



T. C.

GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TEPE AMPLİTÜDÜ ÇOCUKLAR İÇİN UYARLANMIŞ
TRANSKÜTANÖZ KAS STİMÜLATÖRÜNÜN SEREBRAL PALSİ
HASTALARINDA KULLANIM ETKİNLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

Turan NERGİZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİYOFİZİK ANABİLİM DALI

DANIŞMAN

Y. Doç. Dr. Ömer Can DEMİRTAŞ

İKİNCİ DANIŞMAN

Prof. Dr. Metin TULGAR

Gaziantep

2010

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

22.01.2010

Turan NERGİZ

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının giriş bölümünde, konunun bilimsel dayanağı ve amacı hakkında bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde Serebral palsi (SP) hastalığının tanımı, nedenleri, belirtileri, tanı ve tedavi kriterleri ile nörostimülasyonun tanımı, tarihçesi, stimülasyon teknikleri ve stimülasyon tarzları ile ilgili genel bilgilere yer almıştır.

Üçüncü bölümde, gereçler ve araçlar belirtilmiştir. Stimülatör, elektrotlar ve şarj ünitesi gibi teknik altyapıdan söz edilmiştir. Ayrıca, hasta seçimi ve seçilen hastalar üzerinde uygulamanın nasıl yapıldığı anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde, bulgular kapsamında uygulamanın başarısı vurgulanmıştır.

Beşinci bölümde tartışma ve sonuç kısmında, tasarlanan ve SP hastalarında başarıyla uygulanan küçük kas stimülatörünün daha geniş katılımlı klinik çalışmalarda kullanılması önerilmiştir.

TEŞEKKÜR

Büyük bir özveride bulunarak tez yöneticiliğimi üstlenen, her aşamada yardımlarını esirgemeyen, bilimsel katkılarından dolayı Biyofizik Anabilim Dalı Başkanı Yrd. Doç. Dr. Ömer Can Demirtaş'a, ayrıca tez danışmanlığımı üstlenen Prof. Dr. Metin Tulgar'a, kapılarını bize her zaman açan Prof. Dr. Ahmet Arslan'a, tez çalışmasının uygulama kısmında yardımcı olan Fizyoterapist Koray Şaban Koç'a, bölüm çalışanlarına, Gaziantep Destek Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi çalışanlarına, bütün çalışmalarım boyunca desteklerini esirgemeyen aileme ve eşim Leman Nergiz'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
TEŞEKKÜR	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR ve SİMGELER	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
RESİM LİSTESİ	vii
TABLO LİSTESİ	viii
ÖZET	1
ABSTRACT	2
1. GİRİŞ VE AMAÇ	3
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. SEREBRAL PALSİ HASTALIĞI ve NEDENLERİ	4
2.1.1. SEREBRAL PALSİ HASTALIĞI NEDİR?	5
2.1.2. SEREBRAL PALSİLİLERDE GÖRÜLEN PROBLEMLER	6
2.1.3. SEREBRAL PALSİ’NİN SINIFLANDIRILMASI	7
2.1.4. SEREBRAL PALSİ HASTALARININ TEDAVİSİ	9
2.2. NÖROSTİMÜLASYON	10
2.2.1. NÖROSTİMÜLASYON NEDİR?	10
2.2.2. NÖROSTİMÜLASYON UYGULAMALARININ TARİHÇESİ	11
2.2.3. KAPI KONTROL TEORİSİ	12
2.2.4. NÖROSTİMÜLASYONUN SPASİSİTE ÜZERİNE ETKİSİ	14
2.2.5. NÖROSTİMÜLASYONUN AĞRI ÜZERİNE ETKİSİ	14
2.2.6. NÖROSTİMÜLASYON TEKNİKLERİ	16
2.2.6.1. TRANSKÜTANÖZ STİMÜLASYON	16
2.2.6.2. PERKÜTANÖZ STİMÜLASYON	16
2.2.6.3. NÖROİMLANTASYON	17
2.2.7. NÖROSTİMÜLATÖR PARAMETRELERİ	24
2.2.8. NÖROSTİMÜLASYON TARZLARI	26
2.2.8.A. KLASİK STİMÜLASYON	28
2.2.8.B. PATLAMALI (BURST) STİMÜLASYON	31

2.2.8.C. MODÜLASYONLU STİMÜLASYON	32
3. GEREÇ ve YÖNTEMLER	33
3.1. KULLANILAN GEREÇLER	33
3.1.1. UYARICI (STİMÜLATÖR)	33
3.1.2. ELEKTROTLAR	35
3.1.3. ŞARJ ÜNİTESİ	36
3.1.4. MODİFİYE ASHWORTH SKALASI	37
3.1.5. İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME	37
3.2. UYGULAMA YÖNTEMLERİ	38
3.2.1. HASTALAR	38
3.2.2. ÇALIŞMAYA ALINMA ÖLÇÜTLERİ	38
3.2.3. ÇALIŞMADAN DIŞLANMA ÖLÇÜTLERİ	38
3.2.4. TEDAVİ UYGULAMASI	39
3.2.5. DEĞERLENDİRME PARAMETRELERİ	43
4. BULGULAR	44
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	48
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	58

KISALTMALAR ve SİMGELER

°C	Santigrat derece
µsn	mikrosaniye
AM	Genlik ayarı (amplitude modulation)
Ar-Ge	Araştırma geliştirme
cm	santimetre
cm ²	santimetrekare
DC	Doğru akım (direct current)
ECU	Ekstansör karpi ulnaris
EDC	Ekstansör dijitoryum kommunis
EHA	Eklem hareket açıklığı
FDA	Amerikan ilaç ve gıda dairesi (U.S. Food and Drug Administration)
FM	Frekans ayarı (frequency modulation)
Hz	Hertz
Ltd. Şti.	Limited şirketi
mA	miliamper
MAS	Modifiye Ashworth Skalası
MHz	Megahertz
MKF	Metakarpofalangeal
MKT	Manüel kas testi
NMES	Nöromusküler elektriksel stimülasyon
Ort	Ortalama
PNS	Cilt yoluyla uyarım (perkütanöz stimülasyon)
RF	Radyo frekans
RIP	Refleks inhibitör patern
ROM	Hareket aralığı (range of motion)
SD	Standart sapma
SP	Serebral palsy
SG	Substantia gelatinosa
TENS	Deri üzerinden elektrikle sinir uyarımı (transcutaneous electrical nerve stimulation)
V	Volt

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. Kapı Kontrol Teorisi

Şekil 2. Kapı Kontrol Teorisi SG: Substantia Gelatinosa, T: Transmisyon Hücresi

Şekil 3. Transkütanöz stimülasyon uygulaması prensip şeması

Şekil 4. Perkütanöz stimülasyon uygulaması prensip şeması

Şekil 5. Nöroimplantasyon uygulaması prensip şeması

Şekil 6. Tulgar Nöro-İmplant Sisteminin çalışma diyagramı

Şekil 7. NMES için kullanılan dalga çeşitleri

Şekil 8. Bir dalga ve özellikleri.

Şekil 9. Monofazik TENS dalga tipleri

Şekil 10. Klasik stimülasyonda çok sayıda dalganın deseni

Şekil 11. Tek bir stimülasyon dalga şekli

Şekil 12. Patlamalı (Burst) stimülasyonda pulsların deseni

Şekil 13. Modülasyonlu stimülasyonda pulsların deseni

Şekil 14. Çalışmada kullanılan küçük kas stimülatörünün blok diyagramı

RESİM LİSTESİ

- Resim 1. Beyindeki lezyonun niteliğine göre SP tutulum tipleri
- Resim 2. Radyo frekans sistemi ile uygulanan beyin pili
- Resim 3. Tümüyle implantasyon yapılan bir vagus sinir stimülatörü
- Resim 4. Tulgar Nöro-İmplant Sisteminin genel görünüşü
- Resim 5a. Tulgar implant sisteminin pasif kısmı
- Resim 5b. Tulgar implant sisteminin harici aktivatörü
- Resim 6. Çalışmada kullanılan el rehabilitasyonu için küçük kas uyarıcısı
- Resim 7. Kendinden jelli transkütanöz pad elektrotlar
- Resim 8. Çalışmada kullanılan stimülatörün şarj ünitesi
- Resim 9a. TENS cihazının elektrotlarının bağlanması.
- Resim 9b. TENS cihazının elektrotlarının bağlanması.
- Resim 10a. TENS cihazının elektrotlarının bağlanması.
- Resim 10b. TENS cihazının elektrotlarının bağlanması.

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Mevcut beyin pillerinin özelliklerinin karşılaştırılması

Tablo 2. TENS uygulama modellerinin özellikleri

Tablo 3. Tablo 3. Modifiye Ashworth Skalası

Tablo 4. Hastaların özellikleri

Tablo 5. Tedavi öncesi değerlendirme parametrelerinin gruplar arası karşılaştırılması

Tablo 6. El bileğinin Modifiye Ashworth Skalası ve MKT grup içi değerlendirmesi

Tablo 7. Gruplar arası tedavi etkinliğinin karşılaştırılması

ÖZET

TEPE AMPLİTÜDÜ ÇOCUKLAR İÇİN TASARLANMIŞ TRANSKÜTANÖZ KAS STİMÜLATÖRÜNÜN SEREBRAL PALSİ HASTALARINDA KULLANIM ETKİNLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Turan NERGİZ

Yüksek Lisans Tezi, Biyofizik Anabilim Dalı

Tez Danışmanları: Y. Doç. Dr. Ömer Can DEMİRTAŞ ve

Prof. Dr. Metin TULGAR

Ocak 2010, 58 sayfa

Amaç: Serebral palsi hemipleji hastalarda üst ekstremitede nöromusküler elektriksel uyarımın spastite ve kas gücü üzerine etkilerini araştırmak.

Gereç ve yöntem: Çalışmaya, gönüllü 20 SP hemipleji hastası alındı. Hastalar rastlantısal olarak iki gruba ayrıldı: Egzersiz+NMES (n=10) I. gruba, haftada 5 gün, günde 40 dakika olacak şekilde 60 seans, II. gruba ise sadece egzersiz (n=10) uygulandı. El bileği manuel kas testi, Modifiye Ashworth Skalası, değerlendirmeleri tedaviden önce ve tedavi bitiminde fizyoterapist tarafından yapıldı. Kullanılan NMES tepe genliği 35 mA olacak şekilde çocuk hastalar için geliştirildi.

Bulgular: Egzersiz+NMES uygulanan I. grup, yalnızca egzersiz uygulanan II. grup ile karşılaştırıldığında el bileği kas gücü artışı istatistiksel olarak daha fazlaydı ($p<0.05$). Aynı şekilde egzersiz+NMES uygulanan I. grup, yalnızca egzersiz uygulanan II. grup ile karşılaştırıldığında spastitedeki azalma istatistiksel olarak daha fazlaydı ($p<0.05$). Aynı zamanda tepe genliği 35 mA olacak şekilde geliştirilen elektriksel uyarım cihazı (NMES) hiçbir hasta üzerinde tahriş veya yanık oluşturmadi.

Sonuç: Sadece egzersiz yerine egzersiz+NMES uygulamak, SP hemipleji hastalarda üst ekstremitede spastitenin daha fazla azalması, el bileği kas gücünün ise daha fazla artmasını sağlar. Tepe genliği 35 mA olacak şekilde geliştirilen NMES çocukların tedavisinde güvenle kullanılabilir.

Anahtar Sözcükler: Serebral palsi (SP), el rehabilitasyonu, transkütanöz kas stimülatörü (TENS).

ABSTRACT

THE EVALUATION OF USAGE EFFICIENCY OF TRANSCUTANEOUS MUSCLE STIMULATOR ADOPTED FOR PEAK AMPLITUDE CHILDREN IN CEREBRAL PALSY PATIENTS.

Turan NERGİZ

Master of Thesis, Department of Biophysics

Supervisors: Y. Doç. Dr. Ömer Can DEMİRTAŞ and

Prof. Dr. Metin TULGAR

January 2010, 58 pages

Purpose: To search for the effects of the upper extremity neuromuscular electrical stimulation on spastic and brawn in cerebral palsy hemiplegia patients.

Tools and Methods: Twenty SP hemiplegia patients voluntarily took part in the study. The patients were divided randomly into two groups: The first group was exposed to Exercise+NMES (n=10) for 40 minutes for five days at 60 sessions, the second group was exposed to exercise (n=10) only. Manual wrist muscle test, Scale modified Ascworth and reviews were done before and after the treatment by the physiotherapist. NMES peak amplitude used was developed as 35 mA for the patients that are children .

Findings: When the first group exposed to Exercise+NMES was compared with the second group exposed to exercise only, the increase of wrist muscle strength was statistically higher ($p<0.05$). Similarly, when the first group exposed to Exercise+NMES was compared with the second group exposed to exercise only, the decrease in spastic was statistically higher ($p<0.05$). At the same time, peak amplitude of 35 mA electrical stimulation device was developed to be (NMES)_did not cause any irritation or burn on patients.

Conclusion: Applying Exercise+NMES instead of exercise only causes more decrease of upper extremities spastic for SP hemipleji patients and more increase in the wrist muscle strength. Peak amplitude of 35 mA to be developed in the hills NMES can be used safely for the treatment of children.

Key words: Cerebral palsy (CP), hand rehabilitation, transcutaneous muscle stimulator (TENS).

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Bir çeşit beyin hastalığı olan serebral palsi (SP) hastalarında alt ve üst ekstremitelerde hareket bozuklarının ortaya çıktığı ve yaşam kalitesinin önemli ölçüde azaldığı bilinmektedir. Bu hastalarda kesin tanı konulduktan sonra, hastalığın seyrine göre öncelikle ilaçlarla tedavi olmak üzere fizik tedavi ve cerrahi girişimler uygulanmaktadır. Fizik tedavi yöntemleri içinde nörostimülasyon, uygulamalardan biridir.

Özellikle sadece üst ekstremitelerde bilateral olmayan (tek taraflı) el problemi olan 5 ile 15 yaşına kadarki çocuk hastalarda transkütanöz (cilt yüzeyinden) stimülasyon verimli olmaktadır.

Bu çalışmada, SP hastalarında el rehabilitasyonu amacıyla transkütanöz kas stimülatörü tasarlanması ve uygulanması amaçlanmıştır.

Tasarımı yapılan stimülatör, SP hemipleji hastası, on çocuk üzerinde başarıyla uygulanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. SEREBRAL PALSİ HASTALIĞI ve NEDENLERİ

Doğum öncesi, doğum sırası veya doğum sonrası henüz gelişmemiş beyindeki bir lezyon sonucu ortaya çıkan, nöromusküler bir bozukluk olarak tanımlanabilen CP tablosu, çocukluk döneminde oldukça sık görülmektedir (1). Doğum öncesi, doğumda ya da doğum sonrası 2 yaşa kadar olan dönemde serebral kortekste meydana gelen kalıcı statik bir lezyondan kaynaklanmaktadır (2). Serebral palside engelliliğe neden olan beyin lezyonu hayat boyunca aynı kalır, bir değişme, artma veya ilerleme görülmez (3).

Dünya üzerinde görülme sıklığı farklı kaynaklara göre her 1000 canlı doğumda 1–5 arası olarak bildirilmektedir (4). Ülkemizde yapılan bir çalışmada her 1000 canlı doğumda 4,4 olarak görüldüğü belirlenen SP’de, motor gelişim yetersizliği ile beraber mental, görme, işitme, konuşma ve davranış problemleri de görülebilir (5). Gelişmiş ülkelerde görülme sıklığı ortalama her 1000 canlı doğumda 2 yeni SP vakası şeklindedir (6).

Little ve Freud’un hastalık ile ilgili ilk tanımlama ve etiyolojisi konusundaki tahminlerinin üzerinden 100 yıldan daha fazla bir süre geçmesine rağmen hastalığın nedeni tam olarak bilinmemektedir (7).

Bebekte SP şüphesi oluşturan ilk bulgu genellikle yaşına göre motor gelişiminin beklenen seviyede olmamasıdır (8). İlk hastalık belirtisi genellikle 6 aydan sonra hala oturma dengesinin gelişmemiş olmasıdır (8). Olgularda en fazla şüphelenilen bulgunun zamanında yürüyememe olduğu görülmüştür (8). Bunu sırasıyla başını tutamama, zamanında oturamama ve diğer farklı gelişim anomalileri takip etmektedir (8).

1980’li yıllarda CP insidansında azalma olduğu söylenmişse de son yıllarda daha iyi ve gelişmiş yenidoğan bakımı sayesinde düşük ve çok düşük doğum ağırlıklı bebeklerin pek çoğunun yaşatılması mümkün olmaktadır (9). Bu bebeklerde CP

görölme insidansı normal ağırlıklı çocuklara göre daha yüksektir (9). Ancak oranı % 87'ye varan otuz yıllık yaşam beklentisi, bu çocukların bakımını önemli kılmaktadır (10).

Serebral palsy ile sonuçlanan santral sinir sistemi lezyonları değişik nedenlere bağılı olabilir. Santral sinir sistemi kanaması, erken doğum (prematüre), oksijen yetersizliği (hipoksi) ve enfeksiyonlar sık görülen etiyolojik risk faktörleridir (11).

2.1.1. SEREBRAL PALSİ HASTALIĞI NEDİR?

Serebral palsy (ICD-10 (International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (hastalıkların ve sağık sorunlarının uluslararası sınıflamasının kısaltmasıdır)) kod: G80.0-G80.9); Anormal kas tonusu, anormal duruş, anormal hareket gibi motor ve koordinasyon bozukluğu belirtileri ile kendini gösteren, gelişimini henüz tamamlamamış olan beyinde oluşan lezyon veya lezyonlara bağılı olduğu kabul edilen, kronik ilerleyici olmayan santral sinir sistemi işlevsizliğine işaret eden belirtiler birlikteliğini kapsayan genel bir tanımlamadır (12).

Spesifik bir hastalık adı olmayıp, farklı nedenleri ve ortak klinik özellikleri olan bir grup hastalığı tanımlamaktadır (13). Literatürde Statik Ensefalopati veya Little hastalığı olarak da geçmektedir (13). Beyindeki lezyon, doğum öncesinde, doğum sırasında ya da hayatın ilk yıllarında, beyinde bir gelişme bozukluğuna, enfeksiyon, travma veya anoksiye bağılı olarak gelişebilir (14). Çoğu zaman multiple etiyolojik faktör söz konusu olmakla beraber hastaların % 20-30 kadarında sebep tespit edilememektedir (14).

Little ve Freud'un hastalık ile ilgili ilk tanımlama ve etiyolojisi konusundaki tahminlerinin üzerinden 100 yıldan daha fazla bir süre geçmesine rağmen hastalığın nedeni tam olarak bilinmemektedir (15). 1986 yılında Nelson ve Ellenberg tarafından yapılan geniş bir çalışmada etiyolojinin çoğu kez doğum öncesi kaynaklı olduğu bildirilmiştir (16).

Etiyolojik risk faktörlerinin önem sıralaması, toplumların yaşam standartlarının, sağık ve gelişmişlik düzeylerinin zaman içinde farklı olması nedeni ile

değişebilmektedir (14,15). Gelişmiş ülkelerde sorumlu faktörlerin önem sırası zaman içerisinde doğum esnasındaki faktörlerden daha çok doğum öncesi nedenlere kaymıştır. Bunun en önemli nedeni prenatal tanılamadaki gelişmeler ile hamilelik döneminin kontrol altında geçmesidir (14,15).

2.1.2. SEREBRAL PALSİLİLERDE GÖRÜLEN PROBLEMLER

Toplumun ana ögesi olan aile kavramında genetik ve çevresel devamlılığı sağlayan çocuğun beynindeki bir hasar, nörolojik bozukluklara neden olmakta ve beraberinde getirdiği sorunlar ise olumsuz bir şekilde çocuğa, ailesine ve topluma yansımaktadır (17). Ailenin çocuğun özürlü olmasını kabul edemeyişi ve çocuğa karşı aşırı koruyucu tavır takınması da SP’li çocukların bağımsız bir yaşam sürmesini engellemektedir (18). Özürlü çocuklara bütün gün ve uzun yıllar bakmak zorunda kalan ailelerde ve bakıcılarda, fiziksel ve psiko-sosyal sağlık olumsuz yönde etkilenmektedir (19). Özürlü bir çocuk, ailede büyük bir hayal kırıklığı olarak algılanabilmekte ve yoğun bir kaygı kaynağı oluşturabilmektedir (20). Serebral palsili çocuklara yaşamın erken dönemlerinde yeterli bakım verilmemesine bağlı olarak özürleri daha ciddi boyutlara ulaşabilmekte, ileride bağımlı ve bakıma muhtaç bireyler olabilmektedirler (21). SP’li çocuğa sahip aileler, çocuklarının özürlü olduğunu öğrendikten sonra neden arama, kızgınlık duyma, reddetme, depresyona girme gibi değişik psikolojik duyguları yaşamaktadırlar (22).

Motor bozukluklar, spastisite, kuvvetsizlik, koordinasyon bozukluğu, istemsiz hareketler (atetoz), kas sertliği (rijidite) ve tremorlar şeklinde olabilir. Motor bozuklukların yanında zekâ geriliği, konvülsiyonlar, görme, işitme, konuşma, algılama ve davranış bozuklukları da görülebilir (23)

Ülkemizde 150.000’nin üzerinde Serebral Palsi hastasının bulunduğu tahmin edilmektedir (24).

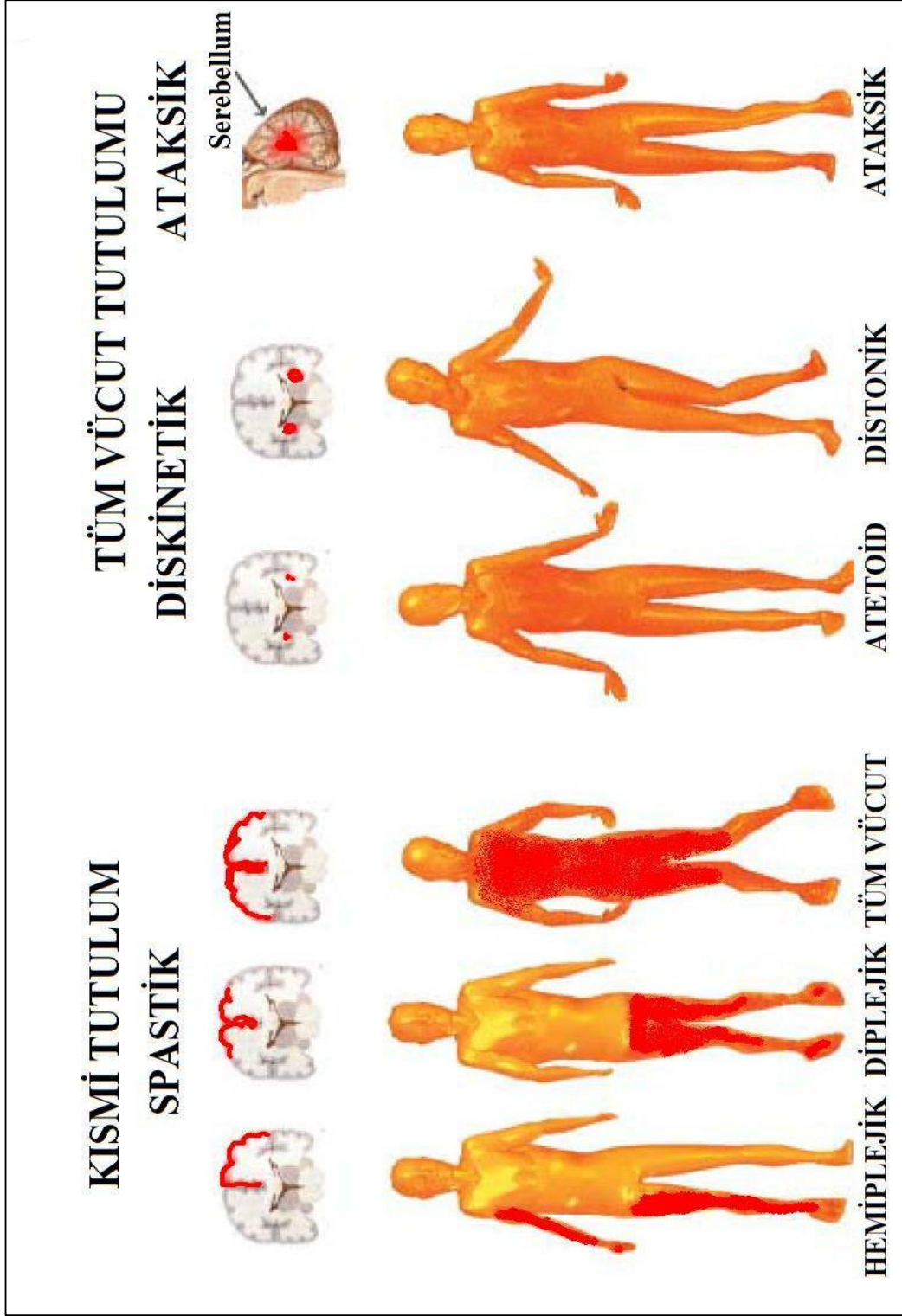
Serebral palsili çocuklarda hareket ve postür bozukluğuna eşlik eden çeşitli bulgular olabilir. Bunlar mental retardasyon, nöbetler, konuşma ve öğrenme güçlüğü, işitme ile ilgili sorunlar, göz bulguları (strabismus, optik atrofi, nistagmus gibi) ve diş defektleridir (25). Hastaların bir kısmında sara, duysal bozukluklar (görme veya işitme

kaybı), ürener sistem hastalıkları, öğrenme güçlüğü, iletişim ve emosyonel problemler de görülebilmektedir (26).

Serebral palsili çocuğun etkilenişi ve içinde bulunduğu tablonun şiddeti; Serebral palsinin tipi, ekstremitte dağılımı, fonksiyonel durum, zekâ düzeyi, duyu problemlerinin olup olmaması, motor gelişim düzeyi belirleyici olabilmektedir (27).

2.1.3. SEREBRAL PALSİNİN SINIFLANDIRILMASI

Serebral palsili hastaların sınıflaması resim 1’de görüldüğü gibi genellikle motor bozukluğuna ve ekstremitte tutulumuna göre yapılmaktadır: Motor bozukluğa göre: 1. Spastik (Kas tonusunda artma), 2. Diskinetik (khoreik, athetoid, distonik hareketler) ve 3. Ataksik (hareketlerde koordinasyon bozukluğu, hipotonik) şeklindedir (28). Ekstremitte tutulumuna göre ise 1. Quadriplejik (Dört ekstremitte etkilenmiş), 2. Diplejik (alt ekstremiteler daha fazla tutulmuş), 3. Paraplejik (alt ekstremiteler tutulmuş, üstler sağlam) ve 4. Hemiplejik (vücudun bir yanı tutulmuş, ancak tutulum kolda daha fazla) şeklindedir (28). Bu sınıflama içinde tüm SP’li hastaların içinde en yüksek orana sahip olan spastik diplejik tür, erken doğan bebek grubunda daha sık görülmektedir (29).



Resim 1. Beyindeki lezyonun niteliğine göre SP tutulum tipleri (18).

2.1.4. SEREBRAL PALSİ HASTALARININ TEDAVİSİ

Serebral palsinin erken tanısı etiyolojik faktörlerin iyi bilinmesini ve bu durumda bebeklerin takibini gerektirir. Serebral palsili bebeklerin tedavisi multi-disipliner ve yaşam boyudur (30). Çünkü SP’de engelliliğe neden olan beyin lezyonu hayat boyunca aynı kalır, bir değişme, artma veya ilerleme görülmez (31). Ayrıca SP’nin ailesel geçiş sıklığı akraba evliliklerinden kaçınmakla azaltılabilir (32).

Serebral palsi tedavisinde amaç beyinde meydana gelmiş olan hasarı geri döndürmek değil, mevcut olan hareket kabiliyetini en üst düzeye çıkarmaktır (33).

Fizyoterapi uygulamaları ince-kaba ve yemek yeme fonksiyonlarını geliştirmeyi amaçlar (34). Çocuğun gelişimsel özürlülüğü sadece çocuğun ve ailesinin değil toplumun bir problemi olarak düşünülmelidir (34). Özürlü çocuklar sağlıklı çocuklara göre 1.5 kat daha fazla doktora başvurmakta, 3.5 kat daha fazla hastanede yatarak tedavi görmekte ayrıca 2 kat daha fazla okul günü kaybetmektedirler (34).

Serebral palsili çocuğun rehabilitasyonu ve eğitimi çok uzun ve yorucu bir süreçtir (35). Bazen çocuğun yaşamı boyunca devam edebilen iyileştirme uygulamalarını, çocuğun klinik tipi, ekstremit tutulumu, zihin durumu, kognitif becerisi, SP tablosuna eşlik edebilen görme, işitme, konuşma problemleri ile sara, sistemik problemler gibi genel sağlık sorunları zorlaştırılabilmektedir (35).

Evde bakım hizmeti, gerek koruyucu gerekse tedavi edici sağlık hizmetlerin sosyal hizmetlerle bir arada, hastanın doğal çevresinde sunulması ve bu şekilde hastalık ve sakatlıkların etkisinin en aza indirilerek bu kişilerin bağımsızlık düzeylerinin yükseltilmesi olarak tanımlanabilir (36).

2.2. NÖROSTİMÜLASYON

2.2.1. NÖROSTİMÜLASYON NEDİR?

Nörostimülasyon, hastalık veya kaza sonucunda işlevselliğini kısmen yitiren sinirlerin yapay elektriksel sinyallerle uyarılarak tekrar işlevsel hale getirilmesi işlemidir (37). Bu amaçla kullanılan sinyaller, insan nörofizyolojisinin doğal aktivitesiyle uyumlu olmalıdır (37).

TENS (deri üzerinden elektrikle sinir uyarımı-transcutaneous electrical nerve stimulation) cilde yerleştirilen elektrotlarla sinir sistemine kontrollü ve düşük gerilimli elektrik akımı uygulama yöntemi olarak tanımlanır (38). TENS cihazı ağrı tedavisinde güvenilir ve etkili olduğu için birçok cerrahi girişimden sonra, çeşitli hastalıkların yol açtığı akut ve kronik ağrıda kullanılması açısından ABD’de FDA onayı almıştır (39).

Elektrik stimülasyonu; nöromusküler sistemin düşük voltajlı elektrik akımı ile uyarılmasıdır (40). Nöromusküler elektriksel stimülasyon (NMES), etkilenmiş ekstremitelerdeki fonksiyonlarını iyileştirmek için uygulanan tedavi yöntemlerinden biridir. NMES spastisitenin azaltılmasında, eklem hareket açıklığını (EHA) arttırmak, kas aktivasyonunu kolaylaştırmak ve kas gücünün artırılmasında kullanılır (41).

NMES, sağlıklı kasta ilgili kası innerve eden sinir liflerini, denerve kasta ise kas liflerini elektrik akımı ile uyararak kontraksiyon oluşturma esasına dayanır (42). Düşük frekanslı (10 Hz) akım ile stimülasyon sonucu hızlı kas lifi tip IIb, yavaş kasılan tip I liflerine dönüşür (42). Yeni oluşan bu tip I lifi, fonksiyonel olarak yorgunluğa karşı dirençte artış ve maksimum kasılma hızında azalma gösterir (42). Bu yapısal değişikliklerin yanı sıra enerji metabolizmasında da değişiklikler meydana gelir (43). Bu değişimlere ek olarak, kas lifindeki kapiller yoğunluğunda ve oksijen tüketiminde artış meydana gelir (44). Böylece kasın yorgunluğa direnci artar (44). Stimülasyona son verildikten hemen sonra yavaş kas lifi özelliklerini kazanan hızlı kas lifi eski haline dönmeye başlar (45).

2.2.2. NÖROSTİMÜLASYON UYGULAMALARININ TARİHÇESİ

Vaktiyle ilkel uygulamalarla başlayan nörostimülasyon, bilimsel ve teknolojik katkılarla günümüzde modern tıbbın vazgeçilmez klinik araçlarından biri haline gelmiştir (46).

Elektriksel nörostimülasyonun (sinirlerin elektrikle uyarımı) tarihçesi ilk çağlara kadar uzanmaktadır (47). Bilinen ilk uygulama Aristo döneminde Romalıların, romatizma ve kronik baş ağrılarından şikâyetçi hastaları tedavi etmek için elektrikli torpedo balığının kullanılmasıdır (47). Bu balık 130 volta kadar statik elektrik ürettiğinden canlıya dokunduğunda anestetik etki oluşturmaktadır (47).

İngiliz Beyin cerrahı Hunter, balığın anatomik yapısını merak ederek incelemiş, disseksiyonlarını yaptığında yüzgeçlerde bulunan elektrik organların beşinci kraniyel sinirle bağlantılı olduğunu görmüştür (48). Çalışmalarıyla ilgili sonuçları 1773 yılında bir makale halinde yayınlayan Hunter'ın anısına, halen, Londra'da bulunan Kraliyet Cerrahlar Müzesinde balığın fotoğrafları ve disseksiyonları teşhir edilmektedir (48).

Teknolojideki, özellikle elektrik mühendisliğindeki gelişmelere paralel olarak, bu yöntem de ilerlemiştir (49). Transistörün keşfi ve 1952'li yıllarda yarı iletken elektroniğinin uygulamaya girmesiyle pille çalışan portatif TENS cihazları imal edilerek yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamış ve doktorların kullanımına sunularak uygulama daha popüler hale gelmiştir (49).

Uzun yıllar ağrı konusunda başarılı çalışmalar yapan bilim adamları, İngiliz Dr. Wall ve Kanadalı Dr. Melzack, 1965 yılında, ağrı teorileri arasında bir dönüm noktası oluşturan omurilik kapı kontrol teorisi (the spinal gate control theory) konulu makalelerini en saygın bilimsel dergilerden biri olan Science dergisinde yayınlamışlardır (50).

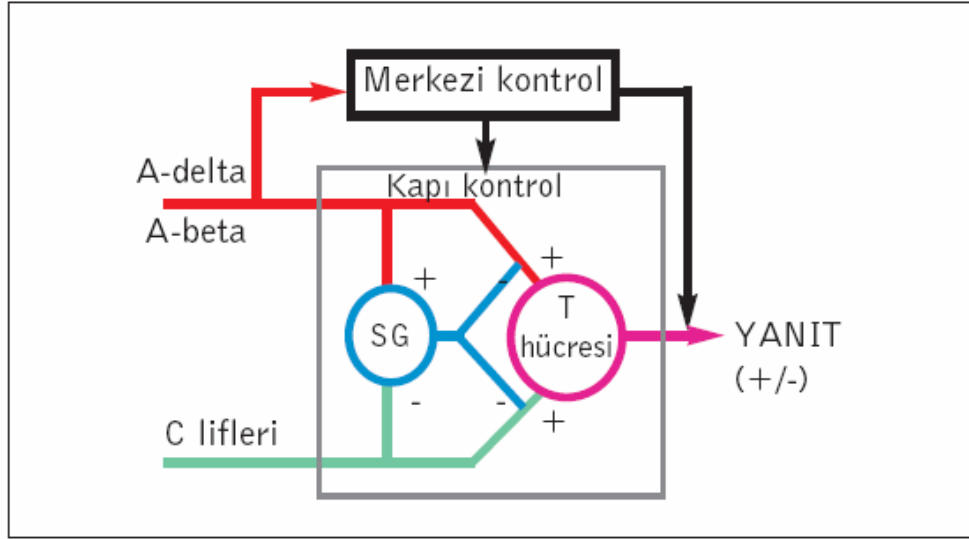
2.2.3. KAPI KONTROL TEORİSİ

Deneysel çalışmalara dayanarak omuriliğin dorsal kısımlarında substantia gelatinosa (SG: Belkemiğinin arka boynuzunun üst kısmında bulunan jelatin görünümlü, aşırı yoğun sinir hücrelerinden oluşan ve ağrı, sıcaklık gibi duyuların modülasyonunda önemli bir rol oynadığı düşünülen kütle) adı verilen bölgede yoğun bir şekilde iletim hücrelerinin (transmission cells - T-hücreleri) varlığını ve bunların omurilik kapısının işlevsel yapı taşları olduğunu ortaya koyan bu teoriye göre; çevre sinirlerden C lifleri ve A-beta liflerini izleyerek gelen duysal aktivitenin T-hücreleri ile etkileşimine bağlı olarak kapı ya tamamen açık kalır ve ağrının tamamı beyine ulaşır; ya tamamen kapanır ve ağrı bloke olur; ya da kapı kısmen açık kalır ve ağrının bir kısmı beyine ulaşabilir. Bu teorinin klinik pratikte ilk olumlu etkisi, hızla ileten kalın miyelinli A-beta sinir afferentlerinin selektif stimülasyonu ile omuriliğin dorsal kısımlarında bulunan ağrı kapısı kapatıp ağrı bloke edilebilir ya da hiç olmazsa kısmen kapatılarak hastanın ağrı puanının düşürülmesi şeklinde olmuştur (51).

Bu teoriye göre elektrik stimülasyonu A fibrilleri uyarak ağrının azalmasını sağlamaktadır (52).

Ağrı işi ile ilgilenen hekimler, “mademki omuriliğin dorsal kısmında böyle bir ağrı kapısı mekanizması var, o halde neden bu kapıya yaklaşıyoruz, cilt yüzeyinden stimülasyon yapmak yerine acaba cilt altına girip bu fizyolojik kapıyı daha fazla etkileyebilir miyiz?” şeklinde düşünmeye başlamışlardır (53,54). Bir beyin cerrahı olan Shealy 1966’da kedilerde dorsal kolonun elektriksel uyarılmasının ağrı duyusu üzerine etkilerini araştırmıştır (53,54). Daha sonra Long ve Shealy dorsal kolon uyarılmasının hastalarda etkili olup olmayacağını anlamak için ameliyat öncesi elektrotları deri üzerine yerleştirerek test edilmesi yöntemini geliştirmişler ve bu sayede TENS yaygın klinik kullanıma kavuşmuştur (53, 54).

Şekil 1’de Teorinin temelini dokunma ve titreşim gibi duysal bilgileri taşıyan (A-beta lifleri) miyelinli liflerin, ince liflerin getirdiği uyarılara karşı kapıyı kapalı tutması ve sonucunda analjezi sağlaması oluşturmaktadır (55).



Şekil 1. Kapı Kontrol Teorisi (55).

1973 yılında Campbell ve Taub TENS'in ağrı uyaranlarını baskıladığını göstermişlerdir (17). Sinir iletimlerinde fizyolojik baskılama nedeniyle 15 Hz altındaki frekanslardaki uyarımlarda C fibrilleri ateşlenirken, daha yüksek frekanslarda iletim hızları azalır (56). Bu nedenle 50 Hz'den daha yüksek impulsar fizyolojik blok gelişmesine neden olurlar (56).

Bu cihazlar günümüzde de bel ağrısı, siyatik ağrısı, boyun ve omuz ağrıları, alt ekstremitelerdeki iskemik ağrılar, deri ülserleri, zona hastalığı ve SP rehabilitasyonu gibi çeşitli klinik alanlarda uygulanmaya devam etmektedir (49).

Bu uygulamayı izleyen ilk on yıl içinde yapılan klinik çalışmalarla epidural omurilik stimülasyonunun sadece kronik ağrı kontrolünde değil, periferik vasküler problemler ve angina pectoris gibi koroner arter hastalığı ve kas-iskelet bozukluğu gibi ciddi hastalıkların tedavisinde de etkili olduğu gösterilmiştir (49).

Üçüncü bin yılın başlangıcı olan 2000'li yıllardan itibaren nöroimplantasyon uygulamaları; dirençli sara ve alzheimer hastalığı için vagus sinir stimülasyonu, solunum yetmezliğinde diyafram pacemakerı olarak frenik sinir stimülasyonu, parkinson hastalığı ve distoni gibi hareket özürlerinde derin beyin stimülasyonu, ağır

işitme kaybı olan hastalarda koklear implant gibi yeni alanlarda standardize olmuştur (57).

2.2.4. NÖROSTİMÜLASYONUN SPASİSİTE ÜZERİNE ETKİSİ

Spastik paralizilerde; kas ve sinirlerin elektrikle uyarılması, SP'nin egemen olduğu çeşitli merkezi sinir sistemi hastalıklarında (inme, serebral palsi, omurilik lezyonları) kullanılır (58).

Elektriksel uyarım ile spastisitenin azaltılması aşağıdaki gibi açıklanabilir (59). Spastik kasların karşıt kaslarına (antagonistlerine) elektriksel uyarıların verilmesinin ardından gelişen göreceli baskılama yoluyla spastik kasların gevşemesi (59). Spastik agonist kaslara elektriksel uyarım uygulanması sonucu gelişen yorgunluk ya da Renshaw hücreleri aracılığıyla gelişen ve tekrar eden baskılanmalar (59). Tekrarlayan duyuşal stimölasyonun ardından omurilik düzeydeki duyarsızlaştırmaya bağılı ortaya çıkan duyuşal alışkanlık (59).

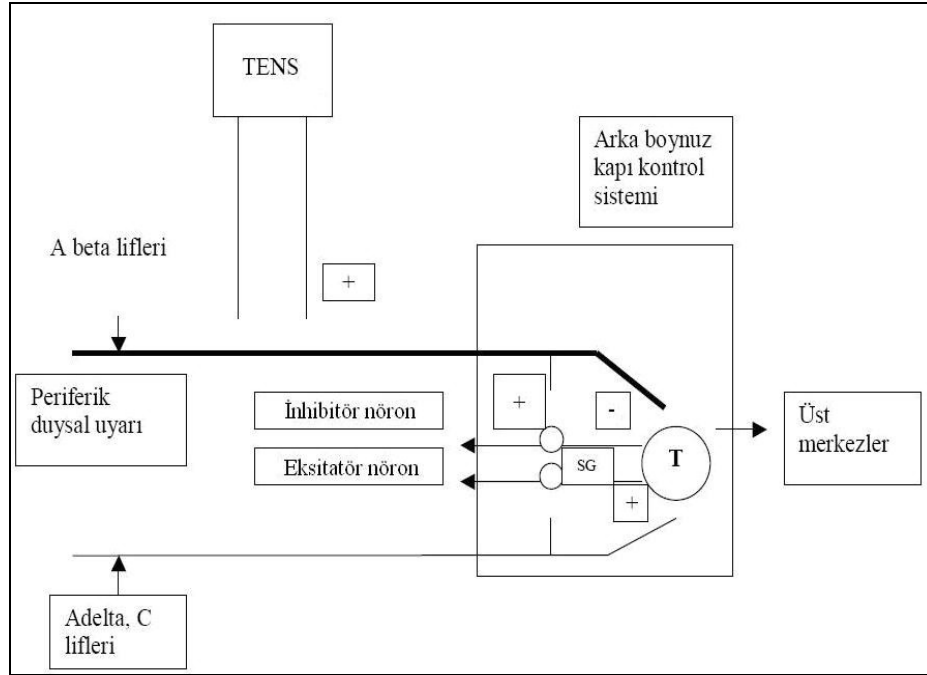
Günümüzde SP'nin tedavisinde; geleneksel egzersiz programı, nörofizyolojik egzersiz programı, biyofeedback (kişiyeye kalp hızı, kan basıncı, deri sıcaklığı ve kas gerginliği gibi otonom reaksiyonları nasıl kontrol edeceğini öğreten davranış eğitimi programı), orteş (ekstremiteyi belirli bir pozisyonda tutmak amacıyla dışarıdan uygulanan cihazlar) tedavisi gibi standart tedavi yaklaşımları yanında üst ekstremitve ve elde ağır motor yetersizlik ve spastisite varlığında sınırlandırılmış hareket tedavisi, elektriksel stimölasyon gibi farklı tedavi uygulamaları literatürde yer almaktadır (60).

2.2.5. NÖROSTİMÜLASYONUN AĞRI ÜZERİNE ETKİSİ

TENS'in ağrı algılamasını nasıl değıştirdiğini açıklamak için çeşitli teoriler öne sürölmüşür.

Birinci teori ve aynı zamanda TENS'in gelişiminde payı olan bu teori kapı kontrol teorisidir. Bu teoriye göre şekil 2'de göröldüğü gibi TENS duyuşal A liflerini yüksek frekans stimölasyonu ile uyarır. Bu stimölasyonun impulsları beyne giden yolu kaplar ve kapıyı ağrının geçişine kapatır. Özellikle hızlı ileten afferent (getirici) liflerin

ağrısız elektriksel uyarımı, santral sinir sisteminin çeşitli düzeylerinde, yavaş ileten afferent ağrı sistemini baskılar. Kısaca TENS periferik A-beta liflerini aktive ederek omuriliğin arka boynuz seviyesinde ağrıyı ileten A-delta ve C liflerini Şekil 2'deki gibi etkiler (61-63).



Şekil 2. Kıapı Kontrol Teorisi SG: Substantia Jelenitoza, T: Transmisyon Hücresi (61-63).

İkinci teoriye göre vücuttaki doğal opiyatların duysal sinirlerin düşük frekanslı TENS ile uyarılması β -endorfin ve enkefalinlerin salınımını başlatır (61-63).

Üçüncü teori ise, TENS uyarımı yüz kasları tutulumu olan hastalarda o bölgedeki damarların genişlemesini sağlayarak ağrıyı azaltmaktadır (61-63).

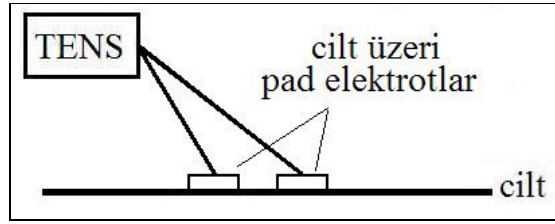
Dördüncü teori akupunktur ile ilişkilidir. TENS'in enerji akışını etkileyecek akupunktur noktalarını stimüle etmek için kullanıldığı ve böylece ağrıya neden olan durumu değiştirdiği savunulmaktadır (61-63).

2.2.6. NÖROSTİMÜLASYON TEKNİKLERİ

Nörostimülasyon uygulamaları başlıca transkütanöz, perkütanöz ve implantasyon olmak üzere üç teknikle yapılmaktadır (64-67).

2.2.6.1. TRANSKÜTANÖZ STİMÜLASYON

Transkütanöz stimülasyon uygulamasında stimülatör ve elektrotlar her ikisi de vücut dışındadır. Elektrotlar cilt yüzeyine şekil 3'teki gibi yerleştirilir (64-67).



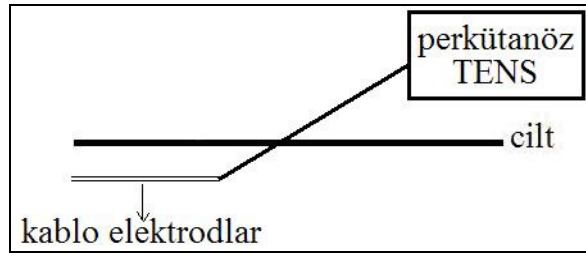
Şekil-3. Transkütanöz stimülasyon uygulaması prensip şeması (64-67).

2.2.6.2. PERKÜTANÖZ STİMÜLASYON

Vücut içine yerleştirilebilen sinir uyarıcıları ilk kez 1967 yılında kullanılmıştır (53). Kronik ve yaygın dağılımlı ağrılarda, deri üzerinden uyarım, çok sayıda elektrot gereksinimi ve artan deri direnci nedenleriyle uygun değildir (68). Ağrılı bölgeyi daha etkili kapsamak için, cilt altına yerleştirilmiş bir elektrot vasıtasıyla omuriliğin direkt olarak uyarımı gereklidir (68).

Perkütanöz stimülasyon uygulamasında şekil 4'te görüldüğü gibi, uyarıcı vücut dışında, elektrodun bir ucu cilt altında diğer ucu ise cilt dışındadır. Özellikle kronik ağrı kontrolü için yapılan spinal kord stimülasyonunda test amacıyla birinci aşamada tercih edilen bu yöntemde, sınırlı uyuşturma altında kardiyak pacemaker benzeri kablo şeklindeki elektrot epidural iğne yardımıyla omuriliğin epidural bölgesine hasta ile konuşularak doğru yerleştirilir (64-67). Daha sonra hastaya enfeksiyon riski nedeniyle bir haftayı geçmeden birkaç gün süreyle vücut dışındaki perkütanöz test uyarıcısından

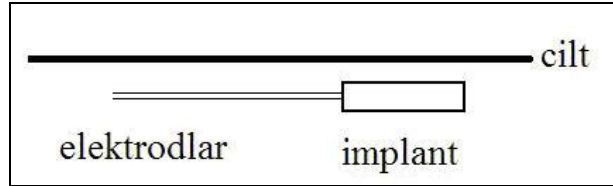
daimi uyarım uygulanır (64-67). Bu dönem içinde hasta uygulamadan memnun olursa kalıcı cilt içi yerleşim (implantasyon) için kendisine randevu verilir (64-67).



Şekil 4. Perkütanöz stimülasyon uygulaması prensip şeması (64-67).

2.2.6.3. NÖROİMLANTASYON

Nöroimplantasyonda şekil 5’te görüldüğü gibi elektrodun tamamı cilt altındadır, tercih edilen tekniğe göre stimülatör vücut içinde ya da dışında olabilir (64-67).



Şekil 5. Nöroimplantasyon uygulaması prensip şeması (64-67).

Mevcut nöro-implantlar, ya radyo-frekans (RF) iletişim ya da tümüyle implantasyon tekniği kullanarak çalışır (69).

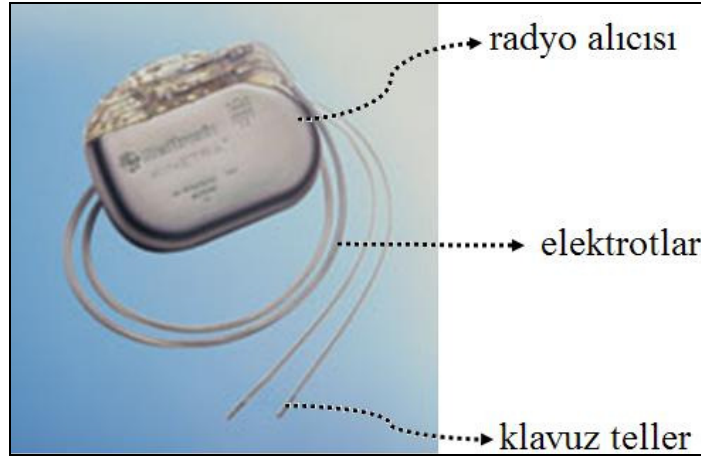
Tıbbi literatürde nöral implant (neuro-implant) olarak isimlendirilen beyin pili; cerrahi girişim sonrasında cilt altından nörostimülasyon (elektronik sinir uyarımı) yapan klinik bir araçtır (57).

Beyin stimülasyonu ilaçlarla tedaviye dirençli hastalarda ilave bir tedavi olarak ortaya çıkmıştır. Stimülasyonun ilaçların yan etkilerinden arınmış olması avantajları arasında sayılabilir (64-67).

Mevcut beyin pillerinin çalışması mantığı RF iletişim tekniği, tümüyle implantasyon ve vücut dışından beslemeli ve kontrollü sistem olmak üzere üç prensibe dayanır (64-67).

A. RADYO FREKANS (RF) İLETİŞİM TEKİNİĞİ

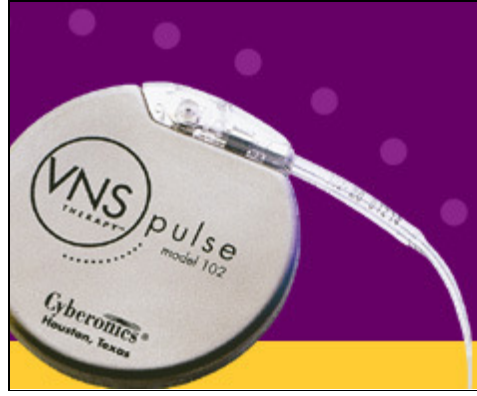
RF tekniğine dayalı implantlar, transmitter, anten, alıcı ve elektrot olmak üzere dört elemandan oluşur (57). Transmitter ve anten vücut dışı elemanlardır, alıcı ve elektrot ise resim 2’de görüldüğü gibi cilt altına yerleştirilen iç elemanlardır (57). Elektriksel pulslar 9 V’luk pille beslenen transmitter (iletici, verici) tarafından üretilir ve RF sinyallerine yüklenir (57). Taşıyıcı dalgaların frekansı, mikrodalga fırınları, amplitüd modülasyonlu (AM) ve frekans modülasyonlu (FM) radyolar gibi dış kaynaklardan etkilenme olasılığını azaltmak için 2 MHz civarında seçilir (57). Bu radyo dalgaları dış anten ile deriden geçişle alıcıya ulaşır (57). Pasif alıcı bu sinyallerden elektriksel pulsları ayırıştırır ve hedef sinir dokuya yerleştirilmiş elektroda tıbbi uyumlu bir materyalle izoleli paslanmaz çelikten ince teller vasıtasıyla iletir (57). Uzun ömürlü lityum pili içeren tümüyle vücut içine konulan sistemler, yaklaşık olarak 5 yıllık sürelerle ekstra bir ameliyatla pil ömrü dolan cihazın yenilenmesini gerektirir (57).



Resim 2. Radyo frekans sistemi ile uygulanan beyin pili (64-67).

B. TÜMÜYLE İMPLANTASYON TEKNİĞİ

Tümüyle implantasyon tekniğinde; sistemin tamamı (stimülatör ve elektrot) cilt altına cerrahi girişimle yerleştirilir (57). Resim 3'te örneği görülen cihazın elektronik devresi ile birlikte güç kaynağı olan pil de cilt altına konulmaktadır (57). Uzun ömürlü Lityum pil kullanılmaktadır. Ancak, uzun ömürlü denilmesine karşın, pilin ömrü uygulamaya bağlı olarak 2 – 5 yıl arasında değişmektedir (57). Pilin ömrü dolduğunda hastanın tekrar opere edilerek sistemin değiştirilmesi gerekmektedir (57). Bu da hastaya fazladan mali külfetin yanında hastanın, doktorun ve hastanenin meşguliyetine sebep olmaktadır (57).



Resim 3. Tümüyle implantasyonu yapılan bir vagus sinir stimülatörü (64-67).

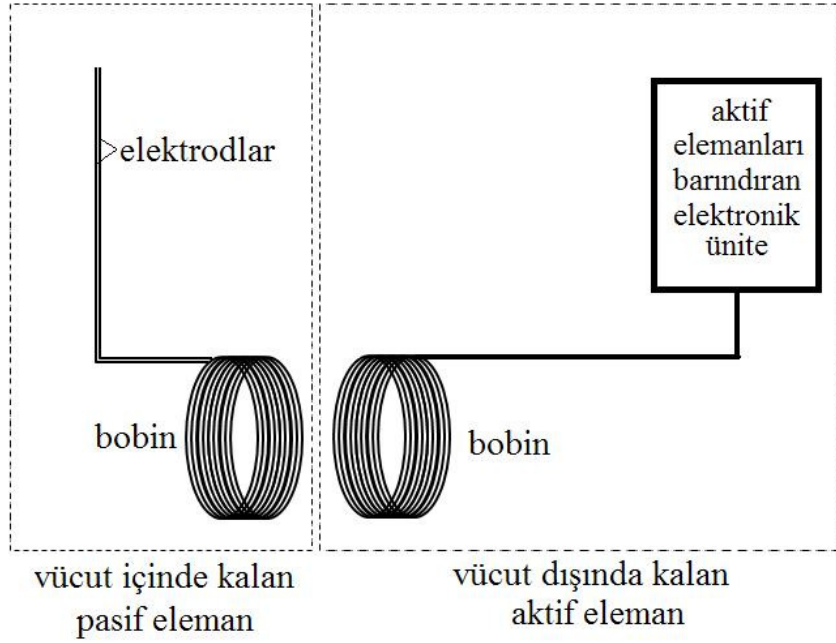
Otuzsekiz yıldır uygulanmakta olan beyin pillerinin başarısından söz eden birçok rapor vardır, fakat bunların performansı ile ilgili bazı şikâyetler de dile getirilmiştir (69).

C. VÜCUT DIŞINDAN BESLEMELİ VE KONTROLLÜ SİSTEM

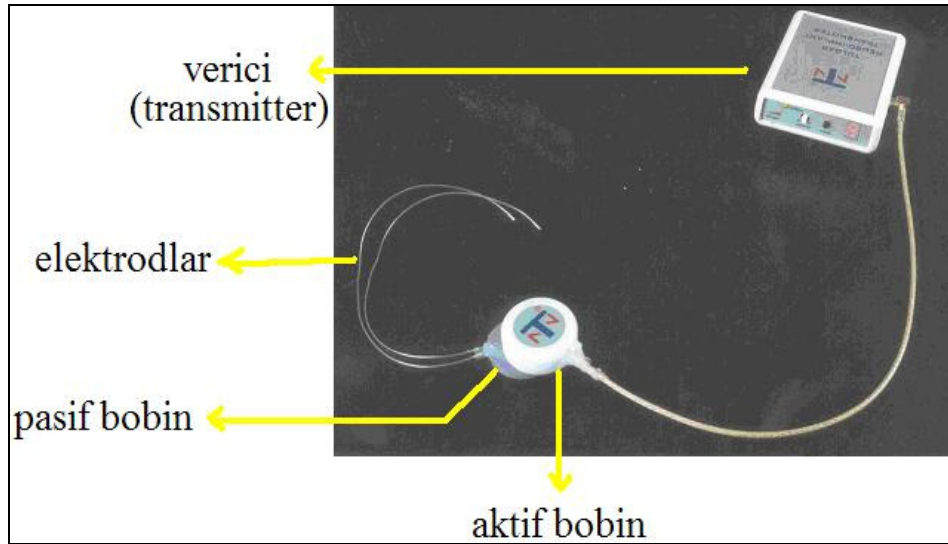
Yukarıda söz edilen problemleri çözmek üzere deri geçişli ilettime dayalı yeni bir implant sistem olan tulgar implant geliştirilmiştir (64).

Resim 4'te görülen sistem, başlıca dört elemandan oluşmaktadır: biri pasif ve diğeri aktif olmak üzere iki bobin, bir elektrot ve bir transmitter. Pasif bobin ve elektrot vücut içine konulan elemanlardır; aktif bobin ve transmitter ise vücut dışındadır. Pasif

bobin, biyo-uyumlu materyallerle izoleli ince tellerle elektroda bağlanır. Aktif bobin, cilt altına konulan pasif bobinin üzerine deri üstünden yerleştirilir. Transmitter tarafından üretilen tedavi sinyalleri şekil 6’da görüldüğü gibi aktif bobine bükülebilir bir kablo vasıtasıyla aktarılır ve bobinler üzerinden hastanın derisinden geçişle iletilir (57).



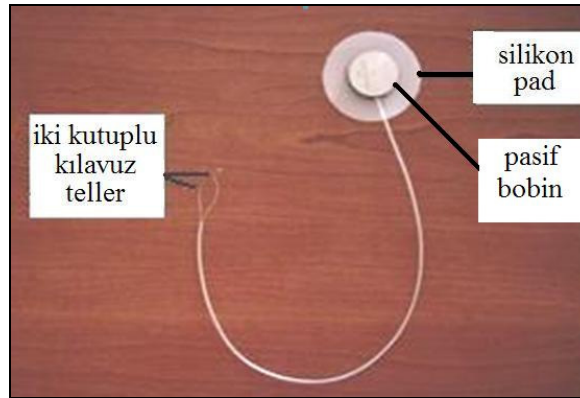
Şekil 6. Tulgar Nöro-İmplant Sisteminin çalışma diyagramı (64-67).



Resim 4. Tulgar Nöro-İmplant Sisteminin genel görünüşü (64-67).

Yeni sistemde içeriye konulan kısımlarda resim 5a'da görüldüğü gibi hiçbir aktif devre elemanı ve pil yoktur, dolayısıyla, elektronik arıza riski olmayıp ömür boyu kullanılabilir (64-67). Diğer taraftan sistem resim 5b'de görüldüğü gibi boyutça % 80 küçültülmüş olup, özellikle çocuklarda cerrahi girişim kolaylığı sağlamaktadır (64-67). Hastaya sunuş maliyeti de önemli ölçüde (1/2 ila 1/4 oranında) ucuzladığından, modern tıbbın bu yöntemine gereksinim duyan hastalara yaygın olarak uygulanabilecektir (64-67). Böylece, mevcutlara göre çok daha ekonomik, kaliteli ve tıbbi yönden güvenli olan yeni beyin pilleri ile hastalara daha güvenli sağlık hizmetleri sunulmaktadır (64-67).

Başarılı bir nöroimplantasyon uygulaması için temel faktör, uygun sinirlere etkili uyarımın yapılması ve sürdürülmesidir. Uyarım sırasında oluşan karıncalanma (parestezi) hedef nöronların bulunduğu bölgeyi tamamen kapsamalı ve istenmeyen yerlerde algılanmamalıdır (65-67).



Resim 5a. Tulgar implant sisteminin pasif kısmı (64-67).



Resim 5b. Tulgar implant sisteminin harici aktivatörü (57)

Tulgar beyin pilleri; ön model geliştirilmesi, laboratuvar testleri, güvenlik testleri, ön klinik testler, canlıda uygulanabilir klinik model geliştirilmesi, hayvan deneyleri, insanda pilot implantasyon gibi aşamalardan geçerek kullanıma hazır hale getirilmiştir (57).

Hastaların güvenliği için, iç elektrik tesisatı, mikrodalga fırın, televizyon, yüksek gerilim transformatörü ve yüksek gerilim enerji iletim hattına yakın yapılan çevresel testlerde indüksiyon akımı etkileşimi gözlenmemiştir (57). Ayrıca cihaz çalışır durumda atım ürettiğinde bu atımlar dışarıdaki olaylardan etkilenmemiştir (57). Elektroteknikğin bilinen prensipleri gereğince vücut sıcaklığında (37 °C) pasif bobinin direnç değerindeki hafif artış, indüklenen pulsun şeklinde ve tepe değerinde bir değişiklik yapmamaktadır (57).

Ön klinik testler 8 ağır hastası üzerinde per-operatif ve post-operatif yöntemlerle başarıyla gerçekleştirilmiştir (57).

Gaziantep Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyofizik Laboratuvarında yürütülen Ar-Ge çalışmalarıyla klinik model geliştirildikten sonra, Yerel Etik Kurul'un onayıyla Selçuk Üniversitesi Deneysel Tıp Merkezi'nde 10 koyun üzerinde, omurilik uyarıcısı şeklinde yeni sistemin teknik performansı ve canlı dokuya uyumu test edilmiştir. Elektrotlar düşük torasik (T9–T10) omurgasal seviyede hemilaminektomi ile implante edilmiş ve cilt altından anterior-inferior göğüs duvarına konulan pasif elemanla bağlanmıştır (57). Yirmisekiz gün sonunda implantlar çıkarılmış ve yapılan hematoloji, biyokimya, mikrobiyoloji ve histopatoloji testleri enfeksiyon gelişmediğini göstermiştir (57). Ayrıca, son 5 hayvan serisinde, implantasyonun hemen öncesinde, T13-L1 seviyelerinde sağ arka kökte burst tarzı sinyallerle gerçekleştirilen 5 dakikalık intra-operative radiküler stimülasyon ile sağ üst bacakta biceps kaslarında kasılmalar gözlenmiş, böylece, sistemin teknik işlevselliği kanıtlanmıştır (57).

D. MEVCUT BEYİN PİLLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Mevcut beyin pillerinde karşılaşılan problemler ve vücut dışından beslemeli sistemin avantajları Tablo 1 'de gösterilmiştir (57).

Tablo 1. Mevcut beyin pillerinin özelliklerinin karşılaştırılması (57).

	MEVCUT BEYİN PİLLERİ	VÜCUT DIŞINDAN BESLEMELİ ve KONTROLLÜ BEYİN PİLLERİ
Elektronik arızalar	Mevcut RF tipi beyin pilleri, minik elektronik elemanlar içeren bir alıcı devrenin vücut içine konulmasına dayanır ki, bu elemanlarda herhangi bir arıza halinde, arızalı cihazı değiştirmek için hastalar ekstra bir ameliyata tabi tutulabilir.	Bu sistemdeki beyin pilleri, vücut içinde bulunan elemanlarda herhangi bir elektronik elman içermediğinden arızalanma ihtimali yoktur.
Pil ömrünün bitmesi	Uzun ömürlü pil içeren, fakat yaklaşık olarak 5 yıllık sürelerle pil ömrü dolan, tümüyle vücut içine yerleştirilen sistemlerde ise, elektronik arıza riskine ilaveten bu nedenle de ekstra ameliyat gerekir.	Bu sistemdeki beyin pilleri, vücut içinde bulunan elemanlarda herhangi bir pil bulunmadığı için böyle bir sorun yaşanmaz.
Programlama zorlukları	Tümüyle vücut içi yerleşimli beyin pili taşıyan hastalar, uyarım parametrelerini düzenlemek için zaman zaman hastaneye gitmek zorundadır ve içerdeki sistemin dışarıdan programlanmasında bazen sorunlar yaşanmaktadır.	Bu sistemdeki beyin pillerinin vücut dışındaki ünitesi kolaylıkla programlanabilir.
Sabit elektriksel parametreler	Mevcut beyin pillerinin çoğu, imalatçı tarafından önceden sabitlenmiş elektriksel çıkış üretir. Uyarım tarzı, imalatçı tarafından önceden ayarlanmış sabit frekanslı pulsalar içeren klasik tiptir. Bazı geliştirilmiş sistemler bazı parametrelerin değiştirilmesini sağlamakta, ancak bu olanak sınırlı ve pahalıdır.	Bu sistemdeki beyin pillerinin vücut dışındaki ünitesi kolaylıkla programlanabildiği için yeni parametreler ve tedavi sinyalleri keşfedildiğinde rahatlıkla mevcut sisteme yüklenebilir. Bundan dolayı bu sistem esnekler.
Elektrot pozisyonu	Elektrot ameliyat sırasında yanlış yere yerleştirilebilmekte veya sonrasında konum değiştirebilmekte ve böylece uyarımın verimliliği azalmaktadır. Bu sorunu gidermek üzere çok-kontaklı elektrotlar üretilmiştir (63).	Bu sistemde çok kontaklı elektrotlar kullanılabilir.
Cihaz maliyeti	Mevcut beyin pillerinin yüksek maliyeti klinik başarıları onaylanmış bu yöntemin yaygın kullanımını engellemektedir (57).	Bu sistemde beyin pilleri, mevcut sistemlere göre daha ucuzdur.

2.2.7. NÖROSTİMÜLATÖR PARAMETRELERİ

A. Dalga formu

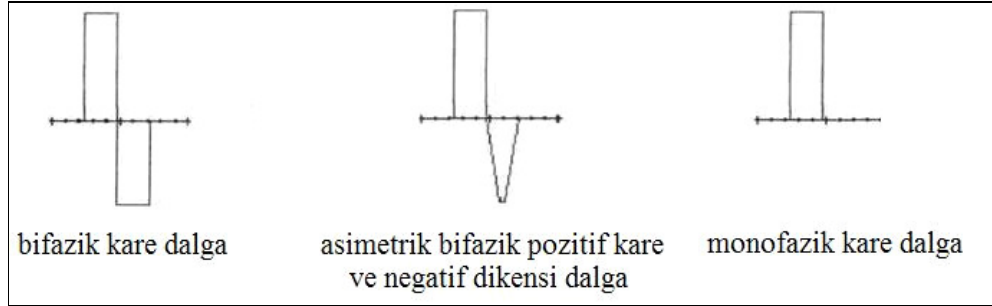
1. Bifazik dalga formu:

a) Simetrik bifazik dalga formu: polarite devamlı değiştiğinden hem anot hem de katot aktif elektrot olabilir.

b) Asimetrik bifazik dalga formu: katot ve anot ayırt edilebilir ve böylece fizik tedavi uzmanı daha etkin kasılma sağlayabilmek amacı ile katot elektrodu ile ilgili kasta etkin kasılma oluşturabilir.

2. Monofazik dalga formu: nadiren monofazik dalga formu kullanan stimülatörler vardır (63).

Tedavi amaçlı olarak en sık puls dalga formları kullanılır (68). NMES’de şekil 7’deki gibi monofazik ya da bifazik, simetrik ya da asimetrik dörtgen dalga kullanılır (8). NMES için ideal bir dalga formu henüz belirlenmemesine rağmen bazı çalışmalar, simetrik bifazik dalga formunun hem asimetrik bifazik hem de monofazik dalga formundan çok daha rahat olduğunu ileri sürmektedir (64).



Şekil 7. NMES için kullanılan dalga çeşitleri

B. Genlik (amplitüd):

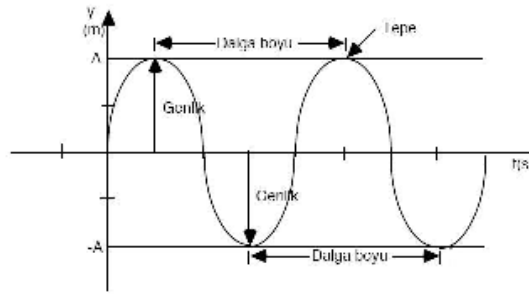
Şekil 8’de görüldüğü gibi akım dalgasının yüksekliğini (şiddetini) gösterir ve mA ile ölçülür. Genelde kullanılan TENS cihazlarında 0–50 mA arasında ayarlanabilir (70). Genlik yani akım şiddetinin ayarlanması hastanın akımı algılaması ve uyarının şiddetiyle ilgilidir (70). Uyarının şiddeti hem amplitüdü hem de dalga boyunu veya her ikisini de yükselterek artırılabilir (70). Genlik yükseltildiğinde uyarılan sinir liflerinin sayısı artar. TENS seçili olarak kalın miyelinli, hızlı ileten A-beta liflerini uyardığından

yüksek genlikler genellikle gereksizdir (70). Dolayısıyla genliği hasta parestezi (karıncalanma) algılayacak, fakat ağrı duymayacak şekilde arttırmak daha doğrudur (70).

İlgili kaslarda uyarının yoğunluğu veya genliği, arzu edilen kasılma elde edilinceye kadar kademeli olarak arttırılır. Genlik ile kas kasılması arasında doğrusal bir ilişki vardır (71, 72).

C. Dalga boyu:

Şekil 8’de görüldüğü gibi akımın süresini ifade eder. Genellikle 50–250 mikrosaniye (μsn) arasında ayarlanır. Bu dalga boyları arasında kalın miyelinli, hızlı iletilen sinir lifleri en uygun olarak uyarılmaktadır (54).



Şekil 8. Bir dalga ve özellikleri.

D. Atım Sıklığı (Frekans):

Bir saniyede üretilen elektriksel uyarın sayısıdır. Hertz ile ölçülür. 1–200 Hz arasında ayarlanabilir. Konvansiyonel TENS’te 30–100 Hz arası tolere edilir. Akupunktur benzeri TENS de ise 1–2 Hz arası en uygundur (54).

Uyarı için, farklı kaslarda değişebilmesine rağmen 30–50 Hz’lik bir frekans genellikle etkilidir. Daha yüksek frekanslı akımlar kas yorgunluğuna neden olur (71, 72).

Uygulamalarımızda kullandığımız TENS’in iç atım sıklığı 100 Hz, dış atım sıklığı ise 1.25 Hz’dir.

E. Ayarlama (modülasyon):

NMES programının etkinliğini arttırmak için atım sıklığının aralığını, akım şiddeti, dalga genişliği gibi çeşitli ayarlamalar gereklidir (72).

Değişen atım sıklığı şeklinde dalga üretmenin amacı aynı zamanda kaslarda oluşabilecek uyumu geciktirmektir. Bu ayarlamalarda; akımın süresi, genliği veya atım sıklığı otomatik olarak artar ve sonra azalır (70).

F. Akım süresi:

Normal sinir ve kasları 1–300 μ s'n'lik faz süreli uyaranlarla tetiklenebilir (72).

Uyarı ve durağanlık süresi: Uyarının uyarı ve durağanlık süreleri ayarlanabilir olmalıdır (77,78). Kas kasılması süresini durağanlık süresi izlemelidir (72, 73).

Yükselme-düşme süresi: Yükselme-düşme süresi, her atım zincirinin sıfırdan maksimum genliğe artış süresi ve buradan sıfır değerine tekrar düşüş süresidir (72).

Kas kasılması, akım genliğinin arttığı veya azaldığı durumlarda ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle akım yükselme süresinin kısa olması tercih edilir (70).

2.2.8. NÖROSTİMÜLASYON TARZLARI

Nörostimülasyon amacıyla kullanılan yapay tedavi uyaranları insan fizyolojisiyle uyumlu nitelikte olmalıdır (74). Stimülasyon parametrelerinin yanlış seçilmesi, hastaya fayda yerine zarar verebilir (74). Uyarım parametrelerini seçerken; atım şekli, genişliği, sıklığı, tepe değeri hakkında hastalığın niteliğine uygun olarak doğru karar verilmeli ve uyaran cihazı buna göre programlanmalıdır (74).

Asimetrik, bifazik (iki yönlü) ve doğru akımdan (DC) arınmış dikdörtgen şeklinde atımlar kullanılması esastır. Temel bir ilke olarak, hastaya doğru akım uygulanması doğru bir uygulama değildir (64-67). Zira doğru akım uygulandığında, direnç ve kondansatör olmak üzere iki bileşenden oluşan doku empedansının kapasitif

yolu bloke olmaktadır. Kondansatörün doğru akıma karşı kararlı cevabı açık devre olduğundan kapasitif yolda blokaj gerçekleşmektedir. Bu durumda, hücre bazında, örneğin bir nöron dikkate alındığında, kapasitif yol tıkanığında tüm akım açık iyon kanallarını temsil eden direnç yoluna hücum etmekte ve bu yoldaki trafik altüst olmaktadır. Bu uygulamada ısrar edilirse, nörolojik hastalıkların belirtisi olan belirtiler klinik olarak gözlemlenir. Ayrıca, elektrotlarda kırılmalara ve hatta zaman içinde doku ölümüne (nekroz) varan problemler ortaya çıkmaktadır (74).

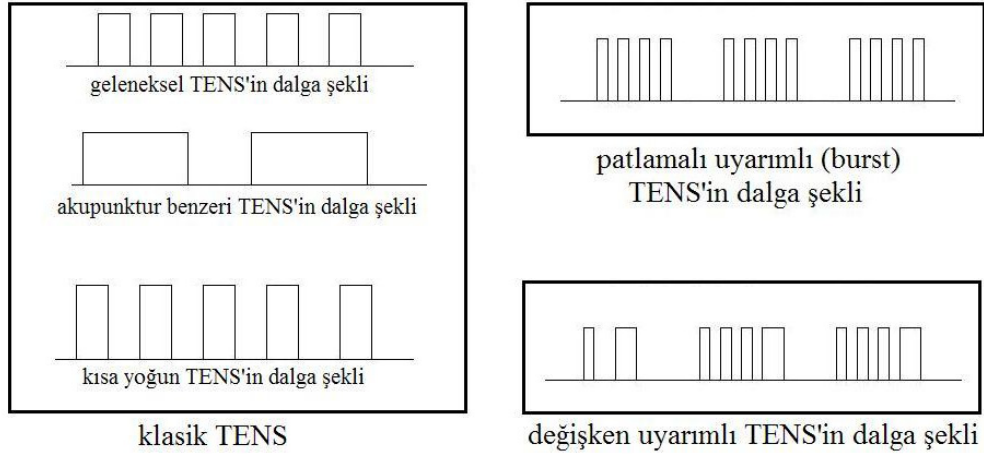
Bu bakımdan uyarım uygulamasında akımın yönünün değiştirilmesine özen gösterilmeli, bir periyot içinde pozitif ve negatif yarım dalgalar birbirini kompanze etmeli, böylece ortalama değeri sıfır olan doğru akımdan arınmış değişken akım kullanılmalıdır (74).

Transkütanöz, perkütanöz ya da implantasyondan hangi teknik uygulanırsa uygulansın, klasik uyarım (geleneksel, akupunktur benzeri, kısa yoğun TENS), patlamalı uyarım (burst TENS), değişken uyarım (modüle edilmiş TENS) olmak üzere üç stimülasyon tarzı ve beş kullanım seçeneği ve dalga desenleri şekil 6’da gösterilmektedir (38,39).

Tablo 2’de de görüldüğü gibi kliniklerde kullanılan TENS aygıtlarındaki uyarım parametreleri, genlik, atım sıklığı, dalga genişliği değerleri görülmektedir (61,62,75). Ayrıca şekil 9’da da monofazik TENS dalga tipleri görülmektedir (38,39).

Tablo 2. TENS uygulama modellerinin özellikleri (61,62,75).

Uyarım Şekli	Tip	Atım sıklığı (Hz)	Dalga genişliği (µsn)	Genlik (mA)
Klasik uyarım	Geleneksel TENS	50–100	<200	Düşük
	Akupunktur benzeri TENS	1–10	200–300	Yüksek
	Kısa, şiddetli TENS	50–100	100–200	Yüksek
Patlamalı uyarım	Burst TENS	İç atım sıklığı: 50–100 Dış atım sıklığı: 1–10	75–100	Yüksek
Değişken uyarım	Modüle edilmiş TENS	Değişken	<200	Değişken



Şekil 9. Monofazik TENS dalga tipleri (38,39).

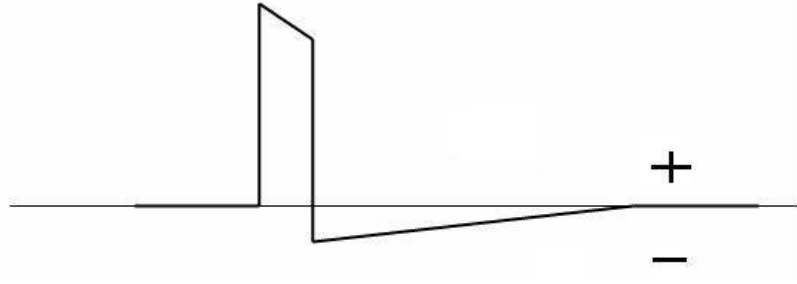
2.2.8.A. KLASİK STİMÜLASYON

Klasik stimülasyonda; 200 mikrosaniye süreli pulslar, 50 mA tepe değerine kadar 30 Hz ila 100 Hz arasında şekil 10'daki gibi seçilen sabit frekansla tekrarlanır (69-72).



Şekil 10. Klasik stimülasyonda çok sayıda dalganın deseni (69-72).

Her bir dalga dikdörtgen şeklinde asimetrik bifazik (iki yönlü) olup pozitif ve negatif kısımlar birbirini dengeleyerek ortalama akım değeri sıfır olmakta, yani doğru akımdan arınmış bir tedavi sinyali uygulanmaktadır (69-72). Ayrıca şekil 11'de tek bir stimülasyon dalganın şekli görülmektedir (64-67).



Şekil 11. Tek bir stimölasyon dalga şekli (64-67).

Yüksek frekanslı – düşük şiddetli uyarın adı da verilen klasik uyarım, kalın miyelinli A-beta liflerini uyarmak amacıyla tasarlanmıştır (64-67). Doğal olarak hafif dokunmaya duyarlı olan bu liflerin uyarımı için yüksek frekanslı-düşük akım şiddetli uyarım uygundur (64-67).

TENS tedavisi için gereklilik ağrı hastalık tablosudur. TENS'in kullanıldığı akut ağrı durumları, kas-iskelet sistemi ile ilgili akut ağrılı durumlar (örneğin kas zorlanması, artrit (eklem hastalığı), eklem incinmesi, laserasyon (yırılma), kontüzyon (ezilme), kırık, hematoma (kan topağı), spazm), postoperatif ağrı kontrolünde, kardiyopulmoner ağrı kontrolünde, orofasiyal ağrı tedavisinde, doğum sürecinde ağrının kontrolünde, tedavilerden önce hastanın ağrı eşliğini yükseltmek için kullanılır (58,63,76).

TENS tedavisinden yararlanılan kronik ağrılı durumlar ise, kronik bel ağrısı, boyun ağrısı, artrit, migren ve gerilim baş ağrısı, fantom ekstremita ağrısı, refleks sempatik distrofi (kusurlu gelişim), postherpetik nevralji, interkostal nevralji (kaburga arası ağrı), trigeminal nevralji, periferik nöropatiler (sinir yitimi), ilerlemiş malignensi (kötü huylu tümör) ile ilişkili ağrılar (66,67).

TENS uygulaması ile ciltte ortaya çıkabilecek tahriş, yanık gibi istenmeyen yan etkilerin oluşmaması için dikkat edilmesi gereken noktalar, cilt ve elektrodlar temiz tutulmalı, cilt alkol ile temizlenmeli, tahriş belirtisi olursa ara madde değiştirilmeli, elektrodlar değişik bölgelere yerleştirilmeli, elektrodlar birbirine yakın konmamalıdır (62).

1. Geleneksel (Konvansiyonel) TENS:

En yaygın kullanılan tiptir. Yüksek frekanslı, kısa akım geçiş süreli ve düşük genlikli uyarı verir. Frekansı genellikle 50–100 Hz, dalga genişliği 200 μ sn ye kadar ve genlik yoğunluğu kontraksiyon oluşmadan, aşırı rahatsızlık hissi vermeden, hafif karıncalanma oluşturacak şiddette, 1–100 mA arasındadır. Esas olarak kalın, miyelinli, afferent A alfa ve beta liflerini etkileyerek ağrının iletimini etkiler. Geleneksel TENS'in etkisi 30 dakikada başlar ve benzer şekilde tedavi kesildikten kısa bir süre sonra yaklaşık 2 saat içinde de kaybolur. Tedavi süresi 30 dakikadan birkaç saate kadar uzayabilir (61, 62).

Geleneksel TENS uygulamasında dokunma ve basınç duyularını ileten kalın miyelinli A beta lifleri selektif olarak uyarılmaktadır. Daha kolay uyarılan bu lifler medulla spinalis arka boynuzunun dış laminalarında bulunan inhibitör nöronları aktive ederek A delta ve C lifleriyle iletilen ağrı duyusunun transmisyon nöronları aracılığıyla üst merkezlere ulaşmasını engellemektedir (kapı kontrol teorisi). Bu teorisinin doğruluğu ilk kez 1967'de Wall ve Swede tarafından kronik ağrılı 8 hasta üzerinde gösterilmiştir. Kapı kontrol teorisini sorgulayan birçok araştırmada bu temel prensibin doğruluğu onaylanmıştır. Cheng ve Pomeranz bir serotonin sentez inhibitörü olan paraklorfenilalaninin konvansiyonel TENS analjezisini önlediğini göstermişler ve böylece serotonin salgılanmasının da konvansiyonel TENS analjezisinde önemli rol oynadığını saptamışlardır (54).

1965 de öne sürülen periferik sinirlerin uyarılması teorisi pek destek görmese de 20 dakika süreyle uygulanan geleneksel TENS' in saatlerce süren analjezi sağlaması bu teoriyi desteklemektedir (54). Geleneksel TENS'in her türlü ağrı için kullanılırsa da, en çok postoperatif ağrı ve akut ağrıda tercih edilir (34,35).

2. Akupunktur benzeri TENS:

Akupunktura benzer TENS üniteleri; düşük frekans, yüksek şiddetle uyarı verir. Bir bakıma akupunkturun elektrodlarla uygulanmasıdır. Frekans 1-10 Hz, dalga genişliği 0-200 μ sn'dir. Akım şiddeti hastanın tolere edebileceği maksimum yüksekliktedir ve genellikle gözle görülür bir kontraksiyona yol açar. Bu tip TENS

küçük çaplı C liflerini etkiler. Bu tip TENS kullanımında ağrının kontrol altına alınması birkaç saate kadar gecikebilir, ancak bu olumlu etki tedavi kesildikten sonra birkaç saat daha devam eder. Geleneksel TENS'e göre etkisi daha geç ortaya çıkar ancak etkinliği daha uzun sürer. Tedavi süresi genellikle 30- 60 dakikadır. Bu tip stimülasyonun endorfin salınımını etkilediği ve hastanın daha uzun süre rahatlamaasının bu özelliğe bağlı olduğundan söz edilmektedir (62, 77).

Salgılanan endorfinler spinal opiat reseptörlerine bağlanarak analjezi oluşturmaktadır. Bir opiat antagonisti olan naloksan ile akupunktur TENS analjezisi ortadan kaldırılabilir. Geleneksel TENS analjezisi ise naloksan ile değişmemektedir (54).

Akupunktura benzeri TENS'te uyarım daha çok kronik ağrıda ve tetik nokta üzerinde uygulanır (34,35).

3. Kısa, şiddetli TENS (Hiperstimülasyon):

Bu metot; yüksek frekansta, yüksek şiddette stimülasyon ile C liflerini aktive ederek, muhtemelen karşıt irritasyon oluşturur. Kısa, güçlü stimülasyon verildiğinden dayanılması zor bir yöntemdir. Frekans 50–150 Hz, dalga genişliği 100–200 µsn, amplitüd tetanik veya belirgin kas kontraksiyonu oluşturacak şekilde hastanın dayanabileceği şiddette uygulanır. Tedavi süreleri nadiren 15–30 dakikadan fazla tolere edilebilir. Kısa şiddetli TENS'de nokta stimülatörü kullanılması tercih edilir. Deri direncinin düşük olduğu tetik nokta ve akupunktur noktalarını tespit etmek için ohmmetre kullanılır (78,79).

2.2.8.B. PATLAMALI (BURST) STİMÜLASYON

Bu yöntemle yüksek (50–100 Hz) ve alçak frekanslı (1-10Hz) birbirini izleyen şekil 12'deki gibi uyarılar verilir. Bu tip stimülasyon da gözle görülür kas kontraksiyonuna neden olur. Akupunktura benzer TENS'te de belirtildiği gibi ağrıda azalmanın başlaması birkaç saate kadar gecikebilir ve tedavi kesildikten sonra saatlerce devam edebilir. Tedavi süresi 30–60 dakika arasındadır (62,78).



Şekil 12. Patlamalı (Burst) stimölasyonda pulsların deseni (64-67).

2.2.8.C. MODÜLASYONLU STİMÜLASYON

Bu tip TENS tedavisi sırasında frekans, dalga boyu, amplitüd gibi parametreler cihaz tarafından sürekli şekil 13’da görüldüğü gibi değıştirilir. Böylece hem konvansiyonel şekil hem de akupunktur benzeri şekil aynı anda uygulanmış olur. En büyük avantajı hem yüzeysel hem derin sinir liflerinin uyarılması ve akomodasyonun (uyum) geç gelişmesidir (54, 62).



Şekil 13. Modölasyonlu stimölasyonda pulsların deseni (64-67).

3. GEREÇ ve YÖNTEMLER

3.1. KULLANILAN GEREÇLER

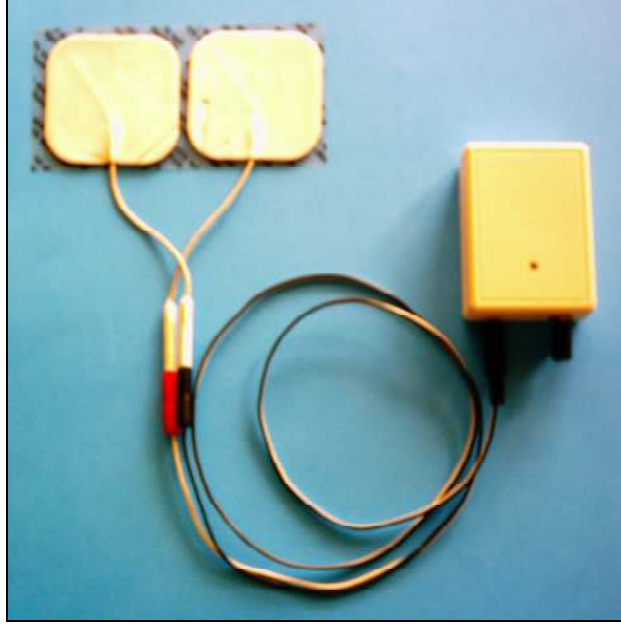
Bu çalışmada uyarıcı (stimülatör), elektrotlar ve şarj ünitesi gibi ekipmanlar kullanılmıştır. Aynı zamanda Uyarlanmış (Modifiye) Ashworth Skalası, Manuel Kas Testi ve SPSS 18.0 programı kullanılmıştır.

3.1.1. UYARICI (STİMÜLATÖR)

Cihaz çocuklara uygulanacağından çocuk kalp ritmi ve solunum frekansı ile uyumlu ayrıca tepe genliği 35 mA olacak şekilde geliştirdiğimiz resim 6'da görülen el rehabilitasyonu için küçük kas uyarıcı cihazı kullanılmıştır.

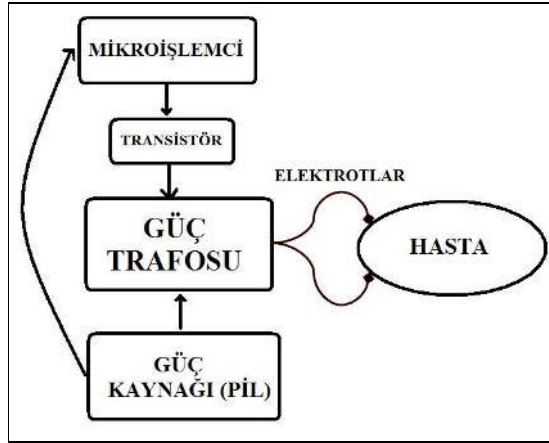
Periferik sinir sisteminin uyarılması için güç kaynağı, amplifikatör ve elektrotlar gereklidir. Güç kaynağı ve amplifikatör TENS cihazı içinde yer alır. Cihaz cepte veya kemere takılıp taşınacak büyüklüktedir. Güç kaynağının oluşturduğu akım dikdörtgen veya sivri şekildedir. Dikdörtgen akım, dalga boyu ve amplitüdle ayarlanabildiği halde sivri akımın dalga boyu sabit olup ancak amplitüdü ayarlanabilir. Üretilen akım genellikle bifazik dalga şeklinde olup sıfır elektrik yüküne sahiptir. Bu şekilde iyonizasyonun neden olduğu deri irritasyonu engellenmiş olur.

Güç kaynağında üretilen akım amplifikatörde arttırılarak elektrotlara ulaşır. Elektrotlardan periferik sinirlere ulaşan akım miktarı elektrotların ve deriyle sinir liflerinin arasındaki dirence bağlıdır. Toplam direnç elektrotlardaki jelin kurumasıyla veya çeşitli vücut bölgelerinde değişebileceğinden sabit akımlı ampifikatörlerin kullanılması daha doğrudur (54).



Resim 6. Çalışmada kullanılan el rehabilitasyonu için küçük kas uyarıcısı.

Stimülatörün çalışma prensibini açıklayan blok diyagramı Şekil 14’te görülmektedir. Defalarca şarj edilebilen 3.7 V pille güç beslemesi yapılmakta ve üretilen pulsler elektrotlara gönderilmektedir.



Şekil 14. Çalışmada kullanılan küçük kas stimülatörünün blok diyagramı (69-72).

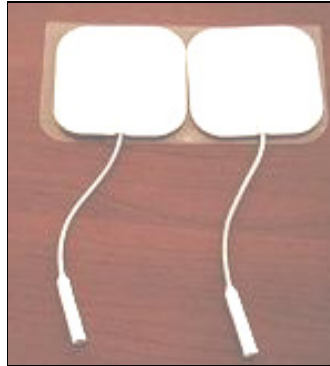
Küçük ve büyük kasların stimülasyon şiddeti güvenlik sınırları farklı olduğundan, bu konuya özen gösterilmiş, 3.7 V pil ile stimülatör çıkış akımı tepe değeri 35 mA ile sınırlandırılmıştır.

Özellikle kasları uyarmak için dizayn edilmiş olup, stimülasyon sinyali yüksek frekanslı puls trenlerinin düşük frekansla uygulanması şeklindedir. Stimülasyon süresince, gözle görülen rahatlatıcı kas kasılmaları elde edilmektedir.

Şarj edilebilir pille çalışır. Pil bittiğinde, cihazla beraber verilen şarj ünitesi ile cep telefonu gibi kolayca doldurulur.

3.1.2. ELEKTROTLAR

Bu çalışmada, kullanım kolaylığı sağlayan kendinden jelli pad elektrotlar resim 7’da görüldüğü gibi kullanılmıştır. Transkütanöz stimülasyonda elektrot yüzey alanının, yeterli akım yoğunluğunu sağlayabilmesi için yüzey alanı en az 4 cm² olması gerekir (74).



Resim 7. Kendinden jelli transkütanöz pad elektrotlar .

TENS’in amacı bir çift elektrot aracılığıyla deriyi hasara uğratmadan deri altındaki sinir liflerini kontrollü olarak uyarmaktır. Elektrotların tek kullanımlı veya tekrar kullanımlı birçok çeşidi vardır. Tekrar kullanımlı elektrotlar karbonize silikondan yapılmıştır. 4–6 ay süreyle kullanılabilirler. Elektrotlar üzerine sürülen hidrofilik (suyu seven) jel sayesinde deri direnci azaltılmış olur. Deriyi tahriş etmeyen flasterlerle

yapılan tespit, elektrodun deriye tam temasını sağlamalıdır. Tek kullanımlı elektrotlar ise deriye kendiliğinden yapıştığından uygulamada zaman tasarrufu sağlar ancak tedavi maliyetini yükseltirler. Elektrot alanı 4 cm² arasında en uygundur. Ağrının geniş bir alana yayıldığı hastalarda özel elektrotlar kullanılır. Elektrot seçiminde ağrının lokalizasyonu, hastanın yaşı, deri duyarlılığı göz önünde bulundurulmalıdır. Büyük elektrotlarla aynı etkiyi sağlamak için daha yüksek elektriksel enerjiye gereksinim vardır. Postoperatif analjezide kullanılacak elektrotlar sterilize edilmelidir (54).

Elektrodların Yerleştirilmesi: Tedavi edilecek bölgeyi seçerken; hastanın seçilen bölgeye verdiği cevap kadar etiyoloji, 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, ağrılı nokta, periferik sinir yüzeysel noktası, tutulan sinir dermatomal alanı, tetik noktaları veya akupunktur noktaları, segmentle ilişkili miyotomlar, motor noktalarıdır (61,62, 76).

3.1.3. ŞARJ ÜNİTESİ

Cihazı şarj etmek için resim 6'da görülen şarj cihazı kullanılmaktadır.



Resim 8. Çalışmada kullanılan stimülatörün şarj ünitesi.

3.1.4. MODİFİYE ASHWORTH SKALASI

Eldeki spastisite Modifiye Ashworth Skalası (MAS) ile değerlendirildi (80). Tablo 3'te MAS gösterilmiştir.

Tablo 3. Modifiye Ashworth Skalası

0	Tonusta artış yok (normal kas tonusu)
1	Kas tonusunda hafifi artış. Eklem hareket açıklığının sonunda (ekstremitte fleksiyon ya da ekstansiyona hareket ettirildiğinde) minimal direncin olması
2	Kas tonusunda hafif artış, hareket alanının son yarısından ortaya çıkar ancak ekstremitte kolaylıkla hareket ettirilir
3	Eklem hareket açıklığının çoğunda daha belirgin kas tonusu artışı, hareket alanının büyük bir kısmında ortaya çıkar ancak hareket tamamlanır
4	Kas tonusunda önemli oranda artış, pasif hareket güçlükle yerine getiriliyor
5	Etkilenen kısımlar fleksiyon ve ekstansiyonda rijittir, kıpırdatılamaz

3.1.5. İSTATİSTİKSEL DEĞERLENDİRME

Verilerin istatistiksel değerlendirmesinde “SPSS 18.0 İstatistik Programı” kullanıldı. Her bir grubun kendi içinde tedavi öncesi-sonrası değerlendirilmesinde, sonuçlar arasında istatistiksel anlamlı farklılık olup olmadığı, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olan durumlarda farkın hangi gruptan kaynaklandığını tespit etmek için farklı testler kullanıldı. Normal dağılıma uygunlu için “Kolmogorow Smirnow” testi kontrolü yapıldı. Bağımsız iki grubun karşılaştırılması normal dağılıma sahip değişkenler için “Student t” testi, normal dağılmayanlarda ise “Mann Whitney u” testi kullanılmıştır. Bağımlı ölçümlerin karşılaştırılmasında ise normal dağılıma sahip değişkenler için “Eş Yapma t” testi normal dağılmayanlar içinse “Willcoxon” testi kullanılmıştır. Tanıtıcı istatistik olarak ortalama±standart sapma değerleri verilmiştir. Birinci tip hata miktarı 0.05 olarak kabul edilmiştir.

3.2. UYGULAMA YÖNTEMLERİ

3.2.1. HASTALAR

Gaziantep Destek Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezinde Eylül 2009–Aralık 2009 tarihleri arasında rehabilitasyon programı uygulanan, doğuştan SP'ye bağlı hemipleji geçirmiş 20 hasta çalışmaya alındı. Hastalar, çalışmanın içeriği, amacı ve uygulanışı konusunda bilgilendirildi ve ailelerinden onayları alındı.

3.2.2. ÇALIŞMAYA ALINMA ÖLÇÜTLERİ

1. Hastaların, iyi iletişim kurabilen, yeterince motive ve çalışmaya katılmaya istekli olmaları
2. Hastaların tıbbi durumlarının stabil olması, havale, nöbet gibi rahatsızlıklar olmaması veya sık tekrarlamaması.
3. El bileğinde istemli ekstansiyon hareketinin başlamış olması (alt sınır).
4. İzole kas hareketi veya sinerji paterni ile istemli el bileği ekstansiyon kas gücünün 3/5'ten az olması (üst sınır).
5. yaşları 5 ile 15 yaş arası olanlar.

3.2.3. ÇALIŞMADAN DIŞLANMA ÖLÇÜTLERİ

1. Kuadripleji ve parapleji olanlar
2. Flask (aşırı gevşek) hemipleji varlığı
3. Etkilenen ekstremitede kuvvetin azalmasına yol açan geçirilmiş nörolojik hastalık varlığı

4. Etkilenen ekstremitede geçirilmiş fraktür (kırık), enflamatuvar artropati vb... bağlı deformite (şekil bozukluğu) varlığı
5. Modifiye Ashworth Skalasına göre üst ekstremitede derece 3'ten fazla spastisite varlığı
6. İki yıl içinde nöbet öyküsü varlığı.

3.2.4. TEDAVİ UYGULAMASI

Çalışma, planlandı. Hastalar rastlantısal olarak iki gruba ayrıldı. Birinci gruba (n=10) NMES ve fizik tedavisi, ikinci gruba (n=10) ise yalnız fizik tedavi uygulandı. Fizik tedavi her iki gruba aynı şekilde uygulandı. Fizik tedavi bitince ikini grup serbest bırakıldı. Birinci grup ise elektrik simülasyon tedavisi için hazırlandı.

Nöromusküler stimülasyon uygulanan gruptaki hastalar, tedaviden önce stimülasyon uygulaması hakkında bilgilendirildi. Tedaviden önce eşik değeri manüel olarak ayarlandı. Hastadan el bileğini maksimum ekstansiyona getirmeye çalışması istendi.

Her seans öncesinde elektrotların yerleştirileceği cilt yüzey alanı alkollü suyla ıslatılmış pamukla silinmiştir.

Biri aktif diğeri pasif olmak üzere bir çift kendinden jelli elektrot kullanım öncesi musluğun altına tutmadan parmakla veya sprey şişeden püskürtülerek hafifçe suyla ıslatılmıştır. Uygulama seansı bitiminde elektrotlar plastik tabanlılığın üzerine konulmuştur. Aksi halde jeli kurur ve tekrar kullanılamaz hale gelir. Oysa kurallara uygun kullanılırsa en az 20 kez kullanılabilir. Bu elektrotlar suyla hafifçe ıslatılmalıdır.

Her hasta için bir elektrot seti ayrılarak her seansa gelişte aynı elektrot kullanılmış, hijyenik açıdan aynı elektrot farklı hastalarda uygulanmamıştır.

Hastalara fizyoterapist tarafından tedavi öncesi el bileği ve parmak fleksörlerine, pronotörlere nazik germe sonrasında da pasif ROM (hareket aralığı- range of motion) yapıldı. El bileği 10 derece ve dirsek 90 derece fleksiyonda iken tedaviye başlandı. Yüzeysel elektrotlar resim 9a ve resim 9b'deki gibi nöromusküler stimülasyon gruplarında ekstansör digitorum communis (EDC) ve ekstansör karpi ulnaris (ECU) kaslarının motor noktaları üzerine yerleştirilerek stimülasyon uygulandı. Bazı hastalarda ise resim 10a ve 10b'deki gibi elektrotlar spastik kasların karşıtlarına (antagonistlerine) bağlanarak tedavi uygulanmıştır.

Tedaviye cihazın genliği yavaş yavaş artırılarak başlanır, hasta ürperme ya da batma hissi alana kadar veya kas kasılmaları hissedilene kadar akım artırılır, daha sonra akım azaltılarak kasılmaların sonlandığı noktada ve hastanın kendini rahat hissettiği akım seviyesinde süre artırılarak izlenir.

Hastalarda yüzeysel elektrotlar EDC ve ECU kaslarına yerleştirildikten sonra, hastalara aktif el bileği ekstansiyonu yaptırıldı. Hastaların kas aktivitesi eşik değere ulaştığında stimülasyon başladı. Stimülasyon uygulanan grupta, stimülasyon sırasında dış frekansı 1.25 Hz, iç frekans 100 Hz, genlik aralığı 0–35 mA olan bifazik simetrik elektrik akımı uygulandı.

Her bir stimülasyon periyodunu 1.25 saniyelik dinlenme periyodu izledi. Akım şiddeti, tam el bileği ve parmak ekstansiyonu oluşturacak ve hastaya rahatsızlık vermeyecek şekilde ayarlandı. Bu çalışmada genlik en fazla el bileği ve parmak ekstansiyonu oluşturacak şekilde ayarlanarak stimülasyon uygulanmıştır.



Resim 9a. TENS cihazının elektrotlarının bağlanması.



Resim 9b. TENS cihazının elektrotlarının bağlanması.

Bazı hastalara ise resim 10a ve resim 10b'deki gibi TENS cihazının elektrotları ise bilek ve koldaki spastik kasların karşıtlarına (antagonistlerine) yerleştirilerek uygulamalar yapılmıştır.



Resim 10a. TENS cihazının elektrotlarının bağlanması.



Resim 10b. TENS cihazının elektrotlarının bağlanması.

3.2.5. DEĞERLENDİRME PARAMETRELERİ

Değerlendirme tedaviden önce ve 3 aylık tedavi bitiminden hemen sonra olmak üzere 2 kez, fizyoterapist tarafından değerlendirildi.

Hastalara el bileği ekstansiyonu yaptırılarak manuel kas testi ölçümleri alındı. Aynı zamanda da el bileğindeki spasite miktarını ölçmek için ise Modifiye Ashworth skalası kullanıldı.

4. BULGULAR

Gaziantep Destek Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezine gelerek rehabilitasyon programı uygulanan, hemipleji SP olan 20 hasta çalışmaya alındı. Hastalar rastlantısal olarak iki gruba ayrıldı. Egzersiz ve nöromusküler uyarım (NMES) tedavisi uygulanan I. grup hastaların 4 (% 40)'ü kız, 6 (% 60)'si erkek, II. grubunki ise 3 (% 30)'ü kız 7 (% 70)'si erkekti. En düşük yaş 5, en yüksek yaş 15 yıl olup yaş ortalaması I. grubun 9.90 ± 3.45 yıl, II. grubunki ise 11.00 ± 2.31 yıl idi. Hastaların boy ortalaması, I. grubun 121.90 ± 25.86 cm, II. grubunki ise 115.00 ± 18.68 cm idi. Hastaların ağırlık ortalaması, I. grubun 31.20 ± 15.78 kg, II. grubunki ise 30.40 ± 8.11 kg idi. Her iki gruptaki hastaların 12 (% 60)'sı sol hemiplejik, 8'i (% 40)'ü sağ hemiplejikti.

Bu iki tedavi grubu arasında tablo 4'te de görüldüğü gibi yaş, boy ve ağırlık istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktu ($p > 0.05$).

Tablo 4. Hastaların özellikleri

	I. GRUP (NMES + egzersiz) (n=10) (ort. $\pm$ SD)	II. GRUP (yalnız egzersiz) (n=10) (ort. $\pm$ SD)	P
Yaş (yıl)	9.90 ± 3.45	11.00 ± 2.31	0.413
Boy (cm)	121.90 ± 25.86	115.00 ± 18.68	0.503
Ağırlık (kg)	31.20 ± 15.78	30.40 ± 8.11	0.889
Cinsiyet			
kız	4 (% 40)	3 (30)	
erkek	6 (%60)	7 (70)	
Tutulan taraf			
sağ hemipleji	3 (% 30)	5 (% 50)	
sol hemipleji	7 (% 70)	5 (% 50)	

Tedavi öncesi değerlendirme parametrelerinin gruplar arası karşılaştırılması tablo 5’te gösterilmiştir.

Tablo 5. Tedavi öncesi değerlendirme parametrelerinin gruplar arası karşılaştırılması

	I. GRUP (NMES + egzersiz) (n=10) (ort. $\pm$ SD)	II. GRUP (yalnız egzersiz) (n=10) (ort. $\pm$ SD)	P
Modifiye Ashworth Skalası	2.20 $\pm$ 0.79	2.10 $\pm$ 0.74	0.705
Manuel Kas Testi	1.60 $\pm$ 0.52	1.90 $\pm$ 0.57	0.257

Tablo 5’te görüldüğü gibi tedavi öncesi değerlendirme parametrelerinde gruplar arası istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu ($p>0.05$).

El bileğindeki spastisitenin Modifiye Ashworth skalası ve kas gücünün de Manüel Kas Testinin grup içi tedavi öncesi ve sonrası karşılaştırılması Tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6. El bileğinin Modifiye Ashworth Skalası ve MKT grup içi değerlendirildiği.

	I. GRUP (NMES + egzersiz) (n=10) (ort. $\pm$ SD)	II. GRUP (yalnız egzersiz) (n=10) (ort. $\pm$ SD)
MAS		
T.Ö.	2.20 $\pm$ 0.79	2.10 $\pm$ 0.74
T.S.	1.20 $\pm$ 0.79	1.50 $\pm$ 0.85
P	0.002	0.014
MKT		
T.Ö.	1.60 $\pm$ 0.52	1.90 $\pm$ 0.57
T.S.	2.80 $\pm$ 0.79	2.40 $\pm$ 0.97
P	0.003	0.025

Tablo 6’da görüldüğü gibi I. grupta (NMES + egzersiz); el bileği, Modifiye Ashworth Skalasında tedavi öncesi ve sonrası değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı azalma gözlendi ($p<0.05$). Ayrıca I. grupta (NMES + egzersiz); el bileği, MKT skorlarında tedavi öncesi ve sonrası değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı artış gözlendi ($p<0.05$).

Tablo 6’da görüldüğü gibi II. grupta (yalnız egzersiz); el bileği, Modifiye Ashworth Skalasında tedavi öncesi ve sonrası değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı azalma gözlendi ($p<0.05$). Ayrıca II. grupta (yalnız egzersiz); el bileği, MKT skorlarında tedavi öncesi ve sonrası değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı artış gözlendi ($p<0.05$).

Gruplar arası tedavi etkinliğinin karşılaştırılması tablo ’de gösterilmiştir.

Tedavi etkinliği; “tedavi etkinliği= tedavi sonrası skor-tedavi öncesi skor” ile formülize edilebilir.

Tablo 7. Gruplar arası tedavi etkinliğinin karşılaştırılması.

	I. GRUP (NMES + egzersiz) (n=10) (ort. $\pm$ SD)	II. GRUP (yalnız egzersiz) (n=10) (ort. $\pm$ SD)	P
Modifiye Ashworth Skalası	1.00 $\pm$ 0.00	0.60 $\pm$ 0.52	0.029
Manuel Kas Testi	1.20 $\pm$ 0.42	0.50 $\pm$ 0.53	0.007

Tablo 7’de görüldüğü gibi NMES + egzersiz uygulanan I. grubun, yalnız egzersiz uygulanan II. gruba göre Modifiye Ashworth Skalasına göre spasitedeki azalmada istatistiksel olarak anlamlı fark gözlendi ($p<0.05$). Ayrıca NMES + egzersiz

uygulanan I. grubun, yalnız egzersiz uygulanan II. gruba göre MKT skorundaki artışında istatistiksel olarak ta anlamlı fark görülmektedir ($p<0.05$).

Uygulama sonrasında Tens ve fizik tedavinin beraber uygulandığı 1. grup hastaların sübjektif olarak kas kitlesinin (çapının) arttığı (ekstansör grup kaslar), gözlemlendi.

Yine sübjektif olarak, eklem hareket açıklığının fazlalaştığı, pasif germeler ve pasif ROM sırasında hissedilen ağrının önemli oranda azaldığı (hastaların yüz ifadelerinden ve alınan yanıtlardan) gözlemlendi.

Her iki grupta da çekmeceyi açmak, çekmecedan bir bez parçasını almak, cep telefonu kaldırmak, buzdolabını açmak, kapıyı açmak, elleri yıkamak, elleri kurulamak, bardak tutmak, diş fırçalamak, yemek için kaşık ya da çatal kullanmak, saçları taramak, fincanı kulpundan tutmak, elle yenen yiyecekleri yemek konusunda iyileşme sübjektif olarak gözlenmiştir.

Elektriksel uyarımın yapıldığı on hastanın hiç birinin vücudunda TENS cihazından kaynaklanan tahriş ve yanık görülmedi.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Serebral palsi, çocuklarda nörolojik özürlülük nedenlerinin başında gelmektedir. Serebral palsili çocuklarda hemipleji nedeniyle üst ekstremitelerini istedikleri oranda kullanamazlar. Bu hastalar, elde yeterli kas gücü ve koordinasyonun olmamasından dolayı beslenme, giyinme, sağlığa uygun hareket etme olmak üzere kendine bakım aktivitelerini tek başlarına yeterince yapamazlar. Bu nedenle ebeveynlerine kısmen veya tam olarak bağımlı yaşamak zorunda kalmaktadırlar.

Serebral palsi hastalarında elektriksel stimülasyonun üst ekstremitelere kas gücü, motor kontrol, eklem hareket açıklığı, fonksiyon ve spastisite üzerine olumlu etkileri bildirilmektedir (81). Pek çok çalışmada NMES; tedavilere ek olarak etkinliği görülmüştür (81).

Francisco ve arkadaşları ise elektrik ile stimülasyonun akut inmeli hastaların kol fonksiyonları üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada, dokuz hemiplejik hasta iki gruba ayrılarak birinci gruba rehabilitasyon süresince haftada beş gün, günde iki kez 30'ar dakika elektrik stimülasyonu ile birlikte egzersiz tedavisi, ikinci gruba yalnızca egzersiz tedavisi uygulamıştır. Tedavi sonunda stimülasyon uygulanmış grubun kontrol grubuna göre üst ekstremitelere motor değerlendirme skorunda anlamlı düzelme bildirilmiştir (82).

Cauraugh ve arkadaşlarının, NMES el bileği ve parmak ekstansör kaslarının istemli motor kontrolü üzerine etkinliğini araştırdıkları bir çalışmada, birinci gruba NMES, ikinci gruba ise aynı prosedür uygulanarak sadece el bileği ve parmak ekstansiyonu iki hafta, haftada üç gün, günde 60 dakika süreyle yaptırılmıştır. Tedavi sonunda üst ekstremitelere disabilitesinde tedavi grubunda, kontrol grubuna göre anlamlı artış gösterilmiştir (83).

Yakın zamanda yapılan bir çalışmada 36 akut hemiplejik hasta gelişigüzel olarak iki gruba ayrılarak birinci gruba TENS ve egzersiz, ikinci gruba sadece egzersiz tedavisi uygulanmış, tedavi sonunda her iki grupta propriosepsiyonda (eklemler, kirişler ve kaslardan gelen impulslarla ilgili) anlamlı düzelme gözlenmiş ancak birbirlerine

üstünlükleri gösterilememiştir. El fonksiyonlarında elektriksel stimölasyon uygulanan grupta kontrol grubuna göre anlamlı artış gösterilmiştir (84).

Kronik hemiparezik hastalarda bilateral hareket tedavisine eklenen aktif nöromusküler stimölasyonun üst ekstremite motor becerilerinde artış sağladığı belirtilmiştir. (85).

Serebral palsili hemipleji hastaları diğer SP'li gruplara göre hastalık dereceleri daha hafiftir. Çünkü vücudun bir tarafı sağlamdır. Buna rağmen birçok temel gereksinimlerini tek başlarına yapamadıklarından tedavileri gereklilik oluşturmaktadır. Bu olumsuzluğun yanında ailenin, çocuğunun mevcut durumunu kabullenememesi ve SP'li çocuklarını yaşlılarıyla kıyaslaması tedavi sürecini zorlaştırmaktadır.

Günümüzde SP tedavisinde; geleneksel egzersiz programı, nörofizyolojik egzersiz programı, orte tedavisi ve sınırlandırılmış hareket tedavisi (Bobath yöntemi) gibi standart tedaviler yeterli olmayıp bu tedavilere ek olarak elektriksel uyarım gibi farklı tedavi yöntemleri de uygulanmalıdır.

Serebral palsy hastalarında elektriksel uyarımın üst ekstremite kas gücünün artırılmasında, spastinin azaltılması, eklem hareket açıklığının artırılmasında olumlu etkileri bulunmaktadır (86).

Elektriksel uyarım TENS cihazlarıyla gerçekleştirilir. Tedavi amaçlı piyasada mevcut birçok farklı TENS cihazı bulunmaktadır. Bunlar genellikle yurtdışında üretilmişlerdir. Ayarlama parametreleri cihazlara göre farklılık göstermektedir. Yanlış kullanımlarda bu cihazlar istenmeyen yan etkiler oluşturmakta fayda yerine zarar vermektedirler. Ciltte tahriş ve yanığa sebep olabilmektedirler.

Bu cihazlarla tedavi gören SP hastası çocukları bu olumsuz durumlara düşürmemek için kullanılacak TENS cihazı çocukların kalp ritmi ve solunum frekansı ile uyumlu olmalı ayrıca çocuklarda yanlış kullanımlarda dâhil yanık ve tahriş oluşturmaması için kullanılacak TENS cihazının tepe genliği 35 mA i geçmemelidir.

Bu çalışmada çocuklar için tepe genliği sınırlandırılmış TENS cihazı on hastada uygulandı ve herhangi bir yanık ve tahriş gözlenmedi.

Elektriksel uyarım yaparak SP hemipleji hastası olan çocukların tedavisinde amaç spasitenin azaltılması ve gerekli kasların güçlendirilerek elin hareket kabiliyetini arttırmaktır. Bu çalışmada spastik kasların karşıt (antagonistine) kaslarına elektriksel uyarım yapıldığında spasitenin azaldığı gözlenmiştir. Ayrıca SP hastası çocukların ağırlık kaldırarak kas gelişimi yapmaları zordur. Bu yöntem yerine daha kolay olan elektriksel uyarım yapan TENS cihazıyla zayıf kaslar geliştirilebilir.

Birçok temel ihtiyaın karşılanmasında st ekstremitte olan eller önemli rol oynamaktadır. Eller aynı zamanda sosyalleşmede de büyük görev alır. Diğer insanlarla ellerimizle selam verip ellerimizle tokalaşırız. Serebral palsi hemipleji hastası çocuklar sınıfta spastik olan ellerini gizlemeye çalışmakta bundan dolayı içine kapanmaktadırlar. Bu durum başarılarını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum hasta çocuklarla birlikte ailelerini de etkilemektedir.

Fizik tedavisi ile birlikte uygulanan elektriksel uyarımın SP hemipleji hastası çocukların el fonksiyonları üzerinde olumlu sonuçlar vermektedir. El fonksiyonları gelişen bu hastalar kendilerini toplumdan soyutlamayacak ve bundan dolayı daha başarılı olacaklardır.

Başarılı olan bu bireyler kendileri ile birlikte aileleri de mutlu olacak ve toplumda yerlerini alacaklardır.

Sonuç olarak; SP hemipleji hastası çocukların el tedavisinde elektriksel stimlasyon, egzersiz tedavileri ile beraber uygulandığında tedavinin daha etkin ve başarılı olduğu grlmştir. Ayrıca tepe genlik değeri 35 mA, i frekansı 100 Hz ve dış frekansı 1.25 Hz olan transkütanöz elektriksel uyarım cihazı ocuk hastalarda güvenle kullanılabilir. Serebral palsi hastası olan çocuklarda elektriksel uyarım ile tedavi yönteminin uzun dönem sonuçlarını karşılaştıran ve daha geniş katılımlı klinik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Bax M, Goldstein M, Rosenbaum P, Leviton A, Panneth N. Proposed definition and classification of cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 2005;47:571-576.
2. Koman LA, Smith BP, Shilt JS. Cerebral palsy. *Lancet* 2004;363:1619-31.
3. Çavuşoğlu H. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği, Cilt 2, Genişletilmiş 7. Baskı, Ankara, Sistem Ofset Basım Yayın San. Ltd.Şti. 2002: p.359-361.
4. Demir H, Eser C, Menku APC, Kimap M, Koç H, Fügen YT. Serebral palsy olgularımızın epidemiyolojik özellikleri. *Türk Fiz. Tıp. Rehab. Derg.* 2000;3:46-8.
5. Serdaroğlu A, Cansu A, Özkan S, Tezcan S. Prevalance of Cerebral Palsy in Turkish Children between the ages of 2 and 16 years. *Dev Med Child Neurol.* 2006;48:413-416.
6. Jacobsson B, Hagberg G. Antenatal risk factors for cerebral palsy. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol.* 2004;18:425-36.
7. Miller G. Cerebral Palsy. In *Neurobase: Motor Anormalities*, San Diego: Arbor Publishing, 4th 1998 ed.
8. Ashwal S, Russman Bs, Blasco PA, Miller G, Sandler A, Shevell M, Stevenson R; Quality Stardarts Subcommittiee of the American Academy of Neurology; Prattice parameter: diagnostic assessment of the child with cerebral palsy: report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology and the Prattice Committee of the Child Neurology Society. *Neurology.* 2004;62 (6):851-63.
9. Bhushan V, Paneth N, Kiely JL. Impact of improved survival of very low birth weight infants on recent secular trends in the prevalence of cerebral palsy. *Pediatrics* 1993;91:1094-100.
10. Crichton JU, Mackinnon M, White CP. The life-expectancy of persons with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology* 1995;37:567-76.
11. Koman LA, Smith BP, Shilt JS. Cerebral palsy. *Lancet* 2004;363:1619-31.
12. Russman BS. Cerebral Palsy: Definition, Manifestation and Etiology, *Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi*, 2002;48:4-6.
13. Tarhan SN. *Dicle Tıp Dergisi*, Cilt:32, Sayı:1, 2005: 13-19.
14. Jacobsson B, Hagberg G. Antenatal risk factors for cerebral palsy. *Best Pract Res Clin Obstet Gynaecol.* 2004;18:425-36.

15. Miller G. Cerebral Palsy. In Neurobase: Motor Anormalities, San Diego: Arbor Publishing, 4th 1998 ed.
16. Nelson KB, Ellenberg JH. Antecedents of cerebral palsy. Multivariate analysis of risk. N Engl J Med. 1986;315:81-6.
17. Law M, Gillian K. Parent compliance with therapeutic interventions for children with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol 1993;35:983-990.
18. Yalçın S, Domans J, Berker N. Serebral Palsi Tedavi ve Rehabilitasyon, İstanbul, Pediatrik Ortopedi ve Rehabilitasyon Dizisi 3. Kitap. 2000: p.15-62.
19. McManus V, Michelsen SI, Parkinson K, Colver A, Beckung E, Pez O, Caravale B. Discussion groups with parents of children with cerebral palsy in Europe designed to assist development of a relevant measure of environment. Child Care Health Dev. 2006;32 (2):185-192.
20. Ross D. Parents of mentally retarded children misunderstood and misread. In: Turnbull N, Turnbull R (editör). Parents Speak Out: Views From Other Side of the Two-Way Mirror. New York: Merrill, 1978.
21. Cogher L, Savage E and Smith MF. Cerebral Palsy The Child and Young Person, London, Chapman&Hall Medical. 1992.
22. Tüzün H, Eker L. Serebral paralizi ve koruyucu hekimlik. Sted 2001;10:294-297.
23. Çavuşoğlu H. (2002) Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği, Cilt 2, Genişletilmiş 7. Baskı, Ankara, Sistem Ofset Basım Yayın San. Ltd. Şti. s:359-361. Yayıncı L (2003) Spastik Çocukların Özellikleri ve Gelişimi: Farklı Gelişen Çocuklar, A Kulaksızoğlu (Ed), İstanbul, Epsilon Yayınları, s: 131–142. Sade A, Otman A (1991) Serebral Paralizi’de Değerlendirme ve Tedavi Yöntemleri, Ankara, Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu Yayınları 7, s: 1-53.
24. “<http://www.degisimrehabilitasyon.com.tr/engel-gruplari/bedensel-gelisim-problemleri/serebral-palsi/> “ Erişim: 25.12.2009.
25. Menkes JH: Text book of Child Neurol. Fifty Edit., Williams and Wilkins, 1995: p.344-353
26. Russman BS. Cerebral palsy: definition, manifestations and etiology. Türk. Fiz.Tıp Rehab. Derg. 2002;48:4-6.
27. Er M. Çocuk hastalıkları, anne, baba ve kardeşler. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi 2006;49:155-168.

28. The Merck Manual of Diagnosis and Therapy. 16th ed. USA: Merck & Co. Inc. 1992, p.2263-4.
29. Yapıcı Z: 'Cerebral palsy' de Noropatoloji. Hıfzı Özcan, editör. Cerebral Palsy. İstanbul, Boyut Matbaacılık, 2005: p.35-46.
30. Türk Fiz Tıp Rehab. Derg. 2008;54:13-6.
31. Çavuşoğlu H (2002) Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Hemşireliği, Cilt 2, Genişletilmiş 7. Baskı, Ankara, Sistem Ofset Basım Yayın San. Ltd.Şti., s:359-361. Özaras N, Yalçın S (2001) Serebral Palsi ile Yaşamak. İstanbul, Pediatrik Ortopedi ve Rehabilitasyon Dizisi 4. Kitap, 1-36. Yayıncı L (2003) Spastik Çocukların Özellikleri ve Gelişimi: Farklı Gelişen Çocuklar, A Kulaksızoğlu (editör), İstanbul, Epsilon Yayınları, s:131-142.
32. Eraksoy M: 'Cerebral palsy'nin Tanımı. In: Hıfzı Özcan, editor. Cerebral Palsy. İstanbul, Boyut Matbaacılık, 2005: p.27-34.
33. Nelson KB. Is cerebral palsy preventable? Curry Opin Neurol. 2008;21(2):129-35.
34. Joel A. Delisa. In Bruce M. Gans, Nicolas E. Walsh. Editors. Physical Medicine and Rehabilitation, Principles and Practice. 4th ed, Lippincott Williams and Wilkins; 2004;1499-1501.
35. Kerem M, Livanelioğlu A, Aysun S. Serebral Paralizde Erken Tanı ve Rehabilitasyonun Önemi. T. Klin. Pediatr. 2000;9:23-27.
36. Aksayan S, Cimete G. Evde Bakım. Sürekli Tıp Eğitimi Derg. 1998;7:220-4.
37. Tulgar M. Fundamental scientific factors in electrical stimulation of the nervous system. Clinical Neurophysiology 1995;12:230-236.
38. Serap Alper: Transkütan Elektriksel Sinir Stimülasyonu. Editör Beyazova M, Gökçe-Kutsal Y. Fiziksel Tıp ve rehabilitasyon. 2000;790-798.
39. Akyüz G. Transkütan Elektriksel Sinir Stimülasyonu. Tuna N (editör). Elektroterapi. 2000:163-176
40. Rakel B, Barr JO. Physical modalities in chronic pain management. Nurs Clin. N. Am. 2003;38:477-94.
41. Türk Fiz. Tıp Rehab. Derg. 2007;53 Özel Sayı 1: 30-4
42. Tuncer T. Elektroterapi. In: Beyazova M, Kutsal YG, editörler. Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon. Ankara: Güneş Kitapevi; 2000. p. 771-89.
43. Koyuncu H, Karacan İ. Temel elektroterapi. In: Oğuz H, Dursun E, Dursun N (editörler). Tıbbi Rehabilitasyon. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 2004. p.411-32.

44. Pekindil Y. Nöromusküler elektrik stimölasyonu ve izometrik egzersizin kuadriseps kasına etkilerinin TC-99m MIBI sintigrafisi ile değerlendirilmesi (Trakya Üniversitesi Tıp Fakóltesi; Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Uzmanlık Tezi). Tez danışmanı: Birtane M. Edirne, 2000.
45. Mysiw WJ, Jackson RD. Electrical stimulation. In: Braddom RL (editor). Physical Medicine and Rehabilitation. 2nd ed. Philadelphia: Saunders Co; 2000: p.459-87.
46. Miles JB: Electrical stimulation for the relief of pain. Ann R Coll Surg Engl. 1984;66:108-112.
47. Kelleway P: The part played by electric fish in the early history of bio-electricity and electrotherapy. Bull Hist Med. 1946;20:112-116.
48. Hunter J: Anatomical observations on the torpedo fish. Philos Trans R Soc of London. 1773;63:481-485.
49. Tulgar M, Arslan A, Kalkan E. Ağrı ve Nörostimölasyon: Van Tıp Dergisi. 1998;5(4):258-263.
50. Wall PD;The Effect of Peripheral Injury on Cells in the Spinal Cord, Textbook of Pain. PD Wall and R Melzack (editör). Churchill Livingstone, London. 1989; 11-14.
51. Soric R, Devlin M. Transcutaneous electrical nerve stimulation. Practical aspects and applications. Postgrad Med. 1985;15:101-7.
52. Ersek RA. Transcutaneous electrical neurostimulation: a new therapeutic modality for controlling pain. Clin Orthop. 1997;128:314-324.
53. Shealy CN, Mortimer JT, Reswick J. Electrical inhibition of pain by stimulation of the dorsal column: Preliminary preclinical reports. Anesth Analg. 1967;46: 489-491.
54. Aldemir T. Transkütan Elektriksel Sinir Stimölasyonu. In: Edirne S (editör). Ağrı. İstanbul Nobel Tıp Kitabevi. 2000:533-538.
55. Özyalçın S ve Dinçer S. Klinik. 141-216. 08.02.2007 3:49 PM Page 195.
56. Cheing GL, Hui-Chan CW. Analgesic effects of transcutaneous electrical nerve stimulation and interferential currents on heat pain in healthy subjects. J. Rehabil. Med. 2003;35.
57. Kalkan E, Arıcan M, Tulgar AO ve Tulgar M. Nöroteknoloji: Varolan Seçenekler ve Tulgar İmlantları: Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, BİYOMUT 2005, İstanbul-TÜRKİYE

58. Ersöz M. Spastik paralizilerde elektroterapi. In: Tuna N, editor. Elektroterapi. 2. Baskı. İstanbul: Nobel Tıp Kitapevi; 2001: p.209-12.
59. Wang RY, Tsai MW, Chan RC. Effects of surface spinal cord stimulation on spasticity and quantitative assessment of muscle tone in hemiplegic patients. Am J Phys Med Rehabil 1998;77:282-7.
60. Boyacı A. Aktif Nöromusküler Stimülasyonun Hemiplejik Üst Ekstremitede Motor ve Fonksiyonel Performans Üzerine Etkinliği. 2006, Pamukkale Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Uzmanlık Tezi, 68 sayfa, Denizli, (Doç. Dr. Oya Topuz).
61. Yalçın S, Berker N, Dormans J, Susman M. Serebral Palsi Tedavi ve Rehabilitasyon. 2003:18.
62. Francisco G, Chae J. Electromyogram-Triggered neuromuscular stimulation for improving the arm function of acute stroke survivors. Arch Phys Med Rehabil 1998;79:570-575.
63. Cauraugh J, Light K, Kim S, et al. Chronic motor dysfunction after stroke recovering wrist and finger extension by electromyography-triggered neuromuscular stimulation. Stroke 2000; 31:1360-1364.
64. Yozbatıran N, Dönmez B, Kayak N, Bozan O. Electrical stimulation of wrist and fingers for sensory and functional recovery in acute hemiplegia. Clinical Rehabil. 2006;20:4-11.
65. Cauraugh JH, Kim S. Chronic stroke motor recovery: duration of active neuromuscular stimulation. Journal of Neurological Sciences. 2003;215:13-19.
66. Akyüz G. Transkütan Elektriksel Sinir Stimülasyonu. In: Tuna N (editör). Elektroterapi. İstanbul: Nobel Tıp Kitapevi 2. baskı, 2001:163-176.
67. Alper S. Transkütan Elektriksel Sinir Stimulasyonu. In: Beyazova M, Gökçe-Kutsal Y (editör). Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Cilt 1. Ankara: Güneş Kitabevi, 2000:790-798.
68. Long M. Fifteen years of transcutaneous electrical stimulation for pain control. Stereotact Funct Neurosurg 1991;56:2-19.
69. Tulgar M, Soysal OM. Inductively coupled transmission of neuroactive signals: analysis of optimal parameters. Medical Physics. 2003;30:79-87.
70. Tulgar M, Barolat G, Ketcik B. Analysis of parameters for epidural spinal cord stimulation. Part I: Perception and tolerance thresholds resulting from 1100 combinations. Stereotactic and Functional Neurosurgery. 1993;61:129-139.

71. Tulgar M, Barolat G, Ketcik B. Analysis of parameters for epidural spinal cord stimulation. Part II: Usage ranges resulting from 3000 combinations. *Stereotactic and Functional Neurosurgery*. 1993;61:140-145.
72. Tulgar M, Barolat G, Ketcik B. Analysis of parameters for epidural spinal cord stimulation. Part III: Topographical distribution of parasthesiae resulting from 266 combinations with contacts implanted in the mid-cervical and low-thoracic vertebral levels. *Stereotactic and Functional Neurosurgery*. 1993;61:146-155.
73. Miles JB. Electrical stimulation for the relief of pain. *Ann R Coll Surg England*. 1984;66:108-112.
74. Tulgar M. Advances in electrical nerve stimulation techniques to manage chronic pain: An overview. *Advances in Therapy*. 1992;9:366-372.
75. Koyuncu H, Karacan I. Temel elektroterapi. In: Oğuz H, Dursun E, Dursun N (editörler). *Tıbbi Rehabilitasyon*. İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi; 2004: p.411-32.
76. Mysiw WJ, Jackson RD. Electrical stimulation. In: Braddom RL, editor. *Physical Medicine and Rehabilitation*. 2nd ed. Philadelphia: Saunders Co; 2000: p.459-87.
77. Mc. Culloch KL, Nelson CM. Electrical stimulation and electromyographic biofeedback. In: Umphred DA, editor. *Neurological Rehabilitation*. 3rd ed. St. Louis: Mosby-Year Book; 1995: p.852-71.
78. Pekindil Y. Nöromusküler elektrik stimülasyonu ve izometrik egzersizin kuadriseps kasına etkilerinin TC-99m MIBI sintigrafisi ile değerlendirilmesi (Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi; Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Uzmanlık Tezi). Tez danışmanı: Birtane M. Edirne, 2000.
79. Tulgar M. Yılmaz M. Nörostimülasyon Tedavisinde Alınması Gereken Önlemler ve Tıbbi Görüntüleme Tekniklerinden Faydalanma. *Van Tıp Dergisi*, Ocak;1999; Cilt:6, Sayı:1, 44-46.
80. Bohanan RW, Smith MB. Interrater reliability of Modified Ashworth Scale of muscle spasticity. *Phys Therapy* 1987;67:206-207.
81. Mysow J, Jakson R. Electrical Stimulation. In: Braddom R, eds. *Physical Medicine Rehabilitation*, 1996:464-491.
82. Soric R, Devlin M. Transcutaneous electrical nerve stimulation. *Postgraduate Medicine* 1985;(78)4:101-107.
83. Basford J. Physical Agents. In: De Lisa J A, eds. *Rehabilitation medicine*. Edition 2 Lippincott Company 1993:415-417.

84. Walsh N. Treatment of the patient with chronic pain. In: De Lisa J A (editör). Rehabilitation medicine. Edition 2 Lippincott Company. 1993:973-996.
85. Barr J. TENS for pain management. In: Nelson R, Currier D, eds. Clinical Electrotherapy. Second edition Appleton and lange. 1991:221-260.
86. Kroon JR, Jzerman MJ, Chae J, Lankhorst GJ, Zilvold G. Relation between stimulation characteristics and clinical outcome in studies using electrical stimulation to improve motor control of the upper extremity in stroke. J Rehabil Med. 2005;37:65-74.

ÖZGEÇMİŞ

Turan NERGİZ, 1976 yılında Siirt'te doğdu. İlkokulunun bir bölümünü Siirt'te İnönü İlkokulunda kalan kısmını ise Gaziantep'te Galip Deniz İlkokulunda bitirdi. Ortaokulu Şehit Adem Yavuz Ortaokulunda bitirdi. Liseyi 19 Mayıs Lisesinde tamamladıktan sonra 1998 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fizik Öğretmenliği bölümünden mezun oldu. 2001 Gaziantep Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Biyofizik Ana Bilim Dalında Yüksek Lisansa başladı.