



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FİZİK TEDAVİ CİHAZLARI İÇİN MEDİKAL
KALİBRASYON PROSEDÜRLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Pelin SARI

Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı

Biyomedikal Mühendisliği Programı

Danışman

Prof.Dr. Aydın AKAN

Yrd.Doç.Dr.Mana SEZDİ

Haziran, 2010

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FİZİK TEDAVİ CİHAZLARI İÇİN MEDİKAL
KALİBRASYON PROSEDÜRLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Pelin SARI

Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı

Biyomedikal Mühendisliği Programı

Danışman

Prof.Dr. Aydın AKAN

Yrd.Doç.Dr.Mana SEZDİ

Haziran, 2010

İSTANBUL

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında değerli bilgi ve tecrübelerini esirgemeyen, yüksek lisans öğrenimim sırasında ve tez çalışmalarım boyunca gösterdiği her türlü destek ve yardımlarından dolayı çok değerli Sayın Hocam **Prof.Dr. Aydın AKAN** ve Sayın Hocam **Yrd.Doç.Dr. Mana SEZDİ**'ye en içten dileklerimle teşekkür ederim. Ayrıca her zaman desteklerini yanımda hissettiğim aileme teşekkürü borç bilirim.

Haziran, 2010

Pelin SARI

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. FİZİK TEDAVİ CİHAZLARINDA KALİBRASYONUN ÖNEMİ.....	2
2. GENEL KISIMLAR.....	3
2.1. FİZİK TEDAVİ ÜNİTESİ CİHAZLARI	3
2.1.1. TENS (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation) Cihazı.....	3
2.1.2. Fizik Tedavi Ultrason Cihazı	7
2.1.3. Galvani Faradi Cihazı	10
2.1.4. Kısa Dalga Diatermi Cihazı	13
2.1.5. Diadinami Cihazı.....	16
2.1.6. Elektroterapi Cihazı	19
2.1.7. Traksiyon Cihazı	20
2.1.8. İnfraruj (Kızılötesi) Lambalar.....	22
2.1.9. Treadmill Koşu Bandı (Treadmill)	23
2.1.10. Parafin Cihazı.....	24
2.1.11. Hot – Pack Kazanı.....	25
2.2. KALİBRASYON ÖLÇÜMLERİ.....	26

2.1.1. Kalibrasyon Ölçümlerinde Amaç	27
2.1.2. Kalibrasyon Ölçümlerinde İzlenebilirlik	27
2.1.3. Kalibrasyon Ölçüm Periyodlarının Belirlenmesi.....	27
2.1.4. Kalibrasyona Yönelik Ölçme İşlemi ve Ölçüm Raporunda Bulunması	
Gerekten Hususlar	30
2.3. ELEKTRİKSEL GÜVENLİK TESTLERİ	30
2.3.1. Görsel Muayene.....	31
2.3.2. Toprak Direnç (Rezistans) Testi	32
2.3.3. İnsulasyon Testi.....	32
2.3.4. IEC 62353 Kaçak Akım Testi	33
2.3.4.1. Doğrudan Kaçak Akım Ölçümü	34
2.3.4.2. Fark Kaçak Akım Ölçümü	35
2.3.4.3. Alternatif Kaçak Akım Ölçümü	36
2.3.5. Elektriksel Güvenlik Test Aralıkları.....	38
2.4. KORUYUCU BAKIM	38
3. MALZEME VE YÖNTEM	39
3.1. FİZİK TEDAVİ CİHAZLARININ KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL	
GÜVENLİK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ.....	40
3.1.1. TENS Cihazı Kalibrasyon Ölçümü	40
3.1.1.1. TENS Cihazı Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı	41
3.1.1.2. TENS Cihazı Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü	42
3.1.2. Fizik Tedavi Ultrason Cihazı Kalibrasyon Ölçümü	43
3.1.2.1. Fizik Tedavi Ultrason Cihazı Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı	44
3.1.2.2. Fizik Tedavi Ultrason Cihazı Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü.....	45
3.1.3. Galvani Faradi Cihazı Kalibrasyon Ölçüm.....	46
3.1.3.1. Galvani Faradi Cihazı Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı	47
3.1.3.2. Galvani Faradi Cihazı Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü.....	47
3.1.4. Kısa Dalga Diatermi Cihazı Kalibrasyon Ölçümü.....	49
3.1.4.1. Kısa Dalga Diatermi Cihazı Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı	50
3.1.4.2. Kısa Dalga Diatermi Cihazı Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü	50
3.1.5. Diadinami Cihazı Kalibrasyon Ölçümü.....	51
3.1.5.1. Diadinami Cihazı Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı	52
3.1.5.2. Diadinami Cihazı Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü	53
3.1.6. Elektroterapi Cihazı Kalibrasyon Ölçümü.....	54
3.1.6.1. Elektroterapi Cihazı Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı	55

3.1.6.2. Elektroterapi Cihazı Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü	56
3.1.7. Traksiyon Cihazı Kalibrasyon Ölçümü	57
3.1.7.1. Traksiyon Cihazı Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı	58
3.1.7.2. Traksiyon Cihazı Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü.....	58
3.1.8. Kızılötesi (İnfraruj) Lamba Kalibrasyon Ölçümü.....	59
3.1.8.1. Kızılötesi (İnfraruj) Lamba Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı	61
3.1.8.2. Kızılötesi (İnfraruj) Lamba Traksiyon Cihazı Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü	61
3.1.9. Koşu Bandı (Treadmill) Kalibrasyon Ölçümü	62
3.1.9.1. Koşu Bandı (Treadmill) Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı	62
3.1.9.2. Koşu Bandı (Treadmill) Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü	63
3.1.10. Parafin Cihazı Kalibrasyon Ölçümü.....	64
3.1.10.1. Parafin Cihazı Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı	65
3.1.10.2. Parafin Cihazı Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü	65
3.1.11. Hot-Pack Kazanı Kalibrasyon Ölçümü	66
3.1.11.1. Hot-Pack Kazanı Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı	66
3.1.11.2. Hot-Pack Kazanı Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü	67
4. BULGULAR.....	68
4.1. TENS CİHAZI KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ.....	68
4.2. FİZİK TEDAVİ ULTRASON CİHAZI KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ.....	71
4.3. GALVANİ FARADİ CİHAZI KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ.....	73
4.4. KISA DALGA DİATERMİ CİHAZI KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ.....	75
4.5. DİADİNAMİ CİHAZI KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ.....	77
4.6. ELEKTROTERAPİ CİHAZI KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ.....	79
4.7. TRAKSİYON CİHAZI KALİBRASYON ÖLÇÜM DEĞERLERİ.....	82
4.8. KIZILÖTESİ (İNFRARUJ) LAMBA KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ.....	84
4.9. KOŞU BANDI (TREADMİLL) KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL ÖLÇÜM DEĞERLERİ.....	86

4.10. PARAFİN CİHAZI KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ.....	88
4.11. HOT – PACK KAZANI KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ.....	90
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	92
KAYNAKLAR.....	96
ÖZGEÇMİŞ.....	98

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: Tipik bir TENS cihazı	3
Şekil 2.2	: Konvansiyonel TENS çıkışı temsili (monofazik).....	4
Şekil 2.3	: Monofazik dalga için temsili akupunktur yöntemi.....	5
Şekil 2.4	: Monofazik dalga(temsili) için kısa yoğun etki yöntemi.....	5
Şekil 2.5	: Eğimli frekans stimülasyonu	6
Şekil 2.6	: Frekans modülasyonu	6
Şekil 2.7	: Tekrarlayan tek yönlü doğru akım	6
Şekil 2.8	: Sinyal süresi bloğu	6
Şekil 2.9	: Genlik modülasyonu.....	6
Şekil 2.10	: Tipik bir fizik tedavi ultrason cihazı.....	7
Şekil 2.11	: Ultrason cihazlarının çalışma şeması	8
Şekil 2.12	: Tipik bir galvanik faradi cihazı	11
Şekil 2.13	: Galvanik akımın kesikli şekilleri.....	12
Şekil 2.14	: Faradik akım şekli	12
Şekil 2.15	: Galvanik –faradik birleşik akımları.....	13
Şekil 2.16	: Ekspansiyonel akım şekli	13
Şekil 2.17	: Tipik bir kısa dalga diatermi cihazı	14
Şekil 2.18	: Kısa dalga diatermi prensip şeması	15
Şekil 2.19	: Tipik bir diadinami cihazı	17
Şekil 2.20	: Diadinamik akımlardan difaze fiks akımı	17
Şekil 2.21	: Diadinamik akımlardan monofaze fiks akımı	18
Şekil 2.22	: Diadinamik akımlardan kısa devreli modüle akım.....	18
Şekil 2.23	: Diadinamik akımlardan uzun devreli modüle akım	18
Şekil 2.24	: Tipik bir elektroterapi cihazı	20
Şekil 2.25	: Tipik bir traksiyon cihazı.....	21
Şekil 2.26	: Tipik bir kızılötesi (İnfraruj) lamba.....	22
Şekil 2.27	: Tipik bir motorlu koşu bandı.....	24
Şekil 2.28	: Tipik bir parafin cihazı	25
Şekil 2.29	: Tipik bir hot-pack kazanı.....	26
Şekil 2.30	: Toprak direnç testi	32
Şekil 2.31	: İnsulasyon testi	33
Şekil 2.32	: Elektriksel güvenlik sembolleri.....	34
Şekil 2.33	: Eş değer devre modeli	35
Şekil 2.34	: Cihaz fark kaçak akım yöntemi – Sınıf I.....	36
Şekil 2.35	: Cihaz fark kaçak akım yöntemi – Sınıf II.....	36
Şekil 2.36	: Kaçak akım testi	37
Şekil 3.1	: Osiloskop ile TENS cihazı frekans ölçümü.....	41
Şekil 3.2	: Ultrason wattmetre ile fizik tedavi ultrason cihazı güç ölçümü	44
Şekil 3.3	: Ultrason wattmetre	45
Şekil 3.4	: Galvani faradi cihazı kalibrasyon ölçümü	47
Şekil 3.5	: Kısa dalga diatermi cihazı kalibrasyon ölçümü.....	49

Şekil 3.6	: Diadinami cihazı kalibrasyon ölçümü	52
Şekil 3.7	: Diadinami cihazı akım ölçümü	53
Şekil 3.8	: Elektroterapi cihazı kalibrasyon ölçümü	55
Şekil 3.9	: Traksiyon cihazı kalibrasyon ölçümü	58
Şekil 3.10	: Kızılötesi (İnfraruj) lamba kalibrasyon ölçümü	60
Şekil 3.11	: Koşu bandı (Treadmill) hız ölçümü	62
Şekil 3.12	: Parafin cihazı kalibrasyon sıcaklık ölçümü	64
Şekil 3.13	: Hot-pack kazanı sıcaklık ölçümü	66
Şekil 4.1	: TENS cihazının 150 kHz osiloskop görüntüsü	68
Şekil 4.2	: Elektroterapi cihazının 90 kHz alternatif akım osiloskop görüntüsü	79

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	: TENS'in uyarı özelliklerine göre sınıflandırılması.....	4
Tablo 2.2	: Ara yüzeylerde görülen yansıma oranı.....	8
Tablo 2.3	: Farklı çap ve frekansta ultrason tedavi başlığının yakın alan uzaklığı..	10
Tablo 2.4	: Diadinamik akımların etki ve özellikleri.....	19
Tablo 2.5	: Cihaz yönetimi katsayısı.....	28
Tablo 2.6	: IEC 62353 standardının limit akım değerleri.....	37
Tablo 4.1	: TENS cihazı kalibrasyon ölçüm test sayfası.....	69
Tablo 4.2	: TENS cihazı elektriksel güvenlik ölçüm sayfası	70
Tablo 4.3	: Fizik tedavi ultrason cihazı kalibrasyon ölçüm test sayfası.....	71
Tablo 4.4	: Fizik tedavi ultrason cihazı elektriksel güvenlik test sayfası.....	72
Tablo 4.5	: Galvani faradi cihazı kalibrasyon ölçüm test sayfası.....	73
Tablo 4.6	: Galvani faradi cihazı elektriksel güvenlik test sayfası.....	74
Tablo 4.7	: Kısa dalga diatermi cihazı kalibrasyon ölçümü test sayfası	75
Tablo 4.8	: Kısa dalga diatermi cihazı elektriksel güvenlik test sayfası	76
Tablo 4.9	: Diadinami cihazı kalibrasyon ölçüm test sayfası.....	77
Tablo 4.10	: Diadinami cihazı elektriksel güvenlik test sayfası.....	78
Tablo 4.11	: Elektroterapi cihazı kalibrasyon ölçüm test sayfası.....	80
Tablo 4.12	: Elektroterapi cihazı elektriksel güvenlik test sayfası.....	81
Tablo 4.13	: Traksiyon cihazı kalibrasyon ölçüm test sayfası.....	82
Tablo 4.14	: Traksiyon cihazı elektriksel güvenlik test sayfası.....	83
Tablo 4.15	: Kızılötesi (İnfraruj) lamba kalibrasyon ölçüm test sayfası	84
Tablo 4.16	: Kızılötesi (İnfraruj)lamba elektriksel güvenlik test sayfası	85
Tablo 4.17	: Koşu bandı (Treadmill) kalibrasyon ölçüm test sayfası.....	86
Tablo 4.18	: Koşu bandı (Treadmill) elektriksel güvenlik test sayfası.....	87
Tablo 4.19	: Parafin cihazı kalibrasyon ölçüm test sayfası	88
Tablo 4.20	: Parafin cihazı elektriksel güvenlik test sayfası	89
Tablo 4.21	: Hot – pack cihazı kalibrasyon ölçüm test sayfası	90
Tablo 4.22	: Hot – pack cihazı elektriksel güvenlik test sayfası	91

SEMBOL LİSTESİ

λ_s	: sesin dalga boyu
$2r$	: transdüserin çapı
H	: Planck sabiti
I	: akım
F_u	: sesin frekansı
G	: dokuların iletkenliği
v_s	: ultrason dalgalarının hızı
A	: spesifik absorpsiyon oranı
E_p	: foton enerjisi
F_p	: fotonun frekansı
F_c	: sürtünme katsayısı
F_s	: sürtünme kuvveti
g	: vücut ağırlığı
L	: endüktans
C	: kapasitans
r	: transdüser yarıçapı
A_y	: yakın alan
F_n	: osilasyon frekansı
V_L	: ışığın hızı
λ_L	: ışığın dalga boyu

ÖZET

FİZİK TEDAVİ CİHAZLARI İÇİN MEDİKAL KALİBRASYON PROSEDÜRLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Kalibrasyon, önceden belirlenmiş şartlar altında, bir ölçü aletinin veya ölçme donanımının gösterdiği değerler ya da bir ölçüm sonucu bulunan değerler ile ölçülerin, bunlara karşı gelen ve bilinen standart değerleri arasındaki ilişkiyi belirleyen işlemlerdir.

İnsan yaşamı için en önemli konuların başında gelen sağlıkla ilgilenen birimlerin teknolojik gelişmelerden uzak kalması düşünülemez. Son yıllarda bilgisayar ağırlıklı tıbbi teknoloji, teşhisten tedavi aşamasının sonuna kadar kullanılmaktadır. Kaliteli sağlık hizmetinde teknoloji önemli bir etken olmaktadır. Kullanılan teknolojinin kalitesinin devamı ise kalibrasyon ile sağlanmaktadır.

Bu işlemler, kullanılan tıbbi cihazlardan en az on kat daha hassas özelliklere sahip ölçüm sistemleri ile gerçekleştirilir. Kalibrasyonun amacı; riskleri en aza indirmek, maliyeti düşürmek, kullanıcı problemlerini asgariye indirmek ve uluslararası standartlara uygunluğunu sağlamaktır. Tıbbi cihazların düzenli ve programlı kontrolleri ile, cihazın doğru ölçümleri yapması sağlanır, buna bağlı ortaya çıkacak sorunlar, sıkıntılar, müdahalede gecikmeler önlenir ve aynı zamanda cihazların kullanım ömrü uzatılmış olur.

Fizik tedavi cihazlarının kalibrasyon ölçümleri için osiloskop, multimetre gibi cihazlarla belirli ölçümler alınmaktadır ancak kalibrasyon ölçüm prosedürleri oluşturulmamış ve bu prosedürlere yönelik kalibrasyon ölçümleri gerçekleştirilmemiştir. Bu tez çalışmasında, fizik tedavi cihazları için kalibrasyon ölçüm prosedürleri geliştirilmiştir.

Geliştirilen kalibrasyon ölçüm prosedürlerine dayanılarak, kalibrasyon ölçümleri yapılmıştır. Çalışılan cihazların ayarlanabilen parametreleri belirlenerek, ölçümlere uygun test cihazları elde edilmiş ve her bir cihazın parametre ayarlarına uygun olarak gereken ölçümler gerçekleştirilmiştir. Zamanlayıcı değerleri de ayarlanıp zaman doğruluğu kontrol edilmiştir.

Pratik, uniform ve uygulaması kolay olan IEC 62353 elektriksel güvenlik test prosedürü kullanılarak fizik tedavi ünitesinde bulunan cihazlara elektriksel güvenlik testleri uygulanmıştır. Elde edilen verilerde üniteye bulunan bütün fizik tedavi cihazlarının olması beklenen sonuçlara sahip olduğu görülmüş ve bu sebeple elektriksel güvenilirliğe sahip oldukları anlaşılmıştır.

SUMMARY

DEVELOPMENT OF MEDICAL CALIBRATION PROCEDURES FOR PHYSICAL THERAPY DEVICES

Calibration is the process of determining the relation between the values displayed by a measurement device or a measuring equipment or values and measures obtained as a result of a measurement, and the corresponding known standard values under previously defined circumstances.

It is out of question to imagine the fields related to health, which is the primary subject in human life, to remain distanced from the technological developments. In recent years, extensive medical technologies, which are computer dominated, have been widely in use from diagnosis to treatment procedures. Technology is an important factor in medical service of good quality. The continuity of the quality of this technology used is provided by calibration.

These procedures are carried out using measurement systems, the properties of which are at least ten times more precise than the medical equipments in use. The aim of calibration is to; minimize the risks, reduce the costs, minimize the user related problems and provide compatibility to international standards. Regular and programmed control of medical equipments allows the devices to perform accurate measurements so that the possible problems, troubles and delays in intervention are avoided, and it also prolongs the working life of the equipments.

For calibration of physiotherapy devices, certain measurements are taken with devices such as oscilloscope, multimeter; but procedures for calibration measurement are not created and calibration measurements are not performed related to these procedures. In this thesis, calibration measurement procedures have been developed for physical therapy devices.

Calibration measurements are made based on the developed calibration measurement procedures. The appropriate test devices for measurement are obtained by determining the adjustable device parameters and the necessary measurement set are carried out as required according to the settings of each device parameter. The accuracy of timing is checked by adjusting the levels of timer.

Electrical safety tests are performed on the devices used in physical therapy unit by using IEC 62353 electrical safety test procedure which is practical, uniform and easy to be applied. The data obtained in these tests showed that all physical therapy devices in the unit have expected results and therefore it is understood that they have reliable electrical safety.

1. GİRİŞ

İnsanların sağlıklı bir yaşam sürmesi ve sağlıkla ilgili problemlerin çözümlenmesi için, hastanelerde kaliteli hizmete yönelik çalışmaların uygulanması ve sürekliliğinin sağlanması gerekir. Sağlık kuruluşlarında gözönünde bulundurulması gereken en önemli noktalardan biri, hastaların direkt maruz kaldığı teşhis ve tedavi amaçlı cihazların güvenilirliklerinin sağlanmasıdır [1]. Tıbbi cihazların kalitesi ve çalışma performansı ise medikal kalibrasyon ölçümleri ile kontrol edilebilmektedir. Bu nedenle; hastalık verilerinin, teşhis ve tedavi analizlerinin izlenmesi için kullanılan tüm medikal cihazların ölçüm doğruluğunun tesbit edilmesi sağlanmalıdır. Bu ölçüm doğruluğunun sağlanması için kalibrasyon işlemi gerekmektedir. Kalibrasyon bir ölçme aletinde okunan değer ile ölçme büyüklüğü arasındaki bağıntının saptanması işlemidir.

Tıbbi cihaz kazalarının başlıca nedenleri, hatalı veya kusurlu cihazların kullanımı, tıbbi cihazların hatalı kullanımı, kullanıcı eğitiminin yetersiz olması, tıbbi cihaz bakım ve kalibrasyonunun yetersiz olması, yeni teknolojilerin kullanımında tecrübe ve bilgi eksikliğinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenlerden birinin veya birkaçının hastane yönetimi tarafından ihmal edilmesi neticesinde mesleki kazalara sebep olmaktadır. Bu durum medikal cihazların kalibrasyon ölçümlerinin yapılmasının gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Cihazların imalatçı tarafından önerilen bir şekilde, belirlenen uluslararası kriterlere uygun olarak çalışmasının sağlanması, tanı ve tedavi hizmetlerinin kalitesini artırarak, hasta memnuniyetini sağlamış olacaktır. Sağlık kuruluşlarının kendi alanlarında saygın bir konum kazanmaları verdikleri tanı ve tedavi hizmetlerinin kalitesiyle ilişkilidir. Medikal kalibrasyon ölçümlerinin başlıca amacı, kullanılan medikal cihazların doğruluğundan emin olmak, riskleri en aza indirmek, maliyeti düşürmek, uluslar arası standartlara uygunluğu sağlamak, üretim ve hizmet kalitesini yükseltmektir [1].

1.1.FİZİK TEDAVİ CİHAZLARINDA KALİBRASYONUN ÖNEMİ

Fizik Tedavi, fiziksel araçların tedavi amacıyla kullanılmasına verilen isimdir. Bu amaçla ısı, ışın, su, elektrik ve başka fiziksel büyüklükler ile hastalar tedavi edilmektedir. Fiziksel araçlar geliştikçe ve yapılan araştırmalar arttıkça bu araçların insan organizmasına yaptıkları etkiler daha iyi anlaşılmış ve uygulama alanları çoğalmıştır.

Fiziksel tekniklerin yetersizlik ve sakatlıklara uygulanmasıyla hastanın psikolojik, sosyal ve mesleki problemleri azalmaktadır. Fizik tedavi ortopedik, nörolojik, solunum ve kalp rahatsızlıkları gibi bir çok alanda hastanın tekrar sağlığına kavuşmasını hızlandırmaktadır. Bu nedenle fizik tedavi pek çok alanda büyük önem taşımaktadır.

Fiziksel tıbbın tanı tekniklerinde akla ilk olarak elektrofizyolojik incelemeler gelmektedir [2]. Fizik Tedavide elektrofizyolojik incelemeler arttıkça tedavi için kullanılan cihazlar çoğalmış ve geliştirilmiştir. Buna paralel olarak hasta ve kullanıcı güvenliği açısından ve tedavi verimliliğinin artması için fizik tedavi ünitesinde kullanılan cihazların güvenilir ve doğru çalışabilir durumda olması önem arz etmektedir. Kullanılan cihazların doğruluğu ise ancak kalibrasyon ölçümleri ile sağlanabilmektedir.

Ölçüm güvenilirliğinin sağlandığı sağlık hizmetlerinde; hastalıklara ait teşhislerin doğru kararlaştırılması, böylece uygulanacak tedavilerin en iyi neticeyi vermesi sağlanır. Değerlerin hatalı sonuçlar vermesi uygulanacak tedaviyi de yanlış yöne sevk edecektir. Bu durumun önlenmesi için, günümüzde tıbbi birimlerin birçoğunda kalibrasyon ölçümleri yapılmaktadır. Fizik tedavi cihazları için ise yapılan çalışmalar yeterli düzeyde olmayıp, etkin kalibrasyon ölçümleri yapılmamaktadır.

Tedavide elektrik akımının yoğun olarak kullanıldığı bu ünite insan hayatı söz konusu olduğundan, cihazların denetim altında olması büyük önem taşımaktadır. Bu durum ise ancak düzenli olarak bu cihazlara bakım ve kalibrasyon ölçümleri yapılmasıyla sağlanabilir. Fizik tedavi bölümünde de diğer tıbbi birimler gibi hastanın faaliyetlerini düzenli bir şekilde sürdürebilmesi için cihazların kalibrasyon ölçümüne ihtiyaç duyulmaktadır.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. FİZİK TEDAVİ ÜNİTESİ CİHAZLARI

Tam teşekküllü bir fizik tedavi ünitesinde TENS cihazı, fizik tedavi ultrasonu, galvanî faradi cihazı, elektroterapi cihazı, diadinami cihazı, traksiyon, kısa dalga diatermi cihazı, infraruj, treadmill, parafin, hot pack cihazı bulunmalıdır. Yapılan çalışmada bu cihazlar incelenerek cihazların çalışma metodları anlatılacaktır.

2.1.1. TENS (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation) Cihazı

TENS cilde yerleştirilen elektrodlarla, sinir sistemine kontrollü, düşük voltajlı elektrik akımı uygulama yöntemidir [3]. TENS'in gelişmesiyle elektrik akımıyla ağrı tedavisinin uygulaması artmıştır. TENS elektrik kullanılarak ağrı kesmenin en yaygın örneğidir [4]. İlk kez 1965 yılında Melzack ve Wall'un ortaya attığı kapı-kontrol teorisi ile TENS'in ağrı tedavisindeki önemi anlaşılmış ve TENS'in kullanımı yaygınlaşmıştır [5].



Şekil 2.1: Tipik bir TENS cihazı.

Frekansı 10-200 Hz arasında, darbe süresi 0.05-0.5 ms arasında değişmektedir. TENS'in akım şekli dörtgen monofazik, dörtgen bifazik veya basit kondansatör deşarjı şeklinde olabilmektedir. Cihaz birden fazla çıkışa sahip olabilir, böylece birden fazla elektrot çiftinin kullanımıyla aynı anda birden fazla alan tedavi edilebilmektedir (Şekil 2.1). Klinikte kullanılan büyük tipleri olmasının dışında portabl kullanılabilen küçük

tipleri de bulunmaktadır. Portabl olanları pille çalışırlar, böylece evde hastalar tarafından kullanılabilir.

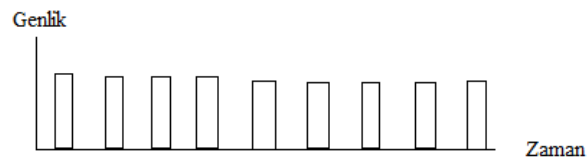
TENS cihazında değişik uygulama modları bulunmaktadır ve bu uygulama modlarının her biri farklı ağrı modülasyonları sağlayan değişik parametre ayarlarına sahiptir. Günümüzde bilinen 5 mod bulunmaktadır. Bu uygulama modlarını konvansiyonel, alçak frekanslı, burst, kısa yoğun ve modülasyon mod oluşturmaktadır (Tablo 2.1).

Tablo2.1: TENS'in uyarı özelliklerine göre sınıflandırılması [2].

Tens Modu	Frekans (Hz)	Sinyal Süresi (μ s)	Genlik (mA)
Geleneksel	50-100	40-75	10-30
Akupunktur benzeri	1-4	150-250	30-80
Burst	70-100	100-200	30-60
Kısa yoğun	100-150	150-250	30-80
Modülasyonlu	Modülasyonlu akım		

Konvansiyonel TENS ilk uygulama alanına giren ve hala en sık kullanılan yöntemdir. Analjezi çabuk başlayıp, çabuk sonlanmaktadır [6]. Ağrılı durumlarda, ani yaralanmalarda ve ameliyat sonrası ağrı azaltmak için kullanılmaktadır.

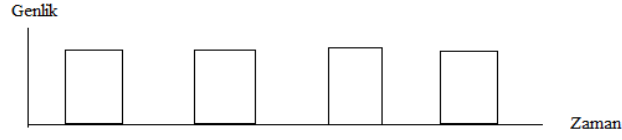
Frekansı 50-100 Hz olup, akım süresi 40-75 μ s'dir. Akımın şiddeti ise 10-30 mA'dir [7]. Dalga genişliği 200 μ s'ye kadar ve amplitüd yoğunluğu, 1-100 mA arasındadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2: Konvansiyonel TENS çıkışı temsili (monofazik).

Alçak frekanslı (akupunktur benzeri) mod, kronik ağrıları azaltmak ve akupunktur noktalarını uyarmak için kullanılır. Düşük frekanslı, uzun akım geçiş süreli ve yüksek şiddette akımlar verir. Akupunktur benzeri TENS'in parametreleri konvansiyonel TENS'in tersine uygulanır. Güçlü, ritmik kas kontraksiyonları yaratmaktadır [7].

Bu modda akımın frekansı düşük, süre ve şiddeti ise yüksektir (Şekil 2.3). Süre 150-250 μ s, şiddeti, 30-80 mA, dalga genişliği ise 0-200 μ s'dir. Akımın frekansı ise 1-4 Hz kadardır.

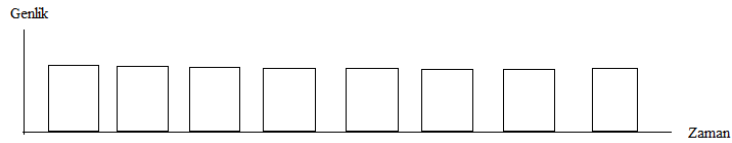


Şekil 2.3: Monofazik dalga için temsili akupunktur yöntemi.

Patlayıcı uyaran (Burst) mod ise, alçak frekanslı TENS'in etkinliği ile geleneksel TENS'in rahatlığını birleştirmektedir. Yüksek yoğunluklu bir akım, uyarıları paketler halinde gönderir. Sinyaller ve taşıyıcı akımlar hissedilmez, alçak frekanslı TENS'den daha konforludur [2]. Bu yöntemle zaman zaman yüksek (50-100 Hz) ve alçak frekansta (1-10 Hz) birbirini izleyen uyarılar verilir. Etki süresi 2-6 saattir.

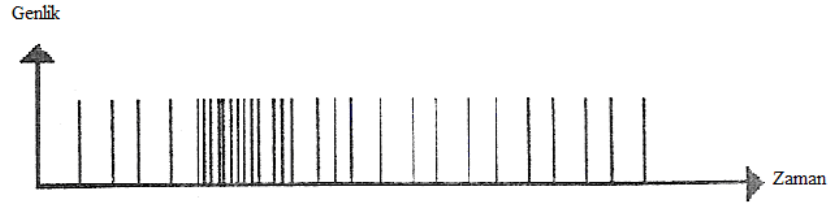
Kısa yoğun (hiperstimulasyon) modunda, bütün duysal ve motor lifleri bir anda etkileyerek kısa sürede güçlü bir analjezi meydana gelir (Şekil 2.4). Bu uygulama modu, ağrı meydana getiren bir sinyalin kontrol mekanizması üzerinden ağrı kesme amacıyla kullanılmaktadır [2].

Akımın frekansı 100-150 Hz ve şiddeti 30-80mA olup süresi ise, 150-250 μ s'dir. Tüm duysal ve motor sinirler uyarılır. Uyarıma sıfırdan başlanır ve hasta hissedene kadar yoğunluk artırılır.

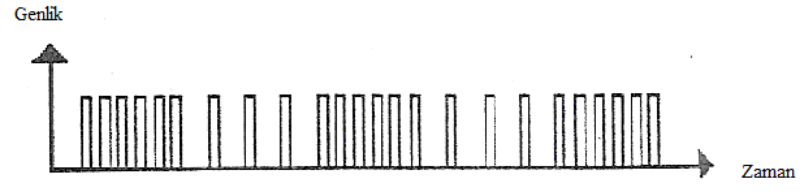


Şekil 2.4: Monofazik dalga (temsili) için kısa yoğun etki yöntemi.

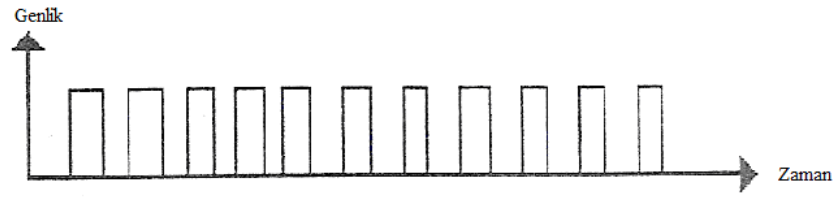
Modülasyonlu mod; sinir adaptasyonunu azaltmak için birbirinden farklı bir çok TENS modunun akımla ilgili özelliklerinin ayarlanmasıyla elde edilebilir ve bu sayede bir çok amaca yönelik çalışma yapılabilir [2]. Bu TENS modu stimülasyon sırasında oluşan duysal adaptasyonun engellenmesi için geliştirilmiştir ve frekans ve amplitud otomatik olarak değişmektedir [3]. Şekil 2.5 – 2.9' da farklı akım modülasyonlarına ait grafikler verilmiştir [2].



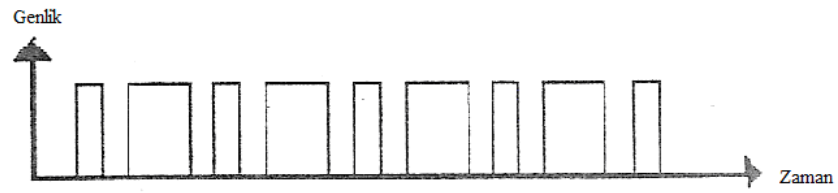
Şekil 2.5: Eğimli frekans stimülasyonu.



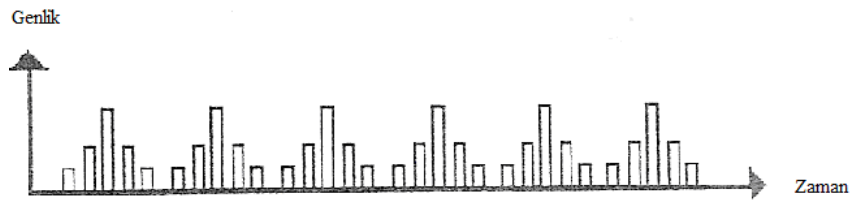
Şekil 2.6: Frekans modülasyonu.



Şekil 2.7: Tekrarlayan tek yönlü doğru akım.



Şekil 2.8: Sinyal süresi bloğu.



Şekil 2.9: Genlik modülasyonu.

2.1.2 Fizik Tedavi Ultrason Cihazı

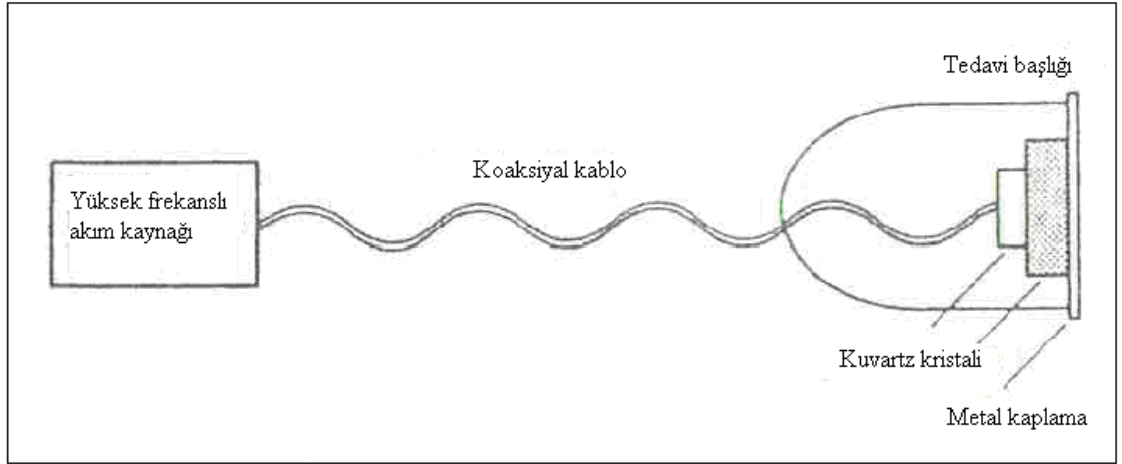
Ultrason dalgaları insan işitme sınırının üstünde olan akustik dalgalardır. Fizik tedavi ultrason cihazları (Şekil 2.10) tıpta tedavi amacıyla kullanılır. Ultrason (US) cihazından fizik tedavi ünitesinde derin dokuları ısıtıcı etkisinden yararlanılarak etkili tedavi sağlanır [8].

Bir terapötik ultrason cihazının düzeneğinde yüksek frekanslı akım üretici ve dönüştürücü (transduser) olmak üzere iki temel kısım bulunmaktadır. Akım üretici şehir şebeke akımını istenilen frekansta akıma yükseltmektedir. Dönüştürücü ise üreteçte elde edilen akımı mekanik enerjiye dönüştürür. Ultrasonik dönüştürücüler silindirik kesilmiş kuvartz, baryum titanat gibi kristal yapıya sahiptir (Şekil 2.11). Kristalin titreşim frekansının üreteçten gelen akımın frekansına eşit olması gerekmektedir. Kristal rezonatör, ultrason tarafından uyarılabilir ve onun rezonant frekansı ultrasonik bağlantı ile belirlenebilir [9].



Şekil 2.10: Tipik bir fizik tedavi ultrason cihazı.

Kristallerin ses enerjisini elektrik enerjisine çevirme özelliğine piezoelektrik özellik denir. Ultrason cihazlarının işleyişi piezoelektrik olaya dayanır. Tedavide kullanılan ultrason dalgaları elektronik osilatör yardımıyla piezoelektrik kristal tarafından üretilir.



Şekil 2.11: Ultrason cihazlarının çalışma şeması [10].

Ultrason dalgaları dokuların ara yüzeylerinden yansır (Tablo 2.2). Yansıma yüzdesi ara yüzeyi oluşturan dokuların, akustik empedansı sesin yayılmasına karşı oluşturdukları direnç (akustik empedans) farkı ile ilgilidir. Akustik empedansı aynı olan iki dokunun ara yüzeyini ultrasonik dalga yansımadan geçer [11].

Tablo 2.2: Ara yüzeylerde görülen yansıma oranı [12].

Dokular	Yansıma Oranı %
Su-yağ	0.2
Su-kas	0.3
Yağ-kas	1.1
Su-kemik	30
Kas-kemik	26.8

Bütün akustik dalgalar gibi, ultrason dalgaları doppler kaymasına (hareket eden bir nesneden yansıtıldığında frekansın hafif değişimi) maruz kalır [12].

Ultrasonik dalganın ortam basıncı düştüğünde, içinde erimiş gaz bulunan sıvıda, gaz parçacıkları bir araya gelip kabarcık oluşturabilir. Bu gaz kabarcığı çevredeki sıvılar içine dağılır ya da yeni oluşan gaz kabarcıkları ile birleşerek büyümesine kavitasyon denir. Kavitasyon olayı enerjinin iletimini de etkileyebilmektedir. Genellikle ısıtma ve kavitasyon iki ana hasar mekanizmaları olarak kabul edilir [13].

Tedavi amacı ile kullanılan ultrason frekansları 0,8-3 Mhz arasındadır, dalga boyları ise çok küçüktür. Frekans, yoğunluk ve akustik empedans ses alanını etkiler. Akustik empedans kullanılan ortama göre değişiklik gösterir. Hız ve dalga boyu arasındaki bağıntı (2.1) de görülmektedir.

$$F_u = v_s / \lambda_s \quad (2.1)$$

F_u : ultrasonik dalganın frekansı,

v_s : ultrasonik dalganın hızı,

λ_s : ultrasonik dalga boyu

İletilen ortamda sesin hızı ve dalga boyu değişir, frekansı değişmez. Dönüştürüden çıkan akustik dalga belli bir açı ile birbirinden ayrılır. Bu ayrılma açısı dönüştürücünün çapına ve akustik dalganın dalga boyuna bağlıdır [14].

Buna göre, ultrason başlığının çapı ne kadar büyükse ultrasonik dalga o kadar uzak mesafeye ulaşır [14]. Ultrasonik dalga demeti homojen değildir. En çok ultrasonik dalga yoğunluğunun olduğu bölgeye yakın alan, ultrasonik dalga demetinin azaldığı bölgeye de uzak alan denir. Tedavi cihazlarında yakın alanın uzaklığı önemlidir. Yakın alanın uzunluğu, dönüştürücünün yarıçapı ve ultrasonik dalganın frekansı ile ilgilidir (Tablo 2.3). Yakın alan, (A_y) (2,2) formülüyle bulunur.

$$A_y = 2r / \mu_s \quad (2,2)$$

r : dönüştürücü yarıçapı

μ_s : ultrasonik dalga boyu

Dalga boyu (2,3) denklemiyle ifade edildiğinden;

$$\mu_s = v_s / F_u \text{ olduğundan,} \quad (2,3)$$

$$A_y = 2r \cdot F_u / v_s , \quad (2,4)$$

şeklını alır.

Tablo 2.3: Farklı ap ve frekansta ultrason tedavi başlığının yakın alan uzaklığı [2].

Başlık apı (mm)	Frekans (Mhz)	Yakın alan uzaklığı (cm)
15	1	15
15	3	45
10	1	6,5
20	1	26,5

Kliniklerde kullanılan tedavi dozu ortalama $1,5 \text{ w/cm}^2$, maksimum doz 3 w/cm^2 'dir. Ultrason dalgalarının frekansı azaldıkça insan vücutundan geçmesi kolaylaşır. Ultrason uygulama şekli sürekli veya kesikli sinyaller halinde olabilir. Havanın kötü bir iletken olmasından dolayı, uygulamada prob ile deri arasında kalabilecek hava kabarcığı ultrasonun yayılmasını engelleyebilir. Çünkü, boşluktan çıkan ultrason dalgalarının bir kısmı hava molekülleri tarafından absorbe edilir. Bu temasın tam olabilmesi için su, vazelin, çeşitli pomadlar, jeller, kremler kullanılır. El, ayak, dirsek gibi uygulamayı zorlaştıran bölgelerde tedavi su içerisinde yapılır.

Bazı US cihazlarının uygulama sırasında elektrik stimölasyonu da yapabilen donanımları mevcuttur. Böylece başlık aynı zamanda kasları uyaran aktif elektrod görevini üstlenmektedir. US uygulaması ile bazı ilaçların cilt yolu ile vücuda sokulmasına fonoforezis denir.

2.1.3.Galvani Faradi Cihazı

Galvani Faradi cihazı fizik tedavi ünitesinde yaygın olarak kullanılan, galvanik, faradik ve eksponansiyel akımın kullanımına imkan veren bir cihazdır (şekil 2.12).

Galvanik akım (doğru akım), aynı yönde, sürekli olarak yön ve şiddet değiştirmeden akan elektrik akımıdır. Galvanik akımın ısı yaratıcı etkisi olmayıp sadece elektrikseldir. Galvanik akım kuru pil ve akümülatörler, lambalı doğrultucular, yarı iletken doğrultucular ve motorlu jeneratörlerden üretilir. Tedavi için kullanılan galvanik akımın şiddeti ve voltajı zayıftır. Doğru akım üreteçlerinin pozitif ve negatif olarak iki kutbu bulunmaktadır.

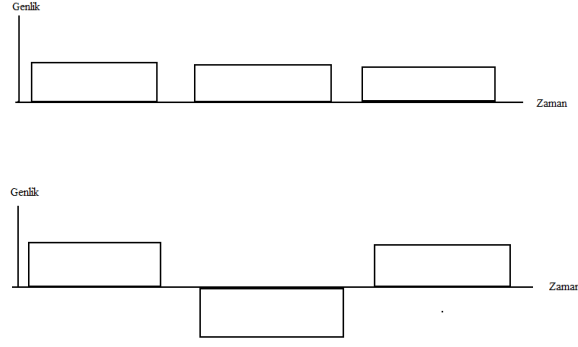
İnsan vücuduna galvanik akım uygulandığında, organizmada bulunan pozitif ve negatif yüklü iyonlar, yüklerinin cinsine göre negatif ve pozitif kutuplara doğru hareket etmesine dayanarak galvanik kutupları arasında meydana gelen bu olaya interpoler etki denir [15]. İnterpoler etkinin yoğun olarak gözlemlendiği bölgeler, elektrotların direkt olarak uygulandığı deri ve uyarılabilir membranların geçiş bölgeleri olmaktadır.

Doğru akım elektroliz, iyontofrez, elektroforez ve elektro-osmoz olaylarına sebep olur. Bir sıvı içinde çözünmüş olan kimyasal bileşiklerin ayrıştırılması işlemine elektroliz, iyonlara ayrışamayan elektronların transportuna ise elektroforez denir. Bazı maddelerin elektrik akımı yardımıyla ciltten derin dokulara geçirilmesi olayına iyontofrez denir. Doğru akımın etkisiyle hücre zarından sıvı akışının ve hareketinin sağlanmasına elektro osmoz denir.



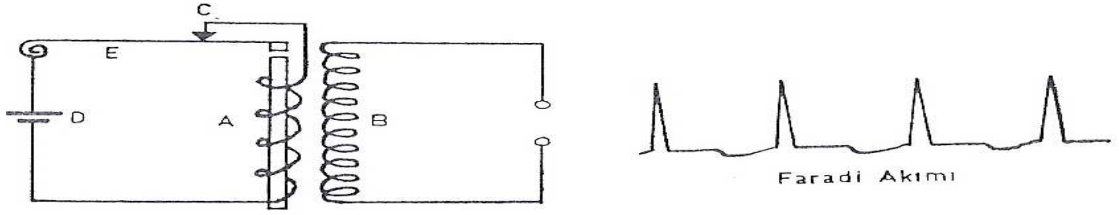
Şekil 2.12: Tipik bir galvani faradi cihazı.

Galvani faradi cihazında galvanik akımın kesikli olarak uygulanmasına imkan veren kesikli galvani akım modu bulunmaktadır (Şekil 2.13). Dikdörtgen dalga şekline sahip olan bu akım şekli, uyarım maksadıyla kullanılır. Kesikli galvanik akım uygulaması hastanın durumuna göre elektrodlar kullanılarak yapılır.



Şekil 2.13: Galvanik akımın kesikli şekilleri [15].

Faradik akım endüksiyon akımıdır, birbirinin üzerine geçen iki bobinden elde edilmektedir. Primer bobin kalın, sekonder bobin ona göre daha ince bakır telden yapılmıştır. Primer bobine, doğru akım verildiğinde sekonder bobinde endüksiyon akımı belirir. Faradi akımının açılış voltajı oldukça yüksek, kapanış voltajı ise çok düşük olduğu için, faradi akımı tek yönlü olarak kabul edilebilir (Şekil 2.14). Ani ve otomatik olarak kısa süre içinde akıp sonra birden kesilen bir akım şeklindedir.



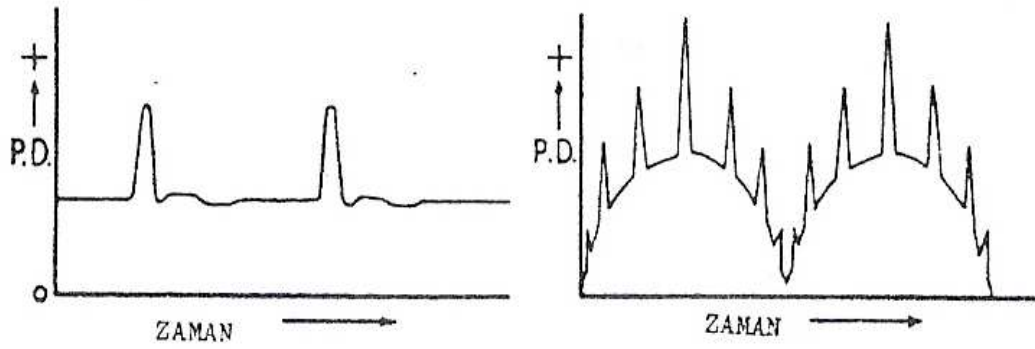
a) Faradik akım elde edilmesinde kullanılan

b) Faradik akım.

devre şekli.

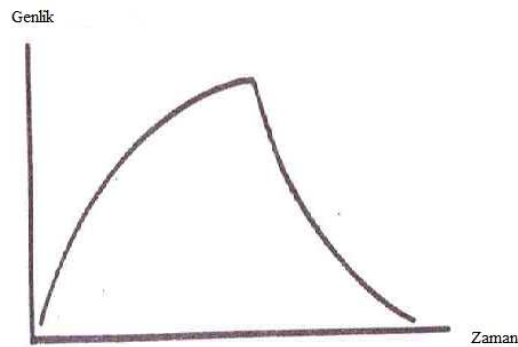
Şekil 2.14: Faradik akım şekli [15].

Pek çok alçak frekanslı akım üreticisinde, doğru akımın etkisini faradi akımına ekleyerek tedavi yapmak mümkün olmaktadır. Bu birleşik akımlar sürekli ve tedaviye alçak akım yoğunluğuyla başlanır (Şekil 2.15). Hastalar bu akıma alışıp, analjezi meydana geldiğinde de akım yoğunluğu yavaş yavaş arttırmaktadır [16].



Şekil 2.15: Galvanik –faradik birleşik akımları [16].

Eksponansiyel akımlar tek yönlü sinüzoidal akımlara benzerler (Şekil 2.16). Bu akımlarda her bir elektrik dalgası yavaş yavaş akımın yoğunluğunu artırır, en üst değere ulaştıktan sonra ise daha yavaş bir hızla başlangıç seviyesine ulaştığından akımın yoğunluğunun azalması, artmasına göre daha uzun zaman alır. Eksponansiyel akımlar, ağrı azaltmada, kan dolaşımında, iyonların dokularda yayılmasında etkin oldukları için doku beslenmesinde, kas ve sinirleri ilgilendiren hastalıkların teşhisinde rol oynar.



Şekil 2.16: Eksponansiyel akım şekli [16].

2.1.4. Kısa Dalga Diatermi Cihazı

Kısa dalga diatermi cihazları temelde akım kaynağı, osilatör devresi ve rezonans devresi olmak üzere üç donanım devresine sahip olup, 3-30 m dalga boyundadırlar. Akım kaynağı olarak şehir akımını kullanırlar. Osilasyon devresi şehir akımını istenen kısa dalga frekansına yükseltir. Rezonans devresi ise uygulama yapıldığında alanın kapasitesine göre osilasyon devresi ile aynı frekansın elde edilmesini sağlar (Şekil 2.17).



Şekil 2.17: Tipik bir kısa dalga diatermi cihazı.

Kısa dalga diatermi yüksek frekanslı akımların terapötik uygulanması olup, genellikle 30-50 MHz frekanslı elektromagnetik dalgalar kullanılır. Tedavinin etkili olması için doku ısısının 40-45° C'ye kadar yükselmesi gerekmektedir. Dalga boyu (2.5) formülünden hesaplanabilir.

$$\lambda_L = F_n / V_L \quad (2.5)$$

F_n : Osilasyon frekansı

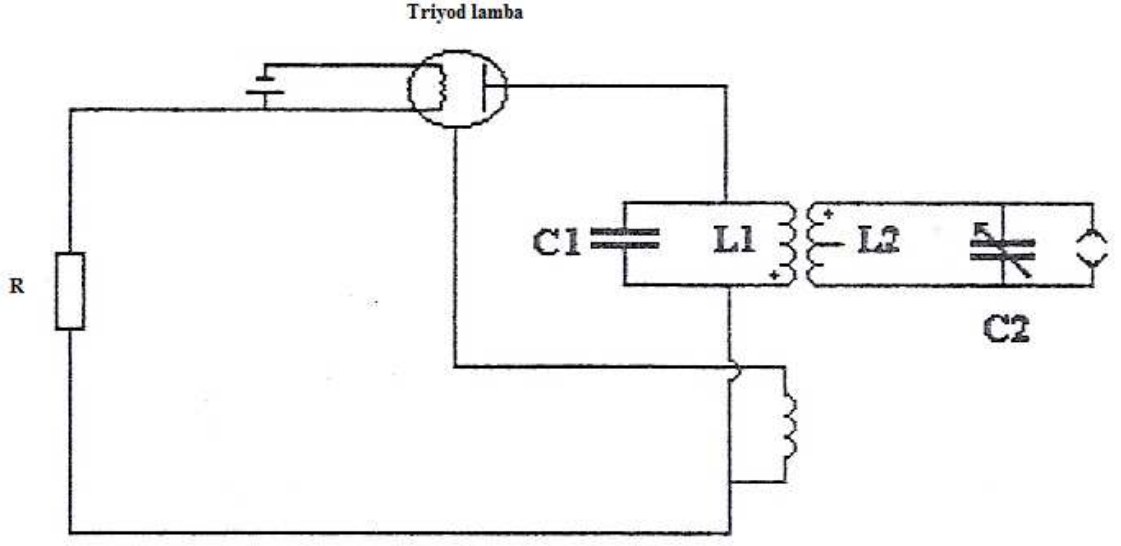
V_L : Işığın hızı

Frekans hesaplaması için (2.6) formülünden yararlanılır.

$$F_n = 1 / 2\pi \sqrt{LC} \quad (2.6)$$

L: Endüktans

C: Kapasitans



Şekil 2.18: Kısa dalga diatermi prensip şeması [2].

Şekil 2.18’de görülen diatermi prensip şemasında L1 bobini ile C1 kondansatör devresi osilatör devresidir. Bu devre bir triyod lamba üzerinden yüksek voltaj kaynağına bağlıdır ve başka bir kaynaktan triyod lambanın flamanı ısıtılarak elektron saçmasını sağlar. Negatif yükler L1 bobini üzerinden geçerken triyod lambada flamandan çıkan elektronların plakaya varmasını önler ve böylece yüksek voltaj devresinde akım akışı kesilir. Sonra yine lambanın plakası artı yüklerle yüklenmeye başlar ve bu olaylar sürekli devam ederek osilasyon sağlanmış olur. L2 bobini ile buna bağlı C2 ayarlı kondansatörü hasta devresinde rezonatör devresini oluşturur. C2’nin ayarı sürekli değiştirilerek hasta devresi rezonansta tutularak hastaya verilecek enerji gücünün yüksek olması sağlanır. Bu yüksek güçlü enerji elektrotlar aracılığıyla hastaya uygulanmaktadır [2].

Kısa dalga diatermi uygulamasında enerjinin absorpsiyon oranını ifade etmek için (2,7) formülü kullanılır.

$$A = I^2 / G \quad (2,7)$$

A : Spesifik absorpsiyon oranı

I: Meydana gelen akım

G : Dokuların iletkenliği

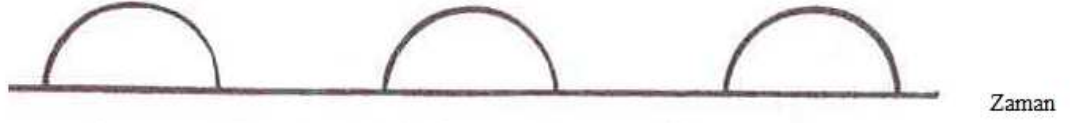
Kısa dalga diyatermi cihazlarında kondansatör ve indüksiyon olmak üzere iki uygulama tekniği bulunmaktadır. Kondansatör tekniğinde, tedavi edilecek bölge iki kapasitör plaka arasına yerleştirilerek uygulama yapılmaktadır. Kısa dalga kapasitör tekniği uygulandığında vücutta bulunan iyonlar, dipoller elektrik akımları oluşturarak Joule yasasına göre ısı artışına yol açarlar. Kondansatör tekniği ile yağ dokusu kaslara göre daha fazla ısınmaktadır. Bunun sebebi yağların spesifik absorbsiyon oranının kaslardan daha fazla olmasıdır. Daha yoğun manyetik alan yaratılabilmesi için, tedavi edilecek bölgeye yakın olan elektrod daha küçük boyutta seçilmelidir. Elektrodla yakın olan bölgede elektromanyetik kuvvet çizgileri daha yoğun olduğundan dolayı, yüzeyel dokularla dielektrik katsayısı yüksek olan dokularda (empedansı düşük) ısı üretimi daha fazla olması beklenir.

İndüksiyon tekniğinde uygulama bobin ile yapılmakta olup, bobini oluşturan kablo monod, diplod ve sarmal olabilir. İndüksiyon tekniği ile elektrodlar belirli şekillerde yerleştirilerek kaslarda yağlardan daha etkili ısıtma sağlanabilir. Bu olay sirküler elektrik alanının indüksiyonu ya da dokularda meydana gelen Eddy akımları ile olmaktadır [2]. Derin dokuları ısıtırken yağların absorbsiyon oranını en aza indirmek için, uygulanan manyetik alanın büyüklüğüne, manyetik alanın kesit yerine, manyetik alanın doku yüzeyine olan doğrultusuna dikkat etmek gerekir. Manyetik alanın büyüklüğü, dokularda ısıya dönüşecek spesifik absorbsiyon oranını, manyetik alanın kesit yeri, ısıtılacak dokunun derinliği ve kas-yağ ısı oranını, manyetik alanın doku yüzeyine olan doğrultusu ise, absorbe edilecek enerji miktarını belirler.

Kısa dalga kondansatör tekniğinde elektrik alan etkisi, indüksiyon tekniğinde ise, manyetik alan etkisi de görülmektedir. Manyetik alan etkisi büyük oranda Eddy akımlarının Joule yasasına göre ısıya dönüşmesine bağlı olduğundan iletkenliği fazla olan dokular daha fazla ısınır [2].

2.1.5. Diadinami Cihazı

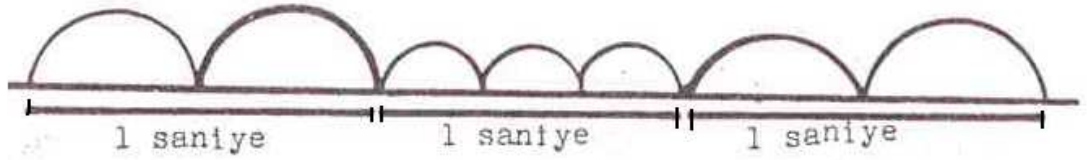
Uygulamada galvanik akıma diadinamik akım eklenebilir. Cihaz G-MF-DF-RS-CP-LP ve farklı akımlar vermekte olup, bu akımlar düşük frekanslı diadinamik akımlardır. Cihaz elektrodla sahiptir (Şekil 2.19). Diadinamik akımlar, sinuzoidal tipte ve periyodiktir.



Şekil 2.21: Diadinamik akımlardan monofaze fiks akımı [16].

Ritm senkope akımı, sabit monofaze akımın kesikli verilmesiyle elde edilmiştir. Bu akım türünde akımın geçiş ve kapanış süreleri bir saniye olup, birbirine eşittir. Sabit monofaze akımın her saniyede bir kesilmesi inhibisyon ve alışmayı önler, dinamojenik etki devam eder [16].

Kısa devreli modüle akım, difaze bir akımda düzenli aralıklarla frekansın 50 Hz' den 100 Hz'e sonra tekrar 50 Hz'e inmesiyle elde edilmektedir (Şekil 2.22). Bu şekildeki kesinti olmadan periyodik frekans değişimleri ile, aynı frekansın kullanımıyla ortaya çıkan inhibisyon önlenmiş olur [16].



Şekil 2.22: Diadinamik akımlardan kısa devreli modüle akım [16].

Uzun devreli modüle akımda frekans 50-100 Hz arasında periyodik olarak değişir (Şekil 2.23). Değişikler ortalama 12-15 saniyede olduğundan akımın inhibisyon özelliği kuvvetli dinamojenik etkisi ise önemsizdir [16].



Şekil 2.23: Diadinamik akımlardan uzun devreli modüle akım [16].

Hafif dalgalı doğru akımda, doğru akım ile 100 Hz sinüzoidal akım birleştirilmiştir. Bu akım türü iyontoforez tedavisi için çok uygundur. Akımın meydana getirdiği inhibisyon, galvanik akıma karşı organizmanın direncinde etkilidir [16].

Tablo 2.4: Diadinamik akımların etki ve özellikleri [16].

Akım Şekli	Özellikleri		Aalışkanlık
	İnhibisyon etkisi	Dinamojenik etki	
Difaze fiks	Erken belirir ve çabuk kaybolur	Kısa sürer 15-30 sn.	Erken belirir
Monofaze fiks	Geç belirir ve uzun sürer	Uzun sürer	Çok geç belirir
Ritm senkope	Çok geç olarak görülebilir	Güçlü ve uzun süreli	Çok geç belirir
Kısa devreli modüle akım	Uzun bir süreden sonra belirir	Kuvvetli	Çok geç belirir
Uzun devreli modüle akım	Uzun ve devamlı	Yalnız çizgisiz kaslarda görülür	Çok geç belirir
Hafif dalgalı doğru akım	Önemsiz	Güçlü	Çok geç belirir

Bu akım tipleri hastalığın tedavisine göre seçilir ve uygun zamanlamalarda başka akım şekillerine geçilmesi önemlidir (Tablo 2.4). Bu yolla tedavi beş dakikadan fazla olmamalıdır, bu zaman diliminden sonra alışkanlık meydana geleceğinden tedavi fayda vermemektedir.

2.1.6. Elektroterapi Cihazı

Elektroterapi, elektrik akımının fiziki etkilerinden tedavi amacıyla yararlanılmasını kapsar. Bir elektroterapi cihazında çeşitli akım türleri birarada bulunmaktadır. Kombine elektroterapi cihazı, aynı anda tek bir cihazla istenen akım modu ayarlanarak, hastaya uygun tedavi şekli seçilebilmesine olanak verir (Şekil 2.24).

Elektroterapi cihazı, düz akım ile alçak ve orta frekanslı akımları kapsamaktadır. Alçak frekanslı akımlar, teorik olarak 1-1000 Hz aralığında olmasına rağmen elektroterapi uygulamalarında 1-100Hz aralığından yararlanılır. 1000 Hz'in üzeri orta frekanslı akımları kapsar. Alçak frekanslı akım formlarına, faradik akım, kesikli galvanik akım, diadinamik akım, TENS akımları ve progresif akımlar örnek verilebilir. Progresif

akımları; trianguler akımlar, uzun fazlı akımlar, eksponansiyel akımlar, ve sinuzoidal akımlar oluşturur. Orta frekanslı akımların pratikte uygulama modülasyonları interferansiyel akımlardır. Elektroterapi cihazında bu akımlarla birlikte klinikte kullanılan değişik akım türleri de bulunmaktadır. Cihaz iki ya da daha fazla kanala sahip olabilir.



Şekil 2.24: Tipik bir elektroterapi cihazı.

2.1.7 Traksiyon Cihazı

Traksiyon tedavisi, hasta bölgeyi dinlendirmek, ağırlı adale kasılmaları önlemek amacıyla yapılır. Traksiyon cihazı 50 Hz'de çalışır. Statik ve iniermitand çalışabilir. Maximum çekim eğimi 60°'dir. Cihazda tedavi süresi ayarlanabilir olup, elektronik kumanda ve motor aynı ünite içindedir. Cihaz bel ve boyun çekmeye uygun özellikte çalışır (Şekil 2.25).

Bir vücut bölgesinin çekilebilmesi için, sürtünmenin meydana getirdiği ve çekmeyi önleyen kuvvetten daha fazlasının kullanılması ile bir vücut bölgesi çekilebilmektedir. Çekmeleri önleyen kuvvet, sürtünen yüzeylerin özelliklerine bağlı olarak değişir. Sürtünme ile bir cismin ağırlığı arasındaki oran sürtünme yüzeylerinin özelliğini yansıtan değişmez değere sürtünme kat sayısı denir [16].

$$F_c = F_s / g \quad (2,8)$$

F_c : Sürtünme katsayısı

F_s : Sürtünme kuvveti

g : Vücut ağırlığı



Şekil 2.25: Tipik bir traksiyon cihazı [17].

Çekme uygulandığında vücutta en büyük gerilme en zayıf bölgede meydana gelmektedir. Traksiyon tedavisi devamlı ya da aralıklı olabilir. Devamlı çekme tedavileri çoğunlukla yatar pozisyonda yapılmaktadır. Devamlı traksiyonda, uzun ve kısa süreli olmak üzere iki tipte uygulama vardır. Uzun süreli devamlı traksiyonda, uzun zaman periyodunda düşük kuvvet uygulanır. Devamlı kısa süreli traksiyonda ise, devamlı uzun süreli traksiyonda kullanılan kuvvetten daha fazla kuvvet daha kısa sürede uygulanır. Bu uygulanan kuvvet aralıklı traksiyondan daha az olmaktadır. Aralıklı traksiyonda ise, daha büyük kuvvetler daha kısa sürede uygulanır. Tedavide kuvvet yavaş yavaş arttırılıp azaltılır. Servikal traksiyonda en iyi tedavi biçimi 20°-30°'lik servikal fleksiyon açısı elde edildiği bildirilmiş olup başın ağırlığına karşın, 10lb'lik kuvvet gerekmektedir [18]. Lomber traksiyonda; servikal traksiyondan daha büyük kuvvet gerekmektedir.

2.1.8. Kızılötesi (İnfraruj) Lambalar

Isıtmada dalga boyları 4000-150000 Å° arasında bulunan elektromagnetik dalgaların ışınlama yoluyla vücut tarafından absorbe edilmeleri ve taşıdıkları enerjinin ısı enerjisine dönüşmesinden yararlanılır. Yüzeysel bir ısıtıcı olan kızılötesi lambalar, uzun dalgalı ve kısa dalgalı olmak üzere iki grupta toplanırlar (Şekil 2.26). Bu tedavi yönteminde kullanılan enerji foton enerjisidir ve foton Planck'ın kuantum teorisine göre (2,9) ifadesiyle gösterilen enerjiye sahiptir.

$$E_p = h \times f_p \quad (2,9)$$

E_p : Fotonun enerjisi

f_p : fotonun frekansı

h : Planck sabiti



Şekil 2.26: Tipik bir kızılötesi (infraruj) lamba.

Dalga boyu küçüldükçe frekans yükseleceğinden, kısa dalga boylu ışınların içerdikleri enerji, uzun dalga boylu ışınların içerdikleri daha yüksektir. Rezistanslı ve lambalı olmak üzere iki tip infraruj üretici bulunmaktadır. Rezistanslı üreteçlerde ya bir porselen üzerine sarılmış metal tel ve bir ışın yansıtıcısından ya da porselen muhafaza içine alınmış yüksek dirençli metal çubuk ve yansıtıcıdan oluşmaktadır. Bu cihazlar, 750-15000 nm dalga boyunda ışın üretmelerine rağmen en çok yayılım 4000 nm dolayındadır.

Lambalı üreteçlerde ise; ısıtılan flaman tungsten veya karborundumdur. Flamanlar, havası boşaltılmış ya da soy gaz doldurulmuş lambalar içinde bulunurlar ve bu lambaların ışın spektrumu 350-4000 nm civarındadır. Bu ışınlar yüzeysel fasyalara girebilir ancak, rezistanslı üreteçlerin ışınları deri tabakasını geçemez. [14].

2.1.9. Koşu Bandı (Treadmill)

Treadmill hastane ortamlarında kalp ve akciğer rahatsızlığı olan hastaların testleri için yıllardır kullanılmaktadır. Bu cihazın, hastaların rehabilitasyon programlarında da hem güç hem dayanıklılık arttırmak için kullanımı standart haline gelmiştir. Hastaların performansı üzerinde treadmill koşu bandının, kas- iskelet veya nöromuskular yararları araştırmacıların dikkatini çekmeye başlamıştır [19].

Dayanıklılık performansı, VO_{2max} ile ilişkilidir [20]. VO_{2max} , kişinin maksimum yapabildiği dinamik egzersiz sırasında, kullandığı maksimum oksijen miktarıdır. Dayanıklılığı etkileyen sistem anaerobik kapasitedir ve anaerobik kapasite ise, oksijen sisteminin ve kardiyorespiratuar sistemin fonksiyonel kapasitesinin bir ölçümüdür ve VO_{2max} ile değerlendirilir. Herkes için dayanıklılık düzeyi farklılık göstermektedir.

Kullanımı her geçen gün artan koşu bantlarının motorlu ve motorsuz çeşitleri bulunmaktadır. Motorsuz olan koşu bantları sadece bant ve panelden oluşmaktadır Bu tip koşu bantlarında dönen bant insan gücü ile hareket ettirilmektedir. Motorlu koşu bandı ise mekanik olarak bir bant, onu döndüren bir motor ve kontrol düzeneği ile gösterge panelden oluşmaktadır (Şekil 2.27). Bir treadmill cihazı, gerilme ölçeği yük transduser ve sinyal programlamak için dahili dijital pre-amplifikatör içerir. Cihaz üzerinde eğim ve hız ayarlanmasına imkan veren bölümler mevcuttur. Kardiyak uygulamalar için nabız göstergesi mevcut olup, cihazın fren sistemi genellikle manyetiktir.



Şekil 2.27: Tipik bir motorlu koşu bandı [21].

Motorlu koşu bandının mekanik kısmını gövde ve banttıan oluşan ana kısım oluşturur. Motor, bant kısmını kasnaklar yardımıyla döndüren elektrik motorudur. Kontrol panelinde koşu bandı üzerinde ayarların yapılabileceği üniteler bulunmaktadır.

Kilometre (km) sayacı; koşulan süre boyunca alınan yolu gösteren, kalori ölçer; koşulan süre boyunca harcanan enerjinin miktarını kalori cinsinden gösteren, termometre; koşulan ortamın sıcaklığını gösteren, motor hız kontrol ünitesi; koşu bandının hızını dijital olarak kontrol eden ünite, hız göstergesi; koşu bandının hangi hız kademesinde döndüğünü gösteren ledli ve sayısal gösterge ünitesi, zamanlayıcı ise, koşulmak istenen sürenin gerçek zamanlı saate göre ayarlandığı ve süre bitiminde ikaz veren kontrol ünitesidir. Ayrıca acil durumlar için panel üzerinde bulunan ve çekilmesiyle motorun hangi hızda olursa olsun durduran acil durum anahtarı bulunmaktadır. Açma/kapama tuşu; koşu bandına enerji gelmesini sağlayan anahtardır.

2.1.10. Parafin Cihazı

Parafin ısı iletmeyen, erime derecesi 70-80 °C arasında olan katı bir maddedir. Bu nedenle katı parafin, sıvı parafin, vazelin, gliserin veya madeni yağlarla karıştırılır ve erime derecesi 50-55 °C'ye düşürülür. Böylelikle tedavi amacıyla kullanılır hale getirilir.

Parafin petrol ürünü bir maddedir bu nedenle yanma tehlikesine karşı termostatlı kaplarda hazırlanması gerekmektedir. Parafin cihazında bir termostat bulunmaktadır (Şekil 2.28).

İmmersiyon yani daldırma yöntemi; diğer uygulama yöntemlerine göre daha etkin bir ısı transferi sağlar. Daldırma yöntemi eller ve ayaklar için daha uygundur. Uygulama yapılacak kısım parafin içinde daldırılarak, parafin yeterli kalınlığa ulaştıktan sonra çıkarılır. Uygulama süresi 20-30 dakikadır.



Şekil 2.28: Tipik bir parafin cihazı.

Batırma yönteminde hasta elini sıvı parafine batırır, elinde ince bir parafin tabakası olunca çeker ve elinde kalın bir parafin tabakası oluşana kadar bunu tekrarlar.

Parafin banyosu uygulanamayacak vücudun diğer kısımlarına parafin uygulanması için fırça yöntemi kullanılır. Bu bölgelere parafin fırça ile sürülerek tatbik edilir. Bu işlem bölge üzerinde kalın bir parafin tabakası tabaka oluncaya kadar tekrarlanır.

2.1.11. Hot – Pack Kazanı

Hot-pack cihazı (Şekil 2.29) içinde ısıtılan kesecikler, hot-pack veya hidrokollater olarak bilinirler. İçinde ısıyı emen özel kimyasal maddeler bulunan sıcak su paketleridir. Bu paketler içerisine silikat jeli doldurulmuş, plastik veya sızdırmaz kumaş torbalardır. Paket içinde bulunan silikat jel bol miktarda su emerek şişer ve bu paketler suya büyük bir ısınma kapasitesi kazandırır. Kaynatılmış su içine 10 dakika bırakılmasıyla ısıyı emerler sonra cilde tatbik edilirler.



Şekil 2.29: Tipik bir hot-pack kazanı.

Uygulama anında pakette ısı 59-71 °C kadardır ve uygulama esnasında derinin tolere edebileceği ısı derecesi olan 44 °C'yi aşmamalıdır [22]. Isıyı yarım saat kadar süre için muhafaza ederler.

2.2. KALİBRASYON ÖLÇÜMLERİ

Medikal kalibrasyon ölçümleri, doğruluğu bilinen bir standart/ölçü sistemi kullanılarak medikal bir cihazın veya medikal bir sistemin doğruluğunun ölçülmesi, sapmaların belirlenmesi ve raporlanması anlamına gelmektedir. Kısaca medikal kalibrasyon ölçümleri ile, medikal cihazların hataları saptanmaktadır. Kalibrasyon ölçümleri, doğruluğundan emin olunan referans ölçüm cihazı ile doğruluğundan emin olunamayan bir cihazın karşılaştırılması ile ölçüm sonuçlarının raporlanması işlemidir [23]. Ölçüm cihazının gösterdiği değerlerin gerçek değerlere ne kadar yakın olduğunun tespiti için kalibrasyon ölçümü gereklidir.

Cihaz ilk alındığında, tamir veya bakım sonrasında ve cihazın ölçüm sonuçları ile ilgili herhangi bir şüphe olduğunda, belirlenen periyotlarda kalibrasyon ölçümlerine tabi tutulmalıdır. Aksi takdirde, hatalı ölçümlere göre alınan kararlar ve uygulamalar, prestij, işgücü ve para kaybına neden olur.

2.1.1. Kalibrasyon Ölçümlerinde Amaç

Kalibrasyon ölçümlerinde amaç, kullanılan medikal cihazların gerekli doğruluğa sahip olup olmadığının ve uluslararası standartlara uygun olup olmadığının belirlenmesidir. Kalibrasyon ölçüm sonucuna göre uygun olmayan cihazın ayarının yapılması ve hatalarının giderilmesi gerekir. Ayar sonrası tüm kalibrasyon ölçüm prosedürünün tekrarlanarak son durumun raporlanması şarttır.

Kalibrasyon ölçümünün sonucu, medikal cihazların hatasını kestirmeye, veya herhangi bir skalanın işaretlerine değerler verilmesine olanak sağlar. Kalibrasyon ölçüm işlemi başka metrolojik özellikleri de belirleyebilir. Kalibrasyon ölçüm sonuçları, kalibrasyon sertifikası veya kalibrasyon raporu adı verilen bir doküman ile kaydedilir. Kalibrasyon ölçüm sonucu bazen, bir kalibrasyon faktörü veya bir kalibrasyon ölçüm eğrisi şeklindeki bir dizi kalibrasyon faktörü olarak ifade edilebilir.

2.1.2. Kalibrasyon Ölçümlerinde İzlenebilirlik

Kalibrasyon ölçüm işleminde, ölçüme tabi tutulan cihazın hata miktarı, kendisinden daha yüksek doğruluklu bir test-ölçü aleti referans alınarak belirlenir. Kalibrasyon ölçüm işlemlerinin geçerliliği için en önemli koşul, ölçümde kullanılan test ve ölçü aletlerinin de kalibrasyon ölçümlerinin yapıldığına dair kalibrasyon sertifikasının bulunması gerekliliğidir. Kalibrasyon ölçüm izlenebilirliği denilen bu işlem, yapılan kalibrasyon ölçümlerinin ölçüm belirsizlikleri ve ölçüm hassasiyetleri için önemlidir.

2.1.3. Kalibrasyon Ölçüm Periyodlarının Belirlenmesi

Cihazlar, kullanım şartlarına bağlı olarak zamanla yaşlanırlar, bu nedenle belirli periyodlarla kalibrasyon ölçümünün tekrarlanması gerekmektedir. Bu periyodlar deneyimli kullanıcılar tarafından cihaz özellikleri ve kullanım koşulları göz önüne alınarak belirlenmelidir.

Tıbbi cihazların koruyucu bakım ve kalibrasyon ölçüm aralıkları Joint Commission tarafından hazırlanan “Technology & Safety Management” serisindeki “Clinical Equipment Management” standartlarında kullanılan “Cihaz Yönetimi Katsayısı” hesaplanarak bulunur. Bu hesaplama Tablo 2.5’de verilen denklem vasıtasıyla yapılır.

Tablo 2.5: Cihaz yönetimi katsayısı [24].

$$\boxed{\begin{array}{c} \text{Cihaz Yönetimi} \\ \text{Katsayısı} \end{array}} = \boxed{\begin{array}{c} \text{Cihaz Fonksiyonu} \\ \text{Puanı} \end{array}} + \boxed{\begin{array}{c} \text{Cihaz Risk} \\ \text{Puanı} \end{array}} + \boxed{\begin{array}{c} \text{Koruyucu Bakım İhtiyacı} \\ \text{Puanı} \end{array}}$$

Cihaz yönetimi katsayısı en fazla 20 olabilir. Cihaz yönetimi katsayısı 12 veya daha üzerinde olan tıbbi cihazlar koruyucu bakım ve kalibrasyon iş planına dahil edilir. Cihaz yönetimi katsayısı 17 ve üzeri olan cihazların 6 ayda 1 kez, 16 ve altı olan cihazların 12 ayda 1 kez kalibrasyon ölçümlerinin yapılması gerekmektedir [24].

Cihazların fonksiyon puanlaması;

Yaşam kurtarıcı tıbbi cihazlar	10 puan
Cerrahi ve yoğun bakım amaçlı cihazlar	9 puan
Fizik tedavi cihazları	8 puan
Cerrahi ve yoğun bakım hasta izleme teşhis amaçlı cihazlar	7 puan
Diğer fizyolojik monitörler	6 puan
Analitik laboratuvar	5 puan
Laboratuvar alet ve malzemeleri	4 puan
Bilgisayarlar	3 puan
Hastaya ait (hastane envanterine kayıtlı) cihazlar	2 puan
Diğer cihazlar	1 puan

[24].

Örnek olarak; defibrilatör cihazının fonksiyon puanı 10 puan, elektrokoter cihazının 9 puan ve diyatermi cihazının 8 puandır.

Cihaz risk puanlamasında, bir tıbbi cihazın arızalanması veya hatalı çalışması durumunda hastaya ve/veya kullanıcıya verebileceği zararlar risk puanı olarak belirlenir.

Cihaz risk puanlaması;

Hastanın Ölümü.....	5 puan
Hastada veya Kullanıcıda Yaralanma.....	4 puan
Hatalı Tedavi / Yanlış Teşhis.....	3 puan
Teşhis ve Tedavide Gecikmeler / Aksamalar.....	2 puan
Riskler Önemli Değil.....	1 puan,

[24].

Koruyucu bakım ihtiyaç puanlamasında, cihazın çok yoğun olarak kullanıldığı, cihaz kaza ve arızalarının sık meydana geldiği durumlara göre puanlama yapılır.

<u>Koruyucu Bakım Gerekliliği</u>	<u>Koruyucu Bakım Sıklığı</u>	<u>Puanlama</u>
Çok Önemli.....	6 ayda bir	5 puan
Orta Derecede Önemli.....	6 ayda bir	4 puan
Az Derecede Önemli.....	Yılda bir.....	3 puan
Daha az Derecede Önemli.....	Yılda bir	2 puan
Minimal Derecede Önemli.....	Yılda bir	1 puan [24].

Koruyucu bakımın çok önemli görüldüğü örnek cihazlar; pnömatik, mekanik, sıvı içeren sistemler, hemodiyaliz, aort balon pompası, koruyucu bakımın orta derecede önemli görüldüğü örnek cihazlar; enfüzyon pompaları, monitörler, minimal derecede önemli görüldüğü örnek cihazlar; refraktometre, ışık kaynakları, laboratuvar benmari sıcak su banyosu verilebilir.

Kalibrasyon ve koruyucu bakım aralıklarının belirlenmesindeki kriterler, şu unsurların değerlendirilmesi ile belirlenir;

- İlgili kod ve standartlar,
- Cihaz riskleri,
- Üreticilerden temin edilen cihaza ait kullanım ve servis el kitapçıklarında belirtilen koruyucu bakım prosedürleri ve test aralıkları,
- Cihazda meydana gelmiş arızalar,
- Cihazın kullanıldığı servis ve ortam özellikleri,

- Cihazın kullanım sıklığı,
- Cihazın durumu yani çok eski olması, belirli parçasının bozulması, tehlikeli tasarım yetersizlikleri.

2.1.4. Kalibrasyona Yönelik Ölçme İşlemi ve Ölçüm Raporunda Bulunması Gereken Hususlar

Kalibrasyon ölçüm işleminde ölçme işleminin yapılacağı ortam şartları, ölçüm yapılacak parametrelerin doğru tespit edilmesi, ölçüm yapılacak medikal cihaz için uygun ölçüm cihazının seçimi ve personelin eğitimi olması oldukça önemlidir.

Ölçüm raporunda referans cihaz tanımı, kalibrasyon ölçüm talimatı, referans değerler, ölçüm değerleri, ölçüm belirsizliği ve belirsizlik toleransları, özel koşullar, kopya sayfalar için kopya kaşesi ve imza, yazılı onay olmadan kısmen kopyalanmayacağını belirten bir beyan, ölçülen büyüklüklerin uygun ölçü birimleri, sertifikanın ölçüm raporunun ilgili sertifikaya ait olduğunu tanımlamak amacıyla üst bilgi olarak cihaz markası model ve seri no bulunmalıdır. Kalibrasyon ölçümü yapıldıktan sonra cihazın üstüne kalibrasyon etiketi yapıştırılmalı ve kalibrasyon sertifikası hazırlanmalıdır. Kalibrasyon etiketinde; cihazın adı, seri no, kalibrasyon tarihi, kalibrasyonu yapanın adı yer alır. Kalibrasyon sertifikasında ise; ölçülen değerler, olması gereken değerler, hata oranları, yetkilinin imzası yer alır [25].

2.3. ELEKTRİKSEL GÜVENLİK TESTLERİ

Tıbbi cihazlar, toprak hattı üzerinden akan cihaz kaçak akımları nedeniyle ve elektromanyetik girişim neticesinde birbirleriyle etkileşim içindedir. Elektrik çarpma olaylarına cihaz kaçak akımları sebep olacağından hasta güvenliği için kontrol altında tutulmaları gerekmektedir. Tüm elektrikle çalışan cihazlarda olduğu gibi tıbbi cihazlarda da kaçak akım tehlikesi vardır. Elektrik çarpma vakalarında, önemli olan vücuttan geçen elektrik akımıdır. Derinin elektrik direnci bu elektrik akımını sınırlar. Deri direncini düşüren veya ortadan kaldıran deri içi tekniklerde, hasta elektrik çarpmalarına karşı korumasız olduğundan kaçak akım ne kadar küçük olursa olsun olumsuz sonuçlar olabilmektedir. Bu durumlar elektriksel güvenlik ölçümlerinin yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Bu olumsuz sonuçların oluşmasını engellemek için, doğru çalıştığı bilinmeyen hiçbir tıbbi cihaz çalıştırılmamalıdır. Cihaz kullanıcıları, tıbbi cihazları şebekeye bağlarken uzatma kablosu kullanmamalı, problemlili fiş veya prizlere dikkat edilmelidir. Hiçbir elektrikli cihaz, toprak bağlantısı olmadan kullanılmamalı, aynı anda hem cihaz şasesine hem de bir iletkenle temasta bulunmamalıdır. Elektrikle çalışan cihazlar ve hastane elektrik prizleri en az yılda 1 kez elektriksel güvenlik testinden geçirilmelidir [26].

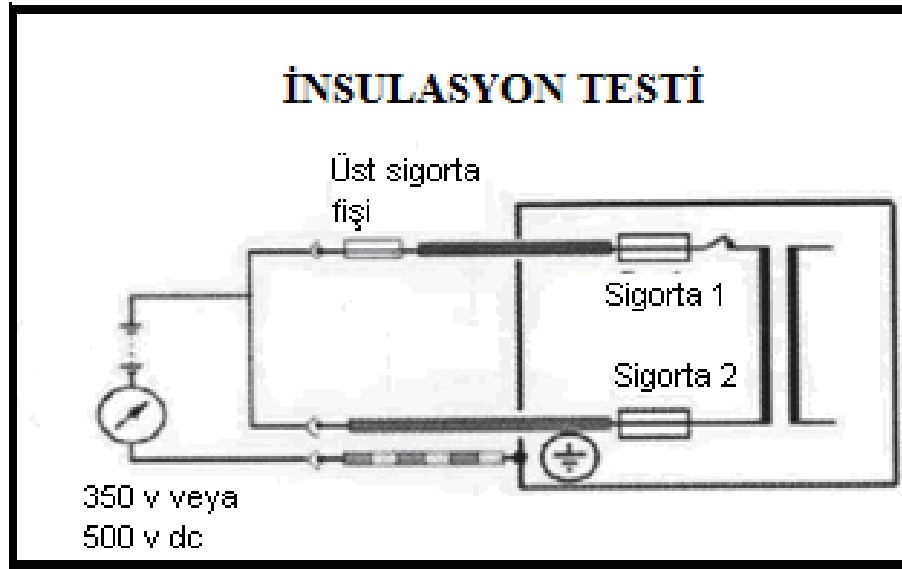
Elektriksel güvenlik testi, medikal cihazı kullanan personelin ve hastaların maruz kaldığı elektriksel akımlarının güvenli ve tolere edilebilir sınırlar içinde olup olmadığının test eder [27]. Medikal cihazların dizaynını ve geliştirilmesinin güvenilirliğini test etmek için uluslararası standartlar oluşturulmuştur. Medikal cihazın dizayn güvenilirliğini test etmek için IEC60601-1 “Medical Electrical Equipment-General Requirements for Safety” kullanılmaktadır. Hastane içinde kullanılmakta olan medikal cihazların elektriksel güvenlik kontrolleri ve tamir görmüş cihazların tekrar kullanılmadan önceki kontrolleri için IEC62353 “Medical Electrical Equipment-Recurrent Test and Test after Repair of Medical Electrical Equipment” standardı kullanılmaktadır [28] [29].

IEC 62353’ün ana hedefi güvenli, pratik, uniform bir standart sağlamak ve IEC60601-1 standardının kompleks yapısını azaltmaktır. Laboratuvar ortamına uygun ölçümler gerektiren IEC60601-1 standardı yerine cihazın bulunduğu yerde elektriksel ölçüm imkanını sağlayan IEC62353 standardı büyük kolaylık sağlamaktadır.

Bu nedenle bu çalışmada, fizik tedavi ünitelerinde bulunan medikal cihazların elektriksel güvenlik ölçümlerinde IEC62353 standardı kullanılmıştır.

2.3.1. Görsel Muayene

Sistemler için muayene, sistem bileşenlerinin kabul testleri sırasında tek tek bütün testlerin yapılmasının ve etiketlenmesinin sağlanmasını içermelidir. Rutin testler için, test eden kişi, sistemin yeniden yapılandırılmış olmasını ve öğelerinin yer



Şekil 2.31: İnsulasyon Testi [30].

2.3.4. IEC 62353 Kaçak Akım Testi

Medikal cihazlar, elektriksel korunurluklarına göre Sınıf I ve Sınıf II olarak sınıflandırılırlar. Sınıf I, elektriksel şoklara karşı ilave izolasyon içeren ve iletim parçaları toprağa fiziksel olarak bağlantılandırılan ve medikal cihazları içerir. Sınıf II ise çift izolasyonludur ve ana şebeke besleme izolasyonu sağlanmıştır.

Hastanın medikal cihaza bağlanmasını sağlayan hasta kabloları da elektriksel korunurluklarına göre B, BF ve CF olarak sınıflandırılırlar (Şekil 2.32). B tipi hasta kablolarının elektrik şoklarına karşı özel korumaları vardır. Toprağı referans alırlar. Ancak kardiyak uygulamaları yoktur. BF tipi kablolar ise, elektriksel olarak iyi izole edilmişlerdir. Ancak yine de kardiyak uygulamalarda kullanılamazlar. CF tipinde çok iyi izolasyon ve kardiyak uygulama sözkonusudur.

	Sınıf I		Toprak Referans Noktası
	Sınıf II		Avrupa Uyumu
	Tip B Hasta Bağlantısı		Tip B Defibrilatör
	Tip BF Hasta Bağlantısı		Tip BF Defibrilatör
	Tip CF Hasta Bağlantısı		Tip CF Defibrilatör

Şekil 2.32: Elektriksel güvenlik sembolleri [27].

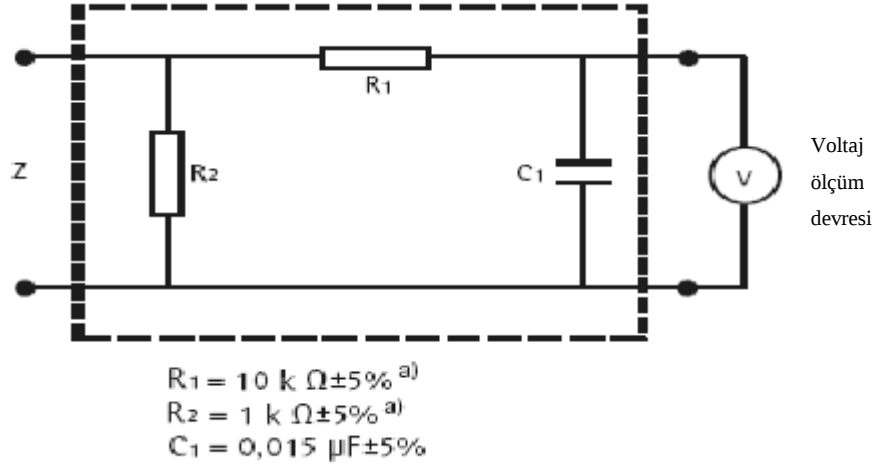
Elektriksel güvenlik ölçümlerinde, kaçak akım testi için cihaz kaçak akımı ve hasta kabloları kaçak akımları ölçülmektedir. Cihaz kaçak akımı, cihazın toprağa bağlı şasesinden kullanılan kısımlarına kadar her noktasından kaynaklanan toplam kaçak akımdır. Hasta kaçak akımı ise, hastaya bağlanan kablolardan kaynaklardan kaçak akımdır ve hasta kablosunun güvenliği hakkında bilgi verir.

IEC 62353, kaçak akım ölçümleri 3 modda yapılmaktadır.

- Doğrudan kaçak akımı ölçümü
- Fark kaçak akım ölçümü
- Alternatif yöntem [27].

2.3.4.1. Doğrudan Kaçak Akım Ölçümü

Doğrudan kaçak akım yönteminde, akım direkt olarak ölçüm devresi üzerinden toprağa iletilmektedir ve ölçümler için eş değer devre modeli kullanılmaktadır (Şekil 2.33). Doğrudan kaçak akım ölçümü, hem ac hem de dc komponentleri ölçebilir. Bu nedenle IEC 60601-1 ile direkt karşılaştırılabilir. Diğer metodlara göre, doğrudan kaçak akım metodu, en yüksek doğruluğa sahip ölçüm metodudur.



Şekil 2.33: Eş değer devre modeli [27].

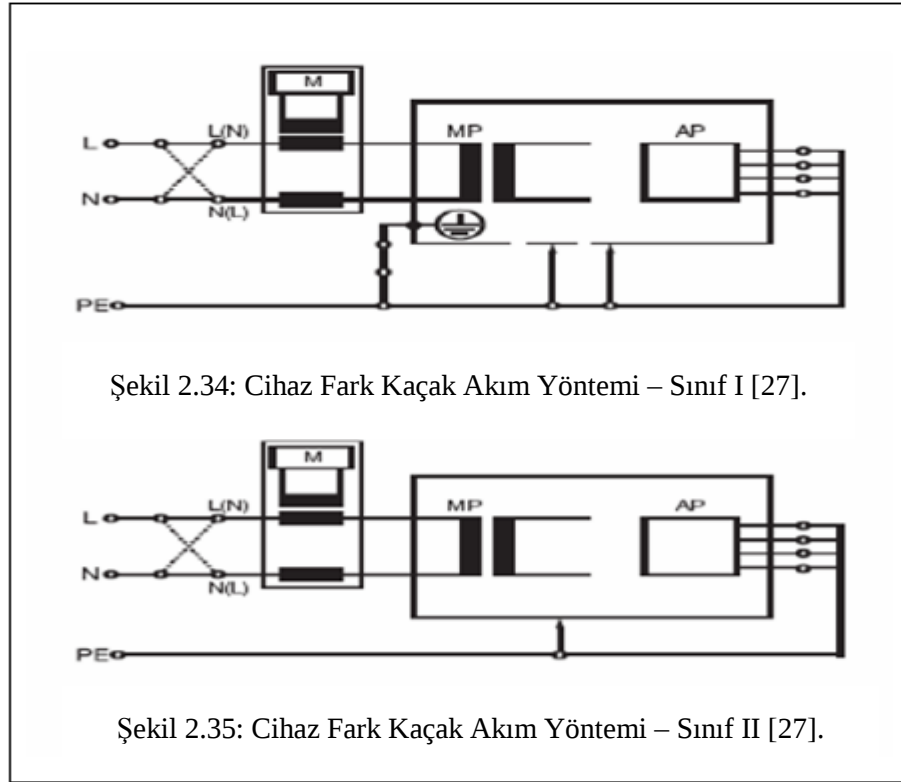
Bu metotta, ikincil bir topraklamadan ve problemlili bir cihazın uygun olduğunun düşünülmesini önlemek için, test edilecek cihaz, ölçüm sırasında topraktan tümüyle izole edilmelidir ve kaçak ölçümler her bir polaritede alınmalıdır [27].

2.3.4.2. Fark Kaçak Akım Ölçümü

Fark kaçak akım ölçümünde, potansiyel ikincil toprak bağlantıları da devreye girmektedir ve cihazın topraktan izole edilmesine gerek yoktur (Şekil 2.34 ve 2.35).

Fark kaçak akım ölçümlerinin en büyük avantajı, ölçümler sırasında topraklama iletkeninin değişmemesidir. Bunu sonucu olarak ta daha güvenli çalışma şartları elde edilir. Fark ölçümü, test edilen cihazın izole olmasını gerektirmez. Bu metod, ikinci bir bağlantıdan da kaynaklanan toplam kaçak akımı ölçmek için canlı ve nötr uç arasındaki farkı karşılaştırır [31].

Bu metod topraklanmamış parçaların ölçümü için uygun değildir bu nedenle ölçülecek kaçak akımın $75 \mu\text{A}$ 'den küçük olması beklenmektedir [27].



Şekil 2.34: Cihaz Fark Kaçak Akım Yöntemi – Sınıf I [27].

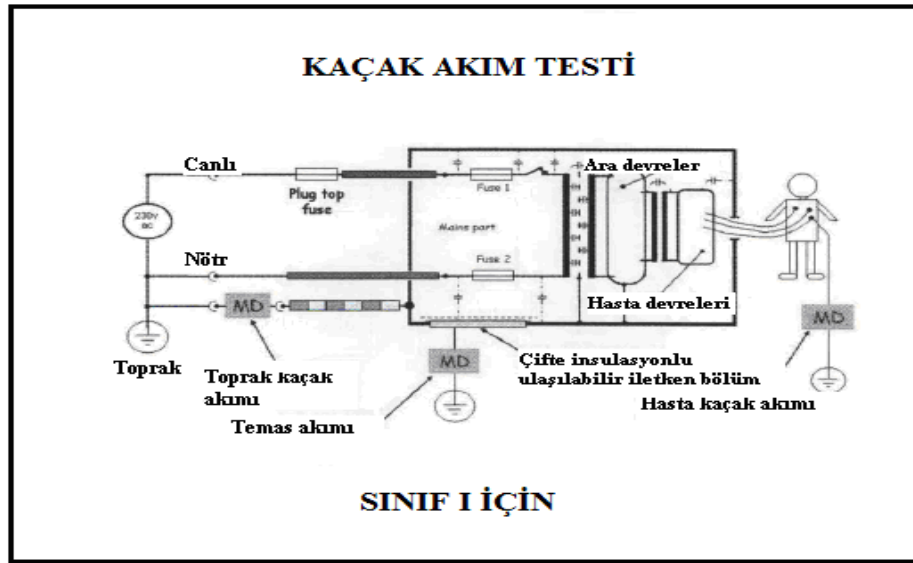
Şekil 2.35: Cihaz Fark Kaçak Akım Yöntemi – Sınıf II [27].

2.3.4.3. Alternatif Kaçak Akım Ölçümü

Bu yöntemle test edilecek cihaz, prize takılı değilse, kullanıcı için en güvenli test koşullarını sağlamaktadır. Bir tür hipot testidir ve tek polaritede gerçekleştirilir.

Devrede yeralan akım sınırlayıcı dirençler nedeniyle, ölçülen voltaj test yüküne bağlıdır. Gerçek kaçak akımın tahmini ölçülen kaçak akım için voltaj ile orantılanır.

Canlı ve nötr uçlar birleştirildiğinden, priz polaritesinin etkisi yoktur (Şekil 2.36). Tek ölçüm yeterlidir ve ölçümler ikinci bir toprak bağlantısından etkilenmez. Ayrıca, test esnasında test edilen cihaz aktif edilmezse ölçümler gerçek kaçak akımı yansıtmayabilir [27].



Şekil.2.36: Kaçak Akım Testi [30].

Ölçüm tekniğinin değişimine bağlı olarak, kaçak akım limit değerleri de değişiklik göstermektedir. Tablo 2.6'da IEC 62353 standardının limit akım değerleri verilmiştir.

Tablo 2.6: IEC 62353 standardının limit akım değerleri [27].

Akım RMS (μA)	Hasta bağlantısı		
	B	BF	CF
Cihaz Kaçak akımı Alternatif metod			
Sınıf I	1000 μA	1000 μA	1000 μA
Sınıf II	500 μA	500 μA	500 μA
Cihaz Kaçak akımı Doğrudan veya Fark			
Sınıf I	500 μA	500 μA	500 μA
Sınıf II	100 μA	100 μA	100 μA
Hasta Kaçak akımı Alternatif metod			
Sınıf I, Sınıf II		5000 μA	50 μA
Hasta Kaçak akımı Doğrudan metod			
Sınıf I, Sınıf II		5000 μA	50 μA

2.3.5. Elektriksel Güvenlik Test Aralıkları

Tıbbi cihaz üreticisi, elektriksel güvenlik muayeneleri için test aralıklarını ve ölçüm büyüklüğünü saptamak, ve beraberindeki belgelerde göstermek zorundadır. Cihaz beraberindeki belgelerde periyodik muayene için test aralıkları bilgisi yoksa, ayrı olarak cihazı test edecek yetkili kişi tarafından saptanmalıdır. Bir risk analizi metodu, test aralığı 6 ile 36 ay arasında ayarlanması önerilir, herhangi bir yüksek risk ekipmanı için 12 aydan fazla değildir [30].

2.4. KORUYUCU BAKIM

Bütün cihazlara kalibrasyon gerekmez ancak her cihaza bakım gerekir. Tıbbi cihazların sürekli ve verimli çalışabilmesi ve arızalı kalma sürelerinin en aza indirilebilmesi için periyodik bakım prosedürlerinin uygulanması gerekmektedir. Bu prosedürler; temizleme, yağlama, ayarlama, belirli parçaları değiştirmedir.

Bakım parasal yönden tasarruf sağlar. Cihazı tanımamızı sağlar. Bakım, cihazın bozulmasını önlediğinden ve sürekli faal olmasını mümkün kıldığından hizmetin aksamadan sürekliliğini sağlar. Bakım cihaza güven duymayı sağlar. Meydana gelebilecek arızaların ve aksaklıkların önceden haber alınmasını sağlar. Sürprizlerle karşılaşılmasını önler. Sahip olunan malın korunması için gereklidir. Onarım maliyetini ve personel iş yükünü azaltır.

Bakım işlemi bir tür arıza tespittir. Bu işlem sayesinde onarım kolaylaşır, çünkü bakım sayesinde gerekli önlemler alınabilir ve arıza kısa sürede bulunabilir. Aynı zamanda bakım cihazın yıprandığının bir belirtisidir. Bakımda doğru parça ve alet kullanmak önemli bir unsurdur, bu durum da malzemenin durumuna hakim olmayı gerektirir.

Koruyucu bakımda yapılması gereken işlemler; cihazın iç ve dış yüzeyinin temizlenmesi, pillerinin kontrolü ve değişimi, cihazın gerekli ayarlarının yapılması; varsa yanmış olan lambaların değiştirilmesi şeklinde sıralanabilir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Tüm medikal cihazlarda olduğu gibi, fizik tedavi cihazlarında da hem kalibrasyon ölçümlerinin hem de elektriksel güvenlik ölçümlerinin yapılması gereklidir.

Kalibrasyon ölçümleri, cihazın güvenilir tedaviyi sağlaması ve güvenilir sonuçların elde edilmesi için cihazın kullanımına veya üretim şekline göre çeşitli zaman periyotlarında yapılması gereken bir işlemdir. İşlem sonucunda elde edilen değerlere göre cihaza müdahale gerekebilir. Her farklı cihaza göre kalibrasyon ölçümü de farklılık gösterebilir.

Elektriksel ölçümler ise, cihazda hasta ve kullanıcı güvenliği açısından çeşitli zaman periyotlarına göre denetlenmesi gereken bir işlemdir. Yine bu işlem sonucunda da cihaza müdahale gerekebilir.

Kalibrasyon ve elektriksel güvenlik ölçümleri yapılması sonucunda, fizik tedavi ünitesinde bulunan medikal cihazların hasta güvenliği ve tedavi verimliliği sağlanmaktadır.

Bu tez çalışmasında TENS, fizik tedavi ultrasonu, galvanî faradî cihazı, elektroterapi, kısa dalga diatermi cihazı, koşu bandı, diadinami, traksiyon, hot- pack kazanı, kızılötesi lamba ve parafin cihazları üzerinde kalibrasyon ölçümleri ve elektriksel güvenlik testleri yapılmıştır.

Kalibrasyon ölçümleri için, cihazlarda ölçülmesi istenen frekans, akım, zaman, kuvvet ve sıcaklık gibi ölçüm parametreleri önceden belirlenmiş ve bu parametreleri ölçmeye yönelik ölçüm cihazları temin edilerek cihaz kalibrasyon ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca her bir cihaz için elektriksel güvenlik testleri de yapılmıştır.

3.1 FİZİK TEDAVİ CİHAZLARININ KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

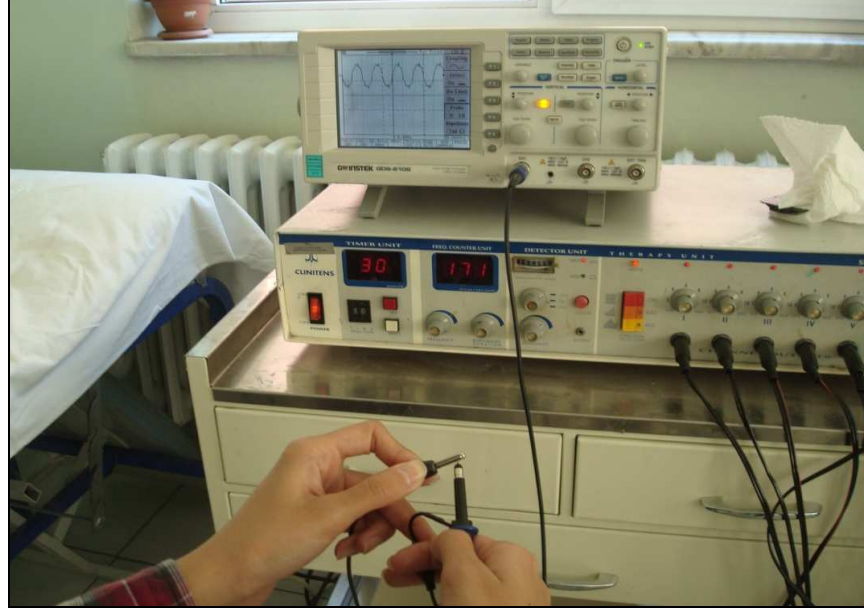
Fizik tedavi ünitesinde bulunan TENS, fizik tedavi ultrasonu, elektroterapi, parafin, hot-pack, traksiyon, galvani faradi, diadinami, kızılötesi lamba, koşu bandı, kısa dalga diatermi, cihazlarının ölçüm parametrelerine göre uygun test cihazlarıyla kalibrasyon ölçümlerinin yapılması için gerekli olan yöntemler belirlenmiş, ölçümler için kullanılan test cihazları hakkında bilgi verilmiş, ölçümlerin nasıl yapıldığı anlatılmış ve her bir cihazın kalibrasyon ölçüm prosedürü geliştirilmiştir.

Fizik tedavi ünitesinde bulunan cihazların kalibrasyon ölçüm periyotları, yukarıda 2.1.3 “Kalibrasyon Ölçüm Periyotlarının Belirlenmesi” bölümünde açıklandığı şekilde belirlenmiştir. Buna göre, her bir cihaz ayrı ayrı ele alındığında, tümünün cihaz fonksiyon puanlamasının 8 puan, cihaz bozulduğu yada yanlış çalıştığı takdirde hastada yaralanmaya sebebiyet vereceğinden yola çıkılarak cihaz risk puanlanmasının 4 puan ve cihaz koruyucu bakım gerekliliği puanının 3 puan olabileceği hesaplanmış ve toplamda 15 puanlık cihaz yönetimi katsayısı ile 12 ayda bir kalibrasyon ölçümlerinin yapılması gerektiğine karar verilmiştir.

Elektriksel güvenlik ölçümleri Rigel 288 elektriksel güvenlik analizörü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Rigel 288, IEC 62353 standardında ölçüm yapabilen ve 10.000 adet ölçümü kayıt altına alabilen bir cihazdır.

3.1.1. TENS Cihazı Kalibrasyon Test Ölçümü

Fizik tedavi ünitesinde bulunan TENS cihazı üzerinde ayarlanabilen ve gözlemlenebilen parametreler; frekans, akım modları ve zamandır. TENS cihazı üzerinde 3 farklı akım modu bulunmaktadır ve her farklı modda ve her kanalda frekans ölçümleri alınmıştır. Akım modlarının doğru sinyalleri verip vermediği kontrol edilmiştir ve osiloskop ile frekans ölçümleri alınmıştır. 5 kanallı TENS cihazından alınan ölçümler gösterilmiştir. Ayrıca zaman ayarlaması da yapılmış ve doğruluğu kronometre ile kontrol edilmiştir.



Şekil 3.1: Osiloskop ile TENS cihazı frekans ölçümü.

3.1.1.1. TENS Cihazı Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı

TENS cihazı kalibrasyon ölçümünde frekans parametresi osiloskop ile ölçülmüştür (Şekil 3.1). Ölçümde GW Instek model osiloskop kullanılmıştır. Elektriksel işaretlerin ölçülüp değerlendirilmesinde kullanılan ölçüm cihazları içinde en geniş ölçüm olanaklarına sahip olan osiloskop, işaretin dalga şeklinin, frekansının ve genliğinin aynı anda belirlenebilmesini sağlar. Osiloskop devreye daima paralel bağlanır. Çok yüksek olan iç direnci nedeniyle seri bağlanması halinde ölçüm yapılmak istenen devreden akım akmasını engelleyecektir. Modern osiloskoplarda frekans yerine periyod ölçülmektedir. Periyod ölçümleri X (yatay) ekseninde yapılır. Dalga şeklinin bir periyodunun X eksenı yönündeki uzunluğu kareler sayılarak belirlenir. Daha sonra timebase komutatörünün gösterdiği değer (S / div, mS / div ya da μ S / div) ile kare sayısı çarpılarak işaretin periyodu belirlenir. Kullanılan prob (X1, X10 veya X100) zaman ölçümlerini etkilemez.

3.1.1.2. TENS Cihazı Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü

1)Toprak Direnci: Güç kablosu toprak ucu ile şasedeki metal arasındaki rezistans'ı ölçmek ve kaydetmek için ohmmetre, elektrik güvenlik analizörü veya yüksek çözünürlüklü multimetre kullanılır. Toprak direnci 0.5Ω 'dan büyük olmamalıdır.

2) Şase Kaçak Akımı: Mikroişlemci motor veya kompresör ihtiva eden cihazlar, cihaz açık konumundayken polariteleri değiştirilirse zarar görebilirler. Eğer ters kutuplama testi uygulanırsa, motor duruncaya kadar veya en azından kutbu değiştirmeden 10 sn öncesinden cihaz kapatılmalıdır. Güç hattının polaritesi normalken ve ekipmanın toprak kablosu bağlı değilken cihazı on, standby, off konumlarının hepsinde çalıştırılmalı ve maksimum kaçak akımını ölçüp kaydedilmelidir. Kaçak akım $300 \mu A$ 'i geçmemelidir. Kaçak akım, yalıtılmış güç kullanılan alanlarda kullanılıyor dahi olsa topraklanmış güç sistemi ile güçlendirilmiş cihaz ile ölçülmelidir. Eğer cihaz özel bir kabloya sahipse, uygun gelen adaptor kullanılmalıdır. Eğer cihazın kaçak akımı off durumundayken $30 \mu A$ 'den büyük, aynı zamanda on durumundaki kaçak akımından büyük ve eşitse, sorun var demektir. Bu durum cihaz için normal olsa dahi yine de on / off anahtarının nötr bağlantısının yanlış yapıldığına işaret eder. Bağlantı kontrol edilmeli veya üreticiyle temasa geçilmelidir.

3) Elektrot-Toprak Kaçak Akımı: Hasta elektrotlarından gelen kaçak akım ölçülür. Bu ölçüm yapılırken cihaz çalışır durumda olmalı, toprak teli açık ve dokunulmamış olmalıdır. Tüm elektrotlar test edilmelidir. Eğer izole elektrotlar varsa izole oldukları belirtilmelidir. Kriter: $\leq 10 \mu A$ (topraklanmış) ve $\leq 50 \mu A$ (topraklanmamış).

4) Elektrotlar Arası Kaçak Akımı: TENS cihazı çalışırken cihaz üzerindeki elektrotlar arasındaki kaçak akım ölçülür. Toprak teli dokunulmamış ve açıkken cihaz on durumundayken ve tüm operasyon modları normalken bu işlemler yapılır. Kriter: $\leq 10 \mu A$ (topraklanmış) ve $\leq 50 \mu A$ (topraklanmamış).

5) Elektrot Giriş İzolasyonu: Giriş izolasyonunu ölçmek için hat voltaj kaynağını kullanmak gerekir. Test sadece elektrik güvenlik analizörü veya bu uygulamaya izin veren setuplarla yapılmalıdır. Akım limitleyici direncin setup'ta bulunduğu kontrol edilir. Cihaz açık güç kablosu toprak konektörü dokunulmamışken

her izole edilmiş hasta konektörüne ayrı ayrı 120 VAC uygulanır ve sonuçtaki akım ölçülür. Akım 50 μ A’i geçmemelidir.

6) Zamanlayıcı Doğruluğu: Kronometre kullanılarak zamanlayıcı test edilmelidir. $\pm$ %10’dan daha fazla fark olmaması gerekir. 5 dakika üzerindeki ayarlarda % 10 aralığı içerisindeki doğruluk da kabul edilir.

7) Uyarıcı Voltaj veya Akım: TENS elektrodları cihaz üreticisi tarafından belirtilen değerlerde osiloskoba bağlanır. Osiloskopta görülen burst, continuous, kısa yoğun, modülasyonlu ve akupunktur benzeri moda ait akım değerleri ve voltaj değeri gözlemlenir. Her bir parametre ayarında ayarlanan akım şekilleri ile osiloskop üzerinde görülen akım şekilleri karşılaştırılarak doğruluğu tespit edilir. Beklenen kriter $\pm$ %10 veya cihaz değerleridir.

8) Frekans: TENS elektrodları, cihaz üreticisi tarafından belirtilen frekansı ölçmek için osiloskoba bağlanır. Maksimum, orta değer ve düşük çıkış ayarlarında osiloskopta görülen frekans değeri gözlemlenir. Her bir ayarda ölçülen değerler ile cihaz üzerinde görülen değerler karşılaştırılır. (Beklenen kriter: $\pm$ %10 veya cihaz değerleri). Ayarlanan bütün değerler ölçülür ve kaydı yapılır. 15 dakika daha fazla bekleyip daha fazla ölçüm yapılması daha sağlıklı ölçüm yani stabil bir sonuç verir.

3.1.2. Fizik Tedavi Ultrason Cihazı Kalibrasyon Ölçümü

Fizik tedavi ünitesinde kullanılan ultrason cihazı üzerinde ayarlanabilen ve ölçülebilen parametre, güç ve zamandır. Fizik tedavi ultrason cihazının maksimum, orta aralık ve düşük seviyede çıkış gücü ultrason wattmetre ile ölçülmüştür. Fizik tedavi ultrason cihazından alınan ölçümler aşağıdadır. Ayrıca zaman ayarlaması da yapılmış ve doğruluğu kontrol edilmiştir.



Şekil 3.2: Ultrason cihazında güç ölçümü.

3.1.2.1. Fizik Tedavi Ultrason Cihazı Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı

Fizik tedavi ultrason cihazı kalibrasyon ölçümünde güç parametresi wattmetre ile ölçülmüştür (Şekil 3.2). Ultrason wattmetre, teşhis veya tedavide dönüştürücünün 30 V'a kadar olan ultrason güç çıkışlarını ölçmek için tasarlanmıştır (Şekil 3.3).

Ultrason wattmetre, güç dönüştürücü, merkezleme halkaları, dönüştürücü konisi, dönüştürücü kelepçesi, kanca kelepçe, kalibrasyon kontrol ağırlıkları, kelepçe destek çubuğu ve taşıma çantasından oluşur. Test edilecek olan dönüştürücü konik kefe merkezine yerleştirilir, ışın yayan alanı ise yüzü aşağıda kalacak şekilde kısmen suya batırılır. Dönüştürücü tam merkezli ve dikey konumlandırılmalıdır, bu amaçla merkezleme halkası ve kelepçesi kullanılmalıdır. Eğer dönüştürücü merkezde ya da dikey olarak durmazsa, ölçüm değeri düşük ve hassasiyetten uzak olacaktır. Dönüştürücünün baş kısmı tamamen deiyonize ve gazsız suyla temas etmelidir. Su her 45 dakikada ya da ölçüm değerleri kararsız olduğunda değiştirilmelidir. Dönüştürücünün ışınsal başlığının etrafında kabarcıklar olmamalıdır. Bu sistem güvenilir bir ölçüm doğruluğu ve ekonomik maliyetli, güçlü bir cihaz sağlar.



Şekil 3.3: Tipik bir ultrason wattmetre.

3.1.2.2 Fizik Tedavi Ultrason Cihazı Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü

1)Toprak Direnci: Ohmmetre, elektrik güvenlik analizörü veya yüksek çözünürlüklü multimetre, güç kablosu toprak ucu ile şasedeki metal arasındaki rezistans'ı ölçmek ve kaydetmek için kullanılır. Toprak direnci 0.5Ω 'dan büyük olmamalıdır.

2) Şase Kaçak Akımı: Mikroişlemci motor veya kompresor ihtiva eden cihazlar, cihaz açık konumundayken polariteleri değiştirilirse zarar görebilirler. Eğer ters kutuplama testi uygulanırsa, motor duruncaya kadar veya en azından kutbu değiştirmeden 10 sn öncesinden cihaz kapatılmalıdır. Güç hattının polaritesi normalken ve ekipmanın toprak kablosu bağlı değilken cihazı on, standby, off konumlarının hepsinde çalıştırılmalı ve maksimum kaçak akımını ölçüp kaydedilmelidir. Kaçak akım $300 \mu A$ 'i geçmemelidir. Kaçak akım, yalıtılmış güç kullanılan alanlarda kullanılıyor dahi olsa topraklanmış güç sistemi ile güçlendirilmiş cihaz ile ölçülmelidir. Eğer cihaz özel bir kabloya sahipse, uygun gelen adaptor kullanılmalıdır. Eğer cihazın kaçak akımı off durumundayken $30 \mu A$ 'den büyük, aynı zamanda on durumundaki kaçak akımından büyük ve eşitse, sorun var demektir. Bu durum cihaz için normal olsa dahi yine de on / off anahtarının nötr bağlantısının yanlış yapıldığına işaretler. Bağlantı kontrol edilmeli veya üreticiyle temasa geçilmelidir.

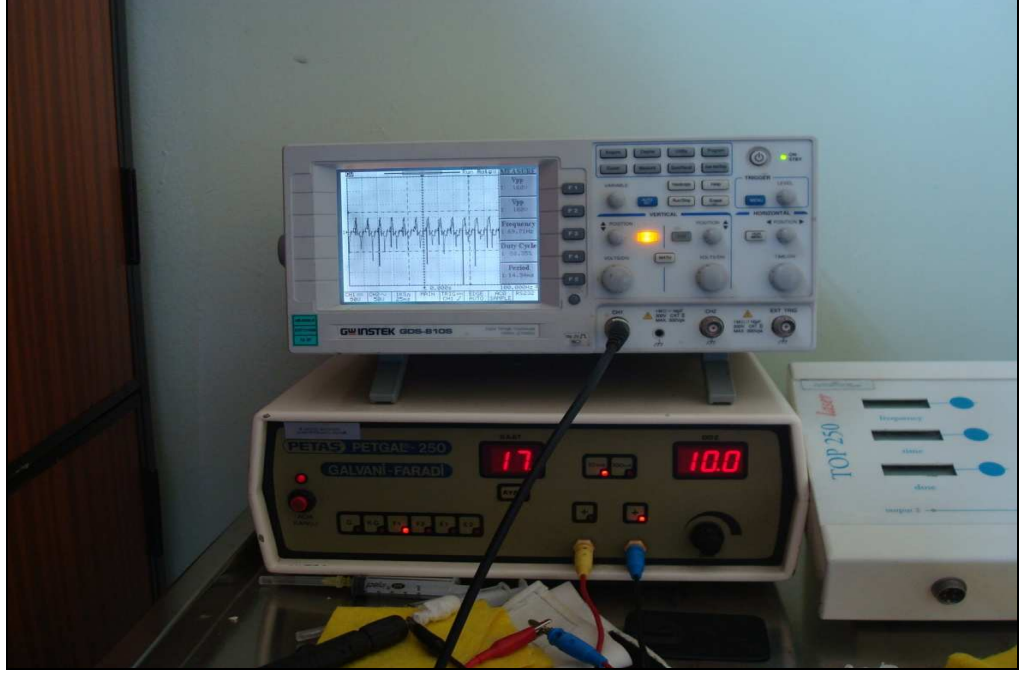
3)Elektrod-Toprak Kaçak Akımı: Dönüştürücüden (prob'tan) toprağa giden kaçak akımı ölçülmelidir. Her yalıtılmış dönüştürücü ayrı ayrı test edilmelidir. Kriter: $\leq 10 \mu A$ (topraklanmış) ve $\leq 50 \mu A$ (topraklanmamış).

4)Zamanlayıcı: Transduseri power metreye bağlayınız. Maksimum çıkış gücünde ve zamanlayıcı 1 dakika için ayarlı iken çıkışın, 1 dak $\pm$ 10 sn kapalı olduğu doğrulanmalıdır. Power metre bu anda çıkış gücü göstermemelidir. 5 dakika üzerindeki ayarlarda % 10 aralığı içerisindeki doğruluk da kabul edilebilir.

5) Ultrason Güç: Sürekli (Continuus) çıkış için seçilen ultrason cihazı ile çıkış gücünü maksimumda, orta aralıkta ve düşük seviyede ölçülür. Örneğin 5W / cm² yoğunluk ayarında, 4 cm²'lik transduser 20W güç vermelidir. Ölçülen değerler ayarların %20'lik aralığının içine denk gelmelidir. % 5'lik test hatası göz önünde bulundurulursa % 25 de kabul edilebilir bir değerdir. Eğer cihaz birden fazla transduser frekansına sahipse, bu işi her transduser için ayrı ayrı yapılmalıdır, aynı zamanda transduserin seri numarası ve seçilen frekansı ile beraber kaydedilmelidir.

3.1.3. Galvani Faradi Cihazı Kalibrasyon Ölçümü

Galvani Faradi cihazı üzerinde galvanik, kesikli galvanik, faradik ve eksponansiyel akım modları bulunan bir cihazdır. Ölçüm alınan cihaz üzerinde 10 mA ve 100 mA değerlere kadar akım veren iki ayrı mod bulunmaktadır. Tedavi cinsine göre hastaya 10 mA'e ya da 100 mA'e kadar olan akım değerlerinden istenen seçilir ve bu değerlerde tedavi yapılır. Ölçüm alınan cihaz iki kanallıdır, ancak bir aktif bir pasif elektrod içerdiğinden tek kanallı görevi görür. Galvani faradi cihazı üzerinde bulunan akım modlarının her birine göre 10 mA ve 100 mA akım seçeneklerinden çeşitli değerlerde ölçümler alınmıştır. Son olarak cihaz üzerinde bulunan zamanlayıcının doğruluğu kronometre ile değerlendirilmiştir.



Şekil 3.4 : Galvani faradi cihazı kalibrasyon ölçümü.

3.1.3.1. Galvani Faradi Cihazı Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı

Galvani Faradi cihazı kalibrasyon ölçümünde akım modlarının doğruluğu osiloskop ile değerlendirilmiştir (Şekil 3.4). Bu işlem için, GW Instek model osiloskop kullanılmıştır. Elektriksel işaretlerin ölçülüp değerlendirilmesinde kullanılan ölçüm cihazları içinde en geniş ölçüm olanaklarına sahip olan osiloskop, işaretin dalga şeklinin belirlenmesinde yardımcı olmuştur. Osiloskop devreye daima paralel bağlanır. Çok yüksek olan iç direnci nedeniyle seri bağlanması halinde ölçüm yapılmak istenen devreden akım akmasını engelleyecektir. Akım değerlerinin ölçülmesi için Fluke 179 true rms multimetre kullanılmıştır. Kullanılan multimetre 10 A AC/DC akım ölçme özelliğine sahiptir.

3.1.3.2. Galvani Faradi Cihazı Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü

1) Toprak Direnci: Güç kablosu toprak ucu ile şasedeki metal arasındaki rezistans'ı ölçmek ve kaydetmek için ohmmetre, elektrik güvenlik analizörü veya yüksek çözünürlüklü multimetre kullanılır. Toprak direnci Ω 'dan büyük olmamalıdır.

2) Şase Kaçak Akımı: Mikroişlemci motor veya kompresor ihtiva eden cihazlar, cihaz açık konumundayken polariteleri değiştirilirse zarar görebilirler. Eğer ters kutuplama testi uygulanırsa, motor duruncaya kadar veya en azından kutbu değiştirmeden 10 sn öncesinden cihaz kapatılmalıdır. Güç hattının polaritesi normalken ve ekipmanın toprak

kablosu bağılı değilken cihazı on, standby, off konumlarının hepsinde çalıştırılmalı ve maksimum kaçak akımını ölçüp kaydedilmelidir. Kaçak akım $300 \mu A$ 'i geçmemelidir. Kaçak akım, yalıtılmış güç kullanılan alanlarda kullanılıyor dahi olsa topraklanmış güç sistemi ile güçlendirilmiş cihaz ile ölçülmelidir. Eğer cihaz özel bir kabloya sahipse, uygun gelen adaptor kullanılmalıdır. Eğer cihazın kaçak akımı off durumundayken $30 \mu A$ 'den büyük, aynı zamanda on durumundaki kaçak akımından büyük ve eşitse, sorun var demektir. Bu durum cihaz için normal olsa dahi yine de on / off anahtarının nötr bağlantısının yanlış yapıldığına işaretler. Bağlantı kontrol edilmeli veya üreticiyle temasa geçilmelidir.

3) Elektrot-Toprak Kaçak Akımı: Hasta elektrotlarından gelen kaçak akım ölçülür. Bu ölçüm yapılırken cihaz çalışır durumda olmalı, toprak teli açık ve dokunulmamış olmalıdır. Tüm elektrotlar test edilmelidir. Eğer izole elektrotlar varsa izole oldukları belirtilmelidir. Kriter: $\leq 10 \mu A$ (topraklanmış) ve $\leq 50 \mu A$ (topraklanmamış).

4) Elektrotlar Arası Kaçak Akımı: Galvani Faradi cihazı çalışırken cihaz üzerindeki elektrotlar arasındaki kaçak akım ölçülür. Toprak teli dokunulmamış ve açıkken cihaz on durumundayken ve tüm operasyon modları normalken bu işlemler yapılır. Kriter: $\leq 10 \mu A$ (topraklanmış) ve $\leq 50 \mu A$ (topraklanmamış).

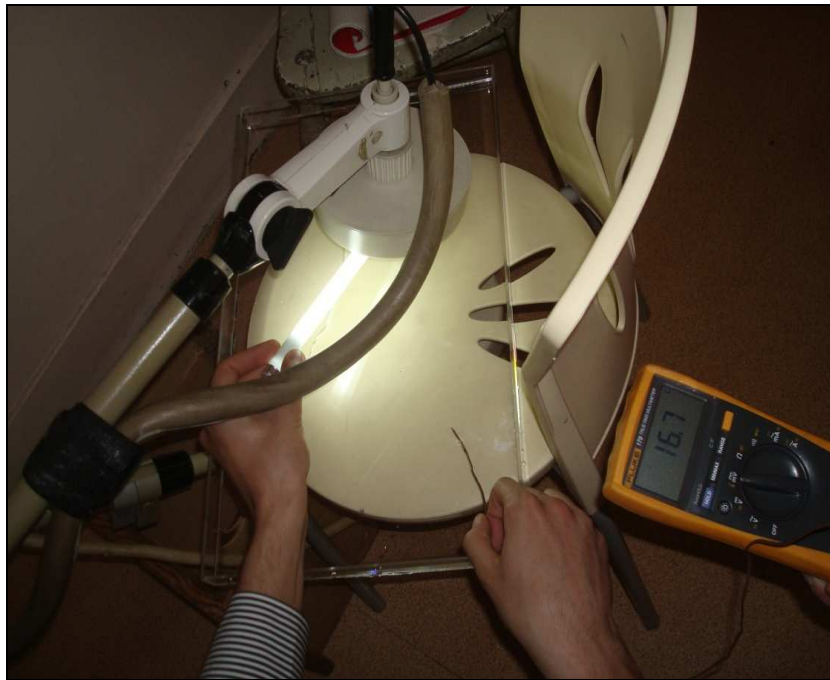
5) Elektrot Giriş İzolasyonu: Giriş izolasyonunu ölçmek için hat voltaj kaynağını kullanmak gerekir. Test sadece elektrik güvenlik analizörü veya bu uygulamaya izin veren setuplarla yapılmalıdır. Akım limitleyici direncin setup'ta bulunduğu kontrol edilir. Cihaz açık güç kablosu toprak konektörü dokunulmamışken her izole edilmiş hasta konektörüne ayrı ayrı 120 VAC uygulanır ve sonuçtaki akım ölçülür. Akım $50 \mu A$ 'i geçmemelidir.

6) Zamanlayıcı Doğruluğu: Kronometreye kullanılarak zamanlayıcı test edilmelidir. $\pm \% 10$ 'dan daha fazla fark olmaması gerekir. 5 dakika üzerindeki ayarlarda $\% 10$ aralığı içerisindeki doğruluk da kabul edilir.

7) Uyarıcı Akım : Galvani faradi cihazı elektrodları cihaz üreticisi tarafından belirtilen değerlerde osiloskoba bağlanır. Maksimum, orta değer ve düşük çıkış ayarlarında osiloskopta görülen galvanik faradik akım değerleri gözlemlenir. Her bir parametre ayarında ayarlanan değerler ile osiloskop üzerinde görülen değerler karşılaştırılır. Beklenen kriter ± 10 veya cihaz değerleridir.

3.1.4. Kısa Dalga Diatermi Cihazı Kalibrasyon Ölçümü

Kısa dalga diatermi cihazında radyofrekans çıkış gücünün ölçülmesi için, enerji transfer tekniği kullanılır. Bu amaçla bir fantom kullanılmıştır. 3500 ml % 0.9 konsantrasyondaki tuzlu su, belirli boyutlarında bir kabın içine doldurulmuştur. Daha sonra kısa dalga diatermi cihazı çalıştırılarak, 15 dakika boyunca diatermi cihazının suyun sıcaklığını ne kadar artırdığını, bu yolla ne kadar ısı verdiği ölçülmüştür.



Şekil 3.5: Kısa dalga diatermi cihazı kalibrasyon ölçümü.

Kısa dalga diatermi cihazı ölçüm hesaplaması:

Suya uygulanan enerjinin hesaplanması için şu denklem kullanılır.

$$E(\text{Joule})=m \times 4.186 \times \Delta T(^{\circ}\text{C}) = \text{Yüzey alanı} \times \text{Yükseklik} \times 4.186 \times \Delta T \quad (4.1)$$

Güç ise;

$$P(\text{Watt})= E/\Delta t(\text{sn}) \quad (4.2)$$

şeklinde hesaplanır.

$$P(\text{Watt})=(\text{Yüzey alanı} \times \text{yükseklik} \times 4.186 \times \Delta T) / \Delta t \quad (4.3)$$

$$\text{Güç yoğunluğu} = (\text{yüzey alanı} \times \text{yükseklik} \times 4.186 \times \Delta T) / (\Delta t \times \text{yüzey alanı}) \quad (4.4)$$

$$\text{Güç yoğunluğu} = \text{yükseklik} \times 4.186 \times \Delta T / \Delta t \quad (4.5)$$

Örneğin 1.Kademe için elde ettiğimiz ölçümlerde

yükseklik = 3,

T1 = 22, T2 = 35,8 olduğundan, $\Delta T = 13,8^{\circ}\text{C}$ olur.

$\Delta t = 15$ dakika

Güç yoğunluğu = $(3 \times 4.186 \times 13,8) / 15$

Güç yoğunluğu= 11,553 Watt / cm² elde edilmiştir.

3.1.4.1. Kısa Dalga Diatermi Cihazı Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı

Kısa dalga diatermi cihazında radyofrekans çıkış gücünün ölçülmesi için, cihazın suyun sıcaklığını ne kadar arttırdığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle 51×30×2.5 cm boyutlarında ve 3 cm kalınlığında pleksiglastan yapılmış bir kap kullanılmıştır. Kap içinde bulunan tuzlu su çözeltisinin sıcaklığını ölçmek için Fluke 179 true rms marka multimetre kullanılmıştır (Şekil 3.5).

3.1.4.2. Kısa Dalga Diatermi Cihazı Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü

1) Toprak Direnci: Güç kablosu toprak ucu ile şasedeki metali arasındaki rezistans' ı ölçmek ve kaydetmek için ohm metre, elektrik güvenlik analizörü veya yüksek çözünürlüklü multimetre kullanınız. Toprak direnci 0.5 Ohm dan büyük olmamalıdır.

2) Şase Kaçak Akımı: Mikroişlemci motor veya kompresor ihtiva eden cihazlar, cihaz açık konumundayken polariteleri değiştirilirse zarar görebilirler. Eğer ters kutuplama testi uygulanırsa, motor duruncaya kadar veya en azından kutbu değiştirmeden 10 sn öncesinden cihaz kapatılmalıdır. Güç hattının polaritesi normalken ve ekipmanın toprak

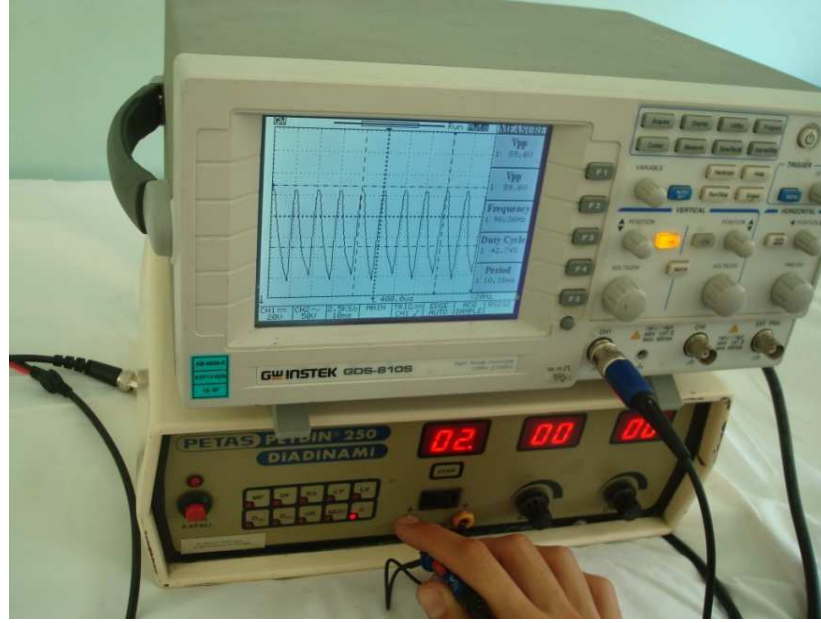
kablosu bağılı değilken cihazı on, standby, off konumlarının hepsinde çalıştırılmalı ve maksimum kaçak akımını ölçüp kaydedilmelidir. Kaçak akım $300 \mu A$ 'i geçmemelidir. Kaçak akım, yalıtılmış güç kullanılan alanlarda kullanılıyor dahi olsa topraklanmış güç sistemi ile güçlendirilmiş cihaz ile ölçülmelidir. Eğer cihaz özel bir kabloya sahipse, uygun gelen adaptor kullanılmalıdır. Eğer cihazın kaçak akımı off durumundayken $30 \mu A$ 'den büyük, aynı zamanda on durumundaki kaçak akımından büyük ve eşitse, sorun var demektir. Bu durum cihaz için normal olsa dahi yine de on / off anahtarının nötr bağlantısının yanlış yapıldığına işaretler. Bağlantı kontrol edilmeli veya üreticiyle temasa geçilmelidir.

3) Zamanlayıcı Doğruluğu: Kronometreye karşı zamanlayıcı test edilmelidir. $\pm\%10$ 'dan daha fazla fark olmaması gerekir. 5 dakika üzerindeki ayarlarda % 10 aralığı içerisindeki doğruluk da kabul edilir. Cihaz zaman devresinin doğru çalışıp çalışmadığı kontrol edilmelidir.

4) Çıkış gücü: Cihaz çıkış gücü hesaplamak için en basit yöntem olarak fantom kullanılabilir. Yüzey alanı hesaplanmış olan bir fantom içine su doldurularak cihazın suda meydana getirdiği ısı artışı hesaplanmak suretiyle, cihaz çıkış gücü kontrol edilir.

3.1.5. Diadinami Cihazı Kalibrasyon Ölçümü

Diadinami cihazı farklı diadinamik akım modları içerir. Uygulamada galvanik akıma diadinamik akım eklenebilir. Cihaz G-MF-DF-RS-CP-LP diadinamik akımlarına sahiptir. Ölçüm alınan cihaz 50 mA değerine kadar akım verebilmektedir. Bu değere uygun olarak çeşitli akım değerleri her bir diadinamik akım moduna göre ölçülmüştür. Son olarak cihaz üzerinde bulunan zamanlayıcının doğruluğu kronometre ile kontrol edilmiştir.



Şekil 3.6: Diadinami cihazı kalibrasyon ölçümü.

3.1.5.1. Diadinami Cihazı Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı

Diadinami cihazı kalibrasyon ölçümünde akım modlarının doğruluğu osiloskop ile kontrol edilmiştir (Şekil 3.6). Bu işlem için, GW Instek model osiloskop kullanılmıştır. Elektriksel işaretlerin ölçülüp değerlendirilmesinde kullanılan ölçüm cihazları içinde en geniş ölçüm olanaklarına sahip olan osiloskop, işaretin dalga şeklinin belirlenmesinde yardımcı olmuştur. Osiloskop devreye daima paralel bağlanır. Çok yüksek olan iç direnci nedeniyle seri bağlanması halinde ölçüm yapılmak istenen devreden akım akmasını engelleyecektir. Akım değerlerinin ölçülmesi için Fluke 179 true rms multimetre kullanılmıştır (Şekil 3.7). Kullanılan multimetre 10 A AC/DC akım ölçme özelliğine sahiptir.



Şekil 3.7: Diadinami cihazı akım ölçümü.

3.1.5.2. Diadinami Cihazı Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü

1) Toprak Direnci: Güç kablosu toprak ucu ile şasedeki metal arasındaki rezistans'ı ölçmek ve kaydetmek için ohmmetre, elektrik güvenlik analizörü veya yüksek çözünürlüklü multimetre kullanılır. Toprak direnci 0.5Ω 'dan büyük olmamalıdır.

2) Şase Kaçak Akımı: Mikroişlemci motor veya kompresör ihtiva eden cihazlar, cihaz açık konumundayken polariteleri değiştirilirse zarar görebilirler. Eğer ters kutuplama testi uygulanırsa, motor duruncaya kadar veya en azından kutbu değiştirmeden 10 sn öncesinden cihaz kapatılmalıdır. Güç hattının polaritesi normalken ve ekipmanın toprak kablosu bağlı değilken cihazı on, standby, off konumlarının hepsinde çalıştırılmalı ve maksimum kaçak akımını ölçüp kaydedilmelidir. Kaçak akım $300 \mu A$ 'i geçmemelidir. Kaçak akım, yalıtılmış güç kullanılan alanlarda kullanılıyor dahi olsa topraklanmış güç sistemi ile güçlendirilmiş cihaz ile ölçülmelidir. Eğer cihaz özel bir kabloya sahipse, uygun gelen adaptor kullanılmalıdır. Eğer cihazın kaçak akımı off durumundayken $30 \mu A$ 'den büyük, aynı zamanda on durumundaki kaçak akımından büyük ve eşitse, sorun var demektir. Bu durum cihaz için normal olsa dahi yine de on / off anahtarının nötr bağlantısının yanlış yapıldığına işaretler. Bağlantı kontrol edilmeli veya üreticiyle temasa geçilmelidir.

3) Elektrot-Toprak Kaçak Akımı: Hasta elektrotlarından gelen kaçak akım ölçülür. Bu ölçüm yapılırken cihaz çalışır durumda olmalı, toprak teli açık ve dokunulmamış olmalıdır. Tüm elektrodlar test edilmelidir. Eğer izole elektrotlar varsa izole oldukları belirtilmelidir. Kriter: $\leq 10\mu A$ (topraklanmış) ve $\leq 50\mu A$ (topraklanmamış).

4) Elektrotlar Arası Kaçak Akımı: Diadinami cihazı çalışırken cihaz üzerindeki elektrodlar arasındaki kaçak akım ölçülür. Toprak teli dokunulmamış ve açıkken cihaz on durumundayken ve tüm operasyon modları normalken bu işlemler yapılır. Kriter: $\leq 10\mu A$ (topraklanmış) ve $\leq 50\mu A$ (topraklanmamış).

5) Elektrot Giriş İzolasyonu :Giriş izolasyonunu ölçmek için hat voltaj kaynağını kullanmak gerekir. Test sadece elektrik güvenlik analizörü veya bu uygulamaya izin veren setuplarla yapılmalıdır. Akım limitleyici direncin setup'ta bulunduğu kontrol edilir. Cihaz açık güç kablosu toprak konektörü dokunulmamışken her izole edilmiş hasta konektörüne ayrı ayrı 120 VAC uygulanır ve sonuçtaki akım ölçülür. Akım $50\mu A$ 'i geçmemelidir.

6) Zamanlayıcı Doğruluğu: Kronometre kullanılarak zamanlayıcı test edilmelidir. $\pm \% 10$ 'dan daha fazla fark olmaması gerekir. 5 dakika üzerindeki ayarlarda $\% 10$ aralığı içerisindeki doğruluk da kabul edilir.

7) Uyarıcı Akım: Diadinami cihazı elektrodları cihaz üreticisi tarafından belirtilen değerlerde osiloskoba bağlanır. Maksimum, orta değer ve düşük çıkış ayarlarında diadinamik akım değerleri gözlemlenir. Her bir parametre ayarında ayarlanan değerler ile osiloskop üzerinde görülen değerler karşılaştırılır. Beklenen kriter ± 10 veya cihaz değerleridir.

3.1.6. Elektroterapi Cihazı Kalibrasyon Ölçümü

Fizik tedavi ünitesinde bulunan elektroterapi cihazında TENS, diadinamik, galvanik, faradik akımlar olmak üzere çeşitli orta frekanslı ve düşük frekanslı akımlar bulunmaktadır. Ölçüm alınan cihaz üzerinde ayarlanabilen ve ölçülebilen parametreler; frekans, akım ve zamandır. Elektroterapi cihazı üzerinde her kanalda frekans ölçümleri osiloskop ile alınmıştır. Akım modlarının doğru sinyalleri verip vermediği kontrol

edilmiştir. Fizik tedavi ünitesinde bulunan elektroterapi cihazından alınan ölçümler aşağıdadır. Ayrıca zaman ayarlaması da yapılmış ve doğruluğu kronometre ile kontrol edilmiştir.



Şekil 3.8: Elektroterapi cihazı kalibrasyon ölçümü.

3.1.6.1. Elektroterapi Cihazı Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı

Elektroterapi Cihazı kalibrasyon ölçümünde frekans parametresi osiloskop ile ölçülmüştür (Şekil 3.8). Ölçümde GW Instek model osiloskop kullanılmıştır. Elektriksel işaretlerin ölçülüp değerlendirilmesinde kullanılan ölçüm cihazları içinde en geniş ölçüm olanaklarına sahip olan osiloskop, işaretin dalga şeklinin, frekansının ve genliğinin aynı anda belirlenebilmesini sağlar. Akım şekillerinin doğruluğu osiloskopla incelenmiştir. Osiloskop devreye daima paralel bağlanır. Çok yüksek olan iç direnci nedeniyle seri bağlanması halinde ölçüm yapılmak istenen devreden akım akmasını engelleyecektir. Modern osiloskoplarda frekans yerine periyod ölçülmektedir. Periyod ölçümleri X (yatay) ekseninde yapılır. Dalga şeklinin bir periyodunun X eksenindeki uzunluğu kareler sayılarak belirlenir. Daha sonra timebase komutatorünün gösterdiği değer (S/div, mS/div ya da μ S/div) ile kare sayısı çarpılarak işaretin periyodu belirlenir. Kullanılan prob (X1, X10 veya X100) zaman ölçümlerini etkilemez.

3.1.6.2 Elektroterapi Cihazı Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü

1) Toprak Direnci: Güç kablosu toprak ucu ile şasedeki metal arasındaki rezistans'ı ölçmek ve kaydetmek için ohmmetre, elektrik güvenlik analizörü veya yüksek çözünürlüklü multimetre kullanılır. Toprak direnci 0.5Ω 'dan büyük olmamalıdır.

2) Şase Kaçak Akımı: Mikroişlemci motor veya kompresör ihtiva eden cihazlar, cihaz açık konumundayken polariteleri değiştirilirse zarar görebilirler. Eğer ters kutuplama testi uygulanırsa, motor duruncaya kadar veya en azından kutbu değiştirmeden 10 sn öncesinden cihaz kapatılmalıdır. Güç hattının polaritesi normalken ve ekipmanın toprak kablosu bağlı değilken cihazı on, standby, off konumlarının hepsinde çalıştırılmalı ve maksimum kaçak akımını ölçüp kaydedilmelidir. Kaçak akım $300 \mu A$ 'i geçmemelidir. Kaçak akım, yalıtılmış güç kullanılan alanlarda kullanılıyor dahi olsa topraklanmış güç sistemi ile güçlendirilmiş cihaz ile ölçülmelidir. Eğer cihaz özel bir kabloya sahipse, uygun gelen adaptor kullanılmalıdır. Eğer cihazın kaçak akımı off durumundayken $30 \mu A$ 'den büyük, aynı zamanda on durumundaki kaçak akımından büyük ve eşitse, sorun var demektir. Bu durum cihaz için normal olsa dahi yine de on / off anahtarının nötr bağlantısının yanlış yapıldığına işaretler. Bağlantı kontrol edilmeli veya üreticiyle temasa geçilmelidir.

3) Elektrod -Toprak Sızıntı Akımı: Hasta elektrotlarından gelen kaçak akım ölçülür. Bu ölçüm yapılırken cihaz çalışır durumda olmalı, toprak teli açık ve dokunulmamış olmalıdır. Tüm elektrotlar test edilmelidir. Eğer izole elektrotlar varsa izole oldukları belirtilmelidir. Kriter: $\leq 10 \mu A$ (topraklanmış) ve $\leq 50 \mu A$ (topraklanmamış).

4) Elektrotlar Arası Sızıntı Akımı: Elektroterapi cihazı çalışırken cihaz üzerindeki elektrotlar arasındaki kaçak akım ölçülür. Toprak teli dokunulmamış ve açıkken cihaz on durumundayken ve tüm operasyon modları normalken bu işlemler yapılır. Kriter: $\leq 10 \mu A$ (topraklanmış) ve $\leq 50 \mu A$ (topraklanmamış).

5) Elektrod Giriş İzolasyonu: Giriş izolasyonunu ölçmek için hat voltaj kaynağını kullanmak gerekir. Test sadece elektrik güvenlik analizörü veya bu uygulamaya izin veren setuplarla yapılmalıdır. Akım limitleyici direncin setup'ta bulunduğu kontrol edilir. Her izole edilmiş hasta konektörüne ayrı ayrı 120 VAC

uygulanır ve sonuçtaki akım ölçülür (cihaz açık güç kablosu toprak konektörü dokunulmamışken). Akım 50 mikroamperi geçmemelidir.

6) Zamanlayıcı Doğruluğu: Kronometre kullanılarak zamanlayıcı test edilmelidir. $\pm$ % 10'dan daha fazla fark olmaması gerekir. 5 dakika üzerindeki ayarlarda % 10 aralığı içerisindeki doğruluk da kabul edilir.

7) Uyarıcı Voltaj veya Akım: Elektroterapi cihazı elektrodları cihaz üreticisi tarafından belirtilen değerlerde osiloskoba bağlanır. Maksimum, orta değer ve düşük çıkış ayarlarında osiloskopta görülen voltaj ve düşük ve orta frekanslı akım dalga şekillerinin doğruluğu gözlemlenir. Her bir parametre ayarında ayarlanan değerler ile osiloskop üzerinde görülen değerler karşılaştırılır. Beklenen kriter $\pm$ %10 veya cihaz değerleridir.

8) Frekans: Elektroterapi cihazı elektrodları, cihaz üreticisi tarafından belirtilen frekansı ölçmek için osiloskoba bağlanır. Maksimum, orta değer ve düşük çıkış ayarlarında osiloskopta görülen frekans değeri gözlemlenir. Her bir ayarda ölçülen değerler ile cihaz üzerinde görülen değerler karşılaştırılır. (Beklenen kriter: $\pm$ %10 veya cihaz değerleri). Ayarlanan bütün değerler ölçülür ve kaydı yapılır.

3.1.7. Traksiyon Cihazı Kalibrasyon Ölçümü

Traksiyon cihazı kalibrasyon ölçümünde ölçüm parametresi kuvvettir. Traksiyon cihazı, hasta sedyesine uygun ağırlıklar konarak test edilmiştir. Aralıklı traksiyon seçildiğinde düzgün çalıştığı kontrol edilmiştir.



Şekil 3.9: Traksiyon cihazı kalibrasyon ölçümü.

3.1.7.1. Traksiyon Cihazı Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı

Traksiyon cihazı ölçümünde cihaz ölçümü için uygun standart ağırlıklar kullanılmıştır (Şekil 3.9).

3.1.7.2. Traksiyon Cihazı Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü

1)Toprak Direnci: Güç kablosu toprak ucu ile şasedeki metal arasındaki rezistans'ı ölçmek ve kaydetmek için ohmmetre, elektrik güvenlik analizörü veya yüksek çözünürlüklü multimetre kullanılır. Toprak direnci 0.5Ω 'dan büyük olmamalıdır.

2) Şase Kaçak Akımı: Mikroişlemci motor veya kompresör ihtiva eden cihazlar, cihaz açık konumundayken polariteleri değiştirilirse zarar görebilirler. Eğer ters kutuplama testi uygulanırsa, motor duruncaya kadar veya en azından kutbu değiştirmeden 10 sn öncesinden cihaz kapatılmalıdır. Güç hattının polaritesi normalken ve ekipmanın toprak kablosu bağlı değilken cihazı on, standby, off konumlarının hepsinde çalıştırılmalı ve maksimum kaçak akımını ölçüp kaydedilmelidir. Kaçak akım $300 \mu A$ 'i geçmemelidir. Kaçak akım, yalıtılmış güç kullanılan alanlarda kullanılıyor dahi olsa topraklanmış güç sistemi ile güçlendirilmiş cihaz ile ölçülmelidir. Eğer cihaz özel bir kabloya sahipse, uygun gelen adaptor kullanılmalıdır. Eğer cihazın kaçak akımı off durumundayken $30 \mu A$ 'den büyük, aynı zamanda on durumundaki kaçak akımından büyük ve eşitse, sorun

var demektir. Bu durum cihaz için normal olsa dahi yine de on / off anahtarının nötr bağlantısının yanlış yapıldığına işaretler. Bağlantı kontrol edilmeli veya üreticiyle temasa geçilmelidir.

3) Zamanlayıcı Doğruluğu: Kronometre kullanılarak zamanlayıcı test edilmelidir. $\pm$ %10'dan daha fazla fark olmaması gerekir. 5 dakika üzerindeki ayarlarda % 10 aralığı içerisindeki doğruluk da kabul edilir. Beklenen kriter: $\pm$ %10'dır.

4) Traksiyon Kontrol Doğruluğu: Makine gösterilen değerin $\pm$ % 10 doğruluğuyla kuvvet göndermelidir. Monte edilmiş dikey traksiyon ünitelerini cihazın altındaki sedyeye uygun ağırlıklar konarak ve coupling cihazına bağlanarak test edilir. Hesaplama yaparken tabi ağırlık taşıyıcı ve diğer ekstra ağırlıklar da göz önüne alınmalıdır. Her olayda cihazın kuvvet kontrolü denk gelen kuvvete ayarlanır ve cihazın kontrol değerleri 20 saniye boyunca tutulur ve durdurulur.

5) Aralıklı Traksiyon: Aralıklı traksiyon seçildiğinde düzgün çalıştığı, traksiyon kontrol doğruluk testindeki setup kullanılarak doğrulanır. Halat veya kablo 20 saniye sonra gevşemeli ve dinamometrede okunan değerin 0'a düşmesine neden olmalıdır. Diğer 20 saniyelik denemede ise uygulanan kuvvete devam edilmelidir.

3.1.8. Kızılötesi (İnfraruj) Lamba Kalibrasyon Ölçümü

Fizik tedavi ünitesinde bulunan kızılötesi lambalar için güç ölçümü yapılmıştır. Kızılötesi lambanın güç ölçümü için, belirli boyutlarında plastik bir kap içine 3 cm yüksekliğinde su doldurulmuştur. Su dolu kabı, kızılötesi lambanın altına yerleştirilmiştir. Kap içindeki suyun başlangıç sıcaklığı ölçülüp kaydedilmiştir. Tedavi süresi ortalama 20 dakika olduğu için, 20 dakikalık süre sonunda suyun sıcaklığı tekrar ölçülüp kaydedilmiştir. Bu ölçüm verileri aşağıda verilen denkleme yerleştirilerek güç yoğunluğu ölçülmüştür.

Kızılötesi lamba için ölçüm hesaplanması:

Suya uygulanan enerjinin hesaplanması için şu denklem kullanılmıştır.

$$E(\text{Joule})=m \times 4.186 \times \Delta T(^{\circ}\text{C}) = \text{Yüzey alanı} \times \text{Yükseklik} \times 4.186 \times \Delta T \quad (4.1)$$

Güç ise;

$$P(\text{Watt})= E/\Delta t(\text{sn}) \quad (4.2)$$

şeklinde hesaplanır.

$$P(\text{Watt})=(\text{Yüzey alanı} \times \text{yükseklik} \times 4.186 \times \Delta T) / \Delta t \quad (4.3)$$

$$\text{Güç yoğunluğu} = (\text{yüzey alanı} \times \text{yükseklik} \times 4.186 \times \Delta T) / (\Delta t \times \text{yüzey alanı}) \quad (4.4)$$

$$\text{Güç yoğunluğu} = \text{yükseklik} \times 4.186 \times \Delta T / \Delta t \quad (4.5)$$

Örneğin;

Elde ettiğimiz ölçümlerde yükseklik = 3,

$T_1 = 19$, $T_2 = 22$ olduğundan, $\Delta T = 3^{\circ}\text{C}$ olur.

$\Delta t = 20$ dakika

Güç yoğunluğu = $(3 \times 4.186 \times 3) / 20$

Güç yoğunluğu= 1,8837 Watt / cm^2 elde edilmiştir.

Lambanın gücü 250 watt, yüzey alanı 120 cm^2 ;

$250/120 = 2,033$ watt / cm^2



Şekil 3.10: Kızılötesi (İnfraruj) lamba kalibrasyon ölçümü.

3.1.8.1. Kızılötesi (İnfraruj) Lamba Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı

Kızılötesi lambanın kalibrasyon ölçümü için multimetre ve su dolu kap kullanılmıştır (Şekil 3.10). Sıcaklık ölçmek için Fluke 179 true rms marka multimetre kullanılmıştır. Cihaz; min-max-alarm özelliklidir, sesli süreklilik ve diyot testleri yapabilme özelliğine sahiptir, maksimum 1000 v AC/DC voltaj ve 10 Amper AC/DC akım ölçme özelliğine sahip olmasının yanı sıra 50 M Ω direnç, 10000 μ F kapasitans, 100 kHz frekans ve -40°C / + 400 ° C sıcaklık ölçebilmektedir.

3.1.8.2. Kızılötesi (İnfraruj) Lamba Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü

1) Toprak Direnci: Güç kablosu toprak ucu ile şasedeki metali arasındaki rezistans' ı ölçmek ve kaydetmek için ohm metre, elektrik güvenlik analizörü veya yüksek çözünürlüklü multimetre kullanınız. Toprak direnci 0.5 Ω 'dan büyük olmamalıdır.

2) Şase Kaçak Akımı: Mikroişlemci motor veya kompresor ihtiva eden cihazlar, cihaz açık konumundayken polariteleri değiştirilirse zarar görebilirler. Eğer ters kutuplama testi uygulanırsa, motor duruncaya kadar veya en azından kutbu değiştirmeden 10 sn öncesinden cihaz kapatılmalıdır. Güç hattının polaritesi normalken ve ekipmanın toprak kablosu bağlı değilken cihazı on, standby, off konumlarının hepsinde çalıştırılmalı ve maksimum kaçak akımını ölçüp kaydedilmelidir. Kaçak akım 300 μ A'i geçmemelidir. Kaçak akım, yalıtılmış güç kullanılan alanlarda kullanılıyor dahi olsa topraklanmış güç sistemi ile güçlendirilmiş cihaz ile ölçülmelidir. Eğer cihaz özel bir kabloya sahipse, uygun gelen adaptor kullanılmalıdır. Eğer cihazın kaçak akımı off durumundayken 30 μ A'den büyük, aynı zamanda on durumundaki kaçak akımından büyük ve eşitse, sorun var demektir. Bu durum cihaz için normal olsa dahi yine de on / off anahtarının nötr bağlantısının yanlış yapıldığına işarettir. Bağlantı kontrol edilmeli veya üreticiyle temasa geçilmelidir.

3) Güç Ölçümü: 30×30 cm büyüklüğünde ve 4 cm yüksekliğinde bir plastik kap içine su doldurunuz. Su dolu kabı kızılötesi lamba altına 50 cm mesafede olacak şekilde yerleştirilmelidir. Kap içindeki suyun başlangıç sıcaklığı birden fazla noktadan ölçülerek, lamba ile zaman ölçer aynı kaydedilmelidir. 20 dakikalık süre sonunda suyun sıcaklığını tekrar kaydedilmelidir.

3.1.9. Koşu Bandı (Treadmill) Kalibrasyon Ölçümü

Fizik tedavi ünitesinde yer alan koşu bantları için belli değerlerde hız ölçümleri yapılmıştır. Alınan hız değerleri cihaz üzerinde bulunan hız kademelerine göre değerlendirilmiştir. Ölçüm sonuçları aşağıda bulunmaktadır.

3.1.9.1. Koşu bandı (Treadmill) Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı

Koşu bandı hız ölçümü için Lutron DT 2268 marka takometre kullanılmıştır (Şekil 3.11). Cihaz, 0.1RPM çözünürlüğe ve 0.05% doğruluk ile yüksek hassasiyete sahiptir. Ölçüm sahası optik seçim için 5-99999 devir / dakika (RPM) ve değmeli seçimde 0.5 – 19999 devir/ dakika (RPM)'dır. Yüzey hızı 0.05-1999.9 metre/dakikadır.



Şekil 3.11: Koşu bandı (Treadmill) hız ölçümü.

3.1.9.2. Koşu bandı (Treadmill) Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü

1) Toprak Direnci: Güç kablosu toprak ucu ile şasedeki metal arasındaki rezistans'ı ölçmek ve kaydetmek için ohmmetre, elektrik güvenlik analizörü veya yüksek çözünürlüklü multimetre kullanılır. Toprak direnci 0.5Ω 'dan büyük olmamalıdır.

2) Şase Kaçak Akımı: Mikroişlemci motor veya kompresör ihtiva eden cihazlar, cihaz açık konumundayken polariteleri değiştirilirse zarar görebilirler. Eğer ters kutuplama testi uygulanırsa, motor duruncaya kadar veya en azından kutbu değiştirmeden 10 sn öncesinden cihaz kapatılmalıdır. Güç hattının polaritesi normalken ve ekipmanın toprak kablosu bağlı değilken cihazı on, standby, off konumlarının hepsinde çalıştırılmalı ve maksimum kaçak akımını ölçüp kaydedilmelidir. Kaçak akım $300 \mu A$ 'i geçmemelidir. Kaçak akım, yalıtılmış güç kullanılan alanlarda kullanılıyor dahi olsa topraklanmış güç sistemi ile güçlendirilmiş cihaz ile ölçülmelidir. Eğer cihaz özel bir kabloya sahipse, uygun gelen adaptor kullanılmalıdır. Eğer cihazın kaçak akımı off durumundayken $30 \mu A$ 'den büyük, aynı zamanda on durumundaki kaçak akımından büyük ve eşitse, sorun var demektir. Bu durum cihaz için normal olsa dahi yine de on / off anahtarının nötr bağlantısının yanlış yapıldığına işaretler. Bağlantı kontrol edilmeli veya üreticiyle temasa geçilmelidir.

3) Hız ayarı: Treadmill üzerinde bulunan hız kademelerine göre en yüksek, orta seviye ve en düşük seviyeye ayarlanır. Takometre yardımıyla cihazdaki hız seviyesi ölçülür. Takometrede görülen değer ile cihaz üzerinde görülen ölçüm sonuçlarını karşılaştırılır. Doğruluğun $\pm \%10$ ' olması beklenir.

4) Bant Ayarı: Bant sağ tarafa doğru kayarsa, sol bant gerilim cıvatasını saat yönünün tersine doğru tek seferde 90° çevrilmelidir. Ayardan sonra, bant sağa doğru kaymaya devam ederse, sağ bant gerilim cıvatasını bant düz gidene kadar tek seferde 90° saat yönünde çevrilmelidir. Bant sol tarafa doğru kayarsa, sağ bant gerilim cıvatasını saat yönü tersine doğru tek seferde 90° olarak çevrilmelidir. Ayardan sonra, bant sola doğru kaymaya devam ederse, sol bant gerilim cıvatasını bant düz gidene kadar tek seferde 90° saat yönünde çevrilmelidir. Bant herhangi bir nedenden dolayı gevşemiş görünüyorsa, sağ ve sol bant gerilim cıvatalarını 90° açılarla sıkılmalıdır. Eğer bant sıkı görünüyorsa, gerilim cıvatalarını 90° açılarla gevşetilmelidir. Bant cıvatalarının

sıkışması durumunda yağlamak gerekebilir. Bu durumda yürüyüş bandını hafifçe kaldırınız ve yağı bandın altına doğru sıkılmalıdır.

5) Denge Ayarı: Koşu bandını pürüzlü, düz olmayan zemine koymak kullanım esnasında cihazın sallanmasına ve eğim ayarının yanlış çalışmasına sebep olabilir. Bu durumu önlemek için, koşu bandına dört adet dengeleyici yerleştirilmiştir. Koşu bandının zemin üzerinde sabit durup durmadığını kontrol etmek için tutma kollarını öne ve arkaya doğru sallanması gerekmektedir. Koşu bandını bir tarafa doğru yatırılır ve o şekilde tutulur. Dengeleyicileri bandın alt yan tarafına, zemin üzerinde bandı destekleyecek duruma gelene kadar ayarlanır. Koşu bandını diğer tarafa doğru yatırılır ve dengeleyiciler diğer tarafta da aynı şekilde ayarlanır.

6) Zamanlayıcı ayarı: Kronometre yardımıyla zamanlayıcı test edilmelidir. $\pm \%10$ 'dan daha fazla fark olmaması beklenir.

3.1.10. Parafin Cihazı Kalibrasyon Ölçümü

Parafin cihazı ölçüm parametresi sıcaklıktır. Parafin cihazı içerisinde bulunan parafinin sıcaklığını ölçmek için, sol, orta ve sağ olmak üzere 3 ayrı noktadan sıcaklık ölçümü alınmıştır. Parafin cihazının sıcaklık değerleri ile elde edilen ölçüm değerleri karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.12: Parafin cihazı kalibrasyon ölçümü.

3.1.10.1. Parafin Cihazı Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı

Parafin cihazının ölçüm parametresi olan sıcaklığı ölçmek için Fluke DPM4 model parametre cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.13). Cihaz, fark basıncı, vakum ve sıcaklık ölçmektedir. Sıcaklık ölçümü çalışma aralığı -40°C ile 200°C (-40°F / 392°F)'dir. Ölçüm birimleri $^{\circ}\text{C}$ ve $^{\circ}\text{F}$ cinsindendir. $^{\circ}\text{C}$ veya $^{\circ}\text{F}$ sıcaklık ölçümü için PT- 100 veya PT-1000 tipi standart sıcaklık probu kullanılır.

3.1.10.2. Parafin Cihazı Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü

1) Toprak Direnci: Güç kablosu toprak ucu ile şasedeki metal arasındaki rezistans'ı ölçmek ve kaydetmek için ohmmetre, elektrik güvenlik analizörü veya yüksek çözünürlüklü multimetre kullanılır. Toprak direnci $0.5\ \Omega$ 'dan büyük olmamalıdır.

2) Şase Kaçak Akımı: Mikroişlemci motor veya kompresör ihtiva eden cihazlar, cihaz açık konumundayken polariteleri değiştirilirse zarar görebilirler. Eğer ters kutuplama testi uygulanırsa, motor duruncaya kadar veya en azından kutbu değiştirmeden 10 sn öncesinden cihaz kapatılmalıdır. Güç hattının polaritesi normalken ve ekipmanın toprak kablosu bağlı değilken cihazı on, standby, off konumlarının hepsinde çalıştırılmalı ve maksimum kaçak akımını ölçüp kaydedilmelidir. Kaçak akım $300\ \mu\text{A}$ 'i geçmemelidir. Kaçak akım, yalıtılmış güç kullanılan alanlarda kullanılıyor dahi olsa topraklanmış güç sistemi ile güçlendirilmiş cihaz ile ölçülmelidir. Eğer cihaz özel bir kabloya sahipse, uygun gelen adaptor kullanılmalıdır. Eğer cihazın kaçak akımı off durumundayken $30\ \mu\text{A}$ 'den büyük, aynı zamanda on durumundaki kaçak akımından büyük ve eşitse, sorun var demektir. Bu durum cihaz için normal olsa dahi yine de on / off anahtarının nötr bağlantısının yanlış yapıldığına işaretler. Bağlantı kontrol edilmeli veya üreticiyle temasa geçilmelidir.

3) Sıcaklık ölçümü: Parafin cihazının sıcaklığını ölçmek için sıcaklık ölçer ile parafin cihazının 3 ayrı noktasından ölçüm alınıp elde edilen ölçüm değerlerini karşılaştırılır.

4) Bakım: Parafin banyosunun dibi daima temiz tutulmalıdır. Parafin tankın dışı banyo sıcakken daha kolay temizlenir. Bu nedenle dış temizliği sıcakken yapılmalıdır. Cihaz ayak tekerlekleri gerektiğinde yağlanmalıdır. Elektrik kablo ve fişi kontrol edilmelidir.

5) Kontrol: Parafin sıvı seviyesi normal yüksekliğin 10 santimetre (cm) veya daha fazla altına düştüğünde cihaz çalıştırılmamalıdır. Cihaz toprak hattı kontrol edilmeli, elektrik kaçak akımları ölçülerek kontrol edilmelidir. Parafin banyosunun sıcaklığı üretici tarafından ortalama 24 °C oda sıcaklığı için ayarlanmıştır. Daha farklı sıcaklıktaki ortamlar için bu durum göz önünde bulundurulmalı, cihaz termostat ayarı yeniden yapılmalıdır. Emniyet termostatları değiştirildiğinde hassas ısı ayarı yeniden yapılmalıdır.

3.1.11. Hot-Pack Kazanı Kalibrasyon Ölçümü

Hot-pack cihazı ölçüm parametresi; sıcaklıktır. Sıcaklık ölçümleri için sağ alt, sağ üst, sol alt, sol üst ve orta nokta olmak üzere 5 ayrı noktadan sıcaklık ölçümü alınmıştır. Alınan ölçüm değerleri cihazın vermesi beklenen sıcaklık değerleri ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.13: Hot-pack cihazı kalibrasyon ölçümü.

3.1.11.1. Hot –Pack Cihazı Kalibrasyon Ölçümünde Kullanılan Test Cihazı

Hot-pack cihazının ölçüm parametresi olan sıcaklığı ölçmek için Fluke DPM4 model parametre cihazı kullanılmıştır (Şekil 3.13). Cihaz, fark basncı, vakum ve sıcaklık ölçmektedir. Sıcaklık ölçümü çalışma aralığı -40 °C ile 200 °C (-40 °F / 392 °F)'dir.

Ölçüm birimleri °C ve °F cinsindendir. °C veya °F sıcaklık ölçümü için PT- 100 veya PT-1000 tipi standart sıcaklık probu kullanılır.

3.1.11.2. Hot -Pack Kazanı Kalibrasyon Ölçüm Prosedürü Sıcaklık Ölçümü

1) Toprak Direnci: Güç kablosu toprak ucu ile şasedeki metal arasındaki rezistans'ı ölçmek ve kaydetmek için ohmmetre, elektrik güvenlik analizörü veya yüksek çözünürlüklü multimetre kullanılır. Toprak direnci 0.5Ω 'dan büyük olmamalıdır.

2) Şase Kaçak Akımı: Mikroişlemci motor veya kompresor ihtiva eden cihazlar, cihaz açık konumundayken polariteleri değiştirilirse zarar görebilirler. Eğer ters kutuplama testi uygulanırsa, motor duruncaya kadar veya en azından kutbu değiştirmeden 10 sn öncesinden cihaz kapatılmalıdır. Güç hattının polaritesi normalken ve ekipmanın toprak kablosu bağlı değilken cihazı on, standby, off konumlarının hepsinde çalıştırılmalı ve maksimum kaçak akımını ölçüp kaydedilmelidir. Kaçak akım $300 \mu A$ 'i geçmemelidir. Kaçak akım, yalıtılmış güç kullanılan alanlarda kullanılıyor dahi olsa topraklanmış güç sistemi ile güçlendirilmiş cihaz ile ölçülmelidir. Eğer cihaz özel bir kabloya sahipse, uygun gelen adaptor kullanılmalıdır. Eğer cihazın kaçak akımı off durumundayken $30 \mu A$ 'den büyük, aynı zamanda on durumundaki kaçak akımından büyük ve eşitse, sorun var demektir. Bu durum cihaz için normal olsa dahi yine de on / off anahtarının nötr bağlantısının yanlış yapıldığına işaret eder. Bağlantı kontrol edilmeli veya üreticiyle temasa geçilmelidir.

3) Sıcaklık ölçümü: Doğru ölçüm sonuçları elde etmek için hot-pack kazanının 5 farklı noktasından sıcaklık ölçüm değerleri alınıp sıcaklık ölçerde görülen değerler ile karşılaştırılmalıdır.

4) Bakım: Cihaz ayak tekerlekleri yağlanmalıdır. Dış temizliği için paslanmaz çelik tank belirli aralıklarla temizlenmelidir. Bu temizlik için cihazın yeterince soğuk ve çalışmıyor durumda olmasına dikkat edilmelidir.

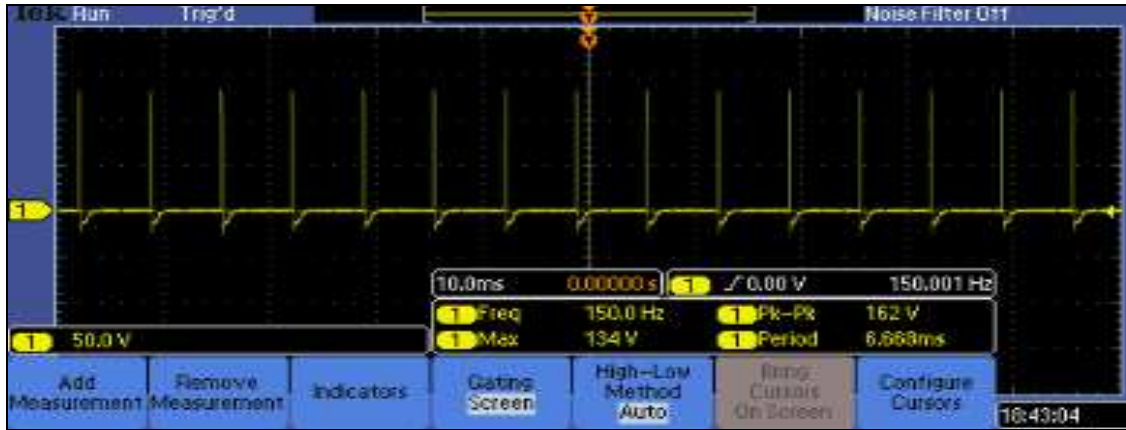
5) Kontrol: Elektrik kablo ve fişi kontrol edilmelidir. Cihaz toprak hattı kontrol edilmeli, elektrik kaçak akımları ölçülerek kontrol edilmelidir. Termostat ayarı farklı oda sıcaklıklarına göre yeniden ayarlanmalıdır.

4. BULGULAR

Bu bölümde fizik tedavi ünitesinde bulunan TENS, fizik tedavi ultrasonu, elektroterapi, parafin cihazı, hot-pack kazanı, traksiyon, galvanik faradi, diadinami,koşu bandı (treadmill), kızılötesi (infraruj) lamba, kısa dalga diatermi cihazlarının ölçüm parametrelerine göre, uygun test cihazlarıyla kalibrasyon ölçümlerinin yapılması sonucu elde edilen veriler, kalibrasyon ölçüm test sayfası ve elektriksel güvenlik test sayfası hazırlanarak verilmiştir.

4.1. TENS CİHAZI KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ

TENS cihazı ölçümleri sonucu elde edilen frekans, zaman değerleri tablo 4.1’de gösterilmiştir. Şekil 4.1’de TENS cihazının osiloskop görüntüsü verilmiştir. Tablo 4.2’de elektriksel güvenlik ölçüm sonuçları görülmektedir.



Şekil 4.1: TENS cihazının 150 kHz osiloskop görüntüsü.

Tablo 4.1: TENS cihazı kalibrasyon ölçüm test sayfası.

	TENS CİHAZI KALİBRASYON ÖLÇÜM TEST SAYFASI									
Sertifika No: _____ Tarih: _____										
Ünv. :	İstanbul Üniv.	BKN' su: 01.300501.13782.002								
AnaDah:	Biyomedikal Müh.	Markası: Clinitens								
Birim:	Biyomedikal Müh. Yüksek Lisans	Model: SMS-105								
		Seri No: _____								
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th>Ayarlanan zaman (dk)</th> <th>Ölçülen zaman(dk)</th> </tr> <tr> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>15</td> </tr> </table>			Ayarlanan zaman (dk)	Ölçülen zaman(dk)	5	5	10	10	15	15
Ayarlanan zaman (dk)	Ölçülen zaman(dk)									
5	5									
10	10									
15	15									
DENEY DEĞERLERİ						KANAL 1	KANAL 2	KANAL 3	KANAL 4	KANAL 5
Sıra No	Ayarlanan frekans	Volts/div	Time div	Vpp	Vmax	Gözlem frekansı	Gözlem frekansı	Gözlem frekansı	Gözlem frekansı	Gözlem frekansı
1	31	50 V	5 µs	132V	128	31,06	31,06	31,09	31,45	31,45
2	61	50 V	5 µs	180V	122	60,23	60,98	60,97	60,98	61,10
3	92	50 V	5 µs	124 V	122	90,90	90,90	92,50	92,60	92,63
4	125	50V	5 µs	124V	118	125,00	125,00	125,00	125,00	126,00
5	156	50V	5 µs	124V	120	156,00	156,00	156,20	156,30	156,40
6	190	50V	5 µs	156V	120	192,00	192,40	192,30	192,20	192,30

Tablo 4.2: TENS cihazı elektriksel güvenlik test sayfası.

 							
TENS CİHAZI ELEKTRİKSEL GÜVENLİK TEST SAYFASI							
Sertifika No:	Tarih:						
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td colspan="2">UYGUN</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Evet</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Hayır</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td></td> </tr> </table>		UYGUN		Evet	Hayır	+	
UYGUN							
Evet	Hayır						
+							
Enstitü:	İstanbul Üniv. Fen Bilimleri	Markası:	Clinitens				
AnaDah:	Biyomedikal Müh.	Model:	SMS-105				
Birim:	Biyomedikal Müh. Yüksek Lisansı	BKM No:	130050213782002				
		Seri No:					
Akım Tüketimi:	0.0 A	Tip:	Sınıf II BF				
		Cihaz:	Topraksız				
Voltaj Değerleri							
L1-Toprak	L2-Toprak	L1-L2					
0.7 V	214.0 V	212.3 V					
Muhafaza Kaçak Akım(µA)							
Normal polarizasyon[100] µA	0	Ters polarizasyon [100] µA	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [500] µA	0				
Hasta Kaçak Akımı(µA)							
	Tümü Toprak		Tümü Toprak				
Normal polarizasyon [100] µA	1	Normal polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	1	L2 yok [50 DC]	0				
Ters polarizasyon [100] µA	0	Ters polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [50 DC]	0				
Hasta Yardımcı Akımı(µA)							
	RA TÜMÜ	RL TÜMÜ	LA TÜMÜ	LL TÜMÜ	V1-V6 TÜMÜ		
Normal polarizasyon[100] µA	0	0	0	0	0		
L2 yok [500] µA	0	0	0	0	0		
Ters polarizasyon [100] µA	0	0	0	0	0		
L2 yok [500] µA	0	0	0	0	0		
Normal polarizasyon [10 DC]	0	0	0	0	0		
L2 yok [50 DC]	0	0	0	0	0		
Ters polarizasyon [10 DC]	0	0	0	0	0		
L2 yok [50 DC]	0	0	0	0	0		
Uygulanan Kısımdaki Akım							
Normal İzolasyon Polarizasyonu			Ters İzolasyon Polarizasyonu				
Normal [5000] µA	22	Normal [5000] µA	22				
Ters [5000] µA	21	Ters [5000] µA	22				

4.2. FİZİK TEDAVİ ULTRASON CİHAZI KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ

Fizik tedavi ultrason cihazı ölçümleri sonucunda elde edilen güç ve zaman değerleri tablo 4.3’de verilmiştir. Tablo 4.4’de elektriksel güvenlik ölçüm sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 4.3: Fizik tedavi ultrason cihazı kalibrasyon ölçüm test sayfası.

 			
FİZİK TEDAVİ ULTRASON CİHAZI KALİBRASYON ÖLÇÜM TEST SAYFASI			
Sertifika No:		Tarih:	
Ünv:	İstanbul Üniv.	Markası:	Chattanooga
A.B.D.	Biyomedikal Müh.	Model:	
Birim:	Biyomedikal Müh. Yüksek Lisans	BKM No:	
		Seri No:	28241
Zamanlayıcı Doğruluğu			
	Ayarlanan(dk)	Ölçülen(dk)	
	5	5	
	10	10	
	15	15	
	20	20	
1.DÖNÜŞTÜRÜCÜ			
Ayarlanan Değer(Watt)		Ölçülen Değer(Watt)	
1.5 W		1.6 W	
2.0 W		2.2 W	
2.5 W		2.9 W	
3.0 W		3.6 W	
3.5 W		4.4 W	
2.DÖNÜŞTÜRÜCÜ			
Ayarlanan Değer(Watt)		Ölçülen Değer(Watt)	
1.5 W		1.4 W	
2.0 W		1.9 W	
2.5 W		2.3 W	
3.0 W		2.7 W	
3.5 W		3.1 W	

Tablo 4.4: Fizik tedavi ultrason cihazı elektriksel güvenlik test sayfası.

 							
FİZİK TEDAVİ ULTRASON CİHAZI ELEKTRİKSEL GÜVENLİK TEST SAYFASI							
Sertifika No:	Tarih:						
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td colspan="2">UYGUN</td> </tr> <tr> <td>Evet</td> <td>Hayır</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td></td> </tr> </table>		UYGUN		Evet	Hayır	+	
UYGUN							
Evet	Hayır						
+							
Enstitü:	İstanbul Üniv. Fen Bilimleri	Markası:					
AnaDalı:	Biyomedikal Müh.	Model:					
Birim:	Biyomedikal Müh. Yüksek Lisansı	BKM No:					
		Seri No:	28275				
Akım Tüketimi:	0.0 A	Tip:	Sınıf II BF				
Cihaz:	Topraksız						
Voltaj Değerleri							
L1-Toprak		L2-Toprak	L1-L2				
0.7 V		215.1 V	214.2 V				
Muhafaza Kaçak Akım(µA)							
Normal polarizasyon[100] µA	0	Ters polarizasyon [100] µA	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [500] µA	0				
Hasta Kaçak Akımı(µA)							
	Tümü Toprak		Tümü Toprak				
Normal polarizasyon [100] µA	0	Normal polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [50 DC]	0				
Ters polarizasyon [100] µA	0	Ters polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [50 DC]	0				
Hasta Yardımcı Akımı(µA)							
	RA TÜMÜ	RL TÜMÜ	LA TÜMÜ	LL TÜMÜ	V1-V6 TÜMÜ		
Normal polarizasyon[100] µA	0	0	0	0	0		
L2 yok [500] µA	0	0	0	0	0		
Ters polarizasyon [100] µA	0	0	0	0	0		
L2 yok [500] µA	0	0	0	0	0		
Normal polarizasyon [10 DC]	0	0	0	0	0		
L2 yok [50 DC]	0	0	0	0	0		
Ters polarizasyon [10 DC]	0	0	0	0	0		
L2 yok [50 DC]	0	0	0	0	0		
Uygulanan Kısımdaki Akım							
Normal İzolasyon Polarizasyonu			Ters İzolasyon Polarizasyonu				
Normal [5000] µA	0	Normal [5000] µA	0				
Ters [5000] µA	0	Ters [5000] µA	0				

4.3. GALVANİ FARADİ CİHAZI KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ

Galvani faradi cihazı ölçümleri sonucu elde edilen akım değerleri ve zaman değerleri tablo 4.5’de verilmiştir. Tablo 4.6’da galvani faradi cihazına ait elektriksel güvenlik ölçüm sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 4.5: Galvani faradi cihazı kalibrasyon ölçüm test sayfası.

 GALVANİ FARADİ CİHAZI KALİBRASYON ÖLÇÜM TEST SAYFASI 			
Ünv:	İstanbul Üniv.	Markası:	Petaş
Ana Dalı:	Biyomedikal Müh.	Model:	Petgal-250
Birim:	Biyomedikal Müh. Yüksek Lisans	BMK No:	01.300501.16255.003
		Seri No:	211

Ayarlanan zaman(dk)	Ölçülen zaman(dk)
5	5
10	10
15	15
20	20

DENEY DEĞERLERİ		GALVANİ FARADİ AKIM MODLARI					
Sıra No	Ayarlanan Akım (mA)	G	KG	F1	F2	E1	E2
1	100	92	50,00	84,44	56,68	70	92
2	70	65	34,00	61,20	40	52	72
3	50	49,68	27,00	42,72	25,72	32	48
4	25	24,68	13,90	19,92	13,60	13,40	24
5	10	9,20	3,90	6,24	2,80	3,20	16,80

Tablo 4.6: Galvani faradi cihazı elektriksel güvenlik test sayfası.

 							
GALVANİ FARADİ CİHAZI ELEKTRİKSEL GÜVENLİK TEST SAYFASI							
Sertifika No:	Tarih:						
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">UYGUN</td> </tr> <tr> <td>Evet</td> <td>Hayır</td> </tr> <tr> <td>+</td> <td></td> </tr> </table>		UYGUN		Evet	Hayır	+	
UYGUN							
Evet	Hayır						
+							
Enstitü:	İstanbul Üniv. Fen Bilimleri	Markası:	Petaş				
AnaDalı:	Biyomedikal Müh.	Model:	Petgal-250				
Birim:	Biyomedikal Müh. Yüksek Lisansı	BKM No:	130050116255003				
		Seri No:	211				
Akım Tüketimi:	0.0 A	Tip:	Sınıf II BF				
		Cihaz:	Topraksız				
Voltaj Değerleri							
L1-Toprak	L2-Toprak	L1-L2					
0.1 V	216.4 V	216.1 V					
Muhafaza Kaçak Akım(µA)							
Normal polarizasyon[100] µA	0	Ters polarizasyon [100] µA	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [500] µA	0				
Hasta Kaçak Akımı(µA)							
	Tümü Toprak		Tümü Toprak				
Normal polarizasyon [100] µA	3	Normal polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	3	L2 yok [50 DC]	0				
Ters polarizasyon [100] µA	0	Ters polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	1	L2 yok [50 DC]	0				
Hasta Yardımcı Akımı(µA)							
	RA TÜMÜ	RL TÜMÜ	LA TÜMÜ	LL TÜMÜ	V1-V6 TÜMÜ		
Normal polarizasyon[100] µA	1	1	1	1	1		
L2 yok [500] µA	1	1	1	1	1		
Ters polarizasyon [100] µA	0	0	0	0	0		
L2 yok [500] µA	0	0	0	0	0		
Normal polarizasyon [10 DC]	0	0	0	0	0		
L2 yok [50 DC]	0	0	0	0	0		
Ters polarizasyon [10 DC]	0	0	0	0	0		
L2 yok [50 DC]	0	0	0	0	0		
Uygulanan Kısımdaki Akım							
Normal İzolasyon Polarizasyonu			Ters İzolasyon Polarizasyonu				
Normal [5000] µA	51	Normal [5000] µA	49				
Ters [5000] µA	45	Ters [5000] µA	49				

4.4. KISA DALGA DİATERMİ CİHAZI KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ

Kısa dalga diatermi cihazı çıkış gücü ölçümleri sonucunda elde edilen güç değerleri tablo 4.7’de verilmiştir. Zamanlayıcı kontrol değerleri de tablo içinde yer almaktadır. Kısa dalga diatermi cihazı için elektriksel güvenlik ölçüm sonuçları tablo 4.8’de bulunmaktadır.

Tablo 4.7: Kısa dalga diatermi cihazı kalibrasyon ölçümü test sayfası.

	KISADALGADIATERMİ CİHAZI KALİBRASYON ÖLÇÜM TEST SAYFASI		
Ün:	İstanbul Ün.	Marka:	Elektromed
Ana Dalı:	Biyomedikal Müh.	Model:	KW-15
Birim:	Biyomedikal Müh. Yüksek Lisans	BMK No:	
		Seri No:	

Ayarlanan zaman(dk)	Ölçülen zaman(dk)
5	5
10	10
15	15

DENEY DEĞERLERİ	İlk sıcaklık °C	Son sıcaklık °C	Zaman t	Hesaplanan güç
1.KADEME	22°C	35,8	15	11,553
2.KADEME	22°C	38,60	15	13,897
3.KADEME	22°C	42,90	15	19,171

Tablo 4.8: Kısa dalga diatermi cihazı elektriksel güvenlik test sayfası.

 							
KISA DALGA DİATERMİ CİHAZI ELEKTRİKSEL GÜVENLİK TEST SAYFASI							
Sertifika No:	Tarih:						
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">UYGUN</td> </tr> <tr> <td>Evet</td> <td>Hayır</td> </tr> <tr> <td>+</td> <td></td> </tr> </table>		UYGUN		Evet	Hayır	+	
UYGUN							
Evet	Hayır						
+							
Enstitü:	İstanbul Üniv. Fen Bilimleri	Markası:	Elektromed				
AnaDalı:	Biyomedikal Müh.	Model:	KW-15				
Birim:	Biyomedikal Müh. Yüksek Lisansı	BKM No:	230050211246001				
		Seri No:	19/006				
Akım Tüketimi:	0.0 A	Tip:	Sınıf II BF				
		Cihaz:	Topraksız				
Voltaj Değerleri							
L1-Toprak		L2-Toprak	L1-L2				
225.7 V		0.1 V	226.0V				
Muhafaza Kaçak Akım(µA)							
Normal polarizasyon[100] µA	0	Ters polarizasyon [100] µA	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [500] µA	0				
Hasta Kaçak Akımı(µA)							
	Tümü Toprak		Tümü Toprak				
Normal polarizasyon [100] µA	0	Normal polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [50 DC]	0				
Ters polarizasyon [100] µA	0	Ters polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [50 DC]	0				
Hasta Yardımcı Akımı(µA)							
	RA TÜMÜ	RL TÜMÜ	LA TÜMÜ	LL TÜMÜ	V1-V6 TÜMÜ		
Normal polarizasyon[100] µA	0	0	0	0	0		
L2 yok [500] µA	0	0	0	0	0		
Ters polarizasyon [100] µA	0	0	0	0	0		
L2 yok [500] µA	0	0	0	0	0		
Normal polarizasyon [10 DC]	0	0	0	0	0		
L2 yok [50 DC]	0	0	0	0	0		
Ters polarizasyon [10 DC]	0	0	0	0	0		
L2 yok [50 DC]	0	0	0	0	0		
Uygulanan Kısımdaki Akım							
Normal İzolasyon Polarizasyonu			Ters İzolasyon Polarizasyonu				
Normal [5000] µA	0	Normal [5000] µA	0				
Ters [5000] µA	0	Ters [5000] µA	0				

4.5. DİADİNAMİ CİHAZI KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ

Diadinami cihazı için ölçülen akım ve zaman değerleri tablo 4.9’da gösterilmiştir. Tablo 4.10’da diadinami cihazının elektriksel güvenlik ölçüm sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 4.9: Diadinami cihazı kalibrasyon ölçüm test sayfası.

		DİADİNAMİ CİHAZI KALİBRASYON ÖLÇÜM TEST SAYFASI			
Unv:	Istanbul Ün.	Markası:	Pettaş		
AnaDah:	Biyomedikal Müh.	Model:	Petdin-250		
Birim:	Biyomedikal Müh. Yüksek Lisans	BMK No:	01.300501.16255.006		
		Seri No:	176		

Ayarlanan zaman(dk)	Ölçülen zaman(dk)
5	5
10	10
15	15
20	20

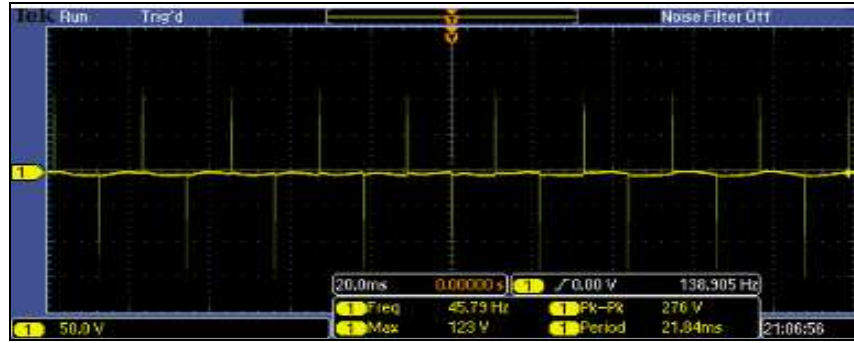
DENEY DEĞERLERİ		DİADİNAMİK AKIM MODLARI					
Sıra No	Ayarlanan Akım (mA)	G	MF	DF	RS	CP	LP
1	50	46,34	34,84	36,52	35,08	38,42	36,86
2	30	24,84	21,06	22,48	21,8	26,34	25,12
3	10	11,66	7,72	8,18	8,32	9,84	8,42

Tablo 4.10: Diadinami cihazı elektriksel güvenlik test sayfası.

 							
DIADİNAMI CİHAZI ELEKTRİKSEL GÜVENLİK TEST SAYFASI							
Sertifika No:	Tarih:						
<table border="1"> <tr> <td colspan="2">UYGUN</td> </tr> <tr> <td>Evet</td> <td>Hayır</td> </tr> <tr> <td>+</td> <td></td> </tr> </table>		UYGUN		Evet	Hayır	+	
UYGUN							
Evet	Hayır						
+							
Enstitü:	İstanbul Üniv. Fen Bilimleri	Markası:	Petaş				
AnaDah:	Biyomedikal Müh.	Model:	Petdin-250				
Birim:	Biyomedikal Müh. Yüksek Lisansı	BKM No:	130050116255006				
		Seri No:	176				
Akım Tüketimi:	0.0 A	Tip:	Sınıf II BF				
Cihaz:	Topraksız						
Voltaj Değerleri							
L1-Toprak	L2-Toprak	L1-L2					
1.1 V	212.9 V	211.5 V					
Muhafaza Kaçak Akım(µA)							
Normal polarizasyon[100] µA	0	Ters polarizasyon [100] µA	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [500] µA	0				
Hasta Kaçak Akımı(µA)							
	Tümü Toprak		Tümü Toprak				
Normal polarizasyon [100] µA	0	Normal polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [50 DC]	0				
Ters polarizasyon [100] µA	0	Ters polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [50 DC]	0				
Hasta Yardımcı Akımı(µA)							
	RA TÜMÜ	RL TÜMÜ	LA TÜMÜ	LL TÜMÜ	V1-V6 TÜMÜ		
Normal polarizasyon[100] µA	0	0	0	0	0		
L2 yok [500] µA	0	0	0	0	0		
Ters polarizasyon [100] µA	0	0	0	0	0		
L2 yok [500] µA	0	0	0	0	0		
Normal polarizasyon [10 DC]	0	0	0	0	0		
L2 yok [50 DC]	0	0	0	0	0		
Ters polarizasyon [10 DC]	0	0	0	0	0		
L2 yok [50 DC]	0	0	0	0	0		
Uygulanan Kısımdaki Akım							
Normal İzolasyon Polarizasyonu			Ters İzolasyon Polarizasyonu				
Normal [5000] µA	0	Normal [5000] µA	0				
Ters [5000] µA	0	Ters [5000] µA	0				

4.6. ELEKTROTERAPİ CİHAZI KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ

Elektroterapi cihazı için ayarlanabilen frekans ve zaman değerlerinin ölçüm sonuçları tablo 4.11’de verilmiştir. Tablo 4.12’de elektroterapi cihazının elektriksel güvenlik ölçüm sonuçları bulunmaktadır. Şekil 4.2’de elektroterapi cihazının osiloskop görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.2: Elektroterapi cihazının 90 kHz alternatif akım osiloskop görüntüsü.

Tablo 4.11: Elektroterapi cihazı kalibrasyon ölçüm test sayfası.

	ELEKTROTERAPİ CİHAZI KALİBRASYON ÖLÇÜM TEST SAYFASI										
Sertifika No: _____ Tarih: _____											
Ünv.:	İstanbul Ünv.	Markası:	Danmeter								
AnaDalı:	Biyomedikal Müh.	Model:	TS 600								
Birim:	Biyomedikal Müh. Yüksek Lisans	BKM No.	130050116255002								
		Seri No:	2003050102								
Zamanlayıcı Doğruluğu											
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th style="width: 50%;">Ayarlanan (sn)</th> <th style="width: 50%;">Ölçülen (sn)</th> </tr> <tr> <td>04:12</td> <td>04:12</td> </tr> <tr> <td>05:05</td> <td>05:05</td> </tr> <tr> <td>10:50</td> <td>10:50</td> </tr> </table>				Ayarlanan (sn)	Ölçülen (sn)	04:12	04:12	05:05	05:05	10:50	10:50
Ayarlanan (sn)	Ölçülen (sn)										
04:12	04:12										
05:05	05:05										
10:50	10:50										
	Ayarlanan f	Vpp(volt)	Vmax(volt)								
1. Kanal	30	40	22								
	60	40	22								
	90	40	22								
2. Kanal	30	40	22								
	60	40	22								
	90	40	22								
3. Kanal	30	40	22								
	60	40	22								
	90	40	22								
4. Kanal	30	40	22								
	60	40	22								
	90	40	22								
5. Kanal	30	40	22								
	60	40	22								
	90	40	22								
6. Kanal	30	40	22								
	60	40	22								
	90	40	22								
			Gözlemlenen f								
1. Kanal				31							
				59							
				92							
2. Kanal				32							
				61							
				91							
3. Kanal				29							
				57							
				91							
4. Kanal				29,5							
				59,5							
				90,5							
5. Kanal				27							
				57							
				91							
6. Kanal				30							
				60							
				90							

Tablo 4.12: Elektroterapi cihazı elektriksel güvenlik test sayfası.

 							
ELEKTROTERAPİ CİHAZI ELEKTRİKSEL GÜVENLİK TEST SAYFASI							
Sertifika No:	Tarih:						
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">UYGUN</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Evet</td> <td style="text-align: center;">Hayır</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td></td> </tr> </table>		UYGUN		Evet	Hayır	+	
UYGUN							
Evet	Hayır						
+							
Enstitü:	İstanbul Ün. Fen Bilimleri	Markası:	Danmeter				
AnaDah:	Biyomedikal Müh.	Model:	TS-600				
Birim:	Biyomedikal Müh. Yüksek Lisansı	BKM No:	130050116255002				
		Seri No:	2003050102				
Akım Tüketimi:	0.0 A	Tip:	Sınıf II BF				
		Cihaz:	Topraksız				
Voltaj Değerleri							
L1-Toprak		L2-Toprak					
211.3 V		0.6V					
L1-L2							
			211.1 V				
Muhafaza Kaçak Akım(µA)							
Normal polarizasyon[100] µA	0	Ters polarizasyon [100] µA	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [500] µA	0				
Hasta Kaçak Akımı(µA)							
	Tümü Toprak		Tümü Toprak				
Normal polarizasyon [100] µA	1	Normal polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	1	L2 yok [50 DC]	0				
Ters polarizasyon [100] µA	1	Ters polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	1	L2 yok [50 DC]	0				
Hasta Yardımcı Akımı(µA)							
	RA TÜRÜ	RL TÜRÜ	LA TÜRÜ				
	LL TÜRÜ	V1-V6 TÜRÜ					
Normal polarizasyon[100] µA	0	0	0				
L2 yok [500] µA	0	0	0				
Ters polarizasyon [100] µA	0	0	0				
L2 yok [500] µA	0	0	0				
Normal polarizasyon [10 DC]	0	0	0				
L2 yok [50 DC]	0	0	0				
Ters polarizasyon [10 DC]	0	0	0				
L2 yok [50 DC]	0	0	0				
Uygulanan Kısımdaki Akım							
Normal İzolasyon Polarizasyonu		Ters İzolasyon Polarizasyonu					
Normal [5000] µA	7	Normal [5000] µA	7				
Ters [5000] µA	8	Ters [5000] µA	8				

4.7. TRAKSİYON CİHAZI KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ

Traksiyon cihazı için belirlenen kuvvet parametresi uygun ağırlıklar uygulanarak ölçülmüş ve elde edilen ağırlık değerleri tablo 4.13’de verilmiştir. Ayrıca zaman ölçüm değerleri de tabloda yer almaktadır. Tablo 4.14’de traksiyon cihazının elektriksel güvenlik ölçüm sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 4.13: Traksiyon cihazı kalibrasyon ölçüm test sayfası.

 									
TRAKSİYON CİHAZI KALİBRASYON ÖLÇÜM TEST SAYFASI									
Sertifika No:	Tarih:								
Ünv:	İstanbul Ün.								
AnaDalı:	Biyomedikal Müh.								
Birim:	Biyomedikal Müh. Yüksek Lisansı								
Marka:	Chattanooga								
Model:	Tru-trac								
BKM:									
Seri No:	48082A								
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Ayarlanan Değer(kg)</th> <th>Ölçülen Değer(kg)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>15</td> </tr> </tbody> </table>		Ayarlanan Değer(kg)	Ölçülen Değer(kg)	5	5	10	10	15	15
Ayarlanan Değer(kg)	Ölçülen Değer(kg)								
5	5								
10	10								
15	15								
<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th>Ayarlanan Değer(dk)</th> <th>Ölçülen Değer(dk)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>		Ayarlanan Değer(dk)	Ölçülen Değer(dk)	5	5	10	10		
Ayarlanan Değer(dk)	Ölçülen Değer(dk)								
5	5								
10	10								
Aralıklı traksiyon uygulaması da yapıp doğruluğu kontrol edilmiştir.									

Tablo 4.14: Traksiyon cihazı elektriksel güvenlik test sayfası.

 							
TRAKSİYON CİHAZI ELEKTRİKSEL GÜVENLİK TEST SAYFASI							
Sertifika No:	Tarih:						
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td colspan="2">UYGUN</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Evet</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Hayır</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td></td> </tr> </table>		UYGUN		Evet	Hayır	+	
UYGUN							
Evet	Hayır						
+							
Erstittü:	İstanbul Ünv. Fen Bilimleri	Markası:					
AraDah:	Biyomedikal Müh.	Model:					
Birim:	Biyomedikal Müh. Yüksek Lisansı	BKM No:					
		Seri No:	48082A				
Alan Tüketimi:	0.0 A	Tip:	Sınıf II BF				
		Cihaz:	Topraksız				
Voltaj Değerleri							
L1-Toprak	L2-Toprak	L1-L2					
0.7 V	211.6 V	210.8 V					
Muhafaza Kaçak Akımı(μA)							
Normal polarizasyon [100] μA	0	Ters polarizasyon [100] μA	0				
L2 yok [500] μA	0	L2 yok [500] μA	0				
Hasta Kaçak Akımı(μA)							
	Tümü Toprak		Tümü Toprak				
Normal polarizasyon [100] μA	0	Normal polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] μA	0	L2 yok [50 DC]	0				
Ters polarizasyon [100] μA	0	Ters polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] μA	0	L2 yok [50 DC]	0				
Hasta Yardımcı Akımı(μA)							
	RA TÜRÜ	RL TÜRÜ	LA TÜRÜ	LL TÜRÜ	V1-V6 TÜRÜ		
Normal polarizasyon [100] μA	0	0	0	0	0		
L2 yok [500] μA	0	0	0	0	0		
Ters polarizasyon [100] μA	0	0	0	0	0		
L2 yok [500] μA	0	0	0	0	0		
Normal polarizasyon [10 DC]	0	0	0	0	0		
L2 yok [50 DC]	0	0	0	0	0		
Ters polarizasyon [10 DC]	0	0	0	0	0		
L2 yok [50 DC]	0	0	0	0	0		
Uygulanan Kısımdaki Akım							
Normal İzolasyon Polarizasyonu			Ters İzolasyon Polarizasyonu				
Normal [5000] μA	0	Normal [5000] μA		0			
Ters [5000] μA	0	Ters [5000] μA		0			

4.8. KIZILÖTESİ (İNFRARUJ) LAMBA KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ

Kızılötesi lambalar için alınan sıcaklık değerleri tablo 4.15’de verilmiştir. Tablo 4.16’da kızılötesi lamba için elektriksel güvenlik ölçüm sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 4.15: Kızılötesi lamba kalibrasyon ölçüm test sayfası.

 			
KIZILÖTESİ LAMBA KALİBRASYON ÖLÇÜM TEST SAYFASI			
Sertifika No:		Tarih:	
Ünv:	İstanbul Ünv.	Marka:	Osram
AnaDalı:	Biyomedikal Müh.	Güç:	250 W
Birim:	Biyomedikal Müh.Yüksek Lisansı	BKM No	
		Seri No:	
İlk sıcaklık (°C)	Son Sıcaklık (°C)	Zaman (Δt)	Hesaplanan güç (W)
19	22	20	1,8837

Tablo 4.16: Kızılötesi lamba elektriksel güvenlik test sayfası.

 							
KIZILÖTESİ LAMBA ELEKTRİKSEL GÜVENLİK TEST SAYFASI							
Sertifika No:	Tarih:						
<table border="1" style="margin-left: auto;"> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">UYGUN</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Evet</td> <td style="text-align: center;">Hayır</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td></td> </tr> </table>		UYGUN		Evet	Hayır	+	
UYGUN							
Evet	Hayır						
+							
Enstitü:	İstanbul Ünv. Fen Bilimleri	Markası:	Osram				
AnaDah:	Biyomedikal Müh.	Model:					
Birim:	Biyomedikal Müh. Yüksek Lisansı	BKM No:					
		Seri No:	566				
Akım Tüke timi:	0.0 A	Tip:	Sınıf II BF				
		Cihaz:	Topraksız				
Voltaj Değerleri							
L1-Toprak	L2-Toprak	L1-L2					
0.8 V	212.6 V	212.0 V					
Muhafaza Kaçak Akım(µA)							
Normal polarizasyon [100] µA	0	Ters polarizasyon [100] µA	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [500] µA	0				
Hasta Kaçak Akımı(µA)							
	Tümü Toprak		Tümü Toprak				
Normal polarizasyon [100] µA	0	Normal polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [50 DC]	0				
Ters polarizasyon [100] µA	0	Ters polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [50 DC]	0				
Hasta Yardımcı Akım(µA)							
	RA TÜRÜ	RL TÜRÜ	LA TÜRÜ	LL TÜRÜ	V1-V6 TÜRÜ		
Normal polarizasyon [100] µA	0	0	0	0	0		
L2 yok [500] µA	0	0	0	0	0		
Ters polarizasyon [100] µA	0	0	0	0	0		
L2 yok [500] µA	0	0	0	0	0		
Normal polarizasyon [10 DC]	0	0	0	0	0		
L2 yok [50 DC]	0	0	0	0	0		
Ters polarizasyon [10 DC]	0	0	0	0	0		
L2 yok [50 DC]	0	0	0	0	0		
Uygulanan Kısımdaki Akım							
Normal İzolasyon Polarizasyonu			Ters İzolasyon Polarizasyonu				
Normal [5000] µA	0	Normal [5000] µA		0			
Ters [5000] µA	0	Ters [5000] µA		0			

4.3. KOŞU BANDI (TREADMİLL) KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ

Koşu bandı kalibrasyon ölçümü için alınan hız ve zaman değerleri ve zaman değerleri tablo 4.17’de verilmiştir. Cihaz üzerinde ayarlanan değerler km/saat cinsinden, takometrenin ölçüm değerleri m/dk cinsinden olduğundan, ölçüm karşılaştırılması için ayarlanan değerler m/dk değerine çevrilmiştir. Tablo 4.18’de koşu bandı için elektriksel güvenlik ölçüm sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 4.17: Koşu bandı (Treadmill) kalibrasyon ölçüm test sayfası.

 									
KOŞU BANDI (TREADMİLL) KALİBRASYON ÖLÇÜM TEST SAYFASI									
Fakülte:	İstanbul Üniv.	BKN' su:							
AnaDalı:	Biyomedikal Müh.	Markası:	Sports Art Fitness						
Birim:	Biyomedikal Müh. Yüksek Lisans	Model	TR 33						
		Seri No:							
DENEY DEĞERLERİ									
Sıra No	Ayarlanan Değer(km/saat)	Ölçülen Değer (mt/dk)							
1	1	15							
2	3	46,2							
3	5	76,19							
4	8	118,05							
5	10	153,6							
6	15	224,5							
7	20	288,1							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Ayarlanan Değer(dk)</th> <th>Ölçülen Değer(dk)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>				Ayarlanan Değer(dk)	Ölçülen Değer(dk)	5	5	10	10
Ayarlanan Değer(dk)	Ölçülen Değer(dk)								
5	5								
10	10								

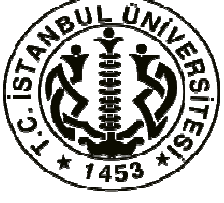
Tablo 4.18: Koşu bandı (Treadmill) elektriksel güvenlik test sayfası.

 							
KOŞU BANDI (TREADMILL) ELEKTRİKSEL GÜVENLİK TEST SAYFASI							
Sertifika No:	Tarih:						
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td colspan="2">UYGUN</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%;">Evet</td> <td style="width: 50%;">Hayır</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td></td> </tr> </table>		UYGUN		Evet	Hayır	+	
UYGUN							
Evet	Hayır						
+							
Enstitü:	İstanbul Üniv. Fen Bilimleri	Markası:	Sports Art Fitness				
AnaDah:	Biyo medikal Müh.	Model:	TR-33				
Birim:	Biyo medikal Müh. Yüksek Lisansı	BKM No:					
		Seri No:	169487				
Akım Tüketimi:	0.0 A	Tip:	Sınıf II BF				
		Cihaz:	Topraksız				
Volta j Değerleri							
L1-Toprak	L2-Toprak	L1-L2					
211.8 V	0.1 V	212.4 V					
Muhafaza Kaçak Akım(µA)							
Normal polarizasyon[100] µA	0	Ters polarizasyon [100] µA	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [500] µA	0				
Hasta Kaçak Akımı(µA)							
	Tümü Toprak		Tümü Toprak				
Normal polarizasyon [100] µA	0	Normal polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [50 DC]	0				
Ters polarizasyon [100] µA	0	Ters polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [50 DC]	0				
Hasta Yardımcı Akımı(µA)							
	RA TÜRÜ	RL TÜRÜ	LA TÜRÜ				
	LL TÜRÜ	V1-V6 TÜRÜ					
Normal polarizasyon[100] µA	0	0	0				
L2 yok [500] µA	0	0	0				
Ters polarizasyon [100] µA	0	0	0				
L2 yok [500] µA	0	0	0				
Normal polarizasyon [10 DC]	0	0	0				
L2 yok [50 DC]	0	0	0				
Ters polarizasyon [10 DC]	0	0	0				
L2 yok [50 DC]	0	0	0				
Uygulanan Kısımdaki Akım							
Normal İzolasyon Polarizasyonu		Ters İzolasyon Polarizasyonu					
Normal [5000] µA	0	Normal [5000] µA	0				
Ters [5000] µA	0	Ters [5000] µA	0				

4.10. PARAFİN CİHAZI KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ

Parafin cihazının ölçüm parametresi olan sıcaklık için elde edilen sıcaklık değerleri tablo 4.19’da verilmiştir. Tablo 4.20’de cihazın elektriksel güvenlik ölçüm sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 4.19: Parafin cihazı kalibrasyon test sayfası.

 	
PARAFİN CİHAZI KALİBRASYON ÖLÇÜM TEST SAYFASI	
Sertifika No:	Tarih:
Ünv:	İstanbul Ün.
AnaDalı:	Biyomedikal Müh.
Birim:	Biyomedikal Müh.Yüksek Lisansı
Marka:	Parafin
Güç:	Para-Care
BKM No	
Seri No:	15361
Uç nokta(sağ)	Orta nokta
Uç nokta (sol)	
53,70°C	54°C
	54,10°C

Tablo 4.20: Parafin cihazı elektriksel güvenlik test sayfası.

 							
PARAFİN CİHAZI ELEKTRİKSEL GÜVENLİK TEST SAYFASI							
Sertifika No:	Tarih:						
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td colspan="2">UYGUN</td> </tr> <tr> <td>Evet</td> <td>Hayır</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td></td> </tr> </table>		UYGUN		Evet	Hayır	+	
UYGUN							
Evet	Hayır						
+							
Enstitü:	İstanbul Üniv. Fen Bilimleri	Markası:	Para Care				
Ana Dalı:	Biyomedikal Müh.	Model:	TB4				
Birim:	Biyomedikal Müh. Yüksek Lisansı	BKM No:					
		Seri No:	15361				
Akım Tüketimi:	0.0 A	Tip:	Sınıf II BF				
		Cihaz:	Topraksız				
Voltaj Değerleri							
L1-Toprak		L2-Toprak	L1-L2				
201.1 V		0.1 V	200.1 V				
Muhafaza Kaçak Akım(µA)							
Normal polarizasyon[100] µA	0	Ters polarizasyon[100] µA	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [500] µA	0				
Hasta Kaçak Akımı(µA)							
	Tümü Toprak		Tümü Toprak				
Normal polarizasyon [100] µA	0	Normal polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [50 DC]	0				
Ters polarizasyon [100] µA	0	Ters polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [50 DC]	0				
Hasta Yardımcı Akımı(µA)							
	RA TÜMÜ	RL TÜMÜ	LA TÜMÜ	LL TÜMÜ	V1-V6 TÜMÜ		
Normal polarizasyon[100] µA	0	0	0	0	0		
L2 yok [500] µA	0	0	0	0	0		
Ters polarizasyon [100] µA	0	0	0	0	0		
L2 yok [500] µA	0	0	0	0	0		
Normal polarizasyon [10 DC]	0	0	0	0	0		
L2 yok [50 DC]	0	0	0	0	0		
Ters polarizasyon [10 DC]	0	0	0	0	0		
L2 yok [50 DC]	0	0	0	0	0		
Uygulanan Kısımdaki Akım							
Normal İzolasyon Polarizasyonu			Ters İzolasyon Polarizasyonu				
Normal [5000] µA	0	Normal [5000] µA		0			
Ters [5000] µA	0	Ters [5000] µA		0			

4.11. HOT-PACK KAZANI KALİBRASYON VE ELEKTRİKSEL GÜVENLİK ÖLÇÜM DEĞERLERİ

Hot-pack kazanı için yapılan sıcaklık ölçümleri sonucunda elde edilen veriler tablo 4.21’de verilmiştir. Tablo 4.22’de hot-pack kazanının elektriksel güvenlik ölçüm sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 4.21: Hot-pack cihazı kalibrasyon ölçüm test sayfası.

 	
HOT PACK CİHAZI KALİBRASYON ÖLÇÜM TEST SAYFASI	
Sertifika No: _____ Tarih: _____	
Fakülte:	İstanbul Üniv.
Ana Dalı:	Biyomedikal Müh.
Birim:	Biyomedikal Müh. Yüksek Lisans
Marka:	Chattanooga
Model:	
BKM No:	
Seri No:	18610
Sol Alt Nokta	Sol Üst Nokta
74,00	74,00
Orta Nokta	Sağ Alt Nokta
74,40	74,00
Sağ Üst Nokta	
	74,00

Tablo 4.22: Hot-pack cihazı elektriksel güvenlik test sayfası.

 							
HOT-PACK KAZANI ELEKTRİKSEL GÜVENLİK TEST SAYFASI							
Sertifika No:	Tarih:						
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td colspan="2">UYGUN</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Evet</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Hayır</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">+</td> <td></td> </tr> </table>		UYGUN		Evet	Hayır	+	
UYGUN							
Evet	Hayır						
+							
Erstittü:	İstanbul Ünv. Fen Bilimleri	Markası:					
AraDah:	Biyomedikal Müh.	Model:					
Birim:	Biyomedikal Müh. Yüksek Lisans	BKM No:					
		Seri No:	18610				
Alam Tüketimi:	3.7 A	Tip:	Sınıf II BF				
		Cihaz:	Topraksız				
Voltaj Değerleri							
L1-Toprak	L2-Toprak	L1-L2					
0.3 V	214.8 V	214.6V					
Muhafaza Kaçak Akım(µA)							
Normal polarizasyon[100] µA	0	Ters polarizasyon [100] µA	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [500] µA	0				
Hasta Kaçak Akımı(µA)							
	Tümü Toprak		Tümü Toprak				
Normal polarizasyon [100] µA	0	Normal polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [50 DC]	0				
Ters polarizasyon [100] µA	0	Ters polarizasyon [10 DC]	0				
L2 yok [500] µA	0	L2 yok [50 DC]	0				
Hasta Yardımcı Akımı(µA)							
	RA TÜRÜ	RL TÜRÜ	LA TÜRÜ				
Normal polarizasyon[100] µA	0	0	0				
L2 yok [500] µA	0	0	0				
Ters polarizasyon [100] µA	0	0	0				
L2 yok [500] µA	0	0	0				
Normal polarizasyon [10 DC]	0	0	0				
L2 yok [50 DC]	0	0	0				
Ters polarizasyon [10 DC]	0	0	0				
L2 yok [50 DC]	0	0	0				
Uygulanan Kısımdaki Akım							
Normal İzolasyon Polarizasyonu		Ters İzolasyon Polarizasyonu					
Normal [5000] µA	0	Normal [5000] µA	0				
Ters [5000] µA	0	Ters [5000] µA	0				

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, fizik tedavi ünitelerinde yaygın olarak kullanılan medikal cihazlar için, kalibrasyon ölçüm prosedürleri geliştirilmiştir. Bu medikal cihazlar üzerinde görülen ve ayarlanabilen parametreler tespit edilip, bu parametrelere göre gerekli ölçüm cihazları ve ölçüm sistemi belirlenmiş ve oluşturulan prosedüre göre ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Önerilen kalibrasyon ölçüm prosedürleri, daha önce kapsamlı kalibrasyon ölçümleri yapılamayan fizik tedavi cihazlarının kalibrasyon ölçümlerinin alınmasına ve cihazların güvenilirliğinin tespitine izin verecektir.

İlk olarak fizik tedavi ünitelerinde en yaygın olarak kullanılan cihazların her birinin kontrolü için elektriksel güvenlik testleri uygulanmış ve kaçak akım tespitine çalışılmıştır. Alınan ölçüm sonuçlarına göre, kontrolü yapılan cihazlarda elektriksel kaçak akım olmadığı tespit edilmiştir.

Elektriksel güvenlik testlerinin uygulanmasının ardından fizik tedavi ünitesinde bulunan cihazların, kalibrasyon ölçümlerine başlanmıştır. Elde edilen ölçümlere göre TENS cihazında ayarlanan 61 Hz, ölçüm sonucunda 60,23 Hz olarak görülmüş ve beklenen % 10 kalibrasyon değerinin içinde olduğu belirlenmiştir. Cihazda her ayarlanan değer her kanal için ölçülen frekans değerlerine yakın olduğu osiloskop üzerinde görülebilmüş ve cihazda bulunan akım modlarının sinyal doğruluğu tespit edilmiştir.

Fizik tedavi ultrason cihazı üzerinde farklı güç değerleri ayarlanmış ve iki farklı dönüştürücüye göre ölçümler yapılmıştır. Kullanılan ilk dönüştürücünün ikinciye nazaran daha doğru değerler verdiği görülmüş, ancak ikinci dönüştürücü değerlerinin de kalibrasyon sınırları içinde olduğu tespit edilmiştir. 3 watt ayarlanan güç değeri ultrason wattmetrede 3.6 watt olarak, 3.5 olarak ayarlanan güç değeri ise ultrason wattmetrede 4.4 olarak görülmüştür. Bu durum çalışılan cihazın ultrason gücünün artmasıyla ölçülen gücün olması gereken değerden daha çok saptığını ortaya koymuştur.

Galvani faradi cihazı üzerinde 100 mA olarak ayarlanan akım değeri, faradik akımlardan F1 akım modunda 84,4, F2 akım modunda 56,68, eksponansiyel akım modlarından E1 akım modunda 70 olarak gözlenmiştir. Bu değerler % 10 ‘ luk kalibrasyon değerinin dışındadır ve cihazın kalibrasyon ölçümünün yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Kesikli galvanik akım modunda 100 mA olarak ayarlanan değer, 50 mA olarak görülmüştür. Bu sonuç için, akım sürekli verilmediği için istenen değer yarısı kadarının çıkışta görüldüğü düşünülmüştür. Cihazda 100 galvanik akım ve E2 akım modlarında modunda 92 mA olarak ölçülmüş ve % 10 olan kalibrasyon sınırının içinde olduğu anlaşılmıştır.

Kısa dalga diatermi cihazı ölçümü için içi su dolu fantom kullanılarak sıcaklık artışı gözlenmiş ve elde edilen verilere göre ısı transfer formülünden yola çıkılarak güç hesaplaması yapılmıştır. Yapılan hesaplama göre güç yoğunluğu cm^2 başına 11,553 watt olarak ölçülmüştür. Cihaz 1000 watt güce sahiptir ve bu güç yüzey alanına bölündüğünde elde edilen güç cm^2 başına 13,33 watt olarak ölçülmüştür. Cihazın olması beklenen % 20 ‘lik kalibrasyon aralığı içinde olduğu anlaşılmıştır. Ölçüm alınan cihaz üzerinde üç farklı kademeye göre suyun sıcaklık değerleri ele alınarak güç hesaplaması yapılmış ve kademeler karşılaştırılmıştır. Kademe arttıkça cihazdaki ısı artışı da zamanla beraber artmaktadır.

Diadinami cihazında diadinamik akım modlarının her biri ölçülmüştür. 50 mA ayarlanan değer galvanik akım modunda 46,34 mA olarak ölçülmüş ve kalibrasyon sınırları içinde değerler verdiği görülmüştür. Diğer akım modlarından monofaze fiks akım modu 34,84 mA , difaze fiks akım modu 36,52 mA, ritm senkope 35,08 mA, kısa devreli modüle akım 38,42 mA , uzun devreli modüle akım ise 36,86 mA olarak ölçülmüştür. Galvanik akım modunun dışındaki akım modlarının kalibrasyon sınırları içinde olmadığı anlaşılmıştır.

Elektroterapi cihazı için 6 ayrı kanalda 3 farklı frekans değeri ayarlanmış ve her bir kanalda bu değerler çıkışta elde edilmiştir. 30-60-90 Hz olarak ayarlanan 3 değer 1. kanalda 31-59-62 olarak ölçülmüş olup diğer kanallarda da kalibrasyon sınırları içinde değerler ortaya çıkmıştır. Cihazda bulunan farklı akım modlarının osiloskop üzerinde doğru sinyaller verdiği gözlenmiştir.

Çekme işleminde kullanılan traksiyon cihazı kalibrasyon ölçümü için, 3 farklı ağırlık değeri alınmıştır. Cihaza 5 kg bağlandığında 5 kg, 10 kg bağlandığında 10 kg, 15 kg bağlandığında ise 15 kg çekme işlemi olduğu görülmüş olup, cihazın istenen kuvvette çektiği belirlenmiştir. Cihaz kuvvet değerlerinin kademeli olarak arttığı gözlenmiştir.

Kızılötesi lamba için %0.9'luk tuz çözeltisi kullanılmış, ilk sıcaklık kaydedilerek, suya kızılötesi lamba uygulandığında 20 dakika sonunda elde edilen sıcaklık artışı hesaplanmıştır. Sıcaklık artışına göre ısı transfer formülünden güç hesaplanmıştır. Elde edilen güç, cm^2 başına 1,8837 watt olarak belirlenmiştir. Lmbanın gücü 250 watt olmakta olup, kullanılan yüzey alanına bölündüğünde cm^2 başına 2,033 watt güç hesaplanmıştır. Bu ölçüm sonucunda lambanın gücünün, vermesi beklenen kalibrasyon sınırları içinde olduğu anlaşılmıştır.

Treadmill hız ölçümü için, takometrede dakikada ne kadar metre yol aldığı kaydedilmiştir. Koşu bandı üzerinde görülen km/saat verileri m/dk verilerine dönüştürülerek dakikada ne kadar metre yola ulaşılması gerektiği hesaplanmış ve cihazın doğru değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Cihazda 1 km/saat olarak ayarlanan değerin 16,66 m/dk değerine eş değer olduğu belirlenmiş ve ölçülmüş olan 15 m/dk değeriyle karşılaştırılarak % 10 olan kalibrasyon ölçüm değerine uygun olduğu görülmüştür. Cihazın diğer hız değerlerinin de kalibrasyon ölçüm sınırları içinde olduğu anlaşılmıştır.

Parafin cihazında sıcaklık ölçümleri 3 ayrı noktadan alınmıştır. Sağ uç noktada $53,70^\circ \text{C}$, sol uç noktada $54,10^\circ \text{C}$ ve orta noktada 54°C olarak ölçülmüştür. Cihazın 55°C olması beklendiğinden ölçülen sıcaklık değerlerinin standartlara uygun olduğu anlaşılmıştır.

Hot-pack cihazı için ise 5 ayrı noktadan ölçüm alınmıştır. Sağ alt, sağ üst, sol alt, sol üst noktalarda aynı sıcaklık değeri ölçülmüş olup 74°C 'dir. Orta nokta ise en sıcak değere sahip olduğu tespit edilmiş olup $74,40^\circ \text{C}$ 'dir. Cihazın 75°C olması beklenmektedir bu nedenle elde edilen sıcaklık değerleri kalibrasyon ölçüm sınırları içindedir. Parafin ve hot-pack cihazları yüksek sıcaklık değerlerine sahip oldukları için, kontrolsüz

kullanıldığında yanma olaylarına sıkça rastlanmaktadır. Bundan dolayı cihazların kalibrasyon sınırları içinde olmaları büyük önem taşımaktadır.

Türkiyedeki hastanelerin birçoğunda fizik tedavi ünitesi bulunmaktadır ve bu ünitelerde tedaviler çoğunlukla elektrik akımı vasıtasıyla yapılmaktadır. Dolayısıyla fizik tedavi ünitelerinde kullanılan cihazların hasta açısından etkin bir tedavi sağlaması ve güvenilir olması için bu cihazların elektriksel güvenlik ve kalibrasyon ölçümlerinin yapılması çok önemlidir.

Fizik tedavi ünitelerinin hemen hemen hepsinde TENS cihazı, fizik tedavi ultrason cihazı, diadinami cihazı, galvanî faradî cihazı, elektroterapi cihazı, parafin cihazı, hot-pack kazanı, koşu bandı, kızılötesi lambalar, kısa dalga diatermi cihazı ve traksiyon cihazı bulunmaktadır. Ancak bu ünitelerin birçoğunda cihazlar denetimsiz ve verimli tedaviyi sağlayacak parametre ayarlarına sahip değildir. Bu durum göz önünde bulundurularak, yapılan çalışmada bu cihazlar üzerinde durulmuştur. Hazırlanan kalibrasyon ölçüm prosedürleri vasıtasıyla cihazların kalibrasyon ölçümleri yapılabilecek ve bu ünitelerde de cihazlar güvenilir olabilecektir.

Alınan ölçümler sonucunda fizik tedavi ünitesinde çalışılan bazı cihazların kalibrasyon ölçüm sınırları içinde olduğu görülmüş olup, bu cihazların genellikle yeni yapım olduğunun farkına varılmıştır. Kalibrasyon sınırları içinde olmayan cihazların uzun yıllar boyu tedavide yoğun olarak kullanıldığı anlaşılmıştır.

Daha önce yurt içinde fizik tedavi ünitesi cihazları için kalibrasyon ölçüm prosedürleri geliştirilmemiştir. Dolayısı ile bu çalışmada önerilen kalibrasyon prosedürleri, fizik tedavi ünitelerindeki cihazların güvenilirliğini ve ölçüm değerlerinin doğruluğunu tespit etmeye yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. SEZDİ, M., The Importance of Medical Calibration in Patient Safety, Proc. Of 1st International Congress on Patient Rights, 2009.
2. BURAN, R., 2002, *Fizik Tedavi Yöntemleri ve Mikrodenetleyicili Tens Tasarımı*, Yüksek Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi
3. ALPER, S., 2000, *Transkutan Elektriksel Sinir Stimülasyonu*, In: Beyazova, M., Gökçe-Kutsal, Y., (eds.), *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon*, Güneş Kitabevi, Ankara, pp. 790-798.
4. GÜR, A., 2006, Physical Therapy modalities in management of Fibromyalgia, *Current Pharmaceutical Design*, 12 (1), 29-35.
5. AKYÜZ, G., 2001, *Transkutan Elektrik Sinir Stimülasyonu (TENS)*, In: Tuna, N., (ed.), *Elektroterapi*, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, pp. 163-174.
6. ÖZTÜRK, Y., 1993, *Kronik Boyun Ağrısında Elektroakupunktur, TENS ve Plasebo Yöntemlerin Terapötik Etkinliği*, Uzmanlık Tezi, İstanbul Üniversitesi.
7. KOYUNCU, H., 2002, *Alçak Frekanslı Akımlar*, Hareket Sistemi Hastalıklarında Fiziksel Tıp Yöntemleri, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, pp. 27-37.
8. HAZNECİ, B., TAN, A., K., ÖZDEM, T., DİNÇER, K., KALYON, T., A., 2005, Refleks Sempatik Distrofi Sendromu Tedavisinde Transkutanöz Elektronörostimülasyon ve Ultrasonun Etkileri, *Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi*, 51(3):83-89.
9. TOGAWA, T., TAMURA, T., ÖBERG, P.A., 1997, *Biomedical Transducers and Instruments*, CRC Press, New York, 0-8493-7671-8.
10. KALYON, T., A., 2001, *Ultrason*, In: Tuna, N., (ed.), *Elektroterapi*, Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, pp. 129-140.
11. GÖKÇAY, İ., 1987, *Süt Çocuğu Kalçasında Ultrasonografi*, Uzmanlık Tezi, İstanbul Üniversitesi.
12. CARR, J.J., BROWN, J.M., 2001, *Introduction To Biomedical Equipment Technology*, 4th ed., Prentice Hall, Ohio, 0-13-010492-2.
13. WHITTINGHAM, T.A., 1998, *The Purpose and Techniques of Acoustic Output Measurement*, *Ultrasound in Medicine*, The Institute of Physics, London, pp. 129-147.
14. AKŞİT, R., 1995, *Tedavide Sıcak ve Soğuk*, In: Oğuz, H., (ed.), *Tıbbi Rehabilitasyon*, Nobel Tıp Kitabevleri Ltd. Şti., İstanbul, pp.179-199.
15. ÇETİNYALÇIN, İ., 1970, *Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon I Fizik Tedavi*, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları, İstanbul.

16. SENGİR, O., 1989, Fizik Tedavi Kitabı, Bayrak Matbaacılık, İstanbul, 975-404-082-6.
17. <http://www.saglikdanis.com/hastalikkoster.asp?hid=758> [Ziyaret tarihi: 15 Mayıs 2010].
18. AKSOY, C., (WATCHISON, J., STOLL, S., T., COTTER, A.), 2005, *Manipulasyon, Traksiyon, Masaj*, In: Arasıl, T., (Braddom, R., L.), Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon El Kitabı, Güneş Kitabevi, pp.282-286.
19. WAAGFJÖRD, J., LEVANGİE, P., K., CERTO, C., 1990, Effects of Treadmill Training on Gait in a Hemiparetic Patient, *Physical Therapy*, Vol.70(2), 549-558.
20. BASSETT, A., F., BOULAY, M., R., 2003, Treadmill and Cycle Ergometer Tests are Interchangeable to Monitor Triathletes Annual Training, *Journal of Sport Science and Medicine*, 2, 110-116.
21. <http://www.bakimvesaglik.com/images/5986%5B1%5D.jpg> [Ziyaret tarihi: 15 Eylül 2009].
22. ERDOĞAN, F., 2000, *Sıcak, Soğuk ve Ultraviyole*, In: Beyazova, M., Gökçe-Kutsal, Y., (eds.), Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon, Güneş Kitabevi, Ankara, pp. 758-770.
23. http://www.turkmet.com.tr/theme/images/turkmet_katalog.pdf [Ziyaret tarihi: 2 Mayıs 2010].
24. Joint Commission, Technology & Safety Management, Clinical Equipment Management, Device Management Coefficient.
25. <http://www.biyokam.gazi.edu.tr/kalibrasyon.html> [Ziyaret tarihi: 17 Şubat 2010].
26. SEZDİ, M., Is It Possible That The Death Reason of a Catheterized Patient Is The Leakage Current?, Proc. Of 1st International Congres on Patient Rights, 2009.
27. SEZDİ, M., 2008, Medikal Cihazların Elektriksel Güvenlik Ölçümlerinde, Yeni Bir Uluslar arası Standart: IEC 62353, Proc. Of ELECO 2008.
28. IEC60601-1, Medical Electrical Equipment-General Requirements of Safety.
29. IEC62353, Medical Electrical Equipment-Recurrent Test and Test after Repair of Medical Electrical Equipment.
30. TAKTAK, A., Electrical Safety Testing: Standarts and Recommendations, The Instution of Engineering and Technology Healthcare Technologies Network, IET, UK.
31. ECRI, "IPM Inspection & Preventive Maintenance Procedures", web site, www.ecri.org.

ÖZGEÇMİŞ

Pelin Sarı, 1984 yılında Kırklareli’nde doğdu. İlk ve orta öğrenimini İstanbul’da İncirlik Ahmet Hamdi Tanpınar İlköğretim Okulu, Fatih Vatan Anadolu Lisesi’nden sırasıyla 1995 ve 2002 yılında mezun olarak tamamladı. Aynı yıl Marmara Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji bölümünde lisans öğrenimine başladı. 2006 yılında lisans öğrenimini tamamladı. 2006-2007 Akademik yılında İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomedikal Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı.