

**T.C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK STİMÜLASYONUNDA KULLANILAN FARKLI  
AKIMLARIN DERİNİN BİYOFİZİKSEL ÖZELLİKLERİ  
ÜZERİNE ETKİSİ**

**Fzt. Yasin TUNÇ**

**Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ANKARA**

**2014**

**T.C.  
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK STİMÜLASYONUNDA KULLANILAN FARKLI  
AKIMLARIN DERİNİN BİYOFİZİKSEL ÖZELLİKLERİ  
ÜZERİNE ETKİSİ**

**Fzt. Yasin TUNÇ**

**Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI  
Prof. Dr. Nuray KIRDI**

**ANKARA**

**2014**

Anabilim Dalı: Fizyoterapi ve Rehabilitasyon

Program: Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon

Tez Başlığı: Elektrik Stimülasyonunda Kullanılan Farklı Akımların Derinin Biyofiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

Öğrenci Adı-Soyadı: Yasin TUNÇ

Savunma Sınavı Tarihi: 21.01.2014

Bu çalışma jürimiz tarafından yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı:

Prof.Dr. Yavuz YAKUT

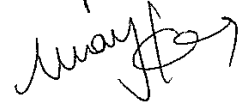
Hacettepe Üniversitesi



Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Nuray KIRDI

Hacettepe Üniversitesi



Üye:

Doç.Dr.Tüzün FIRAT

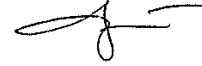
Hacettepe Üniversitesi



Üye:

Yrd.Doç Dr. Gürsoy COŞKUN

Hacettepe Üniversitesi



Üye:

Yrd. Doç. Dr. Zeliha Özlem YÜRÜK

Başkent Üniversitesi



Onay:

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim- Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri tarafından uygun görülmüş ve Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu kararıyla kabul edilmiştir.



Prof.Dr. Ersin FADILLIOĞLU y,  
Müdür

## TEŞEKKÜRLER

*Yüksek lisans eğitimim süresince ve tezimin her aşamasında, bilgi birikimini ve yardımlarını benden esirgemeyen, tecrübesiyle akademik hayatıma ışık tutan, manevi desteğini her zaman yanımda hissettiğim, tez danışmanım değerli hocam Prof. Dr. Nuray KIRDI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım .*

*Eğitim ve öğretim hayatım boyunca bilgi birikimlerini bana aktaran ve manevi desteğini her an yanımda hissettiğim sevgili hocam Dr. Fzt. Aydın MERİÇ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.*

*Tezimin oluşturulmasında ve istatistiklerinin planlanmasında destek veren, tüm bilgi ve tecrübelerini hiç çekinmeden benimle paylaşan, yardımlarını her an yanımda hissettiğim, henüz başında olduğum akademik hayatım boyunca örnek alacağım sevgili hocam Doç.Dr. Tüzün FIRAT' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.*

*Tezim süresince en yoğun günlerimde sabırla bana desteğini sunan, bilgi ve birikimini her zaman benimle paylaşan, sevgili hocam Dr. Fzt. Çiğdem AYHAN'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım,*

*Bu günlere gelmemi sağlayan, maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen, her zaman yanımda olan sevgili annem Sevim TUNÇ ve sevgili babam Fevzi TUNÇ'a sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.*

*Son olarak hayatımın her anında yanımda olan, sevgisini ve ilgisini hiç kaybetmeden bana destek veren, başarılarımın en önemli nedeni olan, zorlukları kolaylaştıran, hayat arkadaşım sevgili eşim Azize Reda TUNÇ' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.*

## ÖZET

**Tunç Y., Elektrik Stimülasyonunda Kullanılan Farklı Akımların Derinin Biyofiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Programı Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2014.** Bu çalışmada, elektrik stimülasyonu ile kas kuvvetlendirilmesinde kullanılan farklı akımların, derinin biyofiziksel özelliklerinde meydana getirdiği değişiklikler incelendi. Çalışma, 40 sağlıklı bireyin (yaş ortalaması=24,10±2,86) katılımıyla Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada derinin biyofiziksel özelliklerini oluşturan derinin ısısı, derinin transepidermal su kaybı, derinin pH'sı, derinin nemi ve derinin elastikiyeti elektrik stimülasyonu uygulaması öncesi ve sonrasında değerlendirilmiştir. Bireylerin ön kolunda el bileği fleksör kas grubuna gūnaşırı Faradik akım, Rus akımı ve Yüksek Voltajlı Kesikli Galvanik Akımı (YVKG) ile elektrik stimülasyonu uygulanmıştır. Elektrik stimülasyonu sonucu değerlendirmelerde üç akımında derinin biyofiziksel özelliklerinde anlamlı değişiklikler meydana getirdiği bulunmuştur ( $p<0.05$ ).

**Anahtar Kelimeler:** elektrik stimülasyonu, derinin biyofiziksel özellikleri

## ABSTRACT

**Tunç, Y. The effects of Electrical Stimulation on Skin Biophysical Properties, Hacettepe University, Institute of Health Sciences, MSc. Thesis in Physical Therapy and Rehabilitation Program, Ankara, 2014.** In this study the effects of various electrical currents for strengthening on biophysical properties of the skin was investigated. The study was carried on 40 healthy subjects in Hacettepe University, Faculty of Health Sciences, Department of Physical Therapy and Rehabilitation. The investigated biophysical properties, including temperature, transepidermal water loss, pH, hydration and elasticity of the skin, were measured both before and after the electrical stimulation. Faradic current, Russian current and High Voltage Pulsed Galvanic Stimulation were applied on the participants' wrist flexor muscle group on forearm every other day. Each of applied currents caused significant changes in different properties of the skin ( $p < 0,05$ ).

**Key words:** Electrical Stimulation, biophysical properties of skin

**İÇİNDEKİLER**

ONAY SAYFASI	iii
TEŞEKKÜRLER	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER	x
RESİMLER	xi
TABLOLAR	xii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Deri	3
2.1.1. Derinin Tabakaları	3
2.1.2. Derinin Biyofiziksel Özellikleri	7
2.2. Elektrik Stimülasyonu	11
2.2.1. Elektrik Stimülasyonunun Sağlıklı Kas Üzerine Etkisi	11
2.2.2. Elektriksel Stimülasyon Parametreleri	16
2.2.3. Elektrik Stimülasyonu ile Kas Kuvvetinin Artırılması	17
3. BİREYLER ve YÖNTEM	25
3.1. Bireyler	25
3.2. Yöntem	25
3.2.1. Demografik Bilgiler	25
3.2.2. Derinin Biyofiziksel Özelliklerinin Değerlendirilmesi	26
3.2.3. Deri Isısının Değerlendirilmesi	27
3.2.4. Transepidermal Su Kaybı (TESK) Değerlendirilmesi	27
3.2.5. Deri pH'ının Değerlendirilmesi	28
3.2.6. Deri Neminin Değerlendirilmesi	29
3.2.7. Deri Elastikiyetinin Değerlendirilmesi	30
3.2.8. Elektrik Stimülasyonu Uygulaması	32
3.3. İstatistiksel Yöntem	34
4. BULGULAR	35

4.1. Bireylerin Tanımlayıcı Özellikleri	35
4.2. Faradik Akımın Derinin Biyofiziksel Özelliklerinde Meydana Getirdiği Değişiklikler	35
4.3. Rus Akımının Uygulama Öncesi ve Sonrası Meydana Getirdiği Değişiklikler	36
4.4. YVKG Akımının Deri Biyofiziksel Özelliklerinde Meydana Getirdiği Değişiklikler	37
4.5. Akımların Meydana Getirdiği Değişikliklerin Farklarının Karşılaştırılması	38
4.6. Anlamlı Bulunan Sonuçların İkili Karşılaştırma ile Analizi	39
5. TARTIŞMA	42
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	47
KAYNAKLAR	48
EKLER	55
Ek 1. Etik Kurul Raporu	55



## SİMGELER ve KISALTMALAR

<b>%</b>	: Yüzde Oran
<b>°C</b>	: Derece Santigrat
<b>cm</b>	: Santimetre
<b>Diğ</b>	: Diğerleri
<b>Dk</b>	: Dakika
<b>gr</b>	: Gram
<b>Hz</b>	: Hertz
<b>Kg</b>	: Kilogram
<b>m</b>	: Metre
<b>mA</b>	: Miliamper
<b>mbar</b>	: Milibar
<b>mm</b>	: Milimetre
<b>msn</b>	: Milisaniye
<b>N,n</b>	: Birey Sayısı
<b>NMES</b>	: Nöromuskuler Elektrik Stimülasyonu
<b>p</b>	: İstatistiksel Yanılma Düzeyi
<b>SC</b>	: Stratum Corneum
<b>SD</b>	: Standart Sapma
<b>sn</b>	: Saniye
<b>TESK</b>	: Transepidermal su kaybı
<b>VIP</b>	: Vazoaktif intestinal Polipeptidler
<b>YVKG</b>	: Yüksek Voltaj Kesikli Galvani

## ŞEKİLLER

Şekil 2.1.1.1. Epidermisin anatomisi .....	5
Şekil 2.1.1.2. Derinin Tabakaları .....	7
Şekil 2.2.3.1. Faradik akım A) Orjinal dalga şekli B) Modifiye dalga şekli .....	18
C)İkinci fazın akım şiddeti eksitasyon için çok düşük .....	18
Şekil 2.2.3.2. Rus akımı özellikleri .....	19
Şekil 2.2.3.3. Rus akımının kas kuvvetlendirilmesi .....	20
Şekil 2.2.3.3. Yüksek voltaj monofazik kesikli akım .....	21
Şekil 2.2.3.4. YVKG akımın klinik kullanımı .....	23
Şekil 3.2.7.1. Elastikiyet parametrelerinin oranları .....	31

## RESİMLER

Resim 3.2.2.1. Hava nemlendirici ve elektronik sıcaklık ve nem ölçer.....	26
Resim 3.2.3.1. Deri ısısının değerlendirilmesi.....	27
Resim 3.2.4.1. TESK değerlendirilmesi.....	28
Resim 3.2.5.1. Deri pH'sının değerlendirilmesi .....	29
Resim 3.2.6.1. Deri neminin değerlendirilmesi .....	30
Resim 3.2.7.1. Deri elastikiyetinin değerlendirilmesi.....	31
Resim 3.2.8.1. Elektrik stimülasyonunda kullanılan elektroterapi cihazları a) Elettronica Pagani firmasının "Performer 982" model cihazı. b) ITO "Physiotherapy&Rehabilitation EU-940 "model cihazı.....	33

## TABLOLAR

Tablo 2.1.2.1. TESK’i etkileyen faktörler .....	9
Tablo 2.2.3.1. Elektrik stimülasyonunda kullanılan akımların özelliklerinin karşılaştırılması.....	24
Tablo 3.2.7.1. Elastikiyet değerlendirilmesinde ölçülen parametreler .....	32
Tablo 4.1.1. Bireylerin Demografik Bilgileri .....	35
Tablo 4.2.1. Faradik akımının derinin biyofiziksel özelliklerinde meydana getirdiği değişikliklerin dağılımlarının karşılaştırılması .....	36
Tablo 4.3.1. Rus akımının derinin biyofiziksel özelliklerinde meydana getirdiği değişikliklerin dağılımlarının karşılaştırılması .....	37
Tablo 4.4.1. YVKG akımının derinin biyofiziksel özelliklerinde meydana getirdiği değişikliklerin dağılımlarının karşılaştırılması .....	38
Tablo 4.5.1. Üç farklı akımın uygulama öncesi ve uygulama sonrası meydana getirdiği değişikliklerin farklarının karşılaştırılması. ....	39
Tablo 4.6.1. Faradik akım ile Rus akımının uygulama öncesi ve sonrası fark dağılım değerlerinin karşılaştırılması .....	40
Tablo 4.6.2. Rus akımı ile YVKG akımının uygulama öncesi ve sonrası fark dağılım değerlerinin karşılaştırılması .....	40
Tablo 4.6.3. Faradik akım ile YVKG akımının uygulama öncesi ve sonrası fark dağılım değerlerinin karşılaştırılması .....	41

## 1. GİRİŞ

Deri, vücudumuzun en geniş organıdır ve birçok fonksiyonu bulunmaktadır. Bunların başında dış çevreye karşı koruyucu rolü gelir. Diğer fonksiyonları arasında mekanik, termal ve nosiseptif duyu uyarılarına olanak sağlamak ve sıvı sekresyon kontrolüyle vücudun ısınısını düzenlemek vardır (1) .

Üç katmandan oluşan derinin en dış katmanı olan epidermis; kimyasal, çevresel ve mekanik stres gibi dış faktörlere karşı deriyi koruyan yapıdır. Epidermal bariyerin sürdürülebilirliği derinin sağlığının devam ettirilmesi için önem taşımaktadır (2) .

Çeşitli klinik durumlarında tedavi deri üzerinden uygulanır. Bu uygulamalar derinin biyofiziksel özelliklerini etkilemektedir. Derinin biyofiziksel özelliklerini derinin ısısı, transepidermal su kaybı (TESK), pH değeri, nemi ve elastikiyeti oluşturur (3) .

Deri üzerinden uygulanan tedavi yöntemlerinden biri olan elektrik stimülasyonu 17. yüzyıldan beri kullanılmaktadır. Elektrik stimülasyonu kas kuvvetinin artırılması, ağrının azaltılması, spastisitenin inhibisyonu, bazı dermatolojik durumların tedavisi ve yara iyileşmesi gibi birçok klinik durumda önemli rol alır (3) .

Elektrik stimülasyonu kullanılarak kas kontraksiyonları elde edilebilir. Sağlam sinire sahip olan bir kasın kuvveti dışarıdan elektrik stimülasyonu ile artırılabilir. Literatürde, elektrik stimülasyonunda, farklı akımların ve parametrelerin oluşturduğu protokollerin birçok klinik durumda kullanıldığı gösterilmiştir. Kas kuvvetinin artırılmasında sıklıkla Faradik akım, Rus akımı ve Yüksek Voltaj Kesikli Galvani (YVKG) akımı tercih edilir (4) .

Tedavi protokollerinde deri belirli süre için elektrik akımına maruz bırakılır. Tedavi edilen alanların yanı sıra epidermal bariyerin de etkilenebileceği düşünülmektedir. Epidermal bariyerin cilt sağlığının koruyuculuğu görevi göz önüne alındığında buradaki hasarın genel cilt sağlığı açısından önemli olduğu görülebilir. Bu nedenle epidermal bariyerin sağlam kalması önem taşımaktadır (3) .

Elektrik stimülasyonunun derinin biyofiziksel özellikleri üzerinde meydana getireceği değişiklikler literatürde açık şekilde araştırılmamıştır. Elektrik stimülasyonu uygulamaları süresince, deri birçok sebepten olumsuz etkilenebilir.

Özellikle elektrotlar altında meydana gelen polar etkiler sonrasında ortaya çıkan elektrokimyasal reaksiyonlar uygulamada sorunlar yaratabilir (5) . Bunun sonucunda deride irritasyon meydana gelebilir (5,6) .

Biyofiziksel özelliklerdeki değişimler girişimsel olmayan yöntemlerle ölçülebilmektedir. Değişimlerin belirlenmesi tedavide kullanılacak akım tipi ve parametrelerinin seçiminde rol oynayabilir. Ayrıca elektrik stimülasyonu sonucu deride oluşabilecek yanıklar, irritasyonlar için önceden önlem alınmasında yardımcı olacaktır (3) . Elektrik stimülasyonunda kullanılan farklı akımların derinin biyofiziksel özellikleri üzerine etkilerini araştıran çalışmanın hipotezleri şunlardır:

H<sub>0</sub>1: Faradik akımı derinin biyofiziksel özelliklerinde değişiklikler meydana getirmez.

H<sub>0</sub>2: Rus akımı derinin biyofiziksel özelliklerinde değişiklikler meydana getirmez.

H<sub>0</sub>3: Yüksek voltaj kesikli galvanik akımı derinin biyofiziksel özelliklerinde değişiklikler meydana getirmez.

Yukarıda belirtilen hipotezleri incelemek için gerçekleştirilmiş olan bu çalışmaya, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü Tedavi Ünitelerine başvuran hastaların refakatçilerinden 40 sağlıklı ve gönüllü birey alınmıştır. Derinin biyofiziksel özellikleriyle ilgili değerlendirmeler farklı akımların uygulamasından önce ve hemen sonra yapılmıştır.

Yapılan değerlendirmelerden elde edilen veriler uygun istatistiksel yöntemlerle karşılaştırılmış ve bulgular konuyla ilgili literatür eşliğinde tartışılmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Deri

İnsan derisi, organizmayı çevresel faktörlere karşı koruyan ve aynı zamanda organizmanın sıcaklık ve su kaybını düzenleyen önemli bir organdır. Deri, dış kulak yolu, kulak zarı dış kısmı ve burnun içi dahil tüm vücudu saran; sindirim, solunum ve ürogenital yapılara kadar uzanan bir koruyucu tabakadır. Deri, kişinin vücut kütlelerinin ortalama %10'unu oluşturur (7,8) .

Derinin kalınlığı vücudun bölgesine göre değişmektedir. Genel olarak kalınlığı 0.5-2 mm arasında değişir. El içi ve ayak tabanında bu kalınlık 4-6 mm' ye kadar çıkar, göz kapaklarında ise 0.1 mm'ye kadar inceler (9) .

Deri, vücut ve dış çevre arasında sürekli olarak kendini yenileyen ve onaran bir ara tabakadır. İç ve dış çevre arasında iletişim sağlar ve kendini yenileyen yüksek derecede bariyer özelliğine sahiptir (10) .

Derinin temel görevlerinden birisi de vücut ısısının kontrolüdür. Vasküler mekanizma tarafından sağlanan kutanöz dolaşım, ani artış ve azalma göstererek terlemenin de yardımıyla ısıyı regüle eder ve böylelikle homeostazis korunur. Deri aşırı su kaybı ve absorpsiyonu önler. Normal iklim koşullarında (20-22 °C sıcaklık, % 40–60 nem) sıcaklık regülasyonu terleme ile sağlanır (11) .

Derinin friksiyonel özellikleri vardır. Yapısı itibariyle hareket ve manipülasyona yardım eder. Elastiktir ve belli limitler içerisinde esnetilip sıkıştırılabilir (11) .

#### 2.1.1. Derinin Tabakaları

Deri histolojik olarak 3 ana tabakadan oluşur. Bu tabakalar epidermis, dermis ve hipodermisdir. Epidermis gebeliğin ilk ayında ektodermden, dermis 11.hafta civarında mezodermden gelişir (12) .

##### A) Epidermis

Epidermis derinin en ince tabakasıdır. Temel membrandan başlayıp *stratum corneum* (SC) uzanır. Bazal tabaka, spinöz tabaka, granül tabaka ve SC tabakalarından oluşur. Epidermis göz kapaklarında 0.06 mm'den, topuk ve avuç

içlerinde 0.8 mm'ye kadar değişebilen kalınlıkta, düzenli olarak kendini yenileyen, kan damarları içermeyen bir yapıdadır. Dört tip hücresi bulunmaktadır.

**Keratinositler**, epiderminin temel hücresidir. Cildin maruz kaldığı koşullara göre yassılaşıp yüzeyleşerek cilde dayanıklılığını veren tabakaları oluşturur (13,14).

**Melanositler**, derinin pigmentasyonu ve ultraviyole ışınlar karşısında koruma görevi vardır (2)

**Langerhans hücreleri**, orta epidermiste bulunurlar. Kemik iliğinden orijin alırlar ve immün sistem içinde antijen oluşumu gösterirler. Bu yüzden immün sistemin korunabilmesi için önemlidir (13-15) .

**Merkel hücrelerin**, membrandaki yerlerinden düşük eşikli dokunma duyusunu epidermise yansıtma görevi vardır. Ayrıca dermis ve epidermis arasında terminal sinir uçlarıyla iletişimi sağlarlar (2,10,12) .

Epiderminin en dış tabakası *stratum corneum* (boynuzsu tabaka, SC) tabakasıdır. SC, basit bir tanımlama ile hücreler arası lipidlerin çevrelediği, keratin dolu ölü hücreler olan korneositlerden oluşmaktadır. SC' nin yapısı, tuğlalar ile örülmüş bir duvar görüntüsü şeklindedir. Keratin hücreleri, bu duvarın örülmesinde kullanılan tuğlalar olarak ve keratin hücreleri arasındaki hücreler arası lipid matriks de, tuğlalar arasındaki harç tabakası olarak tanımlanmaktadır (16) . Özellikle, SC hücreler arası lipidlerin tabakalı düzeni ile derinin bariyer işlevi arasında doğrudan ilişki bulunmaktadır (10)

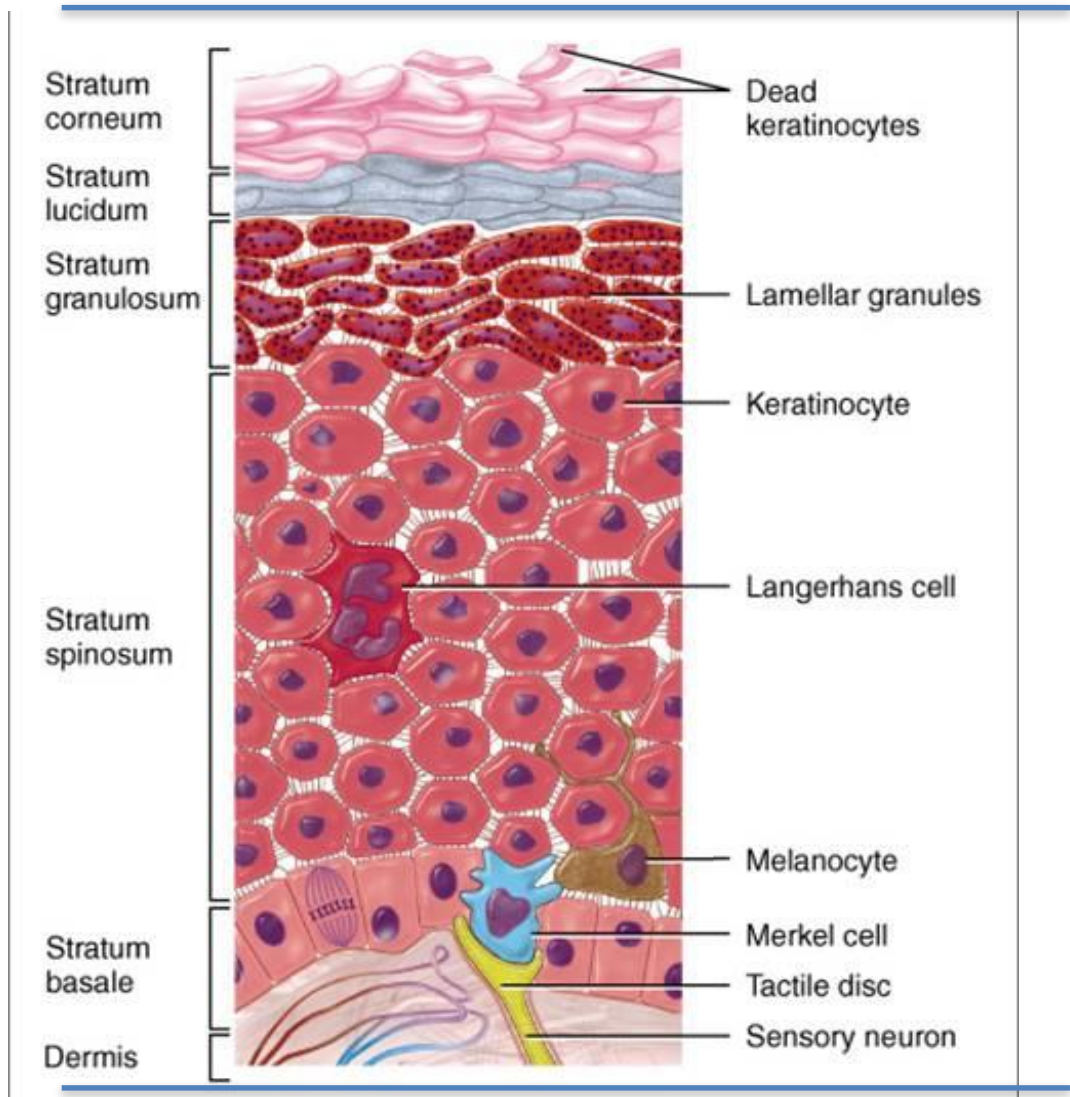
SC, vücudun hidrasyonunu transepidermal su kaybını (TESK) belirli bir seviyede tutarak korunmasına yardımcı olur. Ayrıca patojenlere karşı fiziksel ve biyokimyasal bariyer görevi sağlar (17) . SC, biyosensörleriyle dış çevreyle derinin alt tabakaları arasında iletişimi sağlar. Herhangi bir yaralanmada bariyerin tekrar düzeltilmesi için sinyal gönderir. İnflamatuar bir sinyal olan bu uyarı, yapının tekrar düzenlenmesini başlatır (2,18)

Normal deri yüzeyi alt tabakalara göre negatif potansiyele sahiptir. Eğer bariyer işlevi bozulursa negatif potansiyel hızla azalır (19) . Nishimura ve diğerleri (20) , yaptıkları çalışmada, derinin düz akımla uyarıldığında keratinositlerin negatif kutuba yöneldiğini bularak, keratinositlerin dış elektriksel akımları algılayan sensör



sistemi olduğunu göstermiştir. Buradan yola çıkarak elektriksel uyarının epidermal bariyer homeostazı etkileyebileceği düşünülmektedir (20) . Yapılan çalışmada saçsız fare derisi üzerinde negatif ve pozitif kutuptan elektriksel potansiyel uygulanıp, epidermal bariyer iyileşimi TESK ölçümü ile takip edilmiştir. Negatif kutup çevresinde bariyer iyileşmesinin anlamlı şekilde hızlandığı, pozitif kutupta iyileşmenin geciktiği görülmüştür (21) .

Epidermal bariyeri ve çevresindeki yapılar Şekil 2.1.1.1’de görülmektedir.



Şekil 2.1.1.1. Epidermisin anatomisi (2)

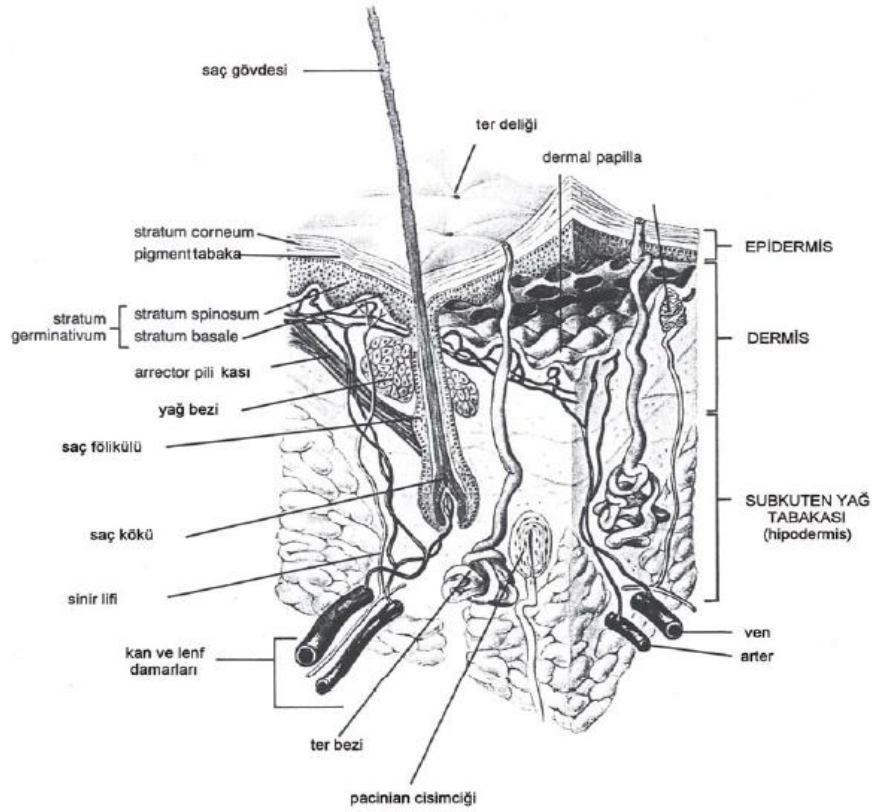
## **B) Dermis**

Epidermisin altında, vücudun değişik bölgelerine göre 0,3 - 2,4 mm kalınlıkta olan, derinin esas hacmini ve ağırlığını oluşturan tabakadır. Epidermisin destekleyici tabakasıdır. Su ve elektrolit içeriğinin yüksek olması bakımından önemlidir. Esas yapısında deri ekleri, derinin damar ve sinirleri bulunmaktadır. Dermisteki temel hücreler fibroblastlardır. Esas yapıyı *substantia fundamentalis* adı verilen şekilsiz bir jel madde ile bu madde içinde tamamen sarılmış olarak bulunan lifler ve hücreler oluşturur. Bu bölge histolojik preparatlarda görülmez. Dermisin yapısını teşkil eden elemanlara askı görevi görür. Bünyesinde çok miktarda su, çeşitli iyonlar, glikoz, plazma proteinleri ve asit mukopolisakkaritler ile nötral ve asit mukoproteinler bulunur. *Substantia fundamentalis* içinde bulunan lifler ise, dermisi oluşturan asıl elementlerdir ve bütün dermiste yaygın olarak bulunurlar. Derinin sağlamlığını ve elastikiyetini sağlarlar (22) .

## **C) Hipodermis**

Hipodermis ya da subkutan doku, derinin bir parçası olarak kabul edilmez. Ancak deriyi alttaki dokulara gevşekçe bağlar .

Derinin tabakaları Şekil 2.1.1.2.1 de gösterilmiştir.



Şekil 2.1.1.2. Derinin Tabakaları (2)

### 2.1.2. Derinin Biyofiziksel Özellikleri

İnsan derisinin yapısının ve biyofiziksel özelliklerinin araştırılması , özellikle de derinin bariyer işlevini üstlenmiş olan SC'nin çeşitli özelliklerinin tanımlanması, derinin bakım ve tedavisine yönelik araştırmaların geliştirilmesi ve deriden ilaç moleküllerinin geçişinin incelenmesi açısından oldukça önemlidir (23) .

Deri üzerinden gerçekleşen su kaybı, derinin hidrasyon seviyesi ve yüzey lipidlerinin miktarı, derinin mekanik ve yüzey özellikleri, epidermal lipidlerin yapısal düzeni parametrelerinin, *in vivo* ve *in vitro* olarak incelenmesi, deriye topikal ve transdermal yol ile uygulanan ürünlerin etkinliğinin kanıtlanması amacıyla çeşitli biyofiziksel yöntemler kullanılmaktadır.

Biyofiziksel yöntemler kullanılarak yapılan değerlendirmelerin standardizasyonu için **Avrupa Kontakt Dermatit Birliği Standardizasyon Grubu Kılavuzunda** belirtilmiş olan; bireye, çevreye ve cihazlara bağlı değişkenlere dikkat edilmeli ve ölçümler belirli koşullara göre düzenlenmelidir (24) .

Deneilerin gerçekleştirildiği laboratuvar ortamında şartlandırılmış hava koşulları bulunmalıdır. Sabit sıcaklık (20-22 C°) ve sabit nem (%40-60 bağıl nem) koşulu sağlanmalıdır .

- In vivo deneylerde, denekler ölçümlerden en az 15 dakika önce analizin gerçekleştirileceği odada bulunmalı ve analiz süresince odadan dışarı çıkmamalıdır. Bu şekilde ölçümleri etkileyebilecek kısa süreli koşulların etkisi en aza indirilebilmektedir.
- Topikal uygulanan ürünlerin deri üzerindeki etkilerinin ölçülmesinde en uygun vücut bölgesi seçilmelidir. Genellikle kolun ön yüzeyinin kullanılmaktadır
- Ölçümü yapan kişinin deneyimli olması aranılan bir özelliktir (24) .

#### **A)Deri Isısının Ölçülmesi**

Deri ısısı, epidermal bariyerin homeostaz sağlama görevini etkileyen bir parametredir. Deri yüzeyinde bulunan reseptörler ısı artışında etkilenerek deri altında reaksiyonların aktivasyonunu sağlar. Yapılan çalışmalarda bariyer iyileşmesinin 36 °C ile 40 °C arasında en hızlı olduğu gösterilmiştir (25) .

#### **B) Deri Üzerinden Gerçekleşen Su Kaybının (Transepidermal Su Kaybı, TESK) İncelenmesi**

Derinin yapısı, bütünlüğü ve bariyer görevinin değerlendirilmesinde kullanılan girişimsel olmayan biyofiziksel yöntemlerin başında transepidermal su kaybı (TESK) ölçümü de bulunmaktadır (26-28) .

SC'deki suyun %25-35'i bağıl su olarak bulunurken, serbest su ise, dokularda polar elektrolitler için çözücü olarak bulunmaktadır. SC yapısında yer alan ve doğal nemlendirici faktör olarak bilinen "*Natural Moisturizing Factor*" ün bileşiminde serbest aminoasitler, aminoasit türevleri ve tuzlar bulunmaktadır. Bu higroskopik karışım suyun SC'de kalmasını sağlayarak deriye esneklik kazandırır.

Deri altındaki su, pasif difüzyon kuralıyla SC'den geçer ve deri yüzeyinden su buharı olarak kaybedilir. İnsan derisi üzerinden hergün yaklaşık olarak 3-6 g/sa/m<sup>2</sup> su buharlaşmaktadır. Deriden kaybedilen toplam su miktarını ifade eden TESK, SC'nin bütünlüğü ve sağlığının bir göstergesi olarak kabul edilir. Derinin bariyer işlevi bozulduğunda veya bütünlüğünü kaybettiğinde, TESK artar. Bu artış

sonrası epiderminin alt tabakalarına sinyaller aracılığı ile haber verilerek hücreler arası lipidlerin yenilenmesi ve bariyer işlevinin tamiri sağlanır. TESK'in izlenmesi ile tamir yanıtının ne kadar sürdüğü saptanabilir ve hassas farklılıklar bile TESK'in ölçülmesi ile saptanabilir. Birçok deri hastalığına TESK artışının eşlik ettiği belirlenmiştir (29,30) .

TESK'i etkileyen birçok bireysel faktör Tablo 2.1.2.1. de gösterilmiştir. (31) .

**Tablo 2.1.2.1. TESK'i etkileyen faktörler**

Yaş	Bireylerde başlangıç TESK değeri yaş ilerledikçe azalmaktadır. Prematüre bebeklerde ilk haftada en fazladır.
Cinsiyet	TESK üzerine belirli bir etkisi saptanmamıştır.
İrk	TESK üzerine belirli bir etkisi saptanmamıştır.
Anatomik Bölge	Önemli bir değişkendir. Avuç içi>taban>alın=kulak arkası=tırnak=elin dış yüzeyi >ön kol=üst kol=kasık =göğüs>karın=sırt
Terleme	Fiziksel,termal veya duygusal terleme TESK ölçümlerini doğruluğunu etkileyen önemli değişkenlerdir.
Vasküler Etkiler	TESK ölçümlerinin yapıldığı oda sıcaklığı 22 °C den fazla olmamalıdır.
Derinin Yüzey Sıcaklığı	TESK basit vazokonstrüksiyon ve vazodilatasyondan etkilenmemektedir.

Deri farmakokinetiğinin girişimsel olmayan yöntemlerle izlenmesi ve tekrarlanabilir sonuçların elde edilmesi, gelecekte bireylerden kan örneklerinin alınması gereksinimini ortadan kaldıracakı düşünülmektedir (32) .

### C) Deri Yüzeyinin pH'sının İncelenmesi

Deri yüzeyinin asidik pH'sı (5.4-5.9) epidermal bariyer işlevinin sürdürebilmesi açısından çok önemlidir. İlk olarak Elias ve diğerlerinin (33) belirttiğine göre, 1892'de Heuss tarafından derinin asidik karakteri tanımlanmış ve daha sonra 1928'de Schade ve Marchionini tarafından, koruyucu özelliğe vurgu yapan "asit manto" tanımlaması literatüre kazandırılmıştır. Derinin asit mantosunun

eksikliği bariyer bütünlüğünün bozulmasına neden olur (33) .

Deri pH'sının bulunmasında, sensör elemanlarını içeren cam elektrot ile gerçekleştirilen analizler (pH Meter®) hızlı, basit ve tekrarlanabilir ölçümlere olanak vermektedir. Yüzey pH'sının ölçümleri yaş, anatomik bölge, eşlik eden hastalık gibi endojen faktörlerden etkilenirken; mevsim değişiklikleri, temizlik yöntemleri, kullanılan kozmetik ürünler ya da ilaçlar gibi dış faktörler de deri pH'sını etkilemektedir (34) .

#### **D) Derinin Neminin İncelenmesi**

Deri ve SC'nin hidrasyon seviyesinin belirlenmesinde en fazla kullanılan yöntem, derinin elektriksel kapasitesinin ölçülmesidir. Bu amaçla kullanılan cihazlar, su ve ilgili iyonların sirkülasyonunu, dolayısıyla epidermisteki hidrasyona bağlı olarak değişen elektrik kapasitesini ölçmektedir. Bir kapasitans ölçüm ünitesi, 0.02 mg/cm<sup>2</sup>'deki su içeriğine eş değerdir. Ölçümlerde, deri yüzeyinin elektrot ile tam temas etmesi, sonuçlarda güvenilirliğin sağlanması bakımından önemlidir (35) .

SC hidrasyon derecesinin değerlendirilmesi, fizyolojik ve terapötik araştırmalar açısından çok önemli role sahiptir. Derinin su içeriği, klinik görünüşünü ve mekanik özelliklerini etkilemesinin yanı sıra topikal uygulanan farmasötik formülasyonların etkinliğini de önemli ölçüde değiştirmektedir (36) .

Genelde SC hidrasyonu ile TESK değerleri arasında doğru orantılı bir ilişki görülmektedir. TESK'in düşük olması, SC su içeriğinin normal seviyede olduğunun işaretidir. Deri hastalıklarında, epidermal bariyer bütünlüğü bozulduğu için bu durumun tersi geçerlidir (37) .

#### **E) Derinin Elastikiyetinin İncelenmesi**

Derinin, özellikle de SC'nin mekanik özelliklerinin ölçülmesi kolay bir işlem değildir. Önemli bir parametre olan derinin elastikiyeti yaşlanma ile birlikte çeşitli unsurların yanı sıra su içeriğindeki azalmadan dolayı kaybolur. Normal bir derinin iyi bir kan dolaşımı vardır ve uygulanan bir kuvvet karşısında tepki vermede gecikme özelliğinden dolayı hemen orjinal haline dönmez, bir süre hafif deforme kalır. Dolaşımı iyi olmayan deride plastik deformasyon kalıcıdır. Deri dolaşımının etkilendiği durumlarda elastik özellikler azalır (38-40) .

## **2.2.Elektrik Stimülasyonu**

Moreno ve diğerleri (41) çalışmasında, İtalyan bilim insanı Luigi Galvani (1737-1798) kurbağalarda deney yaparken, demir ve bakır teması ile kurbağanın bacağına ilk kez yapay kas kontraksiyonu elde ettiğini aktarmaktadır. 1867 yılında Duchenne de Boulogne cilt üzerinden kasın motor noktaları üzerine elektrotlar yerleştirerek yaptığı uygulamalarla elektrik stimülasyonunun kullanımını artırmıştır. İlerleyen yıllarda, denerve kasların da elektrik akımları ile uyarılabileceği bulunmuştur. Elektrik stimülasyonu, günümüzde inerve veya denerve kasın uyarılması, ağrı kontrolü, kas spazmının çözülmesi, deri ülserleri ve yaralarının tedavisi, spastisitenin inhibisyonu, eklem hareket açıklığının korunması veya artırılması ve kırık iyileşmesi gibi çok farklı alanlarda kullanılmaktadır (42) .

### **2.2.1.Elektrik Stimülasyonunun Sağlıklı Kas Üzerine Etkisi**

Sağlıklı iskelet kası uzun süreli artmış aktiviteye yönlendirildiği zaman, çeşitli histokimyasal, fizyolojik ve morfolojik değişiklikler meydana gelir. Artmış kas aktivitesi, artmış egzersiz veya kronik elektrik stimülasyonu sonucu meydana gelebilir. Sağlıklı kasta artmış egzersize cevap olarak meydana gelen değişiklikler, uzun süreli nöromusküler elektrik stimülasyonu (NMES) süresince oluşan değişikliklerle benzerdir. Bu değişikliklerin amacı, fonksiyonel içeriğindeki değişikliklerle kasın daha iyi adapte olmasını sağlamaktır.

#### **Histokimyasal Değişiklikler**

Sağlıklı iskelet kasının, yeni uygulama paternine adapte olabilme özelliği vardır. Örneğin, devamlı, alçak frekanslı elektrik stimülasyonu birkaç hafta tavşanın Tip II lifi içeren kasları üzerine uygulandığında, hızlı kasılan bu kas grubu yavaş kasların biyokimyasal ve fizyolojik karakteristiklerini kazanarak yeni durumuna transformasyonu görülür. İlk değişiklikler 2-4 gün içerisinde, sarkoplazmik retikulumda kalsiyum depolarının sayısının azalması ve iyonize kalsiyum kapasitesinin düşmesinde görülür. Transvers tübül, terminal sisterna ve sarkoplazmik retikulum yoğunluğu azalır. Bu durum sonucunda kasılma özellikleri etkilenir ve kas maksimum kasılma hızına daha geç sürede ulaşmaya başlar. İzotonik kasılma

özellikleri ise dönüşümün erken döneminde değişmez. Kalsiyum ile aktive olan miyozin ATP-az aktivitesi ilk 3 hafta içinde azalmaya başlar. Transformasyonda miyozinin ağır ve hafif zincir komponentleri jel elektroforezi, miyozin parakristal formasyonu ve immünohistokimya ile gösterilmiştir (4,43) . Miyozinin hem hafif hem de ağır zincir komponentinde değişimler görülür. Bu lif tiplerinin düzenli dönüşümü, miyozindeki değişiklikleri içerir ki, bu polimorfik şekillerde bulunan majör kontraktıl proteindir. Miyozin alt tipleri hızlı lif tipinden yavaş lif tipine aynı zamanda dönüşüm göstermez ve tek bir kas lifinde hem yavaş hem de hızlı kasılan lif birlikte bulunur. Stimülasyonu takiben tropomyozin, 3 hafta içinde hızlı tipten yavaş tipe değişir.

Kronik elektrik stimülasyonunu takiben myofibular proteinlerdeki değişiklikler miyozinle sınırlı değildir. Roy ve diğerleri (44) , 3 haftalık kronik elektrik stimülasyonundan sonra tropomyozinin alfa ile beta formlarının oranının yavaş kasların karakteristik oranına değiştiğini göstermişlerdir.

Hızlı kasların diğer kronik, alçak frekansta stimülasyonu çalışmasında, Hudlica ve diğerleri, hızlı kasların uzun dönem, düşük frekansta stimülasyonunun, stimülasyonun frekansına bağlı olmaksızın, eğer stimülüslerin toplam sayısı karşılaştırılabilirse, stimülüs süresi yeterli uzunlukta (minimum 2 hafta) ve bütün motor üniteler aktive edilmiş ise, hızlı kasların yavaş kaslarınkine benzeyecek bazı kasılma özelliklerine neden olabileceği sonucuna varmışlardır (45) .

Bu bulgular, sağlıklı memeli kaslarındaki enzimatik plastisitenin NMES'den etkilendiğine işaret etmektedir (46) .

### **Metabolik Değişimler**

Sağlıklı kasların NMES'inin, kasların metabolik aktivitesi üzerinde direkt etkisi vardır. Hızlı kasılan kasların uzun süreli NMES'i, kas performansını geliştirir ve predominant olarak anaerobikten, predominant olarak aerobik metabolizmaya değişiklikler oluşturur (43) .

Aitman ve diğerleri (47), kontraksiyon süresince kronik olarak stimüle edilen tavşan kaslarının stimüle edilmeyen kontrollerle karşılaştırdıklarında kan akışında ve oksijen tüketiminde daha fazla artış kaydetmişlerdir. Hem kan akışı ve hem de oksijen tüketiminde ki bu artış, 10 ile 40 dev/sn frekansında, dakikada 5 saniye süren



3 atım dizisi ile devamlı stimüle edilen kaslarda da aynı derecede meydana gelmiştir. Bunlar aynı zamanda kronik olarak stimüle edilen kaslarda glikoz tüketiminde de artış göstermişlerdir, laktat outputu kronik stimüle edilen kaslarda stimüle edilmeyen kontrollere göre daha düşüktür. Kronik stimüle edilen kaslarda yorgunluk kontrollere göre önemli derecede daha azdır.

Aitman ve diğerleri (47) , frekansı dikkate almadan sağlıklı kasların 14 ile 28 gün süresince kronik NMES inde aerobik metabolizmanın üzerinde önemle durarak ve kassal performansının geliştiğini ifade etmişlerdir. Onlar aynı zamanda, NMES'in spesifik frekasına göre kasın metabolizmasında ve kassal performansında gözlenen değişikliklerden dolayı toplam aktivitenin daha önemli olabileceğini ifade etmişlerdir (4,47) .

Pette ve diğerlerine (48) göre; hızlı lif içeren kasların, yavaş lif içeren kasların frekans paternine benzer frekansla (10 dev/sn); aralıklı, uzun süreli (28 gün) NMES'i, anahtar metabolik enzimlerin aktivitesinin ardışık yeniden düzenlenmesine öncülük eder. İlk olarak, glikogenolizin (fosforilaz) ekstramitokondrial enzimlerinde azalma, glikoliz (laktat dehidrogenaz) ve enerjiden zengin fosfat transferleri glukoz fosforilasyonunu ve yağ asiti aktivasyonunu içeren enzimlerdeki artışla birlikte bulunmuştur (4,48) .

İlerleyen dönemde ketonun vücuttaki kullanımı ile beraber, sitrik asit siklusu ve yağ asiti oksidasyonunun anahtar enzimlerinde artış kaydedilmiştir Bu bulgulardan, Pette ve diğerleri (48) NMES'in hızlı kas liflerinin yavaş liflere dönüşümüne öncülük ettiğini düşünerek, bu dönüşüme morfolojik olarak yavaş kasılan liflere eş olan *intermediate* lif tipinin formasyonunun eşlik ettiği kararına varmışlardır. Bu *intermediate* liflerin sayısındaki artışın da uzun süreli 10 dev/sn'de elektrikle stimüle edilen kaslarda beklendiğini ifade etmişlerdir.

Diz cerrahisini takiben, izometrik kas eğitimi ile NMES ilave edilmiş izometrik kas eğitimini karşılaştıran klinik çalışmada, Erickson ve Haggmark, elektrik stimülasyonunun oksidatif enzim aktivitesindeki düşüşü başarılı bir şekilde önlediğini ve bunun da yalnızca izometrik kas eğitimi alan kişilerin quadriceps femoris kaslarında gözlendiğini göstermişlerdir (4) . Anterior cruciate bağ rekonstrüksiyonu olan hastalar rastgele iki gruba ayrılmış. Kontrol grubuna uygulanan uygulamada standart alçı ve quadriceps femorise izometrik kas eğitimi

verilmiş. Deneysel gruba ise standart alçı, izometrik kas eğitimi ve transkutanöz elektrik stimülasyonu yapılmış. NMES uygulamasında quadriceps femoris kasının distal kısmına alçıdan pencere açılarak birinci elektrot yerleştirilmiş, 2. elektrot ise kasıkta femoral sinirin üzerine yerleştirilmiş. Stimulus 200 dev/sn de 5-6 sn uygulanmış, takiben 5 sn'lik dinlenme periyodu verilerek kaslar her gün 1 saat, haftada 5 gün, 4 hafta süre ile stimüle edilmiş. Hastalar klinikte gözlenmiş, cerrahi öncesi, cerrahiden 1 hafta ve 5 hafta sonra biyopsiler alınmış (4)

Diz cerrahisini takiben immobilizasyon ve NMES'in etkileri üzerine bir başka klinik çalışmada, Stanish ve arkadaşları, Ericson ve Haggmark'ın NMES ile myofibriler ATPaz aktivitesi üzerinde yaptığı çalışmadaki gibi benzer etkiler bulmuşlar (49) . Bunlar konvansiyonel rehabilitasyon programını haftada 5 gün, 2500 Hz sinüzoidal dalga formunda, 50 atım/sn modüle edilmiş akım kullanarak her seans 10 quadriceps femoris kas kontraksiyonu, 15 sn süre ile ve 45 sn dinlenme süresince alınmış. Bu çalışma sonucunda NMES ile mobilizasyondan meydana gelen myofibriler ATPaz'daki azalma önlenmiştir. Bununla beraber yazarlar, NMES in immobilizasyon periyodunda bulunmayan kişilerde ATPaz aktivitesindeki artışa öncülük edebileceğini ileri sürmemişlerdir.

### **Membran Değişiklikleri**

Kas impuls aktivitesi kasın membran özelliklerinin korunmasında, önemli bir faktör olarak düşünülmüştür (4) Örneğin, Jansen ve diğerleri (50) , kronik NMES'in denervasyonu takiben oluşan asetil kolin duyarlılığının yayılmasını önlediğini göstermişlerdir,

Sağlıklı kasın korunmasındaki sorumlu tek faktörün sinirle oluşturulan aktivitenin olup olmadığı ile ilgili net bir tartışma olmamakla birlikte, bu çalışmalar impuls aktivitenin kasın membran özellikleri ve bu özelliklerinden dolayı da iskelet kasının kontraktilesi üzerinde çok büyük etkileri olduğunu göstermiştir (4)

Elektriksel uyarılardan en fazla etkilenen dokular; sinirler, reseptörler ve iskelet kaslarıdır. Elektriksel uyarı, uyarılabilir membranları doğrudan etkiler ve elektriğin tedavi edici etkisi ortaya çıkar. Bu etkiler:

**1.Hücre düzeyinde:** Periferik sinirlerin ve kas liflerinin uyarılması sonucu diğer hücrelerin membran potansiyellerinde ve formasyonlarında değişiklik ile

enzimatik aktivitede değişiklikler olur. Elektriksel uyarı periferik sinirlerin eksitasyonunda ve protein sentezinin değişmesinde direkt fizyolojik etkisi meydana getirir. Ayrıca elektriksel uyarının;

- Eksitator hücrelerin (kalsiyum kanalları) membran permeabilitesindeki değişikliklerin az olması veya hiç olmaması,
- Fibroblastlar ve fibroblastik formasyonda değişiklik,
- Osteoblastlar ve osteoklastik formasyonda değişiklik,
- Mikrosirkülasyonda değişiklik,
- Mitokondri büyüklüğü ve konsantrasyonunda değişiklikler gibi direkt ve dolaylı fizyolojik etkisine neden olur.

**2. Doku düzeyinde:** Kas kontraksiyonu ile kas kuvvetinin, venöz ve lenfatik dolaşımın artmasına ve doku rejenerasyonunun hızlanmasına sebep olur. Bununla birlikte doku düzeyinde fizyolojik etkiler görülür:

- İskelet kası kontraksiyonu ve bunun kas kuvveti, kontraksiyon hızı, reaksiyon zamanı ve yorgunluk üzerine etkileri,
- Düz kas kontraksiyonu veya gevşemesi ve bunun arterial ve venöz kan akışı üzerine direkt veya dolaylı etkileri,
- Kemik, ligament, konnektif doku ve dermal dokuyu içeren doku rejenerasyonu etkisi,
- Yumuşama, germe, viskozite azalması, eklem kavitetlerinden ve interstisyel alanlardan sıvı absorpsiyonunu içeren dokunun yeniden şekillenmesini dolaylı veya direkt olarak sağlanması.
- Dokuda termal ve kimyasal dengede değişiklikler meydana gelmesidir.

**3. Segmental düzeyde:** Elektrik stümilasyonunun, segmental düzeyde, kas grup kontraksiyonu ve bunun eklem mobilitesi ve sinerjistik kas aktivitesi üzerine etkisi görülür. Ayrıca büyük dolaşım ve lenfatik damarların, venöz ve arterial kan akışı ve lenfatik drenajı üzerine dolaylı olarak kasın pompalama hareketi ile etkisi görülür.

**4. Sistemik düzeyde:** Bu düzeyde elektrik stimülasyonu, betaendorfinler, enkefalinler, dopaminler ve dimorfinler gibi endojen polipeptidler ile birlikte

analjezik etkiler meydana getirir. Bununla birlikte serotonin ve substance-P gibi nörotransmitterler ile birlikte dolaylı olarak analjezik etki yaratır.

Elektrik stimülasyonun dolaşım üzerinde sistemik etkileri vazoaaktif intestinal polipeptidler (VIP) gibi polipeptidler ile birlikte gerçekleşir. Ayrıca böbrek ve kalp fonksiyonları gibi iç organ aktivitelerinin modülasyonunda da dolaylı etki gösterir.

### 2.2.2. Elektriksel Stimülasyon Parametreleri

Tedavi amacıyla elektrik dalga formu amplitüd, süre ve frekansa göre sınıflandırılır. Üç temel dalga formu bulunmaktadır.

- 1) **Düz (Galvanik) akım:** Doğru akım tek yönlüdür, dalga formunda değişiklik yoktur .
- 2) **Alternatif Akım:** Kesintisiz ve çift yönlüdür. Simetrik veya asimetrik özellik gösterir.
- 3) **Kesikli Akım:** Kesikli akımlarda dalgalar monofazik ve bifazik olarak sınıflandırılır. Bifazik dalga formları simetrik veya asimetrik olabilir. Simetrik olanların akım yoğunluğu, süresi, dinlenme zamanı dalga formundaki azalma ile değişebilir. Elektrotların altında elektroliz ürünleri oluşmaz (51) .

Kesikli ve alternatif akımlar amplitüd, süre ve frekanslarına göre değiştirilebilir. Farklı dalga formları ve uyarı parametrelerinin hasta konforu, kontraksiyon kuvveti, güçlendirme ve yorgunluk üzerine etkilerini araştırmak amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Hangi dalga formunun hastaya en fazla konfor sağladığı ile ilgili görüş birliği yoktur. Hem patlayıcı module edilmiş alternatif akım (Rus akımı) hem de asimetrik bifazik atımlı akımın en güçlü kontraksiyonları oluşturduğu saptanmıştır. Akım şiddeti ile kas kasılması arasındaki ilişki doğrusal olarak gözlemlenmiştir (52) Geçiş süresi 20  $\mu$ sn olduğunda en güçlü kas kontraksiyonunun açığa çıktığı fakat 60  $\mu$ sn üstündeki geçiş süresinin, ağrı oluşturduğu gözlemlenmiştir. Frekans 60-100 Hz arası olduğunda da kontraksiyonun oluştuğu bildirilmiştir (30).

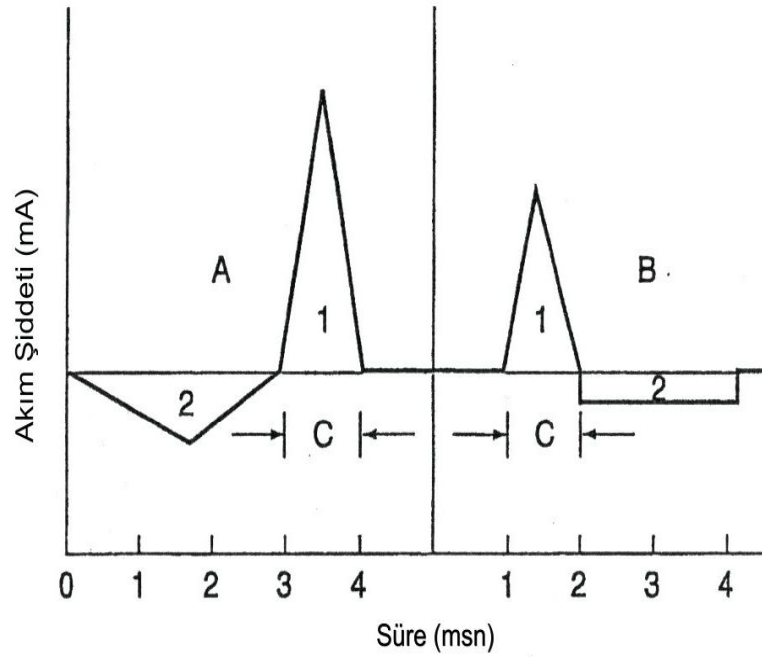
### 2.2.3. Elektrik Stimulasyonu ile Kas Kuvvetininin Artırılması

Elektrik stimulasyonunun kasın kuvvetlendirilmesi üzerindeki etkileri çeşitli çalışmalarla gösterilmiş olup klinikte sıklıkla Faradik akım , Rus akımı ve Yüksek Voltaj Kesikli Galvanik (YVKG) akımları kullanılmaktadır.

#### A) Faradik Akım

Faradik akımın genel veya lokal uygulamalar şeklinde 19. yüzyıldan günümüze kullanımı devam etmektedir. 1950' li yıllarda galvanik akıma göre hastalar tarafından daha rahat tolere edilmesi nedeniyle kullanımı artmıştır. Tolerasyonunun sebebi, galvanik akıma göre daha kısa geçiş süresine sahip olması ile açıklanmaktadır (4) ,G., A. (53) .

Faradik akım, asimetrik bifazik alçak frekanslı akımdır. Akım geçiş süresi 0.1-1 msn, frekansı 30-100 Hz'dir. Etkili sinir stimülasyonu 1 msn süren sivri dalga akımla sağlanır, uyarının geri kalan kısmı düşük voltajlıdır ve sinir stimülasyonu sağlayamaz. Sağlam kasta en uygun uyarı etkisi 50 Hz frekansta olur. Alçak frekansta kasılma, daha yüksek frekanslarda titreşim hissedilir (54) . Faradik akımın özellikleri Şekil 2.2.3.1 de gösterilmiştir.



Şekil 2.2.3.1. Faradik akım A) Orjinal dalga şekli B) Modifiye dalga şekli

C) İkinci fazın akım şiddeti eksitasyon için çok düşük (4) .

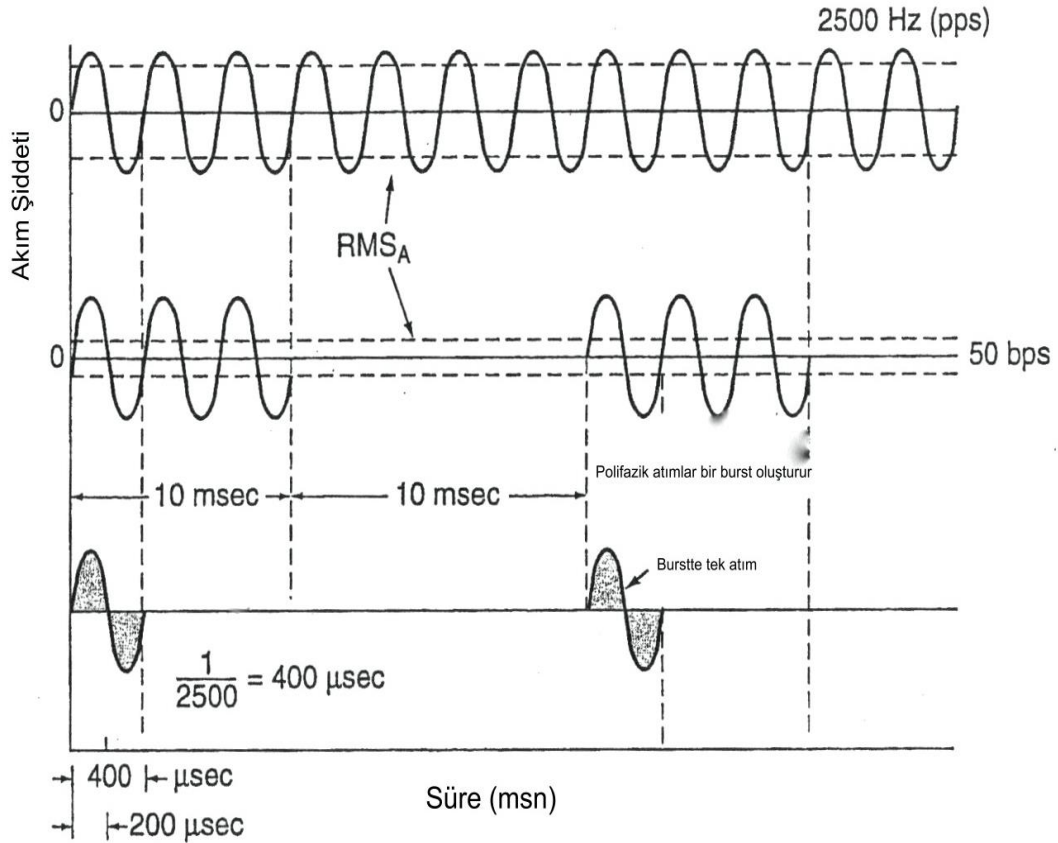
Faradik akımı kısa geçiş süresine sahip olduğu için duyu sinirleri üzerinde anlamlı etki meydana getirmez. Uygulanan bölgede iğnelenme şeklinde, ağrısız bir his meydana getirir. Yüzeysel kan damarlarında refleks vazodilatasyonla hafif bir eritem görülür. Bu vazodilatasyon sadece yüzeysel dokuda oluşur. Faradik akım, motor sinirleri stimüle ederek o sinirin inerve ettiği kasta kontraksiyon meydana getirir. Kullanmama atrofisini düzeltmek için denerve olmayan kasta kullanılır. Denerve kasta kısa geçiş süresi nedeniyle kontraksiyon meydana getirmez (55-57) .

Normale yakın kas kontraksiyonu için akım *surge* 'lü hale getirilir. *Surge* edilmiş akım tedricen artar ve hızla azalır. (1,4) .

### B) Rus Akımı

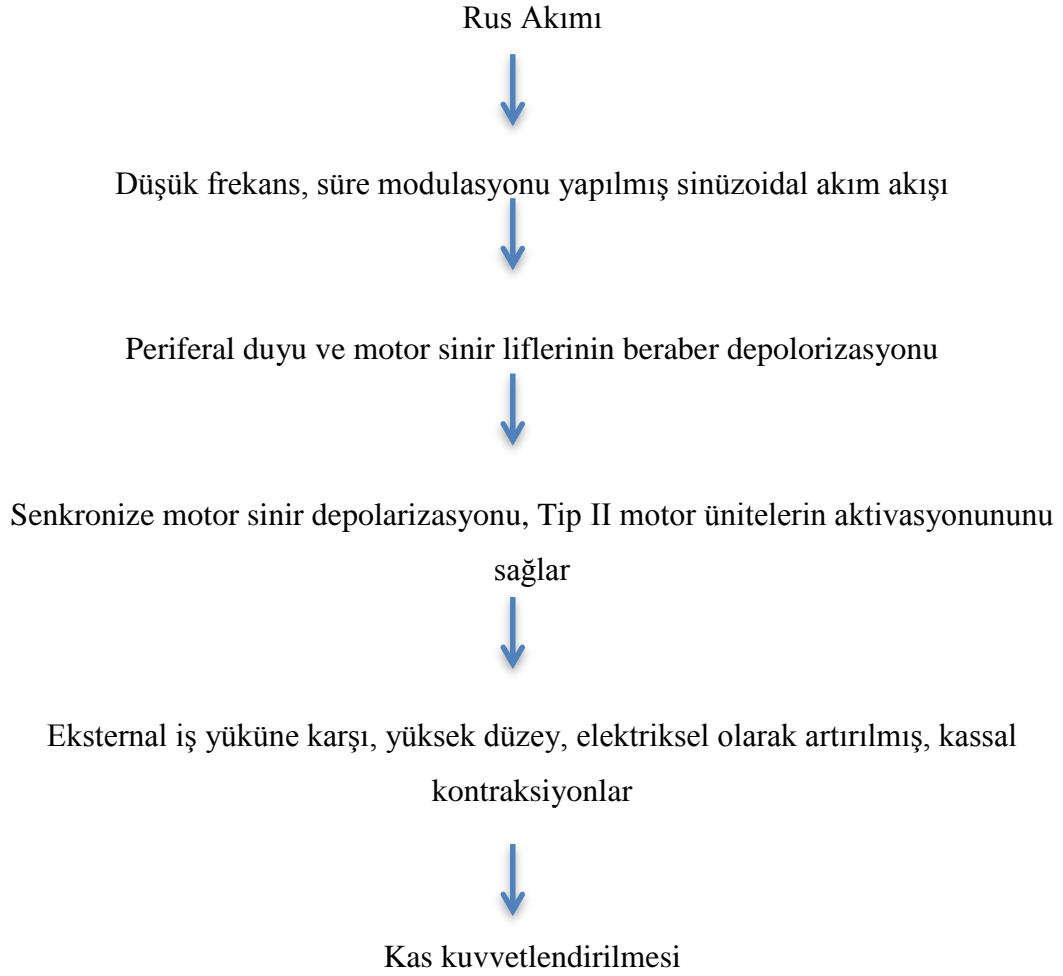
İlk kez 1977 yılında Rus bilim adamı Dr. Yakov Kots tarafından kas stimülasyonu yapan bir akım olarak bildirilmiştir. Kots, bu akımın, istemli kas kontraksiyonuyla birlikte ya da sadece akımla, kas kuvvetini, hem sağlıklı bireylerde hem de hastalarda kullanılabileceğini vurgulamıştır (1) .

Rus akımı saniyede 2500 atımlık taşıyıcı frekansa sahip devamlı sinüzoidal dalga akımını süre modülasyonuna uğratılmasından oluşturulur. Bu devamlı sinüzoidal dalga akım 10 msn'lik patlamalar arası sabit aralıkları takiben, 10 msn'lik sabit periodlarla patlama modülasyonudur. Böylece tipik burst frekansı sn'de 50 olan Rus akımı elde edilmektedir (Şekil 2.2.3.2) (58,59)



Şekil 2.2.3.2. Rus akımı özellikleri (4)

Rus akımı periferik duyu ve motor sinir liflerinin birlikte depolarizasyonunu sağlayarak senkronize motor sinir depolarizasyonunu ve tercihen hızlı kasılan Tip 2 kas liflerinin aktivasyonunu sağlamaktadır. Bu da eksternal iş yüküne karşı yüksek düzey elektriksel olarak arttırılmış kassal kontraksiyonlar ve sonucunda kas kuvvetlenmesi sağlamaktadır. Rus akımının esas endikasyonu normal kasta, kas kuvvetinin artırılması olarak ortaya atılmıştır. Rus akımının diğer kas kuvvetlendiren akımlara üstünlüğü ise, yüksek akım şiddetinin ağrısız olarak dokulara uygulanabilmesidir (1) .



**Şekil 2.2.3.3.** Rus akımının kas kuvvetlendirilmesi

Rus akımıyla yapılan tedavide, Kots tarafından geliştirilen ve literatürde “*Russian Tekniği*” olarak da bilinen protokol sıklıkla kullanılır. Bu protokolda her tedavi seansında 10 kas kontraksiyonu vardır. Her kontraksiyon 10 sn sürer ve bir sonraki kontraksiyon için 50 sn dinlenme zamanı vardır (geçiş:dinlenme oranı 1/5 dir) (1) . Bu teknik uzun dinlenme süresi sunduğu için kassal yorgunluk oluşmadan, maksimum kuvvet kazancı sağlar.

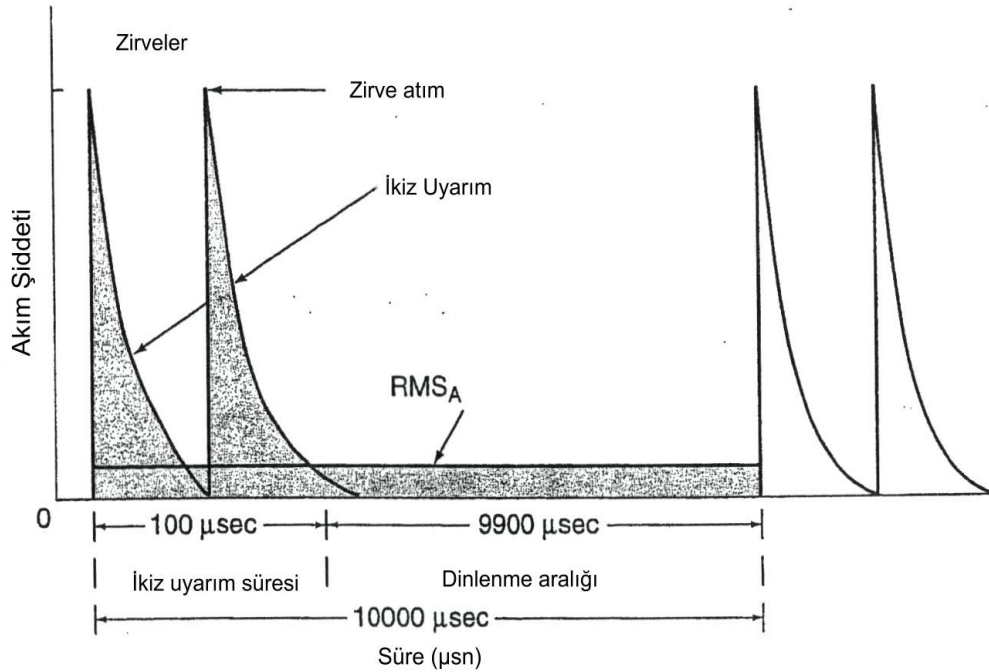
Rus akımının klinikte, anterior servikal alan üzerine, transtorasik bölgeye, hamile kadınlarda sırt ve karın bölgesine, yüzeysel metal implantlar üzerine, hemorajik ve neoplastik alan üzerine, elektronik implantlar üzerine, duyu algılaması bozulmuş deri alanlarına uygulanması uygun görülmemektedir (1,60) .



### C) Yüksek Voltaj Kesikli Galvanik (YVKG) Akım

İlk kez yüksek voltaj kesikli galvanik akım, Nelson'un belirttiğine göre (4) 1945 yılında Haislip tarafından geliştirilmiştir. Elektrik akımının geçiş süresi azaltılıp, voltajı arttırıldığında deride hasar oluşturulmadan derin dokuların uyarılabileceği görülmüştür. Ödem tedavisinde etkisini gösteren çalışmalar yayınlanmıştır (4) .

Yüksek voltaj kesikli galvanik akım aletleri, sabit süreli, çift tepeli monofazik kesikli dalga verirler. Her atım bir çift monofazik sivri bir dalga formu içerir. Bu dalga formu ani bir artış ve ardından ani bir iniş gösterir. Atımlar karakteristik olarak çok kısa geçişlidir. YVKG akımların atım durasyonu, her iki zirve atımının faz süresini içerir. Frekans 1-200 atım/sn ile ifade edilir (60-62) . YVKG akımın özellikleri Şekil 2.2.3.3 de gösterilmiştir.



Şekil 2.2.3.3. Yüksek voltaj monofazik kesikli akım (4) .

YVKG akım uygulamalarında, düşük voltaj uygulamalarına göre daha az doku direnci veya reaksiyon kapasitesi ile karşılaşılır. Bu özellik teorik olarak YVKG'nin daha etkili ve rahat tolere edilebilmesinin teorik olarak açıklamasıdır.

YVKG akımı iki kere zirve yapan atım süresinin çok kısa olması avantajıyla, daha kısa atım süresi için daha yüksek akım şiddetini ifade eden sinir depolarizasyonuna yönelik klasik kuvvet zaman ilişkisiyle uyumludur.

YVKG akımının yüksek voltaj çıkış özellikleri ve monofazik kesikli dalga formları nedeniyle klinikte hem sinir stimülasyonu ile kası kuvvetlendirme hem de doku stimülasyonu ile yara iyileşmesinde kullanılabilir.

YVKG akımının diğer yöntemlere göre yüksek elektriksel hareket güce sahip olması en büyük üstünlüğüdür. Bu üstünlükle gelen düşük empedansı sayesinde deriden daha kolay bir şekilde penetre olarak sinir liflerini depolarize eder ve doku iyileşmesinin devamlılığını sağlar.

YVKG akımı klinikte bir çok durum için kullanılmaktadır. YVKG akımının mikroorganizmalara ve rejeneratif faaliyetlere üzerinde etkisi gösterilmiştir. Bası yaralarında ve diabetik yaraların tedavisinde kullanılmaktadır. Uygulamalarda negatif kutup mikroorganizmaların üremesini engellemektedir. Pozitif kutup poliferasyon fazında hücre göçünü artırarak yaranın rejenerasyonu hızlandırmaktadır (*Galvanotaxis Effect*). Dermal ve subdermal doku rejenerasyonunda kullanılabilir (61,62) .

YVKG akımı gerçekleşen kas kontraksiyonunun pompalama etkisiyle yumuşak doku ödemlerinde sıvı hareketini hızlandırır.

Kas reedükasyonu ve atrofisinde yüksek voltaj kesikli akım kullanılmaktadır. Akımın frekansı, nöromusküler stimülasyonda önemlidir. Elektrik akımının frekans artışıyla tek tek kas liflerindeki kasılmalar birleşip giderek tam tetani görülür. Yüksek frekanslı uygulamalarda kas yorgunluğu daha erken olmaktadır (61,62).

Yüksek voltaj kesikli akım diğer nöromusküler stimülatörlerle kıyaslandığında, avantajı yüksek elektriksel hareket gücü yani voltajıdır. Düşük empedansa sahip olması nedeniyle, deriden daha kolay bir şekilde penetre olur ve daha rahat tolere edilir. Yüksek voltaj nedeniyle deri direnci kendiliğinden düşer (62).

Kronaksi degeri A-alfa liflerinde 0.03 msn, Abeta liflerinde 0.2 msn, A-delta liflerinde 0.45 msn ve C liflerinde 1.5 msn'dir.Yüksek voltaj kesikli akımda atım süresi 0.2 msn olduğu için, ağrı liflerinden ziyade selektif olarak duyusal ve motor lifler uyarılır. Denerve kasta uyarı süresinin yetersizliği nedeniyle kontraksiyon

meydana getiremez (60-62) .

Literatürde kas kuvvetini arturmaya yönelik çalışmalarda kas kontraksiyon kapasitesinde artış gözlemlenmiştir (62)

YVKG akımı ani kas spazmının tedavisinde kullanılmaktadır. Uzun süreli tetanik kontraksiyonla, kas yorulur, kas spazmı–ağrı halkasının kırılmasıyla kasın gevşemesi arttırılır (60)



**Şekil 2.2.3.4. YVKG akımının klinik kullanımı**

Literatür incelendiğinde YVKG nin alçak voltaj nöromusküler elektrik stimülasyonuna göre;

- 1- Düşük akım şiddeti ve çok kısa atım süresi nedeniyle elektrotlar altındaki asit-baz oluşumunun az olması, elektrokimyasal reaksiyonların çok az olması veya hiç görülmemesi,
- 2- İki kere zirve yapan atımlar temporal sumasyon yolu ile direkt olarak aksonların ve kas liflerinin uyarılabilir membranlarının daha geniş parsiyel depolarizasyonuna yol açması,
- 3- Deri direnci ve deri altı yağ dokusu ortalamanın üzerinde olan kişilerde

bile rahatlıkla kullanılabilmesi ve akımın daha iyi tolere edilebilmesi,  
4- Penetrasyon derinliğinin fazla olması ve daha kuvvetli kontraksiyon oluşturması gibi önemli avantajlarının olduğu saptanmıştır (53,60,63) .

YVKG neoplazik lezyon üzerine, ağır skar ve kalın adipoz doku üzerine, ciddi ödem alanları üzerine, osteomyelitik bölge üzerine, anterior servikal bölge üzerine, transtorasik bölge üzerine, transkranyal alan üzerine, hamilelerin lumbar ve abdominal bölgeleri üzerine, hemorajik alan üzerine, elektronik implantlar üzerine uygulama yapılmamalıdır (60).

Klinikte kas kuvvetini artırmak için kullanılan Faradik akımı, Rus akımı ve YVKG akımının kendilerine özgü akım özellikleri vardır. Bu özellikler Tablo 2.2.3.1 de karşılaştırılmıştır.

**Tablo 2.2.3.1.** Elektrik stimülasyonunda kullanılan akımların özelliklerinin karşılaştırılması

	<b>Faradik Akım</b>	<b>Rus Akımı</b>	<b>YVKG Akım</b>
<b>Dalga formu</b>	Asimetrik Bifazik	Süre modülasyonlu alternatif akım	Monofazik
<b>Atım süresi</b>	1000 $\mu$ sn	50-200 $\mu$ sn	5-20 $\mu$ sn
<b>Atım Sayısı</b>	1-60 atım/sn	1-100 atım/sn	1-200 atım/sn

### 3. BİREYLER ve YÖNTEM

Bu çalışma için H.Ü. Etik Kurulu tarafından 08.01.2014 tarihinde GO 14/45-44 sayılı karar ile etik izin alınmıştır.

#### 3.1.Bireyler

Bu çalışmanın örneklemini H.Ü. Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü tedavi ünitelerine başvuran hastaların sağlıklı refakatçileri arasından, çalışma kriterlerini sağlayan, yaşları 18-30 yaş arasında, yaş ortalamaları  $24,10 \pm 2,86$  yıl olan, toplam 40 gönüllü sağlıklı katılımcıdan oluşmuştur. Katılımcıların 20'si erkek, 20'si kadındır.

Tüm olgular, çalışmanın amacını ve içeriğini kapsayan yazılı ve aydınlatılmış onam ile bilgilendirilmişler ve gönüllü olduklarını, onam formunu imzalayarak belirtmişlerdir.

#### 3.2.Yöntem

Bu çalışmada elektrik stimülasyonunda kas kuvvetini artırmak için kullanılan farklı akımların derinin biyofiziksel özellikleri üzerinde meydana getireceği değişiklikler araştırılmıştır.

Ölçümler H.Ü. Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü El Cerrahisi Ünitesinde yapılmıştır.

Değerlendirmeye sağlıklı bireyler alınmıştır. Ölçüm yapılacak kolun saçsız deri olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca herhangi bir deri anormalliği (yara, skar doku, dermatit, kızarıklık, egzema) olan bireyler çalışmaya dahil edilmemiştir (3) .

Ölçümler her katılımcıda aynı noktadan yapılmıştır. Derinin biyofiziksel özelliklerinin değerlendirilebilmesi için ölçümler her iki ön kolun anterior yüzünden önkolun 1/3 distaline yerleştirilen elektrotlar altından yapılmıştır.

##### 3.2.1.Demografik Bilgiler

Çalışmaya alınan katılımcıların fiziksel özellikleri olarak yaşları (yıl), boy uzunlukları (cm), vücut ağırlıkları (kg) ve cinsiyetleri kaydedilmiştir.

### 3.2.2. Derinin Biyofiziksel Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Derinin biyofiziksel özelliklerinden ısı, TESK, pH, nem ve elastikiyet ölçümleri, 21 ° C sabit oda sıcaklığı ve %40-50 nem oranına sahip ortamda gerçekleştirilmiştir. Ortamın nemi, oda nemlendirici cihazı ile korunmuştur (Resim 3.2.2.1.) Nem ve sıcaklık derecesi değerleri, elektronik bir sıcaklık ve nem ölçer cihazından sürekli takip edilmiştir. Ölçüm yapılacak bölgeye son 24 saat içinde kozmetik veya topikal herhangi bir madde uygulaması sınırlandırılmış ve katılımcılara ölçüm yapılacak zamana kadar son dört saatlik dilimde ölçüm bölgesini yıkamamaları söylenmiştir. Ölçümlerden 30 dakika öncesine kadar fiziksel aktivite yapmaması istenen katılımcılar, ölçüm öncesi sabit ısı ve nem oranına uyum sağlamaları açısından 30 dakika süre ile ölçümün yapılacağı oda koşullarında bekletilmiştir. Ölçüm yapılacak noktaların bir cisimle temasına izin verilmemiştir (3) Ölçümlerden önce uygulama alanlarının tüm katılımcılarda aynı şekilde temizlenmesi için “Topicream Gentle Cleansing Water Face & Eyes” solüsyonu kullanılmıştır.

Ölçümler önkolun 1/3 distalinde bulunan elektrotun yerleştirileceği alandan ve uygulama sonrası yine bu alandan yapılmıştır. Elektrotlar ön kol medialine el bileği fleksör kas grubu üzerine yerleştirilmiştir. Ölçüm yapılmadan önce bu bölge işaretlenmiştir.



**Resim 3.2.2.1.** Hava nemlendirici ve elektronik sıcaklık ve nem ölçer

### 3.2.3. Deri Isısının Değerlendirilmesi

Isı ölçümü Courage+Khazaka firmasının Cutometer MPA 585 cihazı ile değerlendirilmiştir (Resim 3.2.3.1). Aletin probu içindeki ısı sensörü ile ölçümler °C olarak kaydedilmiştir (3) .



**Resim 3.2.3.1.** Deri ısısının değerlendirilmesi

### 3.2.4. Transepidermal Su Kaybı (TESK) Değerlendirilmesi

Courage+Khazaka firmasının Cutometer MPA 585 cihazı ile yapılmıştır. Değerlendirmede buharlaşan su ve terleme miktarı ölçülmüştür. Ölçüm birimi gram/saatmetrekare olarak belirlenmiştir.

Ölçüm yapan prob, 10 mm çapında, 20 mm yüksekliğindedir. İçinde nem ve sıcaklık sensörleri vardır (Resim 3.24.1). Dokunun tedrici olarak ısıtılmasına karşı derideki su kaybı ölçülür (3) .

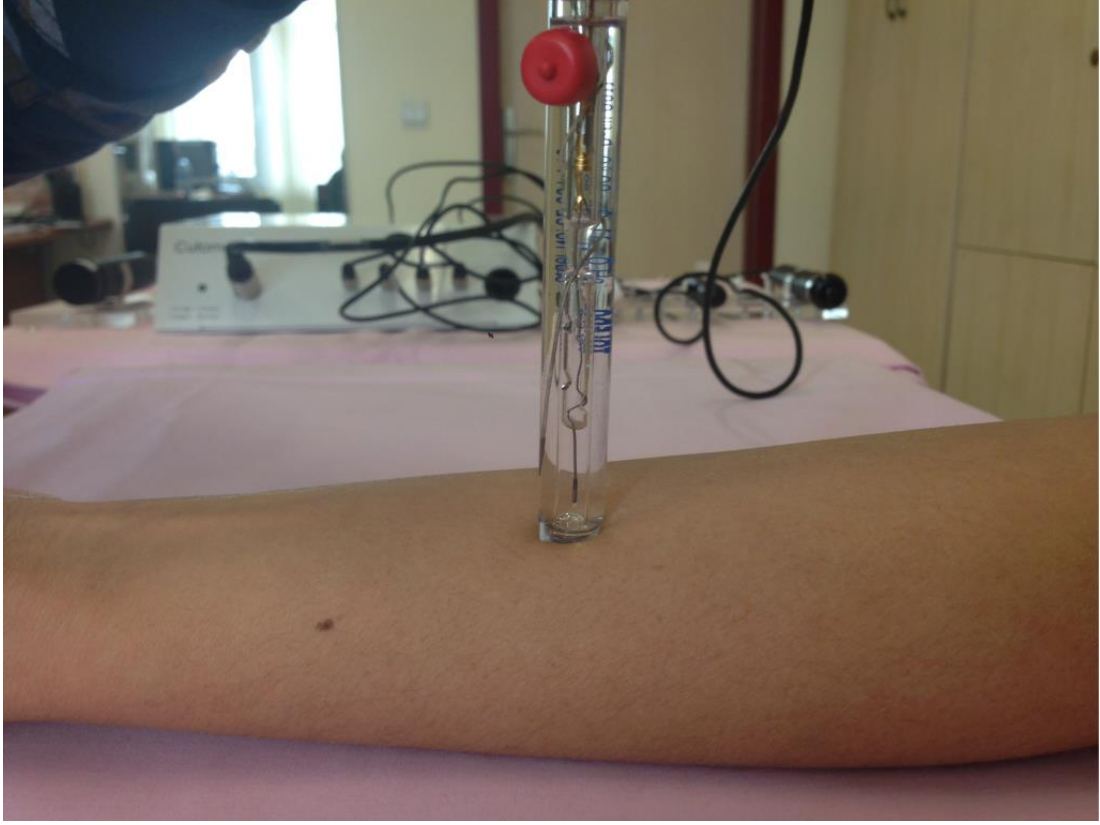


**Resim 3.2.4.1.** TESK değerlendirilmesi

### **3.2.5. Deri pH' sının Değerlendirilmesi**

Derinin pH Courage+Khazaka firmasının Cutometer MPA 585 cihazı ile değerlendirilmiştir. pH değerinin ölçümü cam bir elektrot ile yapılmaktadır (Resim 3.2.5.1). Probu deriye teması ile elde edilen sayısal veri pH olarak okunur (3) .

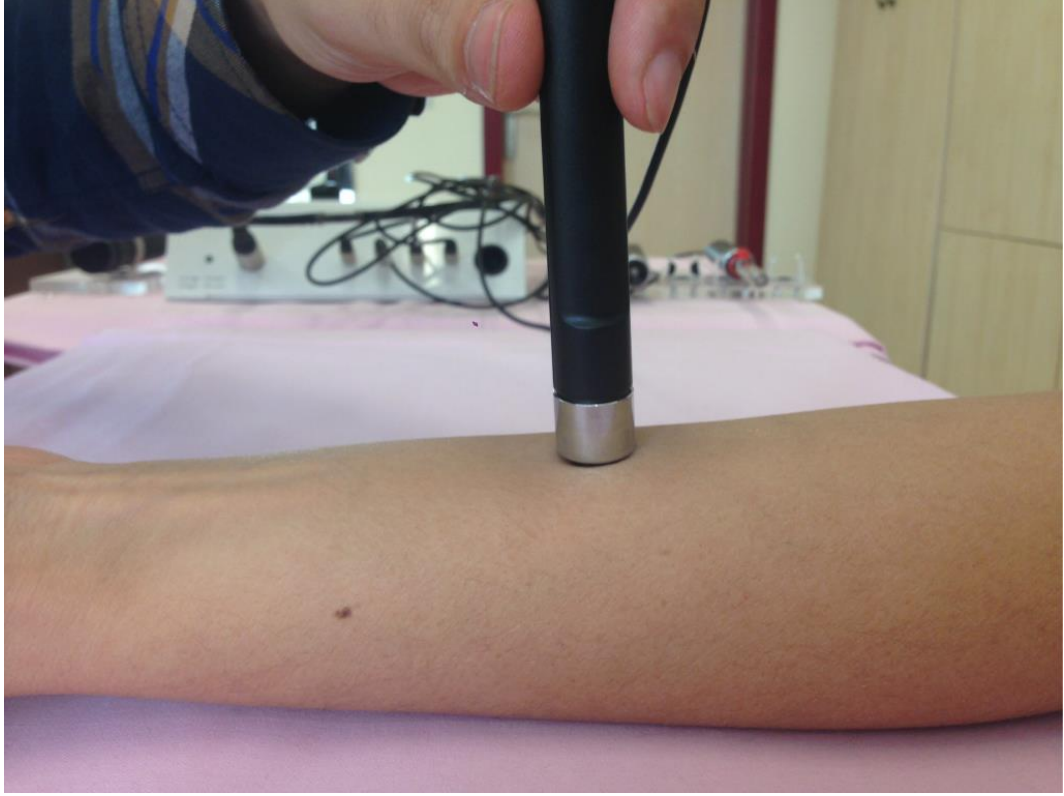




**Resim 3.2.5.1.** Deri pH'sının değerlendirilmesi

### **3.2.6. Deri Neminin Değerlendirilmesi**

Derinin nem ölçümü Courage+Khazaka firmasının Cutometer MPA 585 cihazı ile değerlendirilmiştir. Ölçümün temeli suyun farklı dielektrik sabitleri esasına dayanır. Prob içindeki bir cam lamina prob içindeki metalik yüzeyleri birbirinden ayırır ve akım iletimini önler (Resim 3.2.6.1) (64) .



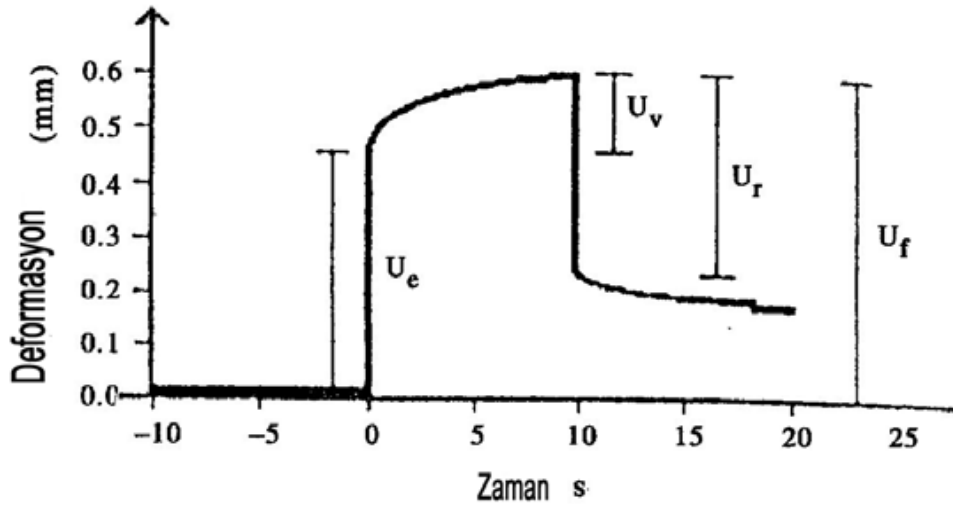
**Resim 3.2.6.1.** Deri neminin değerlendirilmesi

### **3.2.7. Deri Elastikiyetinin Değerlendirilmesi**

Elastikiyet, Courage+Khazaka firmasının Cutometer MPA 585 cihazı ile gerçekleştirilmiştir.. Ölçüm 20–500 milibar arasında değişen negatif basınç uygulayan prob ile yapılmıştır (Resim 3.2.7.1). Değerlendirme, ölçüm yapılan probun deriyi çekmesi ve derinin uzamasının kaydedilmesi esasına dayanır. Ölçümleri yapan prob, cihaza özel bir hava tüpü ile bağlıdır. Cihaz, ölçümü probun ucundaki 2 mm'lik açıklıktan derinin negatif basınçla çekilmesiyle deride meydana gelen vertikal deformasyonu kaydederek gerçekleştirir. Negatif basıncın ortadan kalkmasıyla deri eski haline geri döner (65) . Ölçüm sonuçları Cutometer MPA 585 cihazının bağlı olduğu bilgisayardan kaydedilmiştir. Değerlendirme sonucunda R0, R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7, R8, R9 parametreleri alınmaktadır (Tablo 3.2.7.1)



Resim 3.2.7.1. Deri elastikiyetinin değerlendirilmesi



Şekil 3.2.7.1. Elastikiyet parametrelerinin oranları

**Tablo 3.2.7.1.** Elastikiyet değeriendirilmesinde ölçülen parametreler (66)

İlgili Parametre	Gerçek Parametre	Tanımlama
R0	Uf	Derinin maksimum gerilimi
R1	Uf-Ua	(Maksimum Gerilim)-(Son retraksiyon)
R2	Ua/Uf	Son retraksiyon ve maksimum gerilim oranı
R3	İlk ve son maksimum şiddetin karşılaştırılması	Birbirini izleyen gerilimlerle maksimum şiddet değişimi
R4	İlk ve son minimum şiddetin karşılaştırılması	Birbirini izleyen gerilimlerle minimum şiddet değişimi
R5	Ur/Ue	Ani retraksiyon ve ani gerilim oranı
R6	Uv/Ue	Viskoelastisite ve elastisite oranı
R7	Ur/Uf	Ani retraksiyon ve maksimum gerilim oranı
R8	Ua	Son retraksiyon
R9	R3-R0	(Son maksimum şiddet) – (maksimum gerilim)

### 3.2.8. Elektrik Stimulasyonu Uygulaması

Fizyoterapi ve rehabilitasyonda kas kuvvetini artırmak için sıklıkla kullanılan üç farklı akım bu çalışmada uygulanmıştır. Bunlar Faradik akım, Rus akımı ve YVKG' dir.

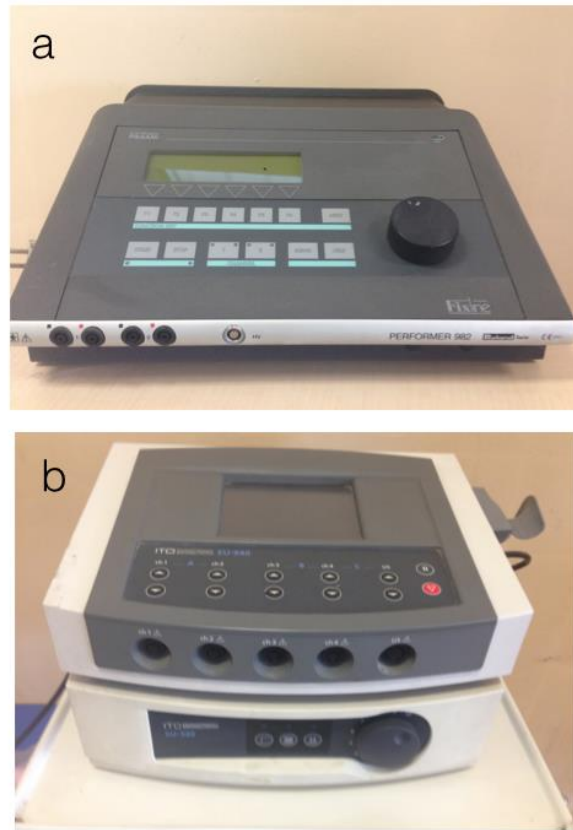
Stimulasyon için kendinden yapışkanlı 5x5 cm boyutunda elektrotlar ön kolun ön yüzeyinin medialine el bileği fleksör kas grubu üzerine yerleştirilmiştir.

Uygulanan Faradik akımı Elettronica Pagani firmasının “Performer 982” model cihazı kullanılarak 1 msn uyarı 20 msn dinlenme şeklinde (10 dk uyarı-3dk dinlenme-10 dk uyarı ) toplam 20 dk verilmiştir. Akım dakikada 25 atım olacak şekilde *surge* 'lü hale getirilmiştir Akım şiddeti optimal kontraksiyon alınana kadar artırılmıştır .

Rus akımı; “ITO Physiotherapy&Rehabilitation EU-940” model cihazı kullanılarak 2500 Hz frekansında, 400  $\mu$ sn geçiş süresi ile 10 msn on ve 50 msn off

süresinde toplam 10 dk uygulama yapılmıştır. Akım şiddeti tetanik kas kontraksiyonu alınana kadar artırılmıştır (1) .

YVKG akımı “ITO Physiotherapy&Rehabilitation EU-940” model cihazı kullanılarak atım genişliği 100  $\mu$ sn, atım frekansı 60 atım/sn, 5sn uyarı 10 sn dinlenme süresi ile, toplam çıkış voltajı 150-350 Volt parametreleriyle toplam 30 dk uygulama yapılmıştır. Akım şiddeti optimal kas kontraksiyonu alınmaya kadar artırılmıştır (1,4) .



**Resim 3.2.8.1.** Elektrik stimülasyonunda kullanılan elektroterapi cihazları a) Elettrotecnica Pagani firmasının “Performer 982” model cihazı. b) ITO “Physiotherapy&Rehabilitation EU-940 “model cihazı

### 3.3. İstatistiksel Yöntem

İstatistiksel analizler, SPSS versiyon 18 yazılım kullanılarak yapıldı. Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu görsel (histogram ve olasılık grafikleri) ve analitik yöntemlerle (Kolmogorov-Smirnov/ Shapiro-Wilk testleri) incelendi. Tanımlayıcı analizler normal dağılmayan değişkenler için ortalama ve standart sapma değerleri kullanılarak verildi. Ölçüm öncesi ve sonrası değerler arasındaki değişiklikler Wilcoxon testi kullanılarak karşılaştırıldı. p değerinin 0.05'in altında olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar şeklinde değerlendirildi.

Akımların, oluşturduğu değişiklikleri karşılaştırmak için Kruskal Wallis testi kullanıldı. İkişerli karşılaştırmalar Mann-Whitney U testi kullanılarak yapıldı. İstatistiksel anlamlılık için toplam tip-1 hata düzeyi %5 olarak kullanıldı.

## 4. BULGULAR

Çalışmaya 20 erkek ve 20 kadın, toplam 40 sağlıklı gönüllü katılmıştır. Bu çalışmaya katılan bireylere gerekli bilgiler verildikten sonra değerlendirmeler yapılmıştır. Elde edilen bulgular uygun istatistiksel yöntemlerle analiz edilmiştir.

### 4.1. Bireylerin Tanımlayıcı Özellikleri

Çalışmaya dahil edilen 40 bireyin (20 kadın, 20 erkek), yaş ortalaması  $24,10 \pm 2,86$  (18-30 yıl). Tüm bireylerin ortalama boy uzunluğu  $170,33 \pm 6,77$  cm, vücut ağırlığı  $66,50 \pm 12,872$  kg olarak bulunmuştur (Tablo 4.1.1).

**Tablo 4.1.1.** Bireylerin Demografik Bilgileri ( n=40).

Fiziksel Özellikler	X±SS
Yaş (yıl)	24,10± 2,86
Boy ( cm)	170,33 ± 6,77
Kilo (kg)	66,50± 12,872

### 4.2. Faradik Akımın Derinin Biyofiziksel Özelliklerinde Meydana Getirdiği Değişiklikler

Faradik akımı uygulamasını takiben derinin ısısında, TESK, pH, nem ve derinin elastikiyetini gösteren parametrelerden R0, R1, R3, R4, R5, R7, R8, R9 da anlamlı değişiklikler bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Isı, pH, nem ,R0, R1, R3, R4, R8 ve R9 değerlerinde ilk ölçüme göre anlamlı artış görülmüştür. TESK, R5 ve R7 değerlerinde anlamlı azalma kaydedilmiştir. Bireylerin faradik akım uygulamasından önce ve sonraki biyofiziksel özellikleri ile ilgili sonuçlar Tablo 4.2.1’de gösterilmiştir.

**Tablo 4.2.1.** Faradik akımının derinin biyofiziksel özelliklerinde meydana getirdiği değişikliklerin dağılımlarının karşılaştırılması (n=40).

		Uygulama Öncesi X±SS	Uygulama Sonrası X±SS	Willcoxon Test	
				z	p
Deri ısısı		30.74±1.26	32.23±1.03	-5.236	<b>0.0001*</b>
TESK		12.90±7.70	9.66±2.39	-2.534	<b>0.011*</b>
pH		6.54±0.42	6.76±0.57	-3.374	<b>0.001*</b>
Nem		38.34±9.16	42.63±8.20	-3,562	<b>0.0001*</b>
Elastikiyet	R0	0.22±0.037	0.25±0.03	-3.673	<b>0.001*</b>
	R1	0.014±0.004	0.022±0.039	-2.420	<b>0.016*</b>
	R2	0.93±0.017	0.91±0.145	-1.290	0.197
	R3	0.23±0.037	0.28±0.10	-3.670	<b>0.0001*</b>
	R4	0.022±0.006	0.036±0.04	-4.396	<b>0.0001*</b>
	R5	0.82±0.09	0.75±0.14	-2.836	<b>0.005**</b>
	R6	0.39±0.12	0.38±0.12	-0.081	0.936
	R7	0.59±0.05	0.55±0.061	-2.823	<b>0.005*</b>
	R8	0.21±0.036	0.24±0.06	-3.098	<b>0.002*</b>
	R9	0.01±0.001	0.019±0.036	-5.299	<b>0.0001*</b>

\*p<0.05

#### 4.3. Rus Akımının Uygulama Öncesi ve Sonrası Meydana Getirdiği Değişiklikler

Rus akım uygulaması sonucu, derinin pH'sı, derinin nemi ve derinin elastikiyetini gösteren parametrelerden R0, R3, R8 de anlamlı artış kaydedilmiştir (p<0.05). Yapılan değerlendirmede deri elastikiyet değerlerinden R5'te anlamlı bir azalma görülmüştür. Bireylerin Rus akımı uygulamasından önce ve sonraki deri biyofiziksel özellikleri verileri Tablo 4.2.1 de gösterilmiştir.



**Tablo 4.3.1.** Rus akımının derinin biyofiziksel özelliklerinde meydana getirdiği değişikliklerin dağılımlarının karşılaştırılması (n=40)

	Uygulama Öncesi X±SS	Uygulama Sonrası X±SS	Willcoxon Test		
			z	p	
<b>Deri ısısı</b>	30.43±3.35	31.16±1.19	-1.655	0.098	
<b>TESK</b>	9.96±3.14	9.69±1.85	-0,298	0,773	
<b>pH</b>	6.43±0.42	6.66±0.47	-2.500	<b>0.017*</b>	
<b>Nem</b>	34.61±7.19	41.97±8.09	-5.363	<b>0.0001*</b>	
<b>Elastikiyet</b>	<b>R0</b>	0.23±0.045	0.25±0.039	-2.296	<b>0.022*</b>
	<b>R1</b>	0.020±0.030	0.021±0.044	-0.628	0.530
	<b>R2</b>	0.92±0.046	0.91±0.15	-1.358	0.175
	<b>R3</b>	0.25±0.044	0.28±0.11	-2.505	<b>0.012*</b>
	<b>R4</b>	0.029±0.030	0.032±0.046	-0.530	0.596
	<b>R5</b>	0.85±0.15	0.80±0.35	-2.298	<b>0.022*</b>
	<b>R6</b>	0.42±0.14	0.42±0.39	-1.989	<b>0.047*</b>
	<b>R7</b>	0.59±0.082	0.57±0.082	-0.941	0.347
	<b>R8</b>	0.21±0.03	0.24±0.07	-2.944	<b>0.003*</b>
	<b>R9</b>	0.011±0.006	0.018±0.043	-0.935	0.350

\*p<0.05

#### 4.4. YVKG Akımının Deri Biyofiziksel Özelliklerinde Meydana Getirdiği Değişiklikler

YVKG akımının uygulaması sonucu, derinin ısısı, nemi ve elastikiyeti gösteren parametrelerden R9'da anlamlı değişiklikler bulunmuştur (p<0.05). Bireylerin YVKG akımı uygulamasından önce ve sonraki derinin biyofiziksel özellikleri ile ilgili sonuçlar Tablo 4.4.1 de gösterilmiştir.

**Tablo 4.4.1.** YVKG akımının derinin biyofiziksel özelliklerinde meydana getirdiği değişikliklerin dağılımlarının karşılaştırılması (n=40).

	Uygulama Öncesi X±SS	Uygulama Sonrası X±SS	Willcoxon Test		
			z	p	
<b>Deri ısı</b>	30.88±1.01	31.41±1.00	-2,279	<b>0.005*</b>	
<b>TESK</b>	10.34±5.03	9.27±3.80	-1.257	0.209	
<b>pH</b>	6.61±0.38	6.62±0.37	-0.289	0.773	
<b>Nem</b>	34.79±6.21	42.18±9.44	-4.436	<b>0.0001*</b>	
<b>Elastikiyet</b>	<b>R0</b>	0.22±0.04	0.23±0.04	-1.781	0,075
	<b>R1</b>	0.019±0.044	0.014±0.007	-1.166	0.244
	<b>R2</b>	0.919±0.150	0.93±0.027	-0.780	0.436
	<b>R3</b>	0.25±0.12	0.24±0.04	-1.828	0.068
	<b>R4</b>	0.028±0.046	0.025±0.009	-1.553	0.121
	<b>R5</b>	0.94±0.77	0.84±0.13	-0.632	0.528
	<b>R6</b>	0.60±1.047	0.41±0.13	-1.196	0.232
	<b>R7</b>	0.58±0.084	0.59±0.067	-0.269	0.788
	<b>R8</b>	0.22±0.076	0.22±0.039	-1.250	0.211
	<b>R9</b>	0.016±0.044	0.01±0.003	-2.461	<b>0.014*</b>

\*p<0.05

#### 4.5. Akımların Meydana Getirdiği Değişikliklerin Farklarının Karşılaştırılması

Üç farklı akımın derinin biyofiziksel özellikleri üzerinde meydana getirdiği değişikliklerin fark büyüklükleri karşılaştırıldığında ısı, pH, nem, R4 ve R9 parametrelerinde anlamlı fark bulunmuştur (Tablo 4.5.1) ( p<0,05).

**Tablo 4.5.1.** Üç farklı akımın uygulama öncesi ve uygulama sonrası meydana getirdiği değişikliklerin farklarının karşılaştırılması.

	Faradik D±SS	Rus Akımı D±SS	YVKG D±SS	Kikare		
				z	p	
<b>Deri ısısı</b>	-,494±1,239	-0,73±3,348	-0,524±1,09	18,265	<b>0,0001*</b>	
<b>TESK</b>	3,241±7,623	0,27 ± 3,16	1,069±5,40	4,025	0,13	
<b>pH</b>	-218±0,444	-,230±0,5833	-0,008±0,35	7,06	<b>0,02*</b>	
<b>Nem</b>	-,287±7,139	-7,35± 5,28	-7,392±8,08	6,531	<b>0,03*</b>	
<b>Elastikiyet</b>	<b>R0</b>	-0,023±,040	-0,013±0,044	-0,009±0,05	0,34	0,84
	<b>R1</b>	-0,008±,003	-0,007±0,055	0,004±0,043	3,971	0,13
	<b>R2</b>	0,026±0,143	0,008±0,161	-0,018±0,14	4,27	0,1
	<b>R3</b>	-0,042±,0118	-0,031±0,121	0,005±0,12	0,597	0,7
	<b>R4</b>	-0,014±0,041	-0,002±0,056	0,003±0,043	8,42	<b>0,01*</b>
	<b>R5</b>	0,072±0,180	0,043±0,332	0,101±0,072	2,38	0,3
	<b>R6</b>	0,011±0,150	0,005±0,378	0,188±1,035	1,977	0,3
	<b>R7</b>	0,036±0,074	0,018±0,096	-0,005±0,078	4,599	0,1
	<b>R8</b>	-0,028±0,07	-0,029±0,069	0,002±0,08	1,13	0,5
	<b>R9</b>	-0,009±0,036	-0,006 ±0,043	0,004±0,044	10,87	<b>0,004*</b>

\*p<0.05

#### 4.6. Anlamlı Bulunan Sonuçların İkili Karşılaştırma ile Analizi

Post-Hoc testi için Faradik ve Rus akımı arasında yapılan karşılaştırmada Faradik akımın, deri ısısı, R4 ve R9 değerlerinin, iki ölçümünün farkının Rus akımı ölçümlerinin farkına göre istatistiksel anlamda daha fazla değiştirdiği görülmüştür (p<0.05) (Tablo 4.6.1).

**Tablo 4.6.1.** Faradik akım ile Rus akımının uygulama öncesi ve sonrası fark dağılım değerlerinin karşılaştırılması (n=40)

		Faradik D±SS	Russian D±SS	Mann-Whitney U Testi	
				z	p
Deri Isısı		-1.494±1.239	-0.736±3.348	-3.918	<b>0.0001*</b>
pH		-0.218±0.444	-0.230±0.583	-0.125	0.900
Nem		-4.287±7.139	-7.358±5.281	-1.694	0.09
Elastikiyet	R4	-0.014±0.041	-0.002±0.056	-2.815	<b>0.005*</b>
	R9	-0.009±0.036	-0.006±0.043	-3.201	<b>0.001*</b>

\*p<0.05

Post-Hoc testi için Rus akımı ve YVKG akımı arasında yapılan karşılaştırmada Rus akımının, pH değerini YVKG akımına göre istatistiksel anlamda daha fazla değiştirdiği görülmüştür (p<0.05) (Tablo 4.6.2).

**Tablo 4.6.2** Rus akımı ile YVKG akımının uygulama öncesi ve sonrası fark dağılım değerlerinin karşılaştırılması (n=40)

		Rus Akımı D±SS	YVKG D±SS	Mann-Whitney U Testi	
				z	p
Deri ısısı		-0.736±3.348	-0.524±1.097	-0.751	0.453
pH		-0.230±0.583	-0.008±0.354	-2.074	<b>0.038*</b>
Nem		-7.358±5.281	-7.392±8.087	-0.909	0.363
Elastikiyet	R4	-0.002±0.056	0.003±0.043	-0.760	0.447
	R9	-0.006±0.043	0.004±0.044	-1.218	0.223

\*p<0.05

Post-Hoc testi için Faradik akımı ve YVKG akımı arasında yapılan ölçüm farklarının karşılaştırmada Faradik akım, ısı, pH, R4 ve R9 değerini YVKG'akımına göre istatistiksel anlamda daha fazla değiştirdiği görülmüştür. Buna karşın YVKG akımının derinin nem değerini Faradik akıma göre istatistiksel anlamda daha fazla değiştirmiştir (p<0.05) (Tablo 4.6.3).

**Tablo 4.6.3.** Faradik akım ile YVKG akımının uygulama öncesi ve sonrası fark dağılım değerlerinin karşılaştırılması (n=40)

		<b>Faradik D±SS</b>	<b>YVKG D±SS</b>	<b>Mann-Whitney U Testi</b>	
				<b>z</b>	<b>p</b>
<b>Deri ısısı</b>		-1.494±1.239	-0.524±1.097	-3.375	<b>0.001*</b>
<b>pH</b>		-0.218±0.444	-0.008±0.354	-2.503	<b>0.012*</b>
<b>Nem</b>		-4.287±7.139	-7.392±8.087	-2.463	<b>0.014*</b>
<b>Elastikiyet</b>	<b>R4</b>	-0.014±0.041	0.003±0.043	-2.021	<b>0.043*</b>
	<b>R9</b>	-0.009±0.036	0.004±0.044	-2.128	<b>0.033*</b>

\*p<0.05

## 5. TARTIŞMA

Kasın kuvvetlendirilmesi amacıyla yaygın bir şekilde kullanılan farklı akımların, kas kuvveti ve fonksiyonel geri dönüşler üzerine etkileri birçok çalışmada detaylı olarak ortaya konmasına rağmen, bu akımların cilt üzerindeki etkileri yeterince bilinmemektedir (3) . Çalışmamızın amacı, klinikte kas kuvvetlendirme amacıyla sıklıkla kullanılan Faradik akım, Rus akımı ve YVKG akım uygulamalarının ciltte meydana getirdiği değişiklikleri araştırmaktır.

Almaty ve diğerleri (3) elektrik stimülasyonunun derinin biyofiziksel özellikleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, TENS uygulamasının deride oluşturduğu akut etkinin anlamlı olduğunu, kronik etkide anlamlı bir değişimin olmadığını bulmuşlardır. Yaptığımız çalışmanın sonucunda, kas kuvvetlendirilmesi için kullanılan üç farklı akımın, derinin biyofiziksel özellikleri üzerinde anlamlı akut değişiklikler meydana getirdiği bulunarak, literatürle uyum gösterilmiştir. Bununla birlikte literatürde elektrik stimülasyonunun deri üzerinde meydana getirdiği kronik değişikliklerin araştıran çalışmalara ihtiyaç vardır.

Çalışmamızın sonucunda, her 3 akımın da derinin önemli özelliklerinde değişiklikler yarattığı ve özellikle faradik akımın daha çok biyofiziksel özellikleri etkilediği bulunmuştur. İncelenen 5 biyofiziksel özellik arasından derinin nemindeki anlamlı artış, her akım uygulaması sonrasında da görülürken, özellikle YVKG uygulaması sonrası bu artışın en fazla olduğu görüldü.

Deri yüzeyi pH'sı, dış organizmalara karşı cildi koruyan bir “ manto” görevi görerek homoestazi sağlar (33) . Literatürde, derinin inflamatuvar reaksiyonlarında pH değerinin arttığına dair görüş birliği bulunmaktadır (67-69) . Eberlein ve diğerleri (69) , yaptığı çalışmada deri inflamasyonu olan bireylerin önkollarından yapılan ölçümde pH değerini kontrol grubuna göre anlamlı derecede yüksek bulmuşlardır.

Deri inflamatuvar reaksiyonlarında kızarıklık, pH değişikliği ve stratum corneum yapısının bozulması gibi semptomlar görülür (70) . Faradik akım uygulamasını takiben gördüğümüz deri ısı, nem ve pH değerlerinin yükselmesi buna karşın bariyer fonksiyonunun göstergesi olan TESK değerinin azalması ciltte inflamatuvar reaksiyon benzeri bulguları olabileceğini düşündürmektedir.

*Stratum corneum* yapısının bozulmasıyla bariyer görevi azalan deri, mikroorganizmalara daha açık hale gelerek bağışıklığında azalma görülür (71) .

Faradik akım uygulaması sonucu SC' nin epidermal bariyeri hakkında bilgi veren TESK değerindeki değişim ve deri pH'sının artması, derinin ani akut inflamasyon benzeri cevapları olarak yorumlanabilir.

Elektrik stimülasyonu sonrası deri yanıkları komplikasyonları gelişebilir(3) . Literatürdeki çalışmalarda, elektrotlar altında oluşan kimyasal reaksiyonlarda deri ısısı 45<sup>0</sup>C'yi geçtiği zaman yanık riskinin oluştuğu kaydedilmiştir (72) . Çalışmamızda, Faradik akım uygulaması sonucu deri ısısı en fazla 34 <sup>0</sup>C'ye kadar yükselerek anlamlı artış görülmüştür. Literatürdeki bilgiler doğrultusunda bu artışın deri yanık riski oluşturacak kadar yükselmediğini görmekteyiz.

Çalışmamız sonucunda Faradik akımın diğer akımlara göre deride daha fazla değişiklik meydana getirmesinin nedeni olarak, faradik akımın kendine özgü biyofiziksel özellikleri düşünülebilir. Faradik akım incelendiğinde, düşük voltaj, alçak frekans ve 1 msn geçiş süreli bifazik asimetrik bir akım olduğu görülmektedir (4) . Uzun uyarı süresi nedeniyle ciltte en fazla kimyasal reaksiyon meydana getiren akım olmuştur .Faradik akım sinuzodial akım gibi, alçak frekanslı akımlarda deri direnci yaklaşık 3200 ohmdur. Akım daha çok deri direncini yenmeye çalışarak vücut içine girer ve etkilerini açığa çıkartır (4) .

Faradik akım uygulaması sonrasında deri elastikiyetinin değerlendirilmesinde anlamlı değişiklikler bulunmuştur. Ölçümlerde maksimum deformasyonu ifade eden R0 değerinde, faradik akım uygulaması sonrasında anlamlı artış görülmüştür. Derinin çekilip esnetilmesi için gereken maksimum ve minimum amplitüdü ifade eden sırasıyla R3 ve R4 değerlerinde, faradik akım uygulaması sonucunda anlamlı artış gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, faradik akım uygulamaları sonrasında derinin elastikiyet özelliğinde deformasyon meydana geldiğini göstermektedir. Elektrik stimülasyonu uygulamalarının derinin elastikiyeti üzerine etkilerini bildiren çalışma olmadığı için, bulduğumuz sonuçların literatüre katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

Rus akımı, sn' de 2500 atımlık taşıyıcı frekansa sahip devamlı sinüzodial dalga akımının süre modülasyonuna uğratılmasından oluşturulur (1) . Klinikte hem sağlıklı bireylerde kasların kuvvetlendirilmesi, hem de ağrı gibi farklı patolojik durumlarda kullanıldığı için sıklıkla tercih edilir.

Aldayed ve diğerleri (73) , yaptığı çalışmada, alternatif akımlar ve kesikli akımlar karşılaştırılmıştır. İncelenen parametreler arasında akımların deri üzerinde

oluşturdukları ısı değişimi de vardır. Alternatif akım olarak Rus akımı kullanan araştırmacılar, çalışmalarının sonucunda her iki akım formunun da stimülasyon sonunda anlamlı ısı değişimi gösterdiklerini fakat birbirlerine göre üstünlüklerinin olmadığını bildirmişlerdir (73) . Bizim çalışmamızda da, Rus akımı uygulamasının derinin ısı üzerinde anlamlı değişiklik meydana getirmediği bulunmuştur.

Çalışmamızın sonuçları incelendiğinde, deri pH' sının, Rus akımı ve faradik akımı uygulamaları sonrası, anlamlı artış gösterdiği görülmektedir. İki akım arasında yapılan karşılaştırmada ise, faradik akım deri pH'sını daha fazla değiştirmiştir.

Rus akımının geçiş süresinin faradik akıma göre daha kısa olması nedeniyle, derinin biyofiziksel özelliklerin üzerinde daha az değişiklik meydana getirdiği bulunmuştur.

Çalışmamızda Rus akımı uygulaması sonucunda deri elastikiyet parametrelerinden R8'de anlamlı azalma saptanmıştır. Dobrev (74) , yaptığı çalışmada, bu parametredeki azalmanın deri elastikiyetinin azaldığını işaret ettiğini bu durumun artmış su miktarının yağlandırıcı etkisi ve fibriller arası friksiyonun azalmasıyla meydana geldiğini bildirmiştir.

Literatürde deri nemi ile ilgili son yapılan çalışmalarda stratum corneum içerisinde keratinositlerle birlikte bulunan, akuoporinler grubundan olan, sadece su ve gliserol geçişine izin veren AQP3'ün su kanalının fonksiyonu üzerinde durulmaktadır (75) . Ma ve diğerleri (76) 'nin yaptıkları çalışmada, fare derisi üzerinden AQP3'ün olduğu epidermal hücrelerin çıkardıklarında; SC'nin neminde, derinin elastikiyetinde ve bariyer fonksiyonunun iyileşme hızında anlamlı azalma tespit etmişlerdir. Bunlara ek olarak yara iyileşmesinin de geciktiğini bildirmişlerdir. Bu konu ile ilgili yapılan ve fareler üzerinde aynı yöntemi kullanan çalışmalarda gliserolün azalmasıyla derinin neminde ve elastikiyetinde anlamlı azalma gösterilmiştir (77) .

Çalışmamız sonucunda YVKG akımı, derinin nemini anlamlı olarak en çok artıran akım olarak bulunmuştur. Ayrıca YVKG akımının R9 değerinde anlamlı değişiklik yaratmıştır. Bilindiği üzere literatürde YVKG'nin klinikte yara iyileşmesi üzerine de olumlu etkileri bildirilmektedir (78) .



AQP3' ün, SC'de elektriksel uyarılara özel reseptörleri olan keratinositler içinde yer alması, dışarıdan uygulanabilecek bir elektriksel potansiyelle aktivasyonunu artırılabilceği hipotezini akıllara getirmektedir. Çalışmamızda uygulamış olduğumuz YVKG akımının derinin nemini en çok artıran akım olması, deri elastikiyetini artırması ve yara iyileşmesinde olumlu etkileri bildirilmesi, AQP3' ün aktivasyonunun, YVKG tarafından artırıldığını düşündürmektedir. Bu hipotez çalışmamız sonucunda üretilmiş olup gerekli çalışmalarla test edilmesi durumunda, elektroterapi literatürü için önemli katkılar sağlayacağını düşünmekteyiz.

Çalışmamızda elektrik stimülasyonunda kullanılan akımların derinin biyofiziksel özellikleri üzerinde meydana getirdikleri değişimlerin farkları karşılaştırıldığında derinin ısısı, deri pH'sı, deri nemi ve derinin elastikiyet parametrelerinden R4 ve R9 da anlamlı sonuçlar bulunmuştur. Literatürde akımları bu şekilde karşılaştıran başka bir çalışma yoktur. Bu sonuçlarla, farklı akımlarla yapılan elektrik stimülasyonunun deri üzerindeki akut etkileri olarak literatüre yeni bilgiler verilmiştir.

Deri üzerinde meydana gelen biyofiziksel değişimlerde en çok faradik akımının etkisi görülmektedir. Faradik akımı uygulaması ve Rus akımının karşılaştırıldığında derinin ısısında, neminde ve elastikiyet parametrelerinden R4 ve R9 değerlerinde faradik akım yönünde anlamlı değişiklikler meydana getirdiği görülmektedir. Bunun sonucunda faradik akımın sadece YVKG akımının tüm akımlara göre nem değerlerinde daha fazla anlamlı artış sağlamıştır. Bu bilgiler doğrultusunda faradik akımın deri ısısında ve özellikle pH' sında meydana getirdiği değişimler kimyasal reaksiyonları ve derinin inflamasyon cevabını düşündürmektedir. YVKG akımının nem üzerinde etkisi, yara iyileşmesi sürecindeki etki mekanizmasından kaynaklandığı düşünülebilir. İleri dönemde yapılacak çalışmalarda AQP3 aktivitesini artırdığı hipotezi araştırılmalıdır.

### **Çalışmanın Limitasyonları**

Çalışmamızın limitasyonlarından ilki, yaptığımız uygulamalar sonucunda deri üzerinden alınan ölçümlerle sadece akut etkinin araştırılabilmesidir. Elektrik stimülasyonunun deri üzerindeki etkilerinin ne kadar sürdüğünü araştırmak için ölçümler uygulama sonrasında belirli saat aralıklarıyla tekrar edilmelidir.

Deri yüzeyinin temizliğinin standardizasyonu için uygulama öncesinde kullandığımız solüsyonun cilt pH değerine olası etkisi ve asiditesini değiştirme potansiyeline yönelik sonuçları gösteren literatür çalışmasının olmaması araştırmamız için limitasyon olarak gösterilebilir.

Akım şiddetlerinin kaydedilmemiş olması çalışmamız için limitasyon oluşturmuştur. Bu bilgi dokunun cevaplarının karşılaştırılması ve akımlar arasındaki farklılıkları göstermek adına önemli olacaktır.

## 6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

1. Bu çalışmanın sonuçları, elektrik stimülasyonunda kas kuvvetlendirilmesi için kullanılan faradik akım, Rus akımı ve YVKG akımı uygulamalarının, derinin biyofiziksel özellikleri üzerinde anlamlı akut değişiklikler meydana getirdiğini göstermiştir. Bu değişiklikler, akımların polar etkiler sonucu elektrotlar altında oluşturduğu elektrokimyasal olayların sonucudur.
2. Faradik akımı uygulaması sonrasında inflamatuvar reaksiyon cevaplarına benzer değişiklikler görülmüştür. Faradik akımın deri üzerindeki deri ısısı, pH, nem ve deri elastikiyeti gibi biyofiziksel değişikliklerinden dolayı, bebek ve yaşlılarda kullanımına dikkat edilmelidir. Uygulanması gerektiği durumlarda, elektrik stimülasyonu uygulaması öncesinde veya sonrasında deriyi nötralize edici topikal uygulamaların yapılması önerilmektedir.
3. Kas kuvvetini artırmaya yönelik akımların içinde YVKG akımının, derinin biyofiziksel özelliklerinden, deri ısısı ve elastikiyetinde, diğer akımlara göre daha az değişikliğe sebep olması nedeniyle tercih edilmesi uygun görülmektedir.
4. Çalışmanın sonucunda elektrik stimülasyonu uygulamalarının, derinin biyofiziksel özelliklerinde oluşturabileceği akut değişikliklerin bilinmesi, özellikle riskli gruplarda (bebekler, yaşlılar) deri üzerinde meydana gelebilecek yanık, irritasyon ve rahatsızlıklar için önlem alınmasına yardımcı olacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Bélanger, A. (2010). *Therapeutic electrophysical agents: evidence behind practice*: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
2. Fore-Pfliger, J. (2004) The epidermal skin barrier: implications for the wound care practitioner, part I. *Advances in skin & wound care*, 17 (8), 417-425.
3. Almalty, A.M., Hamed, S.H., Al-Dabbak, F.M., Shallan, A.E. (2013) Short-term and long-term effects of electrical stimulation on skin properties. *Physiotherapy research international : the journal for researchers and clinicians in physical therapy*, 18 (3), 157-166.
4. Nelson, R.M., Currier, D.P. (1991). *Clinical electrotherapy*: Appleton & Lange.
5. Newton, R.A., Karselis, T.C. (1983) Skin pH following high voltage pulsed galvanic stimulation. *Physical therapy*, 63 (10), 1593-1596.
6. Shriber, W. (1975). *A Manual Electrotherapy*. Philadelphia: Lea & Febiger.
7. Denda, M., Tsuchiya, T. (2000) Barrier recovery rate varies time-dependently in human skin. *The British journal of dermatology*, 142 (5), 881-884.
8. Metze, D. (2001) Neurophysiology of the skin--functional anatomy of the skin nervous system. *Experimental dermatology*, 10 (5), 365-366.
9. Russell, L.M., Wiedersberg, S., Delgado-Charro, M.B. (2008) The determination of stratum corneum thickness: an alternative approach. *European journal of pharmaceuticals and biopharmaceutics : official journal of Arbeitsgemeinschaft fur Pharmazeutische Verfahrenstechnik e.V*, 69 (3), 861-870.
10. Bouwstra, J., Pilgram, G., Gooris, G., Koerten, H., Ponc, M. (2001) New aspects of the skin barrier organization. *Skin pharmacology and applied skin physiology*, 14 Suppl 1, 52-62.
11. Imanishi, N., Nakajima, H., Minabe, T., Aiso, S. (2000) Angiographic study of the subdermal plexus: a preliminary report. *Scandinavian journal of plastic and reconstructive surgery and hand surgery / Nordisk plastikkirurgisk forening [and] Nordisk klubb for handkirurgi*, 34 (2), 113-116.
12. Kanitakis, J. (2002) Anatomy, histology and immunohistochemistry of normal human skin. *Eur J Dermatol*, 12 (4), 390-399.
13. Banchereau, J., Briere, F., Caux, C., Davoust, J., Lebecque, S., Liu, Y.J. ve diğeri. (2000) Immunobiology of dendritic cells. *Annual review of immunology*, 18, 767-811.
14. Lambers, H., Pronk, H. (2002) Biophysical methods for stratum corneum characterization. *Cosmetic Science and Technology Series*, 24, 185-226.

15. McGrath, J., Eady, R., Pope, F. (2010) Anatomy and organization of human skin. *Rook's textbook of dermatology*, 1.
16. Williams, A. (2003). *Transdermal and Topical Drug Delivery, From Theory to Clinical Practice* (1 bs.). London: Pharmaceutical Press.
17. Arikawa, J., Ishibashi, M., Kawashima, M., Takagi, Y., Ichikawa, Y., Imokawa, G. (2002) Decreased levels of sphingosine, a natural antimicrobial agent, may be associated with vulnerability of the stratum corneum from patients with atopic dermatitis to colonization by *Staphylococcus aureus*. *The Journal of investigative dermatology*, 119 (2), 433-439.
18. Proksch, E., Feingold, K.R., Man, M.Q., Elias, P.M. (1991) Barrier function regulates epidermal DNA synthesis. *The Journal of clinical investigation*, 87 (5), 1668-1673.
19. Edelberg, R. (1977) Relation of electrical properties of skin to structure and physiologic state. *The Journal of investigative dermatology*, 69 (3), 324-327.
20. Nishimura, K.Y., Isseroff, R.R., Nuccitelli, R. (1996) Human keratinocytes migrate to the negative pole in direct current electric fields comparable to those measured in mammalian wounds. *Journal of cell science*, 109 ( Pt 1), 199-207.
21. Denda, M., Kumazawa, N. (2002) Negative electric potential induces alteration of ion gradient and lamellar body secretion in the epidermis, and accelerates skin barrier recovery after barrier disruption. *The Journal of investigative dermatology*, 118 (1), 65-72.
22. Junquiera, C. (1992). *Basic Histology*. London: Appleton Lange Pres.
23. Loden, M. (2001) Skin barrier function: Effects of moisturizers. *Cosm Toilet*, 116 (6), 31-40.
24. Pinnagoda, J., Tupker, R.A., Agner, T., Serup, J. (1990) Guidelines for transepidermal water loss (TEWL) measurement. A report from the Standardization Group of the European Society of Contact Dermatitis. *Contact dermatitis*, 22 (3), 164-178.
25. Denda, M., Sokabe, T., Fukumi-Tominaga, T., Tominaga, M. (2006) Effects of skin surface temperature on epidermal permeability barrier homeostasis. *Journal of Investigative Dermatology*, 127 (3), 654-659.
26. Kalia, Y.N., Pirot, F., Guy, R.H. (1996) Homogeneous transport in a heterogeneous membrane: water diffusion across human stratum corneum in vivo. *Biophysical journal*, 71 (5), 2692-2700.
27. Zhai, H., Dika, E., Goldovsky, M., Maibach, H.I. (2007) Tape-stripping method in man: comparison of evaporimetric methods. *Skin research and technology : official journal of International Society for Bioengineering and the Skin*, 13 (2), 207-210.

28. Fluhr, J.W., Feingold, K.R., Elias, P.M. (2006) Transepidermal water loss reflects permeability barrier status: validation in human and rodent in vivo and ex vivo models. *Experimental dermatology*, 15 (7), 483-492.
29. Kalia, Y.N., Alberti, I., Sekkat, N., Curdy, C., Naik, A., Guy, R.H. (2000) Normalization of stratum corneum barrier function and transepidermal water loss in vivo. *Pharmaceutical research*, 17 (9), 1148-1150.
30. Loden, M., Olsson, H., Axell, T., Linde, Y.W. (1992) Friction, capacitance and transepidermal water loss (TEWL) in dry atopic and normal skin. *The British journal of dermatology*, 126 (2), 137-141.
31. Darlenski, R., Sassning, S., Tsankov, N., Fluhr, J.W. (2009) Non-invasive in vivo methods for investigation of the skin barrier physical properties. *European journal of pharmaceuticals and biopharmaceutics : official journal of Arbeitsgemeinschaft fur Pharmazeutische Verfahrenstechnik e.V.*, 72 (2), 295-303.
32. Kalia, Y.N., Alberti, I., Naik, A., Guy, R.H. (2001) Assessment of topical bioavailability in vivo: the importance of stratum corneum thickness. *Skin pharmacology and applied skin physiology*, 14 Suppl 1, 82-86.
33. Elias, P.M., Schmuth, M. (2009) Abnormal skin barrier in the etiopathogenesis of atopic dermatitis. *Current allergy and asthma reports*, 9 (4), 265-272.
34. Zlotogorski, A. (1987) Distribution of skin surface pH on the forehead and cheek of adults. *Archives of dermatological research*, 279 (6), 398-401.
35. Swatschek, D., Schatton, W., Kellermann, J., Muller, W.E., Kreuter, J. (2002) Marine sponge collagen: isolation, characterization and effects on the skin parameters surface-pH, moisture and sebum. *European journal of pharmaceuticals and biopharmaceutics : official journal of Arbeitsgemeinschaft fur Pharmazeutische Verfahrenstechnik e.V.*, 53 (1), 107-113.
36. Benson, H.A. (2005) Transdermal drug delivery: penetration enhancement techniques. *Current drug delivery*, 2 (1), 23-33.
37. Elkeeb, R., Hui, X., Chan, H., Tian, L., Maibach, H.I. (2010) Correlation of transepidermal water loss with skin barrier properties in vitro: comparison of three evaporimeters. *Skin research and technology : official journal of International Society for Bioengineering and the Skin*, 16 (1), 9-15.
38. Koch, R.J., Cheng, E.T. (1999) Quantification of skin elasticity changes associated with pulsed carbon dioxide laser skin resurfacing. *Archives of facial plastic surgery*, 1 (4), 272-275.
39. Boyce, S.T., Supp, A.P., Wickett, R.R., Hoath, S.B., Warden, G.D. (2000) Assessment with the dermal torque meter of skin pliability after treatment of burns with cultured skin substitutes. *The Journal of burn care & rehabilitation*, 21 (1 Pt 1), 55-63.

40. Dobrev, H. (1998) In vivo study of skin mechanical properties in scleredema of Buschke. *Acta dermato-venereologica*, 78 (2), 103-106.
41. Moreno-Aranda, J., Seireg, A. (1981) Electrical parameters for over-the-skin muscle stimulation. *Journal of biomechanics*, 14 (9), 579-585.
42. Braddom, R.L. (2010). *Physical medicine and rehabilitation*: Elsevier Health Sciences.
43. Lieber, R.L. (2002). *Skeletal muscle structure, function, and plasticity*: Wolters Kluwer Health.
44. Roy, R.K., Mabuchi, K., Sarkar, S., Mis, C., Sreter, F.A. (1979) Changes in tropomyosin subunit pattern in chronic electrically stimulated rabbit fast muscles. *Biochemical and biophysical research communications*, 89 (1), 181-187.
45. Hudlicka, O., Tyler, K.R., Srihari, T., Heilig, A., Pette, D. (1982) The effect of different patterns of long-term stimulation on contractile properties and myosin light chains in rabbit fast muscles. *Pflugers Archiv : European journal of physiology*, 393 (2), 164-170.
46. Alon, G. (1991) Principles of electrical stimulation. *Clinical Electrotherapy. 2nd ed. East Norwalk, Conn: Appleton & Lange*, 35-103.
47. Aitman, T.J., Hudlicka, O., Tyler, K.R. (1979) Long-term effects of tetanic stimulation on blood flow, metabolism and performance of fast skeletal muscle [proceedings]. *The Journal of physiology*, 295, 36P-37P.
48. Pette, D., Smith, M.E., Staudte, H.W., Vrbova, G. (1973) Effects of long-term electrical stimulation on some contractile and metabolic characteristics of fast rabbit muscles. *Pflugers Archiv : European journal of physiology*, 338 (3), 257-272.
49. Stanish, W.D., Valiant, G.A., Bonen, A., Belcastro, A.N. (1982) The effects of immobilization and of electrical stimulation on muscle glycogen and myofibrillar ATPase. *Canadian journal of applied sport sciences. Journal canadien des sciences appliquees au sport*, 7 (4), 267-271.
50. Jansen, J.K., Lomo, T., Nicolaysen, K., Westgaard, R.H. (1973) Hyperinnervation of skeletal muscle fibers: dependence on muscle activity. *Science*, 181 (4099), 559-561.
51. Mysiw W1, J.R. (2000). *Electrical Stimulation* (2nd edition bs.). Philadelphia.
52. Keshavarz, M., Emamghoreishi, M., Nekooeian, A.A., J, J.W., Zare, H.R. (2013) Increased bcl-2 Protein Levels in Rat Primary Astrocyte Culture Following Chronic Lithium Treatment. *Iranian journal of medical sciences*, 38 (3), 255-262.

53. G., A. (1991). *Principles of Electrical Stimulation. Clinical Electrotherapy*. (2ND edition bs.). California: Currier DP.
54. Low, J., Reed, A., Dyson, M. (2000). *Electrotherapy explained: principles and practice*: Butterworth-Heinemann Oxford.
55. Sanya, A.O., Balogun, A.O., Arotiba, J.T., Hamzat, T.K. (2000) Electrical (faradic) stimulation versus active mobilization exercise in the physical management of post-surgical temporomandibular joint hypomobility. *African journal of medicine and medical sciences*, 29 (1), 1-5.
56. Baker, L.L., McNeal, D., Benton, L., Bowman, B., Waters, R. (1993). *Neuromuscular electrical stimulation: a practical guide*: Los Amigos Research & Educational Institute.
57. Agre, J.C., Sliva, J.A. (2000) Neuromuscular rehabilitation and electrodiagnosis 4. Specialized neuropathy. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 81 (3), S27-S31.
58. Munsat, T.L., McNeal, D., Waters, R. (1976) Effects of nerve stimulation on human muscle. *Archives of neurology*, 33 (9), 608-617.
59. Kahanovitz, N., Weiser, S. (1986) Lateral electrical surface stimulation (LESS) compliance in adolescent female scoliosis patients. *Spine*, 11 (7), 753-755.
60. Belanger, A.Y. (2002). *Evidence-Based Guide to Therapeutic Physical Agents* (1 bs.): Lippincott Williams & Wilkin.
61. Brukner, P., Khan, K. (1995). *Sports medicine*. Sydney: McGraw-Hill Book Company.
62. Mohr, T., Carlson, B., Sulentic, C., Landry, R. (1985) Comparison of isometric exercise and high volt galvanic stimulation on quadriceps femoris muscle strength. *Physical therapy*, 65 (5), 606-612.
63. Kırdı, N. (1988) Yüksek voltaj kesikli galvanik stimülasyon. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, 5 (5-6), 504-513.
64. Werner, Y. (1986) The water content of the stratum corneum in patients with atopic dermatitis. Measurement with the Corneometer CM 420. *Acta dermatovenereologica*, 66 (4), 281.
65. Draaijers, L.J., Botman, Y.A., Tempelman, F.R., Kreis, R.W., Middelkoop, E., van Zuijlen, P.P. (2004) Skin elasticity meter or subjective evaluation in scars: a reliability assessment. *Burns*, 30 (2), 109-114.
66. Nedelec, B., Correa, J.A., Rachelska, G., Armour, A., LaSalle, L. (2008) Quantitative measurement of hypertrophic scar: intrarater reliability, sensitivity, and specificity. *Journal of burn care & research*, 29 (3), 489-500.



67. Selander, C., Zargari, A., Mollby, R., Rasool, O., Scheynius, A. (2006) Higher pH level, corresponding to that on the skin of patients with atopic eczema, stimulates the release of *Malassezia sympodialis* allergens. *Allergy*, 61 (8), 1002-1008.
68. Firooz, A., Gorouhi, F., Davari, P., Atarod, M., Hekmat, S., Rashighi-Firoozabadi, M. ve diğ erleri. (2007) Comparison of hydration, sebum and pH values in clinically normal skin of patients with atopic dermatitis and healthy controls. *Clinical and experimental dermatology*, 32 (3), 321-322.
69. Eberlein-Konig, B., Schafer, T., Huss-Marp, J., Darsow, U., Mohrenschlager, M., Herbert, O. ve diğ erleri. (2000) Skin surface pH, stratum corneum hydration, trans-epidermal water loss and skin roughness related to atopic eczema and skin dryness in a population of primary school children. *Acta dermato-venereologica*, 80 (3), 188-191.
70. Knor, T., Meholjić-Fetahović, A., Mehmedagić, A. (2011) Stratum corneum hydration and skin surface pH in patients with atopic dermatitis. *Acta Dermatovenerologica Croatica*, 19 (4).
71. Seidenari, S., Giusti, G. (1995) Objective assessment of the skin of children affected by atopic dermatitis: a study of pH, capacitance and TEWL in eczematous and clinically uninvolved skin. *Acta dermato-venereologica*, 75 (6), 429-433.
72. Besio, W., Sharma, V., Spaulding, J. (2010) The effects of concentric ring electrode electrical stimulation on rat skin. *Annals of biomedical engineering*, 38 (3), 1111-1118.
73. Aldayel, A., Jubeau, M., McGuigan, M., Nosaka, K. (2010) Comparison between alternating and pulsed current electrical muscle stimulation for muscle and systemic acute responses. *Journal of Applied Physiology*, 109 (3), 735-744.
74. Dobrev, H. (1999) Non-invasive monitoring of the mechanical properties of keloids during cryosurgery. *Acta dermato-venereologica*, 79 (6), 487-488.
75. Ishibashi, K., Sasaki, S., Fushimi, K., Uchida, S., Kuwahara, M., Saito, H. ve diğ erleri. (1994) Molecular cloning and expression of a member of the aquaporin family with permeability to glycerol and urea in addition to water expressed at the basolateral membrane of kidney collecting duct cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 91 (14), 6269-6273.
76. Ma, T., Hara, M., Sougrat, R., Verbavatz, J.-M., Verkman, A. (2002) Impaired stratum corneum hydration in mice lacking epidermal water channel aquaporin-3. *Journal of Biological Chemistry*, 277 (19), 17147-17153.
77. Hara, M., Ma, T., Verkman, A. (2002) Selectively reduced glycerol in skin of aquaporin-3-deficient mice may account for impaired skin hydration, elasticity, and barrier recovery. *Journal of Biological Chemistry*, 277 (48), 46616-46621.

78. Kloth, L.C.,Feedar, J.A. (1988) Acceleration of wound healing with high voltage, monophasic, pulsed current. *Physical therapy*, 68 (4), 503-508.

**EKLER****Ek 1. Etik Kurul Raporu**

**T.C.**  
**HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**  
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 16969557

**ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU**

**Toplantı Tarihi** : 08.01.2014 ÇARŞAMBA  
**Toplantı No** : 2014/01  
**Proje No** : GO 14/ 45(Değerlendirme Tarihi 08.01.2014)  
**Karar No** : GO 14/ 45- 44

Üniversitemiz Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü öğretim üyelerinden Prof.Dr.Nuray KIRDI'nın sorumlu araştırmacısı olduğu Arş.Gör.Yasin TUNÇ'un tezi olan GO 14/45 kayıt numaralı ve "Elektrik Stimülasyonunda Kullanılan Farklı Akımların Derinin Biyofiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi" başlıklı proje önerisi araştırmannın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, etik açıdan uygun bulunmuştur.

- |                                   |          |                                      |       |
|-----------------------------------|----------|--------------------------------------|-------|
| 1.Prof. Dr. Nurten Akarsu         | (Başkan) | 9 Prof. Dr. Melahat Görduysus        | (Üye) |
| 2. Prof. Dr. Nüket Örnek Buken    | (Üye)    | 10. Prof. Dr. Cansın Saçkesen        | (Üye) |
| 3. Prof. Dr. M. Yılmaz Sara       | (Üye)    | 11. Prof. Dr. R. Köksal Özgül        | (Üye) |
| İZİNLİ                            |          | 12. Prof. Dr. Ayşe Lale Doğan        | (Üye) |
| 4. Prof. Dr. Sevda F. Müftüoğlu   | (Üye)    | 13 Doç. Dr. S. Kutay Demirkan        | (Üye) |
| 5. Prof. Dr. Cenk Sekmensüer      | (Üye)    | 14. Prof. Dr Leyla Dinç              | (Üye) |
| 6. Prof. Dr. Volga Bayrakçı Tunay | (Üye)    | 15. Yrd. Doç. Dr. H. Hüsrev Turnagöl | (Üye) |
| 7. Prof. Dr. Songül Vaizoğlu      | (Üye)    | 16. Av. Meltem Onurlu                | (Üye) |
| 8. Prof. Dr. Yılmaz Selim Erdal   | (Üye)    |                                      |       |