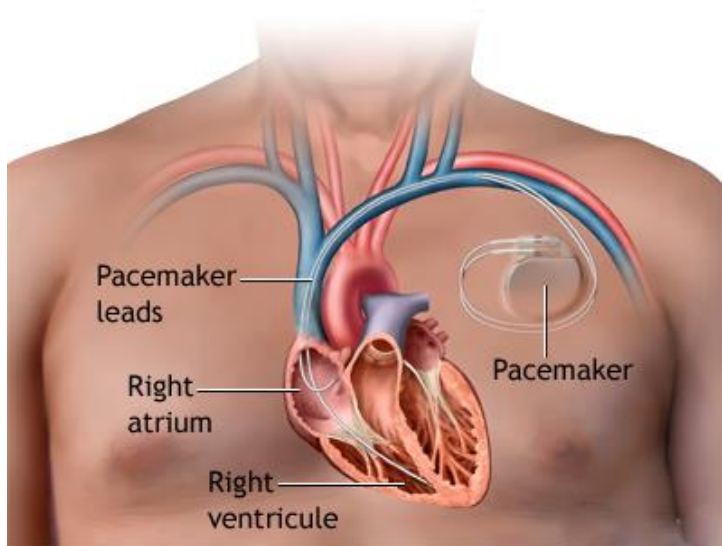


5 000 V dolayında potansiyel farkında çalıştırılır

ELEKTRONİK PACEMAKER- ELEKTROTHERAPİ

AMAÇ:

Ritim Bozukluklarının tedavisi



KISA DALGA DİATERMİ- ELEKTROTHERAPİ

AMAÇ: Isıtıcı etkisinden yararlanılarak yapılan fizik tedavi uygulamasıdır

- Terapi frekansı 27 MHz
- Mekanizması, RF nin Termal etki



ELEKTROCERRAHİ, ELEKTROKOTER-ELEKTROTHERAPİ

AMAÇ: Isıtıcı etkisinden yararlanılarak cerrahi uygulamasıdır

- **Terapi frekansı 250kHz-4 MHz**
- **Mekanizması, Termal etki**

Küretaj ve elektrokoter kullanımı



~0-300 Hz Aşırı Düşük Frekanslar

~300 Hz-1kHz Düşük Frekans

~ 1kHz-100kHz Orta Frekans

~100kHz-300GHz Yüksek Frekans

Oldukça Düşük Frekanslı (ELF, 0-300Hz) Elektromanyetik Alanların Etkileşim Mekanizması

Statik Elektrik alan:

En belirgin akut etkileri iyi bilinen vücut kıllarının hareketi ve kıvılcım deşarjları.

Statik Manyetik Alan:

1- Manyetik indüksiyon (Weber/m²),

-Elektrolitlerin hareketi ile elektrodinamik etkileşimler (Lorent kuvveti etkisi)

-İndüklenmiş elektrik alan ve akımları

2- Magneto-mekaniksel Etki:

-Magneto-oryantasyon (paramagnetik, tork),

-Magneto-mechanical translation (paramagnetik ve dia-

3- Elektron-spin etkileşimi (radikal çifti-diğer spin):

Radikal çift mekanizması (Ritz ve ark., 2000;2004)

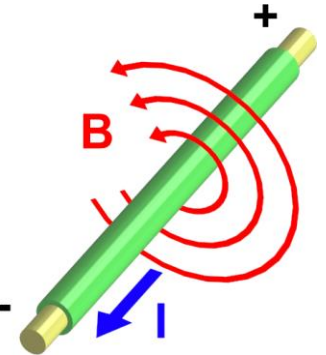


Table 1. Static magnetic field quantities and corresponding SI units.

Quantity	Symbol	Unit
Current	I	Amperes (A)
Current density	J	Amperes per square meter ($A\ m^{-2}$)
Magnetic field strength	H	Amperes per meter ($A\ m^{-1}$)
Magnetic flux	Φ	Weber (Wb or $T\ m^2$)
Magnetic flux density	B	Tesla (T)
Permeability	μ	Henrys per meter ($H\ m^{-1}$)
Permeability of free space	μ_0	$4\pi \times 10^{-7}\ H\ m^{-1}$

Table 2. Limits of exposure^a to static magnetic fields.

Exposure characteristics	Magnetic flux density
Occupational ^b	
Exposure of head and of trunk	2 T
Exposure of limbs ^c	8 T
General public ^d	
Exposure of any part of the body	400 mT

Elektrik ve Manyetik Alanların Biyolojik Etkileri

○ **Kanserojen Etki**

IARC (Uluslararası Kanser Araştırma Kurumu),

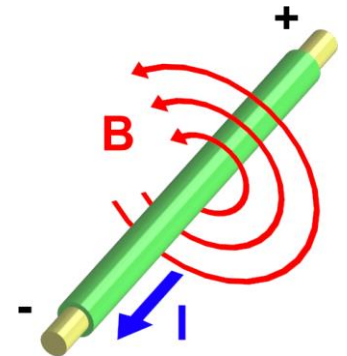
*Haziran 2001 çok düşük manyetik alanları

“insanlar için olası karsinojen” olarak sınıflandırdı.

○ **Çocukluk çağı Lösemileri**

○ **Beyin Tümörleri**

○ **Gebelik maruziyeti**



Elektrik ve Manyetik Alanların Biyolojik Etkileri

- **EKG dalgalarında değişim**
- **Görme yolunun ışık görmüş gibi aşırı uyarımı (Magnetofosfen)**
- **Sabit elektrik ve manyetik alanların, protein sentezine ve işlevlerine olumsuz etkisi**
- **Kas kasılma kuvvetini azaltma (Sabit manyetik alan)**
- **Yerin manyetik alan katkısı ile birlikte aşırı düşük frekansların birlikte etkisi ile rezonans frekansında maksimum soğurmaya neden olma (Yüksek gerilim hatları)**

KAYNAKLAR:

- 1. Pehlivan F. Biyofiziğe giriş, 8. Baskı, Pelikan Yayıncılık, 2012.**
- 2. Prof. Dr. Hamza Esen ve Prof. Dr. Ferhan Esen, Biyofizik Yöntemler biyolojik etkiler önlemler, Ankara Nobel Tıp Kitabevi, 2017**