

T.C  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ  
FİZİKSEL TIP VE REHABİLİTASYON ANABİLİM DALI

POSTOPERATİF AĞRIDA KONTRALATERAL  
TRANSKUTANÖZ ELEKTRİKSEL SİNİR STİMÜLASYONUNUN  
(TENS) ETKİNLİĞİ

Dr. Hülya YAVUZ

UZMANLIK TEZİ  
Olarak Hazırlanmıştır

ANKARA  
2016

**T.C**  
**Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi**  
**Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı**

**POSTOPERATİF AĞRIDA KONTRALATERAL  
TRANSKUTANÖZ ELEKTRİKSEL SİNİR STİMÜLASYONUNUN  
(TENS) ETKİNLİĞİ**

**Dr. Hülya YAVUZ**

**UZMANLIK TEZİ**  
**Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı**  
**Prof. Dr. Alp ÇETİN**

**ANKARA**  
**2016**

## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerinden faydalanma olanağı bulduğum ve tez çalışmasının gerçekleşmesi için bana gerekli ortamı ve desteği sağlayan Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı Başkanı *Prof. Dr. Fitnat Dinçer* ve tez danışmanım Prof. Dr. Alp Çetin olmak üzere, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı öğretim üyeleri sayın *Prof. Dr. Yeşim Gökçe Kutsal, Prof. Dr. Ayşen Akıncı Tan, Prof. Dr. Pınar Borman, Prof. Dr. Bayram Kaymak, Prof. Dr. Levent Özçakar, Doç. Dr. Oya Özdemir, Doç. Dr. Murat Kara'ya*, emekli öğretim üyeleri *Prof. Dr. Zafer Haşcelik* ve *Prof. Dr. Fatma İnanıcı'ya* ve birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum araştırma görevlisi arkadaşlarıma ve hastane personeline en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tezin hazırlanmasında bana destek sunan Plastik, Rekonstruktif ve Estetik Cerrahi Anabilim Dalı öğretim üyesi Prof. Ali Emre Aksu'ya, Ankara Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi Plastik, Rekonstruktif ve Estetik Cerrahi asistan doktorlarına ve istatistiksel verilerin yorumlanmasındaki katkılarından dolayı Dr. Sevilay Karahan'a teşekkür ederim.

Bu günlere gelmemde büyük pay sahibi olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZET

**Yavuz, H. Postoperatif Ağrıda Kontralateral Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonunun (TENS) Etkinliği. Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı Uzmanlık Tezi. Ankara 2016.** Transkutanöz elektriksel sinir stimülasyonu (TENS) ağrılı durumlarda analjezik ilaçlara ek olarak kullanılabilen invaziv olmayan, kolay uygulanabilen, güvenli ve ucuz tedavi yöntemlerinden biridir. Kontralateral TENS uygulamalarının ampüte hastalarda fantom ağrısında etkili olabileceğini gösteren çalışmalar vardır. Bu çalışmanın amacı üst ekstremité cerrahisinden sonra, TENS'in ağrılı bölgeye bağlanmasını engelleyecek durumlarda (alçı, splint, sargı), kontralateral kullanımının postoperatif ağrıda etkili olup olmadığını araştırmaktır. Bu amaçla dirsek altı unilaterale üst ekstremité yumuşak doku cerrahisi geçiren 18-65 yaş arası 29 hasta çalışmaya alınarak iki gruba randomize edildi. Çalışma grubuna postoperatif dönemde 3 kez günde 20 dakika olacak şekilde konvansiyonel TENS, kontrol grubuna ise benzer şekilde sham-TENS uygulandı. Uygulamadan önce ve sonra hastaların ağrıları VAS skalası kullanılarak karşılaştırıldı. Aynı zamanda postoperatif 2 gün boyunca hastaların kullandığı analjezikler değerlendirildi. Çalışma postoperatif ağrının özellikle en yoğun olduğu ilk iki günde yapıldı. Çalışmaya katılan kişilerin yaş, cinsiyet, meslek, eğitim durumu gibi tanımlayıcı bilgileri hasta değerlendirme formu ile kayıt edildi. Hastaların geçirdiği cerrahi türü ve anestezi tipi not edildi. Özgeçmiş – soygeçmiş değerlendirmesinde ek sistemik hastalık, ilaç kullanımı sorgulandı. İki grup arasında sosyodemografik veriler açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu. Benzer şekilde medeni durum, eğitim durumu, anestezi tipi gibi parametreler açısından da iki grup arasında anlamlı fark gözlenmedi. Ayrıca hastaların geçirdiği operasyon türleri de iki grupta benzerdi. Operasyon sonrasında kullanılan analjezi çeşidi ve dozları açısından da istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmedi.

Sonuç olarak her iki grupta da post operatif ağrıda iki günün sonunda belirgin azalma tesbit edildi. TENS grubundaki ağrı azalması daha fazla gözükmekle birlikte çalışmanın sonunda her iki gruptaki ağrı azalması arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamadı.

Bu sonuçlar TENS'in ağrılı tarafa bağlanmasına engel olan durumlarda kontralateral olarak kullanılmasının alternatif bir analjezi yöntemi olarak uygulanabileceğini göstermektedir. TENS'in postoperatif analjezide kontralateral kullanımının etkisini ve etki mekanizmalarını gösterecek ileri araştırmalara ihtiyaç vardır.

**Anahtar kelimeler:** Kontralateral TENS, Postoperatif Ağrı, Analjezi, Elektrik Stimülasyonu

## ABSTRACT

**Yavuz, H. Contralateral Analgesic Effect of Transcutaneous Electric Nerve Stimulation (TENS) in Postoperative Pain. Thesis in Physical Medicine and Rehabilitation, Faculty of Medicine, Hacettepe University. Ankara 2016.** Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) is used to provide relief of acute and chronic pain and it is popular because there are a few side effects, no potential for toxicity, non-invasive, being easy and inexpensive. In this study we want to evaluate especially if it has contralateral effect as ipsilateral side in postoperative pain. So we can use this application strategy in the treatment by physical therapy of patients with unilateral pain syndromes particularly if there is a handicap to place TENS to the painful region such as plaster, splint or bandage. The present study 29 patients were examined that at 18-65 years, operated ambulatory unilateral upper extremity soft-tissue surgery, participants were divided into groups as named Normal-TENS was enrolled 15 subjects and sham-TENS was enrolled 14 subjects. Both of groups TENS (sham group there is no stimulation) was delivered three times during 20 minutes at postoperative period. Initial assessment of pain using visual analogue scale (VAS) was performed then the last pain score was re-assessment at the 48th hour. At the same time the systemic oral analgesic drugs of patients used were evaluated for during two postoperative days. Pre and post values compared with each other. Demographical data, presence of any additional systemic diseases, medications especially prior use of opioids, anticonvulsants, antidepressants, NSAIDs or other analgesic drugs. Also anesthesia and surgery type was recorded. Demographical properties, were statistically similar in both groups. As the same not only no difference was observed in marital and educational status, but also anesthesia types between two groups. There was variety of jobs and operation kinds. Two groups were the same for pharmaceutical use included drugs variety and doses. Both of groups the pain alleviated.

In Normal-TENS grup showed more reduction than in sham-group was found but it didn't reach istatistical significant value ( $p>0,05$ ) because of limited small sample size and heterogenous operation type.

In conclusion, we consider that TENS may provide analgesic effect at acute or chronic painful syndromes not only in the ipsilateral but also support contralateral approach to the application of TENS.

**Keywords:** Contralateral TENS, Postoperative Pain, Analgesia, Electric Stimulation.

## İÇİNDEKİLER

	<b>Sayfa</b>
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	x
ŞEKİLLER	x
TABLolar	xi
1.GİRİŞ	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>
1.1.GENEL BİLGİLER	1
1.1.1 Ağrı Tanımı	1
1.1.2 Ağrının Sınıflaması	1
1.1.3 Ağrı Reseptörleri	3
1.1.4 Ağrı Patofizyolojisi	4
1.1.5 Ağrı Yolları	5
1.1.6 Ağrının Sistemler Üzerine Etkisi	10
1.1.7 Ağrının Ölçülmesi	12
1.1.8. Postoperatif Analjezide Kullanılan İlaçlar ve Yöntemler	15
2.1. TENS	17
2.1.1. Tarihçe	17
2.1.2. Kapı-Kontrol Teorisi	18
2.1.3. Transkutan Elektriksel Sinir Stimülasyonu (TENS) Etki Mekanizması	20
2.1.4. Transkutan Elektrik Sinir Stimülasyonu (TENS) Parametreleri	23
2.1.5. TENS Çeşitleri	23
2.1.6 TENS Endikasyonları	27
2.1.7. TENS Kontrendikasyonları	28
2.1.8.TENS Elektrodları ve Bağlanma Yerleri	30
2. AMAÇ	31
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER	32
4. BULGULAR	34
5. TARTIŞMA	44
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	49
7. KAYNAKLAR	50

**SİMGELER VE KISALTMALAR**

<b>TENS</b>	: Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu
<b>MSS</b>	: Merkezi Sinir Sistemi
<b>ATP</b>	: Adenozin Tri-Fosfat
<b>K</b>	: Potasyum
<b>T</b>	: Transmisyon Hücresi
<b>FES</b>	: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu
<b>HKA</b>	: Hasta Kontrollü Analjezi
<b>LA</b>	: Lokal Anestezik
<b>NSAI</b>	: Non-steroid Antiinflamatuvar İlaç
<b>IGF I-II</b>	: İnsülin benzeri büyüme faktörü I-II
<b>SG</b>	: Substantia Gelatinoza
<b>NRM</b>	: Nukleus Raphe Magnus
<b>RVM</b>	: Rostral Ventral Medulla
<b>PAGM</b>	: Periaquaduktal Gri Madde
<b>PLP</b>	: Fantom İlişkili Ağrı
<b>BMI</b>	: Body Mass Index
<b>KVS</b>	: Kardiyovasküler Sistem
<b>SD</b>	: Standart Deviasyon
<b>DM</b>	: Diabetes Mellitus
<b>HT</b>	: Hipertansiyon
<b>HL</b>	: Hiperlipidemi
<b>KKY</b>	: Konjestif Kalp Yetmezliği
<b>μ</b>	: Mü Reseptör
<b>δ</b>	: Delta Reseptör
<b>κ</b>	: Kappa Reseptör
<b>M.Ö.</b>	: Milattan Önce
<b>VAS</b>	: Vizüel Analog Skala
<b>FES</b>	: Fonksiyonel Elektrik Stimülasyonu

## ŞEKİLLER

### Sayfa

<b>Şekil 1.</b> Primer Afferent Lifler (A delta ve C lifleri)	3
<b>Şekil 2.</b> Ağrı Yolları	9
<b>Şekil 3.</b> Yüz İfadesi Skalası	13
<b>Şekil 4.</b> Analjeziklerin Etki Mekanizması Yerleri	17
<b>Şekil 5.</b> Kapı-kontrol Teorisi	18
<b>Şekil 6.</b> Santral Ağrı Modülasyonu Yolları	22
<b>Şekil 7:</b> TENS Uyarı Tipleri	26
<b>Şekil 8.</b> TENS Cihazında Kullanılan Elektrod Tipleri	29

## TABLolar

	<b>Sayfa</b>
<b>Tablo 1.</b> TENS Uygulama Modellerinin Özellikleri	25
<b>Tablo 2.</b> Olguların Sosyodemografik Verileri	34
<b>Tablo-3.</b> Olguların Sosyodemografik Verileri	35
<b>Tablo 4.</b> Gruplar Arasında Meslek Dağılımları	37
<b>Tablo 5.</b> Gruplar Arasında Geçirilen Operasyon Türü Dağılımları	38
<b>Tablo 6.</b> Normal-TENS ve sham-TENS grubunda olan ek hastalıkların karşılaştırılması	39
<b>Tablo 7.</b> Normal-TENS ve sham-TENS grubundaki VAS değerleri ve değişimleri	42
<b>Tablo-8.</b> Normal-TENS ve sham-TENS Grubundaki Kendi İçlerindeki VAS farkı	43
<b>Grafik 1.</b> Normal-TENS Grubu Medeni Durum	35
<b>Grafik 2.</b> sham -TENS Grubu Medeni Durum	36
<b>Grafik 3.</b> Normal-TENS Grubu Eğitim Durumu	36
<b>Grafik 4.</b> sham-TENS Grubu Eğitim Durumu	37
<b>Grafik 5.</b> Normal-TENS Grubunda Anestezi Tipi	38
<b>Grafik 6.</b> Sham-TENS Grubunda Anestezi Tipi	39
<b>Grafik 7.</b> Her İki Grupta Kişi Bazında Kullanılan Analjezik Çeşidi	40
<b>Grafik 8.</b> Her İki Grupta Adet Olarak Kullanılan Analjezik miktarları	40
<b>Grafik 9.</b> Her İki Grupta VAS 1 ve VAS 2 Değerleri	41
<b>Grafik 10.</b> Her İki Grup Arasında Vas2 ile Vas1 Arasındaki Fark	42
<b>Resim 1.</b> Çalışmamızda kullandığımız TENS cihazı	28



## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1.1. AĞRI

Uluslararası Ağrı Araştırmaları Derneğine (IASP) göre ağrının tanımı: var olan ya da olası doku hasarına eşlik eden veya bu hasar ile tanımlanabilen, hoş gitmeyen duysal ve emosyonel deneyimdir (1-2). Ağrının temel öğeleri; ağrının oluşumu (nosisepsiyon), ağrının algılanması, acı çekme ve ağrıya bağlı davranışlardır (1, 4).

### 1.1.2. Ağrının Sınıflaması

Ağrının subjektif bir duyum olması, bireyler ve yaşanılan ortam açısından büyük farklılıklar göstermesi, standart bir sınıflamayı olanaksız kılmaktadır. Ağrıyı, değişik parametrelere göre aşağıdaki şekilde sınıflamak mümkündür (1).

#### 1. Nörofizyolojik mekanizma

- a. Nosiseptif
- b. Somatik
- c. Visseral
- d. Nöropatik (nonnosiseptif)
  - Merkezi
  - Periferik
- e. Psikojenik

#### 2. Süreye bağlı

- a. Akut
- b. Kronik

3. Etiyolojik (kanser ağrısı, artrit ağrısı vb.)
4. Bölgesel ağrı (baş ağrısı, bel ağrısı vb.)

Ağrı başlama süresine göre; akut ve kronik olarak sınıflandırılır (15).

### **Akut Ağrı**

Ani olarak başlayan, neden olan lezyon ile arasında yer, zaman, şiddet açısından yakın ilişkinin olduğu, doku hasarıyla başlayıp, yara iyileşmesi süresince giderek azalan ve kaybolan ağrı tablosudur. Beraberinde otonom sinir sistemi aktivasyonuna bağlı taşikardi, hipertansiyon, solukluk gibi belirtiler bulunur. Postoperatif ağrı, renal kolik, myokard infarktüsü gibi ağrılar bu gruptandır. Bu süre 3-6 ayı aşarak kronik özellik kazanabilir (15).

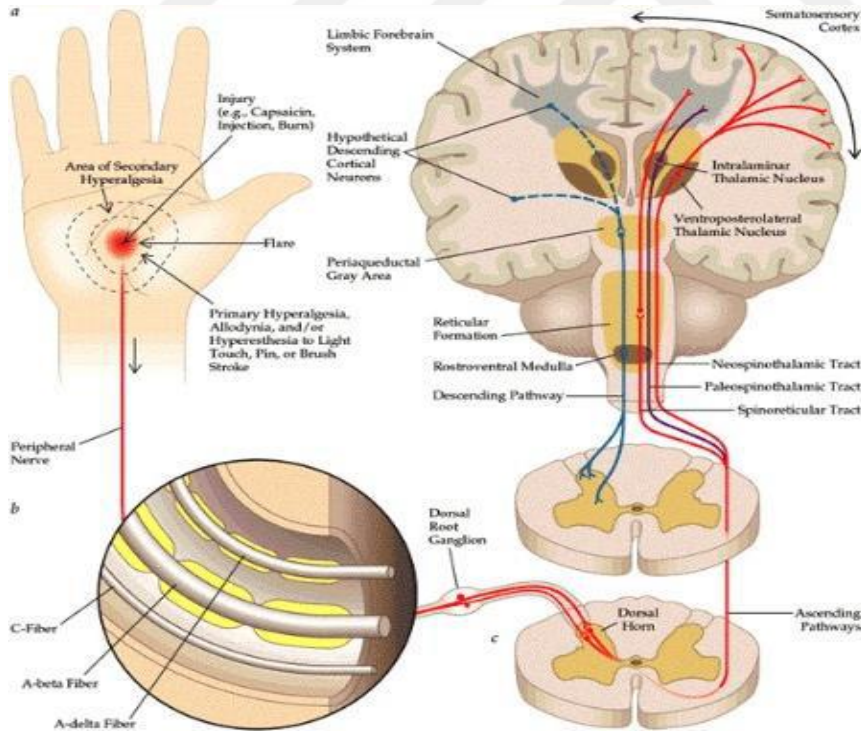
### **Kronik Ağrı**

Neden olan hastalık veya hasarın iyileşme sürecini aşan ağrılardır. Bu tür ağrı kişinin hayat kalitesini değiştirip anormal davranışlara yöneltebilir. Nedenleri olarak; travmanın sinir hasarı gibi geç sonuçları, dejeneratif, otoimmün, neoplastik hastalıklarla psikojenik etkenler sayılabilir. Kronik ağrılı çoğu hastada, akut ağrıdaki kadar otonomik yanıtlar yoktur. Sempatik tonus artışı, nöroendokrin fonksiyonda artış belirgindir. Kronik ağrıda kişisel ve çevresel faktörlerin rolü vardır (15)

### 1.1.3. Ağrı Reseptörleri

Ağrının algılanması ve vücudun buna yanıtının bütününe “nosisepsiyon” adı verilir. Bu olayın başlangıcı, ağrıyı algılamaya özelleşmiş sinir uçlarından başlar. Bu özelleşmiş sinir uçlarına nosiseptör adı verilir (15).

Nosiseptörler, kuvvetli mekanik, termal ve vücutta salgılanan ve nöromedyatör işlevi gören maddeler tarafından uyarılmaktadır. Nosiseptörlerin uyarılması ile başlayan depolarizasyon primer afferent lifler (A delta ve C lifleri) tarafından zararlı impulslar olarak MSS’ ne aktarılırlar (15-16).



**Şekil 1.** Primer Afferent Lifler (A delta ve C lifleri) (17).

Bu reseptörler vücuttan salgılanan ağrı yapıcı maddeler olan asetilkolin, hidrojen iyonları (pH < 3 olacak şekilde hidroklorik asit veya laktik asit), K<sup>+</sup> iyonları, prostaglandin, lökotrien gibi araşidonik asit metabolitleri, serotonin, kininler ve P maddesi gibi maddeler tarafından uyarılabilirler (18). Nosisseptif bilgi periferden santral sinir sistemine bipolar yapıdaki nöronlar tarafından taşınır. Nöronun periferel aksonu doku içerisinde yerleşir ve nosisseptif bilgiyi alır. Hücre gövdesi dorsal kök ganglionunda yer alır, proksimal akson ise spinal korda uzanır. Nöronun aktive olmasıyla oluşan aksiyon potansiyeli periferden spinal korda ilerler. Hücre hasarını takiben oluşan inflamatuvar mediatörlerin etkileriyle salınan ATP, bradikinin, hidrojen ve potasyum ağrıyı indükler. Bradikinin ayrıca histamin, serotonin, prostoglandinler ve lökotrienlerin salınımına neden olur. Özellikle bu son iki ajan duysal nöronu ağrı yapıcı maddelere daha da duyarlı hale getirirler (19).

#### 1.1.4. Ağrı Patofizyolojisi

Dokularda hasara yol açan veya açabilecek kapasitede olan uyarılara "noksiyöz uyarılar" adı verilmektedir. Santral sinir sistemi noksiyöz uyarıyı araştıracak ve cevap verecek çeşitli mekanizmalarla donatılmıştır. Bu sistem noksiyöz uyarıyı algılamaya uygun reseptörler, bilgiyi merkeze ulaştıracak yollar, santral algı mekanizması ve cevap sisteminden oluşmaktadır. Doku hasarı ile ağrının algılanması arasında oluşan bu elektrokimyasal olayların bütününe ise "nositsepsiyon" adı verilmektedir. Bir uyarının ağrı olarak algılabilmesi için dört farklı fizyolojik işlemden geçmesi gereklidir (21).

- a) **Transdüksiyon**, sinir sonlarında stimulusun elektriksel aktiviteye dönüştürüldüğü aşamadır.
- b) **Transmisyon**, oluşan elektrik aktivitenin sinir sistemi boyunca yayılmasıdır.
- c) **Modulasyon**, nosisseptif iletimde değişiklikler yapılmasıdır.

d) **Persepsiyon**, diğer aşamaların bireyin psikolojisi ile etkileşimi ve sübjektif emosyonel deneyimleri sonucu gelişen aşamadır.

Ağrılı uyarılar arka boynuzda ulaştıklarında değişikliğe uğrarlar. Bir kısmı aynı segmentten ya da komşu segmentlerin anterior ya da anterolateral bölgesinden geçerek refleks cevaplara yol açar. Diğer kısmı ise bir veya iki segment içinde karşı tarafa geçerek anterolateral segment boyunca ilerleyerek üst merkezlere ulaşır. Medulla spinaliste çeşitli tiplerdeki sinir sonlanmaları kesişirler ve nörotransmitterler salınır buda duyuşal sinyalleri baskılar, arttırır ve değiştirir. Arka boynuzda ulaşan nosiseptif bilgi lateral spinotalamik traktus yolu ile talamusa ve somatosensoryal kortekse iletilir. Medial spinotalamik traktus aracılığı ile de beyin sapında retiküler formasyona, medial talamusa, periaquaduktal gri maddeye ve hipotalamusa iletilir, oradan kortekse ve limbik sisteme gider.

### 1.1.5. Ağrı Yolları

#### **Periferden beyin korteksine ağrı impulslarını taşıyan yollar**

Dorsal ganglionlardaki primer afferent nöronlar vertebral foramenlerde yerleşmiştir. Dorsal boynuzda primer afferent nöron sekonder nöronla sinaps yapar ve onun aksonu da orta çizgiyi geçerek karşı taraftaki spinotalamik yolu oluşturup talamusa ulaşır. İkinci sıra nöronlar talamus nükleuslarındaki üçüncü nöronlarla sinaps yapar bunlar da impulsu internal kapsül ve korona radiata aracılığıyla postsantral gyrus'a ve serebral kortekse gönderirler.

#### **Birinci sıra nöronlar**

Bunların çoğu aksonlarının proksimal uçlarını medulla spinalise dorsal (duyuşal) kök aracılığıyla her segmente (servikal, torasik, sakral) gönderir. Dorsal boynuzda girdikten sonra birinci sıra nöronların aksonları internöronlar, sempatik nöronlar ve ventral boynuz nöronlarıyla da sinaps yapabilir.

## İkinci sıra nöronlar

Afferent lifler medulla spinalise girdikten sonra kalınlıklarına göre demetler oluşturur. Ağrı lifleri karşı taraf gri maddesindeki ikinci nöronlarla sinapslarını yapmadan önce bir segment aşağı inebilir veya yukarı çıkabilir. Medulla spinalisteki gri madde 10 laminaya ayrılır. İlk altı lamina dorsal boynuzu oluşturur bütün afferent nöral aktiviteyi algılar ve prensip olarak assendan ve dssendan nöral yolların ağrı modülasyonunu yaptığı yerdir, ikinci sıra nöronlar ya nosiseptif spesifiktir veya geniş dinamik spektrumludur (wide dynamic rage=WRR). Nosiseptif spesifik nöronlar sadece noksiyöz uyarıları, WDR nöronları ise noksiyöz ve nonnoksiyöz afferent impulsları alırlar.

I. lamina primer olarak ciltten ve derin somatik dokulardan gelen nosiseptif uyarılara cevap verir.

II. laminaya substansia gelatinosa da denir ve çok sayıda internöronları içerir, cilt reseptörlerinden gelen uyarıların modülasyonunda rol alır.

III. ve IV. laminalar primer olarak nosiseptif olmayan uyarıları kabul ederler.

Omuriliğin V. laminasındaki T (transmisyon hücreleri) hücrelerine gelen sinir impulsu output' u, arka boynuzun II ve III. laminasında bulunan substantia gelatinosa hücrelerinin aktivitesi tarafından düzenlenir, hafifletilir ve ayarlanır.

Özetle ; T hücrelerinin output' u (başka bir deyimle T hücrelerine uyarı geçişi) substantia gelatinosa hücreleri tarafından ayarlanır. Bu spinal kapıdır.

VIII-IX. laminalar ön motor boynuzu oluştururlar.

Morfin spesifik bir laminar etkiye sahiptir. Lamina I ve lamina V hücreleri arasındaki iletim üzerinde ve bunların spontan aktivitesinde supresyon oluşturur (bu iki etki ağrıya cevap olarak bilinir).

Ketamin lamina I ve V hücrelerinin spontan aktivitesini %28–43 oranında, uyarılmış aktiviteyi de %44–65 oranında süprese eder. Bu ilacın analjezik etkisinin bir bölümü olarak kabul edilir.

### **Spinotalamik yol**

Spinotalamik yol klasik olarak ağrıyı ileten en önemli yol olarak kabul edilir ve medulla spinalisin beyaz cevherinin anterolateral bölümünü oluşturur. Lateral spinotalamik yol talamusun ventral posterolateral nukleusuna gider ve ağrının diskriminatif özelliklerini (lokalizasyon, yoğunluk, süre) iletir. Medial spinotalamik yol ise medial talamusa gider ve ağrının otonomik ve tatsız emosyonel persepsiyonlarından sorumludur

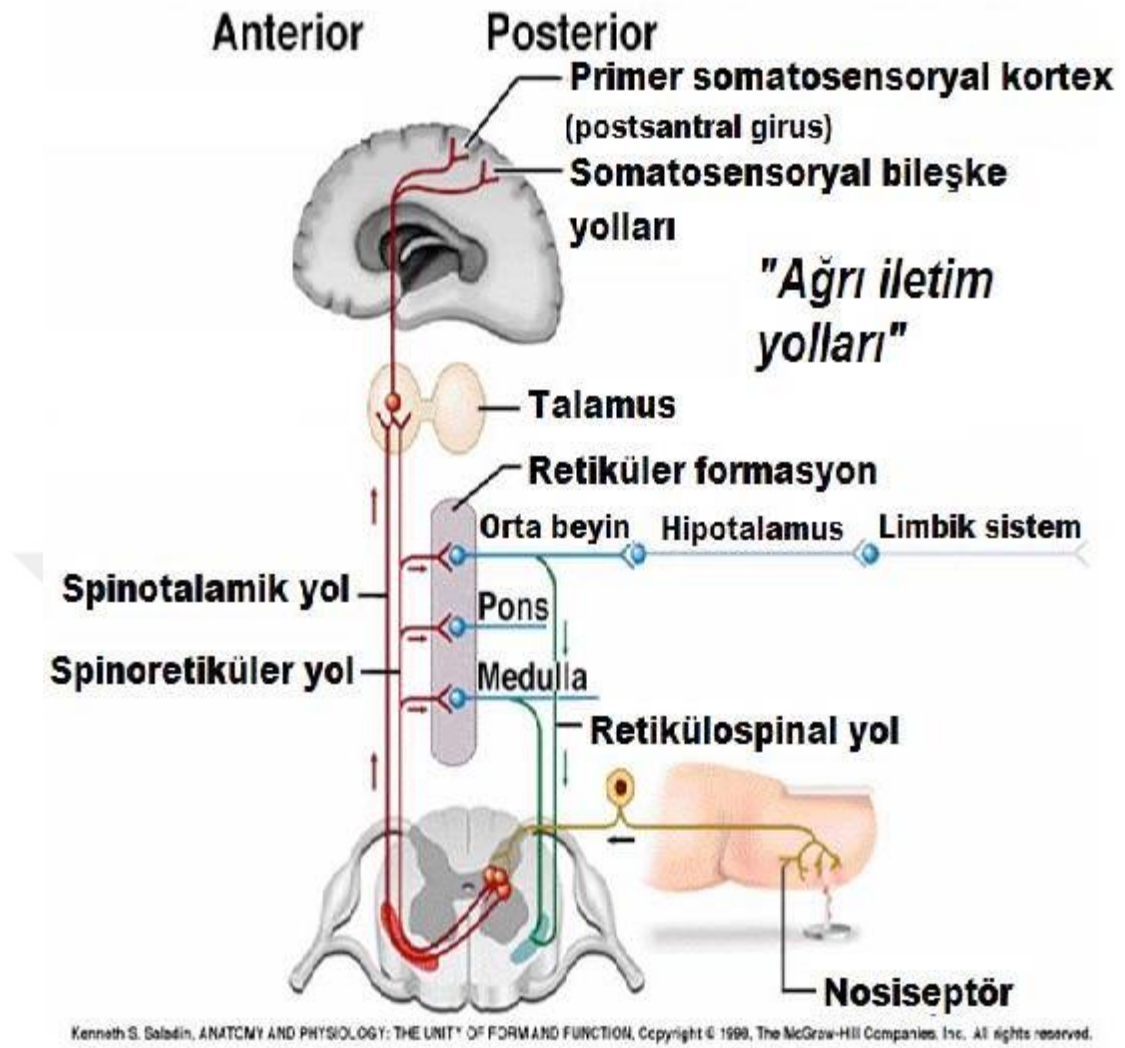
### **Alternatif ağrı yolları**

Spinoretiküler yolun ağrıya karşı otonom reaksiyonlardan sorumlu olduğu düşünülmektedir. Spinomezensefalik yol anti-nosiseptif desendan yolların aktivasyonunda önemli rol oynar. Spinohipotalamik ve spinotelensefalik yollar hipotalamusu aktive ederek duyusal davranışları oluştururlar. Spinoservikal yol çapraz yapmadan lateral servikal nukleusa çıkar ve kontrolateral talamusa lifler gönderir. Somatik ve visseral afferentler medulla spinaliste, beyin sapında ve daha yüksek merkezlerde iskelet, motor ve sempatik sistemlerle entegredir. Afferent dorsal boynuz hücreleri direkt ve indirekt olarak ön boynuz motor nöronlarıyla sinaps yaparlar. Bu sinapslar ağrı ile ilgili normal veya anormal kas aktivitesinden sorumludur. Afferent

nosiseptif nöronlarla sempatik nöronların inter-medialateral kolonda yer alan sinapsları da sempatikler tarafından sağlanan refleks vazokonstriksiyon, düz kas spazmı, lokal ve adrenal katekolamin deşarjından sorumludur.

### **Üçüncü sıra nöronlar**

Talamusta yer alır ve aksonlarını parietal korteksin posterolateral gyrus'unun I. ve II. somatosensöriyel alanlarına ve fissura silvii'nin üst duvarına gönderirler. Bu kortikal alanlar ağrının persepsiyonundan ve tam lokalizasyonundan sorumludur



Şekil 2. Ağrı Yolları (20)

### 1.1.6. Postoperatif Ağrının Sistemler Üzerine Etkisi

Ağrı ameliyatla ortaya çıkan stres yanıtının oluşmasında önemli rol oynar. Cerrahiye stres yanıtı; endokrin fonksiyonlarda değişiklik, hipermetabolizma ve enerji depolarından substratların açığa çıkması ile karakterizedir. Cerrahinin tipi ve süresi de stres yanıtı etkiler. Major cerrahiden sonra stres yanıtı çok şiddetli gözlenirken, küçük cerrahi müdahalelerden sonra daha hafif tablo gözlenir. Yetersiz ağrı tedavisi hastanın iyileşmesini olumsuz etkileyen bir unsurdur. Ağrı çeken hastada, hastanede daha uzun süre kalmasını gerektirecek komplikasyonlar ortaya çıkabilir. Analjezi sağlandığında, hastanede yatış maliyetinin düşmesi ile birlikte daha düşük morbidite ve mortalite gözlenir. Akut ağrının patofizyolojik sürecinde nöroendokrin işlevler, solunumsal ve renal fonksiyonlar, gastrointestinal aktivite, dolaşım ve otonom sinir sistemi aktivitesi değişiklikleri ile birlikte birçok sistemin rolü vardır. Tedavi edilmeyen ciddi postoperatif ağrı, çeşitli olumsuz sonuçlar doğurur.

Major torasik ve abdominal ameliyatlardan geçiren hastalarda, azalan solunum hareketleri, öksürememe; atelektazi ve postoperatif pulmoner fonksiyonları tetikleyebilir.

Ortopedik cerrahi girişimlerde erken ayağa kalkmayı engelleyen şiddetli ağrı yüzünden hareketliliğin azalması tromboembolik komplikasyon riskini artırır.

Sistemik vasküler direncin, kalp yükünün, miyokardın oksijen tüketiminin artması özellikle koroner arter hastalığı olan kişiler için zararlıdır. Ağrı kontrolünün yetersiz olması kardiyak aritmilere, hipertansiyona ve miyokard iskemisine neden olur. Miyokard infarktüsü riskinin erken postoperatif dönemde, geç döneme oranla daha fazla olduğu bilinmektedir. Ayrıca artmış sempatik aktivite alt ekstremitelerde kan akımının azalmasına, derin ven trombozu riskinin artmasına neden olur. Gastrointestinal motilite ve splanchnik dolaşımdaki azalma da ağrının neden olduğu katekolamin yanıtının diğer zararlı sonuçlarıdır. Tüm büyük ameliyatlardan hastada ölüm korkusuna neden olur. Daha sonra bu korku, yerini genel bir endişe haline ve postoperatif

ağrı korkusuna bırakır. Birçok çalışmada postoperatif ağrı ile anksiyete arasında doğru ilişki olduğu gösterilmiştir (23-26).

Artan anksiyete ve korku, ağrı şiddetinin artmasına ameliyat sonrasında daha fazla opioid gereksinimine neden olur. Bu hastalar buldukları anksiyete ve gerginliği bu şekilde aşmaya çalışırlar. Akut ağrı aslında basit nosiseptif algılamının ötesinde karmaşık bir duyumdur. Santral süreçler korku, endişe, depresyon ve daha önceki ağrı duyumları gibi duysal verilerle şiddetlenir. Postoperatif ağrının artması veya azalmasında korku, endişe, kontrol kaybı duygusu, izolasyon, normal sosyal destek korkusu, ağrıya verilen ailevi ve kültürel yanıtlar, ağrıya karşı daha önceki kişisel deneyimler gibi faktörlerin önemli rolü vardır. Ağrıyı ifade ediş şekilleri çok farklıdır. Bazı hastalar yüksek ağrı toleransı nedeniyle veya ağrı ile başa çıkma yöntemleri dışı vurumcu tipte olmadığından, büyük ameliyatlar sonrasında bile ağrı belirtmezler.

Nosisepsiyon ve ağrı yakınması arasında doğrudan bir ilişki yoktur. Hasta tarafından belirtilen ağrı şiddeti, altında yatan nosisepsiyonu tam olarak yansıtmayabilir. Hastaların ağrı algılamasında ve özel bir cerrahi girişimin sonrasındaki analjezik gereksinimlerinde farklılıklar olması sık görülen durumlardır. Büyük cerrahi girişim geçiren hastaların % 30'u postoperatif dönemde analjeziklere gereksinim duymamaktadır. Hastanın konforu giderek daha büyük önem taşıdığı için postoperatif analjezi sistemleri hastanın sorumluluğuna bırakılmıştır. Postoperatif analjezide hastanın konforu karmaşık bir konudur. Hastanın rahatlaması tıbbi bakım sağlayan kişilerin analjezi ile ilgilendiklerine inanmasıyla artmaktadır. Ağrı tedavisinde hasta rahatlamasını ölçen çalışmalar, hastaların çok yüksek düzeyde ağrı hissettikleri durumlarda bile rahatlamasının sağlanabileceğini göstermektedir. O halde hasta rahatlaması ağrının şiddetiyle doğru orantılı değildir. Hastaların zaman zaman ağrıları olsa bile doktor ve hemşireye bunu söylemediği bilinmektedir. Yeterli ağrı kontrolü sağlandığını söyleyen hastalara yapılan sorgulamalarda, ağrının uyumayı ve konuşmayı engelleyebildiği açığa çıkmıştır.

### 1.1.7 Ağrının Ölçülmesi

Tamamen subjektif bir deneyim olan ağrının ölçülmesi oldukça güçtür. Yine de bu amaca yönelik çok çeşitli ölçüm metodları geliştirilmiştir. Ağrı skalaları tek veya çok boyutlu ve kendi kendine değerlendirmeye veya gözleme dayalı şekilde sınıflandırılır.

#### 1. Tek Boyutlu Bireysel Ağrı Değerlendirme Yöntemleri:

Bu yöntemler ağrının tek boyutundaki, yani şiddetindeki değişiklikleri saptamaktadır. Bu yöntemler arasında VRS ( verbal rating scale ), yüz skalası (face scale), NRS (numeric rating scale=sayısal skala ), VAS (visuel analog scale=görsel skala ) sayılabilir.

##### a. Görsel analog skala (visual analogue scale –VAS):

Çoğunlukla 10 cm uzunluğunda, yatay ya da dikey; “Ağrı yok” ile başlayıp “Hayal edilebilecek en şiddetli ağrı” ile biten bir hattır. Bu hat sadece düz bir hat olabileceği gibi, eşit aralıklar halinde bölünmüş ya da ağrı tanımlamada, hat üzerine konan tanımlama kelimelerine de sahip olabilir. Hasta, ağrısının şiddetini, bu hat üzerinde uygun gördüğü yerde işaret ile belirtir. “Ağrı yok” başlangıcı ile bu nokta arası, cm olarak ölçülüp kayda alınır (27).

##### b. Sözel tanımlayıcı skalalar (verbal descriptor scales-VDS):

Ağrı şiddeti hafiften dayanılmaz dereceye kadar 4 kategoriye ayrılır;

1. Şiddetli
2. Orta
3. Hafif
4. Yok

**c. Sayısal değerlendirme skalaları (numerical rating scale-NRS):**

Skala ağrı yokluğu (0) ile başlayıp dayanılmaz ağrı (10 yada 100) düzeyine varır.

**d. Analog renkli devamlı skala Analogue Chromatic Continuous Scale (ACCS):**

Uygun sayıclı VAS ölçeğine benzer bir skaladır. Skalanın bir yüzünde 100 mm'lik cetvel diğer tarafında açık pembe renkten koyu kırmızıya kadar tedrici renk değişikliği olan şerit vardır. Ağrısızlık ile dayanılmaz ağrı uç noktaları arasında renk farklılığı ve karşılığı olan ölçü ile değerlendirme yapılabilmektedir. ACCS ile VAS sonuçları karşılaştırıldığında benzerlik saptanmıştır. Ancak hastanın renk körlüğü olması ya da şeritte basılı renklerin solma ya da değişmesi gibi dezavantajları söz konusudur.

**e. Yüz ifadesi skalası (Face Scale; FS) :** Bu skalanın 10 cm VAS ve 5 tanımlı skalanın kullanılmadığı, lisan ve mental kapasite yetersizliklerinde, çocuklarda kullanılması uygun olur.



**Şekil 3. Yüz İfade Skalası**

Değişik öneriler getirilmiştir :

- 8 farklı şiddette ağrı sergileyen yüz ifadesi
- 20 farklı şiddette ağrı sergileyen yüz ifadesi
- Visual Pain Analogue olarak tanımlanan 5 farklı yüz ifadesinin VAS ile kombine edilmiş şekli
- McGrath Skalası: 9 yüz ifadesi içerir
- Qucher Skalası: 6 yüz ifadesi fotoğrafı içerir

**f. Basit kelime skalası:** Basitleştirilmiş kelime skalası ağrının şiddetinin subjektif olarak değerlendirilmesinde kullanılabilir. Örneğin; yok, hafif, orta, şiddetle ya da McGill hasta indeksi olduğu gibi, ağrı yok, hafif, rahatsızlık verici, sıkıntı verici, dehşetli, korkunç, çok şiddetli olarak, seçim için sunulan kelime sayısı artırılabilir. Seçilen kelimelerin çokluğu farklılığın hassaslığını büyütür, ancak bu durumda kelimelerin değişken değerlerinin uyumsuzluğunu göz önünde bulundurmak gerekir.

**g. Dermatomal ağrı çizimi :** Basit, kullanımı ve hesaplaması kolay bir yöntemdir. Ağrı patolojilerinin kesin saptanmasında ve tedavi amaçlı girişimlerin gerekliliği konusunda yol gösterici olabilir. Vücudun ön, arka ve oblik olarak çizilip dermatomlara ayrılmış olarak bulunduğu kart, hasta tarafından ağrının farklı şiddetleri için farklı tonda renk ile boyanır (örneğin; kırmızı ve tonları). Farklı değerlendirmeler için (örneğin hissizlikte mavi gibi) değişik renklerden yararlanılır.

Hastanın boyadığı anatomik bölge sayısı, toplam ağrı puanlaması olarak kabul edilir. ( 27-30)

## **2. Çok Boyutlu Bireysel Ağrı Değerlendirme Yöntemleri:**

En çok kullanılan yöntem Mc Gill Ağrı Sorgulaması olup, ağrıyı sensoryal ve affektif yönden inceleyen 20 takım soruyu içerir.

1. McGill ağrı anketi (McGill Pain Questionnaire; MPQ)
2. Dartmouth ağrı anketi (Dartmouth Pain Questionnaire; DPQ)
3. West Haven - Yale çok boyutlu ağrı çizelgesi
4. Hatırlatıcı ağrı değerlendirme kartı (Memorial Pain Assessment Card)
5. Kısa ağrı çizelgesi (Wisconsin Brief Pain Inventory; BPI)
6. Ağrı algılama profili (Pain perception profile; PPP)
7. Karşıt yöntem karşılaştırılması (Cross-Modalify Matching; CMM)

### **1.1.7. Postoperatif Analjezide Kullanılan İlaçlar ve Yöntemler**

#### **Ağrıyı tedavi edici yöntemler**

Ağrının tedavisi planlanırken ağrının tipi, yeri, şiddeti, hastanın yaşı ve fizik durumu göz önünde bulundurularak aşağıdaki yöntemlerden birisi seçilmelidir (31).

**A- Ağrı kontrol yöntemleri****1- Geçici yöntemler:** Bölgesel infiltratif yöntemler

a-Lokal Anestezik Uygulanan Yöntemler

b-Epidural ve İntratekal Lokal Anestezik ve Opioid Enjeksiyonu

**2- Uzun süreli veya kalıcı yöntemler**

a- Nörolitik yöntemler

b- Termokoagülasyon (Radyofrekans)

c- Kriyoanaljezi

d- Cerrahi yöntemler

**B- Stimülasyon yöntemleri**

a- Hiperstimülasyon analjezisi

b- Elektrik stimülasyonu

c- Transkütan sinir stimülasyonu (TENS)

d- Akupunktur

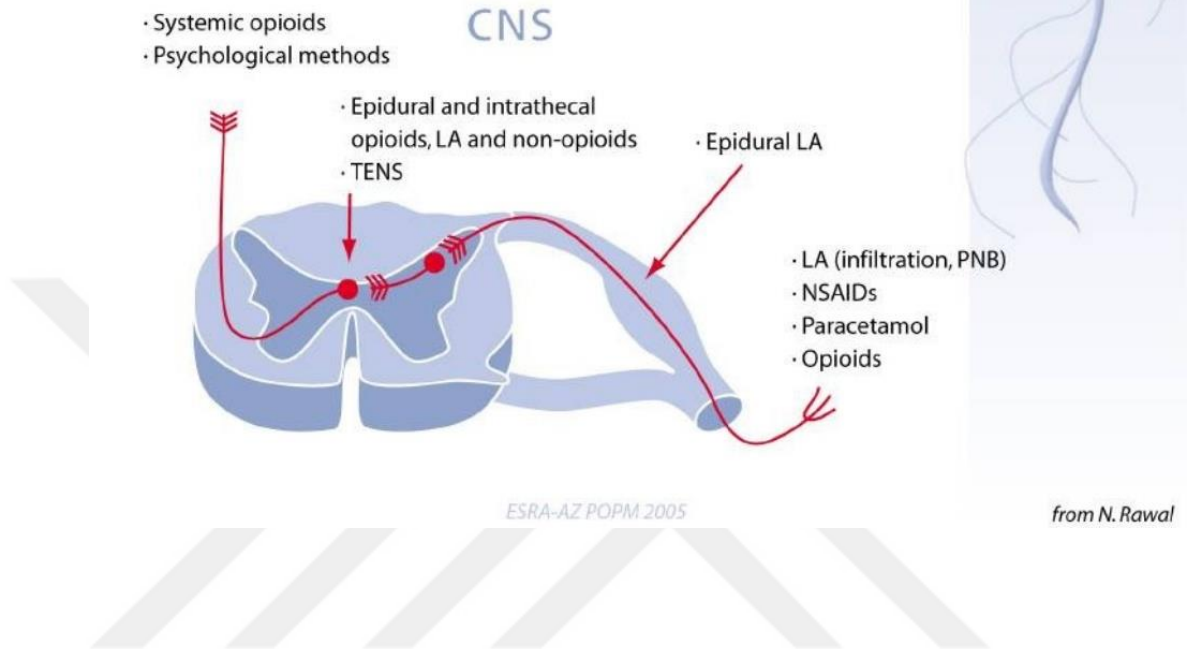
**C- Sistemik uygulamalar (ilaç tedavisi)**

a- NSAİİ

b- Opioidler

c-Diğer

## Functional pharmacological options for pain management



Şekil 4. Analjeziklerin Etki Mekanizmasının Yerleri

### 2.1. TENS

Taşınabilir bir akım jeneratöründen gelen düşük frekanslı elektrik akımlarını, ağrılı yerin dermatomal yayılım bölgesindeki sağlam cilde yüzeysel elektopedler uygulayarak ağrı kesici amaçlı kullanılan elektriksel stimülasyon olarak adlandırılır.

#### 2.1.1. Tarihçe:

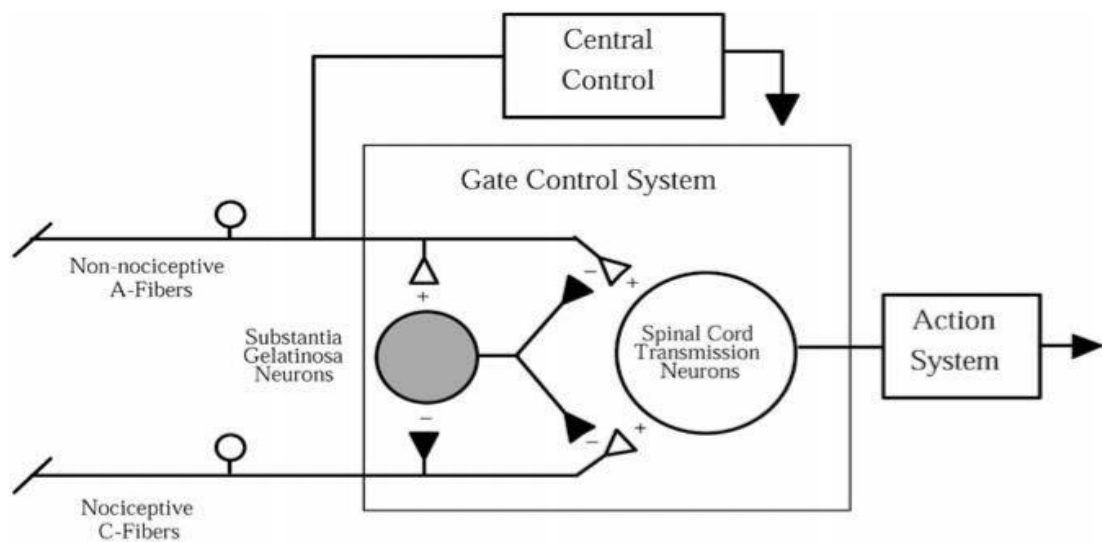
Dünyada ilk kez M.Ö. 46 yılında elektriğin ağrı giderici etkisinden yararlanmak için Mısırlılar ve Romalılar elektrikli yılan balığı kullanmışlardır. Scirbonius Largus bu yöntemle baş ağrısı ve artrite bağlı ağrıları tedavi ettiğini bildirmiştir. 1759 yılında John Wesley, elektriksel uyarı ile tedavi

edilen hastalıkları yazmıştır. 19. yüzyıl başlarında James Churchill değişik cihazlarla elde ettikleri elektriksel uyarılar ile tedaviyi yazmıştır. 1965 yılında Melzack ve Wall, kapı kontrol teorisini açıklamıştır. 1966'da beyin cerrahı olan Shealy, kedilerde dorsal kolonun elektriksel uyarılmasının ağrı duyusu üzerine etkisini araştırmıştır. Long ve Shealy bu yöntemi geliştirerek dorsal kolon uyarılmasının hastalarda yararlı olup olmayacağını anlamak için ameliyat öncesi elektrodları deri üzerine yerleştirmişlerdir (32).

### 2.1.2. Kapı-Kontrol Teorisi:

1965 yılında Ronald Melzack ve Patrick Wall tarafından ileri sürülen teori ağrı konusunda bir devrimdir.

Melzack ve Wall'ın orijinal makalelerindeki önermelerine göre (a) substantia gelatinosa, afferent paternleri, T hücrelerini etkilemeden önce module eden kapı kontrol sistemi olarak işlev görür; (b) dorsal kolon sistemi içindeki afferent paternler, kısmen santral bir kontrol noktası olarak işlev görürler ve kapı kontrol sistemini module eden özellikleri etkileyen seçilmiş beyin işlevlerini aktive ederler. T hücreleri, yanıt ve algılama ile ilişkili aksiyon sistemlerinden sorumlu olan nöral mekanizmaları aktive ederler (33).



Arka boynuzdaki lamina V hücreleri enformasyonun iletiminde santral bir rol oynar ve transmisyon hücreleri olarak adlandırılır. Melzack ve Wall, kalın miyelinli liflerin (A-alfa ve A-beta) periferik uyarılmasının negatif arka kök potansiyellerini oluşturduğunu ve ince C liflerinin (ağrı lifleri) uyarılmasının ise pozitif arka kök potansiyelleri oluşturduğunu gözlemlemişlerdir. Presinaptik inhibisyon ve eksitasyonun bir yansıması olan bu potansiyellerin arka boynuzdaki sekonder transmitter nöronların ( T hücreleri) aktivitesini düzenlediğini ve inhibitör hücrelerin (SG) bu düzenlemeye aracılık ettiğini ileri sürmüşlerdir. Bu teorinin temeli, kalın liflerin SG hücrelerini eksite ettiği ve T hücrelerinin presinaptik inhibisyonuna neden olduğu; tersine, ince ağrı afferentlerinin I hücrelerini inhibe ederek T hücrelerini uyarılmış durumda bıraktığıdır. Başka bir deyişle dokunma veya ısı ile kalın liflerin aktive edilmesi yalnızca bu lifleri uyarmaz, fonksiyonu bu sistemi inhibe etmek olan substantia gelatinosa hücrelerini de uyarır. Bu nedenle T hücrelerinin uyarılması kısa sürer. Bunun tersine ince liflerin ağırlı stimülusla aktive edilmesi lamina V' teki T hücrelerini uyarır, ancak aynı zamanda substantia gelatinosa (lamina II ve III) hücrelerini de inhibe eder, böylece T hücrelerinden uyarı çıkışı önlenemez, uzun sürer ve gelen uyarı ile orantılı şiddette olur.

Melzack ve Wall, kalın liflerin stimülasyonun aynı zamanda hızla santral kontrol mekanizmasını da aktive ettiğini öne sürmüşlerdir. Bu liflerle gelen uyarı, spinal dorsal kolon ve dorsolateral yollardan yukarı çıkar medial lemniskal traktustan geçerek posterior talamusun ventrobazal nükleusuna ulaşır. Bu, **neospinotalamik traktus** sistemidir. Bu sistemle iletim çok hızlıdır ve yavaş iletim hızına sahip yollardan gelen uyarılar (ağrı) algılanmadan çok önce kortekse uyarının cinsi, lokalizasyonu ve şiddeti hakkında bilgi verir. Bundan dolayı bu sistem, santral alıcı bölgeleri alarma geçirme ve daha önceki deneyimler, emosyonlar, algılama ve cevap gibi selektif santral mekanizmaları aktive etme işini görür. Bundan sonra, kortikal enformasyonu taşıyan efferent lifler spinal kapıyı ve daha tam aktive olmadan önce T hücrelerini etkiler. Sonrasında arka boynuz lamina V' teki T hücrelerine inen

yollar arasında ; a) retikülospinal sistem, b) frontal korteksten gelip algılama enformasyonunu taşıyan inen retiküler formasyon, c) görme ve işitme ile ilgili inen spinal sistemler ve direkt kortikospinal sistem yer alır. Bu inen yollar esas olarak ön boynuz motor hücrelerinde santral aktiviteyi sağlar. Periferik afferent uyarı ile substantia gelatinosa'nın ayarlanması ve inen impulslar tarafından santral kontrolün sağlanması kombinasyonu, omurilik transmisyon hücrelerinin (T) net output' unu oluşturur. T hücrelerinin bu output'u kritik bir seviyeyi geçtiğinde ve beyin mekanizmaları bombardıman edildiğinde, aktivasyon sistemi adı verilen kompleks bir cevap elde edilir. Aktivasyon sisteminin ateşlenmesi ile refleksler, davranış, volanter aktivite ve karakteristik ağrı duyulur.

### **2.1.3. Transkutan Elektriksel Sinir Stimülasyonu (TENS) Etki Mekanizması**

TENS'in ağrı algılamasını nasıl değiştirdiğini açıklamak için çeşitli teoriler öne sürülmüştür (34-36)

1-Birinci teori ve aynı zamanda TENS'in gelişiminde payı olan bu teori kapı kontrol teorisidir. Bu teoriye göre TENS duysal A liflerini yüksek frekans stimülasyonu ile uyarır. Bu stimülasyonun impulsları beyne giden yolu kaplar ve kapıyı ağrının geçişine kapatır. Özellikle hızlı ileten afferent liflerin ağrısız elektriksel uyarımı, santral sinir sisteminin çeşitli düzeylerinde, yavaş ileten afferent ağrı sistemini inhibe eder. Kısaca TENS periferik A beta liflerini aktive ederek dorsal boynuz seviyesinde ağrıyı ileten A delta ve C liflerini modüle eder.

2-İkinci teoriye göre duysal sinirlerin düşük frekanslı TENS ile uyarılması vücuttaki doğal opiyatlar olan endorfin ve enkefalinlerin salınımını başlatır ve böylece ağrının algılanmasını etkiler.

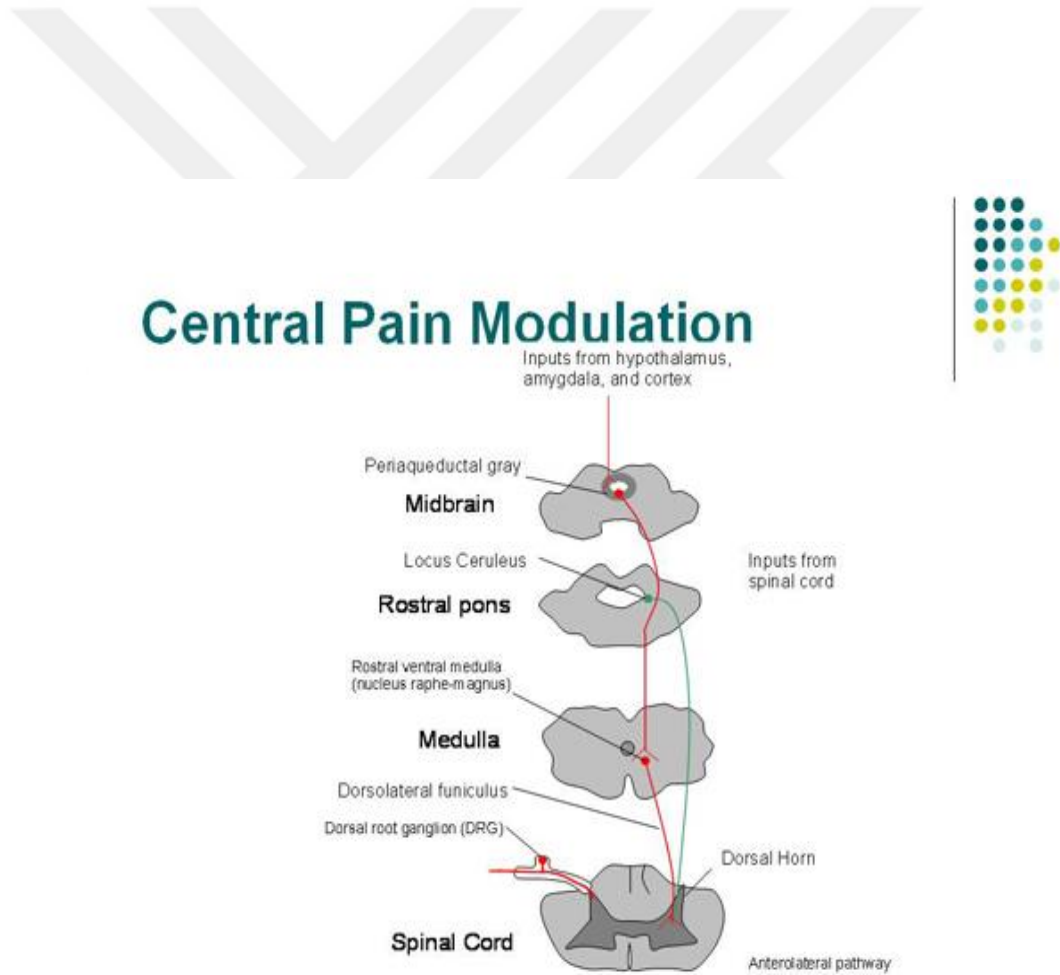
3- Üçüncü teori ise, TENS stimülasyonunun myofasial semptomlu hastalarda lokal vazodilatasyon oluşturduğu ve tetik noktalar tarafından oluşturulan ağrıyı lokal vazodilatasyonun etkilediği yönündedir.

4- Dördüncü teori akupunktur ile ilişkilidir. TENS'in enerji akışını etkileyecek akupunktur noktalarını stimüle etmek için kullanıldığı ve böylece ağrıya neden olan durumu değiştirdiği savunulmaktadır.

Yüksek frekanslı TENS uygulamasının oluşturduğu baskılanmanın spinalizasyonla belli ölçüde ileri sürülsede inen yollarda izlenen ağrılı uyarana cevabı baskılayıcı etki büyük oranda sürmekte, dolayısıyla TENS' in hem segmental ve hem de inen yolların ağrılı uyarını baskılayıcı etkisini artırdığı üzerinde durulmaktadır. Ayrıca endojen opioidlerin salınımı da TENS uygulamasının etkinliğini açıklamak üzere kullanılmaktadır. “ $\mu$ ,  $\delta$ ,  $\kappa$ ” olmak üzere 3 tip opioid reseptör vardır. Bunlar periferde, spinal korda ve nükleus raphe magnus (NRM), rostral ventral medulla (RVM), periakuaduktal gri madde (PAGM) gibi inen, ağrılı uyarını baskılayıcı sistemde yer alan bölgelerde bulunurlar. Periakuaduktal gri madde uyarını rostral ventral medullaya gönderir. Buradan medulla spinalis araka boynuzuna gönderilen baskılayıcı uyarın spinotalamik yol da dahil olmak üzere arka boynuz nöron iletimini baskılar. Genel kabul gören teori, opioid uygulanması ile izlenen baskılayıcı etkinin PAGM-RVM sisteminin çalışması ile ortaya çıktığıdır.

RVM iletim yolu nörotransmitter olarak serotonini kullanmaktadır. Bir başka ağrılı uyarının taşınmasını baskılayıcı inen yol bölümü; lokus seruleus ve lokus subseruleus noradrenerjik hücre gruplarıdır. Bu hücre grupları ise nörotransmitter olarak noradrenalinini kullanırlar. Hem yüksek hem de düşük frekanslı TENS uygulaması sonrasında kan ve serebrospinal sıvıda  $\beta$ - endorfin düzeyinde artış olduğu gösterilmiştir. Öte yandan; yine hem yüksek hem de düşük frekanslı TENS uygulaması sonrasında bir  $\delta$  opioid agonist olan metionin enkefalin ile bir  $\kappa$  opioid

agonisti olan dinorfinin beyin omurilik sıvısı konsantrasyonlarının arttığı da bilinmektedir. Bu durum; ister düşük ister yüksek frekanslı TENS uygulaması sonrasında spinal düzeyde farklı opioid madde salınımını olduğunu ve farklı opioid reseptörlerinin analjezi oluşturmak üzere aktive olduklarını göstermektedir. Nitekim çalışmalar; naloksan kullanımının, yüksek frekanslı TENS uygulamasının değil fakat düşük frekanslı TENS uygulamasının etkisini ortadan kaldırdığını göstermektedir. Naloksan dozunun artırılması halinde yüksek frekanslı TENS uygulamasının etkilerinin de azaltılabileceği ileri sürülmektedir (63).



**Şekil 6. Santral Ağrı Modülasyonu Yolları**

#### 2.1.4. Transkutan Elektrik Sinir Stimülasyonu (TENS) Parametreleri

##### **Amplitüd:**

Akım dalgasının yüksekliğini gösterir ve miliamper (mA) ile ölçülür. 0-50 mA arasında ayarlanabilir. Amplitüd yani akım gücü hastanın akımı algılaması ve uyarının şiddetiyle ilgilidir. TENS selektif olarak kalın miyelinli, hızlı ileten A beta liflerini uyardığından yüksek amplitüdüler genellikle gereksizdir. Dolayısıyla amplitüd hasta parestezi algılayacak, fakat ağrı duymayacak şekilde arttırmak daha doğrudur (35).

##### **Dalga boyu:**

Akımın süresini ifade eder. Genellikle 50-250 mikrosaniye ( $\mu$ sn) arasında ayarlanır. Bu dalga boyları arasında kalın miyelinli, hızlı iletilen sinir lifleri optimal olarak uyarılmaktadır (35).

##### **Frekans:**

Bir saniyede üretilen elektriksel uyarın sayısıdır. Hertz ile ölçülür. 1-200 Hz arasında ayarlanabilir (35).

#### 2.1.5. TENS Çeşitleri:

**Konvansiyonel (Geleneksel) TENS:** Yüksek frekanslı, kısa akım geçiş süreli ve düşük amplitüdü uyarı verir. En yaygın kullanılan uygulama şeklidir. Frekansı genellikle 10-200 Hz, dalga boyu 100-200 msn kadar ve

amplitüd yoğunluğu kontraksiyon oluşmadan, aşırı rahatsızlık hissi vermeden, hafif karıncalanma oluşturacak şiddette, 1-100 mA arasında uygulanır. Esas olarak kalın, miyelinli, afferent A alfa ve beta liflerini etkiler. Etki mekanizması olarak kapı kontrol teorisi ön plandadır. Etkisi 30 dakikada başlar ve benzer şekilde tedavi kesildikten kısa bir süre sonra kaybolur. Tedavi ağrı devam ettiği sürece tüm gün uygulanabilir (37,38, 39, 40).

**Akupunktur benzeri TENS:** Düşük frekanslı, yüksek şiddette uyarı verir. Frekansı 1-10 Hz, dalga boyu 0-200 msn olacak şekilde uygulanır. Akım şiddeti genellikle gözle görülebilir bir kas kontraksiyonuna yol açan, hastanın tolere edebileceği maksimum yüksekliktedir. Esas olarak küçük çaplı C liflerini etkiler. Etkisini endojen endorfin salınımını sağlayarak yaptığı düşünülmektedir. Konvansiyonel TENS'e göre etkisi daha geç ortaya çıkar ve etkinliği daha uzun sürer. Ancak tolerans daha düşüktür. Tedavi süresi genellikle 30-60 dakikadır (37, 38, 39, 40).

**Kısa-yoğun (hiperstimülasyon) TENS:** Yüksek frekanslı ve şiddette uyarı verir. Frekansı 50-150 Hz, dalga boyu 100-200 msn, olacak şekilde uygulanır. Tetanik veya belirgin kas kontraksiyonu oluşturur. C liflerini aktive eder. Dayanılması zor bir yöntem olduğu için tedavi süreleri nadiren 15-30 dakikadan fazladır (37, 38, 39, 40).

**Patlayıcı (Burst) TENS:** Yüksek (50-100 Hz) ve alçak frekanslı (1-10Hz) birbirini izleyen uyarılar verilir. Gözle görülür kas kontraksiyonu olur. Akupunktur benzeri TENS gibi etkisi daha geç ortaya çıkar ve etkinliği daha uzun sürer. Tedavi süresi 30-60 dakika arasındadır (37, 38, 39, 40).

**Modüle edilmiş TENS:** Tedavi sırasında frekans, dalga boyu, amplitüd gibi parametreler cihaz tarafından sürekli değiştirilir. Böylece hem konvansiyonel, hem de akupunktur benzeri TENS aynı anda uygulanmış olur. En büyük avantajı hem yüzeysel hem de derin sinir liflerini uyarmasıdır (37,38,39,40).



Tip	Frekans	Dalga Genişliği	Amplitüd
Konvansiyonel TENS	50-100	<200	Düşük
Akupunktur Benzeri TENS	1-10	200-300	Yüksek
Kısa Yoğun TENS (Hiperstimülasyon)	50-100	100-200	Yüksek
Patlayıcı(Burst) TENS	50-100 1-10	75-100	Yüksek
Modüle TENS	Değişken	<200	Değişken

**Tablo 1: TENS Uygulama Modellerinin Özellikleri**



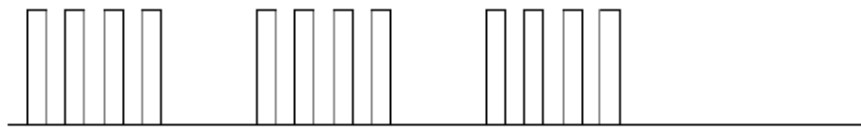
Konvansiyonel TENS



Akupunktur benzeri TENS



Kısa Yoğun TENS



Patlayıcı (Burst)TENS



Module TENS

**Şekil 7:TENS Uyarı Tipleri**

### 2.1.6. Transkutan Elektrik Sinir Stimülasyonu (TENS) Endikasyonları

TENS tedavisi akut ve kronik ağrılı durumların tedavisinde kullanılmaktadır (41-58).

1- Kas-iskelet sistemi ile ilgili akut ağrılı durumlar(kas zorlanması, eklem incinmesi, laserasyon, kontüzyon, kırık, hematoma, spazm)

2- Post-operatif ağrı (abdominal cerrahi, torakotomi, diz cerrahisi, laminektomi ve ürolojik cerrahi girişimlerden sonraki ağrı)

3- Kardiyopulmoner ağrı

4- Orofasiyal ağrı

5- Doğum sürecinde ve doğum esnasındaki ağrı

6- Kronik bel ve boyun ağrısı

7- Artrit

8- Migren ve gerilim baş ağrıları

9- Fantom ekstremitte ağrısı

10- Kompleks bölgesel ağrı sendromu

11- Postherpetik nevralji, interkostal nevralji

12- Trigeminal nevralji

13- Periferik nöropatiler

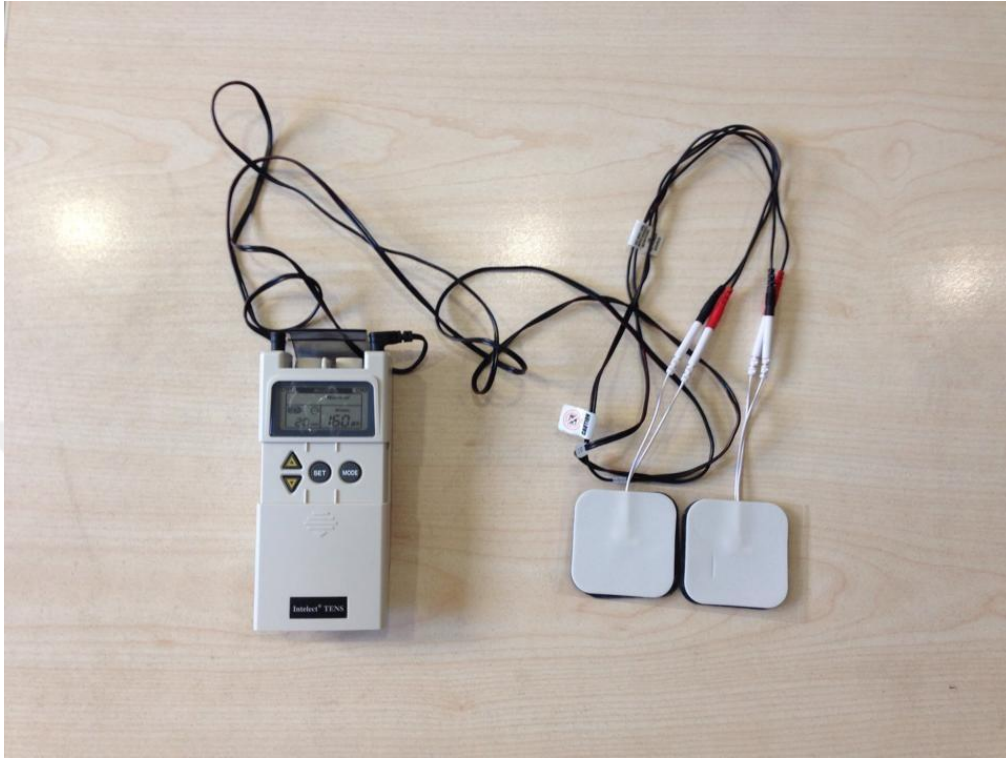
14- İlerlemiş malignansi ile ilişkili ağrılardır

### **2.1.7. Transkutanöz Elektriksel Sinir Stimülasyonu (TENS) Kontrendikasyonları**

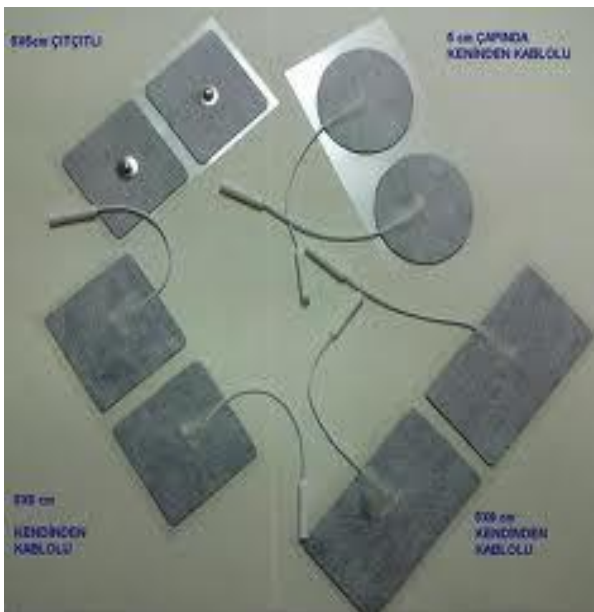
- 1- Pacemaker kullanımı
- 2- Kardiyak hastalığı olan hastalarda göğüs ön duvarı üzerine
- 3- Boyun ön kısmına ( hipotansif vazovagal reflekse neden olabilmesi nedeni ile karotis sinüs üzerine veya yakınına)
- 4- Gebeliğin ilk 3 ayında (embriyo üzerine etkilerinin bilinmemesi nedeni ile)
- 5- Epilepsi
- 6- Geçici iskemik atak ve serebrovasküler olay geçiren hastaların baş ve boyun bölgesine
- 7- Gözler üzerine, mukozalar üzerine
- 8- Hasta ile tam bir işbirliğine girilememesi durumlarında
- 9- Cihaza bağımlılık durumlarında (endojen opiyatların salınım etkisi nedeniyle nadiren bazı hastalar cihaza bağımlı hale gelebilirler)

### **2.1.8. Elektrodlar:**

- Uygulama alanına uyum gösterebilecek elektrot seçilir.
- Nonsteril tekrar kullanabilen elektrotlardır.
- Karbon doyurulmuş, lastik elektrotlardan oluşur.
- Elektrottan cilde akım geçişini sağlayan su bazlı ya da hidrojen yapıda jel tipi geçiş materyali kullanılabilir.



**Resim 1. Çalışmamızda kullandığımız TENS cihazı**



**Şekil 8. TENS Cihazında Kullanılan Elektrod Tipleri**

### **Elektrodların Yerleřtirilmesi**

Tedavi edilecek bölgeyi seçerken; hastanın seçilen bölgeye verdiği cevap kadar etyoloji, ağrılı bölgenin yeri ve ağrının karakteri de önemlidir. Elektrodları başlangıçtaki yerleştirme sonucu istenen sonuç elde edilmezse başka bir bölge denenmelidir. Çoğu uygulama modellerinde stimülasyon alanları (63, 64, 65).

1. Ağrılı nokta
2. Periferik sinir yüzeyel noktası
3. Tutulan sinir dermatomal alanı
4. Tetik noktaları veya akupunktur noktaları
5. Segmentle ilişkili miyotomlar
6. Motor noktalar

TENS'in istenmeyen yan etkisi olan cilt irritasyonunun oluşmaması için aşağıdaki noktalara dikkat etmek gerekir.

1. Cilt ve elektrodlar temiz tutulmalı, cilt alkol ile temizlenmelidir.
2. İritasyon belirtisi oluşursa ara madde değiştirilmelidir.
3. Elektrodlar birbirine yakın konmamalıdır.

## 2. AMAÇ:

Bu çalışmanın amacı üst ekstremité cerrahisi geçiren hastalarda TENS'in kontrilateral kullanımının post operatif analjesi üzerine etkisini araştırmaktır.



### 3. GEREÇ VE YÖNTEMLER:

Bu çalışmaya etik kurul ve hastaların yazılı onayları alınarak üst ekstremitelerde yumuşak doku cerrahisi geçiren 18-65 yaş arası 29 hasta alındı. Kırığı ve/veya amputasyonu olan hastalar çalışma dışı bırakıldı. Ayrıca Kronik opioid, antidepresan, psikoaktif ilaç ve steroid kullanan hastalar, Pacemaker kullanan hastalar, BMI >40 olan hastalar, ciddi KVS ve pulmoner rahatsızlığı olanlar, fiziksel aktiviteyi engelleyebilecek ek bir sağlık sorunu olanlar, ileri derecede nörolojik hastalığı olanlar, polinöropatisi ve nöropatik ağrısı olan hastalar, kognitif fonksiyonları bozuk hastalar, bilateral cerrahi geçiren hastalar, öncesinde TENS kullanan hastalar dışlandı.

Hastalar TENS ve sham –TENS olmak üzere zarf seçme yöntemi ile iki gruba randomize edildi. TENS grubuna (n=15) postoperatif ilk 2 gün 24 saat arayla karşı ekstremitelere ameliyat lezyonunun simetrisi olan bölgeye 3 kez 100 Hz 90 µs konvansiyonel TENS uygulandı. Sham-TENS grubuna da benzer şekilde cihaz bağlandı. Bu grupta hastalara cihazın düğmesi açılarak dijital ekran görmeleri sağlandı, ancak hastaya elektrik akımı verilmedi. Her iki gruba da TENS cihazı 0.saatte, 24.saatte, 48.saatte 20 dakika boyunca bağlandı ve başlangıçtaki ve 48.saat sonundaki ağrı skorları VAS kullanılarak ölçüldü ve 0. Ve 48. Saatteki değerler karşılaştırıldı. Aynı zamanda her iki grubun da postoperatif ilk 2 gün kullandığı analjezikler kaydedildi. Çalışmaya katılan kişilerin yaş, cinsiyet, meslek, eğitim durumu gibi tanımlayıcı bilgileri hasta değerlendirme formu ile kayıt edildi. Hastaların geçirdiği cerrahi türü ve anestezi tipi not edildi. Özgeçmiş – soygeçmiş değerlendirmesinde ek sistemik hastalık, ilaç kullanımı sorgulandı.

- **İstatistiksel Analiz**

Çalışmanın istatistiksel analizi Hacettepe Üniversitesi İstatistik bölümünde yapıldı. İstatistiksel analizler için IBM SPSS (Statistical Package for Social Sciences for Windows) Windows 22.0 paket programı kullanıldı. Sayısal değişkenler ortalama±standart sapma ve median [min – maks] değerler ile özetlendi. Nitelik değişkenler ise sayı ve yüzde ile gösterildi. Bağımsız gruplar arasında nitelik değişkenler bakımından farklılık olup olmadığı ki kare testi veya Fisher kesin test ile incelendi. Sayısal değişkenler karşılaştırılmadan önce parametrik test varsayımlarının sağlanıp sağlanmadığı kontrol edildi. Normal dağılıma uygunluk Shapiro Wilks testi ile, varyansların homojenliği ise Levene testi ile değerlendirildi. Bağımsız gruplar arasında sayısal değişkenler bakımından farklılık olup olmadığı parametrik test varsayımları sağlandığında bağımsız gruplarda t testi ile, sağlanmadığında ise Mann Whitney U testi ile araştırıldı. Tedavi başlangıcı ve son değerler değerler arasında fark olup olmadığı Wilcoxon testi ile araştırıldı. Anlamlılık düzeyi  $p<0.05$  olarak alındı.

## BULGULAR

2015 Ekim - 2016 Şubat tarihleri arasında Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Plastik ,Rekonstruktif ve Estetik Cerrahi Bölümü'nde ve Ankara Numune Eğitim ve Araştırma Hastanesi Plastik ,Rekonstruktif ve Estetik Cerrahi Bölümü'nde operasyon geçiren 18-65 yaş arası toplam 29 hasta çalışmaya alınmıştır.

Gruplar arasında yapılan analizde normal-TENS grubunun ve sham-TENS grubunun yaş ve cinsiyet verileri Tablo-2 ve 3'de görülmektedir. Normal-TENS grubu olguların yaş ortalaması  $39,6 \pm 11,7$  ve yaş aralığı 21-60 yıl iken; kontrol grubu olguların yaş ortalaması  $42,57 \pm 14,2$  ve yaş aralığı 21-65 yıldır. Gruplara göre olguların yaş ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır ( $p=0,552$ ). Normal-TENS grubu ve sham-TENS grubu cinsiyet açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark görülmemiştir ( $p=0,195$ ).

**Tablo-2. Olguların sosyodemografik verileri**

	normal-TENS n:15	sham-TENS n:14	p <sup>x</sup>
Yaş ortalaması	$39,67 \pm 11,7$	$42,57 \pm 14,2$	0,552

<sup>x</sup> normal-TENS ve sham-TENS grubu arasında,  $p < 0,05$  anlamlı

T test

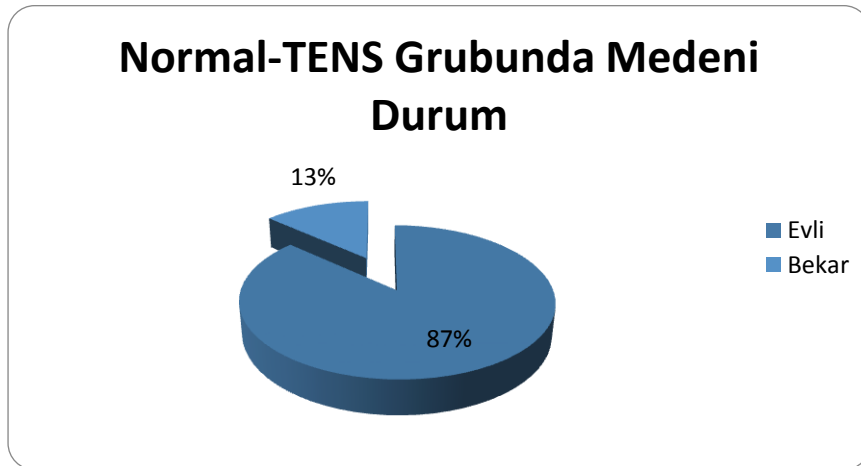
**Tablo-3. Olguların sosyodemografik verileri**

	normal-TENS n:15	sham-TENS n:14	p <sup>*</sup>
CİNSİYET Kadın	5 (%33.3)	9 (%64.3)	0,195
Erkek	10 (%66.7)	5 (%35.7)	0,195

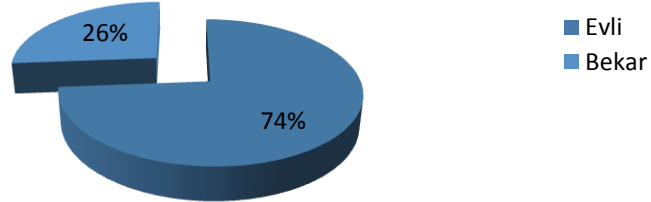
\* Normal-TENS ve sham-TENS grubu arasında,  $p < 0,05$  anlamlı

Chi-Square Test

Normal-TENS ve sham-TENS grubuna ait sosyodemografik veriler Grafik-1 ve Grafik 2' de gösterilmiştir. Normal-TENS grubunda 13 kişi evli 2 kişi bekar, sham-TENS grubunda ise 9 kişi evli 5 kişi bekar olarak bildirilmiştir. İki grup arasındaki değerlendirilmede istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır. ( $p:0,215$ )

**Grafik-1: Normal-TENS Grubu Medeni Durum**

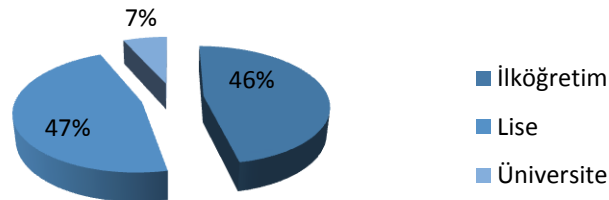
### Sham-TENS Grubunda Medeni Durum



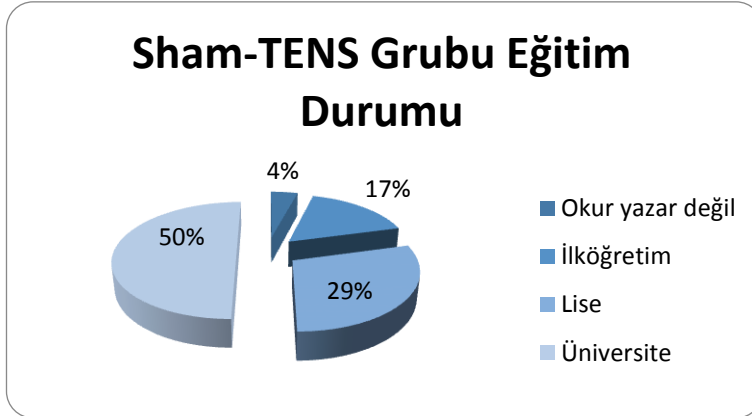
**Grafik 2: Sham-TENS Grubu Medeni Durum**

Çalışmaya katılan kişilerin eğitim durumu değerlendirmelerinde iki grup arasında istatksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiş olup ( $p:0,472$ ) eğitim durumu değerlendirmeleri Grafik 3 ve 4' de gösterilmiştir.

### Normal-TENS Grubu Eğitim Durumu



**Grafik-3: Normal-TENS Grubu Eğitim Durumu**



**Grafik-4: Sham-TENS Grubu Eğitim Durumu**

Meslek durumu açısından iki grup arasındaki değerlendirmelerde iki grup arasındaki çok çeşitli meslek grupları ve operasyon çeşidi için istatistiksel analiz yapılamamıştır. Normal-TENS ve sham-TENS grubuna ait meslek durumu verileri ve operasyon çeşidi Tablo 4 ve 5'teki gibidir.

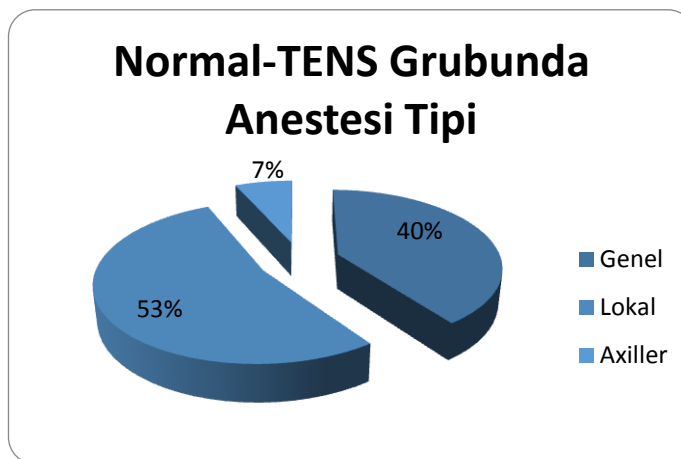
**Tablo-4. Gruplar arasında meslek dağılımları**

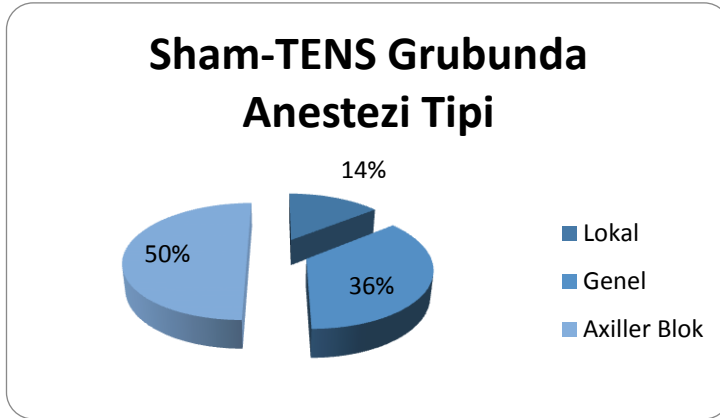
Normal-TENS n:15	sham-TENS n:14
Danışman	Danışman
Emekli	Emekli
Ev Hanımı (4)	Ev Hanımı (7)
İmalat Yapımcısı	Makine Teknikeri
Kaynakçı	Makarnacı
Öğrenci	Tamirci
Posta	
PVC Doğrama	
Tır Şoförü	
Tornacı-tesviyeci	

**Tablo-5. Gruplar arasında geçirilen operasyon türü dağılımları**

Normal-TENS n:15	sham-TENS n:14
Tetik parmak cerrahisi	Tetik parmak cerrahisi
Tekli tendon onarımı (9)	Tekli tendon onarımı (3)
Elde kesi onarımı	Elde kesi onarımı
Dijital sinir kesisi onarımı	Dijital sinir kesisi onarımı
KTS+tetik parmak	KTS+tetik parmak
Çoklu tendon onarımı (2)	Çoklu tendon onarımı
	KTS (6)

Anestezi tipi olarak axiller blok, genel ve lokal anestezi olarak üç farklı yöntem kullanılmıştır. Normal grupta 8 lokal, 6 genel ve bir axiller blok kullanılmış olup sham grubunda ise 2 lokal, 5 genel ve 7 axiller blok kullanılmıştır. İstatistiksel olarak her iki grupta anlamlı bir fark görülmemiş olup ( $p=0,11$ ) anestezi tipi değerlendirmeleri Grafik 5 ve 6' daki gibidir.

**Grafik 5: Normal-TENS Grubunda Anestezi Tipi**



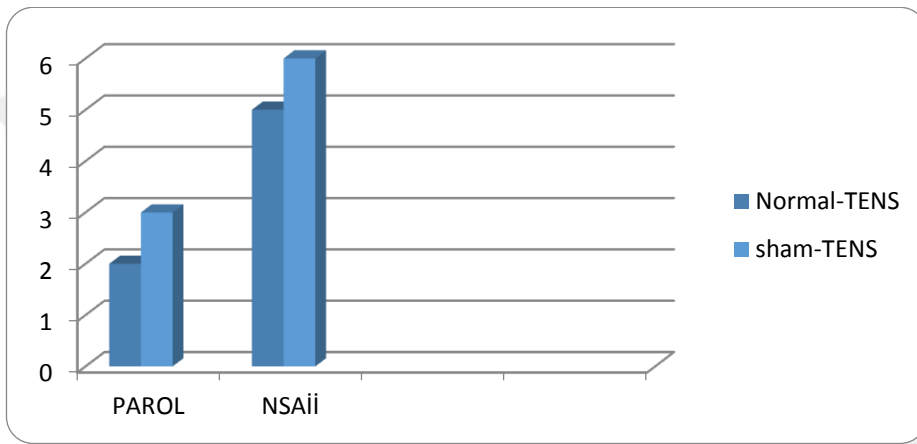
**Grafik 6: Sham-TENS Grubunda Anestezi Tipi**

Normal-TENS grubu ve sham-TENS grubundaki hastaların ek hastalıklarının karşılaştırılması Tablo-5' te verilmiş olup sırasıyla normal grupta 1 kişide , sham grubunda 2 kişide DM, normal grupta 1 kişide hasta grubunda 3 kişide HT, sham grubunda 3 kişide KKY, normal grupta 1 kişide HL mevcut olup gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ( $p>0,05$ ).

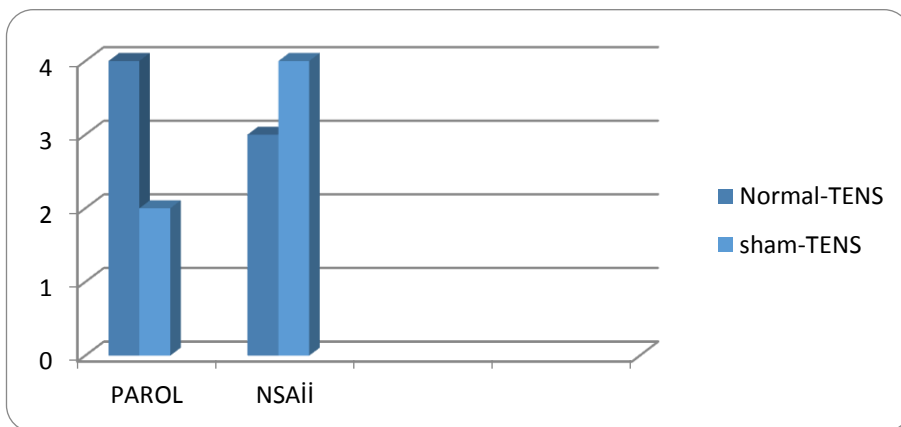
**Tablo-6. Normal-TENS ve sham-TENS grubunda olan ek hastalıkların karşılaştırılması**

	Normal-TENS n:15	sham-TENS n:14	$p^x$
DM	1/15	2/14	0,5
HT	1/15	3/14	0,3
KKY	-	1/14	0,4
HL	1/15	-	1,0

Normal-TENS grubunda ve sham-TENS grubunda hastalar postoperatif analjezi için TENS verilen zaman diliminde sadece oral olarak parol ve NSAİİ kullanılmıştır. Her iki grupta da kullanılan analjezik çeşidi ( $p=0,6$  ve  $p=0,8$ ) ve ilaçların dozları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır ( $p=0,7$  ve  $p= 0.8$ ).

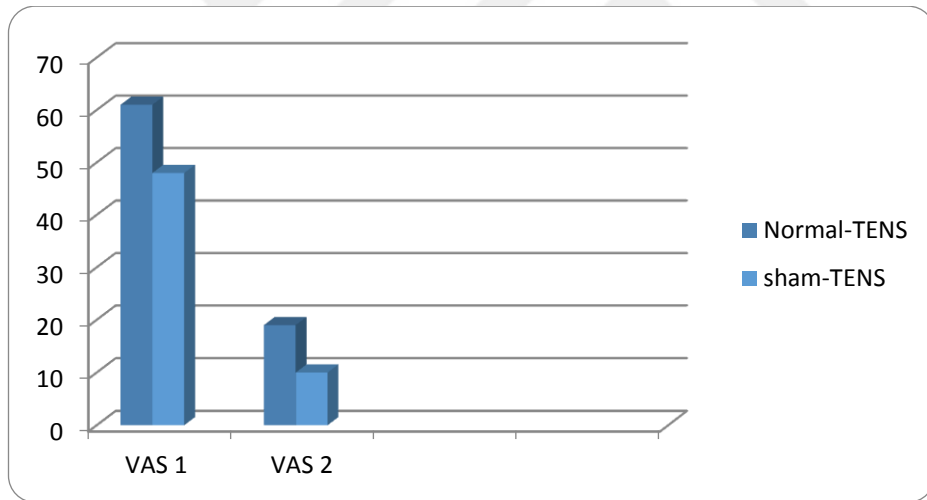


**Grafik 7. Her İki Grupta Kişi Bazında Kullanılan Analjezik Çeşidi**



**Grafik 8. Her İki Grupta Adet Olarak Kullanılan Analjezik miktarları**

Her iki grupta başlangıçta postoperatif ağrı düzeyi (VAS 1) aynıydı ( $p=0,07$ ). Her iki grupta yapılan TENS sonrasında postoperatif ağrıda (VAS 2) azalma oldu (N: $p=0,01$  ve S: $p=0,01$ ). Ağrı azalması istatistiksel olarak her iki grupta da anlamlı bulundu. Normal-TENS alan grupta ağrı azalması sham-TENS alan gruba göre daha fazla oldu ancak istatistiksel olarak küçük örneklem olduğu için sayı azlığından dolayı anlamlı bulunamadı ( $p=0,4$ ). Normal TENS ve sham-TENS'de bazalde (VAS 1) ve 48. saat sonundaki (VAS 2) ağrı azalma miktarları Grafik 9'da gösterilmiştir.



**Grafik 9. Her İki Grupta VAS 1 ve VAS 2 Değerleri**

İki grup arasında ağrıda azalma farkı (VAS2-VAS1=VAS fark) Grafik 10 'daki gibidir.



**Grafik 10. Her İki Grup Arasında Vas2 ile Vas1 Arasındaki Fark**

**Tablo-7. Normal-TENS ve sham-TENS grubundaki VAS değerleri ve değişimleri**

	Normal-TENS n:15	sham-TENS n:14	p <sup>x</sup>
VAS 1	61.6 (±18.6)	48,14 (±22,9)	0,07
VAS 2	19.07 (±17,8)	10,36 (±15,4)	0,1
VAS-fark	42.5 (±20,4)	37,7 (±23,3)	0,4

\* MS ve kontrol grubu arasında, p<0,05 anlamlı

<sup>xx</sup> Standart Sapma

Mann-Whitney U Test

**Tablo-8. Normal-TENS ve sham-TENS Grubundaki Kendi İçlerindeki VAS farkı**

	VAS fark	p <sup>x</sup>
Normal TENS (n:15)	-3,3	0,01
sham-TENS (n:14)	-3,1	0,01

\* Normal ve sham-TENS grubu arasında,  $p < 0,05$  anlamlı

<sup>xx</sup> Standart Sapma

Wilcoxon Signed Ranks Test

## 5. TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı, üst ekstremité cerrahisi sonrası, postoperatif ağrıda kontralateral TENS uygulamasının ağrı üzerindeki etkinliğini değerlendirmektir. Bilgimiz dahilinde postoperatif ağrıda kontralateral olarak TENS'in kullanıldığı insan üzerinde yapılan ikinci çalışma olmakla birlikte; yüksek frekanslı (80-100 MHz) konvansiyonel TENS kullanılarak yapılan ilk çalışmadır.

Her ne kadar memeli sinir sisteminde yüksek derecede simetri var ise de transmedian komünikasyonların organizmanın davranışsal entegrasyonu açısından gerekli olduğu kaçınılmaz bir gerçektir. Bu çalışmada sekonder amacımız sağ ve sol ekstremitenin esasında birbirine bağlı ve birbirleriyle nörolojik açıdan sürekli bilgi alış-verişi içerisinde olduğunu ve iletişim içinde bulunduğunu göstermektir. Organizmanın bu özelliği özellikle son yıllarda bilim dünyasının dikkatini çekmiştir ve son yıllarda bunu kanıtlamak için çeşitli çalışmalar yapılmış ve hala yapılmaya devam etmektedir (86). İlk başta hayvan çalışmaları yapılmış, sonrasında insan çalışmalarına da geçilmiştir. Biz de bu hipotezden yola çıkarak hastaları spesifiye etmek için dirsek altı unilateral üst ekstremité yumuşak doku cerrahisi geçiren hastaları ele aldık. Bu hastalara TENS'i kontralateral bağlayarak ve bu hastalarda postoperatif ağrıyı değerlendirerek bu ilişkiyi göstermeyi amaçladık.

Günlük-vaka ameliyatları dünyanın her yerinde büyümeye devam eden fazla komplike ve potansiyel olarak ağrılı prosedürler içeren rutin olarak yapılan ambulatuvar cerrahidir. Opioid analjezikler, non-opioid analjezikler veya bunların kombinasyonunu içeren modlar ambulatuvar cerrahiden sonra postoperatif ağrıyı kesmek için kullanılmaktadır ;ancak bu ilaçların kardiyovasküler, nörolojik, renal, gastrointestinal sistemi

etkileyen ciddi yan etkileri olabilmekte dolayısıyla bu ilaçların kullanımında zorluklar yaşanabilmektedir (66). Bu durum bizi başka yan etkisi az olan non-farmakolojik analjezik tedavi yöntemlerine yönlendirmektedir. 5. vital değer olarak kabul edilen ağrıyı ambulatuar cerrahi sonrası tedavi etmek için yan etkisi az bir tedavi yöntemi olan TENS'i ağrı bölgesine bağlamak genelde bu tür operasyon yerlerinde alçı, splint, sargı olması nedeniyle pek mümkün olmamaktadır. Bu nedenle örneğin; fantom ilişkili ağrıda (PLP) kontralateral olarak bağlanan TENS'in ağrı üzerinde pozitif etkisinin gösterilmesinden yola çıkarak bu tarz ameliyatlarda da aynı prosedür uygulanabilir, dolayısıyla farmakolojik analjeziye duyulan ihtiyaç azaltılabilir.

Çalışmamızda; normal-TENS alan gruba sham-TENS alan grup arasında cinsiyet, yaş, medeni durum, eğitim durumu, açısından fark olmaması her iki grubun homojen dağıldığını göstermekle birlikte mesleki olarak iki grup arasında farklılıklar mevcuttu. İki grupta da daha çok iş kazası nedeniyle olan yaralanmalar dikkati çekmekteydi.

Anestezi tipi ve hastaların geçirdiği operasyon türleri farklı olmakla birlikte karşılıklı gruplar arasındaki dağılımı istatistiksel olarak benzerdi. Hastaların başlangıç postoperatif ağrı-VAS ortalama değerleri benzer şekilde dağılım göstermişti. Tedavi, hastalara özellikle postoperatif ağrının en yoğun olduğu dönem olan ilk 2 günde uygulanmıştır. Tedavinin bitiminde her iki grupta da ağrı-VAS skorlarında başlangıca göre azalma görülmüştür. Bu sonuç iki grupta analjezik kullandığı için beklediğimiz bir durumdur; ancak normal-TENS alan grupta ağrı azalması sham gruba göre daha fazla olup istatistiksel olarak gerek küçük örneklem olması, gerek operasyon homojenitesinin sağlanamaması sebebiyle anlamlı p değerine ulaşamamıştır. Bu durumun bir diğer nedeni de fizik tedavi ajanlarının plasebo etkilerinin yüksekliği olabilir. Fizik tedavi ajanlarının plasebo etkileri ilaç çalışmalarında gözlenen plasebo etkiye oranla daha yüksektir. Dolayısıyla fizik tedavi ajanları ile yapılan çalışmalarda etkin tedavi ile sham tedavi arasında anlamlı fark elde etmek güçleşmektedir.

Postoperatif ağrıda TENS'in kontralateral etkinliğini gösteren literatürde sadece bir adet çalışma vardır. Chung-Yuh ve arkadaşlarının yaptığı bu çalışmada bizim uygulamamızdan farklı olarak düşük frekanslı (2 Hz) TENS cihazı total diz protezi ameliyatı geçiren hastalara kontralateral bağlanmış; TENS'in analjezik etki gösteren endojen opioid peptitler üzerindeki etkisinden dolayısıyla inen inhibitör ağrı yolları üzerinden yararlanılmak istenmiştir (72,73). Bizim çalışmamızdan farklı olarak operasyon geçiren tüm hastalara HKA verilmiş ve sadece postoperatif kullanılan HKA dozu ve bulantı sıklığı ölçülmüştür. Sonuç olarak her grupta (sham, normal) kullanılan HKA dozunda bir değişiklik olmamakla birlikte normal-TENS alan grupta ilk HKA kullanma ihtiyacı süre olarak daha geç olmuştur. Otör dozlar arasındaki fark olmamasını örneklemin küçük olmasına, TENS'in segmental etki göstermemesine veya stimülasyonun yetersiz olmasına bağlamıştır. Bizim çalışmamızda ise hem ağrı-VAS skoru kullanılmış hem de kullanılan analjezik çeşidi ve dozları değerlendirilmiştir. Kullanılan analjezik dozu-çeşidi arasında fark bulunmazken her iki grupta da postoperatif ağrıda azalma gözlenmiştir.

Ağrı üzerinde kontralateral etkiyi gösteren sağlıklı gönüllülerde yapılan çalışmalar da vardır. Michelangelo ve ark. konvansiyonel TENS'i 10 sağlıklı kişilerde selektif sinir trasesine (sağ radial sinirin süperfisial dalı) uygulayarak her iki ekstremitede aynı sinir trasesi üzerinde bazal ısı ağrı eşiğinin stimülasyon öncesine göre benzer şekilde arttığını göstermiştir (74,75,76). Bu çalışma kontralateral olarak elektrik stimülasyonunun etkili olduğunu gösteren kanıt düzeyi güçlü bir çalışmadır ve bizim çalışmamızı destekler niteliktedir.

Bu çalışmada olduğu gibi unilateral girişimlerden sonra bilateral etkinin olması çoğu zaman literatürde vurgulanmıştır, ancak mekanizması hala tam olarak anlaşılamamıştır (80). Fantom ağrısında da yapılan çalışmalarda sonuçlar yüz güldürücüdür (80, 81, 82, 85). Gerek spinal gerekse supraspinal düzeyde reorganizasyon döngüsünü çapraz mekanizmalar sayesinde kırarak etki göstermektedir (83,84). Nitekim kontralateral etki sadece ağrı üzerinde değil aynı zamanda kas gücünde de gösterilmiştir. Oniqbinde ve ark. unilateral olarak quadriceps kasına FES vererek hem ipsilateral hem de kontralateral quadriceps kas gücünde artış olduğunu göstermişlerdir (67, 68). Bu fenomen aynı zamanda "cross-education", "cross-training effect" ya da "contralateral-strength-training-effect" olarak literatürde geçmektedir (69-70). Bu etki unilateral yapılan istemli eforla, elektrik stimülasyonu ile ortaya çıkabilmektedir (70). Bir başka benzer çalışma da Sarıyıldız ve ark. el bileği fleksörlerine FES vererek yaptığı çalışmadır (71). Bu çalışmada kontralateral el bileği fleksör kuvvetinde olduğu gibi aynı zamanda bu kasın antagonisti olan el bileği ekstansörlerinde de kuvvet artışı saptanmıştır.

Çalışmamızda operasyon ve anestezi çeşidinin homojen olmaması standartizasyon için bir engeldir ve çalışmanın zayıf yönüdür. Çalışmamızın diğer zayıf noktası ise hastaların gözetim altında bulunmaması ve verdikleri bilgilerin sübjektif olmasıdır. Aynı zamanda TENS'in uygulama sıklığının yetersiz olmasıdır. Bu durumda TENS'in ambulatuar cerrahi geçiren hastalara uygulanmasından kaynaklanmaktadır. Hasta sayısındaki azlıkta çalışmamızın anlamlı değere ulaşamamasının nedenlerinden biridir. Her iki gruptaki hastaların birebir eşleştirildiği, değerlendiren kişinin kör olduğu ve daha büyük hasta örneklem sayısı ile olan çalışmaların daha değerli veriler vereceği kanaatindeyiz.

Bu çalışmanın sonuçları üst ekstremitte cerrahisi sonrası uygulanan kontralateral TENS'in postoperatif ağrıyı azalttığını ancak sham TENS'e göre üstünlüğü olmadığını göstermektedir. Bu sonuçlar ışığında ekstremitte cerrahileri ve kırıklar sonrası sargı, alçı gibi nedenlerle TENS bağlanamayan hastalara TENS'in kontralateral uygulanması önerilebilir. TENS'in ağrı üzerinde kontralateral etkisinin gösterilmesiyle birlikte daha iyi sonuçlar alınması ve mekanizmasının daha iyi anlaşılması için daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır.



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

- 1) Üst ekstremitte cerrahisi sonrası gelişen postoperatif ağrının giderilmesinde kontralateral TENS uygulaması ile ağrıda azalma sağlanabilir
- 2) Kontralateral TENS uygulaması ile elde edilen faydalar sham TENS ile elde edilen faydalarla karşılaştırıldığında TENS'in sham TENS'e üstünlüğü gösterilememiştir
- 3) Bu sonuçlar hasta sayısının azlığından ve/veya sham TENS'in plasebo etkisinin güçlü olmasından kaynaklanabilir
- 4) Kontralateral TENS'in postoperatif analjezik etkinliğinin kanıtlanabilmesi için daha ileri çalışmalara gereksinim vardır

## 7. KAYNAKLAR:

1) Erdine S. Ağrı mekanizmaları ve ağrıya genel yaklaşım. Erdine S (ed). Ağrı 3.Baskı. İstanbul Nobel Tıp Kitabevleri 2007;3

2) Melzack R. Ağrı devrimi. Melzack R, Wall PD (ed). Çelik M, Erdine S (çev. ed.) Ağrı Tedavisi El Kitabı Ankara Güneş Kitabevleri 2006;1-9.7-48.

3) Kehlet H. Postoperative pain relief-what is the issue?. Br J Anaesth 1994;72 (4):375-378.

4) Keskin A. The role of pain in operative strategy. Agri 2004; 16 (2): 41-43.

5) White PF. The role of non-opioid analgesic techniques in the management of pain after ambulatory surgery. Anesth Analgesia 2002;94 (3):577-585.

6) Smith CM, Guralnick MS, Gelfand MM, Jeans ME: The effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on post-cesarean pain. Pain 1986;27(2):181-193.

7) Rutter PC, Murphy F, Dudley HA. Morphine: controlled trial of different methods of administration for postoperative pain relief. Br Med J 1980;280(6206):12-13.

8) Hamza MA, White PF, Ahmed HE, Ghoname EA. Effect of the frequency of transcutaneous electrical nerve stimulation on the postoperative opioid analgesic requirement and recovery profile. Anesthesiology 1999;91(5):1232-1238

9) Ali J, Yaffe CS, Serrette C. The effect of transcutaneous electric nerve stimulation on postoperative pain and pulmonary function. Surgery 1981; 89(4):507-512.

10) Pike PM. Transcutaneous electrical nerve stimulation. Its use in the management of postoperative pain. *Anaesthesia* 1978; 33(2):165-171.

11) Evron S, Schenker JG, Olshwang D, GranAt M, Magora F. Postoperative analgesia by percutaneous electrical stimulation in gynecology and obstetrics. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 1981; 12(5):305-313.

12) Bjordal JM, Johnson MI, Ljunggreen AE. Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) can reduce postoperative analgesic consumption. A metaanalysis with assessment of optimal treatment parameters for postoperative pain. *Eur J Pain*. 2003;7(2):181-188.

13) Erdogan M, Erdogan A, Erbil N, Karakaya HK, Demircan A. Prospective, Randomized, Placebo-controlled Study of the Effect of TENS on postthoracotomy pain and pulmonary function. *World J Surg* 2005;29(12):1563-1570.

14) Sun Y, Gan TJ, Dubose JW, et al. Acupuncture and related techniques for postoperative pain: a systematic review of randomized controlled trials. *Br J Anaesth* 2008;101:151-60

15) M. M. B. Eliot Cole, «Pain Management: Classifying, Understanding, and Treating Pain,» *Hospital Physician* , no. 23-30, 2002.

16) N. T. Aygen TÜRKMEN, «GERIATRIC ANESTHESIA,» *Türk Geriatri Dergisi*, cilt 10, no. 1, pp. 049-056, 2007.

17) R. H. L. ,. C. J. R. H. E. Torebjork, «Peripheral neural correlates of magnitude of cutaneous pain and hyperalgesia: simultaneous recordings in humans of sensory judgments of pain and evoked responses in nociceptors with C-fibers,» *Journal of Neurophysiology Published* , cilt 2, pp. 325-339, 1984.

18) Kayhan Z. Ağrı. Kayhan Z(ed). Klinik Anestezi 3. baskı. İstanbul Logos Yayıncılık 2007; 922-951.

19) William IC. Mecanisms of Pain. Fee JPH, Bovill JG (eds). Physiology for Anaesthesiologists 1th ed London: Taylor & Francis 2004;59-74

20) Cingi İ, Erol K, Özdemir M. Farmakoloji ders notları, 2.Baskı. Eskişehir: Doğan Yayınevi; 1996, 262.

21) Koltka AK, Özyalçın S. Postoperatif ağrı nörofizyolojisi ve stres yanıt. Yücel A (ed). Postoperatif Analjezi 1.baskı. İstanbul Mavimer Yayıncılık 2004; 7-18

22) T. M. Sturgeon JA, «Nonlinear Effects of Noxious Thermal Stimulation and Working Memory Demands on Subjective Pain Perception,» Pain Med., cilt 25, no. 2, pp. 10-11, 2015.

23) Kehlet H, Holte K. Effect of postoperative analgesia on surgical outcome. Br J Anaesth 2001; 87(1):62-72.

24) Liu S, Carpenter RL, Neal JM: Epidural anesthesia and analgesia. Their role in postoperative outcome. Anesthesiology 1995; 82(6):1474-1506.

25) Hurley RW, Wu CL. Acute postoperatif pain. Miller RD (ed). Miller's Anesthesia 7th ed. Philadelphia: Churchill Livingstone 2010; 892-994

26) Wu CL, Fleisher LA. Outcomes research in regional anesthesia and analgesia. Anesth Analg 2000; 91(5):1232-42.

27) Aldemir T. Ağrılı Hastalarda Ağrı Ölçümü .Erdine S (ed). Ağrı 3.baskı İstanbul

28) Nobel Tıp Kitabevleri 2007;133-139. Jamison RN, Ferrante FM, VadeBonceur TR. Clinical Measurement of Pain, Postoperative Pain Management, New York: Churchill Livingstone Inc; 1993, 32: 119.

29) Güzeldemir ME. Ağrı değerlendirme yöntemleri. GATA Bülteni 1995; 38: 11-21.

30) Özyalçın NS. Ağrı, Ankara: Güneş Kitabevi; 2005, 37-58, 67-68, 111

31) Collins JV. Principles of Anaesthesiology 3th ed. PennsylvaniaLea & Febiger 1993:88-195.

32) Jones I, Johnson M. Transcutaneous electrical nerve stimulation, continuing education in anesthesia, Critical Care and Pain, Volume 9,Number 4,2009:130-35.

33) Sufka KJ, Price DD. Gate control considered. Brain and Mind 2002; 3: 277–290.

34) Sluka KA, and Walsh D. Transcutaneous electrical nevre stimulation: basic science mechanisms and clinical effectiveness. J Pain 2003; 4:109–121.

35) Aldemir T. Transkütan Elektriksel Sinir Stimulasyonu. In: Edirne S, Ağrı. İstanbul:Nobel Tıp Kitabevleri, 2000: 533-538.

36) Long M. Fifteen years of transcutaneous electrical stimulation for pain control.Sterotact Funct Neurosurg.1991; 56: 2-19.

37) Gül K, Myofasial ağrı sendromlu hastaların tedavisinde noninvaziv ve invaziv tekniklerin karşılaştırılması, Uzmanlık Tezi, Fırat ÜTF Anesteziyoloji ve Reanimasyon ABD, Elazığ 2008.

38) Erdine S. Ağrı mekanizmaları ve ağrıya genel yaklaşım. In: Erdine S: Ağrı 3.baskı. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2007:37-49.

- 39) Kaye V. Transcutaneous electrical nerve stimulation, emedicine specialties, clinical procedures, anesthetic and analgesic techniques, Apr 13, 2010:1-8.
- 40) Erçalık C. Fibromiyalji sendromunda bilişsel davranış tedavisi ve TENS Tedavilerinin Etkinliği, Uzmanlık Tezi, Şişli Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi FTR Kliniği, İstanbul 2005.
- 41) Barr J. TENS for pain management. In: Nelson R, Currier D, eds. Clinical Electrotherapy. Second edition Appleton and Lange 1991: 221-260.
- 42) Carabelli RA, Kellerman WC: Phantom limb pain:relief by application of TENS to contralateral extremity. Arch Phys Med Rehab. 1985;66: 466-467
- 43) Robaina FJ, Rodriguez JL: TENS and spinal cord stimulation for pain relief in reflex sympathetic dystrophy. Stereotact Funct Neurosurg .1989;52:53-62
- 44) Nicholas JJ: Physical modalities in rheumatological rehabilitation Arch Phys Med Rehab. 1994;75(9): 994-1001
- 45) Solomon S, Guglielmo KM: Treatment of headache by transcutaneous electrical stimulation. Headache;1985; 25:12
- 46) 87- Bundsen P, Peterson LE, Selstam U: Pain relief during delivery , an evaluation of conventional methods. Acta Obstet Gynecol Scand.1982; 61:289-297
- 47) Stone RG, Wharton RB: Simultaneous multipl modality therapy for tension headaches and neck pain. Biomed Instrum Technol.1997;31(3):259-262
- 48) Hansson P, Ekblom A: Transcutaneous electrical nerve stimulation(TENS) as compared to placebo TENS for the relief of acute orofacial pain. Pain. 1983,15:157.

49) Frucht S, Jonas I, Kappert HF: Muscle relaxation by transcutaneous electric nerve stimulation (TENS) in bruxism. An electromyographic study. *Fortschr Kieferorthop.* 1995;62(1):49-51

50) Hollinger J: Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) after cesarean birth. *Phy Ther.* 1986; 66:36-38

51) Herman E, Williams R, Stratford P. A randomized controlled trial of transcutaneous electrical nerve stimulation to determine its benefits in a rehabilitation program for acute occupational low back pain. *Spine.* 1994;19(5):561-568

52) Ortog GJ: Transcutaneous electrical nerve stimulation versus oral analgesic: A randomized double-blind controlled study in acute traumatic pain. *Am J Emerg Med.* 1987;5: 6.

53) Vader Ark GD, McGrath KA: Transcutaneous electrical stimulation in treatment of postoperative pain. *Am J Surg.* 1975; 130-338

54) Forster EL, Kramer JF, Lucy SD: Effect of TENS on pain, medications and pulmonary function following coronary artery by-pass graft surgery. *Chest.* 1994;106(5): 1343-1348

55) Mannheimer C, Carlsson CA, Vedin A, Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) in angina pectoris. *Int J Cardiol.* 1985; 7:91.

56) Sanderson JE: Electrical neurostimulators for pain relief and angina. *Br Heart J* 1990;63:141-143

57) Thorsen SW, Lumsden SG: Trigeminal neuralgia: sudden and long-term remission with transcutaneous electrical nerve stimulation. *J Manipulative Physiol Ther.* 1997 ; 20(6):415-419

58) Avellanosa AM, West CR: Experience with transcutaneous electrical nevre stimulation for relief of interactable pain in cancer patients. J. Med. 1982; 13 :203

59) Watson T, Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS), Electroterapy.org, 2010,pg:1-10

60) Jones I, Johnson M, Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation, Continuing Education in Anesthesia, Critical Care and Pain, Volume 9,Number 4,2009:130-135

61) Gül K, Myofasial Ağrı Sendromlu Hastaların Tedavisinde Noninvaziv Ve İnvaziv Tekniklerin Karşılaştırılması, Uzmanlık Tezi, Fırat ÜTF Anesteziyoloji ve Reanimasyon ABD, Elazığ 2008

62) Kaye V, Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation, Emedicine Specialties, Clinical Procedures, Anesthetic and Analgesic Techniques, Apr 13, 2010,pg:1-8

63) Akyüz G. Transkütan Elektriksel Sinir Stimülasyonu. In: Tuna N, eds. Elektroterapi. İstanbul: Nobel Tıp Kitapevleri 2. baskı,2001:163-176.

64) Alper S. Transkütan Elektriksel Sinir Stimülasyonu. In: Beyazova M, Gökçe-Kutsal Y, eds. Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Cilt 1. Ankara: Güneş Kitabevi, 2000:790-798.

65) Soric R, Devlin M. Transcutaneous electrical nerve stimulation. Postgraduate Medicine 1985; (78) 4: 101-107.

66) Ofelia L. The role of multimodal analgesia in pain management after ambulatory surgery. Curr Opin Anaesthesiol. 2010;23 (6): 697-7030.

67) Onigbinde AT. Effects of motor-level transcutaneous electrical nerve stimulation on ipsilateral and un-stimulated contralateral quadriceps femoris. *Technology and Health Care*. 2014; 22 ( 5 ): 759-766.

68) Munn J, Herbert RD, Gandevia SC. Contralateral effects of unilateral resistance training: a meta-analysis. *J Appl Physiol* 2004; 96(5): 1861–1866.

69) Carroll TJ, Herbert RD, Munn J, Lee M, Gandevia SC. Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. *J Appl Physiol* 2006; 101(5): 1514–1522.

70) Lee M, Carroll TJ. Cross education: possible mechanisms for the contralateral effects of unilateral resistance training. *Sports Med* 2007;37(1): 1–14.

71) Sariyildiz M. Cross-education of muscle strength: cross-training effects are not confined to untrained contralateral homologous muscle. *Scand J Med Sci Sports* 2011; 21: 359–364

72) Tzeng C-Y. Single-blinded, randomised preliminary study evaluating the effects of 2 Hz electroacupuncture for postoperative pain in patients with total knee arthroplasty. *Acupunct Med* 2015;33:284–288.

73) Han JS. Acupuncture: neuropeptide release produced by electrical stimulation of different frequencies. *Trends Neurosci* 2003;26:17–22.

74) M. Buonocore et al. Contralateral Antalgic Effect of High-Frequency Transcutaneous Peripheral Nerve Stimulation. *PM R* 2015;7:48-52

75) Buonocore M, Camuzzini N, Cecini M, Dalla Toffola E. Highfrequency transcutaneous peripheral nerve stimulation induces a higher increase of heat pain threshold in the cutaneous area of the stimulated nerve when confronted to the neighbouring areas. *BioMed Res Int* 2013:464207.

76) Buonocore M, Camuzzini N. Increase of the heat pain threshold during and after high-frequency transcutaneous peripheral nerve stimulation in a group of normal subjects. *Eura Medicophys* 2007;43:155-160.

77) Huerta JL, Miller SR. Amputation rehabilitation. In: Brammer CM, Spires MC, eds. *Manual of Physical Medicine and Rehabilitation*. Philadelphia, PA: Hanley & Belfus; 2002:1–12.13

78) Ephraim PL, Wegener ST, MacKenzie EJ, Dillingham TR, Pezzin LE. Phantom pain, residual limb pain, and back pain in amputees: Results of a national survey. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86:1910–9.

79) Mercuri S, Contratti F, Russo A, Savino S. Trattamento con stimolazione elettrica transcutanea nella terapia del dolore cronico. Esperienza a distanza su 100 casi. *Riv Neurol* 1980;50:133–41.

80) Carabelli RA, Kellerman WC. Phantom limb pain: Relief by application of TENS to contralateral extremity. *Arch Phy Med Rehabil* 1985;66:466–7

81) Starobinets MKH, Volkova LD. Treatment of phantom pain syndrome by acupuncture-like and cutaneous electric stimulation of the contralateral limb. *Ortop Travmatol Protez* 1985;8:38–9.

82) Katz J, France C, Melzack R. An association between phantom limb sensations and stump skin conductance during transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) applied to the contra lateral leg: A case study. *Pain* 1989;36:367–77.

83) Devor M, Wall PD. Reorganization of spinal-cord sensory map after peripheral-nerve injury. *Nature* 1978;276:75–6.

84) Melzack R. Phantom limbs and the concept of neuromatrix. *Trends Neurosci* 1990;13:88–92.

85) Giuffrida O, Simpson L, Halligan PW. Contralateral stimulation, using TENS, of phantom limb pain: two confirmatory cases. *Pain Medicine* 2010; 11(1): 133–141.

86) Koltzenburg M, Wall PD, McMahon SB. Does the right side know what the left is doing? *Trends Neurosci* 1999;22:122-127.

