



**SÜPEREMPOZE ELEKTRİK STİMÜLASYON TEKNİĞİNİN
SAĞLIKLI KUADRİSEPS FEMORİS KASININ
FİZİKSEL FONKSİYONLARINA ETKİSİNİN
İNCELENMESİ**

Ferruh TAŞPINAR

**Ocak, 2007
DENİZLİ**

**SÜPEREMPOZE ELEKTRİK STİMÜLASYON TEKNİĞİNİN
SAĞLIKLI KUADRİSEPS FEMORİS KASININ
FİZİKSEL FONKSİYONLARINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**Pamukkale Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Yüksek Lisans Tezi
Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Ana Bilim Dalı**

Ferruh TAŞPINAR

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ummuhan BAŞ ASLAN

**Ocak, 2007
DENİZLİ**

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğini beyan ederim.

İmza :

Öğrenci Adı Soyadı :

Ferruh TAŞPINAR

TEŞEKKÜR

Tezin planlanmasında, içeriğinin düzenlenmesinde, tez sonuçlarının yorumlanmasında, tez çalışması için ortamın sağlanmasında ve tezin her aşamasındaki desteklerinden dolayı tez danışmanım Pamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu Müdür Yardımcısı Sayın Yrd. Doç. Dr. Ummuhan BAŞ ASLAN'a,

Tezin her aşamasında ve yüksek lisans eğitimim süresince desteklerini ve bilgilerini esirgemeyen Pamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu Müdürü Sayın Doç. Dr. Uğur CAVLAK'a,

Meslek hayatımın her aşamasında yanımda olan ve bütün eğitimimin mimarı olan Dumlupınar Üniversitesi Sağlık Yüksekokulu Fizik Tedavi Rehabilitasyon Bölüm Başkanı Doç Dr. Ali CİMBİZ'a

Tezin hazırlık sürecinde yanımda olan Pamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu'nun değerli öğretim üyeleri ve öğretim görevlilerine,

Teze alınan olguların değerlendirilmesi aşamasındaki yardımları ve dostlukları için Pamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu değerli araştırma görevlilerine,

Tezin her aşamasında destekleri ve sevgileri ile beni yalnız bırakmayan sevgili eşim Fzt. Betül TAŞPINAR, oğlum Mustafa Yiğit TAŞPINAR ve aileme,

En içten teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

SÜPEREMPOZE ELEKTRİK STİMULASYON TEKNİĞİNİN SAĞLIKLI KUADRİSEPS FEMORİS KASININ FİZİKSEL FONKSİYONLARINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Taşpınar, Ferruh,
Yüksek Lisans Tezi
Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ummuhan BAŞ ASLAN
Ocak 2007, 84 Sayfa

Süperempoze tekniği istemli kas kontraksiyonu sırasında yapılan elektrik stimülasyonu uygulamasıdır. Bu çalışmanın amacı antrenmansız sağlıklı genç erişkinlerde süperempoze eğitiminin antropometrik, kas kuvveti, kassal endurans ve fonksiyonel performansı içeren kas fonksiyonu üzerine etkilerini incelemek ve süperempoze tekniğinin etkinliğini dirençli eğitim ve elektrik stimülasyonu ile karşılaştırmaktır. Ayrıca tüm eğitim metotlarının eğitim almayan bacakta kuadriseps femoris fonksiyonlarına çapraz eğitim etkisini de değerlendirmektedir.

Bu çalışmaya yaşları 21-26 yıl arasında olan antrene olmayan sağlıklı genç (22.43 ± 1.12 yıl) katılmıştır. Örneklem %52.1'i erkektir. Olgular dirençli eğitim grubu (DEG) (n=17), elektrik stimülasyonu grubu (ESG) (n=15) ve süperempoze eğitim grubu (SEG) (n=16) olmak üzere üç eğitim grubuna ayrılmıştır. Eğitim 6 hafta boyunca haftada üç kez dominant bacak üzerinde yapılmıştır. Olgular eğitimden önce ve eğitimden sonraki dönemde değerlendirilmişlerdir. Tedavi öncesi tüm olgular bir hafta boyunca 1 maksimum tekrar ve 3 maksimum tekrar testi için famularizasyon dönemine tabi tutulmuşlardır. Kuadriseps femoris kası fonksiyonları antropometrik ölçümler (çevre ve skinfold), kas kuvveti testleri (1 maksimum tekrar, 3 maksimum tekrar, hand held dinamometre), kas enduransı testleri (10p sabit ağırlık tekrarı, step-up, step-down, çömelme testi) ve fonksiyonel performans testleri (tek bacak üzerinde sıçrama, üçlü sıçrama, vertikal sıçrama) kullanılarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, Borg yorgunluk skalası olguların genel yorgunluk düzeyini belirlemek için kullanılmıştır.

Eğitimden sonra tüm üç eğitim grubunda da skinfold testi, tüm kas kuvveti testleri, tüm kas enduransı testleri, tüm fonksiyonel testler ve Borg yorgunluk skalası sonuçları olumlu yönde değişmiştir ($p < 0.05$). Diğer taraftan, tüm üç eğitim grubu da nondominant bacakta farklı çapraz eğitim etkilerine sahiptir.

Eğitimin etkinliğini karşılaştırdığımız zaman, Borg yorgunluk skalası hariç gruplar arasında farklılık yoktu. SİG'daki olgular diğer gruplardan daha az yorgunluk düzeyi rapor etmişlerdir ($p < 0.05$).

Sonuç olarak, süperempoze, elektrik stimülasyonu ve dirençli eğitimden oluşan tüm eğitim tekniklerinin kuadriseps femoris kas fonksiyonu üzerine pozitif yönde etki oluşturmuştur ($p<0.05$). Ancak yöntemlerin birbiri üzerine üstünlüğü yoktur ($p>0.05$).

Anahtar Kelimeler: Kas Kuvvetlendirmesi, Dirençli Egzersiz, Elektrik Stimülasyonu, Kuadriseps Femoris

ABSTRACT**THE EFFECTS OF SUPERIMPOSE ELECTRICAL
STIMULATION TECHNIQUE ON PHYSICAL FUNCTIONS
OF HEALTHY QUADRICEPS FEMORIS MUSCLE**

**Taspinar, Ferruh,
M. Sc. Thesis in
Physical Therapy and Rehabilitation
Supervisor: Assis. Prof. Ummuhan BAS ASLAN
January 2007, 84 Pages**

Superimpose technique (SE) is an application of an electrical stimulation during a voluntary muscle contraction. The purpose of this study was to evaluate the effects of superimpose training on Quadriceps Femoris (QF) muscle function including antropometrics, muscle strength, muscle endurance and functional performance and to compare the effectiveness of SE technique with resistive training or electrical stimulation (ES) on QF muscle function in untrained healthy young adults. We assessed also cross-training effect of the all training methods QF functions in untrained leg.

Forty-eight untrained healthy subjects with mean age of 22.43 ± 1.12 (range 21-26) years aged participated in this study. Of the 52.1% sample was men. The subjects were divided into three training groups as; resistive training group (RTG) (n=17), electrical stimulation group (ESG) (n=15) and superimpose training group (SIG) (n=16). Training was carried out on dominant side leg of the subjects 3 sessions per week for 6 weeks. The subjects were assessed at before and after training period. Before training, all subjects received a familiarization sessions during one week for outcome measures including 1 max repetition and 3 max repetition. QF muscle function was assessed by using antropometric measurements (circumference measurements and skinfold), muscle strength tests (1 max repetitions, 3 max repetitions, hand hold dinamometer), muscle endurance tests (10p constant weight repetition, step-up, step-down, squatting) and functional performance tests (one leg hop, triple hop, vertical jump). Borg Fatigue Ratio Scale was also used to determine general fatigue level of the subjects.

After training, the results of skinfold test, all muscle strength tests, all muscle endurance tests, all functional tests and Borg fatigue ratio scale were positively changed in all three training groups ($p < 0.05$). However, all three training groups had different cross-training effects in nondominant leg.

When we compared the training groups, there were no differences regarding outcome variables between groups except for Borg fatigue ratio scale.

The subjects in SE group reported less fatigue level than those in the other groups ($p < 0.05$).

The results indicate that training techniques including superimpose, electrical stimulation and resistance training had positive effects on QF muscle function ($p < 0.05$), but there is no superiority on each others ($p > 0.05$).

Keywords: Muscle Strengthening, Resistive Training, Electrical Stimulation, Quadriceps Femoris

İÇİNDEKİLER

Teşekkürler.....	i
Özet.....	ii
Abstract.....	iv
İçindekiler.....	vi
Şekiller dizini	ix
Resimler dizini.....	x
Tablolar dizini.....	xi
Simgeler ve Kısaltmalar.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER ve LİTERATÜR TARAMASI.....	3
2.1.Diz Eklemi.....	3
2.1.1.Kemik yapılar.....	4
2.1.2.Eklem tipi.....	4
2.1.3.Menisküsler.....	5
2.1.4.Eklem kapsülü.....	5
2.1.5.Ligamentler.....	5
2.1.6.Bursalar.....	7
2.1.7.Kaslar.....	7
2.1.8.Diz eklemının biyomekaniği.....	8
2.2.İskelet Kası.....	9
2.2.1.Kas liflerinin tipleri.....	11
2.2.2.Kasların kasılma mekanizması.....	13
2.2.3.Kas kasılma tipleri.....	14
2.3.M. Kuadriseps Femoris.....	15
2.4.Kassal Kuvvet ve Endurans.....	18
2.4.1.Kassal kuvvet ve enduransı arttırmaya yönelik egzersiz prensipleri.....	21
2.4.2.Kuvvet eğitimine iskelet kasının adaptasyonu.....	23
2.5.Kas Kuvvetlendirme Yöntemleri.....	25

2.5.1.Dirençli egzersiz.....	25
2.5.2.Elektrik stimülasyonu.....	29
2.5.3.Süperempoze tekniği.....	31
3.MATERYAL ve METOT.....	34
3.1.Amaç.....	34
3.2.Çalışmanın Yapıldığı Yer.....	34
3.3.Çalışmanın Süresi.....	34
3.4.Katılımcılar.....	34
3.5.Değerlendirme.....	35
3.5.1.Antropometrik ölçümler.....	36
3.5.1.1.Çevre ölçümü.....	36
3.5.1.2.Skinfold ölçümü.....	37
3.5.2.Kuvvet ölçümleri.....	38
3.5.2.1.Bir maksimum tekrar.....	38
3.5.2.2.Üç maksimum tekrar.....	38
3.5.2.3.Maksimum izometrik kas kuvvetinin ölçümü.....	39
3.5.3.Endurans testleri.....	40
3.5.3.1.Sabit ağırlıkla çalışma tekrarı.....	40
3.5.3.2.Step-up testi.....	40
3.5.3.3.Step-down testi.....	41
3.5.3.4.Tek ayak üzerinde çömelme testi.....	42
3.5.4.Fonksiyonel testler.....	42
3.5.4.1.Tek ayak üzerinde öne sıçrama.....	42
3.5.4.2.Üçlü sıçrama.....	43
3.5.4.3.Vertikal sıçrama.....	44
3.5.5.Yorgunluk ve ağrı skalası.....	45
3.5.5.1.Modifiye BORG skalası.....	45
3.5.5.2.Visüel analog skalası.....	45
3.6.Kuvvet Eğitim Grupları.....	46
3.7.İstatistiksel Yöntem.....	49
4.BULGULAR.....	50
4.1.Dirençli Egzersiz Grubunun Eğitim Öncesi ve Sonrası	
Değerlendirme Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	52

4.2.Elektrik Stimülasyon Grubunun Eğitim Öncesi ve Eğitim Sonrası Değerlendirme Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	54
4.3.Süperempoze Grubunun Eğitim Öncesi ve Eğitim Sonrası Değerlendirme Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	56
4.4.Eğitim Öncesi ve Sonrasında Olgulardan Elde Edilen Sonuçların Eğitim Gruplarına Göre Karşılaştırılması.....	58
4.4.1.Gruplar arasında eğitim öncesi farkın belirlenmesi.....	58
4.4.2.Gruplar arasında eğitim sonrası farkın belirlenmesi.....	60
5.TARTIŞMA.....	62
6.SONUÇ.....	74
7.KAYNAKLAR.....	75
Ek.1.....	82
Özgeçmiş.....	84

TABLolar DİZİNİ

Şekil 2.1.1.	Diz eklemi anatomisi.....	3
Şekil 2.2.1.	İskelet kası anatomisi.....	9
Şekil 2.2.2.1.	Aktin ve miyozin filamentlerinin kayma mekanizması.....	14
Şekil 2.3.1.	Kuadriseps femoris kasını oluşturan kaslar.....	15
Şekil 2.4.1.	Dirence karşı güçteki artışın yüzdesi.....	19

RESİMLER DİZİNİ

Şekil 3.5.1.1.1. Uyluk çevre ölçümü.....	36
Şekil 3.5.1.2.1. Skinfold ölçümünde kullanılan Saehan skinfold.....	37
Şekil 3.5.1.2.2. Uyluk skinfold ölçümü.....	37
Şekil 3.5.2.1.1. Bir MT ve Üç MT' in ölçüm pozisyonu.....	38
Şekil 3.5.2.3.1. Hand Held Dinamometre test pozisyonu.....	39
Şekil 3.5.3.1.1. Sabit ağırlıkla çalışma tekrarı pozisyonu.....	40
Şekil 3.5.3.2.1. Step-up test pozisyonu.....	41
Şekil 3.5.3.3.1. Step-down test pozisyonu.....	41
Şekil 3.5.3.4.1. Tek ayak üzerinde çömelme testi.....	42
Şekil 3.5.4.1.1. Tek ayak üzerinde öne sıçrama.....	42
Şekil 3.5.4.2.1. Üçlü sıçrama.....	44
Şekil 3.5.4.3. Vertikal sıçrama.....	45
Şekil 3.6.1. Dirençli egzersiz grubu eğitim pozisyonu.....	46
Şekil 3.6.2. Elektrik stimülasyon cihazı.....	47
Şekil 3.6.3. Elektrik stimülasyon grubu eğitim pozisyonu.....	47
Şekil 3.6.4. Süperempoze grubu eğitim pozisyonu.....	48

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.5.1.1.	Fizyolojik adaptasyonların dirençli eğitim ve aerobik eğitime göre karşılaştırılması.....	27
Tablo 4.1.	Tanımlayıcı veriler.....	51
Tablo 4.1.1.	Dirençli egzersiz grubu kuvvetlendirme eğitiminin, eğitim öncesi ve eğitim sonrası etkilerinin karşılaştırılması.....	53
Tablo 4.2.1.	Elektrik stimülasyon grubu kuvvetlendirme eğitiminin, eğitim öncesi ve eğitim sonrası etkilerinin karşılaştırılması.....	55
Tablo 4.3.1.	Süperempoze grubu kuvvetlendirme eğitiminin, eğitim öncesi ve eğitim sonrası etkilerinin karşılaştırılması.....	57
Tablo 4.4.1.1.	Kuvvetlendirme grupları arasında eğitim öncesinde elde edilen verilerin karşılaştırılması.....	59
Tablo 4.4.2.1.	Kuvvetlendirme grupları arasında eğitim sonrasında elde edilen verilerin karşılaştırılması.....	61

SİMGELER ve KISALTMALAR

%	Yüzde
ACL	Anterior Curciate Ligament
ark	Arkadaşları
ATP	Adenozintrifosfat
cm	Santimetre
DEG	Dirençli egzersiz grubu
EMG	Elektromyografi
ESG	Elektrik stimülasyon grubu
HHD	Hand Held Dinamometre
kg	Kilogram
m	Muskulus
mm	Milimetre
MR	Manyetik rezonans
MT	Maksimum tekrar
N	Newton
n	Olgu sayısı
°	Derece
p	İstatistiksel yanılma düzeyi
PCL	Posterior Curciate Ligament
RF	Rektus femoris
SD	Standart sapma
SEG	Süperempoze grubu
sn	Saniye
TENS	Transkuteneal elektriksel sinir stimülasyonu
vd	ve diğerleri
Vİ	Vastus intermedius
VKİ	Vücut kitle indeksi
VL	Vastus lateralis
VM	Vastus medialis
QF	Kuadriseps femoris
X	Aritmetik ortalama

1.GİRİŞ

Diz eklemi, vücutta en fazla stres altında kalan, bunları nakleden, aynı zamanda büyük hareket genişliğine sahip olan, yürüyüşte ekstremitenin uzayıp kılmasını sağlayan vücudun en büyük ve en kompleks eklemidir. Diz eklemine sagittal, frontal ve horizontal olmak üzere 3 düzlemde fleksiyon, ekstansiyon ve aksiyel rotasyon hareketleri meydana gelir. Kaslar ve ligamentlerin yardımı ile alt ekstremitede stabiliteyi devam ettirerek, vücut ağırlığının eklem üzerinde oluşturduğu olumsuz yüklere karşı koyar.

Kuadriseps Femoris (QF) kası atrofisi, diz eklemi yaralanmalarından veya cerrahisinden sonra immobilizasyon döneminde çok hızlı gelişmektedir. Özellikle Vastus Lateralis kasının tip-I kas fibrillerinde atrofi olduğu açıklanmıştır. Sedarer kişilerde ve geriatriklerde QF atrofisi diz instabilitesine neden olmakta, bu da sıklıkla dejeneratif değişikliklere, menisküs yırtıklarına ve bağ yaralanmalarına yol açmaktadır.

Yapılan çalışmalarda en fazla elektrik stimülasyonu ile uyarılan kas grubu QF'dir. Bunun nedeni QF kasının dizin ekstansör mekanizmasını tek başına üstlenmesi ve patellanın stabilitesine katkıda bulunmasıdır. Ayrıca geniş bir kesit yüzey alanına sahiptir. Bu nedenle QF diz eklem patolojilerinde rehabilitasyonun en önemli komponentlerinden birisidir.

Günümüzde kas kuvvetini geliştirmek amacıyla farklı teknikler kullanılmaktadır. Bu teknikler arasında dirençli egzersiz ve elektrik stimülasyonu ile kuvvetlendirme eğitimi yaygın olarak kullanılan yöntemlerdendir. Son 25 yıl içerisinde yapılan çalışmalarda kas kuvvetini arttıran en popüler yöntem olarak elektrik stimülasyonu gösterilmektedir. Süperempoze elektrik stimülasyon tekniği olarak tanımlanan bu iki yöntemin bir arada kullanıldığı kuvvetlendirme yöntemi günümüzdeki çalışmalarda yeteri kadar yer

almamaktadır. Araştırmacılar süperempoze tekniği uygulanmasında ateşlenen motor ünite sayısının sadece elektrik stimülasyonu veya dirençli egzersiz sırasında uyarılabilen motor ünitelerden daha fazla olabileceğini düşünmektedirler. Süperempoze tekniğinin kasal fonksiyonlara olan etkisinin incelendiği çalışmalardan elde edilen sonuçların çelişkili olduğu görülmektedir.

Çalışmamıza 22-26 yaş grubunda 23 bayan, 25 erkek üniversite öğrencisi katılmıştır. 48 olgu rasgele 3 farklı eğitim grubuna (Elektrik stimülasyonu, dirençli egzersiz, süperempoze tekniği) ayrılmış ve 6 hafta süre ile haftada üç seans eğitim verilmiştir. QF kasının antropometrik özelliklerine, kuvvet, endurans ve fonksiyonel performansına eğitimin etkisini inceleyebilmek için tüm olgular eğitim öncesi ve sonrasında geçerliliği belirlenmiş testler ile değerlendirilmiştir.

Süperempoze tekniğinin sağlıklı QF kasının fiziksel fonksiyonlarına olan etkisini belirlemek, dirençli egzersiz ve elektrik stimülasyonu eğitimlerinin etkinliği ile karşılaştırmak amacıyla bu çalışma planlanmıştır. Çalışmamızda kurulan hipotezler şunlardır;

Hipotez 1. Dirençli egzersiz ile yapılan eğitim, elektrik stimülasyonu ile yapılan eğitim ve süperempoze tekniği ile yapılan kuvvetlendirme eğitimi QF kasının fiziksel fonksiyonlarında artışa neden olacaktır.

Hipotez 2. Süperempoze kuvvetlendirme tekniği diğer iki kuvvetlendirme tekniklerinden daha fazla oranda QF kasının fiziksel fonksiyonlarını artıracaktır.

Hipotez 3. Dominant ekstremiteye verilen kuvvetlendirme eğitimleri, nondominant ekstremitedeki QF kasının fiziksel fonksiyonlarını artıracaktır. Ancak bu artış dominant tarafa oranla daha az miktarda olacaktır.

Bu çalışma yukarıda belirtilen hipotezleri test etmek amacıyla Pamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu'nda sağlıklı genç üniversite öğrencilerinde gerçekleştirilmiştir. Olgulardan kuvvet eğitimi öncesinde ve sonrasında elde edilen veriler uygun istatistiksel yöntemlerle karşılaştırılarak analiz edilmiş ve sonuçlar literatür doğrultusunda tartışılmıştır.

2.KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMASI

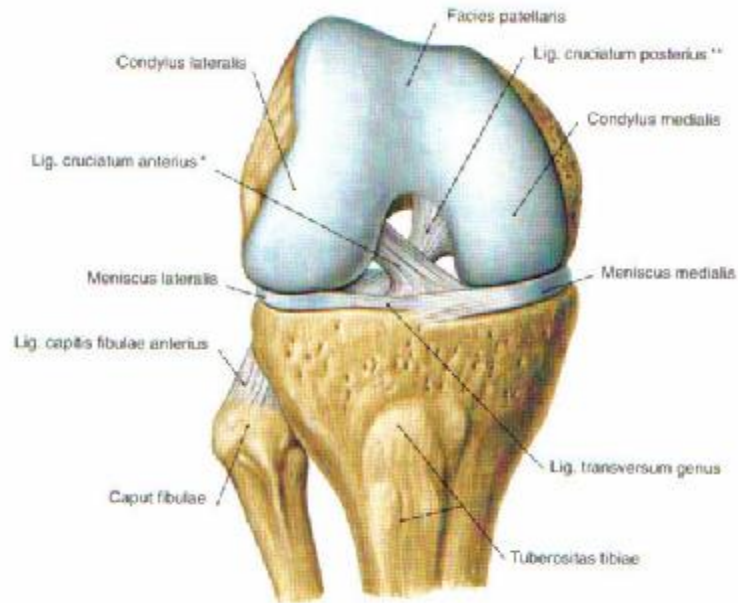
2.1.Diz Eklemi

Femur, tibia ve fibula adı verilen üç kemik yapı içeren diz eklemi 3 kompartmandan meydana gelen birleşik bir eklemdir. Bu kompartmanlar;

Medial kompartman: Femur ve tibia'nın medial kondili arasında

Lateral kompartman: Femur ve tibia'nın lateral kondili arasında

Patellafemoral kompartmandır.



Şekil 2.1.1 Diz eklemi anatomisi

2.1.1.Kemik yapılar

Diz eklemi iki eklemin birleşmesinden oluşan vücuttaki en büyük eklemdir. Femur kondili ile tibiyanın medial ve lateral kondilleri, tibiofemoral eklemi oluşturur (Şekil 2.1.1). Bir destek kolunu olarak bacağa stabilite sağlamak için, dirseğin tersine üç yerine iki kemik eklem oluşumuna katılır. Femur kondilleri, tibiyanın eklem yüzleri üzerinde, karmaşık yuvarlanma ve kayma hareketleri yaparlar. Eklem hareketi boyunca, destek noktaları ve eksenler yer değiştirir. Kesitsel inceleme göz önünde bulundurulduğunda femur ve tibiya ait eklem yüzeyleri birbirleri ile çok uyumlu değildir (Briggs vd. 1995, Weineck 1998, Mesfar ve Shirazi 2005).

Patella ile femur, patellafemoral eklemi oluştururlar. Patella QF tendonu içinde intramembranöz olarak gelişen sesamoid, üçgen şekilli bir kemiktir. Anteriordan diz eklemine korur ve QF kasına makara görevi yapar (Akman vd. 2003). Dizin hareketini yavaşlatan en önemli elemandır. QF ve fleksör tendonlardan femura enerji transferinin gerçekleşmesiyle patella öne doğru olan hareketi yavaşlatmada önemli rol kazanır (Weineck 1998, Mesfar ve Shirazi 2005).

2.1.2.Eklem tipi

Diz iki serbestlik dereceli menteşe tipinde bir eklemdir. Fleksiyon, ekstansiyon ve bir miktar da rotasyona izin verir. Rotasyon hareketi sadece fleksiyondayken meydana gelir. Dizin ekstansiyonu dış rotasyonla biter ve fleksiyon hareketi iç rotasyonla başlar. Normalde diz ekstansiyonunun son 20°sinde femur üzerinde tibia 20°lik bir rotasyon oluşturmaktadır. Dizin terminal rotasyonu veya “vida yatağı mekanizması” denen bu hareket tamamen mekanik bir olaydır ve istemli olarak engellenemez. Sandalyeden kalkma gibi kapalı kinetik halka hareketlerinde tibia sabit olduğu için bu mekanik olay femurun internal rotasyonu ile kompanse edilir. Böylece sagittal düzlemde oluşan kuvvetlere karşı mekanik stabilite ve ayrıca kişinin QF kontraksiyonu olmadan ayakta durabilmesi sağlanır (Arman 2000, Göncü 2000, Mesfar ve Shirazi 2005).

2.1.3.Menisküsler

Diz ekleminde femur ve tibia arasında iki menisküs vardır. Medialdeki “C”, lateraldeki ise “O” harfine benzer. Her iki menisküs fibröz kıkırdak dokusundan yapılmıştır (Briggs vd. 1995).

Menisküslerin dış kenarları daha kalındır ve eklem kapsülüne yapışıktır. Menisküsler tibial yüzeylerin konkavitesini artırarak tibiofemoral uyumu sağlar. Temas yüzeyini yaklaşık iki katına çıkarır, şok absorbe etme yeteneğini artırır, sürtünmeyi azaltır ve dolayısıyla stabiliteyi artırır. Diz ekstansiyonunda kompresif yükün yarısını, fleksiyonda ise büyük kısmını menisküsler absorbe ederler. Fleksiyonda özellikle lateral menisküs yükün büyük kısmını taşır (Briggs vd. 1995, Akman vd. 2003).

Menisküsler ayrıca tibial platonun eklem yüzeyini genişlettikleri için eklem stabilitesine de katkıda bulunurlar. Böylece kuvvetler daha geniş bir yüzey alanı üzerine yayılır ve enerjiyi absorbe eder (Weineck 1998).

2.1.4.Eklem kapsülü

Diz eklemi kapsülü, vücutta yer alan en büyük eklem kapsüllerinden birisidir. Çok sayıda kas ve ligament tarafından desteklenen kompleks bir yapıdır. Medial kapsüler lifler tibial kollateral ligaman lifleri ile karışırlar. Anteriyorda eklem kapsülü patella proksimalini geçmez, suprapatellar bursa ile eklem devamlılığını sağlar. Semimembranosus tendonundan ayrılan liflerden oluşan oblik popliteal ligament posterior kapsülü kalınlaştırır. Diz eklem kapsülünün içinde vücuttaki en büyük ve komplike sinoviyal membran yer alır. Eklem iki tarafında sinoviyal membran femurdan aşağıya doğru, kapsülü içten örterek menisküsler düzeyine kadar iner (Briggs vd. 1995, Akman vd. 2003).

2.1.5.Ligamentler

Anterior Cruciate Ligament (ACL): Medialde tibial anterior interkondiler alana yapışır. Lateral menisküsün ön boynuzu ile hafif ilişkilidir. Posterolaterale doğru

seyrederek kendi etrafında döner, lateral femoral kondil posteromedialine yapışır. Tibianın aşırı eksternal rotasyonunu ve femur kondillerinin üzerinde tibianın öne doğru aşırı translasyonunu engeller. Diz tam ekstansiyondan 90⁰ fleksiyona geçtiğinde boyu yaklaşık %7 uzar (Mesfar ve Shirazi 2005).

Posterior Cruciate Ligament (PCL): Daha güçlü ve daha az oblik seyirlidir. Tibiada posterior interkondiller alana, lateral menisküsün posterior boynuzuna yapışır. Anteromedial bir seyirle medial femoral kondile genişleyerek yapışır. Tibianın aşırı internal rotasyonunu ve femur kondilleri üzerinde tibianın arkaya doğru aşırı translasyonunu engeller. Bu iki ligament, eklem içi ligamentler olarak da bilinirler. Tibiadan başlayıp, eklem merkezinden çapraz olarak geçerek femura yapışırlar. Bu ligamentler tibial eminensiada yaptıkları yerlere göre isimlendirilirler (Briggs vd. 1995).

Patellar ligament, QF tendonunun santral bandıdır. Güçlü, düz, yaklaşık 8 cm uzunluğunda bir ligamenttir. Patellada apeks proksimaline, anterior yüzeye yapışır (Akman vd. 2003, Mesfar ve Shirazi 2005).

Oblik Popliteal Ligament: Diz eklemine arkasını örten düz ve geniş bir ligamenttir. Dizi posteriordan destekler, hiperekstansiyonu önler, femur ve tibianın artiküler sınırlarını bağlar (Akman vd. 2003).

Arkuat popliteal ligament Y şeklinde kapsüler lif kitlesidir. Fibula başına yapışan bir kökü vardır. Gastrokinemius lateral başı ile ilişkilidir.

İliotibial bant: İlyak kristayı, lateral femoral kondil ve lateral tibial çıkıntıya bağlayan gergin bir ligament olarak davranır. Diz eklemine lateral stabilitesine katkıda bulunur (Mesfar ve Shirazi 2005).

Transvers genual ligament lateral menisküsün ön kenarı ile medial menisküsün ön tarafını birbirine bağlayan kordon şeklinde kısa bir ligamenttir (Mesfar ve Shirazi 2005)

Kollateral ligamentler: Diz eklem kapsülünü medial ve lateralden güçlendirirler ve ekstansiyonda transvers stabiliteden sorumludurlar. Medial kollateral ligament eklem

arkasına yakın, geniş ve düz bir banttır. Medial femoral epikondilden, adduktör tüberkülün hemen distalinden köken alır, medial menisküse, tibial kondile ve tibia shaftına uzanır. Diz eklemine 25⁰ fleksiyon açısında valgus kuvvetlerinin %78'ini karşılar. İnternal ve eksternal rotasyonda bir miktar direnç oluşturur. Ekstansiyonda gergindir. Fleksiyonda %17 kısalır ve gevşer. Lateral kollateral ligament daha ince ve yuvarlak bir banttır. Lateral femoral kondilden fibula başına uzanır. Büyük oranda biceps tendonu ile üst üste biner ve bazı lifleri karışır. Ekstansiyonda gergindir, fleksiyonda boyu yaklaşık %25 kısalır ve gevşer. Varus yönündeki kuvvetlere direnç oluşturan temel yapıdır. Diz eklemine 25⁰ fleksiyon açısında varus kuvvetlerinin %69'unu karşılar. Diz eklem rotasyonuna izin vermez (Akman vd. 2003).

Kapsüler ligamentler: Kollateral ligamentlerin altında yer alan kapsüler kalınlaşma şeklindeki derin ligament katıdır. Çapraz bağlar eklem merkezinin hafif posteriorunda yerleşen çok güçlü ligamentlerdir. Medial ve lateral tibiofemoral eklemleri ayırırlar. Bu iki ligament sagittal ve frontal düzlemde birbirlerini çaprazlarlar. Bu ligamentler dizi ön ve arka yönde stabilize ederler, rotasyonu sınırlarlar, hareket sırasında eklem yüzeylerinin temas halinde kalmasını sağlarlar, makaslama hareketini engeller (Weineck 1998, Akman vd. 2003).

2.1.6.Bursalar

Bursalar diz eklemine çevreleyen elemanlar arasında en önemlileri, patellanın inferiorunda cilt ile patella arasında yer alan prepatellar bursa, tibial tüberositas ile cilt arasında yer alan infrapatellar bursa, femur ile kuadriseps femoris arasında yer alan suprapatellar bursadır (Akman vd. 2003).

2.1.7.Kaslar

Diz eklemine toplam 13 tane kas etki etmektedir. Kaslar anatomik yerleşimine göre anterior, posterior, medial ve lateral olarak fonksiyonlarına göre ise diz fleksörleri, diz ekstansörleri, medial ve lateral rotatorlar olarak ya da hamstring grubu, QF ve sınıflanamayan kaslar olarak sınıflandırılabilir (Weineck 1998, Akman vd. 2003)

Ön bölgede yer alan kaslar

M. Sartorius

M. Kuadriseps Femoris

M. İliopsoas (son kısmı)

Medial bölgede yer alan kaslar

M. Pektineus

M. Addüktör Longus

M. Addüktör Brevis

M. Addüktör Magnus

M. Grasilis

Arka bölgede yer alan kaslar

M. Biseps Femoris

M. Semitendineus

M. Semimembraneus (Weineck 1998)

Fleksör kaslar yalnız bacağın ağırlığını taşıırken, ekstansör kaslar vücudun tüm ağırlığını taşımak zorundadırlar. Bu nedenle, alt ekstremitede ekstansör kaslar daha egemendir. Ekstansörlerin daha gelişmiş olması, dik duruş ve normal yürüyüş için bunlara gereksinim duyulmasından kaynaklanır (Mesfar ve Shirazi 2005).

2.1.8.Diz eklemının biyomekaniği

Vücudun en uzun kemikleri arasında yer alması (uzun kaldıraç kolları), vücut ağırlığını taşıması ve büyük kuvvetlerin etkisi altında olması nedeniyle diz en fazla yaralanmaya maruz kalan eklemlerden birisidir (Akman vd. 2003).

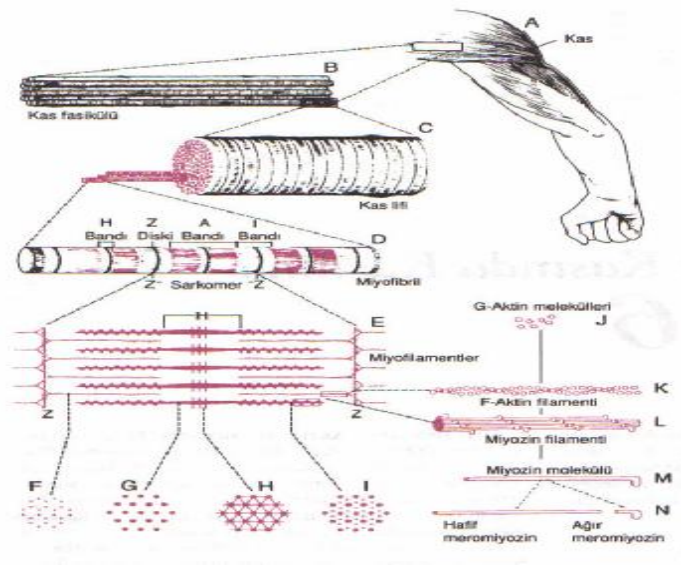
Diz eklemi, vücutta en fazla stres altında kalan ve bunları nakleden, aynı zamanda büyük hareket genişliğine sahip olan, yürüyüşte ekstremitenin uzayıp kısılmasına olanak sağlayan, vücudun en büyük ve en kompleks eklemidir. Diz eklemінде sagittal, frontal ve horizontal olmak üzere 3 düzlemde fleksiyon, ekstansiyon ve aksiyel rotasyon hareketleri meydana gelir. Diz eklemının maksimum pasif fleksiyon-ekstansiyon hareket açıklığı 0-140° dir. Ekstansiyonda rotasyon hareketi yoktur. Buna rağmen yaklaşık 90° fleksiyonda iken 0-45° eksternal rotasyon ve 0-30° internal rotasyon hareketleri meydana gelir. Kaslar ve ligamentlerin yardımı ile alt ekstremitede

stabiliteyi devam ettirerek, vücut ağırlığının eklem üzerinde oluşturduğu olumsuz yüklere karşı koyar (Nordin vd 1989, Briggs vd. 1995).

Ekstansiyondayken dize önden bakıldığında femur ve tibia shaftları arasında yaklaşık 170°'lik bir açı vardır. Bu açı femur shaftının abduksiyonda durmasına ve tibianın ağırlığı ayak ve zemine iletebilmek için kompensatuar duruşuna bağlıdır. Tek bacak üzerinde durulduğunda kuvvetler dizin medial tarafına doğru yansıtılır. Açı 170°den az olduğunda genu valgum, 180°ye yaklaştığında veya mediale doğru açıldığında genu varum oluşur (Briggs vd. 1995, Arman 2000).

2.2.İskelet Kası

İskelet kasının dört önemli özelliği vardır; iritabilite, kontraktibilite, ekstansibilite ve elastisite. Bu özellikler kasın uyarılara yanıt vermesini, kasılmasını, istirahat uzunluğuna göre uzamasını ve bir germeden sonra tekrar istirahat uzunluğuna dönmesini sağlar. Böylece kas şu fonksiyonları yerine getirebilir; hareketin oluşturulması, postür ve pozisyonların sağlanması, eklemlerin stabilizasyonu, iç organların desteklenmesi ve korunması, vücut boşluklarındaki basıncın kontrolü, vücut ısısının sabit tutulması. Kuşkusuz bu fonksiyonların arasında en önemlisi hareketin oluşturulmasıdır (Akgün 1982, Şemin 1996).



Şekil 2.2.1 İskelet kasının yapısı

Vücutun yaklaşık %40'ı iskelet kası, %10'u düz kas ve kalp kasıdır. Farklı kas tiplerinde aynı kasılma prensipleri geçerlidir. Şekil 2.2.1. iskelet kasının organizasyonunu göstermektedir. İskelet kasları, çapı 10-80 mikrometre arasında değişen çok sayıda liften oluşmuştur (Şemin 1996, Ergen vd. 2002).

Kas hücresi diğer hücrelerden farklı olarak uzun, iğ şeklindedir ve fibril adını alır. Kas dokusu fibrillerden oluşmuştur (Hamilton vd. 2002). Kas hücreleri (fibriller) dış taraftan endomisyum denen bağ dokusundan yapılı bir kılıf ile örtülüdür. Endomisyumun iç tarafında ise ona yapışık sarkolemma adı verilen ince elastik liflerden oluşan hücre membranı bulunur. 10-50 kas fibrili bir araya gelerek fibril demetlerini yani fasikülleri oluştururlar. Her bir fasikül yine bir zarla çevrilidir ve buna da perimisyum denir. Fasiküller ise uzunlamasına olacak şekilde bir araya gelerek kası oluştururlar. Kas da dışarıdan epimisyum adı verilen daha kalın ve daha kuvvetli bir membran ile örtülüdür (Akgün 1982).

Çoğu kasta lifler bütün kas boyunca uzanırlar. %2'si dışında, her bir lif orta bölgesinde sonlanan tek bir sinir ucu tarafından innerve edilir.

Sarkolemma; plazma membranı ve polisakkarit tabakasından meydana gelen dış kılıftan ibarettir. Kas lifinin ucunda, sarkolemma'nın bu yüzey tabakası bir tendon lifiyle kaynaşır ve demetler halinde kemiğe yapışır (Dikmenoğlu 2000).

Miyofibriller (aktin ve miyozin filamentleri): Her kas lifi birkaç yüz ile birkaç bin arasında miyofibril içerir. Her miyofibrilde yan yana uzanan yaklaşık 1500 miyozin filamentleri ve 3000 aktin filamentleri vardır. Bunlar kas kasılmasından sorumlu olan büyük polimerize proteinlerdir. Miyozin filamentlerinin yan taraflarından çıkan küçük uzantılar görülmektedir, bunlar çapraz köprülerdir. Çapraz köprüler filament boyunca tam orta bölümler dışında yüzeyden çıkıntılar yaparlar. Çapraz köprülerle aktin filamentleri arasındaki etkileşme kasılmaya neden olur. Aktin filamentlerinin uçları Z çizgisi ile birleşir. İki Z çizgisi arasında kalan miyofibril bölümüne sarkomer adı verilir (Akgün 1982, Ergen vd. 2002).

Sarkoplazma; miyofibriller, kas lifinde sarkoplazma denilen intrasellüler maddelerden ibaret bir matris içinde asılıdır. Sarkoplazma sıvısı; potasyum, magnezyum, fosfat ve protein enzimleri içerir. Miyofibrillere paralel olarak çok sayıda mitokondri bulunması, kasılabilir miyofibrillerin mitokondri tarafından üretilen adenozin trifosfata (ATP) gereksiniminin ne kadar büyük olduğunu göstergesidir.

Sarkoplazmik Retinakulum; sarkoplazma içinde bulunan zengin endoplazmik retinakulumu denir. Retinakulumun kas kasılmasının kontrolünde rolü oldukça büyüktür. Hızlı kasılan kas tiplerinde sarkoplazmik retinakulumun özellikle yoğun olması bu yapının hızlı kas kasılmasında önemli rolü olduğunu gösterir (Akgün 1982, Şemin 1996, Ergen vd. 2002).

Kasın kan akımı lokal ihtiyaca göre büyük değişiklik gösterir. İstirahat koşullarında 100 gr iskelet kasından geçen kan miktarı 4-7 cc/dk kadardır. Kasal çalışmalar esnasında çalışmanın şiddet derecesine ve bireyin kondisyon düzeyine göre bu rakam 10-20 misli artar ve 50-75 cc/dk.'ya kadar çıkar. Kastaki kan akımı kasılmalar esnasında azalırken, kasılmalar arasında artar (Dikmenoğlu 2000, Ergen vd. 2002).

Bir motor sinir hücresi ve dallarının emir ettiği kas liflerinin hepsine birden bir motor ünite adı verilir. Bir motor ünite hücre gövdesi, alfa motor nöron ve onun innerve ettiği kas liflerinden oluşur. İnce kontrolün gerektirdiği işleri yapan kaslarda (örneğin göz içi kaslarda) bir motor ünite onlarla ifade edilebilecek kadar az sayıda kas lifi yer alırken, bacakta yer alan büyük kaslarda (örneğin vastus lateralis) binlerce lif bulunabilir (Ergen vd. 2002).

2.2.1.Kas liflerinin tipleri

İskelet kası hücrelerinin çapraz köprülerinde yer alan ATPaz enziminin, ATP hidroliz hızları farklı olan iki izoenzimi vardır. Enzim aktivitesinin hızı çapraz köprü döngülerinin, dolayısıyla da kasılmanın hızını belirler. Çünkü bir hücredeki çapraz köprülerin hepsi aynı tip izoenzimi içerirler. ATPaz'ın hızına uygun bir hızda ATP sentezleyerek metabolik özelliklerle de donatılmışlardır. Kas lifleri izoenzim içeriklerine ve metabolik özelliklerine göre üç grupta incelenirler.

Yavaş oksidatif lifler (Tip I)

Hızlı oksidatif lifler (Tip IIA)

Hızlı glikolitik lifler (Tip IIB)

1.Yavaş Oksidatif Lifler(TIP I Lifler): Az miyofilaman içeren ve kasıldıklarında düşük kuvvetler oluşturan liflerdir. Elde ettikleri oksijeni sahip oldukları çok sayıdaki mitokondride, aerobik yolla ATP sentezlemek için kullanırlar. Enerji elde etmek için yağ asitlerini tercih ettiklerinden glikojen depoları zayıftır. Aerobik yolun ATP sentez hızı yavaş olsa bile hücrenin ATP harcama hızına yetişebilir. Aerobik yol sonsuz bir enerji kaynağıdır. Bu nedenle de liflerin uzun süren kasılmalar oluşturmalarına izin verir. Yavaş oksidatif lifler yorgunluğa dayanıklı olup, dayanıklılık gerektiren hareket ve egzersizlerde kullanılırlar.

2. Hızlı Oksidatif Lifler(TIPIIA Lifleri): İçerdikleri ATPaz enzimi hızlı çalıştığı halde, aerobik yolla ATP sentezlerler. Çünkü boyutları küçüktür, az sayıda çapraz köprü içerir ve düşük miktarlarda ATP kullanırlar. Gerekli enerjinin sağlanmasında aerobik yolun hızı yeterli olur. Mitokondri ve miyogloblin içerikleri yüksek düzeylerde olan bu hücreler, çok sayıda kapiller ile çevrilidirler. Orta düzeyde glikojen molekülleri ve glikoliz enzimleri de içerirler. Hızlı kasılır, yavaş oksidatif liflerden önce, hızlı glikolitik liflerden sonra yorulurlar.

3. Hızlı Glikolitik Lifler(TIP IIB Lifler): Büyük hücrelerdir. Çapları yavaş oksidatif liflerin iki katı kadardır. Geniş hacimleri içinde çok sayıda miyofilaman ve çapraz köprü barındırdıklarından kuvvetli kasılmalar oluştururlar. Kalsiyum hızlı salındığı için kasılmaya çabuk başlarlar. Miyozin ATPaz enzimleri hızlı çalıştığı için hızlı kasılırlar fakat, kasılma süreleri kısadır. Anaerobik metabolik yolu kullandıklarından glikojen depoları ve glikolitik enzim içerikleri yüksek düzeydedir. Oksijene gerek duymazlar. Genellikle çok az sayıda kapiller ile çevrelenmişlerdir. Miyogloblin ve mitokondri içerikleri düşüktür.

Anaerobik metabolik yolun yan ürünü olan laktik asidin hızla birikmesi hızlı glikolitik liflerin kısa sürede yorulmalarıyla sonuçlanır. Bu tip lifler metabolik özellikleri nedeni ile kısa süren ve kuvvet gerektiren hareketlerde kullanılmaya

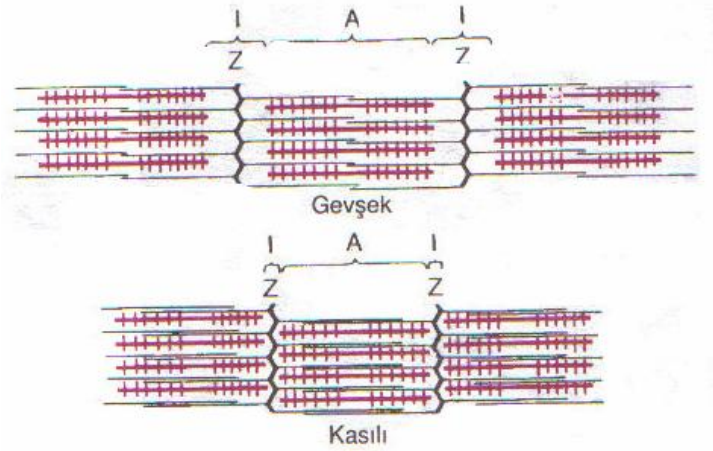
uygundurlar. Kaslarımızın içindeki hızlı glikolitik lifler, kasın büyük bir kuvvet oluşturması gerekmedikçe, çok sık kasılmazlar (Dikmenoğlu 2000).

Miyogloblin demir içeren bir molekül olduğu için oksidatif kas liflerine kırmızı bir renk kazandırır. Bu görünüm nedeni ile de oksidatif liflere kırmızı liflerde denilir. Miyogloblin içerikleri düşük olan glikolitik lifler ise beyaz lif adını alır (Weineck 1998, Dikmenoğlu 2000).

Vücudumuzdaki kaslar her üç tip lifi de içeren karışık bir yapıdadırlar. Ancak lif tiplerinin kas içindeki oranı kasın işlevine göre farklılık gösterir. Dik duruşumuzu korumak için sürekli kasılmak zorunda kalan sırt ve bacak kaslarımız dayanıklılıklarını çok sayıda yavaş oksidatif lif içermelerine borçludurlar (Dikmenoğlu 2000).

2.2.2.Kasların kasılma mekanizması

Kas kasılmasının başlangıç ve oluşum basamakları sırasıyla, aksiyon potansiyeli motor sinir boyunca kas lifindeki sonlanmasına kadar yayılır. Her sinir ucundan nörotransmitter olarak az miktarda asetilkolin salgılanır. Kas lifi membranında lokal bir alanda etki gösteren asetilkolin, membrandaki asetilkolin kapılı kanalları açar. Asetilkolin kanallarının açılması, kas lifi membranından çok miktarda sodyum iyonunun içeri girmesini sağlar. Bu olay kas lifinde aksiyon potansiyelini başlatır. Aksiyon potansiyeli sinir membranında olduğu gibi kas lifi boyunca da yayılır. Aksiyon potansiyeli kas lifi membranını depolarize eder ve kas lifi içine doğru yayılarak, sarkoplazmik retinakulumda depolanmış olan kalsiyum iyonlarının büyük miktarlarda miyofibrile serbestleşmesine neden olur. Kalsiyum iyonları, kasılma olayının esas olan filamentlerin kaymasını sağlayan, aktin ve miyozin filamentleri arasındaki çekici güçleri başlatır (Şekil 2.2.2.1). Sonra, saniyenin bölümleri içinde kalsiyum iyonları sarkoplazmik retinakulumuna geri pompalanır. Yeni bir kas aksiyon potansiyeli gelinceye kadar burada depolanır: kalsiyum iyonlarının uzaklaştırılması kasılmanın sona ermesine neden olur.



Şekil 2.2.2.1 Aktin ve miyozin filamentlerinin kayma mekanizması

Kas kasılmasının moleküler mekanizması incelendiğinde; kas gevşek durumdayken iki ardışık Z diskinden çıkan aktin filamentlerinin uçları ancak birbiri üstüne binmeye başlarken, aynı zamanda miyozin filamentlerine komşu olarak uzanmaktadırlar. Kasılı durumda ise aktin filamentleri miyozin filamentleri arasında ortaya doğru çekilmiş, dolayısıyla büyük oranda üst üste binmiştir. Z diskleri de, aktin filamentleri tarafından miyozin filamentlerinin uçlarına kadar çekilmiştir. Şiddetli kasılma sırasında, aktin filamentleri miyozin filamentlerini uçlarını bükecek kadar kuvvetle çekebilir. Böylece kas kasılması kayan filament mekanizmasıyla oluşur (Şemin 1996, Weineck 1998).

2.2.3.Kas kasılma tipleri:

Kas fizyolojisinde kasılma terimi kasın kasıldığını değil, çapraz köprülerin döngü halinde olup kuvvet vuruşları yaptıklarını ifade eder. Kasın boyunun, kuvvet ve yük arasındaki ilişkiye göre nasıl bir değişim içinde olduğuna bakılarak, kas kasılmaları üç grupta toplanır.

Statik/izometrik kasılma: Kas kasılırken boyu değişmez. Kasılmanın oluşturduğu gerilim, karşı kuvvete, yani yüke eşittir. Bir cisim sabit pozisyonda tutarken izometrik kasılma meydana gelir.

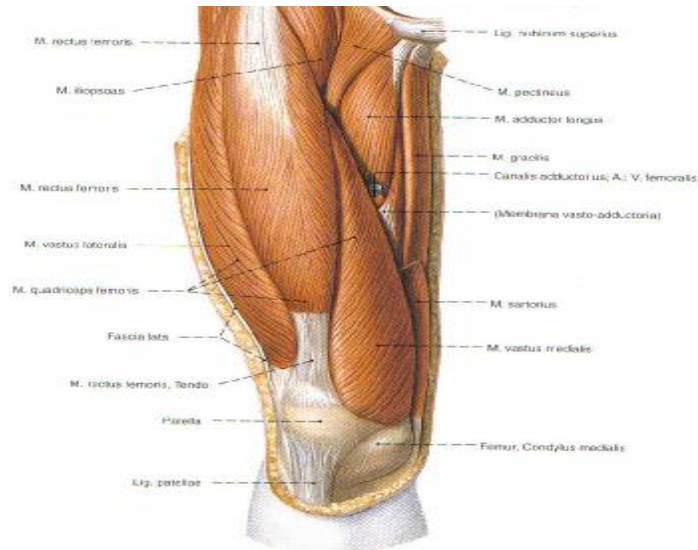
Dinamik/Konsantrik kasılma: Kasılmanın oluşturduğu gerilim, karşı koyduğu yükten büyük olup, hem yüke karşı koymaya hem de kasın boyunu kısaltmaya yarar. Kas bir yükü hareket ettirirken bu tür kasılma meydana gelir.

Dinamik/eksantrik kasılma: Kasın boyu uzarken gerilimin artması söz konusudur. Yük oluşturulan kuvvetten daha büyükse çapraz köprü döngüleri devam etse bile kas giderek uzar. Diğer kasılma tiplerine göre daha fazla güç üretebilir. Eksantrik egzersizlerle daha fazla güç kazanılır. Kasta ağrı ve hassasiyet oluşma riski yüksektir. Eksantrik kasılma daha az kas lifini aktive ederek diğer kasılma türleri kadar kuvvet oluşturulur. Daha az oksijen tüketerek daha fazla güç oluşturur.

İzokinetik kasılma: Uygulanan kuvvet ne kadar fazla olursa olsun hızı değişmez. Bu teorik olarak eklem hareket açıklığı boyunca maksimal kas gerilimi sağlanabilir (Ergen vd. 2002, Akman vd. 2003).

2.3.M. Kuadriseps Femoris

Diz ekleminin en önemli ekstansörü olan QF kası insan vücudunun en büyük ve en kuvvetli kasıdır. QF kası dinamik ve statik açıdan önemli rol oynamaktadır. Statik rolü, ayakta dururken dizin bükülmesini önlemek, dinamik rolü ise tüm koşu ve atlama egzersizlerinde olduğu gibi dizin kuvvetli bir şekilde ekstansiyonu sağlamaktır.



Şekil 2.3.1. Kuadriseps femoris kasını oluşturan kaslar

QF; Rektus Femoris (RF), Vastus Lateralis (VL), Vastus Medialis (VM) ve Vastus Intermedius(Vİ) olmak üzere 4 tane kas içermektedir. Bu dört kas ortak bir tendon ile birleşerek, diz eklemine geçer ve tüberositas tibiaya yapışır. Bu dört komponent medial ve lateral kısımlara yerleşerek patellanın femoral oluk içerisinde kalmasını sağlar. Bu komponentlerden herhangi birisinin kontraksiyonu dizin ekstansiyonuna neden olur (Weineck 1998).

RF kası; asetabulum ve anterior inferior spina iliyakadan başlar ve çift eklem katederek tüberositas tibiaya yapışır. QF kasının yarattığı ekstansör gücün yaklaşık 1/5'inden sorumludur, ancak iki eklem etkilemesi önemini arttırmakta ve ürettiği güç kalça eklemine pozisyonuna göre değişiklik göstermektedir. Hem diz ekstansörü, hem kalça fleksörü olarak çalışır. RF kası diz eklemine 30° ve 135° fleksiyon açıları arasında 40 newtonun üzerinde kuvvet üretmektedir (Mesfar ve Shirazi 2005).

VL, proksimalde yer alan longus ile distalde yer alan ve daha fazla horizontal fibrilleri bulunan obligus olmak üzere iki kısımdan oluşur (Mesfar ve Shirazi 2005).

VM kası vastus medialis obligus (VMO) ve vastus medialis longus (VML) olmak üzere iki kısımdan oluşur. VML fibrilleri femurun longitudinal çizgisi ile 15°, VMO lifleri ise 40-45°lik açı yapar. Linea aspera boyunca uyluk medialinden ve medial suprakondiler çizgiden köken alır ve patellanın medial kısmına yapışır.

Vİ femur shaftının anterior ve lateraline doğru uzanır. Uyluk anterolateralinden köken alır ve patella superioruna yapışır. QF'in derin parçasıdır (Dere 1999).

QF kasının özelliği, işlevsel gereksinimlerden dolayı iki farklı kas tipi içermesidir. RF kası, başlıca dar açılı tüysü dizilim gösteren ve hızlı kasılan liflerden oluşan; kasılma derecesinin büyük önem taşıdığı bir 'seri hareket' kasıdır. QF kasının diğer üç bileşeninde ise yavaş kasılan lifler egemendir. Bunlar da tüysü yapılanma gösterir, ama dizilimleri daha geniş açıdır ve alt ekstremitenin 'destek kolunu' olarak izometrik duruş hareketlerini gerçekleştirir (Weineck 1998).

QF dizin ekstansör mekanizmasını, tek başına üstlenen kas olmakla birlikte patellanın stabilitesine de katkıda bulunur. Geniş bir kesit yüzey alanına sahiptir ve kontraksiyon yaptığında yaklaşık 8 cm kısalabilir. Vücuttaki en güçlü kaslardan birisidir.

RF dışındaki QF'i oluşturan üç monoartiküler kas sadece diz ekstansörüdür, ancak VL ve VM medial ve lateral bir kuvvet komponenti de yaratır. Bu kasların dengeli aktivitesi uyluk eksenine boyunca toplam bir vektöryel kuvvet yaratır. Ancak bu kasların dengesizlikleri durumunda, patellayı mediale ya da laterale zorlayan kuvvetler ortaya çıkarak patellar luksasyona neden olabilir. Dört komponent arasında en büyük ve en güçlü olanı VL'tir (Akman 2003).

Ekstansör mekanizma bir kablo makara sistemi gibi hareket eder. Patellanın en temel fonksiyonu, QF tendonunun tüm hareket açıklığı boyunca çekme açısını arttırarak ve kaldıraç kolunu uzatarak etkinliğini arttırmaktır. İkincil önemli fonksiyonu ise patellar tendon ile femur arasındaki temas yüzeyini genişleterek, kayan bir yüzey yaratmak ve kompresif kuvvetlerin dağılımını sağlamaktır.

Tüm hareket açıklığı boyunca diz eklemi ekstansörleri fleksörlerden daha güçlüdür. En yüksek ekstansiyon gücü düşük hızlı hareketlerde diz ekleminin 50-70° fleksiyon açısında, en yüksek fleksiyon gücü ise 0-30° arasında elde edilir.

QF kasının günlük yaşam aktiviteleri sırasında diz eklemi üzerinde oluşturduğu gerilim kuvveti yürüme sırasında vücut ağırlığının 1-3 katına, merdiven çıkarken 3-4 katına, çömelme sırasında 5 katına kadar çıkabilir (Akman 2003).

Dizin ekstansiyonu sırasında QF'in büyük bölümü patellayı yukarı doğru çeker. Bu güç patellayı yana doğru çıkarma eğilimindedir. Bu eğik çekiş VM'in patellayı yukarı ve içe çekişi ile düzeltilir. Eğer VM zayıfsa veya felçli ise QF'in güçle kasılması patella'yı dışa doğru çıkarabilir.

Diz eklemi yaralanmalarında QF kası etkilenir. Çalışmadığı zaman kasta büyük bir hızla kuvvet kaybı oluşur. Bu durum eklem görevinin düzelmesini geciktirir. Bu

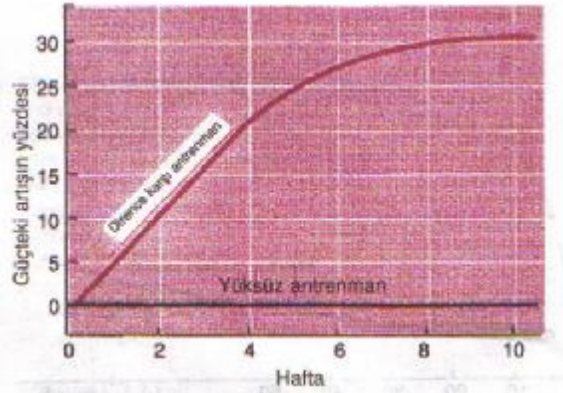
nedenle eklem tedavisi sırasında QF kası düzenli olarak kuvvetlendirme programına alınmalıdır (Weineck 1998, Dere 1999).

Sedanter kişilerde ve geriatriklerde QF atrofisi diz instabilitesine neden olmakta, bu da sık sık dejeneratif değişikliklere, menisküs yırtıklarına ve bağ yaralanmalarına yol açmaktadır. Diz ekleminde ekstansör kaslarından daha güçlü fleksör kaslara sahip olan bireylerin, yaralanmayı engellemek amacıyla fonksiyonel değerlendirilmesi yapılarak zayıf ekstansör kasların kuvvetlendirilmesi gerekmektedir (Amato vd. 2002).

2.4.Kassal Kuvvet ve Endurans

Kastaki kuvvet ve enduransı geliştirmek amacıyla kişiye, kasın normal kullanımından daha fazla gerilim oluşturulması için yükleme prensipleri uygulanmalıdır. Kas kuvveti en iyi yüksek dirençli egzersizler (maksimum veya maksimuma yakın) ve 5 tekrar ile kuvvetlenebilir. Daha düşük ağırlık ve daha çok tekrarlar kasın enduransının gelişmesine yardımcı olmaktadır (Pollock vd. 1990).

Kas kuvvet ve enduransı izometrik, izotonik ve izokinetik yollarla arttırılabilir. Çok fazla eğitim tipleri olmasına rağmen, sağlıklı bireylerde en uygun kuvvetlendirme eğitimi, izotonik olarak kabul edilmektedir. Ritmik olarak yapılabilmesi, hızın ayarlanabilmesi, hareket açıklığının tamamında yapılabilmesi, nefes kontrolünü sağlması ve katılımcıların kolay ulaşabilmesinden dolayı dirençli egzersiz, sağlıklı bireyler tarafından daha uygun bir yöntemdir (Pollock vd. 1990).



Şekil 2.4.1 Dirence karşı güçteki artışın yüzdesi

Egzersiz sırasında kas gelişmesinin başlıca etkileri şöyle sıralanabilir. Yük altında fonksiyon yapan kaslarda kuvvet artışı görülmektedir. Şekil 2.4.1'de 10 hafta dirençli eğitimden sonra kas kuvvetindeki artışın %30 olduğunu göstermektedir. Ancak dirençsiz eğitimde kas kuvvetinde değişiklik saptanmamıştır. Diğer taraftan maksimal gücün %50'sinden daha fazla güçle kasılan kaslarda kasılmalar her gün yalnızca birkaç kere tekrarlanırsa bile kas kuvveti çok kısa bir zamanda gelişir. Bu ilkedен yararlanarak kasları geliştirme deneylerinde 6 maksimuma yakın kontraksiyon, haftada üç set halinde uygulanırsa, kronik kas yorgunluğu yaratmadan, kas kuvvetini optimal düzeye çıkartmak mümkün olmaktadır. Daha önce antrenman yapmamış genç bir kişide bu direnç eğitimi programı ile 6-8 haftalık bir kuvvetlendirme programından sonra yaklaşık %30 oranında kuvvet artışı sağlanmış ancak daha sonra bir platoya eriştiği belirtilmiştir. Kuvvetteki bu artışa paralel olarak kas kitlesi de hemen hemen aynı oranda artar, buna kas hipertrofisi denir (Kayserilioğlu 1996).

Hipertrofi lif kalınlığındaki artmayı tanımlarken hiperplazi lif sayısındaki artmayı ifade etmektedir. Kas teorik olarak onu oluşturan liflerin enine kesit alanlarının tek tek kalınlaşması veya bu liflerin toplam sayısının artması ile büyümeye uğrar (Ergen vd. 2002). Ancak kasta oluşan hipertrofinin %95 veya % 100'e yakını kasın enine kesitinin artmasından kaynaklanmaktadır. Kasta hiperplaziyi uzun dönemde yapılan kuvvet eğitimleri oluşturabilir (Kraemer 1994).

İleri yaşlarda birçok kişi hareketsiz bir yaşantı sürdürdükleri için kasları ileri derecede atroftiktir. Böyle vakalarda kas antrenmanları kas gücünü en az %100 arttırmaktadır (Kayserilioğlu 1996, Reeves vd. 2006).

İnsanlarda kasların büyüklüğünü, kalıtım ve testesteron salgılanma düzeyi belirler. Testesteron, erkeklerde kadınlardan daha fazla kas gelişmesini sağlamaktadır. Ancak, kaslar antrenmanla %30-60 kadar daha hipertrofiye olabilir. Bu hipertrofinin büyük bir kısmı kas liflerinin sayılarının artmasından çok çaplarının artması sonucudur. Fakat bu tam olarak doğru değildir. Çünkü az miktarda ileri derecede genişletilmiş kas liflerinin ortalarından bölünerek lif boyunca ayrıldığına böylece yeni oluşan liflerin de lif sayısını bir miktar arttırdığına inanılmaktadır.

Hipertrofiyle kas liflerinin içinde meydana gelen değişiklikler başlıca şunlardır; miyofibrillerin sayısı hipertrofi derecesiyle orantılı olarak artar, mitokondri enzimleri %120'den fazla artar, ATP ve fosfokreatin dahil fosfajen metabolik sistemin komponentleri %60-80'e kadar artar, glikojen deposu %50 kadar artar, trigliserid deposu %75-100 oranında çoğalır. Bütün bu değişiklikler aerobik ve anaerobik metabolik sistemlerin her ikisini de arttırdığı için maksimum oksidasyon hızı ve oksidadif metabolik sistemin etkinliği %45 oranında yükselir (Kayserilioğlu 1996).

Kuvvet; bir hareketi meydana getiren, yapılmakta olan bir hareketi hızlandıran yavaşlatan veya durduran etkidir. Kas kuvveti; bir kasın kasılma sırasında oluşturabildiği maksimum gerilim miktarı veya oluşturduğu kuvvettir. Kas kuvveti, kasın kesit alanının genişliği ile doğru orantılıdır, yani kesit alanı büyüdükçe kas kuvveti artar. Egzersiz, kas liflerinin çapının artmasına ve bu yolla kasın tümünün kesit alanının genişlemesine yol açarak kas kuvvetini artırır (Saris vd. 2003, Akman vd. 2003).

Bir kasın oluşturduğu kuvvet klinik olarak test edilirken asıl ölçülen; kasın hareket esnasında oluşturduğu kuvvetin açısız/dairesel bileşenidir. Oluşan kuvveti etkileyen pek çok faktör vardır. Bunlar tendonun yapışma açısı, tendonun kuvvet-zaman ilişkisini etkileyecek şekilde gevşekliği veya sertliği, kasın uzunluğu, elastik komponentlerin katılımı ve kas hareketinin hızıdır (Pollock vd. 1990, Akman vd. 2003).

Güç; bir kasın mekanik iş yapabilme hızıdır. Yani kasın birim zamanda oluşturduğu enerjidir. Mekanik olarak güç, belirlenmiş bir açısız hızda oluşturulabilen maksimum torka eşittir. Ancak güç, genellikle daha önceden belirlenmiş bir hareket açıklığı içinde bir seferde hareket ettirilebilen maksimum ağırlık ile ölçülür. Güç ölçümünü etkileyen birçok değişken vardır. Bunlardan bazıları kasın hareketinin özelliği (ekzantrik, konsantrik, izometrik) ve ekstremitenin hareketinin hızıdır. Ayrıca uzunluk-gerginlik, kuvvet açısı ve kuvvet-zaman karakteristikleri de güç ölçümlerini etkiler (Akman vd. 2003).

Endurans dayanıklılık olarak ifade edilir. Kasların tekrarlı kasılmaları yapabilmesi veya submaksimal bir dirence karşı uzun bir süre kasılı olarak kalmaya devam edebilmesi olarak tarif edilebilir. Diğer bir deyişle endurans, yorulmaya karşı gösterilen

dirençtir. Kassal enduransın artması ile kastaki kontraksiyon zamanı ve güç üretme yeteneği artmakta ve kasın kassal yetenekleri gelişmektedir. Bir kasın izometrik kasılmayı sürdürübilme veya dinamik kasılmayı devam ettirebilme yeteneğidir (Pollock vd. 1990, Akman vd. 2003).

2.4.1.Kassal Kuvvet ve Enduransı Arttırmaya Yönelik Egzersiz Prensipleri

Yüklenme: Kuvvet ve endurans gelişimi isteniyorsa kasa belirli bir zaman içinde maksimum veya maksimuma yakın güç ve endurans kapasitesinde egzersiz yaptırılması fizyolojik bir gerekliliktir. Günlük yaşamda karşılaşılan normal dirençlere karşı çalıştırılan kas kuvvetlenmez.

Özelleşme: Kuvvetlenme yalnızca çalıştırılan kaslarda görülür. Bu eğitim özelliğinin nörolojik bir temelidir. Eğitim programının özelleşmesi eğitimin hızıyla da ilişkilidir. Bir kas yavaş hızlarda eğitilirse yavaş hızlarda kuvvetlenir ancak yüksek hızlarda kuvvetlenmez.

Şiddet: Eğitim programının şiddeti kuvvet gelişimini izlemede önemli bir faktördür. Kuvvet kazancı kasta meydana gelen gerilimle direkt olarak ilişkilidir. Kuvvet için gerekli olan uyarı tekrar sayısından çok kastaki gerilim miktarıdır. Yüklenmenin miktarı genellikle bir kas ya da kas grubunun oluşturabileceği maksimum gerilimin yüzdesi olarak belirlenir. Sporcular kuvvet kazancını arttırmak için maksimum kapasitelerinin en yüksek yüzdeleriyle çalışırlar (Akman vd 2003).

İlerleme: Bir kas grubu çalışılırken uygulanan direnç dereceli olarak arttırılmalıdır. Direnç miktarı sabit tutularak kuvvetlenme eğitimi uygulandıktan bir süre sonra başlangıçtaki direnç miktarının yetersiz kalması nedeniyle yeterli yüklenme sağlanamayacaktır (Zatsiorsky 1995, Akman vd 2003).

Direnç Kolu: Direnç kolu ne kadar uzun olursa hareketin yapılması o kadar zor olur.

Sıklık: Haftada en az 3-5 gün yapılan düzenli bir egzersiz programı oluşturulmalıdır. Endurans gelişimi için maksimum tekrar sayısı aktivitenin özel gereksinimine göre belirlenir. Yapılan iş, tekrar sayısı, yer değiştirme, direncin ve segmentin ağırlığı gibi

faktörlere bağlı olacağından kişiden kişiye farklılık gösterecektir (Zatsiorsky 1995, Akman vd 2003).

Dinlenme: Bir kuvvet eğitim programının kalitesi ve başarısı; setler arası ve egzersiz günleri arası periyotlarının uygun olmasıyla direk olarak ilişkilidir. Dirençli egzersiz ile çalıştırılan iskelet kasının uygun olarak dinlendirilmesi kas liflerinin toparlanması için gereklidir. İskelet kası yoruldukça gerginlik oluşturma kapasitesi azalmaktadır.

Isınma: Tüm kuvvetlendirme ve endurans eğitimlerinin öncesinde ısınma ve sonrasında soğuma egzersizleri yaptırılmalıdır. Isınma egzersizleri, kasların ve eklem dokularının ısınıpı arttırır ve nöromusküler sistemin eşik seviyelerine uyumunu kolaylaştırır, böylece kas ve eklemleri yaralanmalara karşı korur.

İdame: Kas kuvveti ve enduransı bir kez geliştirildikten sonra daha az sıklıkla yapılan eğitim ile elde edilen kuvvet artışı korunabilir. Kuvvet ve enduransta kayıp kazançtan daha yavaş bir şekilde gelişir. Bu nedenle, istenen bir seviyeye geldikten sonra egzersizler sırasında maksimum güç kullanıldığı sürece haftada bir ya da iki kez yapılan egzersizlerle kazancın idamesi mümkündür (Parker vd. 2003, Akman vd 2003).

Simetri: Her kas ve eklem için kuvveti ve eklem esnekliği arasında olduğu gibi agonist ve antogonist kaslar arasında da uygun bir denge sağlanmalıdır. Dengenin sağlanamaması sakatlık ve kalıcı deformiteye neden olabilir.

Yerçekimi: Yerçekimin karşı çalışıldığında maksimum direnç oluşturulur. Yatay düzlemde yapılan egzersizlerle ve eklemlerle yerçekimi çizgisinin moment kolu arasındaki mesafenin kısa olduğu durumlarda submaksimal direnç oluşturulur.

Antropometri: Egzersiz reçetesi düzenlenirken antropometrik farklılıklar göz önünde bulundurulmalıdır. Farklı ekstremiteler uzunlukları farklı kinematik oluşturur. Bu nedenle her bireyin hareketi yapma hızı farklıdır.

Yaş: İskelet gelişimini tamamlamamış bireylerin yaptıkları dirençli egzersizler sırasında fazla yüklenmeye bağlı sakatlık ve gelişimsel problemlerin ortaya çıkmamasına dikkat edilmelidir. Çocuklarda hafif ağırlık ve düşük tekrarlar tercih

edilmelidir. Yaşlılarda egzersizin etkinliği üzerine yapılan çalışmalarda ise dirençli egzersizlerin olumlu etkileri gösterilmiştir. Bu etkiler denge, kuvvet, kemik yoğunluğu ve mobilitenin gelişmesi olarak gözlenmiştir. Yaşlılar sporcuların veya gençlerin yaptığı türde sporları yapabilir ancak egzersiz şiddetinin modifiye edilmesi gereklidir. Aşırı yüklenme, porotik kemiklerde kırıklara neden olabilir.

Toplam İş: Kasın yaptığı toplam iş, yapılan tekrar sayısının kaldırılan yüke çarpımıyla bulunur. Toplam iş hacmi haftalık, aylık veya yıllık olarak hesaplanabilir ve tüm ağırlıklarla birlikte ağırlığın kaldırılma sayısını da içermelidir (Akman vd 2003).

2.4.2. Kuvvet eğitimine iskelet kasının adaptasyonu

Dirençli eğitim insan vücudunda çeşitli fizyolojik sistemleri etkilemektedir. Bu fizyolojik değişiklikler kişinin eğitim öncesi düzeyi ve programın özelliklerine bağlıdır. Dirençli egzersiz eğitiminin etkileri aşağıda açıklanmıştır.

Kas Fibrillerindeki Değişiklikler: Dirençli egzersiz ile kuvvetlendirilen kasta öncelikle kas fibrillerinde hipertrofi meydana gelir. Kas hücre sayısındaki artış anlamına gelen hiperplazi dirençli eğitime kas dokusunun majör adaptasyonu değildir. Çok az bir doku değişikliği meydana gelmektedir. Antrene olmayan bireylerde 4 hafta veya daha fazla yapılan dirençli egzersiz programlarında kas fibrillerinin çapında artış tespit edilmiştir. Önceden eğitilmiş kaslarda ağır dirençli egzersize cevap daha erken açığa çıkmaktadır. Dirençli egzersiz eğitimi ile hızlı kasılan kas liflerinde değişiklik görülmekte ve buda çapraz miyozin proteinlerindeki yoğunluktan kaynaklanmaktadır. Hipertrofinin en önemli sebebi ise protein moleküllerindeki artış değil miyozin proteinlerindeki değişiklikten kaynaklanmakta ve bu da güç üretme yeteneğini arttırmaktadır (Kraemer 1994, Weineck 1998).

Kas fibrillerinin çapraz bağlantı alanlarındaki artış, miyofibrillerdeki aktin ve miyozin fibrillerinin artışına bağlıdır. Dirençli egzersiz eğitiminin sonuçları tip I ve tip II kas fibrillerindeki çapraz köprülerin artışına, en çok da tip II fibrillerinin kontraktıl proteinlerindeki değişim olarak ortaya çıkar (Kraemer 1994).

Hücresel Adaptasyon:Ağır dirençli egzersizler, eğitimli kaslarda mitokondrial yoğunluğu azaltmaktadır. Ancak bunun tersine kasta hipertrofi meydana gelir. Bu hipertrofinin sebebi kontraktıl proteinlerindeki artıştır. Kontraktıl proteinler kapiller yoğunluktaki azalmaya neden olmaktadır. Buna rağmen azalmış mitokondrial ve kapiller yoğunluk aerobik egzersiz kapasitesinin azalmasına neden olmaz.

Kas Kuvveti:Kas kuvvetindeki artış kas proteinlerinin tipine ve miyozin filamentlerindeki değişikliğe bağlıdır. Dirençli egzersiz sonrası kas kuvvetindeki artış değerlerinde %7 ile %45 arasında değişmektedir.

Nöral Adaptasyon:İlk 5 haftalık eğitimden sonra kas kitlesinde ve kas gücündeki artış arasında bir ilişki tespit edilmiştir. Ancak kas gücündeki artışa sadece kas kitlesindeki artış sebep olmaz. Buna ilaveten; antagonist kasların inhibisyonundaki artış, sinerjist kasların kokontraksiyonu, nöral inhibisyon ve motor nöron ekstabilesindeki artış neden olmaktadır.

Kuvvetlendirme eğitim programı başladığı zaman, sinir sistemi ve kas dokusu yeteri kadar güç üretebilmek için; fizyolojik olarak bu iki sistem karşılıklı etkileşim ile adaptasyon ihtiyacı duymaktadır.

Kardiyovasküler Adaptasyon:Dirençli eğitim, aerobik eğitiminden farklı şekilde kardiyovasküler sistemde olumlu etki oluşturur. Ağır dirençli egzersizler sporcularda kalp, akciğer ve dolaşım sistemlerinin gelişmesine sebep olur. Dirençli egzersize akut kan basıncı cevabı çok fazla olduğu görülmüştür (>300-180 mmHg). Buna rağmen özellikle valsalva manevrası yapıldığında, dirençli eğitimini istirahat kan basıncına negatif etkisi olduğuna dair herhangi bir bilgi yoktur. Şiddetli egzersize daha yüksek kan basıncının tolere etme kabiliyeti pozitif yönde adaptasyon olarak yorumlanır. Endurans eğitim programının bir diğer etkisi de sporcunun maksimal oksijen tüketimini arttırmaktır. Dirençli egzersiz bu değişken üzerinde çok etkin değildir. Ağır dirençli egzersiz programları aerobik gücü arttırmaz. Ancak antremansız kişilerde dirençli eğitim sonrasında %5-8 oranında aerobik güç artabilir (Kraemer 1994, Weineck 1998).

Vücut Kompozisyonu:Dirençli eğitim vücut kompozisyonunda değişikliklere neden olabilir. Dirençli eğitim yağsız vücut kütesini artırır ve vücut yağ yüzdesini azaltır.

Kısa dönemli dirençli eğitim programları yağsız kütlede hafif artışlara yol açar. Vücut yağ yüzdesindeki değişiklikler kalori alımına ve dirençli eğitim programının metabolik yoğunluğuna bağlıdır. Yağsız kütlede optimal artış ve vücut yağ yüzdesinde azalma için ağır dirençli eğitim programına sürekli ve uzun süre devam etmek gereklidir (Weineck 1998).

*Kemiksel Adaptasyon:*Egzersizin etkin olması ve aksiyal iskelette kemik kütleini arttırmak için kalça ve omurga direk mekanik yük almalıdır. Böylece bu alanlarda kemik kütleinde lokalize artış ve fonksiyonel adaptasyon olur. Dirençli egzersiz eksternal yüke karşı seçilmiş hareketleri içerir. Bu tip eğitim kemik dokuda gelişim oluşturur (Kraemer 1994).

*Hormonal Etkiler:*Hormonlar ve egzersiz sonucu hormon seviyelerindeki değişiklikler vücudun egzersiz stresine adaptasyonunda çok önemlidir. Testesteron ve büyüme hormonu gibi anabolik hormonlar kas, kemik ve konnektif doku gelişimini etkiler. Hormonların istirahat ve egzersiz sırasında vücut fonksiyonlarını normal seviyede tutmaları için çeşitli homeostatik mekanizmaları vardır. Eğer egzersiz protokolü geniş kas gruplarını içeriyorsa ve şiddeti yeterli ise egzersizler nöroendokrin sistemi stimüle eder. Testesteron ve kortizon seviyelerindeki değişiklikler eğitim periyotlarında maksimal kuvvetteki değişikliklerle direkt ilişkilidir. Dirençli egzersizler anabolik hormonlarda önemli artışlara neden olur (Kraemer 1994, Ergen 2002).

2.5.Kas Kuvvetlendirme Yöntemleri

2.5.1.Dirençli egzersiz

Dirençli egzersiz anaerobik egzersiz çeşitlerinden birisi olarak gösterilebilir. Kullanılan birçok eğitim programları, kişinin maksimal aktivitesi ile vücut fonksiyonlarını geliştirmekte, yüksek güç üretebilmekte ve vücut imajının düzenlenmesinde yardımcı olmaktadır (Kraemer 1994, Weineck 1998).

Dirençli egzersiz eğitimi izometrik, izotonik (hidrolik sistemleri, egzersiz istasyonları, kum torbaları, dambıllar, halter, sağlık topu, elastik bant) veya izokinetik yöntemlerle yapılabilir (Pollock vd. 1990).

Sağlıklı olgularda dirençli egzersiz programlarının etkileri şu şekilde ortaya çıkmaktadır.

- Kas kuvveti ve enduransında artış
- Kemik gücünde artış
- Kan basıncında artışa neden olur.
- Kandaki Düşük Yoğunluklu Lipoprotein (LDL) düzeyinin düşmesine ve Yüksek Yoğunluklu Lipoprotein (HDL) düzeyinin yükselmesine yardımcı olur.
- Sağlıklı vücut kitlesinin devam ettirilmesine yardım eder ve vücut kompozisyonunu düzenler.
- Kardiyopulmoner fonksiyonları geliştirir.
- Pozitif vücut imajına katkıda bulunur (Coll vd. 1996).

Tablo 2.5.1.1 Fizyolojik Adaptasyonların Dirençli Eğitim ve Aerobik Eğitime göre Karşılaştırılması (Kraemer 1994).

Değişkenler	Dirençli Eğitim Sonuçları	Aerobik Eğitim Sonuçları
Performans		
Kas kuvveti	Artış	Değişiklik yok
Kas enduransı	Artış	Artış
Aerobik güç	Değişiklik yok veya biraz	Artış
Güç üretmedeki hız	artış	Değişiklik yok veya azalma
Vertikal sıçrama	Artış	Yetenekte değişiklik yok
Anaerobik güç	Yetenekte artış	Değişiklik yok
Sürat koşusu	Artış Gelişme	Değişiklik yok veya çok az gelişme
Kas Fibrilleri		
Fibril büyüklüğü	Artış	Değişiklik yok veya biraz artış
Kapiller yoğunluk	Değişiklik yok veya	Artış
Mitokondrial yoğunluk	azalma Azalma	Artış Değişiklik yok veya biraz
Hızlı çapraz köprüler	Bir miktar artış	azalma
Enzim aktivitesi		
Kreatin fosfokinaz	Artış	Artış
Miyokinaz	Artış	Artış
Fosfofruktokinaz	Artış	Kararsız
Laktat dehidrejenasyonu	Değişiklik yok veya kararsız	Kararsız
Metabolik enerji depoları		
ATP deposu	Artış	Artış
Kreatin fosfat deposu	Artış	Artış
Glikojen deposu	Artabilir	Artış
Trigliserid deposu		

Konnektif doku		
Ligament kuvveti	Artabilir	Artış
Tendon kuvveti	Artabilir	Artış
Kollajen içerik	Artabilir	Kararsız
Kemik yoğunluğu	Değişiklik yok veya artış	Artış
Vücut kompozisyonu		
Vücut yağ yüzdesi	Azalma	Azalma
Serbest yağ hücreleri	Artış	Değişiklik yok

Ağır dirençli egzersizler kasların kesit alanlarında hipertrofiye neden olmaktadır. Ancak dirençli egzersiz ile yapılan çalışmalar incelendiğinde kas hipertrofisi ile kuvvet arasında zayıf ilişkiler saptanmıştır. Bu çalışmalar sırasında olguları takip etmedeki zorluklar, sakatlanma ve yorgunluktan dolayı çalışmalar kısa tutulmuştur. Kuvvetin erken ve yüksek değerlerle oluşmasını isteyen araştırmacılar yüksek yoğunlukta ve kısa sürede yaptıkları dirençli egzersizlerle kuvvetlendirme çalışmalarında ya kuvvet elde edememişler ya da az kuvvetlenme ile çalışmalarını sonuçlandırmışlardır (Sale 1988, Chilibeck vd. 1998).

Dirençli egzersizler tek bir eklemi (örneğin: leg ekstansiyon, leg curl) veya birden fazla eklem (leg pres, bench pres) içeren yöntemlerle uygulanabilir.

Bench pres ve leg pres gibi kompleks egzersizlerdeki kuvvet artışının, tek eklemi içeren egzersizlere oranla daha geç olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bu kompleks egzersizler nöral adaptasyonunda gecikmesine neden olmaktadır (Chilibeck vd. 1998).

Dirençli egzersiz ile kuvvetlendirme yöntemlerinde sinerjist kaslar ve vücudun antigravite kasları da kuvvetlenmektedir. Genç erişkin bireylerde leg pres ve bench pres gibi uygulanan kuvvetlendirme yöntemlerinde bireylerin vücut imajının da düzeldiği ve yağsız vücut kütlesinin arttığı belirlenmiştir (Calder vd. 1994).

Kas gücünü ve kuvvetini geliştirmek amacıyla yapılan dirençli egzersizlerde tekrar sayısının 6-12 arasında olması gerekirken, 20 veya daha fazla tekrar sayısı ile yapılan egzersizler kassal endüransı geliştirmek amacıyla yapılmaktadır. Kişinin 1 kez kaldırabildiği ağırlık miktarı 1 Maksimum Tekrar (MT) olarak belirlenmektedir (Heyward 1998).

1 MT'ın %60 ve daha az yoğunlukta uygulanan dirençli egzersizler kassal endüransı geliştirmektedir. Ancak bu yüzdelerle çalışılan kaslarda kuvvet artışı da görülebilir. Eğer amaç kastaki kuvvet artışını hızlı bir şekilde sağlamaksa %80 ve daha fazla dirençlerle çalışılmalıdır. Sadece kassal endüransı geliştirmek için yapılan egzersizler ise 1 MT'ın %30'u ile 20 veya daha fazla tekrar ile yapılmalıdır (Heyward 1998).

Başka bir deyişle 5-7 ile 10-12 maksimum tekrar ile yapılan çalışmalar kas gücünü en fazla arttıran yüklerdir. Ancak daha çok yapılan tekrar sayıları ile yapılan eğitimde nöral uyum geliştiği çalışmalarda gösterilmiştir (Zatsiorsky 1995).

Dirençli egzersiz programı periyodik artışlar ile devam etmelidir. Bu şekilde yapılan egzersize ilerleyici dirençli egzersiz adı verilmektedir. Böylece kas yaralanması ve kassal yorgunluk engellenmiş olur. Tipik olarak kasta meydana gelen kuvvetlenme sonrasında çalışılan ağırlık miktarı değerini kaybeder. Bu nedenle dirençli egzersiz ile eğitim süresince 2 haftada bir bireylerin 1 MT'ının belirlenmesi ve çalışma ağırlığı yeni bulunan değere göre değiştirilmesi gerekir (Reeves 2006).

2.5.2. Elektrik stimülasyonu

1700'lerin sonlarında Luigi Galvani ve Alessandro Volta hayvan kas ve sinirleri üzerine elektriğin etkilerini araştırmışlardır. 1800'lerde de hayvan deneyleri üzerine yapılan çalışmalar devam etmiştir (DeVahl 1992).

1831'de Michael Faraday akım üreten elektrik jeneratörü icat etmiştir. Yüzyılın ortalarında D.B. Duchenne elektroterapinin fizyolojisini inceleyen "Elektroterapinin Temeli" adlı çalışmasını yayınlamıştır. Ayrıca Duchenne motor nokta ve kas hareketlerini bulan kişi olarak bilinmektedir (DeVahl 1992).

Nöromusküler dokuya elektriksel akım uygulayarak kas kontraksiyonu alınması 18. yy'dan beri tanımlanmaktadır. Sağlıklı fakat zayıflamış kasa elektriksel akım uygulanması ile kasta kontraksiyon alınmasıyla yapılan kas eğitime Nöromusküler Elektriksel Stimülasyon (NMES) denilmektedir. Elektrik stimülasyonu kasta egzersiz eğitiminin etkilerine benzer şekilde intramusküler kan dolaşımını, maksimal gücü ve endüransı geliştirmektedir (Bax vd. 2005).

Elektrik stimülasyon aletleri günümüzde bol miktarda bulunmaktadır ve bunlar taşınabilir, kolay uyum sağlayan, rahat ve güvenilir özelliklere sahiptir. Ayrıca hasta tarafından evde uygulanabilen formları da mevcuttur. Rehabilitasyona ayrılan zamanı kısaltması, böylece sağlık giderlerini azaltması, hastanın işine dönüş sürecini ya da bağımsız yaşama dönüş sürecini hızlandırması elektrik stimülasyonunun en önemli yararlarıdır (DeVahl 1992).

Elektrik stimülasyonun güvenli ve etkin olarak kullanıldığı alanlar, kullanmama atrofisinin tedavisi, eklem hareket açıklığının artırılması, kas re-edukasyonu ve fasilitasyonudur. Diğer alanlar ise spastisite tedavisi, ortez yerine kullanma, sağlıklı kasta motor katılımı artırmak olarak sıralanabilir (DeVahl 1992).

Elektrik stimülasyonu atletik performansı artırmada olduğu kadar çeşitli nörolojik ve muskuloskeletal durumlarda da hastaların fonksiyonlarını geliştirmek için olağanüstü bir potansiyele sahiptir. Optimal tedavi elde etmek için gereken spesifik dozları belirlemeye yönelik daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Ayrıca, kısa ve uzun dönem elektrik stimülasyonu programlarının uzun dönem fizyolojik etkilerini açıklayan daha fazla bilgi gerekmektedir (DeVahl 1992).

Elektrik stimülasyonu sağlıklı bireylerde ve sporcularda kas eğitiminde kullanılan bir modalite olarak gösterilmektedir. Elektrik stimülasyonunun birkaç seansından sonra özellikle QF kasında maksimal istemli kas kontraksiyonunun arttığı belirtilmiştir. Elektrik stimülasyonu ile kas hipertrofinin yanı sıra elektromiyografi (EMG) aktivitesi ve aktivasyon seviyesinde de artış gözlenmiştir (Maffiuletti vd. 2002, Bax vd. 2005, Gondin vd. 2006).

Bu etkileri nedeni ile elektrik stimülasyonu spor tıbbı ve fonksiyonel rehabilitasyon alanında kas kuvvetlendirilmesinde ve istemli kas aktivitesinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden birisidir. 1970'lerde Rusya'da Kotz'un yaptığı çalışmaların sonuçlarının etkisi ile innerve kaslarda nöromüsküler elektrik stimülasyonun kuvvetlendirme etkisini inceleyen çalışmalar hız kazanmıştır. Çok sayıda araştırmada elektrik stimülasyonu sağlıklı iskelet kaslarını kuvvetlendirme, diz cerrahisinden sonra kassal fonksiyonun geliştirilmesi ve immobilizasyon sırasında atrofiyi önleme üzerine etkileri incelenmiştir (Allen vd. 1995).

QF kas gücünü kısa sürede arttırmak amacıyla elektrik stimülasyonu kullanılabilir. Günde 10 dakika uygulama ile 10 kontraksiyon elde edilerek haftada 3 kez yapılan elektrik stimülasyonu sağlıklı olgularda başarılı sonuçlar vermektedir ve bu teknik hasta popülasyonu içinde uygulanabilir bir teknik olarak kabul edilmektedir. Haftada bir veya iki kez yapılan eğitim protokolleri de hasta popülasyonunda QF kas kuvvetini arttırmaktadır (Parker vd. 2003).

Elektrik stimülasyonu motor nöronları aktive ederek istemsiz kas kontraksiyonu sağlayan noninvaziv tedavi yöntemlerinden birisi olarak kullanılmaktadır. Elektrik stimülasyonu Transkutanöz Elektrik Nervous Stimülasyonu (TENS) gibi ağrıyı azaltmak amacı ile de kullanılabilir (Zizic vd. 1995).

Son yıllarda sporcularda transkutanöz kas stimülasyonu kuvvetlendirme eğitim yöntemi olarak kullanılmaktadır. Bu teoride elektrik stimülasyonunun tek avantajı istemli olarak çalıştırmada zorlanılan hızlı motor fibrillerinin aktivasyonunu sağlamaktır. Elektrik stimülasyonu süresince katılan motor ünitlerin büyüklüğü değil öncelikle olgularda hızlı ve ani motor fibril aktivasyonu sağlanmasıdır. Bu nedenle de elektriksel akım kasların eksternal kısımlarına yüzeysel yerleştirilerek uygulanmaktadır.

Günümüzde elektrik stimülasyonu profesyonel sporcularda ve sadece izole kas grubuna yönelik olarak kullanılmaktadır.

Genel olarak elektrik stimülasyonunun en yaygın protokolü Russian Protokolü olarak bilinir ve protokol kullanımında; sinyal sinüzoidal veya triangüler, frekans: 2.500 Hz civarında, modülasyon: 50 Hz, kontraksiyon süresi: 10 sn, dinlenme 50 sn,

kontraksiyon sayısı günde 10 kontraksiyon ve haftada 5 seans olmak üzere uygulanmaktadır.

Russian akımlarının direk fizyolojik etkisi hücresel düzeydedir. Ancak doku üzerine de segmental ve sistemik etkileri vardır. Russian akımı kas kuvveti ve eklem hareket açıklığının artırılmasında, kronik ödemin azaltılmasında etkili olduğu belirtilmiştir (Vladimir 1995).

2.5.3.Süperempoze tekniği

Elektrik stimülasyonunun istemli kas kontraksiyonu ile birlikte kullanılması ilk defa Denny-Brown (1928) ve Metron (1954) tarafından Süperempoze tekniği olarak tanımlanmıştır. Araştırmacılar istemli kontraksiyonla birlikte motor sinirlere elektrik şoku vererek kas kuvvetine etkinliğini araştırmışlardır. Bu çalışmaların rehberliğinde günümüze kadar süperempoze tekniği kas kuvvetlendirme yöntemlerinden birisi olarak literatürde yerini almıştır. Allen ve ark. (1995), Behm ve ark (2002) süperempoze tekniğini kas kuvvetini ölçmek için kullanmışlardır.

Kas kuvvetlendirilmesinde amaç daha fazla motor üniteyi aktive ederek kas kontraksiyon gücünde artış meydana getirmektir. Elektrik stimülasyonu ve istemli kas kontraksiyonu birlikte uygulanması teorik olarak tek başına istemli kas kontraksiyonu kullanılmasından daha fazla motor üniteyi aktive edeceği düşünülmektedir. İstemli kas kontraksiyonu ile birlikte elektrik stimülasyon uygulamasında iki çeşit teknik kullanılmaktadır. Birincisi Hızlı İnterpolasyon Tekniği (ITT)'dir. Bu teknik kası uyaran sinirin stimülasyonunu içermektedir. İkinci teknik ise Yüzeyel Elektriksel Stimülasyon Tekniği (PST)'dir. Bu yöntem de ise kasın motor noktasına stimülasyon uygulanmaktadır. Bu iki teknik arasındaki farklılık sadece elektriksel olarak stimüle edilen noktaların lokalizasyonudur (Paillard vd. 2005).

Süperempoze tekniği sağlıklı bireylerde, nörolojik ve ortopedik vakalarda kuvvet eğitimi için kullanılmaktadır. Kas kontraksiyonu ile birlikte kasa uygulanan kas elektrik stimülasyonu kasın nöral adaptasyonu, kas aktivasyonunu ve uyarılan motor ünite sayısını arttırmaktadır. Nörolojik vakalarda yürüme ve merdiven inip çıkma eğitimi

sırasında oluşan kas kontraksiyonu ile birlikte elektrik stimülasyonu uygulamaları yapılmıştır (Newsam ve Baker 2004).

Süperempoze tekniği birden çok kas grubunun içerdiği aktivitelerde yetersiz kalırken, özel kaslara yönelik yapılan kuvvetlendirme eğitimlerinde daha başarılı sonuçlar vermektedir (Strojnik 1990, Strojnik 1998)

Araştırmacılar tarafından süperempoze tekniği çalışmalarda farklı şekilde uygulanmıştır. Bu teknik içerisinde amaç egzersiz ile elektrik stimülasyonunu bir arada kullanmaktır. Wolf ve ark. (1986) çömelme egzersizleri ile, Currier ve ark. isometrik egzersizle, Buhmann ve ark. (1998) isokinetik cihazla, Paillard ve ark. (2005) merdiven çıkarken, Newsam ve ark. (2004) stroke sonrası yürüme ve merdiven eğitimi sırasında elektrik stimülasyonunu kombine olarak uygulamışlardır.

Elektrik stimülasyonunun tek başına uygulanmasının QF kasının izometrik gücünü artırmaktadır. Ancak yapılan bazı çalışmalarda istemli egzersizin tek başına kullanımının ya da elektrik stimülasyon ile kombinasyonunun önemli oranda fark oluşturmadığını göstermiştir (DeVahl 1992).

3.MATERYAL ve METOT

3.1.Amaç:

Bu çalışma Süperempoze elektrik stimülasyon tekniğinin sağlıklı QF kasının fiziksel fonksiyonlarına olan etkisini belirlemek, dirençli egzersiz ve elektrik stimülasyon ile karşılaştırmak amacıyla planlanmıştır.

3.2.Çalışmanın Yapıldığı Yer

Çalışmamız Pamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu'nda gerçekleştirilmiştir.

3.3.Çalışma Süresi

Bu çalışma Şubat 2006 ile Kasım 2006 tarihleri arasında yapılmıştır.

3.4.Katılımcılar

Pamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu'nda öğrenim gören, herhangi bir sistemik hastalığı bulunmayan, nöromusküler defisiti ve diz patolojisi olmayan sağlıklı öğrenciler çalışmaya dahil edilmiştir. Araştırma öncesi tüm olgular araştırma ile ilgili bilgilendirilmiş ve olguların yazılı onayları alınmıştır. Olguların kuvvetlendirme eğitimine devamlılıkları sorun yaratmaması açısından istekli ve gönüllüler çalışmaya dahil edilmiştir. Aktif olarak herhangi bir spor dalı ile ilgilenen ve düzenli egzersiz programına katılan olgular çalışmaya dahil edilmemiştir. Ayrıca gönüllülerin 6 haftalık kuvvetlendirme eğitimi süresince bütün sportif aktivitelerinden ve kuvvetlendirme yöntemlerinden uzak durmuşlardır.

Çalışmaya seçilen 57 olgudan hemanjiom, patellafemoral ağrı, testler sırasında oluşan instabilite, ayakbileği spraini, senkop, QF'te oluşan hematoma gibi sağlık problemleri nedeniyle 7, çalışmaya düzenli devam etmeyen 2 kişi olmak üzere toplam 9 kişi çalışma dışı bırakılmıştır. Kuvvetlendirme eğitim programını toplam 48 olgu tamamlamıştır.

Çalışma gruplarında bireylerin dominant ekstremitelerindeki QF kası ile çalışılmış, nondominant ekstremitesindeki QF kası kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir.

Olgular elektrik stimülasyonu, dirençli egzersiz ve süperempoze tekniği olmak üzere 3 gruba ayrılmışlardır.

1. Elektrik Stimülasyon Grubu (ESG) 15 kişi
2. Dirençli Egzersiz Grubu (DEG) 17 kişi
3. Süperempoze Grubu (SEG) 16 kişi

Olgulara günde 2 set olmak üzere 10'ar dakika, haftada 3 gün ve toplam 6 hafta boyunca kuvvetlendirme eğitimi uygulanmıştır. Elektrik stimülasyonunda 10 sn kontraksiyon 50 sn dinlenme, kuvvetlendirme eğitiminde 10 sn maksimum istemli kontraksiyon 50 sn dinlenme, süperempoze tekniğinde ise elektrik stimülasyonu ve kuvvetlendirme eğitimi ile aynı anda uygulanmış ve 10 sn kontraksiyon 50 sn dinlenme olacak şekilde düzenlenmiştir.

3.5.Değerlendirme

Olguların yaş, cinsiyet, boy, kilo, dominant alt ekstremite, kuvvet eğitim programının tipi oluşturulan bir formla değerlendirilmiştir (Ek 1). Tüm olgular kuvvet eğitimi öncesi ve sonrasında aşağıda belirtilen değerlendirme yöntemleri ile iki kez değerlendirilmiştir.

Bireylerin dominant ekstremitelerinin belirlenmesinde, öne sıçrarken ve önlerine doğru yuvarlanan topa vurmaya için tercih ettiği ayağı göz önünde bulundurularak belirlenmiştir (McLoda 2000, Hass vd. 2003).

Olgular eğitimden önce bir hafta süresince 3 seans familiarizasyon çalışmaları yapmışlardır (Ploutz ve Giamis 2001, Dias ve ark. 2005). Ayrıca testlere ve kuvvetlendirme eğitimine katılmadan önce olgular 5 dakika bisiklet ergometresinde ısınma programına alınmışlardır (Wayne 2004).

3.5.1. Antropometrik ölçümler

3.5.1.1. Çevre ölçümü:

Ölçüm kişi ayakta, ayakları birbirinden yaklaşık 10 cm. açık ve vücut ağırlığı iki ayağa eşit aktarılmış pozisyonda diz eklemi çevresi, diz ekleminin 5 cm ve 15 cm üzeri olmak üzere 3 bölgeden ölçüm yapılmıştır. Ölçüm için elastik olmayan bir mezura kullanılarak, her iki taraf değerlendirilmiştir (Otman vd. 1995).



Şekil 3.5.1.1.1. Uyluk çevre ölçümü

3.5.1.2.Skinfold ölçümü:

Deri kıvrım kalınlığını ölçmek için Saehan Skinfold kaliper kullanılmıştır.



Şekil 3.5.1.2.1 Skinfold ölçümünde kullanılan Saehan Skinfold Kaliperi

Ölçüm ayakta duruş pozisyonunda, vücut ağırlığı ölçüm yapılmayan ayak üzerine aktarılmış olarak yapılmıştır. Ölçüm yapılan ekstremitenin dizi hafif fleksiyonda, ayağı yer ile temasta gevşek bir durumdadır. Kalça eklemi ile patellanın proksimal kenarı arasındaki uzaklığın orta noktası önceden işaretlenmiş ve ölçüm yapılmıştır. Ölçüm 3 kez tekrarlanmış ve ortalaması alınarak mm cinsinden kaydedilmiştir (Otman vd. 1995). Ölçümler arasında 2 mm'den fazla fark bulunduğu dördüncü bir ölçüm yapılmıştır (Heyward 1998).



Şekil 3.5.1.2.2 Uyluk skinfold ölçümü

3.5.2. Kuvvet ölçümleri

3.5.2.1. Bir Maksimum Tekrar (MT)

Ölçüm için olgular Vectra 4800 ON-LINE (USA) egzersiz istasyonunda arkası destekli 110° kalça fleksiyonu, 100° diz fleksiyonu olacak şekilde pozisyonlanmıştır (Linnamo vd. 2000). Ayrıca olguların ayakları test ve kuvvet eğitimleri sırasında ayak tablasına nötral olarak yerleştirilmiştir (Serrao vd. 2005).



Şekil 3.5.2.1.1 Bir MT ve Üç MT'in ölçüm pozisyonu

A. Ayak yerleşimi

B. Test pozisyonu

Dereceli olarak ağırlık eklemeleriyle olguların bir kerede kaldıracabilecekleri maksimum ağırlık miktarı hesaplanmış, bu ağırlık birden fazla kaldırıldığında ağırlık artırılarak test tekrarlanmıştır (Pollock vd. 1990, Chromiak vd. 2004).

Olgulara teste başlamadan önce bir hafta içerisinde yapılan 3 famularizasyon dönemi içinde 2-3 denemeden sonra olguların 1 MT'ı belirlenmiştir. Bel ağrısının önlenmesi için bel lordozunu korumaları, el tutacak yerlerinden tam destek almaları ve derin nefes alarak testi uygulamaları istenmiştir (Arciero vd. 2001, Wayne vd. 2003, Phillips vd. 2004).

3.5.2.2. Üç Maksimum Tekrar

Katılımcılar egzersiz istasyonunda arkası destekli 110° kalça fleksiyonu, 100° diz fleksiyonda olacak şekilde (şekil 3.5.2.1.1) pozisyonlanmıştır (Linnamo vd. 2000).

Testten önce olguların 3 kez kaldırabildiği, 4 kez kaldıramadığı ağırlıklarla 3 kez deneme yapılmıştır. Bir hafta süren 3 seans familiarizasyon döneminden sonra olguların 3 MT'ı belirlenmiştir (Arciero vd. 2001, Wayne vd. 2003).

3.5.2.3. Maksimum İzometrik kas Kuvvetinin Ölçümü

Olgular yatak kenarında kalça ve diz 90° fleksiyonda olacak şekilde pozisyonlanmıştır. Olgunun maksimum istemli kontraksiyon yaparak dizini tam ekstansiyona getirmesi istenmiştir. Hand Held Dinamometre (HHD) bacağın distal kısmına yerleştirilmiş ve direnç verilmiştir. Olguların bu pozisyonu 4-5 saniye koruması istenmiştir. Test 3 kez tekrar edilmiş ve dijital göstergede görülen en yüksek güç Newton cinsinden kaydedilmiştir (O'Sullivan vd. 2001, Bohannon 2005).

HHD'nin güvenilirliği Martin ve ark. (2006) tarafından ispatlanmıştır.

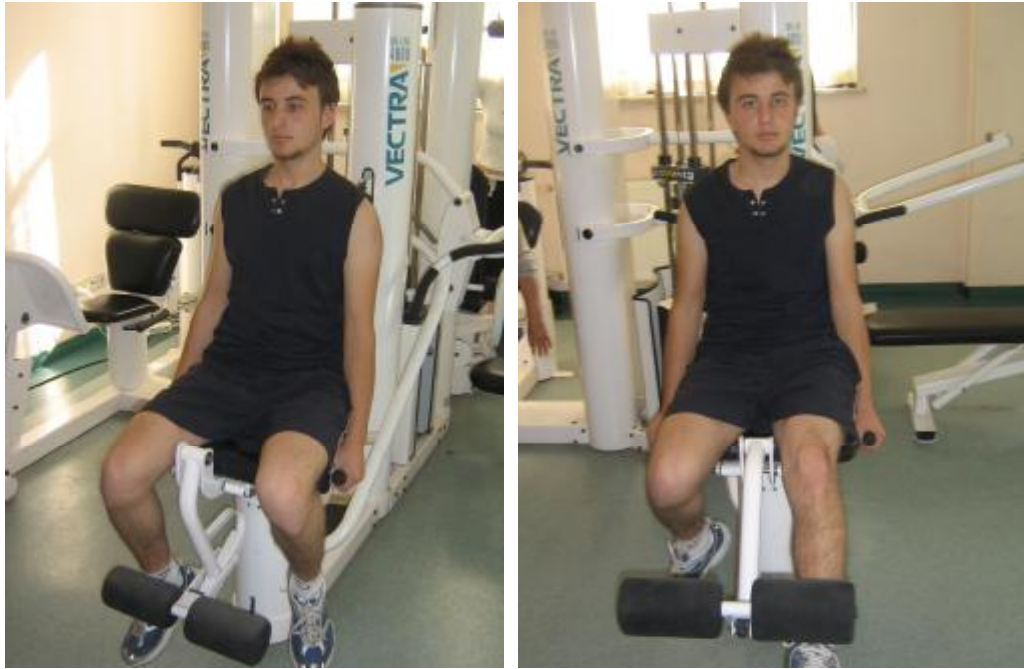


Şekil 3.5.2.3.1. Hand Held Dinamometre test pozisyonu

3.5.3.Endurans testleri

3.5.3.1.Sabit ağırlıkla çalışma tekrarı

Ölçüm için olgular Vectra 4800 ON-LINE (USA) egzersiz istasyonunda arkası destekli bir şekilde kalça ve diz 90° fleksiyonda olacak şekilde pozisyonlanmıştır. Olgular sabit 10p ağırlık ile yoruluncaya kadar tekrarlı olarak çalıştırılmış ve tekrar sayıları kaydedilmiştir (Baskan 2004).



Şekil 3.5.3.1.1. Sabit ağırlıkla çalışma tekrarı test pozisyonu

A.Başlangıç pozisyonu

B.Test pozisyonu

3.5.3.2.Step-up testi

Step Up testi için olgulardan 45 cm yüksekliğinde basamağa tek ayakları üzerinde çıkıp inmeleri istenmiştir (Witvrouw vd. 2004). Olguların yapabildikleri tekrar sayısı kaydedilmiştir. Dominant ve nondominant taraf ayrı ayrı değerlendirilmiştir.



Şekil 3.5.3.2.1. Step-up test pozisyonu

A.Başlangıç pozisyonu

B.Bitiş pozisyonu

3.5.3.3.Step-down testi

Step-down test prosedürü için 45 cm'lik platform kullanılmış ve olguların bu platform üzerinden tek ayakları ile zemine değip tekrar basamak üzerine çıkmaları istenmiştir (Witvrouw vd. 2004). Olguların yapabildikleri tekrar sayısı kaydedilmiş, dominant ve nondominant ekstremiteler ayrı ayrı değerlendirilmiştir.



Şekil 3.5.3.3.1. Step-down test pozisyonu

A. Başlangıç pozisyonu

B.Bitiş pozisyonu

3.5.3.4. Tek ayak üzerinde çömelme testi

Bu test ekstremitte ekstansör kas kuvvetini ölçmek için kullanılmıştır. Fonksiyonel bir kısıtlama olup olmadığını değerlendiren bir testtir. Olgulardan test edilecek bacak üzerinde, diğer ayak yerle temas etmeyecek şekilde kendi vücut ağırlığı ile çömelmeyi tekrar edebilme sınırlarına kadar devam etmeleri istenmiş ve sonuçlar her iki bacak için kaydedilmiştir (Ergun vd. 1997, Güney 2006).



Şekil 3.5.3.4.1. Tek ayak üzerinde çömelme testi

3.5.4. Fonksiyonel testler

3.5.4.1. Tek ayak üzerinde öne sıçrama

Bu test sağlıklı sporcularda ve ACL hasarı olan hastalarda Tegner tarafından tanımlanmış ve güvenilirliği test edilmiştir (Tegner vd. 1986,).

Olgu tek ayak üzerinde ayakta durur, elleri arkada kenetlenmiş pozisyonda öne doğru sıçrar ve o pozisyonda kalır. Test sırasında kolların arkadan öne gelmemesine ve dengenin bozulmamasına dikkat edilmiştir. Başlangıç pozisyonundaki parmak ucu ile sıçradıktan sonraki topuk mesafesi cm cinsinden ölçülmüştür. Ölçüm her bir bacak için

3 kez tekrar edilmiştir. Test önce sağ bacakla başlanmış, sonra sol bacak ile tekrar edilmiştir. 3 sıçramada da sıçrama uzunluğunda artış görüldüğünde ise sıçrama uzunluğunda artış olmayınca kadar ek sıçramalar yaptırılmıştır. En iyi performans not edilmiştir. Ölçüm için elastik olmayan bir mezura kullanılmıştır (Östenberg vd. 2000).



Şekil 3.5.4.1.1. Tek ayak üzerinde öne sıçrama

3.5.4.2.Üçlü sıçrama

Bu test Risberg tarafından sağlıklı sporcular üzerinde tanımlanmış ve güvenilirliği test edilmiştir (Risberg vd. 1995).

Olgu her iki ayağı üzerinde durmuş, elleri sıçrama sırasında yardımcı olması için serbest tutulmuştur. Sıçrama her iki ayağı üzerinden sağ ayak üzerine daha sonra sağ ayakla bir kez daha, en son olarak iki ayak üzerinde sıçrama yapılmıştır. Sıçramalar 3 kez sağ ayakla 2 kez sol ayakla tekrar edilmiştir. Eğer olgular 3 sıçrama boyunca sıçrama mesafelerini arttırdılar ise sıçrama mesafesinde artış gerçekleşmeyene kadar ek sıçramalar ilave edilmiştir. En iyi performans cm cinsinden not edilmiştir. Ölçüm için elastik olmayan bir mezura kullanılmıştır (Östenberg vd. 2000).



Şekil 3.5.4.2.1. Üçlü sıçrama

A. Başlangıç pozisyonu

B. Sıçrama Pozisyonu

3.5.4.3. Vertikal sıçrama

Alt ekstremitte kas iş gücünün hesaplanmasında kullanılmaktadır. Vertikal sıçrama ilk kez Sargent tarafından 1921 yılında tanımlanmıştır. Olgular duvardan 15 cm uzaklıkta sıçrama tahtasına yan dönük olacak şekilde ayakta durması ve dominant taraf kolunu 180 derece fleksiyon, dirsek ekstansiyonuna getirerek orta parmağı ile ulaşabileceği son noktayı pudra ile işaretlemesi istenmiştir. Daha sonra dizler hafif fleksiyona getirilerek kuvvet alınmasına izin verilerek sıçrayabileceği kadar yukarı sıçrayarak ulaşabileceği son noktayı tekrar işaretlemesi istenilmiştir. Belirlenen iki nokta arasındaki mesafe ölçülüp cm cinsinden kaydedilmiştir. Test üç kez tekrarlanarak en iyi olan değer alınmıştır (Östenberg 2000).



Şekil 3.5.4.3. Vertikal sıçrama testi

A. Parmak İşaretlenmesi

B. Sıçrama pozisyonu

3.5.5. Yorgunluk ve ağrı skalası

3.5.5.1. Modifiye Borg skalası

Modifiye Borg Skalası efor sonucu ortaya çıkan muskuloskeletal yorgunluğun değerlendirilmesinde sık kullanılan objektif bir skaladır. Çalışmada bu skala egzersizin genel yorgunluk düzeyine etkisini incelemek amacıyla kullanılmıştır (Nelly vd. 1992, Woods vd. 2004).

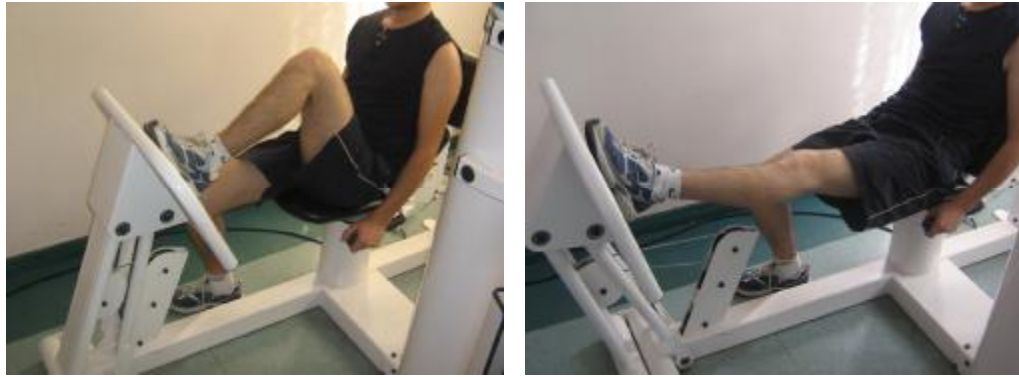
3.5.5.2. Visüel analog skalası (VAS)

Olguların elektrik stimülasyonu ile verilen akım şiddetinin oluşturduğu ağrı VAS ile değerlendirilmiştir. Bu skaladaki 0 değeri ağrının olmadığını, 10 değeri ise dayanılmaz ağrıyı göstermektedir. Olguların akım şiddeti miktarları 6-8 düzeyindeki VAS değerleri ile sabitlenmiştir. Olgular en fazla 8 şiddetinde ağrı hissedene kadar akım açılmıştır (McLoda vd. 2000).

3.6.Kuvvet Eğitim Grupları

Çalışmamıza dahil edilen olgular randomize olarak 3 kuvvet eğitimi grubuna ayrılmıştır. 1. gruba Leg Preste dirençli egzersiz (DEG) kuvvetlendirme eğitimi, 2. gruba elektrik stimülasyonu (ESG) ile kuvvetlendirme eğitimi, 3. gruba ise süperempoze tekniği (SEG) ile kuvvetlendirme eğitimi uygulanmıştır. Tüm olgular haftada 3 gün olmak üzere 6 hafta boyunca toplam 18 seans kuvvet eğitimine alınmışlardır (Carroll vd 1998). Tüm olgulara bir seansta 2 set 10 tekrarlı eğitim, setler arasında 5 dakika dinlenme periyodları ile verilmiştir.

DEG'daki olguların kuvvetlendirme eğitiminde kullandıkları leg presin başlangıç pozisyonu olguların kalça eklemi 110 derece, diz eklemi 100 derece fleksiyonda olacak şekilde istasyon düzenlenmiştir. Olgulardan 100 derecelik diz fleksiyonundan tam ekstansiyon yapması istenmiştir (Linnamo vd. 2000). Kuvvetlendirme eğitimi süresi içerisinde iki haftada bir 1 Maksimum tekrarı belirlenerek çalışma ağırlıkları 1 Maksimum tekrarın % 60-80 aralığında olacak şekilde eğitim ağırlığı değiştirilmiştir (Wathen 1994, Kraemer vd. 2002, Ishii 2003, Reeves 2006).



Şekil 3.6.1.Dirençli egzersiz grubu eğitim pozisyonu

A. Başlangıç pozisyonu

B. Test pozisyonu

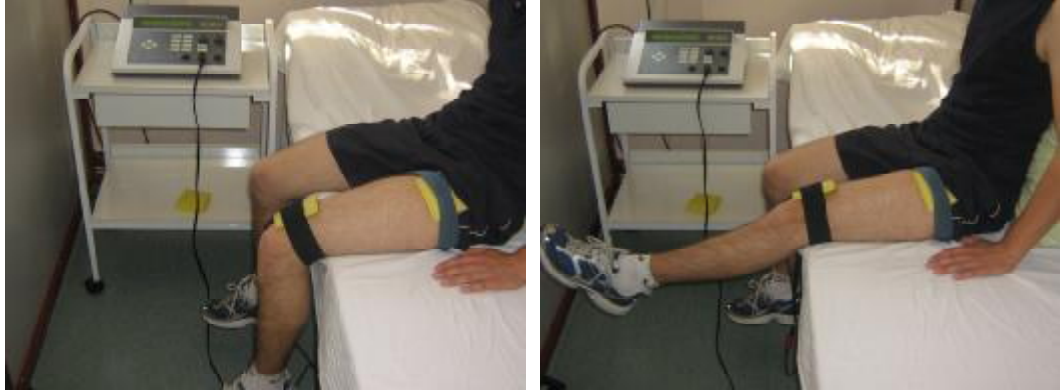


Şekil 3.6.2. Endomed 582 elektrodiagnostik ve terapötik cihaz

A. Elektrotlar

B. Elektrik stimülasyon cihazı

ESG'daki olgular arkası destekli olarak yatak kenarında kalça ve diz eklemi 90^0 fleksiyonda olacak şekilde pozisyonlanmıştır. Elektrotların temas edeceği deri yüzeyleri alkol ile temizlenmiş ve 6 x 8 cm yüzeyli 2 adet karbonize elektrot uyluğun anterioruna yerleştirilmiştir (Leroux vd. 1997, Serrao vd. 2005). Proksimal elektrot spina iliaca anterior superiorun 15 cm lateral ve distal kısmına transvers olarak, distal elektrot ise patellanın superior çizgisinin 4 cm proksimaline vastus medialisin en kalın noktasına longitudinal olarak bir velkro yardımıyla sabitlenmiştir. Akım olgulardan tetanik kontraksiyon alınıncaya kadar arttırılmıştır (Parker vd. 2003).



Şekil 3.6.3. Elektrik stimülasyon grubu eğitim pozisyonu

A. Başlangıç pozisyonu

B. Eğitim pozisyonu

SEG'daki olgulara leg preste istemli kontraksiyon sırasında, elektrik stimülasyonu uygulanmıştır. Leg presteki uygulama için DEG'deki, elektrotların yerleşimi için ise ESG'deki yöntem takip edilmiştir.



Şekil 3.6.4. Süperempoze grubu eğitim pozisyonu

A. Başlangıç pozisyonu

B. Eğitim pozisyonu

ESG ve SEG'da olgulara elektrik stimülasyonu Russian akımıyla uygulanmıştır. Bu yöntem QF kasında 10 sn. uyarı ve 50 sn. dinlenme periyodu ile 10 tekrarlı 2 set ile 20 kontraksiyon alınmıştır. Setler arasında 5 dk dinlenme periyodu verilmiştir.

3.7.İstatistiksel Analiz

Tüm istatistiksel analizler için SPSS for Windows 11.05 bilgisayar paket programı kullanılmıştır. Tanımlayıcı istatistiksel bilgiler, ortalama \pm standart sapma ($X \pm SD$) veya % şeklinde gösterildi. Tüm istatistiklerde p değeri 0.05 olarak kabul edildi. Çalışma kullanılan kuvvet eğitim programlarının eğitim öncesi ve eğitim sonrası arasındaki fark için Wilcoxon Rank Test, grupların farklılığını belirlemek için Kruskal Wallis Varyans Analizi kullanılmıştır (Sümbüloğlu ve Sümbüloğlu 2004).

4.BULGULAR

Çalışmamıza yaşları 21-26 yıl arasında değişen 48 sağlıklı olgu dahil edilmiştir. Olguların 23'ü (%47,9) kız ve 25'i (%52,1) erkektir. Çalışmaya dahil edilen tüm olguların yaşları $22,43 \pm 1,12$ yıl, boyları $170,14 \pm 9,29$ cm, kiloları $64,23 \pm 14,06$ kg ve VKİ'leri $21,95 \pm 3,14$ kg/cm²'dir (Tablo 4.1).

Olgular randomize olarak 3 kuvvet eğitim grubuna ayrılmışlardır. Leg pres ile dirençli egzersiz eğitimi alan DEG'de 8'i kız (%47,1) ve 9 erkek (%52,9) olmak üzere toplam 17 kişi yer almıştır. Elektrik stimülasyonu ile kuvvetlendirme eğitimi uygulanan ESG'de 8 kız (%53,3) ve 7 erkek (%46,7) olmak üzere toplam 15 kişiden oluşmuştur. Leg pres ile elektrik stimülasyonunun birlikte uygulandığı SEG'de ise 7 kız (%43,8) ve 9 erkek (%56,2) olmak üzere toplam 16 kişi yer almıştır. Eğitim gruplarında yer alan olguların alt ekstremitelerinin dominantlığı incelendiğinde ise DEG'de 16 olgu (%94,1), ESG'de 10 olgu (%66,7) ve SEG'de ise 12 olgunun (%75) sağ tarafının dominant olduğu görülmüştür. Olguların yaş, boy, kilo ve VKİ, cinsiyet ve alt ekstremitelerinin dominant taraflarını içeren tanımlayıcı verilerinin eğitim gruplarına göre dağılımları Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Tanımlayıcı Veriler:

Değişken	DEG (n=17)		ESG (n=15)		SEG (n=16)		Total (n=48)	
	min-maks.	X±SD	min-maks.	X±SD	min-maks.	X±SD	min-maks.	X±SD
Yaş (yıl)	21-24	22,64±0,86	21-23	21,86±0,63	21-26	22,75±1,52	21-26	22,43±1,12
Boy (cm)	155-184	170,29±10,04	156-183	169,73±9,61	155-184	170,37±8,76	155-184	170,14±9,29
Kilo (kg)	40-90	62,82±15,26	40-105	64,26±16,30	50-83	65,71±10,88	40-105	64,23±14,06
VKİ(kg/cm ²)	16,22-31,35	22,02±3,78	15,63-27,44	21,36±3,29	19,03-26,53	22,50±2,30	15,63-31,35	21,95±3,14
	n	(%)	n	(%)	n	(%)	n	(%)
Cinsiyet								
kız	8	(47,1)	8	(53,3)	7	(43,8)	23	(47,9)
erkek	9	(52,9)	7	(46,7)	9	(56,2)	25	(52,1)
Alt Ekstremitte Dominantlık								
Sağ	16	(94,1)	10	(66,7)	12	(75,0)	38	(79,2)
Sol	1	(5,9)	5	(33,3)	4	(25,0)	10	(20,8)

DEG: Dirençli Egzersiz Grubu, ESG: Elektrik Stimülasyon Grubu, SEG: Süperempoze Grubu

Çalışmamızda altı hafta süreyle QF kasına farklı üç yöntemle kuvvetlendirme eğitimi verilen olgular eğitim öncesinde ve eğitim sonrasında QF kasının fonksiyonlarıyla ilgili testlerle değerlendirilmişlerdir.

4.1.Dirençli Egzersiz Grubunun Eğitim Öncesi ve Sonrası Değerlendirme Sonuçlarının Karşılaştırılması

Dominant tarafta dizin 15 cm üzerinden alınan çevre ölçümü değerinin eğitim sonrasında artış gösterdiği ($p<0,05$), fakat diz eklemi çevresi ve beş cm üzerinden alınan çevre ölçüm sonuçlarının eğitim sonrasında değişmediği belirlenmiştir ($p>0,05$). Nondominant tarafta ise çevre ölçüm değerlerinden hiçbirinin eğitim sonrasında değişmediği bulunmuştur ($p>0,05$) (Tablo 4.1.1).

Dominant taraf deri kıvrım kalınlığı ölçüm değeri eğitim sonrasında eğitim öncesine göre azalma gösterirken ($p<0,05$), nondominant tarafta bu değer de değişiklik oluşmamıştır ($p>0,05$) (Tablo 4.1.1).

Dominant ve dominant olmayan tarafların her ikisinde de HHD, 1 MT, 3 MT değerlendirmeleriyle ölçülen QF kas kuvvetinin eğitim sonrasında artış gösterdiği belirlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.1.1).

Kassal enduransın ölçüldüğü 10p çalışma tekrarı, step-up, step-down ve çömelme test sonuçlarının dominant ve dominant olmayan tarafta eğitim sonrasında farklılık gösterdiği bulunmuştur ($p<0,05$). Eğitim sonrasında olguların kassal enduranslarının arttığı belirlenmiştir (Tablo 4.1.1).

QF kasının fonksiyonel performansını değerlendiren üçlü sıçrama testinde dominant ve nondominant tarafta eğitim sonrası artış tespit edilirken ($p<0,05$), tek ayakla öne sıçrama testinde sadece dominant tarafta artış belirlenmiştir ($p<0,05$). Nondominant taraftaki değer ise değişmemiştir ($p>0,05$). Vertikal sıçrama test değerlerinde de eğitim sonrası artış görülmüştür ($p<0,05$) (Tablo 4.1.1).

Eğitim sonrasında Borg yorgunluk skalası sonuçlarında eğitim öncesine göre azalma yönünde fark bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.1.1).

4.2.Elektrik Stimülasyon Grubunun Eğitim Öncesi ve Eğitim Sonrası Değerlendirme Sonuçlarının Karşılaştırılması

Dominant ve nondominant taraftan alınan çevre ölçümleri ve deri kıvrım kalınlığı ölçüm değerlerinin eğitim sonrası değişmediği saptanmıştır ($p>0,05$) (Tablo 4.2.1).

HHD, 1 MT ve 3MT sonuçları çalışılan tarafta eğitim sonrası artış gösterirken ($p<0,05$), çalışılmayan nondominant tarafta ise eğitim öncesi ve sonrası değerleri arasında farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$) (Tablo 4.2.1).

Olguların 10p çalışma tekrarı, step-up, step-down ve tek ayak üzerinde çömelme testiyle değerlendirilen kassal endüransları hem dominant hem de nondominant tarafta eğitim sonrasında artmıştır ($p<0,05$) (Tablo 4.2.1).

Tek ayakla öne sıçrama test değerleri dominant ve nondominant alt ekstremitede eğitim sonrasında artışı gözlenmiştir ($p<0,05$). Üçlü sıçramada ise dominant tarafta artış belirlenirken ($p<0,05$), nondominant tarafta eğitim öncesi ve sonrası arasında fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Vertikal sıçrama test sonuçları ise eğitim sonrasında artmıştır ($p<0,05$) (Tablo 4.2.1).

Eğitim sonrasında Borg yorgunluk skalası ile değerlendirilen olguların genel yorgunluk düzeyinde eğitim öncesine göre azalma belirlenmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.2.1).

Tablo 4.2.1. Elektrik Stimülasyon Grubu kuvvetlendirme eğitiminin, eğitim öncesi ve eğitim sonrası etkilerinin karşılaştırılması^a

Değişkenler	Dominant Taraf						Nondominant taraf					
	Eğitim Öncesi		Eğitim Sonrası		t	p	Eğitim Öncesi		Eğitim Sonrası		t	p
	min-maks.	X±SD	min-maks.	X±SD			min-maks.	X±SD	min-maks.	X±SD		
Çevre Ölçümü (cm)												
Diz eklemi	33-50	38,43±4,26	33-50	38,46±4,36	-0,447	0,655	33-48	37,93±4,05	33-49	37,90±4,14	-0,447	0,655
5 cm üzeri	35,5-59	41,93±5,75	35,5-58	42,00±5,44	-0,288	0,774	35-57,5	41,73±5,51	35-57	41,70±5,29	-0,271	0,786
15 cm üzeri	42-68	49,40±6,51	42-68	49,53±6,46	0,516	0,606	41,5-67	48,90±6,37	41,5-66,5	48,90±6,25	-0,106	0,916
Deri Kıvrım Kalınlığı Ölçümü (mm)	9-22	16,33±3,99	10-22	15,93±3,63	-1276	0,202	8-22	16,06±4,25	10-22	15,80±3,74	-0676	0,499
QF Kuvveti, Dinamometre(N)	171-365	264,86±56,64	187-378	283,40±57,53	-3,109	0,002*	176-369	268,06±57,51	176-365	275,20±56,85	-0,565	0,572
QF Kuvveti, 1 MT	40-130	73,33±28,94	40-160	80,00±32,29	-2,714	0,007*	40-130	71,33±30,67	40-140	72,00±32,11	-1,000	0,317
QF Kuvveti, 3 MT	30-120	63,33±28,94	30-140	69,33±30,58	-2,714	0,007*	30-120	62,00±30,04	30-130	62,66±31,50	-1,000	0,317
10p Çalışma Tekrarı	6-105	32,40±25,55	9-115	41,33±28,33	-2,815	0,005*	4-100	31,20±27,15	5-105	34,26±27,14	-2,232	0,026*
Step-up Testi	7-80	34,86±18,77	13-100	46,13±22,53	-3,243	0,001*	5-76	31,46±20,04	8-76	35,53±18,77	-2,698	0,007*
Step-down Testi	0-40	18,33±11,22	0-55	24,26±14,28	-3,301	0,001*	0-38	17,93±10,27	0-37	19,40±10,29	-2,210	0,027*
Çömelme Testi	15-60	34,40±13,94	25-83	50,13±15,93	3,352	0,001*	11-58	32,80±14,55	12-52	38,33±11,06	-2,268	0,023*
Tek Ayakla Öne Sıçrama (cm)	51-158	106,83±31,87	72-166	116,76±27,10	2,841	0,004*	66-155	109,54±29,46	66-157	113,66±30,13	-3,118	0,002*
Üçlü Sıçrama (cm)	260-630	440,06±117,99	285-666	471,80±106,43	3,078	0,002*	208-658	439,73±131,54	277-630	449,46±118,125	-0,994	0,320
	Eğitim Öncesi						Eğitim Sonrası					
	min-maks.		X±SD				min-maks.		X±SD		t	p
Vertical Sıçrama	24-53		35,53±10,60				25-56		39,30±10,32		-2,810	0,005*
Borg Yorgunluk Skalası	0,5-4		2,13±1,23				0-4		1,40±1,21		-1,977	0,048*

p<0.05, QF: kuadriseps femoris kası, 1 MT: bir maksimum tekrar, 3 MT: üç maksimum tekrar, 10p çalışma tekrarı: 10 pound çalışma tekrarı, ^aWilcoxon Rank Test

4.3.Süperempoze Grubunun Eğitim Öncesi ve Eğitim Sonrası Değerlendirme Sonuçlarının Karşılaştırılması

Dominant tarafta diz eklemi 5 cm üzerinden yapılan çevre ölçümünün değerlerinde artış görülmüş ($p<0,05$), nondominant tarafta ise eğitim sonrası değişiklik saptanmamıştır ($p>0,05$). Diz eklemi çevresi ve diz eklemi 15 cm üzerinden yapılan çevre ölçümlerinde dominant ve nondominant taraflarda eğitim sonrasında artış bulunmamıştır ($p>0,05$). Deri kıvrım kalınlığı ölçüm sonuçları eğitim sonrası dominant tarafta düşük çıkmış ($p<0,05$), nondominant tarafta değişmemiştir ($p>0,05$) (Tablo 4.3.1).

QF kas kuvvetini değerlendiren HHD, 1MT ve 3 MT değerleri eğitim sonrasında dominant taraf ve nondominant tarafta artışla sonuçlanmıştır ($p<0,05$) (Tablo 4.3.1).

Kassal enduransı belirleyen testlerden 10p ile çalışma tekrarı her iki tarafta da artan değerlerle sonuçlanmıştır ($p<0,05$) (Tablo 4), Step-up ve step down testleri eğitim sonrasında dominant tarafta artış gösterirken ($p<0,05$), nondominant tarafta değişmemiştir ($p>0,05$). Tek ayak üzerinde çömelme testinin her iki tarafta da arttığı tespit edilmiştir ($p<0,05$) (Tablo 4.3.1).

Tek ayak üzerinde sıçrama dominant tarafta artarken ($p<0,05$), nondominant tarafta değişmemiştir ($p>0,05$). Üçlü sıçrama test değerleri ise dominant ve nondominant tarafta eğitim sonrasında arttığı saptanmıştır ($p<0,05$). Vertikal sıçrama testi sonuçları eğitim sonrasında eğitim öncesine göre yüksek bulunmuştur ($p<0,05$) (Tablo 4.3.1).

Eğitimle ortaya çıkan yorgunluğun değerlendirilmesinde kullanılan Borg yorgunluk ve ağrı skala değerleri ise eğitim sonrasında değişmemiştir ($p>0,05$) (Tablo 4.3.1).

Tablo 4.3.1. Süperempoze Grubu kuvvetlendirme eğitiminin, eğitim öncesi ve eğitim sonrası etkilerinin karşılaştırılması^a

Değişkenler	Dominant Taraf				Nondominant taraf							
	Eğitim Öncesi		Eğitim Sonrası		Eğitim Öncesi		Eğitim Sonrası		t	p		
	min-maks.	X±SD	min-maks.	X±SD	min-maks.	X±SD	min-maks.	X±SD				
Çevre Ölçümü (cm)												
Diz eklemi	34-41	37,37±1,90	34-41	37,50±1,85	-1,633	0,102	34-41	37,15±1,97	34-41	37,25±1,98	-1,342	0,180
5 cm üzeri	37-46	40,87±2,54	37-46,50	41,43±2,76	-2,377	0,017*	37-46	40,59±2,60	37-46	40,50±2,49	-0,176	0,860
15 cm üzeri	43,50-54	48,96±3,10	42-56	49,53±3,64	-1,552	0,121	43,50-55	48,46±3,33	42-55	48,15±3,27	-0,543	0,587
Deri Kıvrım Kalınlığı Ölç. (mm)	4-26	16,43±6,41	4-25	15,43±6,12	-2,172	0,030*	4-27	16,50±6,59	4-26	16,43±6,30	-0,250	0,803
QF Kuvveti, Dinamometre (N)	134-418	272,81±72,62	195-426	321,18±70,14	-3,465	0,001*	156-369	362,43±65,03	162-371	376,87±57,74	-2,612	0,009*
QF Kuvveti, 1 MT	40-90	66,87±17,78	50-120	88,75±24,18	-3,555	0,000*	40-90	66,25±15,00	40-100	71,87±17,96	-2,714	0,007*
QF Kuvveti, 3 MT	30-80	56,25±17,07	40-110	78,75±24,18	-3,547	0,000*	30-80	56,25±15,00	30-90	61,87±17,69	-2,714	0,007*
10p Çalışma Tekrarı	9-101	34,87±23,91	17-121	49,18±29,97	-3,520	0,000*	15-87	30,93±19,06	15-92	34,25±21,27	-2,601	0,009*
Step-up Testi	16-103	47,43±27,79	22-106	58,37±30,40	-3,186	0,001*	17-90	38,37±20,08	18-90	39,93±20,50	-1,658	0,097
Step-down Testi	10-37	20,43±8,64	12-44	26,12±10,78	-3,417	0,000*	8-32	18,25±6,98	8-33	19,56±7,78	-1,706	0,088
Çömelle Testi	14-70	40,50±17,25	24-80	52,81±19,36	-3,520	0,000*	19-65	38,25±15,36	20-70	40,00±15,77	-2,526	0,012*
Tek Ayakla Öne Sıçrama (cm)	80-168	128,09±25,14	79-183	134,43±27,29	-2,425	0,015*	72-176	125,15±26,37	72-174	126,37±27,24	-0,825	0,410-
Üçlü Sıçrama (cm)	336-648	496,50±112,64	334-707	542,25±116,38	-3,465	0,003*	276-609	478,81±104,49	292-650	500,25±107,33	3,099	0,002*
	Eğitim Öncesi				Eğitim Sonrası							
	min-maks.		X±SD		min-maks.		X±SD		t	p		
Vertical Sıçrama	26-57		39,43±9,05		27-56		41,75±8,55		-2,973	0,003*		
Borg Yorgunluk Skalası	0-6		2,09±1,39		1-6		2,06±1,43		-0,279	0,781		

* $p < 0,05$, QF: kuadriseps femoris, MT: Maksimum Tekrar, 10p çalışma tekrarı: 10 pound çalışma tekrarı, ^aWilcoxon Rank Test

4.4.Eğitim Öncesi ve Sonrasında Olgulardan Elde Edilen Sonuçların Eğitim Gruplarına Göre Karşılaştırılması

4.4.1. Gruplar Arasında Eğitim Öncesi Farkın Belirlenmesi

Çalışmamızda eğitim öncesinde gruplardan elde edilen değerlendirme sonuçları karşılaştırılarak olguların başlangıç değerlerinde farklılık olup olmadığı incelenmiştir. Başlangıç değerlerinin gruplarda farklı olması eğitim sonrasında kuvvetlendirme yöntemlerinin etkinliğini belirlenememesine yol açacağı düşünülmüştür.

Her üç eğitim grubunda yer alan olguların eğitim öncesi test sonuçları göstermemiştir ($p>0,05$) (Tablo 4.4.1.1). Bir diğer deyişle her üç grubun başlangıç değerleri birbirine yakındır.

Tablo 4.4.1.1. Kuvvetlendirme Grupları arasında eğitim öncesinde elde edilen verilerin karşılaştırılması^a

Değişkenler	Dominant Taraf				Nondominant taraf			
	ESG (n=15) X±SD	DEG (n=17) X±SD	SEG (n=16) X±SD	p	ESG (n=15) X±SD	DEG (n=17) X±SD	SEG (n=16) X±SD	p
Çevre Ölçümü (cm)								
Diz eklemi	38,43±4,26	37,41±3,44	37,37±1,90	0,762	37,93±4,05	37,4±3,20	37,15±1,97	0,926
5 cm üzeri	41,93±5,75	40,20±3,86	40,87±2,54	0,769	41,73±5,51	39,73±3,84	40,59±2,60	0,740
15 cm üzeri	49,40±6,51	47,38±4,85	48,96±3,10	0,469	48,90±6,37	46,79±4,73	48,46±3,33	0,649
Deri Kıvrım Kalınlığı Ölç. (mm)	16,33±3,99	15,05±5,58	16,43±6,41	0,587	16,06±4,25	14,82±5,46	16,50±6,59	0,553
QF Kuvveti, Dinamometre (N)	264,86±56,64	268,58±81,01	272,81±72,62	0,961	268,06±57,51	269,88±92,77	362,43±65,03	0,935
QF Kuvveti, 1 MT	73,33±28,94	71,76±24,35	66,87±17,78	0,831	71,33±30,67	65,88±20,32	66,25±15,00	0,966
QF Kuvveti, 3 MT	63,33±28,94	60,00±23,18	56,25±17,07	0,851	62,00±30,04	55,88±20,32	56,25±15,00	0,939
10p Çalışma Tekrarı	32,40±25,55	39,58±32,29	34,87±23,91	0,717	31,20±27,15	34,88±26,86	30,93±19,06	0,474
Step-up Testi	34,86±18,77	46,76±22,30	47,43±27,79	0,265	31,46±20,04	38,76±16,36	38,37±20,08	0,455
Step-down Testi	18,33±11,22	23,88±12,77	20,43±8,64	0,532	17,93±10,27	19,11±9,41	18,25±6,98	0,963
Çömelleme Testi	34,40±13,94	39,00±22,71	40,50±17,25	0,585	32,80±14,55	35,47±22,41	38,25±15,36	0,595
Tek Ayakla Öne Sıçrama (cm)	106,83±31,87	125,94±30,78	128,09±25,14	0,124	109,54±29,46	118,88±27,81	125,15±26,37	0,372
Üçlü Sıçrama (cm)	440,06±117,99	489,70±108,54	496,50±112,64	0,337	439,73±131,54	471,73±97,86	478,81±104,49	0,539
	ESG X±SD	DEG X±SD	SEG X±SD	p				
Vertical Sıçrama	35,53±10,60		37,73±10,34			39,43±9,05		0,834
Borg Yorgunluk Skalası	2,13±1,23		1,55±1,28			2,09±1,39		0,350

* $p < 0.05$, ESG: Elektrik Stimülasyon Grubu, DEG: Dirençli Egzersiz Grubu, SEG: Süperempoze Grubu, QF: kuadriseps femoris kası, MT: Maksimum Tekrar, p: paund, ^aKruskal Wallis Waryans Analizi

4.4.2.Gruplar Arasında Eğitim Sonrası Farkın Belirlenmesi

QF kasına üç farklı yöntemle kuvvetlendirme eğitimi uyguladığımız çalışmamızda yöntemlerin birbirine üstünlüğü olup olmadığını incelemek amacıyla başlangıç değerleri benzer olan üç grubun eğitim sonrası değerleri karşılaştırılmıştır.

Kuvvetlendirme eğitimi uygulanan dominant taraf ve herhangi bir eğitim almayan nondominant tarafta uygulanan testlerden çevre ölçümleri, deri kıvrımı kalınlığı, HHD, 1 MT ve 3 MT, 10p ile çalışma tekrarı, step-up, step-down ve tek ayak üzerinde çömelme, tek ayak üzerinde öne sıçrama ve üçlü sıçrama testlerin sonuçları açısından gruplar arasında fark bulunmamıştır ($p>0,05$). Benzer bulgular vertikal sıçrama testi için de belirlenmiştir ($p>0,05$) (Tablo 4.4.2.1).

Eğitim sonrası Borg yorgunluk skalası sonuçları incelendiğinde gruplar arasında farkın olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). Genel yorgunluk düzeyinin ortalamalarının en az DEG'de yer alan olgularda, en fazla ise SEG'deki olgularda olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.4.2.1).

Tablo 4.4.2.1. Kuvvetlendirme Grupları arasında eğitim sonrasında elde edilen verilerin karşılaştırılması^a

Değişkenler	Dominant Taraf				Nondominant taraf			
	ESG (n=15) X±SD	DEG (n=17) X±SD	SEG (n=16) X±SD	p	ESG (n=15) X±SD	DEG (n=17) X±SD	SEG (n=16) X±SD	p
Çevre Ölçümü (cm)								
Diz eklemi	38,46±4,36	37,14±2,79	37,50±1,85	0,756	37,90±4,14	36,91±2,61	37,25±1,98	0,901
5 cm üzeri	42,00±5,44	40,26±3,68	41,43±2,76	0,608	41,70±5,29	39,58±3,48	40,50±2,49	0,694
15 cm üzeri	49,53±6,46	48,02±4,56	49,53±3,64	0,595	48,90±6,25	46,64±4,39	48,15±3,27	0,649
Deri Kıvrım Kalınlığı Ölç. (mm)	15,93±3,63	14,02±4,98	15,43±6,12	0,521	15,80±3,74	14,17±5,10	16,43±6,30	0,414
QF Kuvveti, Dinamometre (N)	283,40±57,53	307,05±82,72	321,18±70,14	0,288	275,20±56,85	281,52±89,37	276,87±57,74	0,996
QF Kuvveti, 1 MT	80,00±32,29	86,47±29,56	88,75±24,18	0,483	72,00±32,11	70,00±22,63	71,87±17,96	0,914
QF Kuvveti, 3 MT	69,33±30,58	76,47±29,56	78,75±24,18	0,483	62,66±31,50	60,00±22,63	61,87±17,69	0,937
10p Çalışma Tekrarı	41,33±28,33	48,76±37,08	49,18±29,97	0,638	34,26±27,14	36,94±26,28	34,25±21,27	0,764
Step-up Testi	46,13±22,53	54,05±25,82	58,37±30,40	0,536	35,53±18,77	40,52±16,51	39,93±20,50	0,693
Step-down Testi	24,26±14,28	27,82±13,56	26,12±10,78	0,693	19,40±10,29	20,94±10,53	19,56±7,78	0,953
Çömelme Testi	50,13±15,93	52,35±28,47	52,81±19,36	0,896	38,33±11,06	40,41±23,80	40,00±15,77	0,907
Tek Ayakla Öne Sıçrama (cm)	116,76±27,10	134,00±31,30	134,43±27,29	0,168	113,66±30,13	122,35±24,45	126,37±27,24	0,565
Üçlü Sıçrama (cm)	471,80±106,43	520,47±104,62	542,25±116,38	0,236	449,46±118,125	490,11±105,94	500,25±107,33	0,435
	ESG X±SD	DEG X±SD	SEG X±SD	p				
Vertical Sıçrama	39,30±10,32	39,94±10,33	41,75±8,55	0,772				
Borg Yorgunluk Skalası	1,40±1,21	0,97±0,87	2,06±1,43	0,038*				

ESG: Elektrik Stimülasyon Grubu, DEG: Dirençli Egzersiz Grubu, SEG: Süperempoze Grubu, * $p < 0.05$, QF: kuadriseps femoris kası, MT:

Maksimum Tekrar, 10p çalışma tekrarı: 10 pound çalışma tekrarı, ^aKruskal Wallis Varyans Analizi

5.TARTIŞMA

Araştırmamız farklı üç kuvvetlendirme yönteminin, sağlıklı QF kasının fiziksel fonksiyonlarına olan etkisini incelemek ve bu yöntemlerden süperempoze elektrik stimülasyon tekniğinin etkinliğini, dirençli egzersiz ve elektrik stimülasyon kuvvetlendirme yöntemleri ile karşılaştırmak amacıyla yapılmıştır.

Günümüze kadar yapılan birçok çalışmada dirençli egzersiz ve elektrik stimülasyonu ile kuvvet eğitiminin kassal fonksiyonlara olan etkisi incelenmiştir. Bu çalışmalar hasta veya sağlıklı bireyler üzerinde yapılmıştır (Rodgers vd. 1991, Mödlin vd 2004, Newsam ve Baker 2004). Elektrik stimülasyonu ile yapılan çalışmalarda kullanılan farklı akımlar, haftalık uygulanan seans sayısı, uygulama süresi ve eklem farklı derecelerinde yapılan kuvvetlendirme eğitimleri göz önüne alınarak karşılaştırılmıştır (Parker vd. 2003, Baskan 2004, Bickell vd 2003, Gorgey vd 2006). Dirençli egzersiz yöntemlerinde ise zaman, yük ve frekans, familiarizasyon dönemi ile ilişkili çalışmalar bulunmaktadır. 1 MT'ın belirlenmesini takiben farklı yüzde değerleri ile olgular düşük, orta veya yüksek yoğunluktaki dirençli egzersizlere tabi tutulmuş ve sonuçları incelenmiştir (Chilibeck vd. 1998, Carroll vd. 1998, Parker vd. 2003, Tesch vd. 2004, Chromiak vd. 2004).

Çalışmamızda olgulara değerlendirme öncesinde bir haftalık familiarizasyon dönemi verilmiştir. Bu dönemde olguların 1 MT değerleri 48 saat arayla 3 günde en fazla üçer deneme ile değerlendirilmiş ve son gün alınan son değer kaydedilmiştir. Wayne ve ark. (2003) 1 MT'ın güvenilirliğini yaptıkları çalışmalarında farklı 3 günde yapılan 2-3 denemeden sonra güvenilir sonuçlar alınabileceğini ifade etmişlerdir. Benzer şekilde, Ploutz ve Giamis (2001) yaş ortalaması 23 yıl, Dias ve ark. (2005) yaş ortalamaları 24,5 yıl olan olguların 1 MT'ını belirlemeden önce 48 saatlik arayla 3-4 deneme ile test sonuçlarının daha güvenilir olarak elde edilebileceğini belirtmişlerdir.

Dirençli egzersiz eğitiminin etkinliğini etkileyen önemli bir faktör de eğitimin şiddeti yani yüküdür. Nos ve ark. (2005) yaş ortalaması 69 yıl olan 112 sağlıklı olguyu 1 MT'ın %20'si, %50'si ve %80'i ile çalışan üç gruba ayırmışlar ve bu yoğunluktaki dirençli egzersizlerin kuvvet ve enduransa etkilerini incelemişlerdir. Eğitim sonrası değerlendirmelerinde kuvvet, güç ve endurans gelişiminin eğitimde kullanılan yoğunluk ile doğru orantılı olarak artış gösterdiğini açıklamışlardır.

Kasa uygulanan aşırı tekrar sayısı veya ağır yükle yapılan dirençli egzersizler ağrıya ve yaralanmalara neden olabilir. Kuvvet eğitimine düşük yoğunlukta ve az tekrar sayısı ile başlanmalı, dereceli olarak yoğunluk ve tekrar sayısında artışa gidilmelidir. Kasta oluşan yorgunluk ve ağrı semptomları test sonuçlarını olumsuz etkilemektedir. Kasın egzersize adaptasyonu için süre verilmesi gerektiği, egzersizin ise tolere edilebilir düzeyde olmasının metabolik değişiklikleri daha çok etkileyerek istenen sonuçlara ulaşılabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Heyward 1998). Lambert ve ark. (2002) kısa dönem dirençli egzersiz uygulamalarının kasın performansına etkilerini incelemişler, kasa verilen kuvvet eğitim sonuçlarının etkilenmemesi için uygulanan protokollerin kasta yorgunluk oluşturmaması gerektiğini belirtmişlerdir. Çalışmamıza katılan olgular, yorgunluk ve komplikasyon oluşmaması için 1 MT'ın %60-80 arasındaki değerlerle çalıştırılmıştır.

Kuvvet eğitimi sırasında yorgunluk dışında kassal spazm, gecikmiş kas ağrısı gibi performansı düşüren komplikasyonlar açığa çıkabilmektedir. Haftada 2 veya 3 kez 10 tekrarlı yapılan çalışmalar ile bu tür risk faktörlerinin en aza indirildiği belirtilmiştir (Feigenbaum ve Pollock 1999). Çalışmamızda da dirençli eğitim iki set halinde 10 tekrarlı orta yoğunlukta uygulanmıştır.

Kuvvet eğitiminin sonuçları haftalık uygulanan seans sayısından etkilenebilmektedir. Feigenbaum ve Pollock (1999) haftada iki kez yapılan kuvvet eğitiminin, haftada bir kez yapılan kuvvet eğitiminden daha iyi sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir ($p < 0.05$). Ancak haftada 2 ve 3 kez eğitim sonuçlarının farklı olmadığı ifade etmişlerdir ($p > 0.05$). Taaffe ve ark. (2000) yaptıkları derleme çalışmasında haftada 1 kez bile yapılan yüksek yoğunluktaki dirençli egzersizlerin kas hücrelerini ve kas

kuvvetini arttırdığını belirtmişlerdir ($p<0.05$). Bu çalışmalar haftada 3 kez yapılan eğitimin sağlıklı kasta kuvvet artışı sağlayacağını destekler tarzdadır. Çalışmamızda olgular haftada 3 kez kuvvet eğitim programına katılmışlar ve olguların eğitim sonrası kassal kuvveti, enduransı ve fiziksel fonksiyonları artış göstermiştir ($p<0,05$).

Direnç eğitimi ile yapılan kuvvet eğitiminin etkinliğinde haftalık uygulanan seans sayısı ile birlikte eğitimin süresi de önemlidir. Carroll ve ark. (1998) iki gruba ayırdıkları 70 olgunun diz ekstansör ve fleksör grup kaslarına uyguladıkları dirençli eğitimin nöral adaptasyona etkisini incelemişlerdir. Bir gruba haftada 2 seans 9 hafta süre ile eğitim, diğer gruba ise haftada 3 seans 6 hafta süre ile kuvvet eğitimi vermişlerdir. Her iki grup toplam 18 seans eğitim almıştır. Eğitim sonrasında gruplar arasında 1 MT benzer şekilde artış gösterirken, izometrik ve izokinetik kas kuvveti haftada 2 seans çalışan grupta daha yüksek bulunmuştur($p<0.05$). Bu çalışmada araştırmacılar 9 haftalık kuvvet eğitim programının, haftada iki kez eğitime katılmasına rağmen, haftada 3 kez eğitime katılan gruba oranla izometrik ve izokinetik test sonuçlarının daha yüksek çıkmasının nöromusküler adaptasyonla ilişkili olduğunu düşünmüşlerdir.

Synnes ve ark. (2006) genç ve sağlıklı olgularda ağır dirençli egzersizlerle yapılan kas kuvvet eğitiminin 3. haftasından itibaren kasın boyutunda ve yapısındaki değişikliklerin görüldüğünü, bu değişikliklerden daha önce kas kuvvetinde artışın ortaya çıktığını belirtmişlerdir. Antrene olmayan bireylerde 4 hafta veya daha fazla yapılan dirençli egzersiz programlarında kas fibrillerinin çapında artış tespit edilmiştir (Kraemer 1994, Weineck 1998).

Dirençli eğitim vücut kompozisyonunda değişikliklere neden olabilir. Dirençli eğitim yağsız vücut kütleini artırır ve vücut yağ yüzdesini azaltır. Kısa dönemli dirençli eğitim programları yağsız kütlede hafif artışlara yol açabilir. Yağsız kütlede optimal artış ve vücut yağ yüzdesinde azalma için ağır dirençli eğitim programına sürekli ve uzun süre devam etmek gereklidir (Weineck 1998).

Çalışmamızda dirençli egzersiz eğitimi alan olguların uyluk skinfold değerleri eğitim sonrası azalmıştır ($p<0.05$). O'connor ve Lamb (2003) 39 bayan ile yüksek yoğunluktaki dirençli egzersiz kuvvet eğitiminin vücut kompozisyonu ve kas kuvveti

üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında, olguların 20'sini kuvvet eğitim programına alırken 19'unu kontrol grubu olarak seçmişlerdir. 12 haftalık eğitim programı sonrasında çalışma grubunda kuvvet artışı görülürken, 7 farklı bölgeden alınan skinfold ölçüm değerlerinde ise çalışma grubunda azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir ($p<0.05$).

Bizim çalışmamızda kuvvet eğitim gruplarında direnç yoğunluğu 1 MT'ın %60-80 değerleri arasında belirlenmiştir. Dirençli egzersiz ile haftada 3 kez, 6 hafta boyunca kuvvet eğitim programına alınan olguların kas kuvveti, enduransı ve fiziksel fonksiyonları artışla sonuçlanmıştır ($p<0.05$). Baskan'da (2004) haftada 3 kez ve 6 hafta süre ile dirençli eğitim uyguladığı olgularda kuvvet, endurans ve fiziksel fonksiyonların arttığını belirtmiştir.

McCall ve ark. (1996) 12 sağlıklı erkek olgu üzerinde yaptığı çalışmada dirençli egzersiz eğitiminin kas hipertrofisi, hiperplazisi ve kapillarizasyonuna etkilerini araştırmışlardır. Olguların major kas grupları 10 maksimum tekrarlı yük ile 12 hafta boyunca kuvvetlendirme eğitimine alınmıştır. Eğitim sonrası olgularda 1 MT'ın %25 oranında arttığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Manyetik rezonans görüntüleme yöntemi ile değerlendirdikleri biceps brachi kasının çapraz kesit alanlarında artış saptanmıştır ($p<0.05$). Biceps brachi kasına yapılan biopsi ile de kasın tip I ve tip II lif alanlarında artış tespit edilmiş ($p<0.05$), ancak lif sayılarında anlamlı değişiklikler görülmemiştir ($p>0.05$). Tip I ve tip II kas fibrillerinin kapillarizasyonu da dirençli egzersiz ile arttığı saptanmıştır ($p<0.05$).

Kas fibrillerinin enine genişlemesi hipertrofi, sayısındaki artış ise hiperplazi olarak açıklanmaktadır. Yapılan dirençli egzersizler kasın enine kesit alanının genişlemesine neden olmaktadır. Ancak bu genişleme kas fibril sayısındaki artıştan değil, fibrillerin çapının artması ile oluşmaktadır. Kasın kesit alanındaki artış %95-100 arasında hipertrofidan kaynaklandığı belirtilmiştir. Ağırlık çalışan sporcularda uzun yıllardan sonra ancak hiperplazi geliştiği açıklanmıştır (Kraemer 1994, Ergen 2002).

Tanimoto ve Ishii (2005) sağlıklı 24 genç olguda düşük yoğunluktaki dirençli egzersiz ile yüksek yoğunluktaki dirençli egzersizin, QF kasının yapısına ve kuvvetine etkisini incelemişlerdir. Düşük yoğunlukta egzersiz yapan grup 1 MT'ın %50'si, yüksek

yoğunlukta dirençli egzersiz yapan grup ise 1 MT'm %80'i ile çalışmışlardır. Yüksek yoğunlukta çalışan grupta kas hipertrofisi ve maksimal istemli kontraksiyonunda anlamlı artış bulunurken ($p<0.05$), diğer grupta ise 12 haftalık eğitim sonrasında kasın kapillerizasyonunda, büyüklüğünde ve gücünde artış belirlemişlerdir, fakat bu artış istatistiksel olarak farklı bulunmamıştır ($p>0.05$). 1 MT'm %50 ile yapılan eğitim kasın oksijenasyonunu arttırmakta, kişilerin kas gücünde ve kuvvetinde artış için yeterli bulunmamaktadır. Düşük yoğunlukta eğitim kuvvet artışına neden olmazken, kassal enduransı arttırabilir. Alkner ve ark. (2004) immobilizasyon sırasında düşük şiddetli eğitimlerle kas kuvvetini korunabileceğini belirtmişlerdir. Yaşları 26-41 yıl arasında olan 17 sağlıklı erkek olguda yaptıkları çalışmada yatak istirahati sırasında düşük yoğunlukta tatbik edilen dirençli egzersizlerin kas kuvveti ve fonksiyonlarını korumak için yeterli olduğunu ancak kuvvet artışı sağlamadığını gözlemlemişlerdir.

Akima ve ark. (2001) immobilizasyon sırasında eğitimin hipertrofiye etkisini inceleyen çalışmalarında ise sağlıklı erkek olguları iki gruba ayırmışlardır. 1. gruba yatak istirahati sırasında dinamik leg press ile alt ekstremitede ekstansörlerini aynı gün içinde 1 MT'm %40'ı ve %70'i ile 10'ar tekrarlı 2 set uygulamış ve 20 gün boyunca her gün çalıştırmışlardır. Eğitim sonrasında diz ekstansör kasların fizyolojik çapraz kesit alanlarında artış gözlemlemişlerdir ($p<0.05$). 2. grup ise yatak istirahatine alınmış ve olguların diz ekstansiyon kaslarının çapraz kesit alanlarında atrofi bulmuşlardır. Yatak istirahati sırasında diz fleksör ve ekstansör kas atrofisini engellemek amacıyla dinamik leg pres ile dirençli eğitimin yönteminin kullanılabilceğini açıklamışlardır.

Çalışmamızda kullandığımız bir diğer kuvvetlendirme yöntemi de elektrik stimülasyonuydu. Bu güne kadar sağlıklı kasa elektrik stimülasyonu uygulanmasının etkileri çok sayıda çalışmada incelenmiştir (Romero vd.1982, Nelson vd. 1999, Holcomb vd. 2000, Parker vd 2003, Malatesta vd. 2003, Baskan 2004, Gondin vd. 2005, John vd. 2005, Holcomb 2005).

Elektrik stimülasyonunun kassal fonksiyonlara olan etkinliğinin incelendiği çalışmalarda önemli kriterlerden biri uygulanan akımın özellikleridir. Holcomb ve ark. (2000) sağlıklı QF kasında kullanılan bifazik akım ve Russian akımının diz ekstansiyon torkuna etkisini incelemişler ve bu iki akımın birbirine göre üstünlüklerini bulamamışlardır ($p>0.05$). Elektrik stimülasyonu ile kas kuvvetini arttırmaya yönelik

çalışmalarda en sık kullanılan akım çeşidi Russian akımıdır (Nelson vd. 1999). Bu nedenle çalışmamızda elektrik stimülasyon grupları Russian akımı ile kuvvet eğitimine alınmıştır.

Elektik stimülasyonu ile kuvvet eğitiminde dirençli egzersize benzer şekilde haftalık uygulanan seans sayısı sonuçları etkileyebilmektedir. Parker ve ark. (2003) sağlıklı kasa kuvvet eğitimini farklı sıklıklarla uygulamışlardır. Yaş ortalaması 23,2 yıl olan 27 olguyu 3 gruba ayırmışlar, 1. grup eğitim almayan kontrol grubunu oluşturmuştur. 2. grup haftada iki, 3. grup ise haftada 3 kez elektrik stimülasyonu ile kuvvet eğitim programına almışlardır. 3. grupta dört haftalık eğitim sonrası değerlerde anlamlı artış tespit edilirken ($p<0.05$), diğer gruplar arasında farklılık gözlenmemiştir ($p>0.05$).

Elektrik stimülasyonu ile verilen kuvvet eğitimin etkileri dirençli eğitimde olduğu gibi 3. ve 4. haftalarda ortaya çıkmaktadır. Parker ve ark. (2003) ise sağlıklı olguların QF kaslarında elektrik stimülasyonu ile yaptıkları çalışmada eğitimin her haftasında maksimal istemli kontraksiyonu değerlendirmişler, 4. haftadan itibaren kas kuvvetinde artış gözlemlemişlerdir. Gondin ve ark. (2005) elektrik stimülasyonunun 4 haftalık ve 8 haftalık etkilerini karşılaştırmışlardır. Olguların eğitimden önce ve sonra maksimal istemli kontraksiyon gücü elektromyografi ile değerlendirilmiş, 4 haftalık eğitim programından sonra maksimum istemli kas kontraksiyonunda %16, 8 haftalık eğitimden sonra ise %26 artış görülmüştür. Uygulanan 8 haftalık elektrik stimülasyon kuvvetlendirme eğitim programları diz ekstansör kuvvetini ve nöral yapıları geliştirmektedir. 8 haftalık eğitimden sonra manyetik rezonans ile yapılan incelemede kas kesitinde %6 oranında artış tespit edilmiştir. Nöral aktivasyon, elektromyografi aktivasyonu ve kas aktivasyonu anlamlı şekilde artmıştır. Bizim çalışmamızda kullandığımız 6 haftalık kuvvet eğitimi süresinin, kas kuvvetinin oluşması için yeterli bir eğitim süresi olduğu bu çalışmalar ile desteklenmektedir.

Çalışmamızda elektrik stimülasyonu ile sağlıklı QF kasına verilen kuvvet eğitiminin, olguların uyluk skinfold ve çevre ölçümlerini etkilemediği ($p>0.05$), kas kuvveti, endüransı ve fonksiyonel kapasitesini arttırdığı gözlenmiştir ($p<0.05$). John ve ark. (2005) sağlıklı olgular üzerinde elektrik stimülasyonunun, kas kuvvetine, endüransına ve antropometrik değişikliklerine olan etkilerini incelemişlerdir. 16 olgu kontrol grubu, 24 olgu ise çalışma grubu olarak seçilmiş abdominal kaslarına 8 hafta

boyunca elektrik stimülasyonu uygulanmıştır. Olguların değerlendirilmesinde, antropometrik ölçümler (abdominal skinfold ve çevre ölçümü), endurans (curl-up testi), kas kuvveti (izometrik ve izokinetik dinamometre) ölçümleri yer almaktadır. Eğitim sonrası elde edilen değerlerde skinfold ve çevre ölçümü, vücut ağırlığı ve BMI değerleri arasında eğitim sonrası ve gruplar arasında fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Endurans değerlerinde çalışma grubunda %100 artış, kuvvette %58 artış belirlenmiştir ($p<0.05$). Kontrol grubunda eğitim sonrası değerlerde fark bulunmamıştır ($p>0.05$). Çalışmacılar elektrik stimülasyonu uygulamalarının vücut imajını, kas kuvveti ve enduransını geliştirdiğini açıklamışlardır. Bu çalışmanın sonuçları bizim çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlara paralellik göstermektedir. Baskan'da (2004) Russian elektrik stimülasyonu uyguladığı olgularda 6 haftanın sonunda kuvvet, endurans ve performans artışını bildirmiştir ($p<0.05$).

Romero ve ark. (1982) sağlıklı kişilerde yaptıkları çalışmalarında elektrik stimülasyonunun izometrik kas kuvvetini %31 arttırdığını bulmuşlardır ($p<0.05$).

Malatesta ve ark. (2003) voleybol oyuncularını üzerinde elektrik stimülasyonunun etkilerini incelemişler, olgulara 4 hafta boyunca kuvvetlendirme eğitimini haftada 3 kez ve her seansta 12 dakika içerisinde 20-22 kontraksiyon oluşturacak şekilde vermişlerdir. Elektrik stimülasyonu öncesi ve sonrasında sıçrama yeteneklerini değerlendirmişler, olguların eğitim sonrasındaki vertikal sıçrama yeteneklerinin arttığını tespit etmişlerdir ($p<0.05$). Ayrıca son değerlendirmeden 10 gün sonra testler tekrar etmişler ve sonuçları anlamlı bulmuşlardır ($p<0.05$). Buna bağlı olarak elektrik stimülasyonu ile elde edilen fonksiyonel yeteneğin devam ettiğini ifade etmişlerdir. Malatesta ve ark. (2003) elektrik stimülasyonu etkilerinin sporcularda daha iyi sonuçlar vermesi amacıyla her eğitim seansından sonra spora spesifik antrenmanların yapılması gerektiğini tanımlamışlardır.

Elektrik stimülasyonu ile sağlıklı kasta sonuç elde etmek için gereken spesifik dozları belirlemeye yönelik daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Ayrıca, kısa ve uzun dönem elektrik stimülasyonu programlarının uzun dönem fizyolojik etkilerini açıklayan daha fazla bilgi gerekmektedir (DeVahl 1992).

Çalışmamızda kullandığımız üçüncü eğitim yöntemi süperempoze tekniğidir. Çalışmamızda bu teknik ile eğitim alan olguların kassal kuvvet, endurans ve

fonksiyonel performansları eğitim sonrasında gelişmiştir. Strojnik (1995) elektrik stimülasyonu ile birlikte yapılan sıçrama aktivitelerinde performansın daha iyi olduğunu belirlemiştir. Sıçrama ile birlikte elektrik stimülasyonu uygulandığında sıçrama süresinin ve hızının olumlu yönde etkilendiğini bulmuştur ve bu tekniğin etkili olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Rodgers ve ark. (1991) spinal kord yaralanması olan bireylerde kuvvetlendirme eğitiminin muskuloskeletal cevaba ve diz ekstansiyon gücüne etkisini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada 12 olguya nöromusküler elektrik stimülasyonu ile birlikte ayak bileği üzerinden verilen ilerleyici dirençli egzersiz ile süperempoze yöntemini kullanmışlardır. Olgulara haftada 3 kez olmak üzere toplam 36 seans eğitim verilmiş, her iki QF kası da sandalyede oturur pozisyonda, motor noktalarına yüzeysel elektrotlar bağlanarak dönüşümlü olarak uyarılmış, olgulara eğitim öncesi ve eğitim sonrası test prosedürleri uygulanmıştır. Sonuç olarak süperempoze tekniği uygulanan 36 seans kuvvetlendirme eğitiminin, her iki bacakta QF kasının fiziksel fonksiyonlarında anlamlı değişiklikler göstermiş ($p < 0.05$), uyluk skinfold ölçümlerinde, vücut ağırlığında ve kemik dansitesinde ise anlamlı değişiklikler saptanmamıştır ($p > 0.05$). Rodgers ve ark. (1991) spinal kord yaralanması olan bireylerde uygulanan süperempoze tekniğinin skinfold ölçüm sonuçlarını etkilemediğini belirtmiştir ($p > 0.05$). Bu çalışmaya karşın bizim çalışmamızda yapılan uyluk skinfold ölçümünde eğitim sonrasında azalma görülmüştür ($p < 0.05$).

Günümüze kadar yapılan çalışmalarda farklı kuvvetlendirme tekniklerinin etkinliği sağlıklı bireylerde karşılaştırılmış ve bu çalışmalarda birbiri ile çelişkili sonuçlar bildirilmiştir. Mohr ve ark. (1985) dirençli egzersizlerin, elektrik stimülasyonuna göre kas kuvvetinin daha iyi geliştirdiğini savunmuşlardır. Ancak buna karşı Kramer ve ark. (1983), Laughman ve ark. (1983), Mcmiken ve ark. (1983), Singer (1983), Kubiak ve ark. (1987), Caggino ve ark. (1994), Baskan (2004) yaptıkları çalışmalarda dirençli egzersiz ile elektrik stimülasyonunun QF kas kuvveti üzerine etkilerinin farklı sonuçlar oluşturmadığını belirtmişlerdir. Selkowitz (1989) yaptığı çalışma sonucunda elektrik stimülasyonunun dirençli egzersizden daha fazla kuvvet artışı oluşturduğunu belirtmiştir. Ancak Holcomb (2005) yaptığı derleme çalışmasında elektrik stimülasyonu; spor yaralanmalarından sonra yapılan rehabilitasyonda etkili olmasına

rağmen, kas hipertrofisi, kas gücü ve koordinasyonunun geliştirilmesinde dirençli egzersize alternatif olarak gösterilemeyeceğini açıklamıştır.

Baskan (2004) yaptığı çalışmada 6 farklı gruba ayırdığı olguları farklı açılarda izometrik egzersiz grubu, elektrik stimülasyon grubu ve dirençli egzersiz grubu olarak belirlenmiştir. Sağlıklı QF kasının kuvvetini (1 MT), enduransını (step-up, step-down, 10p çalışma tekrarı, tek ayak üzerinde çömelme) ve fiziksel fonksiyonlarını (tek ayak üzerinde öne sıçrama, üçlü sıçrama) inceleyen tüm testlerde grupların hepsinde eğitim sonrası artış olduğunu belirtmiştir ($p<0.05$). Gruplar arası karşılaştırmada anlamlı farklılık bulamamıştır ($p>0.05$). Dirençli egzersiz, izometrik egzersiz ve elektrik stimülasyonu QF kasının fonksiyonları üzerinde benzer etkilere sahip olduğunu bu çalışması ile göstermiştir. Biz de çalışmamızda elektrik stimülasyonu dirençli egzersiz ve süperempoze tekniği ile eğitim uyguladığımız olgulardaki gelişimin benzer olduğunu, eğitimi etkinliğinin gruplara göre farklılık göstermediğini bulduk.

Çalışmamızda kurduğumuz ikinci hipotezimiz süperempoze tekniğinin diğer kuvvet yöntemlerine göre daha etkili sonuçlar vermesiydi. Valli ve ark. (2002) süperempoze elektrik stimülasyon tekniğinin submaksimal egzersizlerle (1 MT'm %60'ı) aynı sonuçları verdiğini belirtmiştir ($p<0.05$). Ancak araştırmacıların hipotezi elektrik stimülasyonla birlikte submaksimal egzersiz içeren süperempoze tekniğinin, nörolojik fasilasyonu arttıracığını ve daha fazla motor ünitenin kontraksiyona katılımını sağlayarak kas kuvvetine diğer yöntemlere göre daha etkin olacağı yönündeydi. Paillard ve ark. (2004) ise süperempoze tekniğinde daha fazla güç harcanıyormuş gibi görünse de vücut segmentinin dirence karşı koyabilmek için aynı iş yükü altında kaldığını ifade etmişlerdir. Elektrik stimülasyonunun tek başına uygulanması QF kasının izometrik gücünü artırmaktadır. Ancak yapılan çalışmalarda istemli egzersizin tek başına kullanımının ya da elektrik stimülasyon ile kombinasyonunun önemli oranda farklı olmadığını göstermiştir (DeVahl 1992). Çalışmamızın sonucunda süperempoze tekniğinin, diğer iki teknikten etkinlik açısından farklı olmayışını bulmamız bizim ikinci hipotezimizi çürüttü.

Currier ve ark. (1979) 37 sağlıklı olguda egzersiz eğitimi ve süperempoze elektrik stimülasyon tekniğinin etkilerini karşılaştırmışlar. Bir gruba izometrik egzersiz, bir gruba süperempoze tekniği uygulamışlar, diğer grubu kontrol grubu olarak

belirlemiştirlerdir. İzometrik egzersiz grubu ve süperempoze gruplarının eğitim sonrası kas kuvveti değerlerinde yüksek bulunmuş ($p<0.05$), ancak gruplar arasında farklılık bulunmamıştır ($p>0.05$). Kontrol grubunda ise eğitim sonrası değişiklik görülmemiştir ($p>0.05$). Wolf ve ark. (1986) sağlıklı bireylerde yaptıkları çalışmada dirençli squat egzersizleri ile elektrik stimülasyonunu bir arada kullanmış, kontrol grubu sadece dirençli squat egzersizleri yapmıştır. Eğitim sonrası her iki grupta da kuvvet artışı belirlenmiş fakat gruplar arasında farklılık bulamamışlardır ($p>0.05$). Buhmann ve ark.'da (1998) anterior cruciate ligament tamirinden sonra yaptığı 8 haftalık eğitimde süperempoze ve elektrik stimülasyon grubunun QF kası üzerine etkilerinin benzer olduğunu ifade etmiştir. Bu çalışmaların sonuçları bizim çalışmamızla uyumludur.

Süperempoze tekniğinin kasları büyük oranda aktive ettiği çalışmacılar tarafından kabul edilmektedir (Kramer vd. 1984, Walmsley vd. 1984, Paillard vd. 2005). Ancak bazı çalışmaların sonucunda sağlıklı bireylerde süperempoze tekniğinin spesifik kasları tamamen aktive etmekte yetersiz kaldığı ve sağlıklı kişilerde istemli kas gücünün daha başarılı sonuçlar açığa çıkardığı belirlenmiştir. Bu çalışmalar sağlıklı kuadriseps kasında istemli kontraksiyonun daha başarılı sonuçlar oluşturduğunu düşündürmüştür (Yue vd. 2000, Allen vd 1995, Paillard vd. 2005).

Ancak yapılan bir çalışmanın sonusunda süperempoze tekniğinin dirençli egzersiz ve elektrik stimülasyonu yönteminden daha etkin olduğu gösterilmiştir. Willoughby ve ark. (1998) sağlıklı 20 saha sporcusunu randomize olarak 4 gruba ayırmışlardır. 6 haftalık kuvvetlendirme programından önce ve sonra QF kas kuvveti 1 MT ile ve vertikal sıçrama mesafeleri cm cinsinden incelenmiştir. Gruplar elektrik stimülasyonu grubu, dirençli egzersiz grubu, süperempoze grubu ve kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Dirençli egzersiz yapan olgular 1 MT'ın %85'i ile çalışmışlardır. Olguların eğitimi haftada 3 kez ve 8-10 tekrar olmak üzere 3 setten oluşmaktadır. Eğitim sonrasında tüm gruplarda kuvvet ve sıçrama mesafelerinde artış tespit edilmiştir. Ancak eğitim grupları kontrol gruplarına göre anlamlı artışlar göstermiştir. Vertikal sıçrama ve QF kas kuvvetini artırmak amacıyla elektrik stimülasyonu etkili bulunmakla birlikte dirençli egzersizin daha etkili olduğu belirlenmiştir. Fakat istatistiksel olarak en etkili yöntem bu iki tekniğin bir arada kullanıldığı süperempoze tekniği olarak gösterilmiştir ($p<0.05$). Bu çalışma da süperempozenin daha etkili olmasının nedeninin örneklemin sporcu oluşundan kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Nevsam ve Baker (2004) stroke sonrası kronik dönemde hemiparatik 9 erkek 11 bayan olmak üzere toplam 20 olguyu çalışmalarına dahil etmişlerdir. Bütün olgular fizyoterapi eğitim programına katılmaktadır. Kontrol grubu rutin fizyoterapiye devam ederken çalışma grubunun alt ekstremitesine terapötik seanslarda yer alan ağırlık aktarma ve yürüme eğimi sırasında elektrik stimülasyonu ile kuvvetlendirme eğitimi vermişlerdir. Kontrol grubundaki kuvvet artışı % 155'lik bir artış gösterirken Süperempoze grubunda %575'lik bir artış tespit etmişlerdir.

Çalışmamızda üçüncü hipotezimiz dominant tarafa uygulanan eğitimin nondominant tarafta da performansı artıracığı idi. Nondominant tarafta eğitimin çapraz etkisi sonucunda dirençli egzersiz ve süperempoze tekniği uygulanan gruplarda, kuvvet testlerinin hepsinde artış bulunurken ($p<0.05$), endurans parametreleri içerisinde ise sadece eccentric kontraksiyon içeren testlerde artış bulunmuştur ($p<0.05$). Elektrik stimülasyonu ile eğitimi verilen grupta nondominant tarafta kuvvette artış bulunmamış ($p>0.05$), fakat endurans parametrelerinde artışla sonuçlanmıştır ($p<0.05$). Maffiuletti ve ark. (2006) elektrik stimülasyonu ile birlikte dirençli egzersizi bir sağlıklı olgunun nondominant tarafına uygulamışlar ve olguda eğitim sonrası nöral adaptasyon ve kas aktivasyonuna bağlı olarak maksimal istemli kontraksiyonun %12 oranında arttığını, çalışmayan tarafta ise eğitimin çapraz etkisi sonucunda kuvvet artışı oluştuğunu belirtmişlerdir ($p<0.05$). Coburn ve ark. (2006) unilateral uyguladıkları dirençli egzersiz sonrasında eğitim alan ve eğitim almayan her iki bacakta da kuvvet artışı oluşturduğunu bulmuşlardır ($p<0.05$).

Ploutz ve ark. (1994) 9 erkek olgunun sol QF kasına dirençli egzersiz ile kuvvet eğitimi vermişlerdir. Her set 10 MT'ın %50, %75 ve %100'ü dirençli eğitim içermektedir. Olgular haftada 2 kez 9 hafta eğitime katılmışlar, eğitim sonrası test değerlerinde çalışılan QF kasında 1 MT değerinde %14 artış, çalışılmayan bacakta ise %4 artış belirlemişlerdir ($p<0.05$).

Çalışmamızın bazı güçlü ve zayıf yönleri vardır. Olgu sayımız az gibi görünmekle birlikte literatürdeki çalışmalarla karşılaştırıldığında oldukça iyi bir sayıdır. Test öncesi familiarizasyon dönemi verilmesi, 6 haftalık bir eğitim süresi uygulaması, bir senesta 2 set ve 10 tekrarın verilmesi çalışmanın güçlü yönleridir. Ancak tüm eğitim gruplarına

aynı yükte eğitim verebilmek için saha yöntemlerini kullanmak zorunda kalmamız çalışmamızın zayıf yönünü oluşturmaktadır. Elektrik stimülasyonu ile kuvvet eğitiminde maksimal kontraksiyonun EMG ile kaydedilmesi ve eğitim yükünün EMG sonucuna göre belirlenmesi daha objektif bir yöntem olurdu. Ancak EMG cihazının olmayışı nedeniyle biz elektrik stimülasyon uygulanan grupta kontraksiyon şiddetini ayarlayabilmek için VAS'ı kullandık. Leg preste dirençli egzersizin uygulandığı gruplarda ise 1 MT'ın %60-80 aralığındaki yüklerle çalıştık. Çalışmanın başında sabit yükte eğitim verilmesi hedeflenmişti. Ancak cinsiyet, antropometrik ölçümlerdeki farklılıklar nedeni ile egzersiz istasyonunda herkes için sabit yükü verebileceğimiz ağırlık sistemi yoktu. Ağırlıklardaki artışlar bu kullandığımız egzersiz istasyonunda 10-20-30 p gibi yüksek değerlerdi. 30 p bir olgu için 1 MT'ın %75'iyken 20 p 1 MT'ın %50'si olabiliyordu. Çalışmamızda 1 MT'ın %60-80 aralığını, yani orta şiddette çalışma yükünü tercih ettik. Böylelikle olgulara aynı yükte olmasa bile benzer şiddette eğitim verdik.

6.SONUÇ

Bu çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlar sağlıklı QF kasma uygulanan elektrik stimülasyonu, dirençli egzersiz ve süperempoze tekniklerinin, kasın kuvvetini, enduransını ve fiziksel kapasitesini geliştirdiğini ancak Süperempoze tekniğinin diğer yöntemlerden daha üstün olmadığını göstermiştir. Ayrıca sonuçların dirençli eğitim ve süperempoze tekniğinin çalışılmayan nondominant ekstremitede çapraz etkiyle kassal kuvvette, elektrik stimülasyonu ile kuvvetlendirme eğitiminin ise çapraz etkiyle kassal enduransta artışa yol açtığını göstermiştir.

7.KAYNAKLAR

- Akgün, N. (1982) Egzersiz Fizyolojisi, **Nobel Tıp Kitabevi**, İstanbul, s1-39.
- Akima, H., Kubo, K., Imai, M., Kanehisa, H., Suzuki, Y., Gunji, A., Fukunaga, T. (2001) Inactivity and Muscle: Effect of Resistance Training During Bed Rest on Muscle Size in the Lower Limb. *Acta Physiologica Scandinavica*, Aug;172(4):269-78
- Akman, N., Karataş, M. 2003 Temel ve Uygulanan Kinezyoloji, **Haberleşim Eğitim Vakfı**, Ankara, 226-227, 239-243s.
- Allen GM., Gandevia SC., McKenzie DK. (1995) Reliability of Measurements of Muscle Strength and Voluntary Activation Using Twitch Interpolation. *Muscle Nerve*, 18: 593-600
- Amato, M. D., Bach, B. R. Knee Injuries, Clinical Orthopaedic Rehabilitation, S. Brent Brotzman, Kevin E. Wilk, **The Cutris Center**, Pennsylvania, s251-370
- Arciero, P. J., Hannibal, N. S., Nindl, B. C., Gentile, C. L., Hamed, J., Vukovich, M. D. (2001) Comparison of Creatine Ingestion and Resistance Training on Energy Expenditure and Limb Blood Flow. *Metabolism*. 50:12;s1429-1434
- Arman, M. İ. (2000) Diz Muayenesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon, Mehmet Beyazova, Yeşim Gökçe Kutsal, 1. Cilt, **Güneş Kitabevi**, Ankara, s317-325.
- Baskan, E. 2004 Sağlıklı Quadriceps Femoris Kasının Kuvvetlendirilmesinde Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, **Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimler Enstitüsü**, Denizli, 122s.
- Bax, L., Staes, F., Verhagen, A. (2005) Does Neuromuscular Electrical Stimulation Strengthen the Quadriceps Femoris, *Sports Medicine*,;35(3):191-212
- Behm, D. G., Whittle, J., Button, D. (2002) Intermuscle differences in activation. *Muscle Nerve* 25: 236-43
- Bickell, C. S., Slade, J. M., Warren, G. L., Dudley, G. A., (2003) Fatigability and Variable-Frequency Train Stimulation of Human Skeletal Muscles, *Physical Therapy Journal*, 83:366-373.
- Bohannon, R. W., (2005) Manual Muscle Testing: Does it Meet the Standards of an Adequate Screening Test?. *Clinical Rehabilitation*;19:662-667s.
- Briggs, C., Sandor, S. M., Kenihan, M. A. R. (1995) The Knee, Sports Physiotherapy, (Zuluaga, M., Briggs, C., Carlisle, J., McDonald, V., McMeeken, J., Nickson, W., Oddy, P. and Wilson, D., Eds.), **Churchill Livingstone**, Australia, s541-550.
- Brown, D. D. (1928) On Inhibition as a Reflex Accompaniment of the Tendon Jerk and of Other Forms of Active Muscular Response. *Proc R Soc Lond B Biol Sci*; 103: 321-36
- Buhmann, H. W., Schleicher, W., Urbach, D., Schultz, W. (1998) Electromyostimulation and Isokinetic Training in Rehabilitation after Anterior Cruciate Surgery. *Fysikalische Medizin Rehabilitationsmedizin Kurortmedizin* 8 (1): 13-16

- Caggiano E, Emrey T, Shirley S, Craik RL. (1994) Effects of electrical stimulation on voluntary contraction for strengthening the quadriceps femoris muscles in an aged male population. *J Orthop Sports Phys Ther*, 20(1):s22-28.
- Calder, A. W., Chilibeck. P. D., Webber, C. E., Sale, D. G. (1994) Comparison of Whole and Split Weight Training Routines in Young Women. *J Appl Physiol* 19:s185-199
- Carroll, T. J., Abernethy, P. J., Logan, P. A., Barber, M., McEniery, M. T. (1998) Resistance Training Frequency: Strength and Myosin Heavy Chain Responses to Two and Three Bouts Per Week. *Eur J Appl Physiol*, 78: s270-275.
- Chilibeck, P. D., Calder, A. W., Sale, D. G., Webber, C. E. (1998) A Comparison of Strength and Muscle Mass Increases During Resistance Training in Young Women. *Eur J Appl Physiol*, 77: s170-175.
- Chromiak, J. A., Smedley, B., Carpenter, W., Brown, R., Koh, Y. S., Lamberth, J. G., Joe, L. A., Abadie, B. R., Altolfer, G. (2004) Effect of a 10-Week Strength Training Program and Recovery Drink on Body Composition, Muscular Strength and Endurance, and Anaerobic Power and Capacity, *Nutrition*, 20;5:s420-427.
- Coburn, J. W., Housh, D. J., Housh, T. J., Malek, M. H., Beck, T. W., Cramer, J. T., Johnson, G. O., Donlin, P. E. (2006) Effects of Leucine and Whey Protein Supplementation during Eight Weeks of Unilateral Resistance Training. *J Strength Cond Res*. May;20(2):284-91
- Cokk, B. B., Stewart, G. W. (1996) Strength Basics, *Human Kinetics*, Amerika, 1-2s.
- Currier, D. P., Lehman, J., Lightfoot, P., (1979) Electrical Stimulation in Exercise of the Quadriceps Femoris Muscle. *Phys Ther*. 59(12):1508-12.
- Dere, F. (1999) Anatomi Atlası ve Ders Kitabı, *Nobel Tıp Kitabevi*, I. Cilt, Adana, 338s.
- Dias, R. M. R., Cyrino, S. E., Salvador, E. P., Caldeira, L. F. S., Nakamura, F. Y., Papst R. R., Bruna, N. Gurjão, A. L. D. (2005) Influence of familiarization process on muscular strength assessment in 1-RM tests. *Rev Bras Med Esporte*. Vol. 11, 1 – Jan/Fev,
- Dikmenoğlu, N. (2000) İskelet Kası Fizyolojisi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon, Mehmet Beyazova, Yeşim Gökçe Kutsal, 1. Cilt, *Güneş Kitabevi*, Ankara, s138-155.
- Ergen, E., Demirel, H., Güner, R., Turnagöl, H., Başoğlu, S., Zergeroğlu, A. M., Ülkar, B. (2002) Egzersiz Fizyolojisi. Ergen, E. *Nobel Tıp Kitabevi*, Ankara, 222s.
- Ergun, N., Baltacı, G., (1997) Spor Yaralanmalarında Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Prensipleri. *Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yayınları*, Ankara, 224s.
- Feigenbaum, M. S., Pollock, M. L. (1999) Prescription of resistance training for health and disease. *Med Sci Sports Exerc* 31:38–45.
- Gondin, J., Guette, M., Jubeau, M., Ballay, Y., Martin, A. (2006) Central and Peripheral Contributions to Fatigue after Electrostimulation Training. *American College of Sports Medicine*, 195; s.1147-1156.
- Gondin, J., M. Guette, Y. B., Martin, A. (2005) Electromyostimulation Training Effects on Neural Drive and Muscle Architecture. *Med. Sci. Sports Exerc*. 37:s1291-1299.
- Gorgey, A. S., Mahoney, E., Kendall, T. Dudley, G. A., (2006) Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation Parameters on Specific Tension, *Eur J Appl Physiol*, 97: 737–744
- Göncü, K. (2000) Alt Ekstremitte Kinezyolojik Özellikleri, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon, Mehmet Beyazova, Yeşim Gökçe Kutsal, 1. Cilt, *Güneş*

- Kitabevi**, Ankara, s427-4443.
- Güney, N. (2006) Hemiplejik Serebral Paralizili Çocuklarda Etkilenmemiş Ekstremitelerin Fiziksel Parametrelerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, **Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimler Enstitüsü**, Denizli, 63s.
- Hamilton, N., Luttgens, K. (2003) Kinesiology of Fitness and Exercise. Kinesology: Scientific Basis of Human Motion, **Human Kinetics**, United States. 412-34.
- Hass, J. C., Schick, E. A., Chow, J. W., Tillman, M. D., Brunt, D., Cauraugh, J. H. (2003) Lower Extremity Biomechanics Differ in Prepubescent and Female Athletes During Stride Jump Loadings. **Journal of Applied Biomechanics**, 19, s139-152
- Heyward, V. H. (1998) Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription (3rd edit.) **Human Kinetics**, USA, s121-144
- Holcomb, W. R., Golestani, S., Hill, S., (2000) A Comparison of Knee-Extension Torque Production with Biphasic Versus Russian Current, **Journal of Sport Rehabilitation** Aug 9 (3): 229-239.
- Holcomb, W. R. (2005) Is Neuromuscular Electrical Stimulation an Effective Alternative to Resistance Training? **Strength and Conditioning Journal**, Jun 27 (3): 76-79
- Ishii, N. (2003) Factors Involved in the Resistance Training Stimulus and Their Relations to Muscular Hypertrophy. Exercise, Nutrition and Environment Stres. Nose, H. **Cooper**, Michigan, s119-138.
- Kayserilioğlu, A. (1996) Spor Fizyolojisi, Tıbbi Fizyoloji, Hayrünnisa Çavuşoğlu, **Nobel Tıp Kitabevi**, İstanbul, s1059-1071.
- Koryak, Y. (2004) Effects of Training with Functional Electrical Stimulation (FES) on Ankle Joint Torque, **9th Annual Conference of the International FES Society**, Bournemouth, UK.
- Kraemer, J. W. (1994) General Adaptations to Resistance and Endurance Training Programs, Essentials of Strength Training and Conditioning. Beachle, R. W., **Human Kinetics**, United States, s127-150.
- Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Fiengenbaum, M. S., Fleck, S. J., Franklin, B., Fry, A. C., Hoffman, J. R., Newton, R. U., Potteiger, J., Stone, M. H., Ratamess, N. A., Triplett, M. (2002) American Collage of Sports Medicine Position Stand. Progression Models in Resistance Training for Healty Adults, **Medicine Scienci Sports Exercise**. 34, s364-380.
- Kramer, J. F, Semple, J. E. Comparison of selected strengthening techniques for normal quadriceps. **Physiother Canada**. 35 (6):s300-304
- Kramer, J. F., Lindsay, D., Magee, D. (1984) Comparison of Voluntary and Electrical Etimulation Contraction Torque. **J Orthop Sports Ther.:** 5:324-31
- Kubiak, R. J., Whitman, K. M., Johnston, R. M. (1987) Changes in quadriceps femoris muscle strength using isometric exercise versus electrical stimulation. **J Orthop Sports Phys Ther;** 8(11):s537-541.
- Lambert, C. P., Armstrong, D. E., Jacks, D., Armstrong W. J., Flynn, M. G., (2002) Reliability of an Exercise Protocol Designed to Evaluate Resistance Exercise Performance. **Eur J Appl Physiol**. 87(3):264-71
- Laughman, R. K., Youdas, J. W., Garret, T. R. (1983) Strength Changes in the Normal Quadriceps Femoris Muscle as a Result of Electrical Muscle Stimulation. **Physical Therapy;** 63 (4): 494-9
- Leroux, A., Poumarat, G., Boucher, J. P. (1997) Investigation of Quadriceps Femoris Function Thruugh Electrical Stimulation. **Journal of Athletic Training**. 32:2.
- Linnamo, V., Newton, R. U., Hakinken, K., Komi, P. V., Davie, A., McGuigan, M.,

- Maffiuletti, N. A., Pensini, M., Martin, A. (2002) Activation of Human Plantar Flexor Muscles Increases After Electromyostimulation Training. *J. Appl. Physiol.* 92:s1383-1392.
- Maffiuletti, N. A., Zory, R., Miotti, D., Pellegrino, M. A., Jubeau, M., Bottinelli, R. (2006) Neuromuscular Adaptations to Electrostimulation Resistance Training. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation.* 85(2): 167-175
- Malatesta, D., Cattaneo, F., Dugnani, S., Maffiuletti, N. A. (2003) Effects of Electromyostimulation Training and Volleyball Practice on Jumping Ability, *Journal of Strength And Conditioning Research*, 17 (3): 573-579
- Martin, HJ., Yule, V., Syddall, HE., Dennison, EM., Cooper, C., Aihie. S. A. (2006) Is hand-held dynamometry useful for the measurement of quadriceps strength in older people? A comparison with the gold standard Bodex dynamometry. *Gerontology*, 52(3):154-9.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., Katch, V. L. (1981) System of Energy Delivery and Utilization, Exercise Physiology, *Lea & Febiger*, Philadelphia, s154-249.
- McBride, T. T. (2000) Neuromuscular Responses to Explosive and Heavy Resistance Loading. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 10:417-424s..
- McCall, G.E., Byrnes, W. C., Dickinson, A., Pattany, P. M., Fleck, S. J. (1996) Muscle Fiber Hypertrophy, Hyperplasia and Capillary Density in College Men after Resistance Training. *J Appl Physiol.* Nov;81(5):2004-12.
- Mcloda, T. A., Carmark J. A. (2000) Optimal Burst Duration During a Facilitated Quadriceps Femoris Contraction. *Journal of Athletic Training.*, 35(2):145-150.
- McMiken DF, Todd-Smith M, Thomson C. (1983) Strengthening of the human quadriceps muscles by cutaneous electrical stimulation. *Scan J Rehab Med.* 15(1):25-28.
- Mesfar, W., Shirazi, A. (2005) Biomechanics of the Knee Joint in Flexion Under Various Quadriceps Forces, *The Knee*, 12, s424 – 434.
- Metron, P. A. (1954) Voluntary Strength and Fatigue. *Journal Physiol*; 123:553-64
- Mohr T, Carlson B, Sultentic C, Landry R. (1985) Comparison of isometric exercise and high volt galvanic stimulation on quadriceps femoris muscle strength. *Phys Ther*; 65(5):s606-612.
- Mödlin, M., Forstner, C., Hofer, C., Mayr, W., Richter, W., Carraro, Ugo., Protasi, F., Kern, H. (2004) Electrical Stimulation of Denervated Muscles: First Results of a Clinical Study. *Artificial Organs*, 29(3):s203-206.
- Nelly, G., Ljunggren, G., Sylven, C., Borg, G. (1992) Comparison Between the Visual Analogue Scale (VAS) and the Category Ratio Scale (CR-10) for the Evaluation of Leg Evertion. *Int J Sports Med*, February 1, 13(2):133.
- Nelson, R., Hayes, K., Currier, D. (1999) Clinical Elektrotherapy. *Appleton & Lange.* s143-182.
- Newsam, J. C., Baker, L. L. (2004) Effect of an Electric Stimulastion Facilitation Program on Quadriceps Motor Unit Recruitment After Stroke, *Arch Phys Med Rehabilitation*, 85:2040-5
- Nordin, M., Frankel, V. H., Forssen, K. (1989) Basic Biomechanics of the Musculosekeletal System. *Lea&Febiger*, London, s115-134.
- O’connor, T. E., Lamb, K. L., (2003) The Effect of Bodymax High-Repetition Resistance Training on Measures of Body Composition and Muscular Strenght in Active Adult Women. *J Strenght Cond Res*, 17(3): 614-20
- O’Sullivan, S. B., Schmitz, T. J. (2001) Physical Rehabilitation Assesment and Treatment, *F. A. Davis Company*, Philadelphia, s120,121.

- Otman, S., Demirel, H., (1995) Sade A. Tedavi Hareketlerinde Temel Değerlendirme Prensipleri, *Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yayınları*, Ankara, 49-57s.
- Paillard, T., Noe, F., Passelergue, P., Dupui, P., (2005) Electrical Stimulation Superimposed onto Voluntary Muscular Contraction. *Sports Medicine*, 35(11): 951-966
- Parker, M. G., Bennett, M. J., Hieb, M. A., Hollar, A. C., Roe, A. A. (2003) Strength Response in Human Quadriceps Femoris Muscle During 2 Neuromuscular Electrical Stimulation Programs. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33:s719-726
- Pette, D. (1998) Training Effects on the Contractile Apparatus. *Acta Physiol Scand*, 162:s367-376
- Ploutz, L. L., Tesch, P. A., Biro, R. L., Dudley, G. A. (1994) Effect of resistance training on muscle during exercise. *J Appl Physiol*, 76:1675-1681
- Ploutz, S. L. L., Giamis, E. L. (2001) Orientation and Familiarization to 1RM Strength Testing in Old and Young Women. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. Vol. 15, No. 4, pp. 519-523.
- Pollock, L., Wilmore, H. (1990) Exercise in health and disease evaluation and prescription for prevention and rehabilitation. *Sounders Company*. 741s.
- Porcari, J. P., Miller, J., Cornwell, K., Foster, C., Gibson, M., Mclean, K., Kernozek, T., (2005) The Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation Training on Abdominal Strength, Endurance, and Selected Anthropometric Measures, *Journal of Sports Science and Medicine*. 4:s66-75.
- Putz, R., Pabst, R. (1993) Sabotta İnsan Anatomisi Atlası, 2. Cilt, K. Arıncı, *Beta Basın Yayın ve Dağıtım*, İstanbul, s286-310.
- Reeves, N. D., Narici, M. V., Maganaris, C. N. (2006) Musculoskeletal adaptations to resistance training in old age. *Manual Therapy* 11:s192-196.
- Reeves, N. D., Narici, M.V., Maganaris, C. N. (2006) Musculoskeletal Adaptations to Resistance Training in Old Age, *Manual Therapy*, 11: 192-196
- Risberg, MA., Holm, I., Ekeland, A. (1995) Reliability of Functional Knee Tests in Normal Athletes. *Scand J Med Sci Sports*, 5:5:24-8.
- Rodgers, M. M., Glaser, R. M., Figoni, S. F., Hooker, S. P., Ezenwa, B.N., Collins, S. R., Mathews, T., Suryaprasad, A. G., Gupta, S. C. (1991) Musculoskeletal Response of Spinal Cord Injured Individuals the Functional Neuromuskuler Stimulaion-Induced Knee Extension Exercise Training. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, Fall;28(4);19-26s.
- Romero, J. A., Sanford, T. L., Schroeder, R. V. (1982) The Effects of Electrical Stimulation of Normal Quadriceps on Strength and Girth. *Med Sci Sports Exerc*; 14 (3): 194-7
- Sale, D. G. (1988) Neural Adaptation to Resistance Training. *Med Sci Sports Exerc Suppl* 20:s135-145
- Saris, W. H. M., Antonie, J. M., Brouns, F., Fogelholm, M., Gleeson, M., Hepsel, P., Jeukendrup, A. E., Maughan, R. J., Pannemans, D., Stich, V. (2003) PASSCLAIM1-Physical Performance and Fitness. *Eur J Nutr.*, 42(1):50-95.
- Selkowitz, D. M. (1989) High Frequency Electrical Stimulation in Muscle Strengthening. *Am J Sports Med*; 17 (1): 103-11
- Serrao, V. F., Cabral, C. M., Berzin, F., Candolo, C., Pedro, V. M. (2005) Effect of Tibia Rotation on the Elektromyographical Activity of the Vastus Medialis Oblique and Vastus Lateralis Longus Muscles During Isometric Leg Press. *Physical Therapy in Sport*, 6:15-23.

- Seynnes, O. R., Boer, M., Narici, M.V., (2006) Early Skeletal Muscle Hypertrophy and Architectural Changes in Response to High-Intensity Resistance Training. *J Appl Physiol*. Oct 19.
- Singer, K. P., Gow, P. J., Otway, W. F., (1983) A Comparison of Electrical Muscle Stimulation, Isometric, Isotonic and Isokinetic Strength Training Programs. *N Z J Sports Medicine*; 11 (3): 61-3
- Strojnik V. (1998) The Effects of Superimposed Electrical Stimulation of the Quadriceps Muscles on Performance in Different Motor Tasks. *J Sports Med Phys Fitness*; 38: 194-200
- Strojnik, V. (1995) Muscle Activation Level During Maximal Voluntary Effort. *Eur J Appl Physiol*; 72: 144-9
- Sümbüloğlu, V., Sümbüloğlu, K. (2004) Sağlık Bilimlerinde Araştırma Yöntemleri, *Hatipoğlu*, 196s.
- Şemin, İ. (1996) İskelet Kasında Kasılma, Tıbbi Fizyoloji, Hayrünisa Çavuşoğlu, *Nobel Tıp Kitabevi*, İstanbul, s73-84.
- Taaffe, D. R., Duret, C., Wheeler, S., Marcus, R. (1999) Once weekly resistance exercise improves muscle strength and neuromuscular performance in older adults. *J Am Geriatric Soc* 47:1208–14.
- Tanimoto, M., Ishii, N. (2005) Effects of Low-intensity Resistance Exercise with Slow Movement and Tonic Force Generation on Muscular Function in Young Men. *J Appl Physiol*. Apr:100(4):1150-7.
- Tarnopolsky, M. A., Parise, G., Yardley, N.J., Ballantyne, C.S., Olatinji, S., Phillips, S.M. (2001) Creatine-Dextrose and Protein-Dextrose Induce Similar Strength Gains During Training. *Medicine Sci Sports Exercise*. Dec;33(12):2044-52.
- Tegner, Y., Lyshlom, J., Lyshlom, M., Gillquist, J. (1986) A Performance Test of Monitor Rehabilitation and Evaluate Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Am J Sports Med*. 14:156-9.
- Tesch, P. A., Ekberg, A., Lindquist, D. M., Trieschmann, J. T. (2004) Muscle Hypertrophy Following 5-week Resistance Training Using a Non-gravity-dependent Exercise System. *Acta Physiol Scand*, 180:s89–98.
- Vali, P., Boldrini, L., Bianchedi, D., (2002) Effects of low intensity electrical stimulation on quadriceps muscle voluntary maximal strength. *J Sports Med Phys Fitness*. 42: 425-30
- Walmsley, R. P., Letts, G., Voors, J. (1984) A Comparison of Torque Generated by Knee Extension with a Maximal Voluntary Muscle Contraction vis-a-vis Electrical Stimulation. *J Orthop Sports Phys Ther*. 6:10-7
- Wathen, D., (1994) Load Assignment, Essentials of Strength Training and Conditioning, Thomas R. Baechle, *Human Kinetics*, United States, s516-522.
- Wayne, P. T., Alan, B. M., Valenzuela, J. E., Burkett, L. N. (2004) Reliability of Maximal Strength Testing in Older Adults. *Arch Physical Medicine Rehabilitation*, 85:329-34.
- Weineck, J. (1998) Spor Anatomisi, Dr. Hakan Yaman/ A. Semra Elmacı, Bağırhan Yayınevi, Ankara, 145-146s.
- Willoughby, D. S., Simpson, S. (1998) Supplemental EMS and Dynamic Weight Training: Effects on Knee Extensor Strength and Vertical Jump of Female College Track & Field Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Aug 12 (3): 131-137.
- Witvrouw, E., Lynens, R., Bellemans, J., Pers, K., Vanderstraeten, G. (2004) Open Versus Closed Kinetic Chain Exercises in Patellofemoral Pain. *The American Journal of Sports Medicine*. 32:1122-1130s.

- Wolf, S., Ariel, GB., Saar, D. (1986) The effect of muscle stimulation during resistive training on performance parameters. *Am J Sports Med*;14:18-23
- Woods, S., Bridge, T., Nelson, D., Risse, K., (2004) Pincivero, DM., The Effects of Rest Interval Length on Ratings of Perceived Exertion During Dynamic Knee Extension Exercise. *J Strength Cond Res*, August 1, 18(3):540.
- Yue, G. H., Ranganathan, V. K., Simionow, V. (2000) Evidence of Inability to Fully Activate Human Limb Muscle. *Muscle Nerve*, 23:376-84
- Zatsiorsky, V. M. (1995) Strength Exercises, Science and Practice of Strength Training. *Human Kinetics*, United States, s137-171.
- Zizic, T. M., Hoffman, K. C., Holt, P. A., Hungerford, D. S., O'Dell, J.R. (1995). The Treatment of Osteoarthritis of The Knee with Pulsed Electrical Stimulation. *Journal of Rheumatology*, 22(9), 1757-1761.

EK-1 Çalışmada kullanılan değerlendirme formu

**SÜPEREMPOZE ELEKTRİK STÜMÜLASYON TEKNİĞİNİN
SAĞLIKLI KUADRİSEPS FEMORİS KASININ
FİZİKSEL FONKSİYONLARINA ETKİSİNİN
İNCELENMESİNDE KULLANILAN DEĞERLENDİRME FORMU**

Ad: Soyad:
 Boy: Kilo:
 Yaş: Cinsiyet: Erkek: Kız:
 Dominant taraf: Sağ Sol
 Eğitim Grubu: ESG DEG SEG

1.ANTROPOMETRİK ÖLÇÜMLER

Kuadriseps Femoris Kası Çevre Ölçümleri

	Eğitim öncesi		Eğitim sonrası	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol
Diz eklemi
Diz eklemi 5 cm üstü
Diz eklemi 15 cm üstü

Skinfold Ölçümleri

	Eğitim öncesi		Eğitim sonrası	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol
1. Ölçüm
2. Ölçüm
3. Ölçüm

2.KAS KUVVETİ ÖLÇÜMLERİ

Dinamometre Ölçümleri

	Eğitim öncesi		Eğitim sonrası	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol
I. Ölçüm:
II. Ölçüm:
III. Ölçüm:
1 Maksimum Tekrar
3 Maksimum Tekrar

3.ENDURANS TESTLERİ

	Eğitim öncesi		Eğitim sonrası	
	Sağ	Sol	Sağ	Sol
Sabit ağırlıkla çalışma tekrarı
Step-up testi
Step-down testi
Tek ayak üzerinde çömelme testi

4.FONKSİYONEL TESTLER

Tek ayak üzerinde

öne sıçrama:	1.Sıçrama:	.....	.....
	2.Sıçrama:	.....	.....
	3.Sıçrama:	.....	.....

Üçlü Sıçrama:

1.Sıçrama:	.....	.....
2.Sıçrama:	.....	.....
3.Sıçrama:	.....	.....

Vertikal Sıçrama:

	Eğitim öncesi	Eğitim sonrası
1.Sıçrama:
2.Sıçrama:
3.Sıçrama:

5.YORGUNLUK SKALASI

Eğitim öncesi	Eğitim Sonrası
0 Hiç yok	0 Hiç yok
0.5 Çok çok hafif	0.5 Çok çok hafif
1 Çok hafif	1 Çok hafif
2 Hafif	2 Hafif
3 Orta	3 Orta
4 Ortanın biraz üzerinde	4 Ortanın biraz üzerinde
5 Şiddetli	5 Şiddetli
6	6
7 Çok şiddetli	7 Çok şiddetli
8	8
9	9
10 İleri derecede şiddetli	10 İleri derecede şiddetli

6.EĞİTİM ŞİDDETİ

	1.Hafta	3.Hafta	5.Hafta
Tarih	/ /2006	/ / 2006	/ /2006
1. MT	.....	.....	.....
Eğitim şiddeti	.....	.....	.....

ÖZGEÇMİŞ

1978 yılında Konya’da doğdu. İlk ve orta öğretimini Konya’da tamamladı. 1997 yılında Dumlupınar Üniversitesi Sağlık Yüksekokulu Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Bölümünü kazandı ve 2001 yılında bu bölümden mezun oldu.

Mezun olduktan sonra bir süre Meliha Girgin ve Oruçoğlu Furkan Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezlerinde çalıştı. 2002 yılında Diyarbakır Asker Hastanesi’nde vatani görevini tamamladıktan sonra 2002 yılında Dumlupınar Üniversitesi Sağlık Yüksekokulu Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 2004 yılında Yüksek lisans eğitimi için Pamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokuluna görevlendirildi. Evli ve bir çocuk babası olan Ferruh TAŞPINAR, halen Ortopedik Rehabilitasyon alanında Yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.