

# FİZYOTERAPİ VE REHABİLİTASYON UYGULAMALARINDA “elektrostimölasyon”

Uzm.Fzt.Murat Dalkılıç



# ELEKTROSTİMÜLASYONUN SINIFLANDIRMADAKİ YERİ

Soğuk uygulama modaliteleri > cold pack /soğuk kompresyon... vs

Sıcak uygulama modaliteleri > hot pack, fluidotherapy..vs

Tedavi amaçlı Ultrason / fonoforez

---

**Elektroterapi modaliteleri >Elektrostimülasyon, biofeedback...vs**

---

Hidroterapi >Whirlpool, kontrast banyo..vs

Elektromanyetik Radyasyon >Lazer,Ultraviole, Diatermi

Mekanik Modaliteler >Traksiyon, Pnömatik Kompresyon,CPM

# ELEKTRİK AKIMLARI İLE İLGİLİ TEMEL BİLGİLER

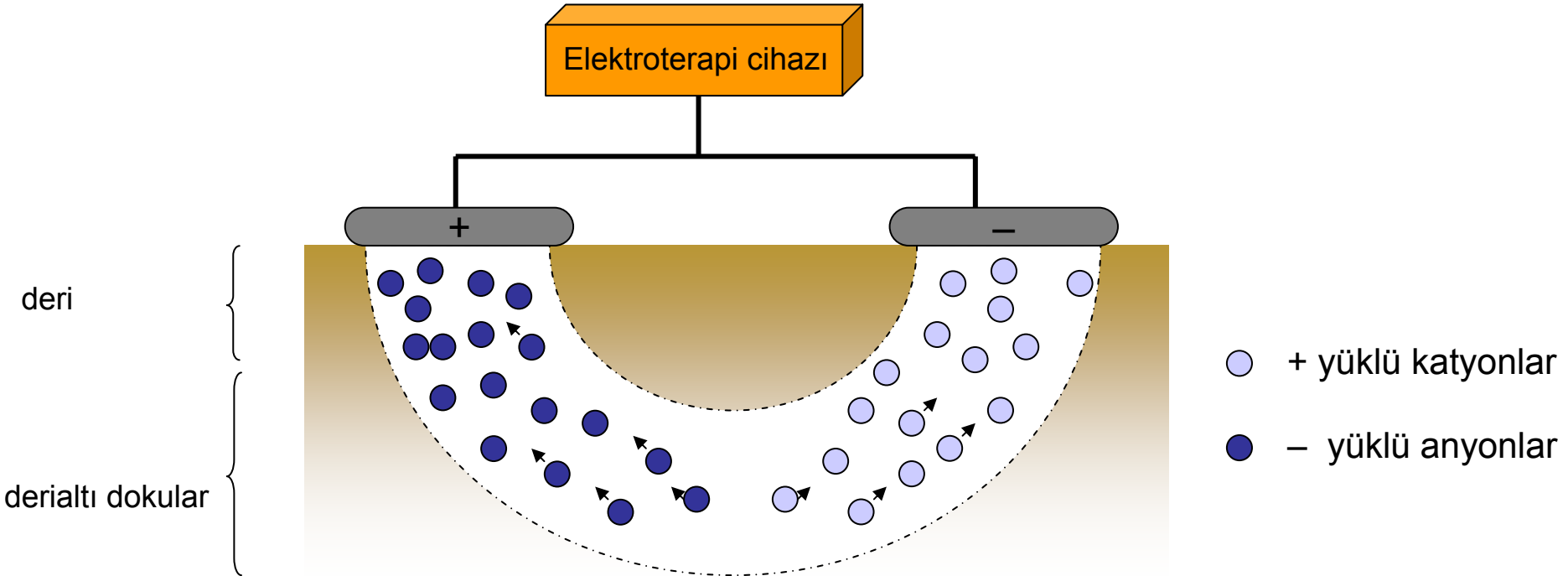
## ATOM

elektron-proton-nötron

Elektron > Proton = eksi yüklü parçacık [anyon]

Elektron < Proton = artı yüklü parçacık [katyon]

Negatif yada pozitif yüklü iyonlar, yüksek yoğunluktan düşük yoğunluğa doğru hareket etme eğilimindedirler. İyonların elektriksel **potansiyel farkı** iyonların hareketini sağlayacak bir elektrik enerjisini doğurur.



Elektroterapi cihazından > elektrotlara > hastanın cildine akan elektronlar, elektrotların altındaki biyolojik dokularda iyon akışına ve hareketine neden olurlar.

# ELEKTRİK AKIMLARI İLE İLGİLİ TEMEL BİLGİLER

**Elektrik akımı** net elektron hareketini ifade etmektedir ve amperle ölçülmektedir.

1 amper saniyede 1 coloumb yada  $6,25 \times 10^{18}$  elektronun hareket ettiğini ifade eder.

Amper elektron akış miktarını, coloumb akan elektron sayısını ifade etmede kullanılır.

Tedavi amaçlı elektrik akımları genellikle;

miliamper                      mA (1/1000A)

mikroamper                    mA (1/1,000,000A) düzeyindedir.

İki nokta arasında herhangi bir potansiyel fark yoksa elektronlar hareket etmezler.

Elektronların hareket etmesini sağlayan potansiyel farkının yarattığı güç Volt olarak bilinir.

Günlük kullanımda, prizlerden alınan ve elektronların hareketini sağlayan voltaj 220'dir.

# ELEKTRİK AKIMLARI İLE İLGİLİ TEMEL BİLGİLER

Elektronlar iletkenler üzerinden daha kolaylıkla hareket etmektedirler.

Biyolojik dokularda **kaslar ve sinirler** iyi iletken özelliktedir.

**Deri ve yağ dokusu** iyi yalıtkan özelliktedir.

İletken maddelerde, farklı derecelerde görülen ve elektron geçişine karşı oluşan kuvvetlere, direnç/empedans denir ve bu değer ohm ( $\Omega$ ) ile ölçülür.

Eğer, bir elektrik devresinde yüksek direnç mevcutsa, bu daha az akım oluşmasına neden olur.

## ELEKTRON AKIŞI İLE SU AKIŞININ BENZEŞTİRİLMESİ

ELEKTRON AKIŞI		SU AKIŞI
Volt	=	Pompa
Amper	=	Litre
Ohm	=	Direnç
<i>iletkenin özelliği</i>		<i>su borusunun uzunluğu/çapı</i>

# ELEKTRİĞİN BİYOLOJİK DOKULAR ÜZERİNDEKİ TEMEL ETKİLERİ

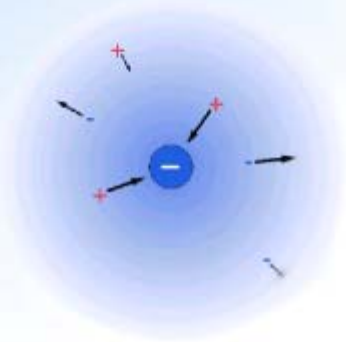
Yanık



Elektrik alan

Etkin medikal iyonların [+/-] dokuya penetrasyonu

IYONTOFORESİZ



Eksitasyon  
[uyarılma]

Kas hücreleri



Sinir hücreleri



DENERVE KAS

Afferent

Efferent

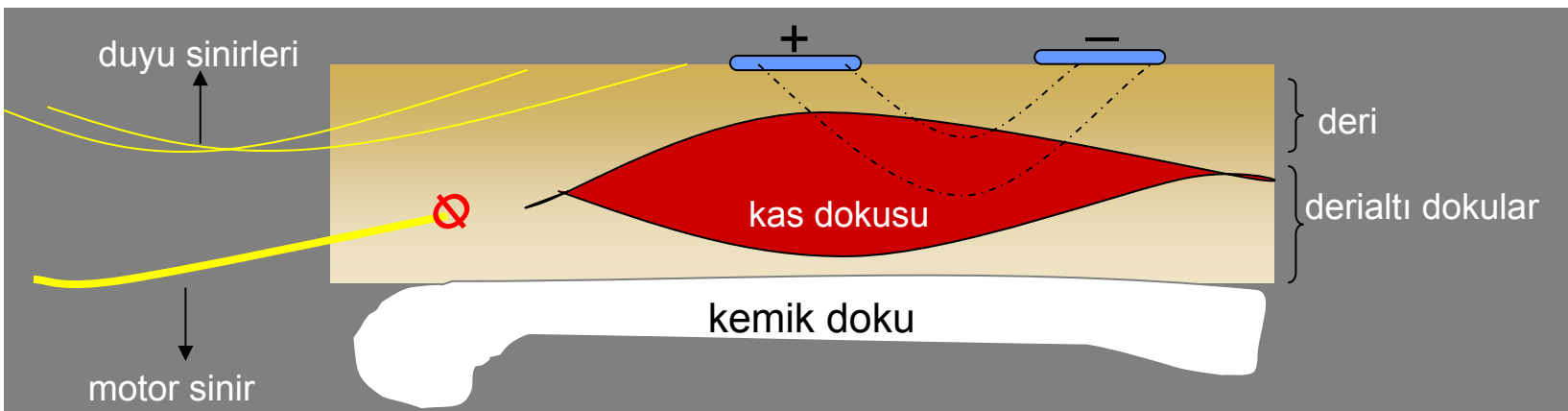
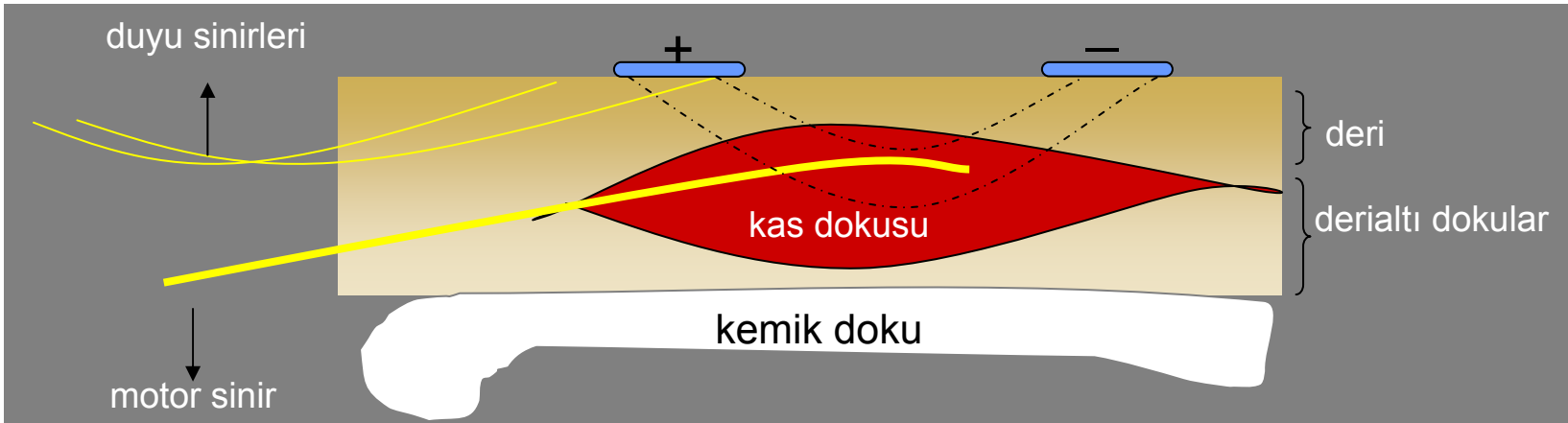
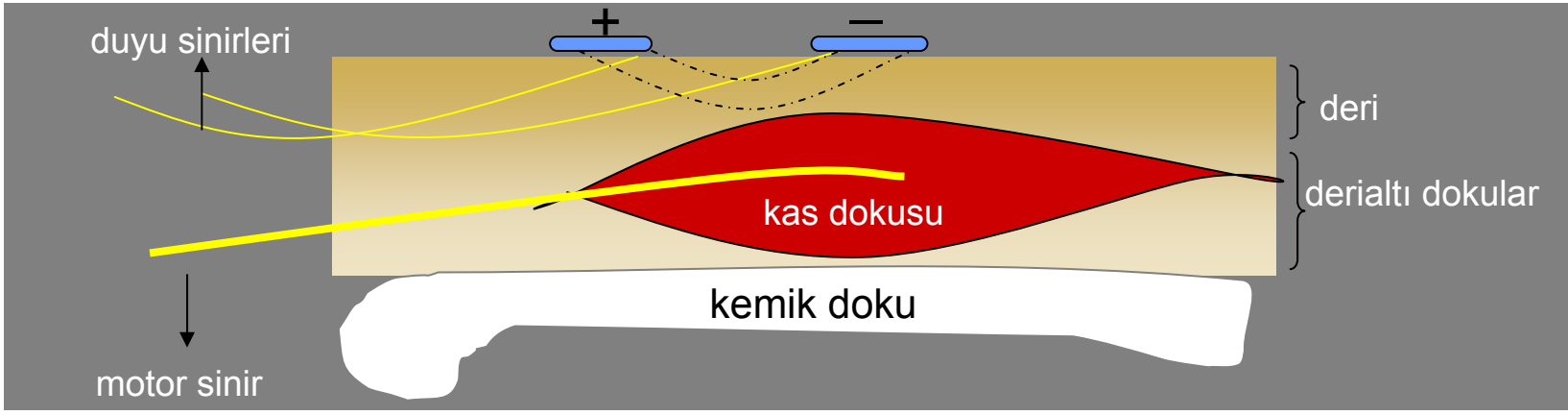
ANALJEZİK/ANTALJİK

(ağrı kontrolü)

NMES

(kas kasılması)

# SİNİR VE KAS LİFLERİNİN EKSİTASYONUNUN SEMBOİLİK GÖSTERİMİ



# ELEKTROTERAPATİK AKIMLARIN FİZYOLOJİK ETKİLERİ

Elektrik akımlarının uygulanışı sırasında, aynı anda pek çok biyolojik yapı etkilenmektedir. Tedavi hedeflerine ulaşmak için doğru dokudan cevap almak, bunun içinde doğru tekniği/parametreleri seçmek önemlidir. Bunun yanında diğer önemli konular uygulamanın ve uygulama yapılacak alanın özelliklerini bilmektir.

Uygulama bölgesinde inervasyon / denervasyon durumu nedir?

Uygulama bölgesinde duyu defekt mevcut mudur ?

Uygulama bölgesinde yağ dokusu fazla mıdır ?

... vb gibi

## ELEKTRİK AKIMI UYGULANDIĞINDA DOKULARIMIZDA NELER OLUR ?

### **Elektrokimyasal etkiler**

Ciltte, anot altında asidik, katot altında alkalın reaksiyonlar oluşur ve cildin pH'ı değişir.

Vücut, bu değişikliğe "ilgili bölgede kan dolaşımını artışı" ile cevap verir. pH değişiminin devamı ve polarizasyon-kutuplaşma- ilgili bölgede kimyasal "yanık riski" oluşturur.

### **Elektrotermal etkiler**

Yüklü parçacıkların hareketi mikrovibrasyona sebep olur.

Bu vibrasyon ve sürtüne etkisi biyolojik dokularda ısınmaya neden olur.

Elektrot geçirgenliği, deri direnci ve uygulanan akım türü, yanık oluşmasını önlemede dikkat edilecek hususlardır. AC ve PC'de risk oldukça düşük DC' de daha yüksektir.

### **Elektrofiziksel etkiler**

Deri altında oluşan iyon hareketliliğinin en önemli sonucu **periferel sinirlerin depolarizasyonudur**.





Sunumun bundan sonraki bölümünün amacı, yanda görülen ve bir kısmını günlük mesleki hayatımızda kullandığımız, kavram kargaşası yaratan terimlerin anlaşılabilmesini sağlamaktır.

Pek çok terim yanlış ve yersiz kullanıldığı halde doğru sanılmaktadır.

## ***Elektrostimülasyonda ciddi bir kavram kargaşası halen sürmektedir!***

Bunun nedenleri arasında, firmaların, kullanıcıların, araştırmacıların konuya farklı bakış açıları ile yaklaşmaları ve kanıta dayalı verilerin pratik uygulama alanında yeterince güncellenmemesi önde gelmektedir.

1986 yılında, American Physical Therapy Association, *Electrotherapeutic Terminology in Physical Therapy* adlı yayınıyla, terminolojide kavram kargaşasını çözme girişiminde bulunmuştur.

- Interferential / Enterferansiyel
- Premodulated / Premodüler
- Russian / Russian-Rus Akımı
- Biphasic / Bifazik
- "VMS" /
- High Volt Pulsed current /Yüksek Voltaj kesikli akım
- Microcurrent /Mikroakım



AC ve PC 'nin değişik konfigürasyonudurlar, farklı akım tipleri değildirler.

- Frekans,Atım Durasyonu,İntensite..vb elektrik akımları için ayarlanabilen parametrelerdir.

Önceleri sınırlı sayıda dalga formu üretebilen cihazlar üretildiği için cihazlar; Russian, Galvanik, Faradik, Enterferansiyel, Yüksek voltaj... gibi ifadelerle biliniyordu. Günümüzde cihazlar pek çok farklı dalga formu üretebilmektedir. Üreticiler, kullanım kolaylığını hedef alarak, **teknik parametreleri tedavi amaçlarına göre ayarlanmış cihazlar** üretmeye yönelmişlerdir. Modern cihazlarının pek çoğunda, yapılan bilimsel çalışmalar ve literatürdeki bilgiler ışığında akımlara ait parametreler, amaca uygun şekilde önceden ayarlanmış olarak bulunabilmektedir.

Fizyoterapistler sadece tedavi hedefini ve amacını belirleyerek, seçtikleri hazır programın dokular üzerindeki etkisini gözlemleyerek ve ölçümleyerek, tedaviye yön verebilmektedir.

Bu yaklaşımın iki temel sebebi vardır.

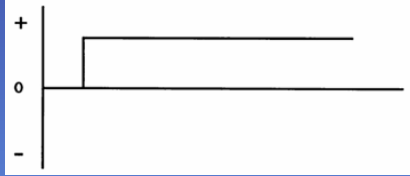
-Gerekli görüldüğünde hastaları/sağlıklı kişileri ev programına yönlendirebilmek

-Tedavi hedeflerine yönelik seçimleri teknik detaylardan kurtarıp kolay ve hızlı uygulanabilir kılmak.

# ELEKTROSTİMÜLASYONDA KULLANILAN AKIM TİPLERİ

Direct current  
Düz Akım  
[DC]

“Eski Literatür”  
Galvanik Akım

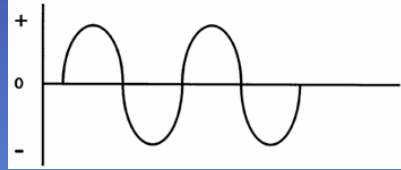


Akım sürekli tek yönde aktığı için elektrotlar altında kimyasal yanık riski mevcuttur.

**Kullanım alanları:**  
Iyontoforezis  
Denerve kas stimülasyonu

Alternating current  
Alternatif Akım  
[AC]

“Eski Literatür”  
Faradik Akım

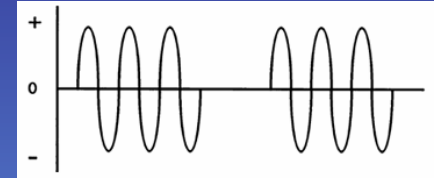


Akım sürekli yön değiştirir. Farklı dalga formları mevcuttur.

Örnek:  
Enterferansiyel  
Russian  
Premodüle

**Kullanım alanları:**  
Afferent &Efferent  
Sinir liflerinin stimülasyonu

Pulsed Current  
Kesikli Akım  
[PC]



Akım sürekli yön değiştirir. Atımlar arasında süresi değişebilen aralıklar mevcuttur.

Farklı dalga formları mevcuttur. Örnek:

Microcurrent  
High Volt  
**Kullanım alanları:**  
Afferent &Efferent  
Sinir liflerinin stimülasyonu

# AC/PC İÇİN GEÇERLİ DALGA FORMLARI / WAVEFORMS

Elektrik akımlarının yayılım şekilleri farklılık göstermektedir ve bu osiloskopta izlenebilen bir özelliktir.

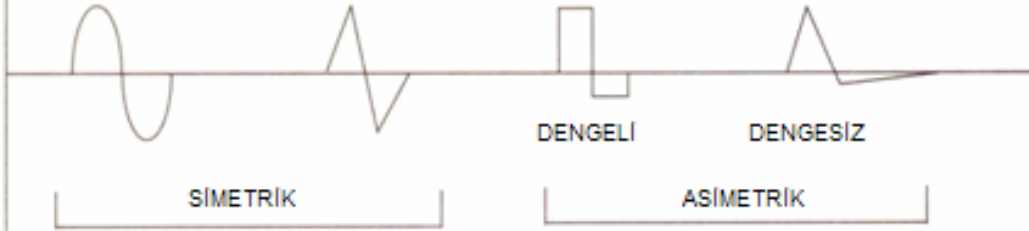


- Sinusoidal
- Rectangular
- Triangüler
- Square
- Spiked

**MONOFAZİK** → bir kutuptan diğerine tek yönlü



**BİFAZİK** → her atımda "bir kez" kutuplar arası yön değişimi vardır.



**POLİFAZİK** → her atımda, "birden fazla" kutuplar arası yön değişimi vardır.



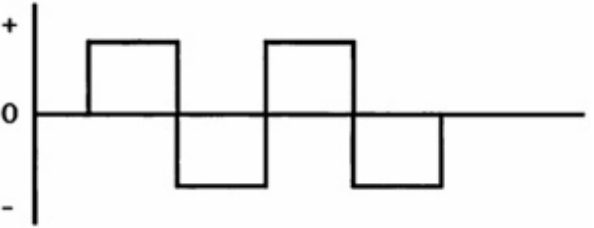
ZAMAN (mikrosaniye)

# BU BİLGİLER IŞIĞINDA ELEKTRİK AKIMLARI NASIL TANIMLANIR ?

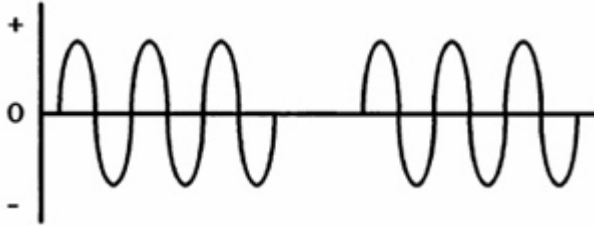
Aşağıda elektrik akımlarını isimlendirmede sık karşılaşılan bazı tanımlara yer verilmiştir.



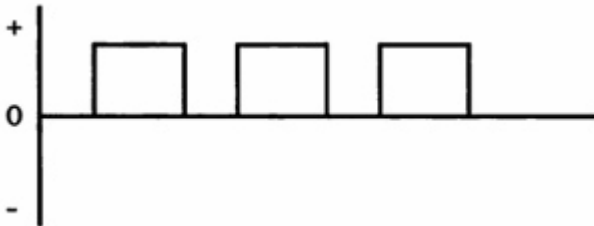
Bifazik triangüler ► yön değiştiren üçgen dalga formuna sahip akım



Bifazik rektangüler ► yön değiştiren dikdörtgen dalga formuna sahip akım



Bifazik kesikli sinüzoidal ► yön değiştiren, sinüzoidal dalga formuna sahip, atımlar arasında kesintilerin olduğu akım



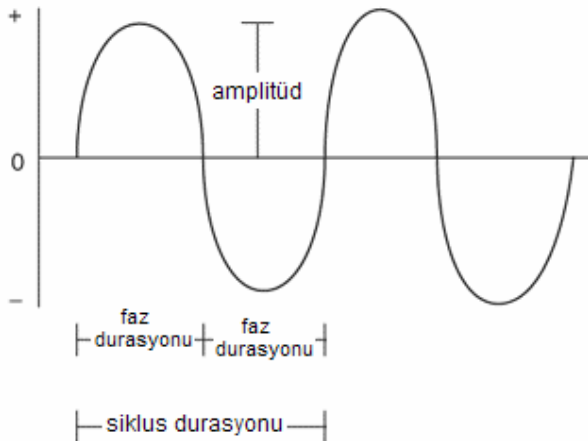
Monofazik kare, kesikli ► yön değiştirmeyen, kare dalga formuna sahip akım

# AC VE PC İÇİN GEÇERLİ DEĞİŞKEN PARAMETRELER

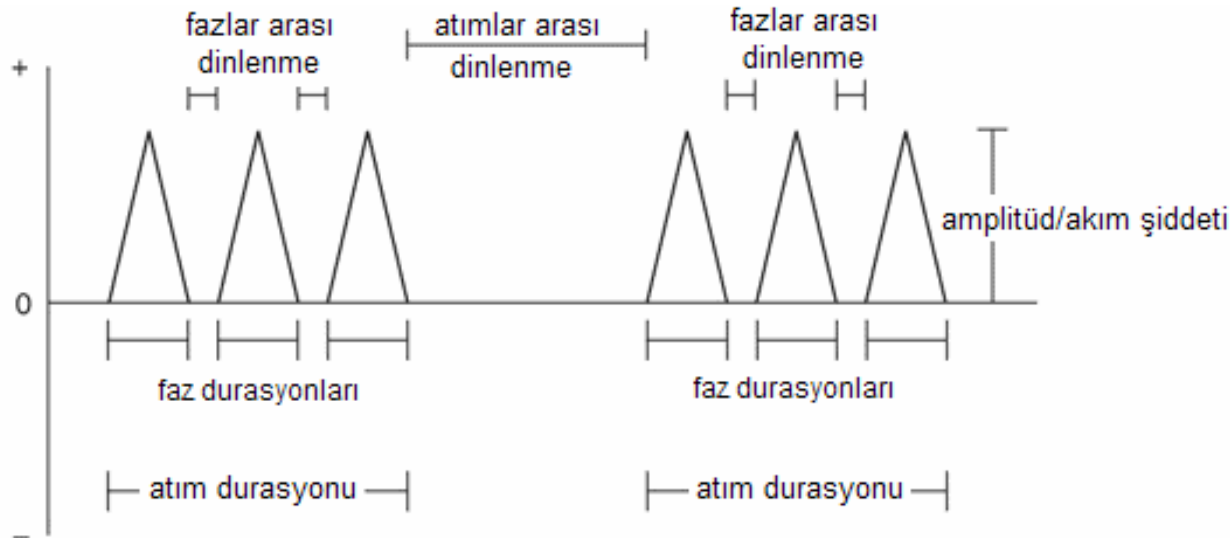
Elektroterapatik akımların aşağıdaki parametreleri değiştirilerek farklı etkiler elde edilir.

1. Akım şiddeti/İntensite/Amplitüd\* :mA
2. Durasyon /süre :mikrosaniye
  - Atım durasyonu (PC)
  - Siklus /Cycle durasyonu (AC)
  - Faz durasyonu (PC & AC)
3. Frekans :Hz,pps (pulsed per second - saniyedeki atım sayısı)

AC



PC



\*Akım şiddeti/İntensite/Amplitüd kelimeleri eş anlamlıdır, sunumda her üç ifadeye de yer verilmiştir. [Amplitude/ Intensity]

# ELEKTRİK AKIMINA AİT PARAMETRELERİ DEĞİŞTİRMEK NEDEN GEREKLİDİR ?

Elektrostimülasyonun temel hedefi;

**elektrik akımları vasıtası ile uyarılabilen kas ve sinir hücrelerini stimüle etmektir.**

Sinir hücresinin içi ile dışı arasında elektriksel bir potansiyel farkı vardır.

Bu elektriksel fark “membran dinlenme potansiyeli” olarak adlandırılır ve ortalama  $-70\text{mV}$ 'tur.

Sinirde bir **aksiyon potansiyeli oluşturmak** için, sinir membranını uyararak geçirmek gerekir.

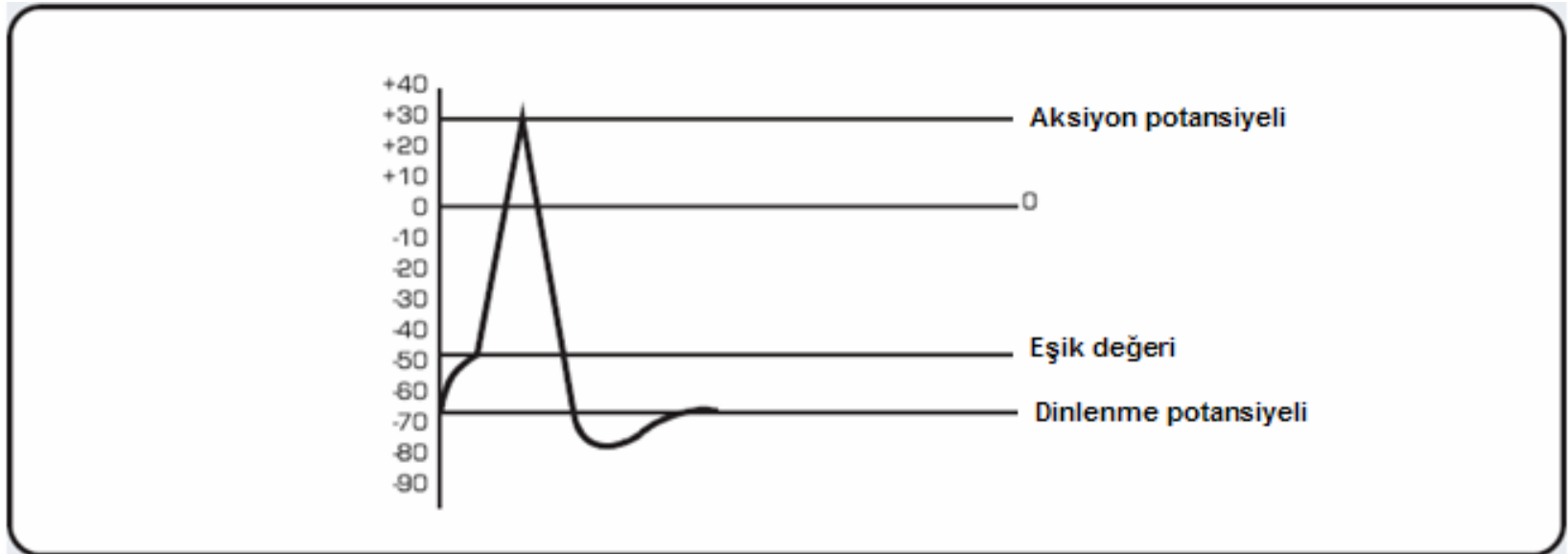
**Bu amaca ulaşmak için;**

Sinir membranında var olan  $-70\text{mV}$  düzeyindeki potansiyelin eşik değeri olan  $-50\text{mV}$ 'a düşürülmesi gerekir.

Eşik değere ulaşır ulaşmaz; sinir membran “**dinlenme**” durumundan “**aktif**” duruma geçer.

Sinirin uyarımı ile oluşan bu **aksiyon potansiyeli** sinir lifi boyunca ilerler ve iletilir,

sonuç; bir **kasın kasılması** yada **dokunma-ağrı..vb gibi bir bilginin beyine ulaştırılması** olacaktır.



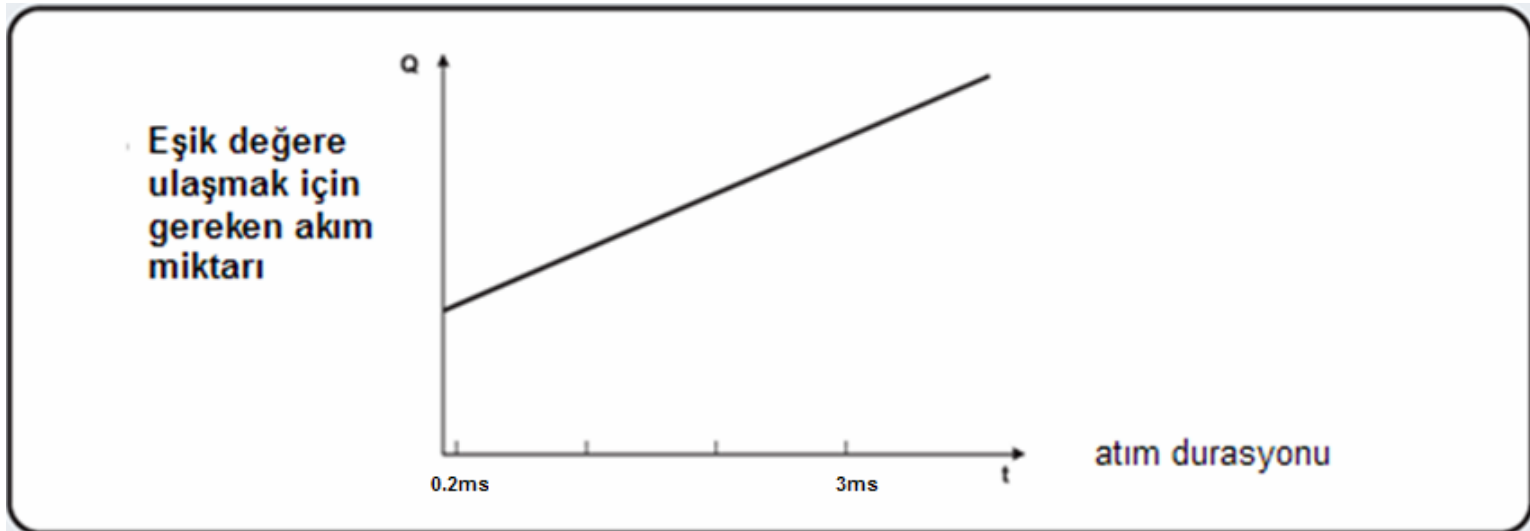
# SİNİRDE AKSİYON POTANSİYELİ YARATABİLMEK İÇİN; STİMÜLASYONU HANGİ AKIM TİPİ VE DALGA FORMU İLE YAPMAK GEREKİR ?

Teknik ifadesi ile **elektrostimülasyon**;  
cilde uygulanan elektrik akımları ile membran dinlenme potansiyelini,  
eşik değer olan  $-50\text{mV}$ 'a düşürmektir

Tedavi söz konusu olduğunda uygulamanın,  
mümkün olan en az akım şiddeti ve en üst düzey konforla sağlanması ideal yaklaşımdır.

Bu yüzyılın hemen başında Weiss, Hoorweg, du Bois Reymond ve Lapicque gibi pek çok,  
bilim adamı **elektrostimülasyonun temel kurallarını** ve **matematiksel tanımlarını** keşfettiler.

Fransız doktor ve fizyolog Weiss'in yaptığı deneyler sonucunda, **eşik değere** ulaşmak için gereken,  
**akım miktarı** ile **atım durasyonu** arasında lineer bir ilişki olduğu saptandı.





# ELEKTROSTİMÜLASYONLA İLİŞKİLİ TEMEL FORMÜLLER

Weiss buna ek olarak yaptığı çalışmalar sonucunda;  
Elektriksel uyarım yaratmak üzere eşik değere ulaşmak için, gereken atım süresi ile akım miktarını  **$Q=q+it$**  formülü ile tanımlamıştır ve bu formül "**Temel Formül**" olarak bilinmektedir.

Q'yu tanımlayan diğer bir formül  **$Q=I.t$**  biliniyordu.

Lapicque adlı elektrofizyolog yaptığı deneylerle bu formüllerin geçerliliğini sınamış oldu.

Yaptığı çalışmalarla reobaz ve kronaksi değerlerini yeniden formüle etti

Lapicque'in çalışmaları

**$Q=I.t$**  ve  **$Q=q+i.t$**  başka bir deyişle  **$I.t=q+i.t$**  ► bu eşitlikten sonra;  
**Akım Şiddeti  $I = q/t+i$**  olarak hesaplanmıştır.

$I$ = stimülasyon akımının yoğunluğu/şiddeti

$t$ = atım durasyonu

# BU FORMÜLLERİN PRATİKTE ANLAMI NEDİR?

Yapılan bu çalışmalar daha etkin bir uygulama için hangi akım şiddetinin, hangi atım durasyonunun kullanılması gerektiğini keşfedebilmek için yapılmıştır.

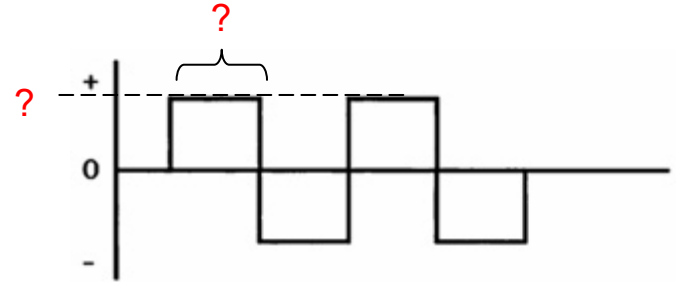
Farklı dalga formları ve akım şiddetleri ile biyolojik dokulardan cevap almak mümkündür fakat pek çok üretici ve bilim adamı en düşük şiddet ile en etkin ve konforlu uygulamayı bulmak üzere çalışmalar yapmıştır.

Bu noktada iki önemli tanım ortaya atılmıştır.

**Reobaz:** Siniri uyarmak için gerekli minimum intensite-akım şiddeti

**Kronaksi:** Reobazın iki katı bir değerle, siniri uyarabilecek minimal atım durasyonu.

En uygun atım durasyonu ve akım şiddeti hangisidir?



- Bir sinir lifinin kronaksi değeri “anlık olarak ve kişiden kişiye” değişmektedir, bu nedenle, değeri sabit bir atım durasyonu her zaman konforlu bir stimülasyonu garanti edemez.
- Atım durasyonunu, sinir lifinin kronaksi değeri ile eşdeğer şekilde belirlemek, akım şiddetinin düşük düzeylerinde bile etkin bir stimülasyon yapabilmesine ve akım şiddetinin daha çok arttırabilmesine imkan sağlar.

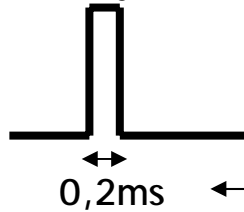
Son teknolojik gelişmeler ışığında “atım durasyonunu” kronaksi değerine göre anlık olarak hesaplayabilen cihazlar da geliştirilmiştir.

# SİNİR VE KAS DOKUSUNUN UYARILABİLMESİ İÇİN GEREKEN, “ORTALAMA” ATIM DURASYONU?

Elektrik akımları, fizyolojik özellikleri gereğince yalnızca **kas ve sinir hücrelerinde** eksitasyonu tetikleyebilirler.

Kas hücrelerinin eksitasyonu sinir hücrelerine oranla çok daha zordur.

Sinir eksitasyonu için gereken atım  
durasyonu



X 500

Kas eksitasyonu için gereken atım  
durasyonu



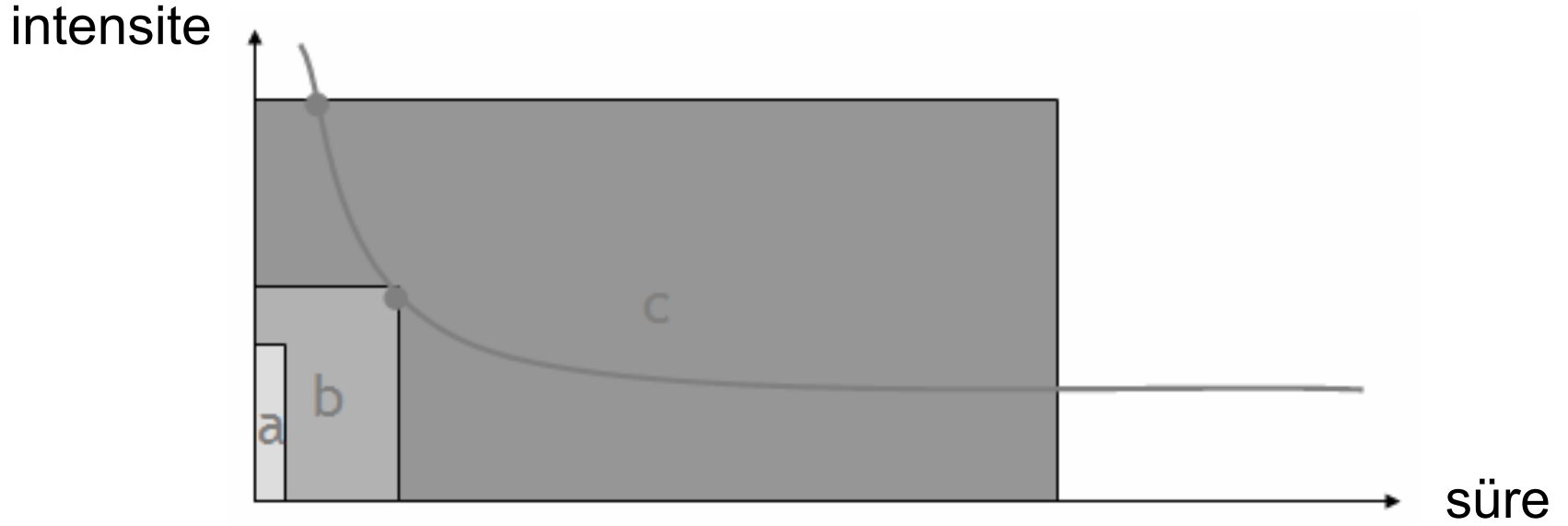
Kas dokusunun eksitasyonu için sinir dokusuna oranla,500 kat daha uzun süreli, bir atım durasyonu gerekmektedir.

Eksitasyon süreci “**ya hep ya hiç**” kuralına uygun şekilde işler,

Örneğin, bir sinirin eksitasyonu için membran potansiyeli mutlaka eşik değer olan

-50mV a ulaştırılmalıdır, bunun altındaki değer yetersiz üstünde değer ise gereksizdir. Çünkü ; -50mV'a ulaşan membran aksiyon potansiyelini tetikler ve bundansonraki süreç otomatik olarak devam eder.

# KONFORLU BİR UYGULAMA İÇİN GEREKEN PARAMETRELER NELERDİR?



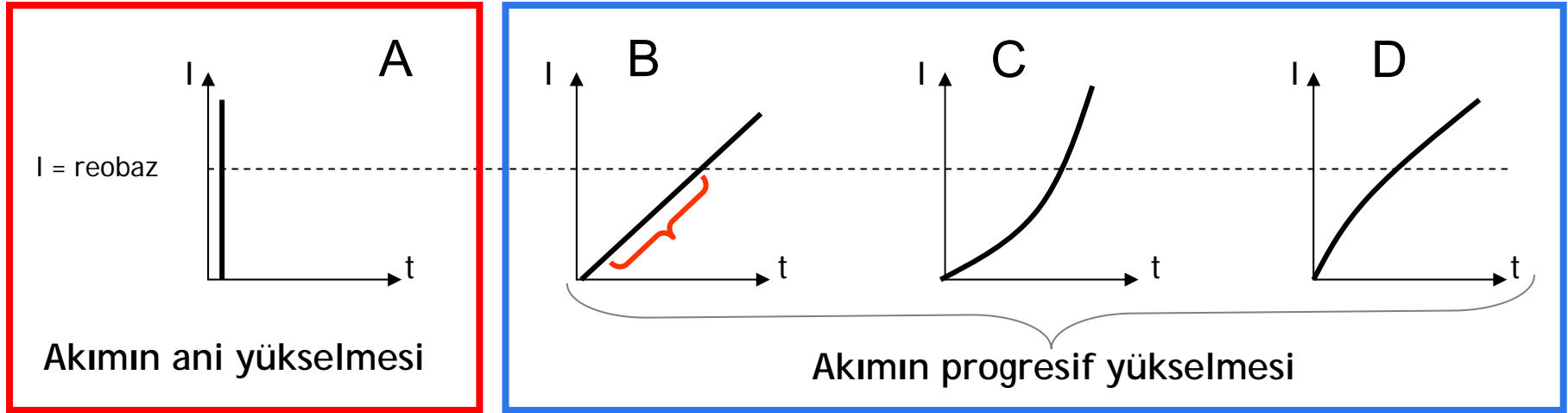
- **Impuls a** : Kuvvet zaman eğrisine ulaşmayan yetersiz elektrik miktarı  $\Rightarrow$  eksitasyon yok.
- **Impuls b** : Kuvvet zaman eğrisine ulaşan  $\Rightarrow$  Konforlu bir eksitasyon
- **Impuls c** : Kuvvet zaman eğrisine ulaşan fakat gereğinden fazla elektrik miktarı  $\Rightarrow$  ağırlı/konforsuz eksitasyon

## **Konforlu ve etkin bir uygulama için 5 faktör önem kazanmaktadır.**

1. *Akımın yükselme şekli ve süresi / ramp - up time*
2. *Atım şekli / dalga formu*
3. *Rektangüler atımın durasyonu*
4. *Rektangüler atımın kompensasyonu*
5. *Akım üreten cihaz/jeneratör*

# 1. Akımın yükselme şekli ve süresi / ramp - up time nasıl olmalıdır ?

Akımların reobaz değerine ulaşma şekilleri, dalga formuna göre değişebilmektedir.



**A:** reobaz değerine en kısa sürede ulaşılır.

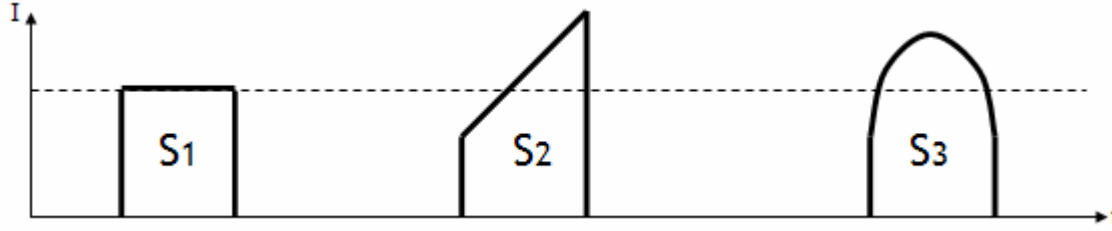
**B,C ve D :** reobaz değerine bir süre sonra ulaşılır.

Akım Reobaz değerine ulaşmadıkça, herhangi bir tetikleme neden olmaz ve atıl kalır.

“**ramp-up**” ve “**ramp down**” tanımları, bir atımın üst değere ulaşması ile üst değerden 0'a inmesi arasında geçen süreyi tanımlamak üzere kullanılmaktadır.

## 2. Atım şekli/dalga formu

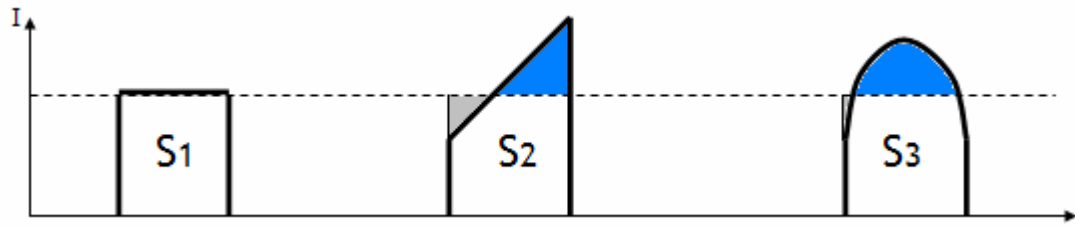
Akımın yükselme şekli, en kısa sürede reobaza ulaşacak biçimde olabilsede, atımın şekli/formu farklılık gösterebilir. Konfor ve etkinlik söz konusu olduğunda, gerekli akım miktarının en kısa atım süresinde ve en düşük düzeyde uygulayarak sonuç elde etmek en ideal olan durumdur.



Uygulanan akımın dokuda oluşturduğu enerji miktarı, S1, S2 ve S3 alanlarının hesaplanması ile bulunmaktadır.

**S2** ve **S3**'teki dalga formlarında **S1**'deki enerji miktarına ulaşmak için, daha fazla akıma yada atım süresine gereksinim vardır.

Bu dalga formları da tercih edilebilmektedir fakat, aşağıdaki diyagramda görüldüğü gibi S2 ve S3'te gri alanlar reobaz değerinin altında kaldığı için **kayıp**, mavi alanlar ise reobaz değerinin üstüne geçtiği **gereksiz** olarak nitelendirilmektedir.



### Sonuç:

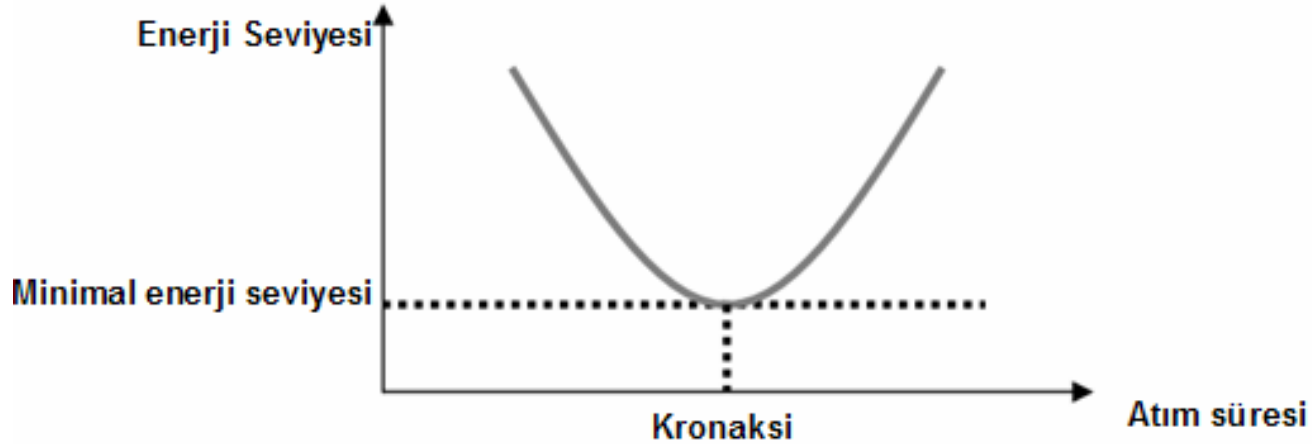
S1'de görüldüğü gibi, en kısa atım süresi ve en düşük düzey akım şiddeti, rektangüler dalga formunda sağlanabilmektedir, dolayısıyla ile "**optimal dalga formu**" rektangüler dalga formudur.

### 3. Rektangüler atımın durasyonu

**Elektrik enerjisinin seviyesi konforlu bir stimülasyon açısından çok önemlidir :**  
Enerji seviyesi ne kadar düşükse, stimülasyon sırasında konfor o kadar üst düzeydedir.

Elektriksel enerji :  $W = I^2 \cdot t \cdot R$ , formülü ile hesaplanır.

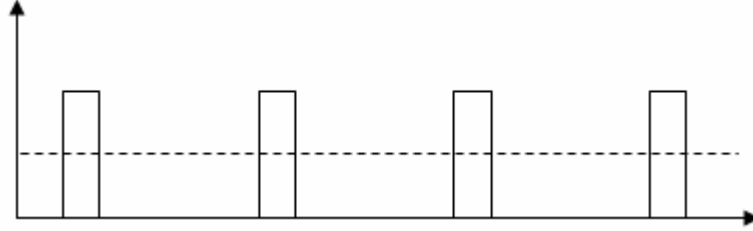
Formülden de görüleceği gibi atım süresi [t] enerji seviyesi üzerinde direk etkilidir.



Elektriksel enerji seviyesi, **Atım süresi sinirin Kronaksi değerine eşit olduğunda minimaldir.**

## 4. *Rektangüler atımın kompensasyonu*

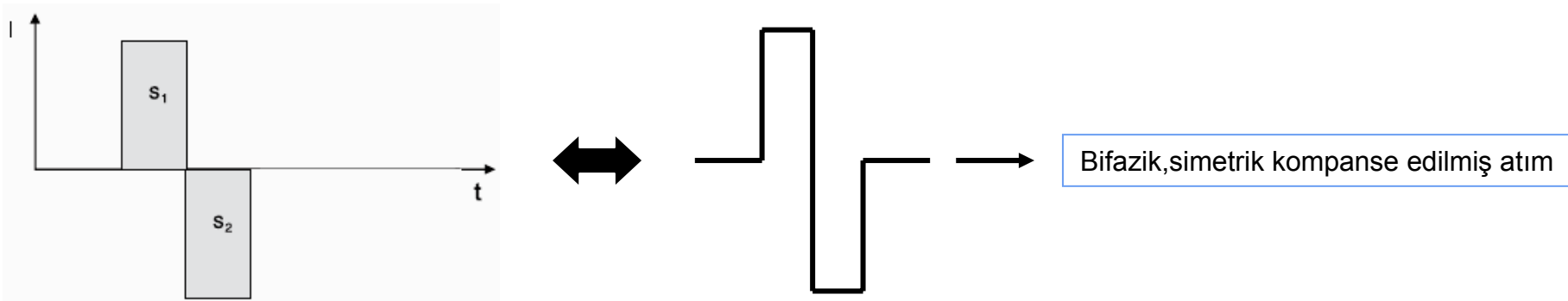
Eğer stimülasyon için kullanılan akım tek yönlü -monofazik- ise, bu atımların peş peşe tekrar edilmesi elektrotlar altında polarizasyon-kutuplaşma- oluşmasına neden olacaktır.



**Uygulama bölgesinde oluşacak polarizasyonun iki önemli dezavantajı vardır:**

- **Cilt yanıkları:** Ciltte, anot altında asidik, katot altında alkaline reaksiyonlar oluşur ve cildin pH'ı değişir
- **Metalik implant kontraendikasyonu :** Metalde ısı artışı, korozyon ve aşınma riski

Bu olumsuz etkilerin oluşmaması için pozitif bir atım negatif bir atım ile kompanse edilmelidir.



Bifazik, simetrik atımda  $S_1=S_2$  olduğundan uygulama bölgesinde polarizasyon oluşmaz bu nedenle optimal atım bifazik ve simetrik olarak kompanse edilmiş olan atımdır.



## 5. Akım üreten cihaz/jeneratör

Elektriğin temel kanun (OHM)  $\Rightarrow U = R \cdot I$

Voltaj                      Direnç                      İntensite

Bu formülde;

Elektrik akımı uygulamalarında deri direnci kişiden kişiye değişmektedir ve kontrol edilemez.

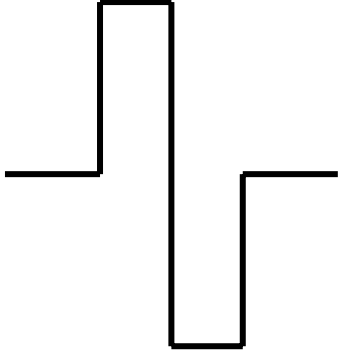
Eğer voltaj sabitse, akım şiddeti (intensite) deri direncindeki değişme göre artıp azalacaktır.

Bu durum akımın şeklini değiştirecek ve onu optimal olmaktan uzaklaştıracaktır.

Bu nedenle elektrositmülasyonda kullanılacak bir cihaz deri direncindeki değişimlere rağmen akım şiddetini (intensite) sabit tutabilen bir “Sabit Akım Üretici” olmalıdır.

# ÖZET

Etkin ve konforlu bir stimülasyon için uygulanacak akımın aşağıdaki özellikleri taşıması gereklidir.



- ◆ Rektangüler
- ◆ Atım süresi = **Kronaksi**
- ◆ Bifazik, simetrik kompanse edilmiş
- ◆ Sabit Akım Üretici

Elektrostimülasyon imkanı sunan cihazlarda, farklı dalga formları, farklı atım süreleri, frekanslar bulmak yada bunların ayarlanması mümkündür. Bu bilgilerin verilme amacı fizyoterapistlerin konuyla ilgili temel teknik detaylara hakim olmalarını sağlamaktır.

CefarCompex firması, yaptığı bilimsel çalışmalar ve araştırmalar sonucunda, yukarıda özetlenen verilere ulaşmış, en ideal dalga formuna ilişkin iddialarını bilimsel yayınlarla desteklemiş ve aşağıdaki referansları vermiştir. Bilim dünyası henüz “optimal current” konulu iddiaların aksi yönünde bir yorum yayınlamamıştır.

- Physiologie Tome II Le Système nerveux et Muscle, **Charles Kayser** édt. Flammarion
- **Lapicque, L** : Définition expérimentale de l'excitabilité, Soc. Biologie 77 (1909), 280-283
- **Lapicque, L** : La Chronaxie et ses applications physiologiques, Hermann & Cie, Paris, 1938
- **Weiss, G** : Sur la possibilité de rendre comparable entre eux les appareils servant à l'excitation électrique Arch. itali. Biol. 35 (1901), 413-446
- **Irnich, W** : The chronaxy time and its practical importance, Pace 3 (1980), 292-301,
- Cours de Physiologie Humaine Tome I **Prof. Colin F.** Université Libre de Bruxelles,
- Traité de Physiologie Médicale **Arthur C. Guyton** édt. Doin
- Physiologie Humaine  
**Philippe Meyer** 2e édition Flammarion Médecine Science

# ELEKTROSTİMÜLASYONDA KULLANILAN TEDAVİ TEKNİKLERİ

Nöromüsküler Elektrik Stimülasyonu  
[NMES]

- - - ➔

Motor sinirlerin eksitasyonu

Elektriksel Kas Stimülasyonu  
[EMS]

- - - ➔

Kas liflerinin eksitasyonu

Elektroanaljezi  
[TENS\*]

- - - ➔

Duyu sinirlerinin eksitasyonu

Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu  
[FES]

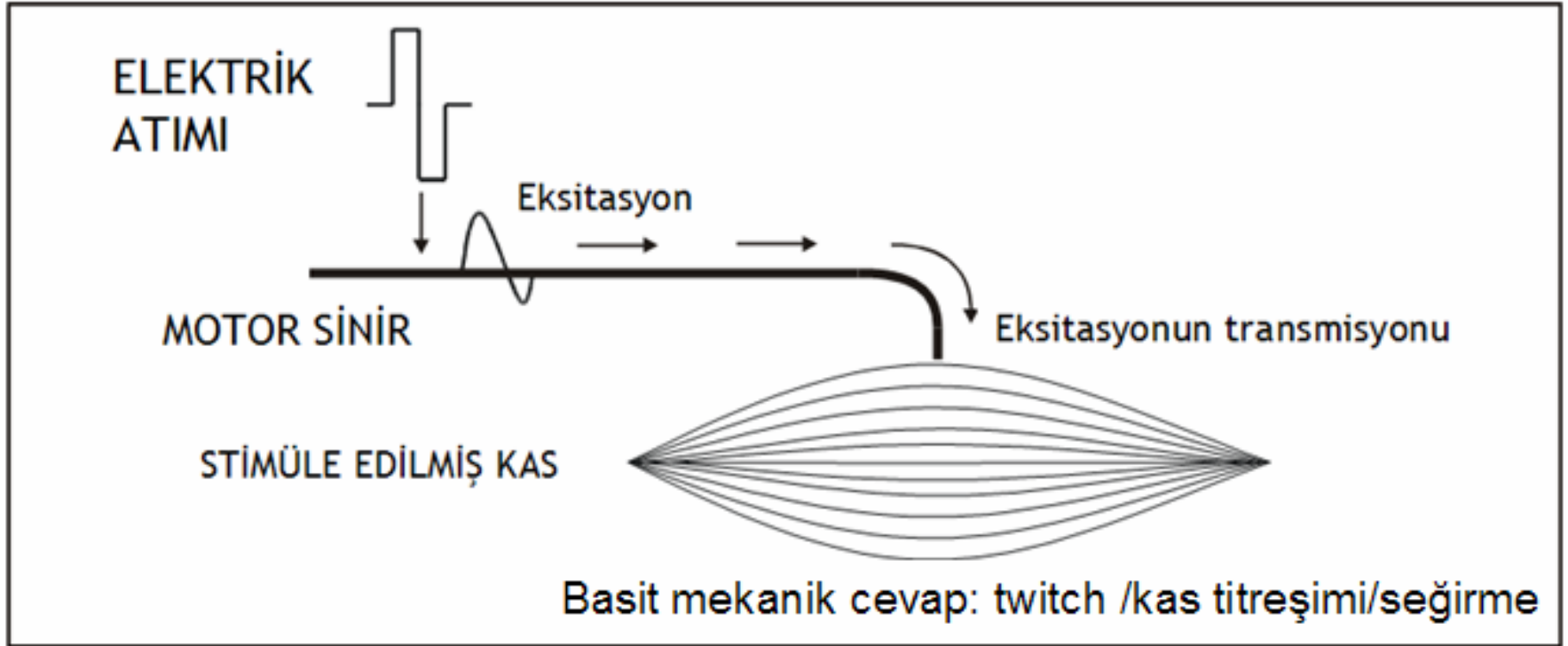
- - - ➔

Motor sinirlerin eksitasyonu  
İle oluşan kontraksiyonun bir  
fonksiyon dahilinde kullanımı

\*TENS=> "**Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation**" tanımlamasında yer alan, **Transkutanöz** tanımı elektrotların cilt yüzeyine yerleştirilmesini ve bu yolla stimülasyon uygulanmasını ifade etmektedir.

Bu anlamda elektrostimülasyon tanımı altında yer alan NMES, EMS ve FES gibi pek çok teknik Transkutanöz olarak uygulanmaktadır fakat TENS ifadesi Elektroanaljezi uygulamaları ile özdeşleşmiş ve hatalı bir kullanım olarak yerleşik bir hal almıştır.

# Nöromüsküler Elektrik Stimülasyonu [NMES]



NMES, bir kası çalışması için motor sinir yoluyla uyarmaktır

## BASİT MEKANİK CEVAP

Kas, motor bir EMİR (aksiyon potansiyeli) aldığı her anda, HER ZAMAN aynı şekilde, mekanik bir cevap doğurur ve bu cevap TWITCH [KAS TİTREŞİMİ] olarak adlandırılır.

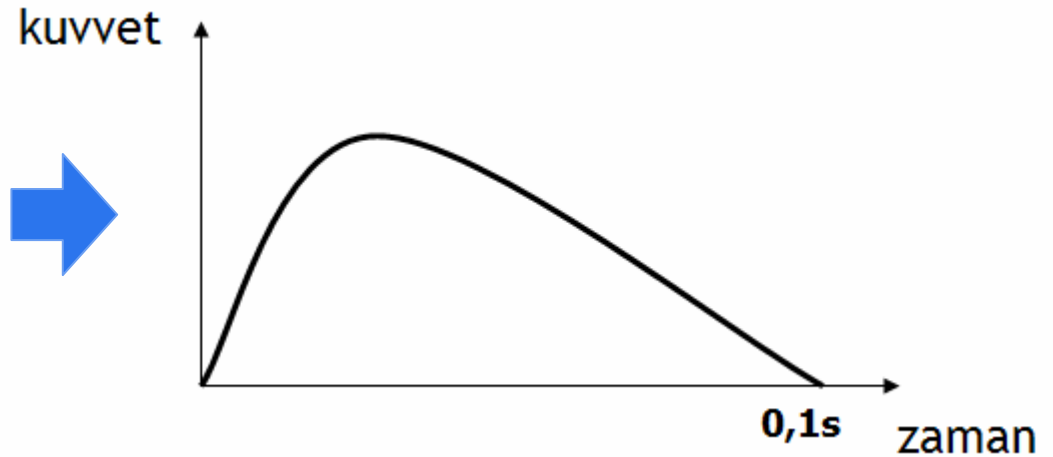
TWITCH [KAS TİTREŞİMİ] ( $\approx 0,1s$ ) kas liflerinin kısalması ve takiben başlangıç uzunluğuna dönmesi olarak tanımlanmaktadır.

TWITCH [KAS TİTREŞİMİ] süresince, kastaki gerilim/kuvvet önce artar ve sonra azalır.

BİR TWITCH [TİTREŞİM] için,  
kuvvet –zaman grafiği

Twitch başlar kas lifindeki gerilim/kuvvet zirve yapar ve yavaşça inişe geçerek 0,1 sn( 100ms) içinde kas dinlenmedeki boyuna geri döner, gerilim/kuvvet normal kas tonusundaki durumuna geriler.

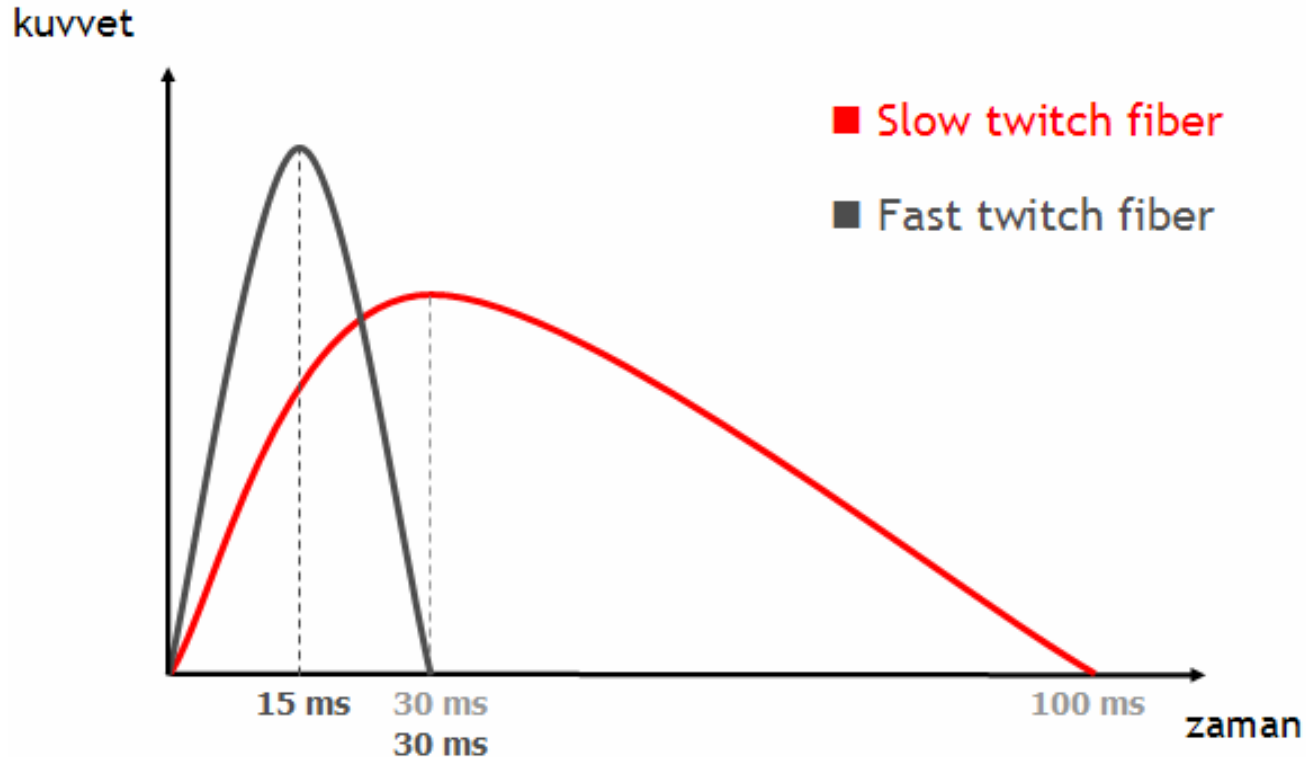
Kas lifinin gerilimi kasın mekanik kuvvetini doğuran temel unsurdur, bu nedenle gerilim  $\approx$  kuvvet olarak düşünülür.



# HIZLI VE YAVAŞ KASILAN KAS LİFLERİNİN KARAKTERİSTİKLERİ

•Yavaş kasılan kas liflerinin kasılıp başlangıç uzunluğuna dönmesi  $\approx 100\text{ms}$  sürer  
Yavaş kasılan kas lifleri için en büyük kasılma/gerilim  $30\text{ ms}$  civarındadır.

•Hızlı kasılan kas liflerinin kasılıp başlangıç uzunluğuna dönmesi  $\approx 30\text{ms}$  sürer  
Hızlı kasılan kas lifleri için en büyük kasılma/gerilim  $15\text{ ms}$  civarındadır.



Slow twitch fiber = yavaş kasılan kas lifleri= postüral kas lifleri

Fast twitch fiber = hızlı kasılan kas lifleri= hareket kas lifleri

# KAS KONTRAKSİYONUNUN TEMEL MEKANİZMASI

Kontraksiyon elde edebilmek için motor sinirler aracılığı ile kas liflerinin ateşlenmesi gerekmektedir. Kas liflerinin ateşlenmesi iki şekilde arttırılabilir.

## 1. **Spatial recruitment / Uygulama alanına bağlı ateşleme**

= Çalışan kas lifi sayısı (*motor uniteler*)

Çalışma ne kadar zorlu ise o kadar fazla kas lifi aksiyona dahildir.

Elektrostimülasyonda uygulama alanına bağlı ateşleme sadece

**İNTENSİTE / AKIM ŞİDDETİNİN** yükseltilmesi ile mümkündür.

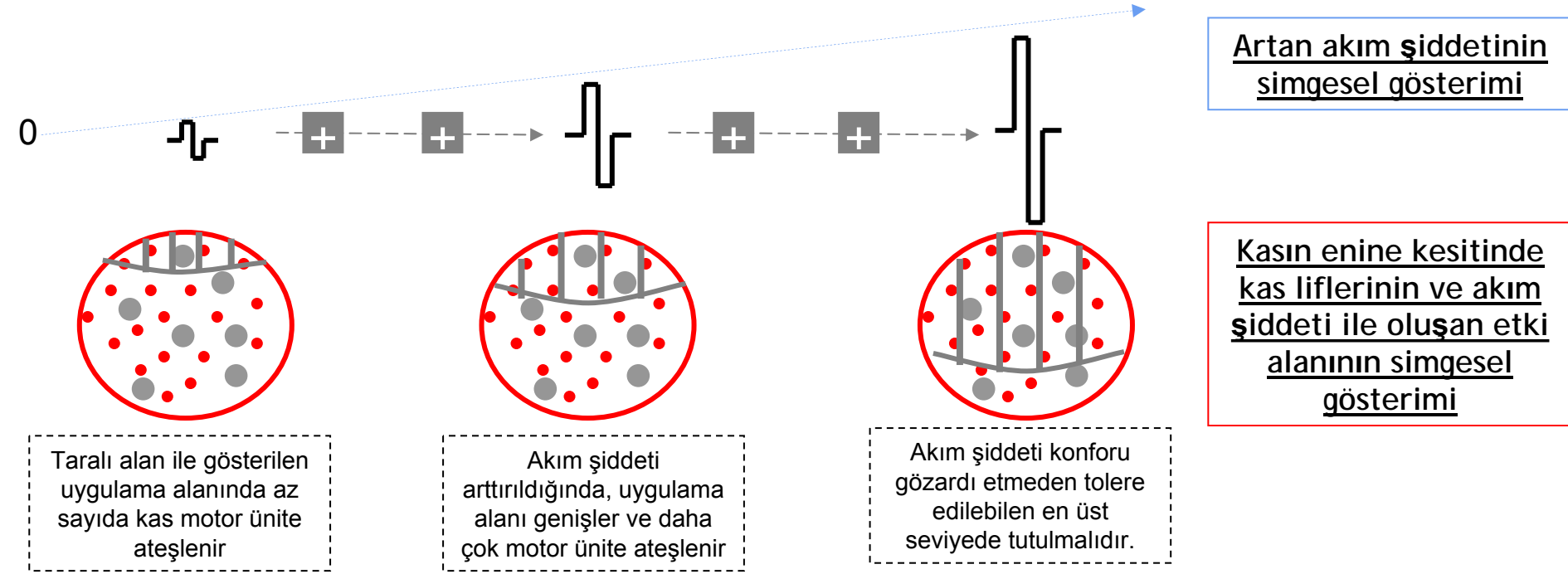
## 2. **Temporal recruitment / Zamana bağlı ateşleme**

= Motor emir sayısı( aksiyon potansiyeli) sayısal olarak arttıkça (frekans) sinir sisteminde dolayısı ile kasta daha üst düzey bir ateşleme meydana gelir.

Elektrostimülasyonda zamana bağlı ateşleme sadece **FREKANSIN** (saniyedeki atım sayısının) arttırılıp azaltılması ile yönlendirilebilir.

# 1. Spatial recruitment / Uygulama alanına bağlı ateşleme

Uygulama alanına bağlı ateşlemeyi ve bu yolla çalışan kas lifi sayısını arttırmak sadece **intensite / akım şiddetine** bağlıdır



- Sadece çalışan kas lifleri gelişim gösterirler.
- Kasın maksimal düzeyde gelişimi isteniyorsa, mümkün olan en fazla sayıda kas lifi çalışmaya dahil edilmelidir.
- Eğer elektrostimülasyonun parametreleri konforlu bir stimülasyon sağlıyorsa ancak bu durumda akım şiddetini en üst düzeyde arttırabilmek mümkün olur.



## 2. Temporal recruitment / Zamana bağlı ateşleme

“ELEKTROSTİMÜLASYONDA FREKANS SEÇİMİNİN ÖNEMİ”

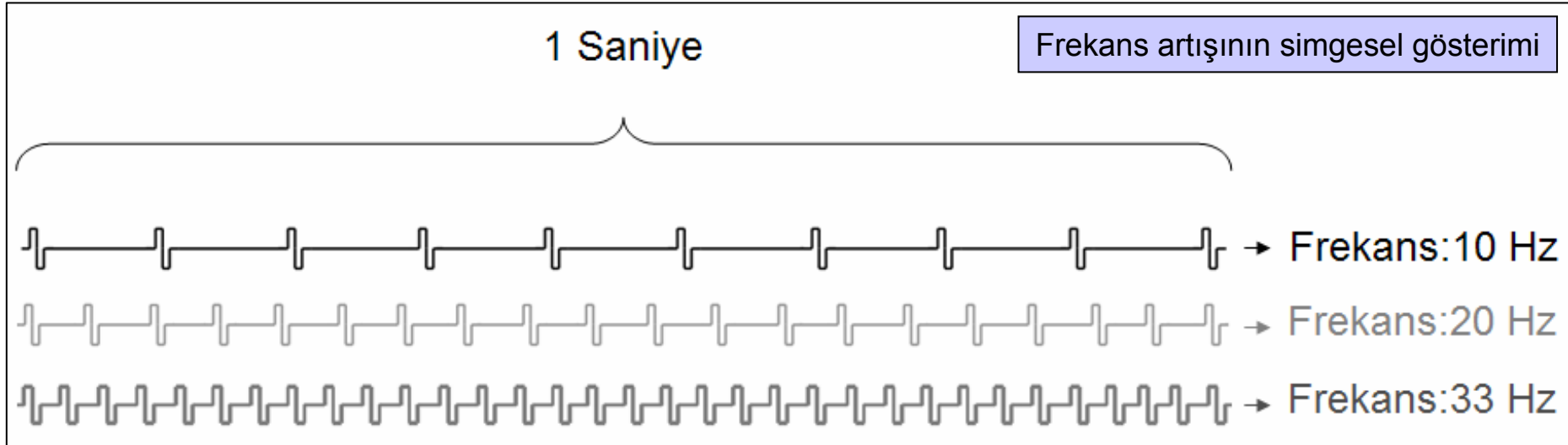
**Zamana bağlı ateşlemeyi ve bu yolla saniyede verilen motor emir sayısını arttırmak sadece *frekans* değerine bağlıdır.**

1 elektriksel impuls / atım → 1 motor emir → 1 twitch/kas titreşimi

X sayıda elektriksel impuls / atım → X sayıda motor emir → X sayıda twitch/titreşim

- Stimülasyon FREKANSI saniyedeki impuls sayısını ifade eder ve Hz ile tanımlanır.
- Stimülasyon FREKANSININ nasıl seçildiği - *endurans, kassal hacim artışı, kas tonusu, kuvvet.. vb - gibi çalışma şekillerini* ve hangi tip kas lifinin uyarıldığını etkilemektedir.
- Aynı frekans değeri, iki farklı kas lifi tipinde farklı bir çalışma açığa çıkaracaktır.

## FREKANS ATIM DURASYONUNU ETKİLER Mİ ?



1 s => 1000 ms => 1.000.000  $\mu$ s,

Bir akımın optimal atım durasyonu kişiden kişiye ve anlık olarak değişse de ortalama olarak 0,2 ms yani 200  $\mu$ s olarak kabul edilmektedir.

1 saniyede, 200mikrosaniye atım durasyonuna sahip en fazla 5000 atım yer alabilir.  
[1sn=1.000.000 $\mu$ sn/200 $\mu$ sn=5000]

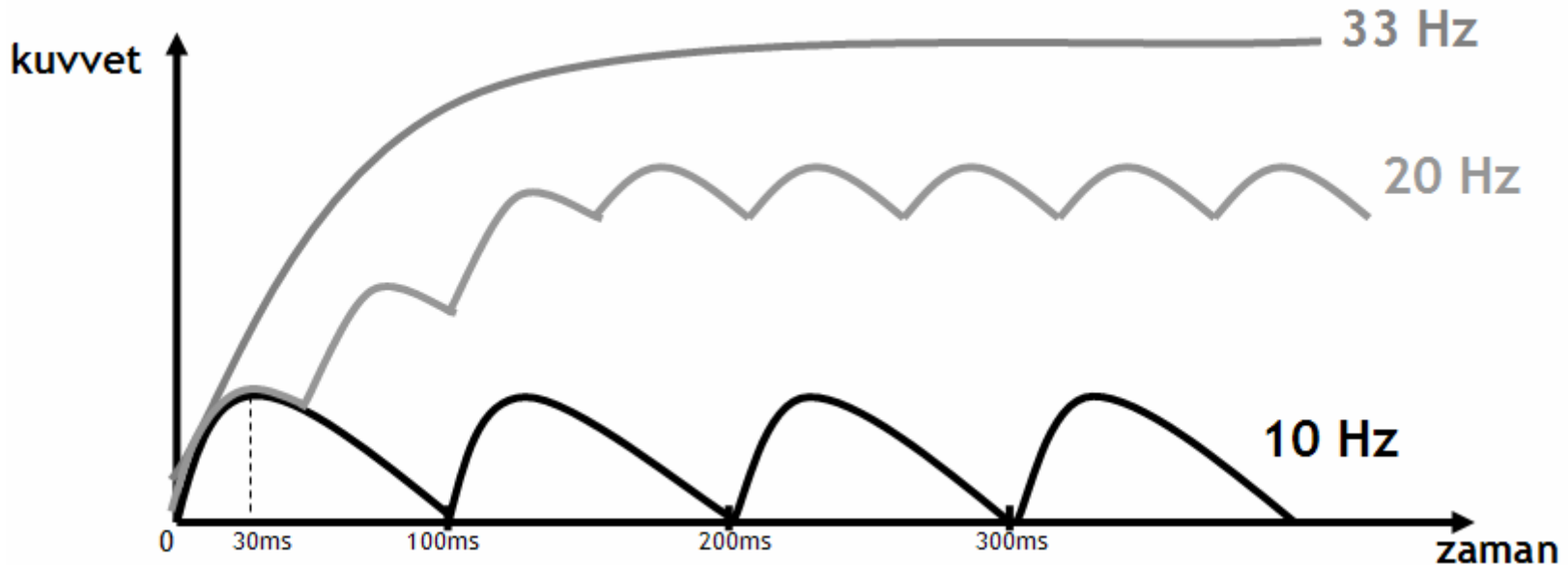
“Teknik olarak” bir akımın frekansı 5000 Hz’i aşmadığı sürece, o akımın atım durasyonunda [puls duration] herhangi bir değişim oluşamaz.

# SLOW TWITCH FIBERS/YAVAŞ KASILAN KAS LİFLERİ

Frekans 10 Hz olduğunda; 1sn => 1000 milisaniyede 10 elektriksel atım oluşur dolayısı ile her atım 100 milisaniye sürer. Bu süre, yavaş kasılan kas lifleri için bir titreşimin başlama ve bitişine imkan verecek kadar uzundur böylece kasta saniyede 10 adet titreşim oluşur. Bu titreşimler kontraksiyona dönüşemez.

Frekans 20 Hz olduğunda; 1sn=>1000 milisaniyede 20 elektriksel atım oluşur dolayısı ile her atım 50milisaniye sürer. Bu süre yavaş kasılan kas lifinin titreşimi zirve değerden geçip sona ermek üzereyken bir kez daha uyarılmasına neden olur. Kasın titreşimleri üst üste binişir fakat zirve değeri olan 30'uncu milisaniye geçildiğinden, yavaş kasılan liflerde yine kontraksiyon değil saniyede 20 adet titreşim olur. Bu titreşimler tam olarak kontraksiyona dönüşemez.

Frekans 33 Hz olduğunda; 1sn=>1000 milisaniyede 33 elektriksel atım oluşur dolayısı ile her atım yaklaşık 33 milisaniye sürer. Bu süre yavaş kasılan kas lifinin titreşimindeki zirve değerine çok yakın bir yerde ikinci bir titreşimin başlamasına neden olur ve üst üste binişen titreşimler artık bir kontraksiyona dönüşür.

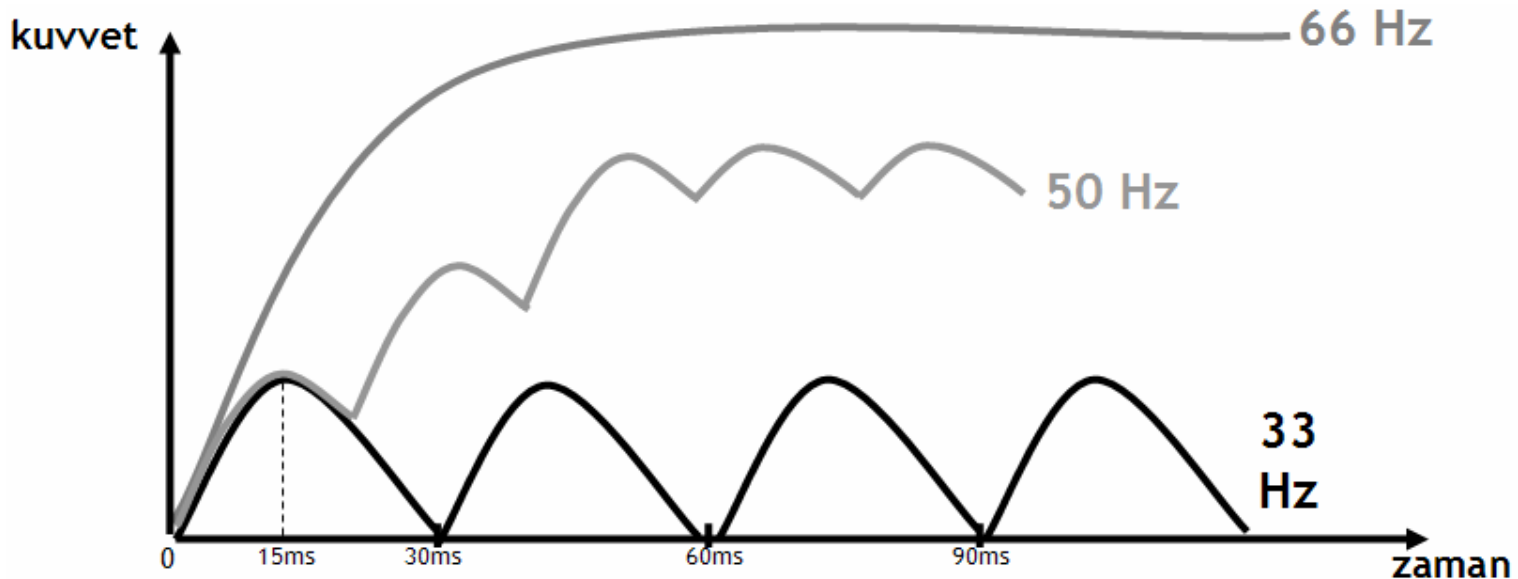


# FAST TWITCH FIBERS / HIZLI KASILAN KAS LIFLERİ

Frekans 33 Hz olduğunda; 1sn=>1000 milisaniyede 33 elektriksel atım oluşur dolayısı ile her atım yaklaşık 33 milisaniye sürer. Bu süre hızlı kasılan kas lifinin titreşiminin bitmesine izin verecek kadar uzundur. Bu nedenle hızlı kasılan kas lifinde 1 saniye içinde 33 titreşim oluşur ve bu titreşimler hızlı kasılan kas lifinde bir kontraksiyon oluşturamaz.

Frekans 50Hz olduğunda;=>1000milisaniyede 50 elektriksel atım oluşur dolayısı ile her atım yaklaşık 20 milisaniye sürer. Bu süre hızlı kasılan kas lifinin titreşimi zirve değerden geçip sona ermek üzereyken bir kez daha uyarılmasına neden olur. Kasın titreşimleri üst üste binişir fakat zirve değeri olan 15'inci milisaniye geçildiğinden, hızlı kasılan liflerde yine kontraksiyon değil saniyede 50 adet titreşim olur. Bu titreşimler tam olarak kontraksiyona dönüşemez.

Frekans 66Hz olduğunda; => 1000 milisaniyede 66 elektriksel atım dolayısı ile her atım yaklaşık 15 milisaniye sürer. Bu süre hızlı kasılan kas lifinin titreşimindeki zirve değerine çok yakın bir yerde ikinci bir titreşimin başlamasına neden olur ve üst üste binişen titreşimler hızlı kasılan kas lifinde artık bir kontraksiyona dönüşür.



## Kas liflerinin zamana bağlı ateşlenme özellikleri [özet]

### Slow Twitch Fiber / Yavaş kasılan kas lifleri

- 0 - 10 Hertz : Twitches / Titreşimler
- 10 Hertz : Peş peşe gelen titreşim serileri
- 10 - 33 Hertz : Titreşimlerin binişmesi = Tetanizasyon
- 33 Hertz : Maksimal tetanik kontraksiyon

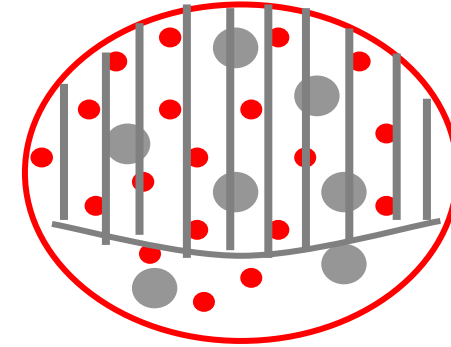
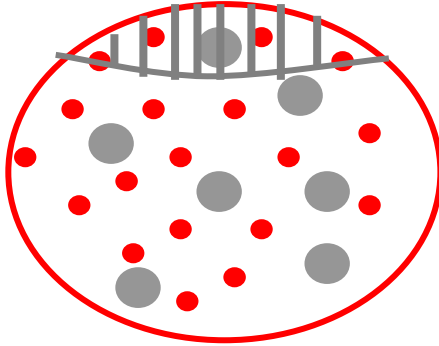
### Fast Twitch Fiber / Hızlı kasılan kas lifleri

- 0 - 33 Hertz : Twitches / Titreşimler
- 33 Hertz : Peş peşe gelen titreşim serileri
- 33 - 66 Hertz : Titreşimlerin binişmesi = Tetanizasyon
- 66 Hertz : Maksimal tetanik kontraksiyon
- **Not:** 10 Hertz'in altında (düşük frekans), asla tetanik kontraksiyon alınmaz, sadece titreşimler meydana gelir.

# Frekans ve Akım Şiddeti Terimlerini doğru anlamak!

## ÖRNEK

Bir kasın farklı parametrelerle stimülasyonu



- Intensite /Akım şiddeti = **10 mA**
  - Düşük seviyeli intensite
  - Az sayıda kas lifi çalışması [taralı alan]
- Frekans = **70 Hz**
  - Hızlı ve yavaş kasılan kas liflerinin beraberce uyarıldığı frekans değeri

## SONUÇ

Sınırlı bir alanda oluşan güçlü bir kas çalışması

- Intensite/Akım şiddeti = **70 mA**
  - Kısmen yüksek seviyeli intensite
  - Çok sayıda kas lifi çalışması
- Frekans = **10 Hz**
  - Kasta kontraksiyon ulaşmada en alt limit

## SONUÇ

Büyük bir alanda oluşan son derece hafif bir kas çalışması

# Elektriksel Kas Stimülasyonu [EMS]

## TERMINOLOJİ

Her şeyden önce, denerve kas ile paralize kas terimlerinin arasındaki anlam farkını net olarak kavramak gerekmektedir.

Paralize olmuş kasta motor yetersizlik yada kayıp görülür. Paralizi merkezi yada periferel sinir sisteminde oluşan bir yaralanma yada hastalık nedeniyle gündeme gelebilmektedir.

Yaralanma merkezi sinir sistemini etkilemiş fakat periferel sinir bütünlüğü korunuyorsa o kas **paralize** olmakla beraber **denerve değildir** yani dokusal anlamda sinir bütünlüğü devam etmektedir.

Eğer, yaralanma periferel sinir bütünlüğünün bozulmasına neden olmuşsa ve sinirde aksiyon potansiyelinin iletimi kesilmişse, o kas hem paralize hem de denerve olmuştur.

Bu nedenle Stroke/Inme gibi durumlarda sinir bütünlüğü korunduğu için NMES uygulamaları ile kastan cevap alınabilmektedir çünkü cihaz bütünlüğü korunmuş olan motor sinirde aksiyon potansiyeli oluşturarak ilgili kasın kontraksiyonunu sağlayabilir.

# TERMİNOLOJİ

Eğer bir kas fonksiyonunu kısmen kaybetmişse ve bir miktar istemli kontraksiyon görülüyorsa Parezi terimi kullanılır.

Parezi de merkezi yada periferal sinir sistem kökenli gelişebilir periferal sinirlerin kısmi yaralanmalarında kasta parezi oluşur ve denerve+inerve kas lifleri bir arada bulunur. Parezinin kaynağı merkezi sinir sistem yaralanması ise bütün kas lifleri normal olarak inerve durumdadır.

İnervasyonu sağlam yada inervasyon beklentisi olan kaslarda, NMES gibi kas kuvvetini arttıracak uygulamalar yapmanın etkin sonuçlar yarattığı bilinmektedir.

Aynı durum denerve kas stimülasyonu için geçerli değildir, araştırmalar olumlu ve olumsuz, yönde çelişkili sonuçlar içermektedir.

Güncel bilgilerimiz ışığında, elektrostimülasyon uygulamaları ile kısmi yada tam denervasyona maruz kalmış bir kasın **re-inervasyon sürecini etkileyip** etkilemediğini net olarak söyleyemiyoruz.

Buna rağmen, denerve bir kasın EMS gibi elektrostimülasyon teknikleri ile uyarılması, **kasın dokusal bütünlüğünü korumada ve fibrosis sürecinin önlenmesinde yarar sağlamaktadır**. Bu nedenle re-inervasyon umudu varsa EMS bu yönü ile bir tedavi seçeneği oluşturmaktadır.



# EMS UYGULAMASINA KARAR VERMEK

Denerve bir kas için,  
elektrostimülasyon tekniklerinden EMS uygulanıp uygulanmayacağına,  
karar vermeden önce aşağıdaki soruların cevapları gözden geçirilmelidir.

## **1 – Re-inervasyon umudu mevcut mudur ?**

### **[re-inervasyon süreci sona erdi mi?]**

Yaralanma tarihi

Yaralanmanın derecesi





Sinir hücrelerindeki rejenerasyonun derecesi

[günde 1mm >ayda  $\approx$  3cm yaralanma yeri ile kasın motor noktası arasındaki mesafe]

Sinirin elektromyogram sonuçları ve hastanın doktoru ile görüşme?

## **2 – Kas kısmen mi tamamen mi denerve olmuştur?**

Bu soruların cevaplanmasının ardından uygulamanın, yararlılığı gözden geçirilmeli, hastaya sağlanacak yararlanım net olarak anlatılmalıdır.

	RE-INERVASYON SÜRECİ SONA ERDİ	RE-INERVASYON SÜRECİ DEVAM EDİYOR
TOTAL DENERVASYON	<p style="text-align: center;">○</p> <p style="text-align: center;">Stimülasyon anlamsız</p>	 <p>Kas liflerini uyarabilmek için gereken 100ms atım süresine sahip, polarizasyonu/yanık riskini önlemek için kompanse edilmiş akım.</p>
KİSMİ DENERVASYON	 <p style="text-align: center;">Rektangüler bifazik özellikli, 200 ila 400µsn atım süreli akım</p>	 <p style="text-align: center;">Uzun süreli üçgen atımlar</p> <p>İnervasyon liflerinde </p>

# Elektroanaljezi

## [TENS\*]

\*TENS=> “*Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation*” tanımlamasında yer alan, **Transkutanöz** tanımı elektrotların cilt yüzeyine yerleştirilmesini ve bu yolla stimülasyon uygulanmasını ifade etmektedir.

Bu anlamda elektrostimülasyon tanımı altında yer alan NMES, EMS ve FES gibi pek çok teknik Transkutanöz olarak uygulanmaktadır fakat TENS ifadesi Elektroanaljezi uygulamaları ile özdeşleşmiş ve bu hali ile bilinir duruma gelmiştir.

Bu nedenle konunun farkında olan klinisyenler, araştırmacılar ve üretici firmalar, TENS yanında elektroanaljezi teriminin de eş zamanlı kullanımını tercih etmektedirler.

**Elektroanaljezi uygulamalarında** NMES tekniğinden farklı olarak, uyarılmak istenen mekanizmaya göre **duyu yada motor sinirler uyarılmaktadır.**

## PERİFERAL SİNİR LİFLERİNİN FARKLI TIPLERİ

- Taktil sensibilitate ( $A\beta$ )

Kronaksi

50  $\mu\text{s}$ 

ANALJEZİK

- Diskriminatif ağrı ( $A\delta$ )

Kronaksi

200  $\mu\text{s}$ 

- 
- Motor nöronlar ( $A\alpha$ )

Kronaksi

u.e.

250  $\mu\text{s}$ 

l.e.

350  $\mu\text{s}$ 

NMES

- 
- Nosisseptif (C)

Kronaksi

>1500  $\mu\text{s}$

# ELEKTROANALJEZİ UYGULAMALARINDA ETKİ MEKANİZMALARI

Elektrostimülasyon uygulamalarında analjezi sağlamak amacıyla üç temel etki mekanizması devreye sokulmaktadır.

**Kapı Kontrol**

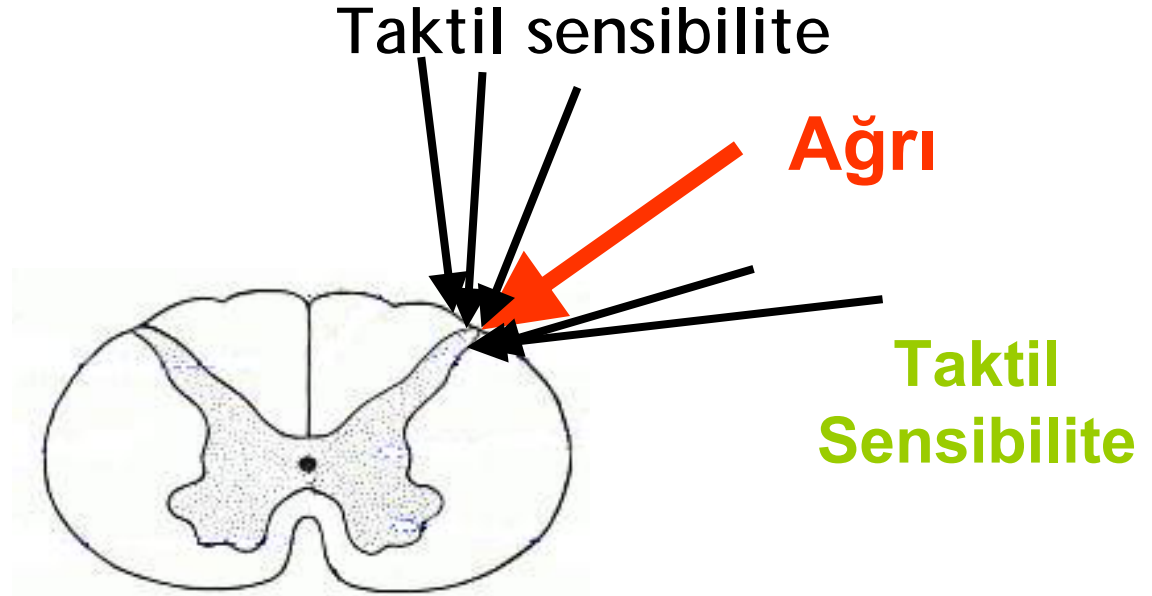
**[GATE]**

**Endorfin**

**Dekontraktür**

## Kapı Kontrol [GATE]

Prensip:



- Elektrik akımları ile uyarılan taktıl duyu alıcıları, sinir sistemine ağrının geçişini bloke ederler.[kapı kontrol]

Bir travma yada yaralanma ile karşılaştığımızda, istemli reflekslerimizden biri olan dokunma devreye girer.

Yaralanma bölgesine basınç uygulayarak farkında olmasak ta taktıl alıcıları uyarır, Böylece ağrının hafiflemesini sağlarız.

Elektriksel olarak aynı etkiyi yaratmak A $\beta$ -liflerinin uyarımı ile mümkündür



### Uygulama Parametereleri

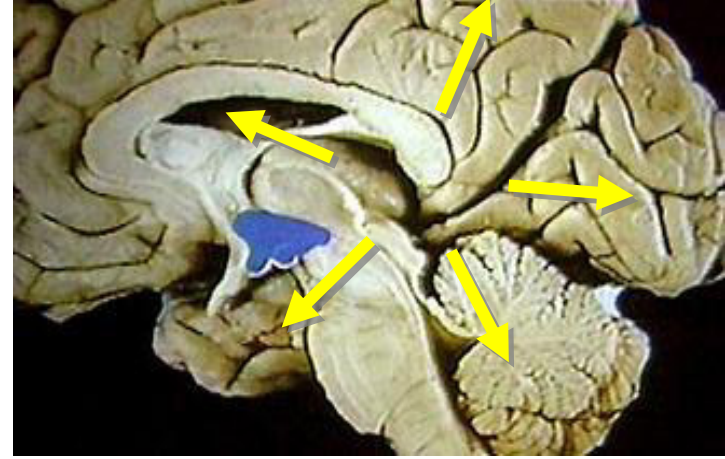
**Kısa atım durasyonu**  
**[30 to 70  $\mu$ sn arası]**

**Yüksek frekans**  
**[100 Hz /50-150Hz arasında değişim]**

**20 dakika**

## Endorfinik Etki

- Bu etkinin oluşumu için kaslardan titreşim alınması ve bu uyarımın etkisi ile hipotalamustan endorfin salınımında artış hedeflenmektedir.
- Etkileri
  - Ağrıda azalma
  - Anksiyetede azalma
  - İyi hissetme hali



### Uygulama Parametreleri

- **A $\delta$  liflerinin stimülasyonu**
  - Atım durasyonu = 200  $\mu$ sn
- **Frekans**
  - Endorfin üretimi için gereken frekans en fazla 5 Hz olmalıdır.
- **Süre**
  - en az 20 dakika

Endorfinik açıdan iki etki meydana gelir.

#### 1.Genel etki

A $\delta$  liflerinin stimülasyonu ile endorfin üretiminde artış

#### 2.Lokal etki

Motor nöronlarda oluşan uyarım kas titreşimlerinin etkisi ile kan akımında artış

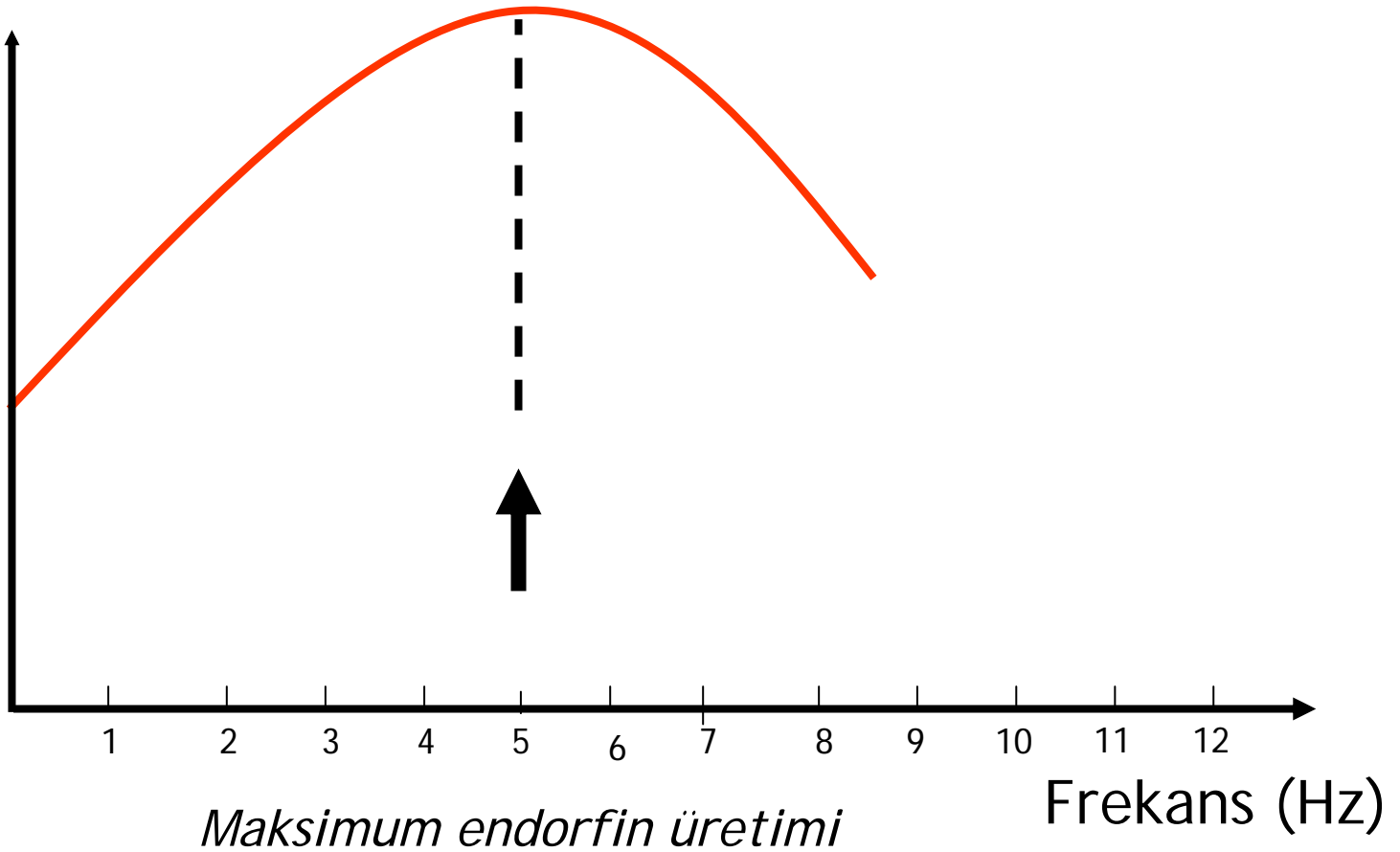


## 1.Genel etki

# A $\delta$ liflerinin stimölasyonu ile endorfin üretiminde artış

ENDORFİN ÜRETİMİ İLE FREKANS SEÇİMİ ARASINDAKİ İLİŞKİ

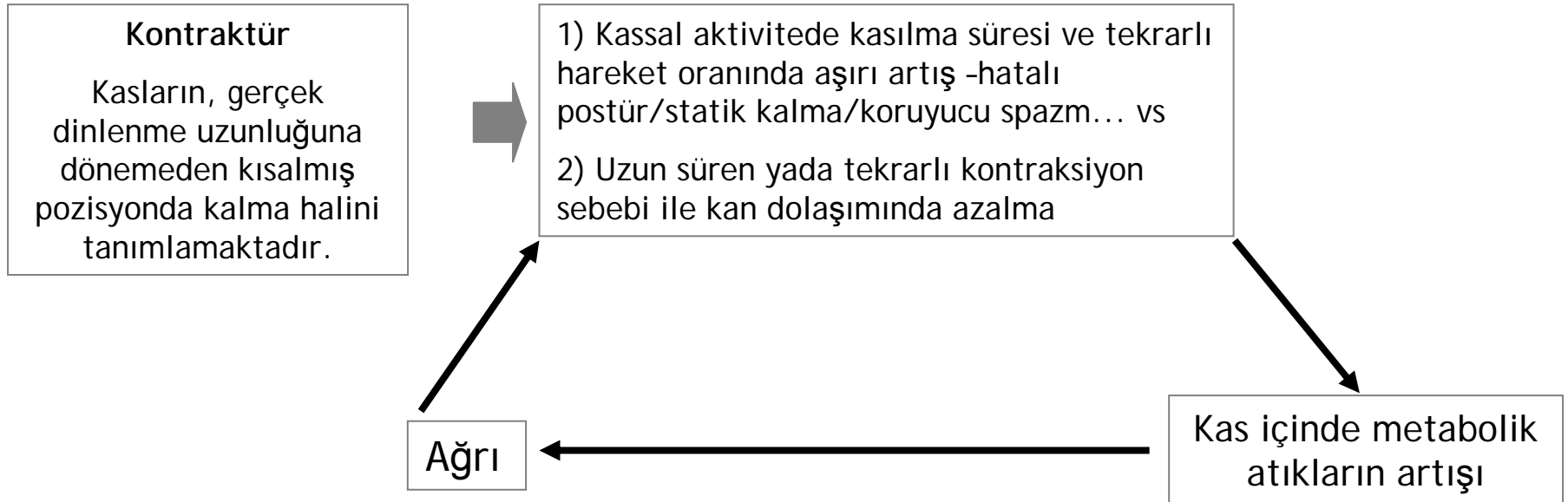
Endorfin



## 2.Lokal etki

### Motor nöronlarda oluşan uyarım ve kas titreşimlerinin etkisi ile kan akımında artış

Son çalışmalar, 1-5Hz seviyesinde yaratılan kassal titreşimlerin kassal gerginliği azalttığını göstermiştir.Hatalı postüral alışkanlıklardan kaynaklanan kassal gerilimler ve akut servikal / lumbal spazmlar bu yöntemle tedavi edilebilmektedir. Bu yaklaşıma “tonolysis” adı verilmektedir



Endorfinik uygulama kan dolaşımını arttırmaktadır.

# Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu [FES]

FES kaslarda oluşan kontraksiyonun çeşitli fonksiyonlar dahilinde doğru zamanlama ile kullanımını ifade eder.

Uygulama genellikle, stroke/inme, spinal kord hasarı, kafa travması, serebral palsi ve multipl skleroz gibi nörolojik problemlerde tercih edilmektedir.

Fonksiyonel elektrik stimülasyonu tekniğinin en sık rastlanılan uygulama şekli düşük ayak/drop foot probleminde yürümede yaşanan yetersiz dorsifleksiyon probleminin çözümüdür.

FES'te kullanılan parametreler, inervasyonu sağlam fakat paralize olmuş bir kas ile kısmi denervasyonu olan kas grupları için uygulanan pensiplere dayanmaktadır.

FES uygulamasında genellikle stimülasyonun uyarım anını tetikleyen bir mekanizma kullanılır



# ZAMANLA İLİŞKİLİ DİĞER KAVRAMLAR

Nöromüsküler Elektrik Stimülasyonu  
[NMES]  
Elektriksel Kas Stimülasyonu  
[EMS]  
Elektroanaljezi  
[TENS\*]  
Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu  
[FES]

Elektrostimülasyon uygulamalarının hepsinde,  
Atım durasyonu, frekans gibi kavramlar dışında süre ile ilgili iki kavram daha mevcuttur:

1- [On time/Off time]

On time / Uyarı : akımın cilde verildiği süre örn 4 saniye uyarı /kontraksiyon

Off time / Dinlenme: akımın cilde verilmediği süre örn 6 saniye dinlenme

2- Treatment time/Tedavi-Uygulama süresi

Örn: Elektroanaljezi için minimum 20 dk, enduransa yönelik bir müsküler çalışma için 50dk..vb

# ELEKTROSTİMÜLASYON UYGULAMADAN ÖNCE

## Uygulamanın, terapatik / fizyolojik etkisi nedir ?

- ✓Kas gücünü arttırma/koruma
- ✓Motor kontrol için kasın stimüle edilmesi/eğitilmesi
- ✓Ağrı kontrolü
- ✓Kan dolaşımının arttırılması/desteklenmesi
- ✓Ödemin azaltılması / inhibisyonu

## Uygulamanın etkinliğine dair bilimsel kanıt / açıklama mevcut mu ?

- ✓Varolan bilimsel kanıtların kalitesi ve klinik uygulamaya katkısı hangi düzeydedir ?
- ✓Bilimsel kanıt, uygulamaya ait tüm detayları içeriyor mu?

## Uygulamanın, olumlu / olumsuz sonuçları ölçülebilir mi ?

- ✓Kas gücü ne kadar arttı?
- ✓Aktif ROM yada hareket kalitesi ne kadar değişti?
- ✓Ağrı ne kadar azaldı?

# ELEKTROSTİMÜLASYONUN KLİNİK KULLANIM AMAÇLARI

Kas kuvvetinde artış → NMES

Motor Kontrol için kas eğitimi → NMES/FES

Ağrı Kontrolü → Elektroanaljezi[TENS\*]

Kan dolaşımının artışı/desteklenmesi → NMES/Endorfinik TENS\*

Ödem azaltılması ve inhibisyonu → NMES/TENS\*

Doku iyileşmesinin desteklenmesi → DC,monofazik kesikli

\*TENS tanımı ile ilgili not 36.slayt'a bakınız.

# ELEKTROTERAPİ İLE İLGİLİ GENEL UYARI VE ÖNLEMLER

Göğüs bölgesini çaprazlayan elektrot yerleşimleri

Kontralateral ekstremitelere farklı kutup yerleşimi

Kalp pili varlığı

İmlante stimülatörler

Carotid sinüs üzerine

Periferal Vasküler Hastalık

Trombofilebit

Hamilelik ( abdominal alan)

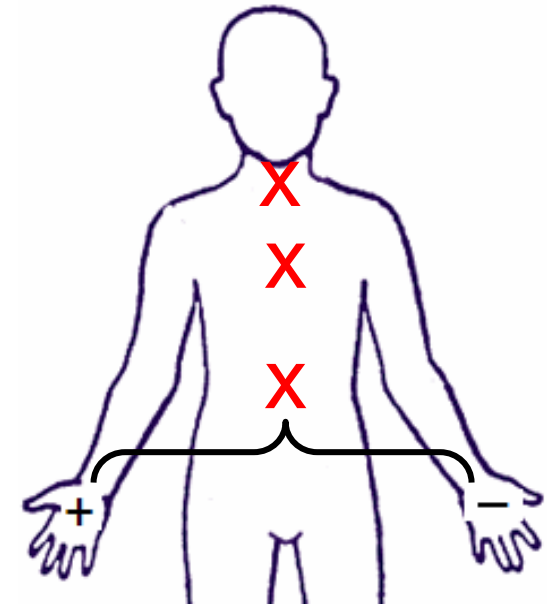
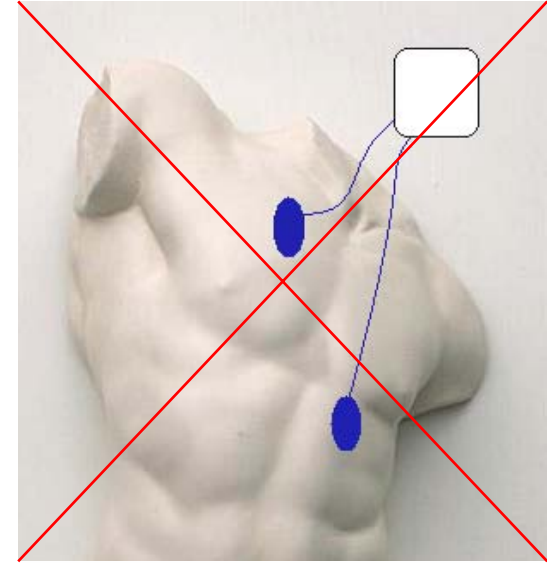
Duyu bozukluğu

Konfüzyon

Aşırı Obesite (yalıtkan doku-akım şiddeti)

Kanser

Üst seviye osteoporoz



# SONUÇ I: NASIL KARAR VERECEĞİZ?

## • Aktive etmek istediğimiz fizyolojik mekanizma

Kapı Kontrol ?

Endojenik/Endorfinik Sistem ?

Kas kontraksiyonu ?

Lokal – Genel Dolaşım artışı ?

## • Uyarım yapılacak hedef doku

Deri-deri altı ?

Kas lifleri ?

Duyusal sinir lifleri?

Motor sinir lifleri ?

## • Doğru elektrostimülasyon yaklaşımının seçilmesi

Ayarlamak mümkünse, doğru parametrelerin seçilmesi.

Ayarlamak mümkün değilse doğru programın seçilmesi

Faz durasyonu

Intensite/akım şiddeti/amplitüd

Frekans (pps, Hz)

On / off süresi

Uygulama-Tedavi süresi

Haftalık seans sayısı

Elektrot yerleşimi



# SONUÇ II: NASIL KARAR VERECEĞİZ?

## Eğer elimizde bir elektrostimülasyon cihazı mevcutsa neler sorgulanmalıdır ?

1.Cihaz hangi tip akımları vermektedir? DC / AC / PC

2.Cihazda hangi dalga formları mevcuttur ? Rektangüler,Sinuzoidal..

“Optimal dalga formunun **bifazik simetrik rektangüler** olduğunu hatırlayın”

3.Cihazla ulaşmak istediğimiz tedavi hedefimiz nedir ?

Kas kuvvetinde artış /Motor kontrol eğitimi / Ağrı kontrolü /Kan dolaşımının artışı....

4.Seçilen yada Deneme yolu ile sınanan uygulama ile ilgili dokuda beklenen etki oluştu mu ?

Eğer tedavi hedefi kas kuvvetinin artışı ise kasta kontraksiyon oluşmalıdır. Kasın fonksiyonel özelliğine göre yavaş kasılan kas liflerinin gelişimi öncelik gerektiriyorsa frekans en az 33 Hz olmalıdır.[35.slayt]

Eğer frekans 66Hz'in üzerinde ise hem yavaş hem de hızlı kasılan kas lifleri kontraksiyon gösterecektir. [36.slayt]  
Kuvvet gelişiminin en üst düzeyde olması için akım şiddeti/intensite tolere edilebilen en üst düzeyde tutulmalıdır.

-Eğer kasta kontraksiyon değil twitch/titreşim mevcutsa kas kuvvetinde gelişim daha az oluşacak fakat titreşimin yarattığı pompa etkisi ile kan dolaşımında daha belirgin bir artış görülecektir.

-Eğer twitch 5 Hz frekansında oluşuyorsa; taktil alıcıların uyarımı ile endorfinik etki maksimum düzeyde oluşacaktır. [49.slayt]

-Kaslarda herhangi bir titreşim yada kontraksiyon yok fakat hasta güçlü bir iğnelenme/karınçalanma hissediyorsa,kapı kontrol mekanizması ile elektroanaljezi etkisi oluşacaktır.

5.Cihazda parametreleri ayarlanmış, hazır programlar mı mevcut?

Bu programların, ayarlanmış parametreleri ile ilgili bilgi teknik bilgi mevcut mudur ?

Kriterler ayrıca ayarlanabiliyorsa, tedavi amacına uygun olarak hangi kriterler seçilmelidir ?

# ÖNERİLEBİLECEK KAYNAKLAR

Physical Agents: Theory And Practice, Barbara J. Behrens, Susan L. Michlovitz ,2007

Therapeutic Modalities in Rehabilitation, Third Edition, William E. Prentice,2005

Modailities for Therapeutic Intervention, Michlovitz, Nolan, 2005

Evidence-Based Guide to Therapeutic Physical Agents, Alain Yvan Belanger, 2002

Kanıta Dayalı Elektroterapi, Yakut E., Dalkılınç M., Kaya D., Pelikan Kitabevi, 2008

*Aşağıdaki yayınlardan  firmasının izniyle yararlanılmıştır.*

Compex 3 “practical guide & scientific explanations”

<http://www.compex-professional.com> (İngilizce)

<http://www.cefar.se> (Türkçe)