



---

---

**ELEKTRİK STİMÜLASYONU VE İZOMETRİK EGZERSİZİN  
SAĞLIKLI QUADRICEPS FEMORİS KASININ İZOKİNETİK  
KUVVETİNE ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**Uzm. Fzt. Emre BASKAN**

**Kasım, 2009**

**DENİZLİ**

**ELEKTRİK STİMÜLASYONU VE İZOMETRİK EGZERSİZİN  
SAĞLIKLI QUADRICEPS FEMORİS KASININ İZOKİNETİK  
KUVVETİNE ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**Pamukkale Üniversitesi  
Sağlık Bilimleri Enstitüsü  
Doktora Tezi  
Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı**

**Uzm. Fzt. Emre BASKAN**

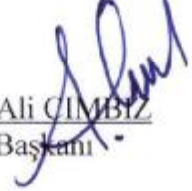
**Danışman: Prof. Dr. Uğur CAVLAK**


**Kasım, 2009**


**DENİZLİ**

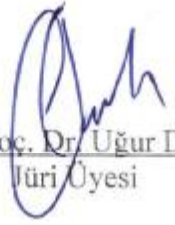
## DOKTORA TEZİ ONAY FORMU


Emre BASKAN tarafından, Prof. Dr. Uğur CAVLAK yönetiminde hazırlanan "Elektrik Stimülasyonu ve İzometrik Egzersizin Sağlıklı Quadriceps Femoris Kasının İzokinetik Kuvvetine Etkilerinin Karşılaştırılması" başlıklı tezi tarafımızdan okunmuş kapsamı ve niteliği açısından bir Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

  
Doç. Dr. Ali CİMBİZ  
Jüri Başkanı

  
Prof. Dr. Uğur CAVLAK  
Jüri Üyesi

  
Doç. Dr. Ummuhan BAŞ ASLAN  
Jüri Üyesi

  
Yrd. Doç. Dr. Uğur DÜNDAR  
Jüri Üyesi

  
Yrd. Doç. Dr. Fatma ÜNVER KOÇAK  
Jüri Üyesi

Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 10/12/2009 tarih ve 09/19-1... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

  
Doç. Dr. A. Çevik TUFAN  
Müdür

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırılmalarının 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: Uzm.Fzt.Emre BASKAN

## TEŞEKKÜR

Tezin oluŐturulmasından yazım aŐamasına kadar her konudaki desteğini esirgemeyen danıŐmanım Pamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon YO. Müdürü Sayın Prof.Dr.Uğur CAVLAK'a

Olguların değerlendirme aŐamasındaki desteklerinden dolayı başta Sayın Uzm.Fzt.Özlem Özcan BİNGÜL olmak üzere tüm Sağlık Bakanlığı Denizli Servergazi Devlet Hastanesi fizyoterapistlerine,

Gerekli klinik ortamın sağlanmasıdaki yardımlarından dolayı Sayın Uzm.Dr.Hasan Hüseyin CEYLAN'a

Tez aŐamasındaki desteklerinden dolayı Pamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon YO. değerli öğretim elemanlarına,

Tezin her aŐamasındaki özverili desteği ve sabrı için Sayın Fzt.Özden AKYOL'a

Sevgilerini ve desteklerini her zaman yanımda hissettiğim annem ve babama,

En içten teŐekkürlerimi sunarım.

## ÖZET

# ELEKTRİK STİMÜLASYONU VE İZOMETRİK EGZERSİZİN SAĞLIKLI QUADRICEPS FEMORİS KASININ İZOKİNETİK KUVVETİNE ETKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Baskan, Emre

Doktora Tezi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon ABD

Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Uğur CAVLAK

Kasım 2009, 81 Sayfa

Araştırmamızın amacı sağlıklı quadriceps femoris kasında izometrik egzersiz ve elektrik stimülasyon tekniklerinin izokinetik kuvvet üzerine etkilerini saptamak ve karşılaştırmaktır.

Çalışmamıza 18-25 yaşları arasında, 20 sağlıklı birey dahil edilmiştir. Olgular elektrik stimülasyonu grubu (Grup I) (n=10) ve maksimal istemli izometrik egzersiz grubu (Grup II) (n=10) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Olgulara 6 hafta boyunca haftada 3 gün, 10 tekrarlı, 10sn kontraksiyon ve 50sn dinlenme aralıklı maksimal izometrik egzersiz ve elektrik stimülasyonu programı uygulanmıştır. Tüm olgular kuvvet eğitimi öncesi ve sonrası değerlendirilmiştir. Olgular antropometrik ölçüm, sabit ağırlıkla çalışma tekrarı (10p), basamak çıkma, eğimli çömelme (25°), tek ayak üzerinde öne sıçrama testi ve izokinetik ölçümler [peak torque, work per repetition, initial peak torque, fatigue index, total work done, %BW] ile değerlendirilmiştir.

Kuvvet eğitimi sonrası her iki grupta performans testleri ve izokinetik testlerde anlamlı değişiklikler saptanmıştır (p<0.05). Elektrik stimülasyonu uygulanan grup I olgularında quadriceps femoris kas hipertrofisi saptanmıştır (p<0.05). Gruplar karşılaştırıldığında, her iki grupta kuvvet ve performans artışı saptanmasına rağmen, grupların birbirine göre üstün olmadığı tespit edilmiştir. (p>0.05)

Elde ettiğimiz sonuçlar sağlıklı quadriceps femoris kasına uygulanan elektrik stimülasyonu ve maksimal istemli izometrik kontraksiyon ile kuvvet eğitiminin kas kuvveti, enduransı ve izokinetik parametrelerinde artışa yol açtığını göstermektedir. Gruplarda saptanan kuvvet ve endurans artışına rağmen bir tekniğin diğerine göre daha üstün sonuç vermemesi, kas kuvvetini arttırmak için her iki tekniğin de kullanılabilirliği sonucunu doğurmaktadır. Sonuç olarak, elektrik stimülasyonu ve maksimal istemli izometrik egzersiz, izokinetik dinamometrelerin bulunmadığı kliniklerde izokinetik kuvvet artışı sağlamak için alternatif olabilir.

Anahtar Kelimeler: M.Quadriceps Femoris, Elektrik Stimülasyonu, İzometrik Egzersiz, İzokinetik Test, Kuvvet, Endurans

## **ABSTRACT**

### **COMPARISON OF EFFECTS OF ELECTRICAL STIMULATION AND ISOMETRIC EXERCISES ON ISOKINETIC STRENGTH IN HEALTHY QUADRICEPS FEMORIS MUSCLE**

**Baskan, Emre**

**PhD Thesis in Physical Therapy and Rehabilitation**

**Supervisor: Prof. Dr. Uğur CAVLAK**

**November 2009, 81 Pages**

The purposes of this study were (1) to investigate and (2) to compare effects of isometric exercises and electrical stimulation on isokinetic strength for healthy quadriceps femoris muscle.

Twenty healthy volunteers (range, 20-25; mean age, 20.9±1.1 yr) participated in the study. All participants were divided into two groups (Group I and Group II). Each group consisted of 10 subjects. While Group I received electrical stimulation with Russian current, Group II trained with maximal volunteer isometric exercises (10s contraction and 50 s relaxing periods with 10 repetitions) for three days per a week for six weeks. Before and after the training program, each subject was evaluated using the following tests; anthropometrical measurements, fixed weight repetition, step-up, decline squat, single leg hop, and isokinetic assessments (peak torque, work per repetition, initial peak torque, fatigue index, total work done, %BW).

After a 6-week training program, significant differences in terms of physical functioning and isokinetic parameters in the two groups were found ( $p<0.05$ ). In other saying, physical functioning and isokinetic strength of quadriceps femoris muscle were seen to be increased in two group after training programs ( $p<0.05$ ). There were no significant differences between the groups ( $p>0.05$ ). Quadriceps femoris hypertrophy was only found in electrical stimulation group ( $p<0.05$ ).

The results obtained from this study show that the two strengthening techniques just used in the study can be used to improve muscle strength, performance and isokinetic parameters in healthy quadriceps femoris muscle ( $p<0.05$ ). But, there is no superiority on each other. In conclusion, these results indicate that electrical stimulation and maximal volunteer isometric exercises can be used to increase isokinetic strength as an alternative for isokinetic dynamometer in clinical setting.

**Key Words: M.Quadriceps Femoris, Electrical Stimulation, Isometrical Exercises, Isokinetic Testing, Strength, Endurance**

<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>Sayfa</b>
Teşekkür.....	i
Özet.....	ii
Abstract.....	iii
İçindekiler.....	iv
Şekiller Dizini.....	vi
Resimler Dizini.....	vii
Tablolar Dizini.....	viii
Simgeler ve Kısaltmalar.....	ix
<b>1.GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2.KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMASI.....</b>	<b>4</b>
2.1.Diz Biyomekaniği.....	4
2.2.İskelet Kasının Yapısı.....	6
2.2.1.İskelet Kası Fibril Tipleri.....	7
2.2.2.Kasılma Mekanizması.....	7
2.2.3.Kas Kasılması ve Çeşitleri.....	10
2.3.Kas Kuvvet Değerlendirmesi.....	12
2.4.Kas Kuvvetlendirme Teknikleri.....	14
2.4.1.İzometrik Egzersiz.....	14
2.4.2.Elektrik Stimülasyonu.....	15
2.4.3.İzotonik Egzersizler.....	17
2.4.4.İzokinetik Egzersizler.....	18
<b>3.MATERYAL VE METOD.....</b>	<b>19</b>
3.1.Amaç.....	19
3.2.Çalışmanın Yapıldığı Yer.....	19
3.3.Çalışma Süresi.....	19
3.4.Katılımcılar.....	19
3.5.Değerlendirme.....	20
3.5.1.Çevre Ölçümü.....	21



3.5.2.Sabit Ağırlıkla Çalışma Tekrarı.....	22
3.5.3.Basamak çıkma Testi.....	22
3.5.4.Eğimli Çömelme Testi.....	22
3.5.5.Tek Ayak Üzerinde Öne Sıçrama Testi.....	23
3.5.6.İzokinetik Testler.....	24
3.6.Kuvvet Eğitim Grupları.....	27
3.7.İstatistiksel Analiz.....	30
<b>4.BULGULAR.....</b>	<b>31</b>
4.1.Grupların Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırılması.....	32
4.2.Elektrik Stimülasyon Grubunun Eğitim Öncesi ve Sonrası Değerlendirme Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	32
4.3. İzometrik Egzersiz Grubunun Kuvvet Eğitimi Öncesi ve Sonrası Değerlendirme Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	38
4.4. Elektrik Stimülasyonu Kontrol Grubunun Eğitim Öncesi ve Sonrası Değerlendirme Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	45
4.5. İzometrik Egzersiz Kontrol Grubunun Kuvvet Eğitimi Öncesi ve Sonrası Değerlendirme Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	48
4.6.Grupların Kuvvet Eğitimi Öncesi Değerlerinin Karşılaştırılması.....	51
4.7 Grupların Kuvvet Eğitimi Sonrası Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	52
<b>5.TARTIŞMA.....</b>	<b>53</b>
<b>6.SONUÇ.....</b>	<b>66</b>
<b>7.KAYNAKLAR.....</b>	<b>67</b>
<b>Ek.I.....</b>	<b>77</b>
<b>Ek.II.....</b>	<b>79</b>
<b>Ek.III.....</b>	<b>80</b>
<b>Özgeçmiş.....</b>	<b>81</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.1.Quadriceps Femoris Kası.....	4
Şekil 4.1.Olguların Dominant Ekstremitte Dağılımı.....	31
Şekil 4.2.Olguların Yaş Dağılımları.....	32
Şekil 4.2.2.1.Grup I Basamak Çıkma Değerleri.....	33
Şekil 4.2.2.2.Grup I Eğimli Çömelme Değerleri.....	34
Şekil 4.2.2.3.Grup I Tek Ayak Üzerinde Öne Sıçrama Değerleri.....	34
Şekil 4.2.2.4.Grup I Sabit ağırlıkla Tekrar Değerleri.....	35
Şekil 4.2.3.1.Grup I Peak Torque Değerleri.....	36
Şekil 4.2.3.2.Grup I WPR Değerleri.....	36
Şekil 4.2.3.3.Grup I Initial Peak Torque Değerleri.....	37
Şekil 4.2.3.4.Grup I Fatigue Index Değerleri.....	37
Şekil 4.2.3.5.Grup I Total Work Done Değerleri.....	38
Şekil 4.2.3.6.Grup I BW Değerleri.....	38
Şekil 4.3.2.1.Grup II Basamak Çıkma Değerleri.....	40
Şekil 4.3.2.2.Grup II Eğimli Çömelme Değerleri.....	40
Şekil 4.3.2.3.Grup II Tek Ayak Üzerinde Öne Sıçrama Değerleri.....	41
Şekil 4.3.2.4.Grup II Sabit ağırlıkla Tekrar Değerleri.....	41
Şekil 4.3.3.1.Grup II Peak Torque Değerleri.....	42
Şekil 4.3.3.2.Grup II WPR Değerleri.....	43
Şekil 4.3.3.3.Grup II Initial Peak Torque Değerleri.....	43
Şekil 4.3.3.4.Grup II Fatigue Index Değerleri.....	44
Şekil 4.3.3.5.Grup II Total Work Done Değerleri.....	44
Şekil 4.3.3.6.Grup II BW Değerleri.....	45

## RESİMLER DİZİNİ

Şekil 3.5.1.1.Uyluk Çevre Ölçümü.....	21
Şekil 3.5.3.1.Basamak Çıkma Testi.....	22
Şekil 3.5.4.1.Eğimli Çömelme Testi.....	23
Şekil 3.5.5.1.Tek Ayak Üzerinde Öne Sıçrama Testi.....	24
Şekil 3.5.6.1.Cybex Biodex Corp.Shirley İzokinetik Cihazı.....	25
Şekil 3.5.6.2.İzokinetik Testler.....	26
Şekil 3.6.1.Endomed 980 Elektrodiagnostik ve Terapatik Cihazı.....	27
Şekil 3.6.2.1.Elektrik Stimülasyonu ile Kuvvet Eğitimi.....	28
Şekil 3.6.2.2.Elektrik Stimülasyonu ile Kuvvet Eğitimi.....	28
Şekil 3.6.3.İzometrik Egzersiz İle Kuvvet Eğitimi.....	29

## TABLolar DİZİNİ

Tablo 4.1. Grupların Fiziksel Özelliklerinin Karşılaştırılması.....	32
Tablo 4.2.1. Elektrik Stimülasyon Grubu Antropometrik Ölçüm Değerleri.....	32
Tablo 4.2.2. Elektrik Stimülasyon Grubu Kuvvet ve Endurans Ölçüm Değerleri	33
Tablo 4.2.3. Elektrik Stimülasyon Grubu İzokinetik Test Değerleri.....	35
Tablo 4.3.1. İzometrik Egzersiz Grubu Antropometrik Ölçüm Değerleri.....	39
Tablo 4.3.2. İzometrik Egzersiz Grubu Kuvvet ve Endurans Ölçüm Değerleri....	39
Tablo 4.3.3. İzometrik Egzersiz Grubu İzokinetik Test Değerleri.....	42
Tablo 4.4.1. Elektrik stimülasyon grubu nondominant ekstremite antropometrik ölçüm değerleri.....	45
Tablo 4.4.2. Elektrik stimülasyon grubu nondominant ekstremite kuvvet ve endurans ölçüm değerleri.....	46
Tablo 4.4.3. Elektrik stimülasyon grubu nondominant ekstremite izokinetik test değerleri.....	46
Tablo 4.4.4. Grup I eğitim sonrası dominant ve nondominant ekstremitelerin sonuçlarının karşılaştırılması.....	47
Tablo 4.5.1. İzometrik egzersiz grubu nondominant ekstremite antropometrik ölçüm değerleri.....	48
Tablo 4.5.2. İzometrik egzersiz grubu nondominant ekstremite kuvvet ve endurans ölçüm değerleri.....	48
Tablo 4.5.3. İzometrik egzersiz grubu nondominant ekstremite izokinetik test değerleri.....	49
Tablo 4.5.4. Grup II eğitim sonrası dominant ve nondominant ekstremitelerin sonuçlarının karşılaştırılması.....	50
Tablo 4.6. Grupların Kuvvet Eğitimi Öncesi Değerlerinin Karşılaştırılması.....	51
Tablo 4.7. Grupların Kuvvet Eğitimi Sonrası Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	52

## SİMGELER VE KISALTMALAR

%	Yüzde
°	Derece
ACL	Anterior Cruciate Ligament
ATP	Adenozin Trifosfat
BW	Body Weigth
Cm	Santimetre
Dk	Dakika
ES	Elektrik Stimülasyonu
HVGS	High Voltage Galvanic Stimulation
Kg	Kilogram
KOAH	Kronik Obstruktif Akciğer Hastalığı
M	Muskulus
N	Newton
n	Olgu Sayısı
NMES	Nöromuskuler Elektrik Stimülasyonu
p	İstatistiksel Yanılma Düzeyi
PT	Peak Torque
QF	Quadriceps Femoris
RA	Russian Akımları
SD	Standart Sapma
sn	Saniye
SSS	Santral Sinir Sistemi
TENS	Trans Cutaneal Elektriksel Sinir Stimülasyonu
vd	ve diğerleri
VKİ	Vücut Kitle İndeksi

WPR	Work Per Repetition
X	Aritmetik Ortalama

## 1.GİRİŞ

Fizyoterapi kliniklerinde en çok kuvvet eğitim programına alınan kasların başında quadriceps femoris kası gelmektedir. Hastalıklar, cerrahi girişimler, yaşlanma gibi faktörler bu kasta kuvvet kaybına yol açabileceği gibi, kasın güçsüz olması başta diz eklemi patolojileri olmak üzere yürüyüş problemleri, postür bozuklukları ve alt ekstremitte problemlerine neden olmaktadır. Quadriceps femoris (QF) kasının kuvveti, insan vücudunun stabilitesi, hareketliliği ve sportif aktiviteler açısından göz önünde bulundurulduğunda kas kuvvetinin korunması ve artırılması çok önemlidir.

Elektrik stimülasyonu (ES) kas kuvvetlendirilmesinde sık olarak kullanılan yöntemlerden biridir ve etkileri klinik çalışmalarda güncelliğini sürdürmektedir. (Stackhouse 2007, Petterson 2006, Vivodtzev 2006, Baskan 2004) ES'nin kullanılmasının amacı, maksimal istemli kontraksiyondan daha fazla motor ünite aksiyon potansiyeli oluşturmaktır (Vrbová 2008). İzometrik kuvvet eğitimi ise özel kas veya kas gruplarının total kuvvetinin artırılmasında etkili, kolayca yapılabilen egzersizlerdir (Kisner 2007, Stocchi 2007). Optimal kuvvet kazanımı için uzun süreli az tekrarlı veya kısa süreli çok tekrarlı eğitimler verilebilmektedir (Zuluaga 1995).

İzometrik egzersiz kas kuvvetlendirme amacıyla 1950-60 yıllarından itibaren popüler olarak kullanılmaya başlanmıştır. Kas kuvvetlendirmede dinamik egzersizlere alternatif olarak daha etkili ve verimli bir tekniktir. Sağlıklı olgularda altı haftalık her gün yapılan maksimal izometrik kontraksiyon eğitimlerinde haftada %5'lik bir kuvvet kazanımı gerçekleştiği rapor edilmiştir. Bazı çalışmalarda maksimum izometrik egzersizle birlikte kontralateral ekstremitede egzersiz çapraz etkisinin olduğu belirtilmektedir. Bu çalışmaların her biri izometrik kuvvet eğitiminin kas kuvvetlendirmesinde etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir (DeVine 1981, Kisner 2007).

Literatüre bakıldığında, gelişen teknolojiyle birlikte farklı akım çeşitleri ve dalga formlarının kullanımına izin veren kolay uygulanabilen stimülasyon cihazlarının kas kuvvetini arttırmak amacıyla kullanılması giderek artış göstermektedir (Vrbová 2008). Farklı ülkelerde yapılan çalışmalarda elektrik stimülasyonunun ve izometrik egzersizlerin izokinetik kuvvet üzerine etkileri belirtilmiştir (Currier 1983, Callaghan 2001, Bircan 2002, Say 2004, Symons 2005, Çikler 2007).

İzokinetik cihazlar günümüzde kas kuvveti ölçümleri için fizyoterapi klinik uygulamalarında sıklıkla kullanılmaktadır (Theou 2008, Powers 2008, Wiggin 2006). Bu cihazlar değişik hareketler sırasında uygulanan kas kuvvetinin, sayısal olarak doğru ve hızlı bir şekilde ölçülmesini mümkün kılar. Bu teknolojinin ürünü olan izokinetik ölçüm, araştırma, klinik testler ve rehabilitasyon aşamasında kas kuvveti ve enduransını değerlendirmek için yaygın olarak kullanılan kesin ve güvenilir bir sistemdir (Rothstein 1987, Pohl 2000, Yılmaz 2007). Literatürde kas kuvvetini arttırmak amacıyla kullanılan yöntemlerle ilgili çok sayıda makale yer almaktadır. Ancak elektrik stimülasyonu ve izometrik egzersizin izokinetik kuvvet üzerine etkisini gösteren çok az sayıda çalışmaya rastlanılmaktadır.

İzokinetik kuvvet eğitimi pahalı bir ekipman ve laboratuvar ortam gerektirir. Kuvvet eğitimi için kliniklerde sık kullanılan elektrik stimülasyonu ve uygulaması kolay ve pratik olan izometrik egzersizlerin izokinetik kuvvete olası etkisinin olması, şüphesiz uygulamalarda kolaylık sağlayacaktır.

Çalışmamız Pamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu ve Sağlık Bakanlığı Servergazi Denizli Devlet Hastanesinde gerçekleştirilmiştir. Rastgele seçilmiş 20 sağlıklı olgu kuvvet eğitimi öncesi ve sonrası değerlendirilmiştir. 10 olgu izometrik egzersiz grubunda, 10 olgu da elektrik stimülasyon grubunda haftada 3 seans olmak üzere 6 hafta boyunca kuvvet eğitim programına dahil edilmiştir.

Çalışmamız sağlıklı quadriceps femoris kasında izometrik egzersiz ve elektrik stimülasyonunun izokinetik kuvvet üzerine etkilerini saptamak ve karşılaştırmak amacıyla yapılmıştır. Araştırmamızda kurduğumuz hipotezler aşağıda belirtilmiştir:

Hipotez 1. Elektrik stimülasyonu ile quadriceps femoris kuvvet eğitimi izokinetik kuvvet değerlerinde artışa neden olur.

Hipotez 2. Maksimal istemli izometrik egzersiz ile quadriceps femoris kuvvet eğitimi izokinetik değerlerde artışa neden olur.

Hipotez 3. Elektrik stimülasyonu ile elde edilen kuvvet kazanımı izometrik egzersize göre daha fazladır.

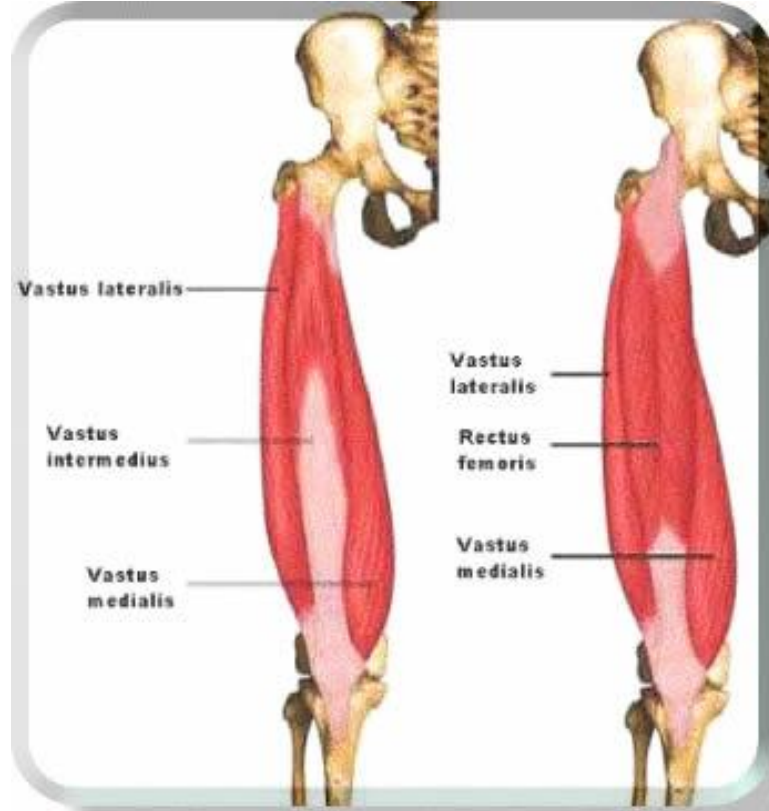


Bu alışma yukarıda belirtilen hipotezleri test etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Olgularda kuvvet eğitimi öncesinde ve sonrasında elde edilen veriler uygun istatistiksel yöntemlerle karşılaştırılarak analiz edilmiş ve sonuçlar literatür bilgileri doğrultusunda tartişılmıştır.

## 2. KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMASI

### 2.1.DİZ EKLEMİ BİYOMEKANİĞİ

Diz eklemi, alt ekstremitede bir ara eklemdir. Vücudumuzun en büyük eklemlerinden biri olan dizin temel fonksiyonu vücut ağırlığının taşınması ve yürümenin sağlanmasıdır (Tüzün 1997). Diartrodial (tam oynar) ve menteşe eklem yapısında olan diz, patella ile femurun eklemleşmesinden oluşan patellofemoral eklem ve femur ile tibianın eklemleşmesinden oluşan tibiofemoral eklem olarak iki fonksiyonel eklemden meydana gelir (Gürer 2001). Tibial ve femoral epikondillerin uyumu çok iyi değildir. Araya giren fibrokartilajinöz yapıdaki menisküsler ile kondiller arasındaki uyum sağlanır. Ayrıca menisküsler femur ile tibia arasındaki basıncı dağıtmaya, esnekliği artırmaya ve lubrikasyona yardım ederler.



Şekil 2.1.1 Quadriceps femoris kası (<http://www.criticalbench.com/muscles/quadriceps-anatomy.jpg>)

M.Quadriceps Femoris (QF), bacağın en büyük ekstansörüdür ve femurun ön kısmının büyük bir kısmını ve lateral bölümünü kaplar.

Dört kasın birleşiminden meydana gelir.

1-M.Rektus Femoris

2-M.Vastus Lateralis

3-M.Vastus Medialis

4-M.Vastus Intermedius

Dört komponentin tendonları uyluk distaline doğru birleşir. Medial ve lateral patellar retinakulumlar bu tendonun uzantıları olarak patellaya tutunurlar.

QF diz ekstansiyonunu sağlar. M.Rektus femoris, uyluğun pelvise göre fleksiyonunda görev alır ve uyluk sabit iken pelvisin uyluğa göre fleksiyonunu sağlar. Femoral sinirden innerve olur. Arterio profunda ve genicular arter ağından beslenir (Kurtulmuş 2006). QF insandaki en büyük ve en önemli kastır. Vastuslar mono artiküler ve rektus femoris biartiküler yapıdadır (Gürer 2001).

QF'i meydana getiren kasların geniş ve uzun kirişlerinin etrafında toplanmış olması nedeniyle, kas liflerinin sayısı çoktur ve liflerin meydana getirdikleri kuvvet, önce kendi kirişleri üzerinde, sonra bu kirişler birleşerek meydana getirdikleri ortak bir kiriş ligamentum patella üzerinde toplanır. Bu şekilde, dört büyük kasın kasılmasıyla meydana gelen kuvvet, bir kuvvet çizgisi üzerinde toplanır ve ligamentum patella aracılığı ile tibia üzerine iletilir. Ligamentum patella içerisinde yer alan patella, kuvvet çizgisini eklem üzerinden uzaklaştırmak suretiyle, QF'nin bacak üzerine olan ekstansiyon etkisini artırır. QF patella sayesinde diz eklemi bir miktar fleksiyonda iken ayakta dik duruşta gövde ağırlığına karşı koyabilir ve vücut ağırlığının etkisi ile diz eklemine daha fazla fleksiyona gelerek gövdenin çökmesine engel olur (Tüzün 1997).

Rektus femoris kası kalça eklemine transfers ekseninin önünden geçtiği için uyluğa fleksiyon hareketi yaptırır. Kasın bu etkisi özellikle yürürken ve bacak bükülmüş durumdayken daha fazladır. Yürüme, koşma ve sıçrama gibi hareketler sırasında bacağın öne atılması bakımından önemli rol oynar. Diğer 3 kas sadece diz eklemine ekstansiyonu üzerinde etkilidir. M. vastus medialisin patellayı tespit etmesi ve

patellanın dış yana kaymasını önlemesi bakımından özel bir önemi vardır. QF'in büyük bir bölümü patellayı dışa doğru çekme eğilimindedir. Bu etki vastus medialis yardımıyla dengelenir. M.vastus medialis diz eklemi zedelenmelerinde en çok etkilenen kastır (Öztürk 1997).

Mekanik olarak diz eklemi, ekstansiyonda büyük bir stabiliteye, fleksiyonda ise büyük bir motiliteye sahiptir. Yürüme, koşma ve düzensiz zeminlerde mobilite veya dik duruş sırasında ayağın uyumu için gereklidir. Bu özelliği dizi zorlanmalara yetersiz kılar (Gürer 2001).

Tüm hareket açıklığı boyunca diz eklem ekstansörleri fleksörlerden daha güçlüdür. En yüksek ekstansiyon gücü düşük hızlı hareketlerde diz eklemının 50-70° fleksiyon açısında elde edilir. En yüksek torkun elde edildiği pozisyonlar hareketin açısal hızı ile değişir (Castro 2001, Akman 2003).

Patella, vücudun en büyük sesamoid kemiğidir. QF kasının kirişi içinde bulunur. Diz eklemi boşluğu ile irtibat halindedir. Diz eklemını dış etkilerden korur ve QF kasının kirişini eklem ekseninden uzaklaştırıp insersiyon açısını büyütürerek kasın etki kuvvetini artırır. Diz eklemının ekstansör elemanları bir makara üzerinde kayan ipe benzetilebilir. Femurun patellar yüzü ve interkondiller girinti derin bir oluk yapar. Patella bu oluk içinde kayar. Ekstansiyondan fleksiyona geliş sırasında, boyunun iki katı uzunluğunda bir yol kat eder ki bu kapsülün yaptığı girintilerle mümkündür (Atik 1997, Peterson 2008).

Patella, diz eklemının destek noktasından QF kirişini mümkün olduğu kadar uzak tutar; böylece diz eklemi bölgesindeki kaldıraç bağlantılarını, harekete uygun kılar. Bu etkinlik diz ekstansörleri tarafından gerçekleştirilen çekme kuvvetinin kaldıraç kolu uzunluğunu artırır. Böylece eklem üzerine patellanın baskısı azalır ve femur ile patellanın eklem yüzeyleri arasındaki sürtünme en aza indirgenir. Hareketin tümü, kondillerin bu konumuyla sağlanır ve ancak ekstansiyonun artmasıyla patella ve femur arasındaki maksimal mesafeye ulaşır. Patella olmasaydı, eşit güç elde etmek için QF kas gücünü %30 artırmak gerekirdi (Atik 1997, Peterson 2008).

## 2.2.İSKELET KASININ YAPISI

İskelet kasları postürün korunmasından, yürüme, koşma, nefes almaya kadar geniş bir motor görev alanına sahiptir. Tüm bu motor görevleri yerine getirebilmek için sinir sisteminin çok iyi bir motor kontrole sahip olması, iskelet kaslarının geniş fonksiyonel heterojenite ve plastisiteye sahip olması gerekir. Sinir sistemi kas performansını ayarlamak için çok kısa bir sürede (milisaniye/saniye) gereken uyarıyı verir (Fazik Kontrol). İskelet kasları kontaktil özelliklerini yapısını değiştirerek üstün oldukları motor görevlere göre belirli bir zamanda (haftalar, aylar) adapte ederler (Tonik Kontrol) (Gormley 2005).

Bütün iskelet kasları, çapı 10-80 mikrometre arasında değişen çok sayıda liften oluşmuştur. Bu liflerin her biri küçük alt birimlerden meydana gelir. Çoğu kasta lifler bütün kas boyunca uzanırlar; %2 si dışında, her bir lif orta bölgesinde sonlanan tek bir sinir ucu tarafından innerve edilir (Guyton 2007).

Sarkolemma kas lifinin hücre membranıdır. Sarkolemma'nın yüzey tabakası bir tendon lifiyle kaynaşır.

Tek bir iskelet kası hücresi kas fibrili olarak adlandırılır. Bir kas fibrilinin çapı 10-100 mikron arasında olup uzunluğu 20 cm'ye kadar çıkabilir. Fibriller bir araya gelerek fasikülleri, fasiküller bir araya gelerek kası oluştururlar. Her kas lifi birkaç yüz ile birkaç bin arasında miyofibril içerir. Miyofibriller içinde iskelet kasındaki esas kontraktil ünite olan sarkomer bulunur (Hale 2003, Guyton 2007). Her miyofibrilde yan yana uzanan yaklaşık 1500 miyozin ve 300 aktin filamentleri vardır. Bunlar kas kasılmasından sorumlu olan büyük polimerize proteinlerdir. Myozin filamentleri çapraz köprüler içerir. Çapraz köprüler ATP'yi parçalayarak enerji oluştururlar. Miyofibriller kas lifinde sarkoplazma denilen intraselüler maddelerden oluşan bir matriks içinde asılıdır. Miyofibrillere paralel olarak çok sayıda mitokondri bulunması, kasılabilir miyofibrillerin mitokondri tarafından üretilen adenosin trifosfata (ATP) gereksiniminin ne kadar büyük olduğunun göstergesidir. Sarkoplazma içinde bulunan zengin endoplazmik retikulum sarkoplazmik retikulum olarak bilinir ve kas kasılmasının kontrolünde oldukça önemli bir rolü vardır (Foss 1998, Hale 2003, Kisner 2007).

## 2.2.1.İSKELET KASI FİBRİL TİPLERİ

İskelet kasları farklı tipteki kas fibrillerinden oluşur. Metabolik ve kontraktıl karakteristikleri göz önünde bulundurularak iki grup altında sınıflandırılır (Gormley 2005).

**Yavaş oksidatif Fibriller:** Tip I veya yavaş kasılan fibriller olarak adlandırılırlar. Çok sayıda mitokondri ve myoglobin içermelerinin yanında yüksek konsantrasyonda mitokondrial enzimler içerirler. Düşük miyozin ATPaz aktivitesine yavaş kalsiyum tutulumu vardır. Genel olarak ATP sentezini oksidatif fosforilasyon yoluyla gerçekleştirirler. Yavaş oksidatif lifler yorgunluğa dayanıklı olup, dayanıklılık gerektiren hareket ve egzersizlerde kullanılırlar (Hale 2003, Guyton 2007).

**Hızlı, oksidatif glikolitik Fibriller (TipIIa):** Hızlı kasılan, yüksek oksidatif, glikolitik fibrillerdir. Yavaş oksidatif liflerden önce, hızlı glikolitik liflerden sonra yorulurlar. Orta düzeyde glikojen molekülleri ve glikoliz enzimleri de içerirler (Hale 2003, Guyton 2007).

**Hızlı Glikolitik fibriller: (Tip IIb):** Hızlı kasılan yüksek glikolitik, düşük oksidatif fibrillerdir. Miyoglobin ve mitokondri içerikleri azdır. Çok sayıda çapraz köprü ve myoflament içerdiklerinden kuvvetli kontraksiyon oluştururlar. Miyozin ATPaz enzimleri hızlı çalıştığı için hızlı kasılırlar fakat, kasılma süreleri kısadır (Hale 2003, Guyton 2007).

Endurans ve kuvvet eğitimleri sonucunda tip II fibrillerin tip I fibrillere dönüştüğü belirtilmektedir. Aynı çalışmada fibril karakteristiklerinin kas yorgunluğu ve kas gücünü etkilediği ve metabolik sendrom gibi hastalıkların ortaya çıkışında bir risk faktörü yarattığı vurgulanmaktadır (Hamilton and Booth, 2000).

Bütün postüral kaslarda olduğu gibi QF kası da daha fazla yavaş kas lifi (Tip I) içerir ve küçük kaslara oranla daha uzun süreli, yüksek amplitüdü ve düşük frekanslı kontraksiyonlar oluşturabilir (Zuluaga 1995, Akgün 1996, Kisner 2007).

## 2.2.2.KASILMA MEKANİZMASI

İskelet kasları efferent (motor) ve afferent (duyu) sinirlerinin kontrolü altındadır. Kaslar arasında bulunan sinirlerin %60'ı motor, %40'ı duyu sinirlerdir.

Spinal kanalı terk eden her motor nöron, sayısı kasın tipine bağlı olmak üzere, birçok kas lifini innerve eder. Motor nöron, akson, nöromuskuler kavşak ve kas motor üniteyi oluştururlar. Ünite olarak adlandırmalarının nedeni birbirleriyle etkileşim içinde olmalarıdır (Stocchi 2007).

Kontrolün hızlı yapılması gereken ve hızlı reaksiyon veren küçük kaslarda, her bir motor üniteye birkaç kas lifi bulunurken, QF kası gibi çok ince kontrol gerektirmeyen büyük kaslarda bir motor üniteye birkaç yüz kas lifi bulunabilir (Guyton 2007). Motor nöronların büyük çoğunluğu nöron alıcısı olarak bilinen dentrit içerir. İmpulslar sinire bu dentritler aracılığı ile gelir. Akson ise tam tersi impulsu hücre gövdesine taşır. Motor nöronların bir aksonu vardır, bunlar myelinli ve geniş çaplıdır.

Sumasyon, tek tek uyarıların birleşerek kasın kasılma şiddetini arttırması olarak tanımlanır. İki yolla meydana gelir: (1) eş zamanlı kasılan motor ünitelerin sayısını arttırarak ve (2) kasılma frekansını arttırarak.

SSS kas kasılması için zayıf bir sinyal gönderdiği zaman, önce sayıca az ve küçük kas liflerini içeren motor nöronlar uyarılırlar. Sinyalin gücü arttıkça, giderek daha fazla motor ünite uyarılır. Multipl lif sumasyonunun bir özelliği de farklı motor ünitelerin asenkron olarak yönetilmesidir. Böylece kasılma motor üniteler arasında birbiri ardına değişir ve böylece düşük frekansta sinir sinyallerinde bile düzgün kasılma olur (Akgün 1996).

Bir kas uzun bir istirahatten döneminden sonra kasılmaya başladığı zaman, başlangıçtaki kasılma gücü 10-50 uyarı sonraki kasılma gücünün ancak yarısı kadar olabilir. Bu kasılma gücünün bir platoya kadar giderek arttığı anlamına gelir ve bu fenomene merdiven etkisi adı verilir (Guyton 2007).

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 kapalı kanalları açar. Asetilkolin kanallarının açılması, kas lifi membranından çok miktarda  $Na^+$  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  $Ca^{+}$

iyonlarının büyük miktarlarda miyofibrile serbestleşmesine neden olur.  $Ca^{+}$  iyonları, kasılma olayının esası olan filamentlerin kaymasını sağlayan, aktin ve miyozin filamentleri arasındaki çekici güçleri başlatır. Daha sonra, saniyenin bölümleri içinde  $Ca^{+}$  iyonları sarkoplazmik retinakuluma geri pompalanır. Yeni bir kas aksiyon potansiyeli gelinceye kadar burada depolanır.  $Ca^{+}$  iyonlarının uzaklaştırılması kasılmanın sona ermesine neden olur (Akgün 1996, McArdle 2001, Guyton 2007).

### **2.2.3.KAS KASILMA ÇEŞİTLERİ**

Kassal kuvvet, bir kasın kasılma sırasında oluşturabildiği maksimum güç olarak tanımlanır. Kas kuvveti kazanımı kas çapında artış (hipertrofi) ve nöromuskuler sistem adaptasyonu veya her ikisinin birden gerçekleşmesi durumunda meydana gelir. (Gormley 2005) Nöromuskuler adaptasyona bağlı kasların güç üretme kapasitesi aktive edilen motor ünite sayısının miktarına, SSS aktivasyon oranın, motor ünite uyarımının (ateşlenmesinin) artmış senkronizasyonuna ve golgi tendon organ inhibisyonuna bağlıdır. Belirtilen bu durumlardan sadece birine bağlı olabileceği gibi bunların kombinasyonuna da bağlıdır (Pollock 1990, McArdle 2001).

Güç, maksimum kuvveti bir dirence karşı minimum zamanda serbest bırakma kabiliyetidir. Bir kasın mekanik iş yapabilme hızıdır. Yani kasın birim zamanda oluşturduğu enerjidir (Zuluaga 1995).

Endurans, submaksimal bir dirence karşı uzun bir süre kasılı olarak kasılmaya devam edebilmesi olarak tarif edilir. Kassal endurans, kas kuvvetine, metabolik verime ve sirkülatör fonksiyona bağlı olarak artabilir (Gormley 2005).

### **Kas Hipertrofisi:**

Kasın total kitlesinin artışı hipertrofi olarak tanımlanır. Kas hipertrofileri kas liflerindeki aktin ve myozin filamentleri sayısındaki artıştan kaynaklanır. Buna bağlı olarak kas lifi genişler (Guyton 2007). Aşırı kas gücünün oluşturulduğu nadir durumlarda,

hipertrofiye ilave olarak bazı noktalarda, kas lifi sayısının arttığı gözlenir. Lif sayısındaki bu artışa hiperplazi adı verilir (Pollock 1990, Guyton 2007).



Myofibril kontraksiyonu veya aktivasyonu ile birlikte 4 çeşit kasılma meydana gelir:

1-İzometrik Kontraksiyon

2-İzotonik (Konsentrik) Kontraksiyon

3-Eksentrik Kontraksiyon

4-İzokinetik Kontraksiyon

**1-İzometrik Kontraksiyon :** Kasın boyunda herhangi bir değişiklik olmaksızın, geriliminde artış meydana getiren, eklem hareketi oluşturmayan kasılma şeklidir. Yük sabit pozisyonda tutulurken SSS'den kasa gelen uyarı, yüke eşit bir gerilim oluşmasını sağlayacak düzeydedir. Gerilim kasın oluşturabileceği en yüksek düzeyde olması gerekmez. SSS bu amaçla motor ünite birikiminden faydalanır (Huxley 1988, Paul 1993, McArdle 2001). Ayakta dik duruş antigravite kaslarının izometrik kasılmasıyla mümkün olmaktadır. Ayrıca bütün doğal kasılmaların başlangıcını izometrik kasılmalar oluşturur (Akgün 1996, Hamilton 2002).

**2-Konsentrik (İzotonik) Kontraksiyon:** İskelet kasının tonus ve geriliminin sabit kalıp boyunun kısaldığı kasılma şeklidir. Genel olarak insanların muskuler aktiviteleri izometrik ve izotonik kasılmalarının birbiri peşi sıra yapılmasından veya her ikisinin beraberce kombine uygulanmasından oluşur. Kasılma sırasında hareket oluşur ve mekanik bir iş yapılır (Huxley 1988, Paul 1993, McArdle 2001).

**3-Eksentrik Kontraksiyon:** Kasın tonusu gerilimi artarken boyu uzar. Yük oluşturulan kuvvetten daha büyükse çapraz köprü döngüleri devam etse bile kas giderek uzar (Guyton 2007).

**4-İzokinetik Kontraksiyon:** Hareket hızının sabit tutulduğu maksimal bir kasılma şeklidir. Kas sabit bir hızda kısılırken kasta meydana gelen tansiyon tüm hareket boyunca eklem bütünü açılarında maksimal tutulur (Akgün 1996).

Gerek izokinetik, gerekse izotonik kasılmaların her ikisi de konsentrik bir kasılmadır, yani kas kısalmaktadır. Fakat aynı değildir. İzokinetik kasılmada bütün hareket boyunca maksimal bir gerilim sabit olarak devam ettirilirken, izotonikte böyle bir durum söz konusu değildir (Guyton 2007).

Kuvvet ve kasılmaya katılan kasların büyüklüğü, fibril kompozisyonu, kas gruplarının sayısı arasındaki ilişki kassal kuvvete etki eden önemli bir faktördür. Bir kasın kuvveti ve kaldırabileceği yük enine kesitinin yüzeyine bağlıdır. Her istemli kasta kullanılmayan fibriller vardır. Kullanılmadıkları için küçük kalmışlardır. Kasın ve bu fibrillerden istenen iş arttıkça bunlar da gelişirler. Kasılmaya katılan fibril sayısı veya kasılmaya katılan kas sayısı arttıkça uygulanan kuvvet de artar (Hamilton 2002, Guyton 2007).

Kuvvet eğitiminin erken dönemlerindeki güç artışının daha çok nöral adaptasyonla gerçekleştiği düşünülmektedir (Hakkinen 1983, Baechle 2008). Hipertrofi görülmeden kas kuvvetinde meydana gelen artışın nöral öğrenme veya nöral fasilasyon yoluyla sağlandığı belirtilmektedir. Böylece daha fazla motor birim aynı anda aktive olmakta ve ateşleme hızı artmaktadır (Tesch 2004).

Kuvvet eğitim programlarının erken safhalarında ilerleme hızlı olur ve anlamlı kuvvet artışı birkaç hafta içinde gözlenebilir. Daha etkili kuvvet artışının sağlanması için 6-8 hafta kadar zamana ihtiyaç vardır (Nelson 1999-2000, Franklin 2000).

### **2.3.KAS KUVVETİ DEĞERLENDİRMESİ**

Kas kuvveti testleri kas veya kas gruplarının performansını ve stabilite-destek sağlayabilme yeteneğini belirlemek amacıyla yapılmaktadır. En sık kullanılan yöntemler şunlardır:

- Ü Manuel kas testi
- Ü Tensiometre
- Ü Dinamometre
- Ü Bir maksimum tekrar
- Ü Bilgisayar destekli aletlerle (İzokinetik Sistem), kuvvet ve kasın yaptığı işin gösterilerek belirlenmesi (Heyward 1998, Otman 2003, Yıldız 2007).

#### **İzokinetik Sistem:**

İlk defa 1962 yılında James Perine tarafından geliştirilmiştir. Değişik hareketler sırasında uygulanan kas kuvvetinin, sayısal olarak doğru ve hızlı bir şekilde ölçülmesini olanak tanır. İzokinetik cihazlar kullanıldığı zaman, bir kas grubunun maksimum kontraksiyonu, tüm normal eklem hareketi boyunca sabit hızda ölçülür. Bu sabit hız

kazanıldığı zaman izokinetik yükleme mekanizması otomatik olarak uygulanan güce eşit karşı bir güç oluşturur (Ergun ve Baltacı 2006). İzokinetik dinamometrede kişi ne kadar kuvvet uygularsa uygulasin, hareket eden segmentin hızı, önceden belirlenen hızın üzerine çıkamamaktadır. Bu sabit hızı aşmak için kaslar tarafından oluşturulan kuvvete (döndürme momentine) karşı cihazın dinamometresinin uyguladığı direnç, hareket genişliğinin her bir noktasında uygulanan kuvvete eşit olmaktadır (Tuncer 2000).

### ***İzokinetik Sistemin Avantajları***

- Ü İzokinetik sistem, kas iskelet sistemi performansının niceliksel ölçümünü sağlar. Ede edilen parametrelerle hastanın izlenmesi ve gelişmesinin kaydedilmesi mümkün olur.
- Ü Kişi kas kasılması sırasında karşılayabileceğinden fazla bir dirençle karşılaşmaz, çünkü dinamometrenin uyguladığı direnç daima, kişinin kasılma sırasında oluşturduğu kuvvete eşittir.
- Ü İzokinetik kasılma sırasında kaslar hareket genişliğinin her bir noktasında dinamik olarak yüklendiğinden çok etkin bir güçlendirme egzersizidir.
- Ü İzokinetik hareket, egzersiz sırasında gelişebilecek ağrı ve yorgunluğa uyum sağlar.
- Ü Test veya egzersiz sırasında, bireyin performansı ile ilgili görsel ve işitsel uyarılar verir.
- Ü Bireylerin kas kasılması miktarını bilgisayar ekranından takip edebilmeleri, maksimal yüklenebilmelerine olanak sağlar (feedback etki) (Tuncer 2000, Andrews 1998).

### ***İzokinetik Sistemin Dezavantajları:***

- Ü Pahalı bir yöntemdir ve laboratuvar koşullarında çalışılır.
- Ü Cihazı tanıyan ve test sonuçlarını yorumlamak için eğitimli personel ihtiyacı vardır.
- Ü Değişik eklem bölgeleri için aletin değişik pozisyonlara ayarlanması sırasında vakit kaybı yaşanır.
- Ü Birden fazla eklem test edilir veya çalıştırılırken zaman kaybedilir (Davies 2001).

## ***İzokinetik Sistemin Kontraendikasyonları***

### ***Kesin Kontrendikasyonlar***

- Ü Akut strain (muskulotendinöz dokularda) veya sprain (kontraktil olmayan dokularda)
- Ü Testin veya egzersizin yumuşak doku iyileşmesini kısıtlayabileceği dönemlerde
- Ü Şiddetli ağrı
- Ü Eklem hareket açıklığının çok fazla kısıtlı olması
- Ü Artmış ödem
- Ü Eklem instabilitesi (Davies 2001).

### ***Göreceli Kontraendikasyonlar***

- Ü Subakut strain ya da kronik 3. derece sprain
- Ü Ağrı
- Ü Hafif ROM kaybı
- Ü Ödem
- Ü Eklem laksitesi (Davies 2001).

## **2.4.KAS KUVVETLENDİRME TEKNİKLERİ**

### **2.4.1.İzometrik Egzersiz:**

İzometrik veya statik kuvvet eğitimi, kas kontraksiyonu sırasında eklem hareketi oluşturmadan ve kas uzunluğunda değişiklik meydana getirmeden yapılan egzersizlerdir. Egzersizler tekrarlı olarak hareketsiz yüzeye karşı yapılır. Kuvvet artışı kontraksiyon miktarı ve süresine, kontraksiyon yoğunluğuna, eğitim yoğunluğuna ve eklem açısına bağlıdır (Zuluaga 1995, Kisner 2007). Literatürde izometrik eğitimle kuvvet artışının sağlanabilmesi için kontraksiyonun 3-10 saniye sürdürülmesi gerektiği belirtilmektedir. Atha (1981) günlük izometrik kuvvet eğitiminin maksimum kuvvet kazanımı için en etkili yöntem olduğunu belirtmiştir. Optimal kuvvet kazanımı için uzun süreli az tekrarlı veya kısa süreli çok tekrarlı eğitimler verilebilir.

Dinamik egzersizle karşılaştırıldığında statik egzersizde oksijen tüketimi, kalp atım hacmi ve kalp hızı artışı orta derecededir. Yüksek statik eforda aktif kasta kan akımı tutulabilir. Metabolik gereksinimlere göre yetersiz kalan kan akımı anaerobik metabolizmanın daha erken devreye girmesine ve daha erken yorgunluk oluşmasına neden olur. İskelet kasının mekanik ve metabolik aktivasyonu afferent sinir lifleri aracılığıyla pressör yanıtı uyarır ve kan akımında artışa yol açar. Bu nedenle statik egzersiz kalpte basınç artışına yol açarken, dinamik egzersiz hacim artışına yol açar. İzometrik egzersiz sırasında kan basıncında belirgin bir artış olur. Periferik direnç artışı olmaksızın kalp hızı artışı ile ortaya çıkar. Artan kalp hızı diastolik dolumu azaltır, kas gerilimi artıkça da atım hacminde azalma meydana gelir. Bu nedenle özellikle kardiovasküler sorunu olanlarda dikkatli olunmalıdır (Hamilton 2002, Hale 2003, Kisner 2007).

İzometrik kuvvet eğitimi özel kas veya kas gruplarının total kuvvetinin artırılmasında etkili bir yöntemdir. Kuvvet artışı kontraksiyon miktarı ve süresine, kontraksiyon ve eğitimin yoğunluğuna bağlıdır. Çalışmalarda kuvvet artışının sağlanabilmesi için kontraksiyonun 3-10sn sürdürülmesi gerektiği belirtilmektedir (Baskan 2004, Kisner 2007).

#### **2.4.2.Elektrik Stimülasyonu:**

ES kas kuvvetlendirilmesinde sık olarak kullanılan yöntemlerden biridir ve etkileri klinik çalışmalarda güncelliğini korumaktadır (Baskan 2004, Vivodtzev 2006, Petterson 2006, Stackhouse 2007). Teorik olarak, kas kuvvetlendirmek için ES kullanımının temeli, maksimal istemli kontraksiyondan daha fazla motor ünite aksiyon potansiyeli oluşturmaktır (Rich 1992, Vrbova 2008).

Literatüre bakıldığında, gelişen teknolojiyle birlikte farklı akım çeşitleri ve dalga formlarının kullanımına izin veren kolay uygulanabilen elektrik stimülasyon cihazlarının kas kuvveti üzerine etkisinin arttığı görülmektedir (Bircan 2002). Farklı ülkelerde yapılan çalışmalarda elektrik stimülasyonun izokinetik kuvvet üzerine etkileri belirtilmektedir (Currier 1983, Bircan 2002, Callaghan, 2002).

Membran eksitabilitesinin değişimi ile hücrel aktivite modifikasyonunun bir sonucu olarak meydana gelen aksiyon potansiyeli ES'na en önemli terapatik fizyolojik

yanıttır. Sensorial, motor ve otonomik cevapların yararlı terapatik etkileri olabilir. Kas kontraksiyonunun kas kuvveti, kontraksiyon hızı, reaksiyon zamanı ve yorgunluk üzerinde sekonder etkileri olabilir. Kas aktivitesi kan ve lenf akımını etkiler. Motor ve sensorial uyarılarla kinestetik his artar. Endojen polipeptitlerin nörotransmitterlerin salınımı nedeni ile analjezik cevaplar duyuşal uyarılarla ilişkilidir. ES'nun otonomik sinir sistemi aktivitesini de etkilediği iddia edilmektedir (Nelson 1999, Ergun ve Baltacı 2006, Vrbová 2008).

ES kullanılırken istenilen yanıtı elde edebilmek için uygun elektrot sayısı ve boyutu da önemlidir. Nokta elektrotlar lokalize yanıt oluştururlar. Buna karşın geniş elektrotlar akım konsantrasyonunu ve uyarının spesifitesini azaltır. Eğer iletken jel ya da tuzlu çözeltiler kullanılıyorsa akım ihtiyacı minimaldir (Vrbová 2008).

Günlük olarak bir atletin tetanik kontraksiyonunun %60'ında minimum 10-20 kontraksiyon istenir. Doz aşımında stimülasyondan 24 saat sonra kasta aşırı sertlik meydana gelir. Elektrik stimülasyonu oksidatif enzimlerin seviyesini korur ya da arttırır. İstemli hareket ile karşılaştırıldığında kasın elektriki aktivitesi ateşlemeyi geniş motor ünitelerden küçük motor ünitelere doğru tersine çevirir ve eřik değere ulaşır. Bir kez kas kontraksiyonu için gerekli olan eşiğe ulaşıldığında güçte meydana gelen küçük artışlar, ateşlenen motor ünite sayısını arttırır (Vrbová 2008).

Russian stimülasyonu 1989 yılında Sovyet araştırmacı Kots (Selkowitz 1989) tarafından geliştirilmiştir. Temel olarak Rus olimpiyat atletlerinde kas kuvveti ve kitlesini arttırmak amacıyla kullanılmıştır. Russian stimülasyonu elektriksiel kas stimülasyonunda (EMS) olduğu gibi motor sinirleri stimüle etmektedir. 2500Hz frekansta daha derin kaslara penetrasyon sağlamakta ve kas fibrillerinin daha fazla ve daha kuvvetli kasılmasını sağlamaktadır (Nelson 1999, Delitto 2002, Ward 2002). Russian akımları 2500-5000 Hz arasında sürekli sinüzoidal dalga oluşturan saniyede 50 burst açığa çıkaran stimilatörlerdir. Her bir burst polifonik pulse dalga formundadır. Elektronik perspektiften bakıldığında Russian akımları zaman ayarlı alternatif akımlar olarak tanımlanabilir. Orta düzeyde bir frekanstan ziyade 2500 Hz'lik frekans daha rahat bir stimülasyon etkisi yaratır. Enterferansiyel akım modunda 2500 Hz'lik frekans tercih edilir. Çünkü bu frekans sırasıyla 400 ve 200 mikro saniyelik tek vurum ve faz durasyonları oluşturur. Faz durasyonu daha rahat bir stimülasyona olanak tanıyacak şekilde azaltılır. Kuvvet zaman eğrisi ile ilişkilili olarak faz durasyonu periferel sinirlerde

eksitasyon açığa çıkarmak için pulse amplitüdü artırılarak sürenin kısaltılmasıyla kompanse edilir. Russian akımlarında 10 ms'de bir oluşturulan 50 bps'lik atımlar, akım amplitüdünün tepe değerine ulaşmasını sağlar ve böylece daha kuvvetli bir motor uyarı elde edilebilir. Bu akımla maksimal istemli kontraksiyonun %50-65'i sağlanabilir. Bu ayrıca simetrik bifazik atımlarla sağlanır (Nelson 1999, Delitto 2002, Ward 2002).

Russian akımlarının direkt fizyolojik etkisi hücresel düzeydedir. Fakat diğer (Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation) TENS stimülatörlerinde olduğu gibi doku üzerine, segmental ve sistemik etkileri de vardır. Russian akımlarının yeni dizaynları sürekli ve kesikli akımların yanı sıra farklı atım hızları ve atım süreleri içermektedir (Nelson 1999).

Russian akımları kas kuvvetinin artırılmasında, eklem hareket açıklığının artırılmasında, kronik ödemin azaltılmasında kullanılmaktadır. Sağlıklı olgularda kas kuvveti ile birlikte performansı da arttırdığı belirtilmektedir. Araştırmalar sonunda atletlerde tedavi edilmeyen gruba oranla succinate dehydrogenase aktivite seviyesinin arttığı saptanmıştır. Succinate dehydrogenase kas performansı ve oksidatif mitokondrial kapasite ile yakından ilişkilidir ve bu sonuç ES'nun kas performansını arttırdığını göstermektedir (Nelson 1999, Delitto 2002, Ward 2002).

Son yıllara kadar uzun süreli elektrik stimülasyonu uygulamalarının kuvvet artışına neden olacağı görüşü hakimken, özellikle Kots'un çalışmalarıyla başlayan, kısa süreli uyarı ve dinlenme sürelerinden oluşan kuvvetlendirme protokollerinin haftada 3-5 kez (10 saniye uyarı-50 saniye dinlenmeden oluşan 1:5 geçiş-dinlenme oranında) ve 3-6 hafta arasında değişen sürelerde uygulanması görüşü kabul edilmektedir (Nelson 1999, Yakut 2001, Vrbova 2008).

### **2.4.3. İzotonik egzersizler:**

Eklem hareket açıklığı içerisinde kas uzaması veya kısalmasıyla sabit bir dirence karşı yapılan egzersizlerdir. Teknik olarak sabit yüklenme ile yapılan egzersizler olarak adlandırılırlar (Zuluaga 1995, Kisner 2007). Eklem hareket açıklığının farklı noktalarında kuvvet vektörünün açısı değiştiği için kas içindeki gerilim değişir. İzotonik egzersizler dumble, barbell, kum torbası veya çeşitli elektronik veya mekanik cihazlar yardımıyla yapılabilir (Wilmore 1988). Kas performansını arttırmak amacıyla

kullanılırlar. Oxford ve De Lorme kas kuvvetlendirme protokolleri bu amaçla geliştirilmiş tekniklerdir ( Wilmore 1988, Zuluaga 1995).

Farklı eğitim programlarında set sayısı ve tekrar sayısı değişmektedir. Etkili sonuçların alınması için kas gruplarının haftada en az 3 gün çalıştırılması gerekir (Beyazova 2000,Gormley 2005, Kisner 2007).

#### **2.4.4 İzokinetik Egzersizler:**

Tüm hareket açıklığı içerisinde sabit bir hızla yapılan kasılma şeklidir. Hareketin her açısında maksimal güçte kasılma olur ve bu kasılma tüm hareket boyunca devam ettirilir. İzokinetik egzersizlerde uygulanan kuvvet ne kadar fazla olursa olsun, açısal hareket hızı değişmez. Düşük hızda yapılan egzersizlerin kuvvet artışını yüksek hızdaki aktivitelere transfer edemediği gösterilmiştir.

İzokinetik egzersizler ya değişik hızlarda ya da en iyi kazanç elde edilebilecek hızda yapılmalıdır. Ancak kontraksiyonların yoğunluğu hızdan daha önemlidir. Etkili bir kuvvetlendirme tekniği olmasına karşın oldukça pahalıdır ve bazı kas gruplarına uygulama güçlüğü vardır (Kalyon 1995, Çikler 2007, Kisner 2007).



### **3.MATERYAL VE METOD**

#### **3.1.Amaç**

Araştırmamızın amacı sağlıklı QF kasında izometrik egzersiz ve elektrik stimülasyonunun izokinetik kuvvet üzerine etkilerini saptamak ve karşılaştırmaktır.

#### **3.2.Çalışmanın Yapıldığı Yer**

Çalışmamız Pamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu'nda ve Sağlık Bakanlığı Denizli Servergazi Devlet Hastanesi'nde gerçekleşmiştir.

Çalışma Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurul Komitesi tarafından onaylanmıştır (Ek-I). Bu çalışma Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Katılımcılara çalışma hakkında bilgi verilmiş, gönüllü bilgilendirme formu okutulmuş ve kendilerinden yazılı onay alınmıştır.

#### **3.3.Çalışma Süresi**

Araştırmamız Nisan 2009- Ekim 2009 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir.

#### **3.4.Katılımcılar**

Çalışmamıza 18-25 yaşları arasında, herhangi bir sistemik hastalığı, kassal veya nöral defisiti ve diz patolojisi olmayan 22 sağlıklı birey dahil edilmiştir. Olguların genel fizik muayeneleri Sağlık Bakanlığı Denizli Servergazi Devlet Hastanesi'nde yapılmıştır. Aktif olarak herhangi bir spor dalıyla ilgilenen ve düzenli egzersiz programına katılan olgular çalışmaya dahil edilmemiştir. Araştırmaya dahil edilen olgulardan kuvvet eğitimi boyunca (6 hafta) sportif aktivitelere ve kuvvetlendirme programlarına katılmamaları istenmiştir.

Çalışmaya dahil edilen 22 olgudan biri özel nedenler, bir diğeri de sağlık problemleri nedeniyle çalışmadan ayrılmıştır. Toplam 20 olgu kuvvet eğitim programını tamamlamıştır.

Çalışma gruplarında bireylerin dominant ekstremitelerindeki QF kası ile çalışılmıştır. Çalışmaya katılan olguların non-dominant ekstremitelerindeki QF kasları ise kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir.

Olgular elektrik stimülasyonu grubu ve izometrik egzersiz grubu olmak üzere 60° diz fleksiyon açısında kuvvet eğitim programına alınmışlardır.

Grup I -Elektrik stimülasyonu ile kuvvet eğitimi grubu toplam 10 olgu olup, yaş ortalamaları  $20.10 \pm 0.56$  yıl'dır.

Gru II -İzometrik egzersiz kuvvet eğitim grubu toplam 10 olgu olup, yaş ortalamaları  $21.70 \pm 1.05$  yıl'dır.

Olgulara 6 hafta boyunca haftada 3 gün, 10 tekrarlı, 10sn kontraksiyon ve 50sn dinlenme aralıklı maksimal istemli izometrik egzersiz (MİİE) ve Russian akımı kullanılarak Russian tekniği ile ES programı uygulanmıştır (Yakut 2001, Baskan 2004, Perez 2003). Gruplar 60° diz fleksiyonuna izin verecek şekilde hazırlanmış platformda kuvvet eğitimine alınmıştır (Holmes 1984, Baskan 2004). Grup I'de olguların QF kasından tetanik kontraksiyon alacak şekilde akım şiddeti artırılmış ve istemli hareket yapmamaları istenmiştir. Grup II'de ise olguların sadece izometrik kontraksiyonuna izin verecek şekilde hareket oluşumunu önleyen elastik olmayan bir kemer kullanılmış ve olgulardan maksimum kuvvetle izometrik kontraksiyon yapmaları istenmiştir (Synder-Mackler 1995, Baskan 2004).

### **3.5.Değerlendirme:**

Bireylere ait yaş, cinsiyet, dominant alt ekstremite, kuvvet eğitim programının tipi oluşturulan bir formla değerlendirilmiştir. Bireylerin boy uzunlukları ile vücut ağırlıkları ölçülerek vücut kitle indeksleri (VKİ) hesaplanmış ve kaydedilmiştir (Ek-II). Tüm olgular kuvvet eğitim programı öncesi ve sonrasında aşağıda belirtilen değerlendirme yöntemleri ile iki kez değerlendirilmiştir.

Olguların dominant alt ekstremiteleri hangi ayakla öne adım aldıkları ve kendilerine doğru yuvarlanan topa hangi ayakları ile vurdukları göz önünde bulundurularak tespit edilmiştir (Grenberger 1995, McLoda 2000, Hass vd. 2003).

Kuvvet-performans testleri ve izokinetik testler olgulara ayrıntılı olarak açıklanmış ve gösterilmiştir. Tüm olgular test prosedürüne geçmeden önce 5dk. bisiklet

ergometresinde ısınma programına alınmıştır ve testler sırasında olgulara dinlenme araları verilmiştir.

### 3.5.1.Çevre Ölçümü:

Ölçüm kişi ayakta, ayakları birbirinden yaklaşık 10cm. açık ve vücut ağırlığı iki ayağa eşit aktarılmış pozisyonda patellanın 5 cm ve 15 cm üzeri olmak üzere 2 bölgeden ölçüm yapılmıştır. Ölçüm için elastik olmayan bir mezura kullanılarak, her iki taraf değerlendirilmiştir (Otman 2003).



Şekil.3.5.1.1 Uyluk Çevre Ölçümü

### 3.5.2.Sabit Ağırlıkla Çalışma Tekrarı:

Ölçüm için olgular arkası destekli bir şekilde kalça ve diz  $90^\circ$  olacak şekilde pozisyonlanmıştır. Bireyler sabit 10p ağırlık ile yoruluncaya kadar tekrarlı olarak çalıştırılmış ve tekrar sayıları kaydedilmiştir (Sapega 1990, Baskan 2004).

### 3.5.3.Basamak Çıkma (Step Up) Testi:

Bu test için olgulardan 45 cm yüksekliğindeki basamağa tek ayakları üzerinde çıkıp inmeleri istenmiştir (Witvrouw 2004). Olguların yapabildikleri tekrar sayısı kaydedilmiştir. Dominant ve non dominant taraf ayrı ayrı değerlendirilmiştir.



Şekil 3.5.3.1 Basamak Çıkma Testi

### 3.5.4.Eğimli Çömelme (Decline Squat) Testi:

Bu test quadriceps fonksiyonunu değerlendirmede kullanılan hassas bir testtir. Konvansiyonel tek ayak üzerinde çömelme testiyle kıyaslandığında etkili bir şekilde patellar tendon yüklenmesini arttırarak daha fazla quadriceps kası aktivasyonuna sebep olur. Olgulardan test edilecek bacak  $25^\circ$  eğimli bir platformda diğer taraf yerle temas

etmeyecek şekilde kendi vücut ağırlığı ile çömelmeyi tekrar edebilme sınırlarına kadar devam etmeleri istenmiş ve test her iki bacak için ayrı ayrı tekrar ettirilmiştir (Kountouris 2007).



**Şekil 3.5.4.1 Eğimli Çömelme Testi**

### **3.5.5. Tek ayak üzerinde öne sıçrama:**

Bu test sağlıklı atletlerde ve ACL hasarı olan hastalarda Tegner tarafından tanımlanmış ve güvenilirliği test edilmiştir (Tegner 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 sağ bacakla başlanır ve daha sonra sol bacak ile tekrar edilir. Eğer olgu 3 sıçramada da sıçrama uzunluğunu arttırdı ise sıçrama uzunluğunda artış olmayıncaya kadar ek sıçramalar yaptırılır. En iyi performans not edilir. Ölçüm için elastik olmayan bir mezura kullanılmıştır.



**Şekil.3.5.5.1 Tek ayak üzerinde öne sıçrama testi**

### **3.5.6. İzokinetik Testler:**

Kas kuvveti değerlendirmesi bilgisayar kontrollü, izokinetik dinamometre ile (Biodex Corp. Shirley, New York) yapılmıştır. Her test öncesi sistem kalibre edilmiştir. Test öncesi bacak ağırlığı cihaz tarafından ölçülerek yerçekimi etkisi cihaz tarafından düzeltilmiştir. Olgulardan kalça ve diz eklemi 90° olacak şekilde dik pozisyonda koltuğa oturarak, koltuk yanındaki tutunma kollarından tutunmaları istenmiştir. Bacak, pelvis, gövde bantlarla stabilize edilmiştir. Malleol üzerinden bacak ped ile bağlanarak, dinamometre kolunun rotasyon aksı, lateral femoral epikondilin hemen dışına getirilmiştir. Test protokolü olarak hem quadriceps hem hamstring kas grupları için konsantrik egzersiz türü seçilmiştir. Konsantrik test sırasında deneklere, her iki tarafta 60°/sn açısal hızda 5 tekrar, 180°/sn açısal hızda 15 tekrar yaptırılmıştır. Test protokollerine başlamadan önce olgular bisiklet ergometresinde 5 dk. ısınma programına alınmışlardır. Olgulara test protokolü anlatılmış, yapabildikleri kadar maksimum eforla, tüm hareket genişliği boyunca dizlerini cihazın direnç koluna karşı büküp-açmaları istenmiştir. Test aşamasında kuvvet ve endurans ölçümlerine geçmeden

nce cihaz otomatik olarak olgulara 5 tekrarlı deneme testi yaptırmıştır. Tüm bu ölümler sırasında olgulara cihaz tarafından görsel ve duysal feedback sağlanmıştır.



şekil 3.5.6.1 Cybex Biodex Corp. Shirley, New York



**Şekil 3.5.6.2 İzokinetik Testler (Ek-III)**

Peak Torque (PT): Kasın veya kas grubunun istenilen hareket açıklığında (seçilen yayda) oluşturduğu en yüksek kuvvet değeri ve iki ekstremitenin arasındaki farktır. Newton/metre olarak ölçülür.

Peak Torque %BW: En yüksek kuvvet değerinin vücut ağırlığına oranı.

Reaksiyon Enerjisi: Kasın veya kas grubunun ilk 1/8 saniyedeki kasılma özelliği.

Work per repetition: Her tekrarda yapılan iş.

Fatigue Index: Kasta oluşan yorgunluk göstergesi

Hız: Kasılma hızı olup, ulaşılabilen en yüksek torka ulaşmak için geçen süredir.

Peak Torque Açısı (PTA): Kas veya kas grubunun en yüksek kuvvet değerini oluşturduğu açıdır. Derece ile ifade edilir.

Endurans: Yüksek hızda ölçülen orijinal en yüksek tork değerinin %50'sinden fazlasını yapamadığı noktaya kadar olan tekrarların sayısıdır.

Set Total Work: Test esnasında seçilmiş her hızdaki tekrarlarda yapmış olduğu iştir. (kuvvet X mesafe) Birimi joule'dür.



Güç (power): Belirli bir zaman aralığında elde edilen iştir. Birimi Watt'tır.

Total Work Done: Kasın test esnasında toplam yaptığı işi gösterir.

### 3.6.Kuvvet Eğitim Grupları:

Çalışmaya dahil edilen olgular randomize olarak iki kuvvet eğitimi grubuna ayrılmıştır. Her bir grupta 10 olgu değerlendirilmiştir. Grup I olgular elektrik stimülasyonu, grup II olguları ise izometrik egzersizler kullanılarak eğitilmiştir.

Elektrik stimülasyonu ile kuvvet eğitiminde endomed 980 elektrodiagnostik ve terapatik cihazı kullanılmıştır. Olgular QF kasında 10 saniye uyarı 50 saniye dinlenmeden oluşan tetanik kontraksiyonun sağlanacağı (geçiş süresi ve frekans ayarlanarak) 10 tekrar içeren 10 dakikalık (Russian Tekniği) kuvvetlendirme eğitimine alındılar. Akım şiddeti QF kasından tetanik kontraksiyon alınca kadar arttırılmıştır. Elektrik stimülasyonu süresince olguların istemli kontraksiyon yapmalarına izin verilmemiştir.



Şekil. 3.6.1 Endomed 980 elektrodiagnostik ve terapatik cihazı

Olgular arkası destekli bir sandalyeye kalça eklemi 90° fleksiyon pozisyonunda iken diz ekleminin altına daha önceden hazırlanmış dize sabit 60°'lik fleksiyon açısı verecek platform yerleştirilmiştir. 2 adet 6x8 cm yüzeyli karbonize elektrot vastus medialisin distaline ve vastus lateralisin proksimaline yerleştirilmiştir. Bu elektrot yerleşimi QF kas liflerinin geniş bir kısmının uyarılmasına olanak sağlamak için uygulanmıştır (Bickel 2003).



**Şekil 3.6.2.1 Elektrik stimülasyonu ile kuvvet eğitimi**



**Şekil. 3.6.2.2 Elektrik Stimülasyonu ile kuvvet eğitimi**

Grup II'deki olgular arkası destekli bir sandalyeye kalça eklemi 90° fleksiyon pozisyonunda iken diz eklemine altına daha önceden hazırlanmış dize sabit 60°'lik fleksiyon açısı verecek platform yerleştirilmiştir. Bacak bir manivela koluna ayak bileği seviyesinden diz ekstansörlerinin sadece izometrik kontraksiyonuna izin verecek şekilde elastik olmayan bir kemer ile bağlanmış ve bacak sabitlenmiştir. Olgulardan 10 saniye maksimum istemli kontraksiyon ve 50 sn dinlenme olacak şekilde 10 tekrar yapmaları istenmiştir.



**Şekil 3.6.3. İzometrik egzersiz ile kuvvet eğitimi**

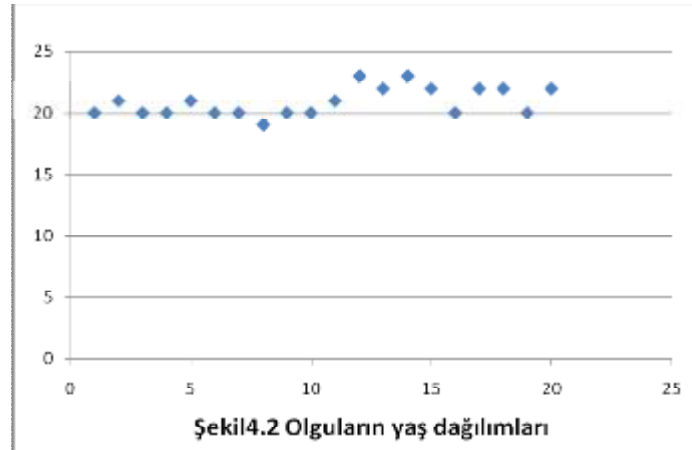
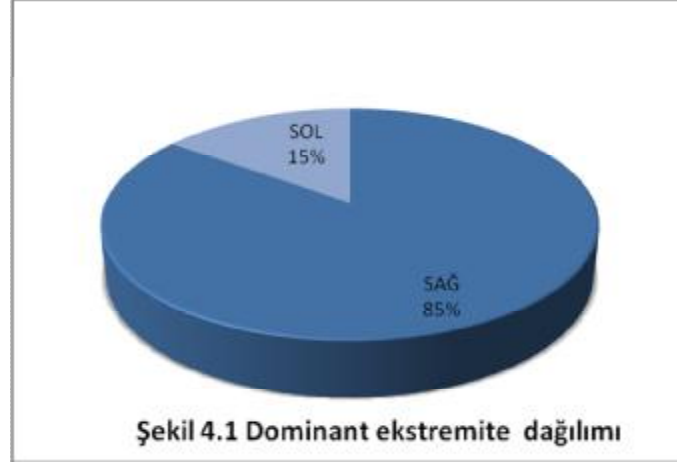
### **3.7.İstatistiksel Analiz**

Tüm istatistiksel analizler için SPSS for Windows 13.0 bilgisayar paket programı kullanılmıştır. Tanımlayıcı istatistiksel bilgiler, ortalama  $\pm$  standart sapma ( $X \pm SD$ ) veya % şeklinde gösterilmiştir. Tüm istatistiklerde p değeri 0.05 olarak kabul edildi. Çalışmada eğitim öncesi, sonrası farklar ve gruplar arası farklılıklar Mann Whitney U ve Wilcoxon testleri ile analiz edilmiştir (Sümbüloğlu 2004).

#### **4.BULGULAR:**

Sağlıklı QF kasında elektrik stimülasyonu ve izometrik egzersizin izokinetik kuvvete etkilerinin karşılaştırılması amacını taşıyan bu çalışmaya yaş ortalaması  $20.90 \pm 1.16$  yıl olan 20 sağlıklı olgu dahil edilmiştir.

Kuvvet eğitimine dahil edilen olguların 17 (%85)'si sağ dominant, 3'ü (%15) sol dominant alt ekstremiteye sahiptir (Şekil 4.1).



Olgular her bir gruba 5 kız 5 erkek ve benzer yaş gruplarından homojen bir şekilde dağıtılmıştır (Şekil 4.2).

**Tablo 4.1. Grupların Fiziksel Özelliklerinin karşılaştırılması**

Olguların Fiziksel Özellikleri	Grup I	Grup II	Man Whitney U
	X ± SD	X ± SD	P
Yaş (yıl)	20.10 ± 0.5	21.70 ± 1.0	0.002
Kilo (kg)	62.80 ± 6.7	64.50 ± 12.3	0.762
Boy Uzunluğu (cm)	170.70 ± 7.8	169.80 ± 7.6	0.849
Vücut Kitle İndeksi (kg/m <sup>2</sup> )	21.58 ± 2.1	22.16 ± 2.5	0.496

Araştırmamızda 6 hafta süreyle izometrik egzersiz ve elektrik stimülasyonu ile kuvvet eğitim programına dahil edilen olguların QF kas fonksiyonları, eğitim öncesi ve sonrası farklı kuvvet ve performans testleriyle değerlendirilmiştir.

**Tablo 4.2.1. Elektrik stimülasyon grubu antropometrik ölçüm değerleri**

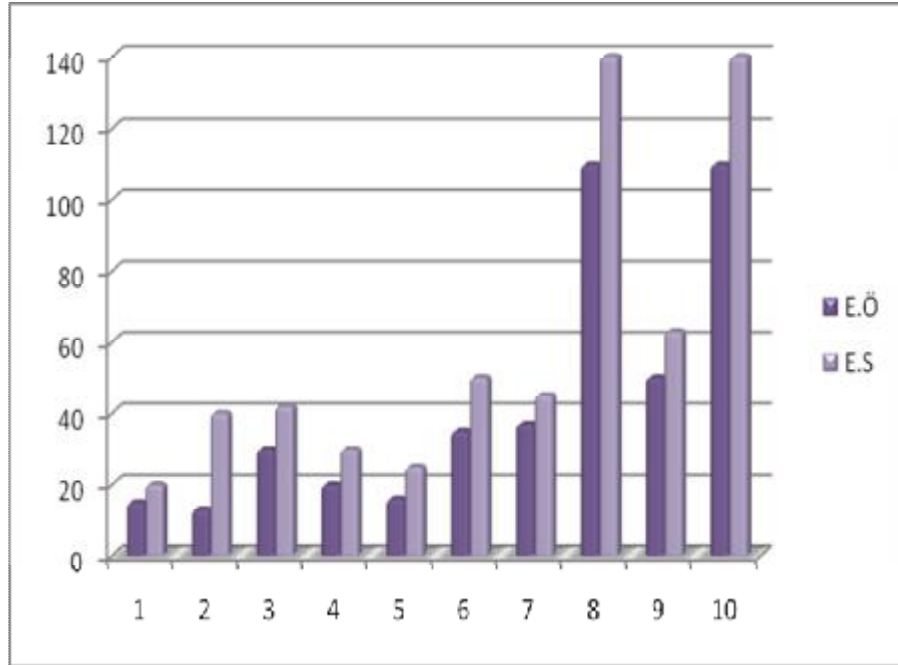
Seviye	Eğitim Öncesi			Eğitim Sonrası			Wilcoxon Testi	
	Min	Max	X ± SD	Min	Max	X ± SD	Z	P
Diz ↑ 5	35	43	38.4 ± 3.3	35	43	38.2 ± 2.6	-1.633	0.102
Diz ↑ 15	40	54	45.6 ± 3.4	42	54	46.7 ± 3.5	-2.032	0.042

İstatistiksel analizler sonucunda dizin 5 cm üzerindeki çevre ölçüm sonuçlarında anlamlı sonuç elde edilmezken, dizin 15 cm üzerinde kasta hipertrofi olduğu gözlenmiştir (p<0.05) (Tablo 4.2.1)

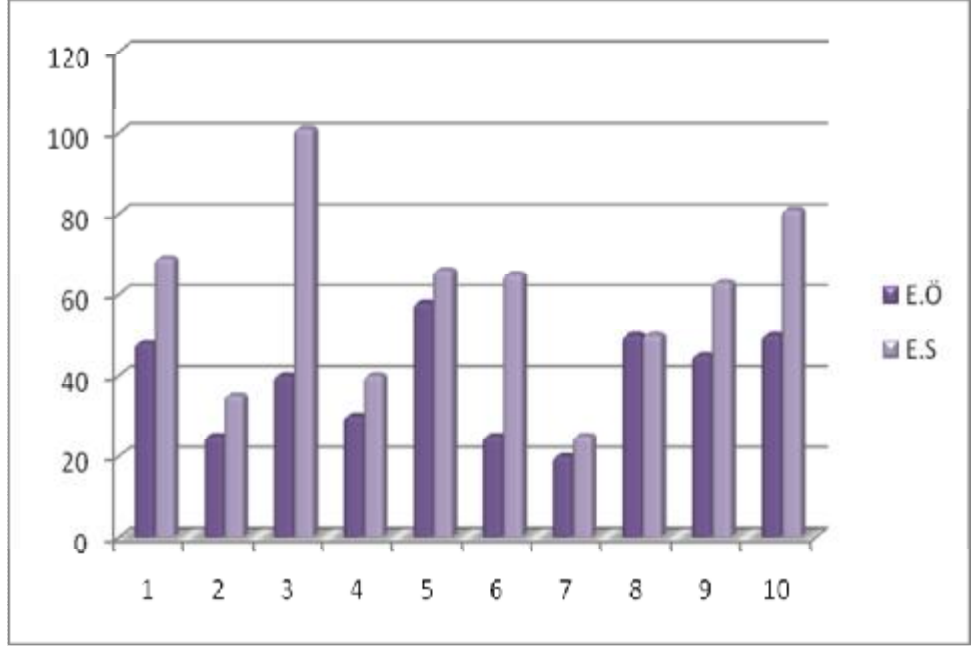
**Tablo 4.2.2. Elektrik stimülasyon grubu kuvvet ve endürans ölçüm değerleri (Grup I)**

Kuvvet ve Endurans Ölçümü	Eğitim Öncesi			Eğitim Sonrası			Wilcoxon Testi	
	Min	Max	X ± SD	Min	Max	X ± SD	Z	P
Sabit ağırlıkla tekrar (10p)	36	353	197.2 ± 140.0	53	525	285.2 ± 177.7	-2.810	0.005
Basamak çıkma testi (tekrar)	13	110	43.6 ± 36.8	20	140	59.5 ± 44.1	-2.805	0.005
Eğimli çömelme Testi (tekrar)	20	58	39.1 ± 13.1	25	101	59.5 ± 22.6	-2.668	0.008
Tek ayak üzerinde öne sıçrama (cm)	88	167	123.4 ± 22.8	99	182	132.4 ± 23.4	-2.667	0.007

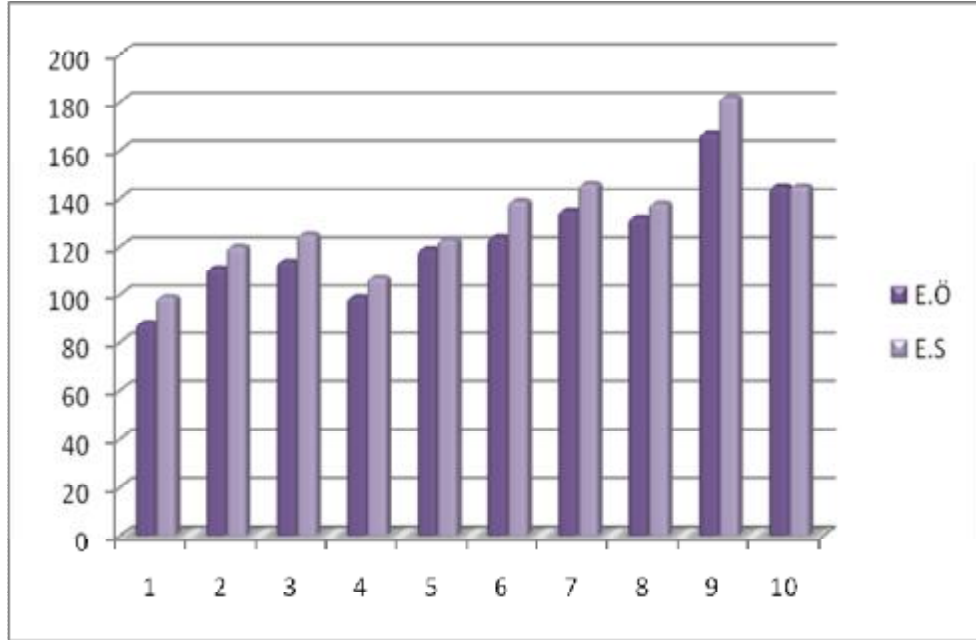
Elektrik stimülasyonu grubundaki olguların kuvvet ve endurans testleri analizinde sabit ağırlıkla tekrar, basamak çıkma, eğimli çömelme ve tek ayakla öne sıçrama testlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış ortaya çıkmıştır ( $p < 0.05$ ) (Tablo 4.2.2) (Şekil 4.2.2.1, Şekil 4.2.2.2, Şekil 4.2.2.3, Şekil 4.2.2.4).



Şekil 4.2.2.1 Grup I. Basamak Çıkma Değerleri

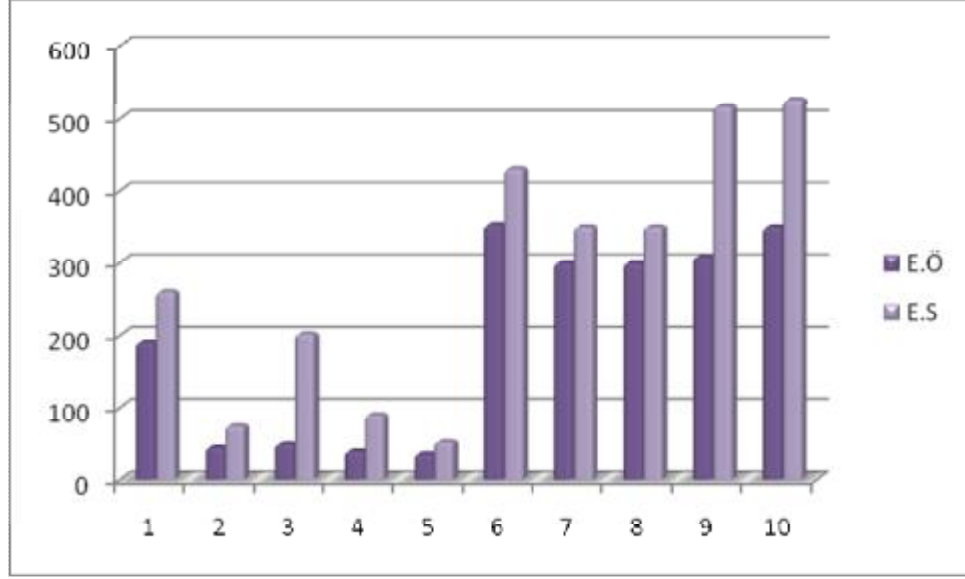


Şekil 4.2.2.2 Grup I Eğimli Çömelme Değerleri



Şekil 4.2.2.3 Grup I Tek Ayakla Öne Sırama Değerleri



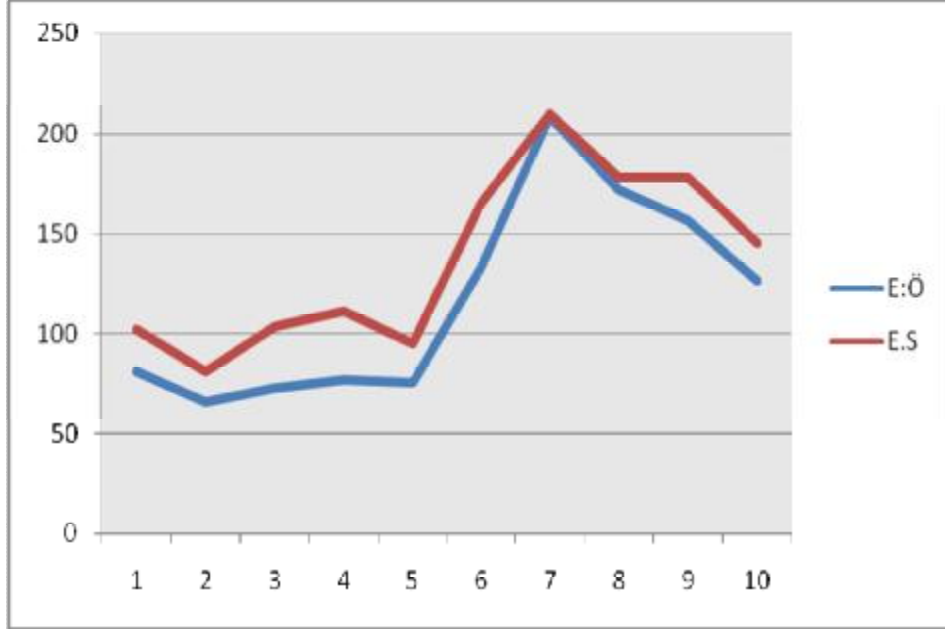


**Şekil 4.2.2.4 Grup I Sabit Ağırlıkla Tekrar Değerleri**

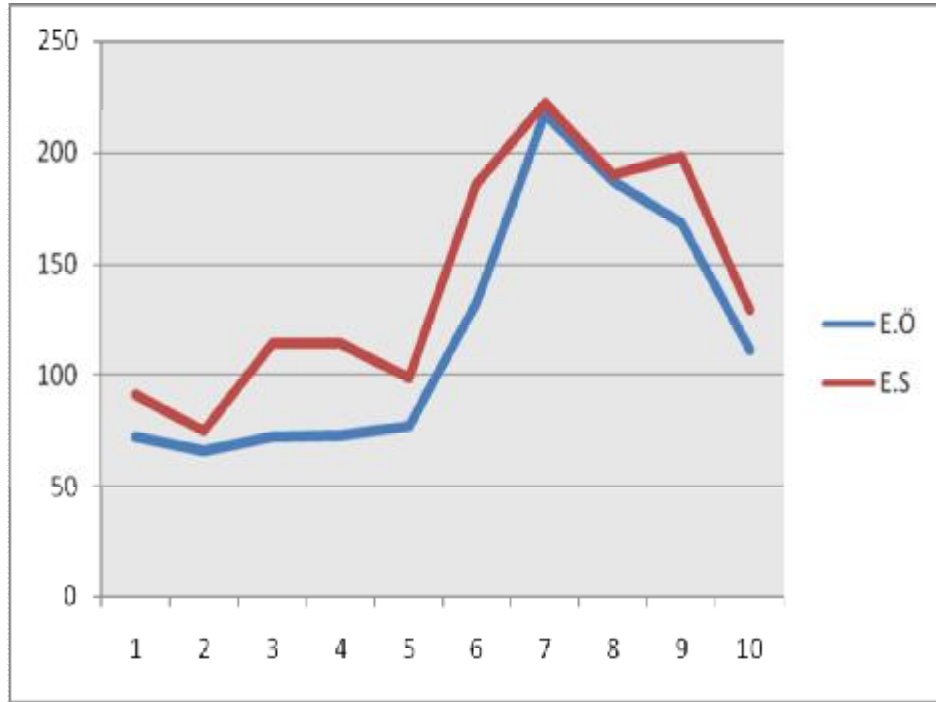
**Tablo 4.2.3. Elektrik stimülasyon grubu izokinetik test değerleri**

İzokinetik Test Parametreleri	Eğitim Öncesi			Eğitim Sonrası			Wilcoxon Testi	
	Min	Max	X ± SD	Min	Max	X ± SD	Z	P
Peak Torque(Nm)	66	209	117.1 ± 50.0	81	210	136.8± 44.0	-2.805	0.005
WPR (Nm)	66	217	117.5 ± 55.7	75	222	141.8 ± 52.1	-2.803	0.005
Initial Peak Torque	11	87	43.5 ± 27.4	34	117	70.5 ± 28.6	-2.803	0.005
Fatigue Index	-131	21	-37.9 ± 60.5	1	34	23.6 ± 8.8	-2.701	0.007
Total Work Done	199	1473	823.1 ± 441.9	388	1748	1024.8 ± 484.6	-2.599	0.009
Peak Torque %BW	322	2235	1299.9 ± 693.6	626	2491	1668.9 ± 670.3	-2.803	0.005

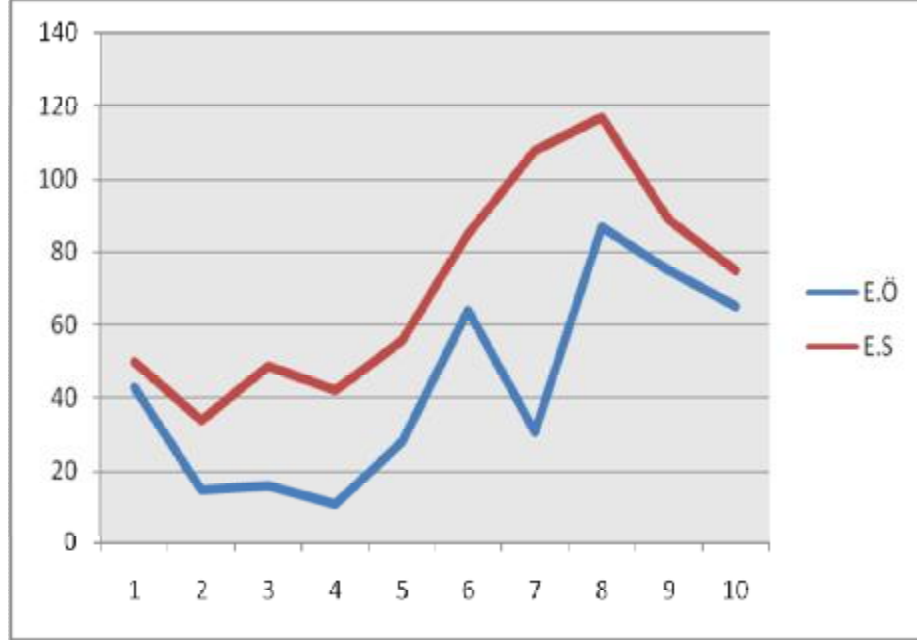
Kuvvet eğitimi ve sonrasındaki izokinetik ölçümlerde peak torque, work per repetition, initial peak torque, fatigue index, total work done, peak torque %BW değerlerinin istatistiksel analizinde anlamlı artış kaydedilmiştir ( $p < 0.05$ ) (Tablo 4.2.3) (Şekil 4.2.3.1, Şekil 4.2.3.2, Şekil 4.2.3.3, Şekil 4.2.3.4, Şekil 4.2.3.5, Şekil 4.2.3.6) (Ek-III).



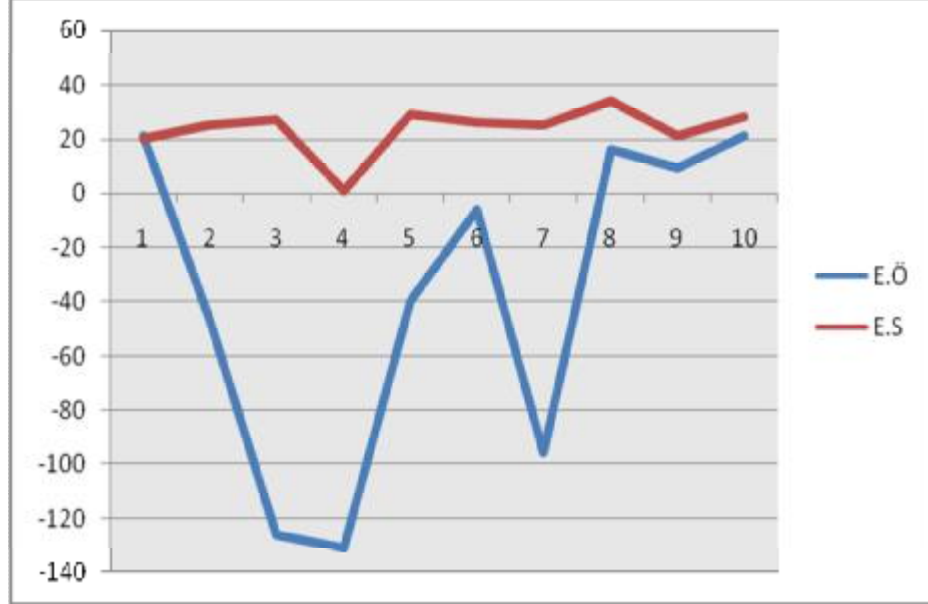
Şekil 4.2.3.1 Grup I Peak Torque Değerleri



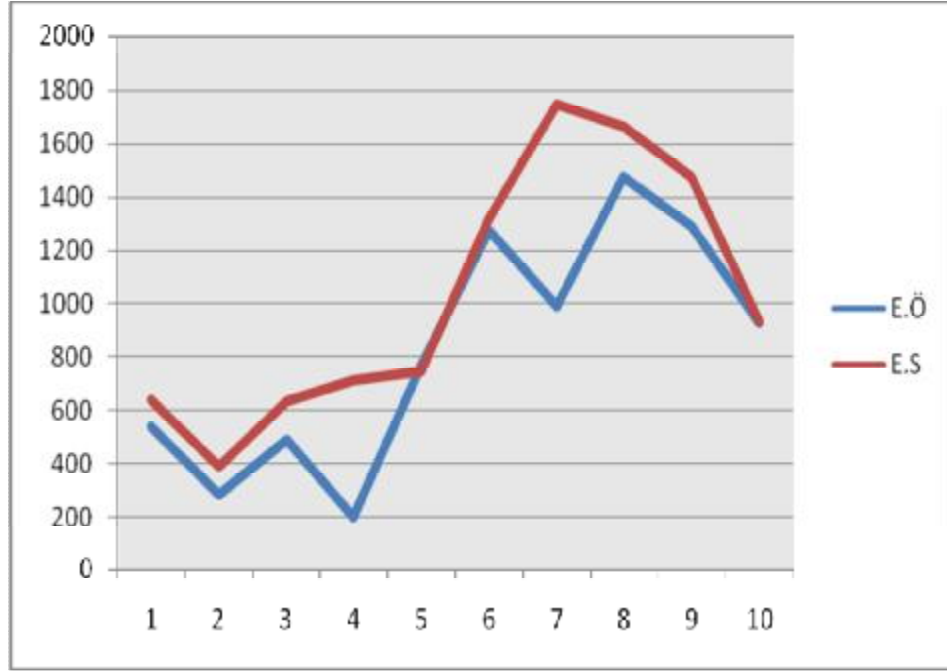
Şekil 4.2.3.2 Grup I WPR Değerleri



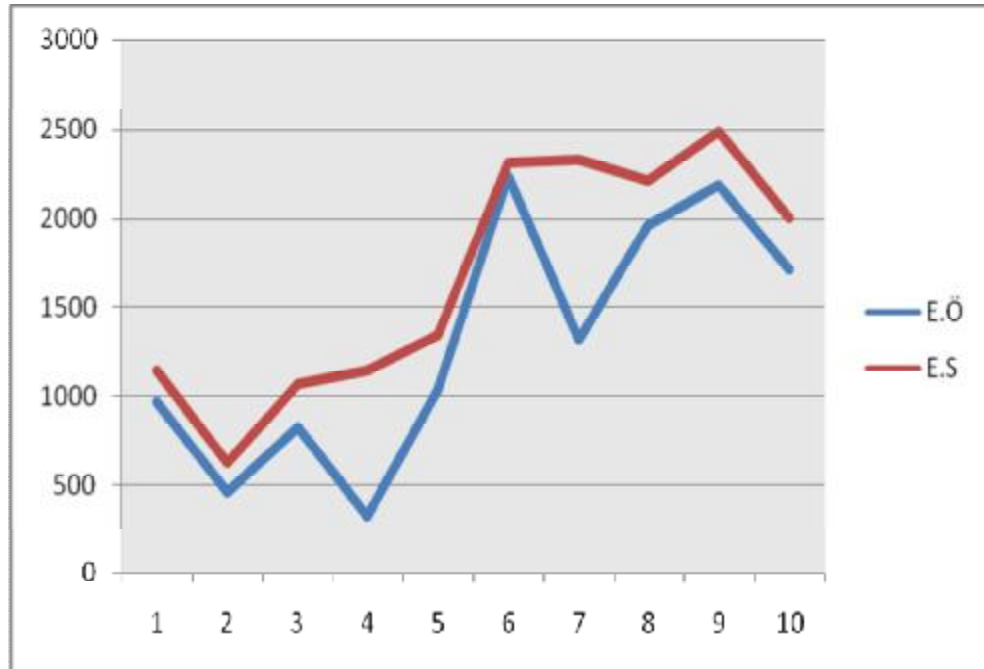
Şekil 4.2.3.3 Grup I Initial PT Değerleri



Şekil 4.2.3.4 Grup I Fatigue Index Değerleri



Şekil 4.2.3.5 Grup I Total Work Done Değerleri



Şekil 4.2.3.6 Grup I BW Değerleri

**Tablo 4.3.1. İzometrik egzersiz grubu antropometrik ölçüm değerleri**

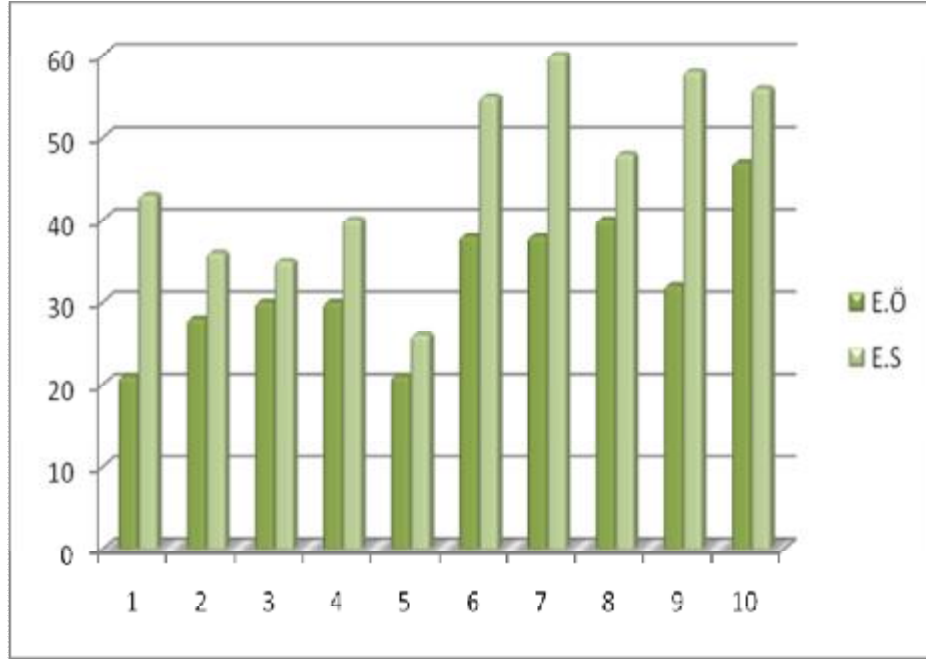
Seviye	Eğitim Öncesi			Eğitim Sonrası			Wilcoxon Testi	
	Min	Max	X ± SD	Min	Max	X ± SD	Z	P
Diz ↑ 5cm	34	44	39.4 ± 3,4	34	44	39,2 ± 3,1	-1.000	0.317
Diz ↑15cm	39	53	46.9 ± 4.7	38	56	47.1 ± 5.0	-0.412	0.680

İstatiksel analiz sonucu izometrik egzersizle kuvvet eğitimi sonrası dizin 5cm ve 15cm üzerinde hipertrofi olduğu gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.3.1).

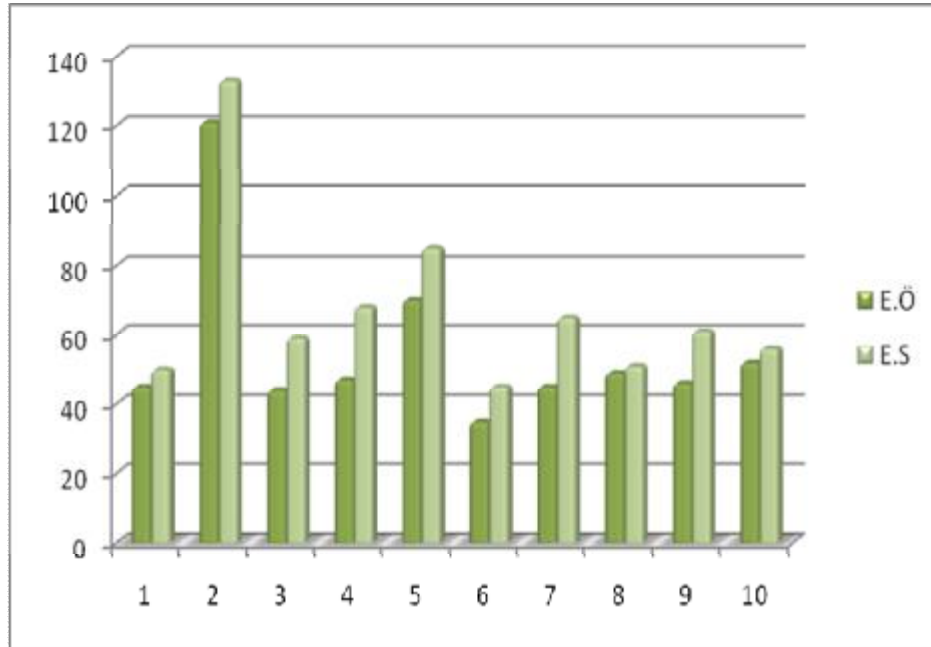
**Tablo 4.3.2. İzometrik egzersiz grubu kuvvet ve endurans ölçüm değerleri**

Kuvvet ve Endurans Ölçümü	Eğitim Öncesi			Eğitim Sonrası			Wilcoxon Testi	
	Min	Max	X ± SD	Min	Max	X ± SD	Z	P
Sabit ağırlıkla tekrar (10p)	70	500	209.1 ± 111.9	90	535	263.2 ± 120.2	-2.654	0.008
Basamak çıkma testi (tekrar)	21	47	32.5 ± 8.3	26	60	45.7 ± 11.4	-2.809	0.005
Eğimli çömelme testi (tekrar)	35	121	55.4 ± 24.6	45	133	67.3 ± 25.6	-2.810	0.005
Tek ayak üzerinde öne sıçrama (cm)	84	171	118.6 ± 27.0	93	174	131.2 ± 30.7	-2.668	0.008

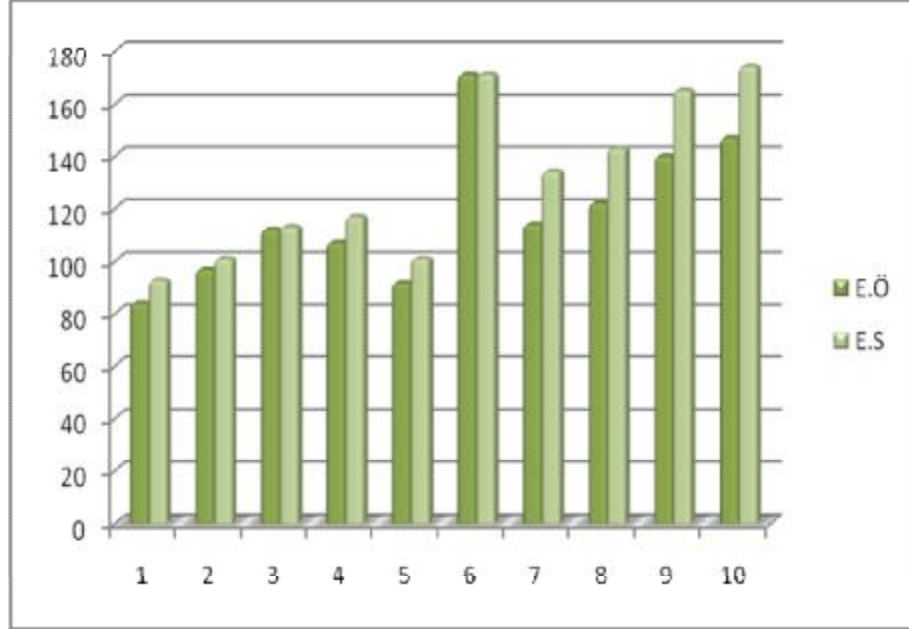
Wilcoxon istatistiksel analiz sonuçlarına göre izometrik kuvvet eğitimiyle sabit ağırlıkla tekrar, basamak çıkma testi, eğimli çömelme testi ve tek ayak üzerinde sıçrama testlerinde anlamlı sonuçlar elde edilmiştir ( $p<0.05$ ) (Tablo 4.3.2) (Şekil 4.3.2.1, Şekil 4.3.2.2, Şekil 4.3.2.3, Şekil 4.3.2.4).



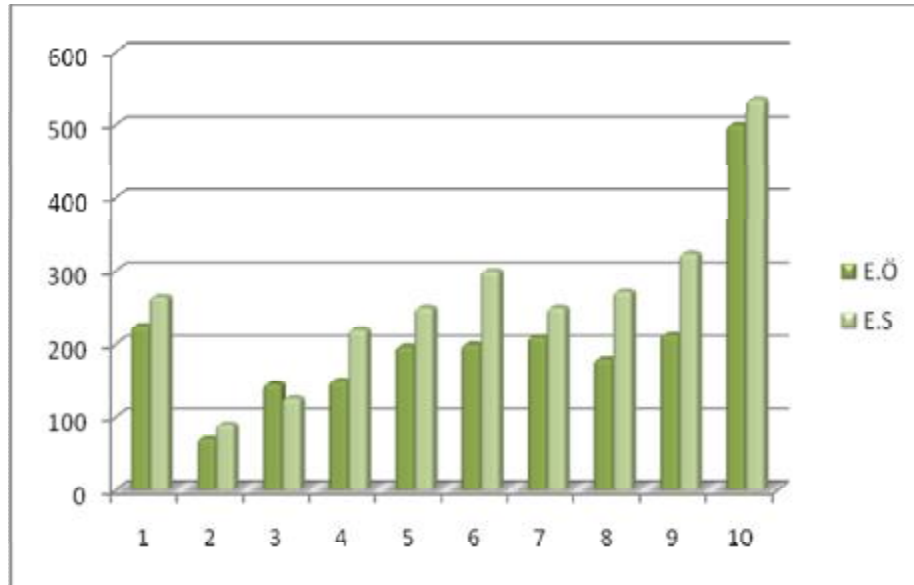
Şekil 4.3.2.1 Grup II Basamak Çıkma Değerleri



Şekil 4.3.2.2 Grup II Eğimli Çömelme Değerleri



**Şekil 4.3.2.3 Grup II Tek Ayakla Öne Sıçrama Değerleri**



**Şekil 4.3.2.4 Grup II Sabit Ağırlıkla Tekrar Değerleri**

**Tablo 4.3.3. İzometrik egzersizle kuvvet eğitimi sonucunda peak torque, work per repetition, initial peak torque, fatigue index, total work done, peak torque %BW değerleri**

İzometrik Test Parametreleri	Eğitim Öncesi			Eğitim Sonrası			Wilcoxon Testi	
	Min	Max	X ± SD	Min	Max	X ± SD	Z	P
Peak Torque(Nm)	87	225	142.8 ± 51.9	91	233	157.5 ± 52.5	-2.805	0.005
WPR (Nm)	83	210	135.7 ± 46.6	103	245	162.0 ± 56.5	-2.705	0.007
Initial Peak Torque	14	110	47.4 ± 31.8	23	140	81.8 ± 36.97	-2.701	0.007
Fatigue Index	-493	29	-86.6 ± 179.5	-102	110	22.0 ± 52.0	-2.091	0.037
Total Work Done	475	1763	857.9 ± 416.3	720	2133	1269.8 ± 520.1	-2.803	0.005
Peak Torque %BW	557	2319	1314.8 ± 495.8	1389	2807	1898.6 ± 505.7	-2.803	0.005

İzometrik egzersizle kuvvet eğitimi sonucunda peak torque, work per repetition, initial peak torque, fatigue index, total work done, peak torque %BW değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı artış saptanmıştır ( $p < 0.05$ ) (Tablo 4.3.3) (Şekil 4.3.3.1, Şekil 4.3.3.2, Şekil 4.3.3.3, Şekil 4.3.3.4, Şekil 4.3.3.5, Şekil 4.3.3.6).

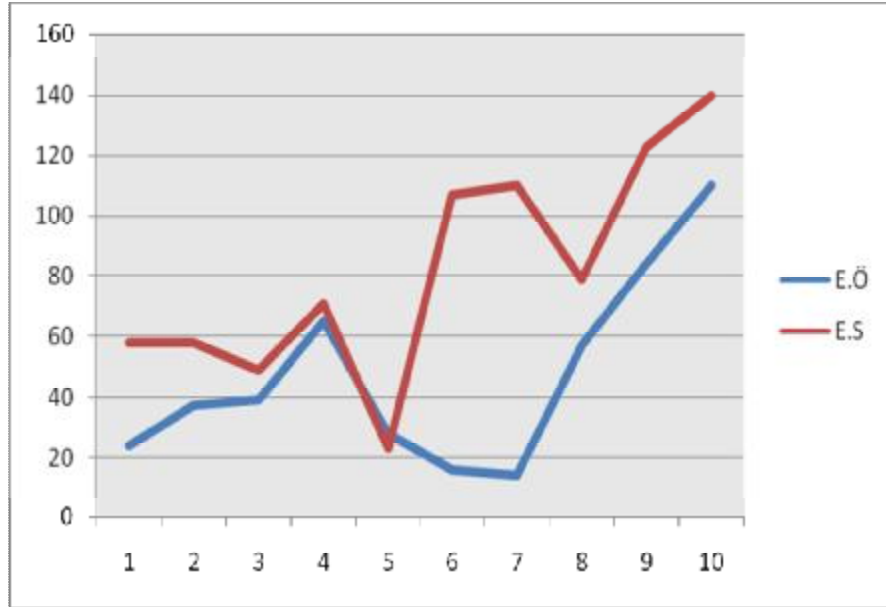


**Şekil 4.3.3.1 Grup II Peak Torque Değerleri**

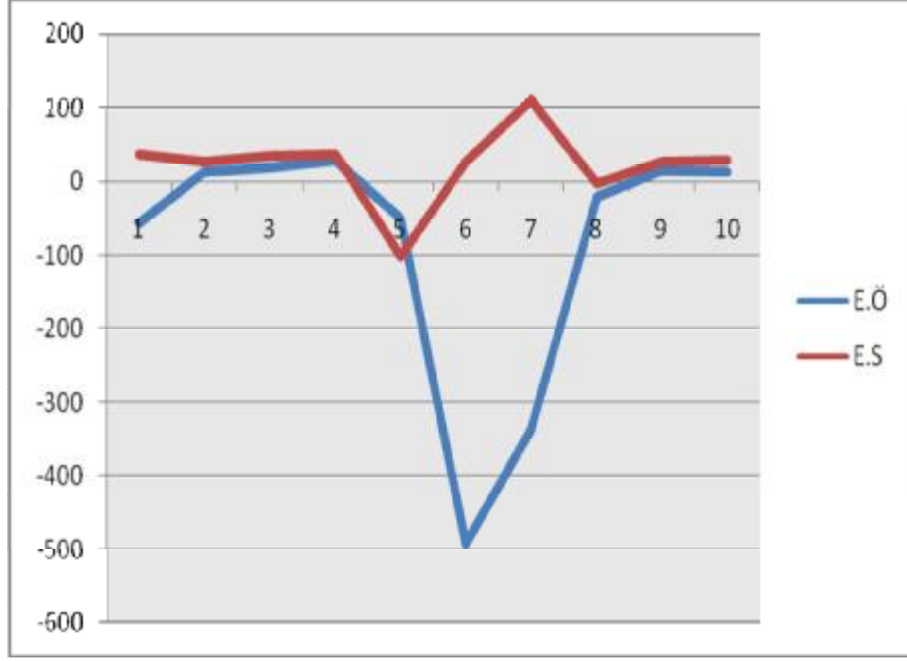




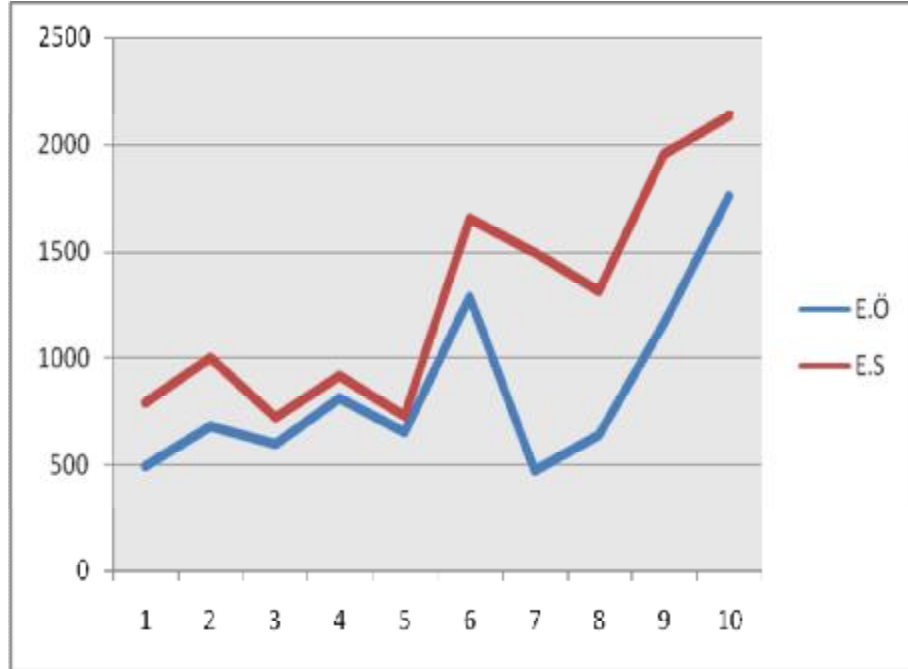
Şekil 4.3.3.2 Grup II. WPR Değerleri



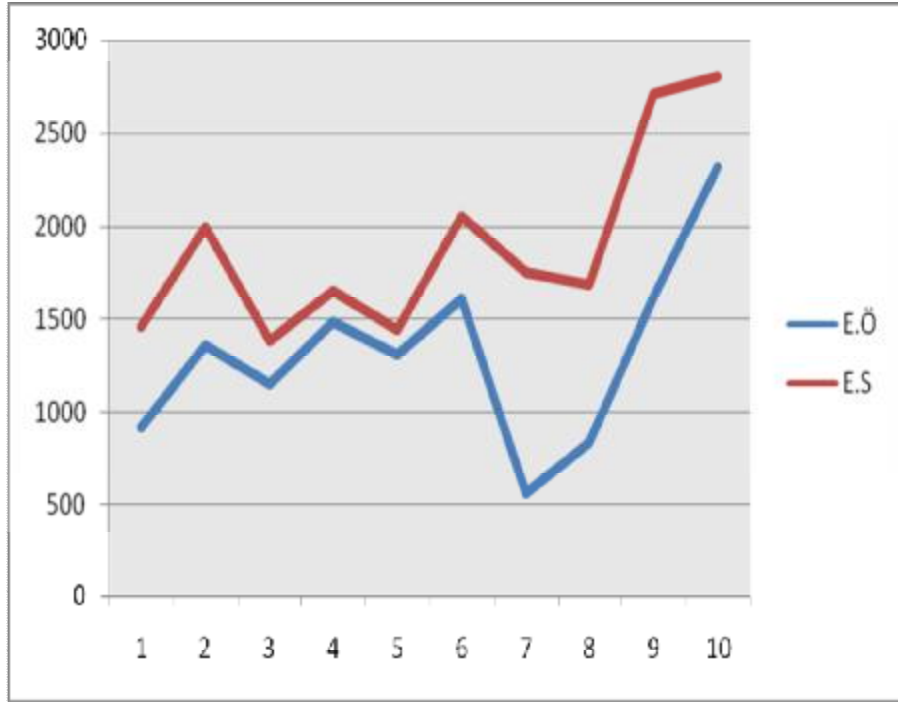
Şekil4.3.3.3 Grup II Initial PT Değerleri



Şekil 4.3.3.4 Grup II Fatigue Index Değerleri



Şekil 4.3.3.5 Grup II TWD Değerleri



Şekil 4.3.3.6 Grup II BW Değerleri

**Tablo 4.4.1. Elektrik stimülasyon grubu nondominant ekstremite antropometrik ölçüm değerleri**

Seviye	Eğitim Öncesi			Eğitim Sonrası			Wilcoxon Testi	
	Min	Max	X ± SD	Min	Max	X ± SD	Z	P
Diz ↑ 5cm	34	45	38,1 ± 3,0	34	45	38.3 ± 3,1	-1.414	0.157
Diz ↑ 15cm	40	52	45.7 ± 3,6	40	52	45.8 ± 3.5	-0.577	0.564

Nondominant ekstremite (kontrol grubu) eğitim sonrası sonuçlarında patellanın 5cm ve 15cm ölçüm değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış saptanmamıştır ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.4.1).

**Tablo 4.4.2. Elektrik stimülasyon grubu nondominant ekstremite kuvvet ve endurans ölçüm değerleri:**

Kuvvet ve Endurans Ölçümü	Eğitim Öncesi			Eğitim Sonrası			Wilcoxon Testi	
	Min	Max	X ± SD	Min	Max	X ± SD	Z	P
Sabit ağırlıkla tekrar (10p)	30	300	163.3 ± 115.0	28	320	169.6 ± 118.6	-1.524	0.128
Basamak çıkma testi (tekrar)	8	100	38.6 ± 31.1	7	106	36.7 ± 28.4	-0.770	0.441
Eğimli çömelme testi (tekrar)	18	75	39.5 ± 17.1	17	76	39.8 ± 17.4	-0.491	0.623
Tek ayak üzerinde öne sıçrama (cm)	79	159	114.1 ± 26.4	80	160	117.0 ± 26.6	-1.786	0.074

Nondominant ekstremitelerde sabit ağırlıkla tekrar, basamak çıkma, eğimli çömelme ve tek ayak üzerinde sıçrama testlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış saptanmamıştır ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.4.2).

**Tablo 4.4.3. Elektrik stimülasyon grubu nondominant ekstremite izokinetik test değerleri**

İzokinetik Test Parametreleri	Eğitim Öncesi			Eğitim Sonrası			Wilcoxon Testi	
	Min	Max	X ± SD	Min	Max	X ± SD	Z	P
Peak Torque(Nm)	23	201	101.3 ± 49.6	79	179	118.7 ± 38.11	-1.376	0.169
WPR (Nm)	22	188	102.0 ± 52.6	66	199	116.6 ± 42.1	-1.274	0.203
Initial Pek Torque	9	85	45.0 ± 26.5	19	92	58.6 ± 24.9	-1.836	0.066
Fatigue Index	-37	22	-7.9 ± 17.1	-37	38	10.7 ± 24.6	-1.785	0.074
Total Work Done	267	1455	845.2 ± 436.0	281	1573	904.4 ± 415.3	-0.561	0.575
Peak Torque %BW	432	2161	1315.0 ± 618.3	453	2095	1366.7 ± 546.9	-0.533	0.594

Nondominant ekstremite izokinetik test sonuçlarına baktığımızda kuvvet eğitimi öncesi ve sonrasında peak torque, work per repetition, initial peak torque, fatigue index, total work done, peak torque %BW değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı artış saptanmamıştır ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.4.3).

**Tablo 4.4.4. Grup I eğitim sonrası dominant ve nondominant ekstremitelerin sonuçlarının karşılaştırılması**

Değişkenler	Dominant Ekstremitte	Nondominant Ekstremitte	Mann Whitney U
	X $\pm$ SD	X $\pm$ SD	P
Diz $\uparrow$ 5cm	38.2 $\pm$ 2.6	38.3 $\pm$ 3.1	0.969
Diz $\uparrow$ 15cm	46.7 $\pm$ 3.5	45.85 $\pm$ 3.5	0.790
Sabit ağırlıkla tekrar (10p)	285.2 $\pm$ 177.7	169.6 $\pm$ 118.6	0.028
Basamak çıkma testi (tekrar)	59.5 $\pm$ 44.1	36.7 $\pm$ 28.4	0.014
Eğimli çömelme testi (tekrar)	59.5 $\pm$ 22.6	39.8 $\pm$ 17.4	0.040
Tek ayak üzerinde öne sıçrama (cm)	132.4 $\pm$ 23.4	117.0 $\pm$ 26.6	0.034
Peak Torque(Nm)	136.8 $\pm$ 44.0	118.7 $\pm$ 38.1	0.041
WPR (Nm)	141.8 $\pm$ 52.1	116.6 $\pm$ 42.1	0.031
Initial Peak Torque	70.5 $\pm$ 28.6	58.6 $\pm$ 24.9	0.011
Fatigue Index	23.6 $\pm$ 8.8	10.7 $\pm$ 24.6	0.112
Total Work Done	1024.8 $\pm$ 484.6	904.4 $\pm$ 415.3	0.013
Peak Torque %BW	1668.9 $\pm$ 670.3	1366.7 $\pm$ 546.9	0.018

Eğitim sonrası dominant ve non dominant ekstremite sonuçları karşılaştırıldığında antropometrik ölçümler ve yorgunluk indeksi hariç tüm parametrelerde elektrik stimülasyonu grubunda dominant ekstremite lehine olmak üzere anlamlı farklar saptanmıştır ( $p<0.05$ ) (Tablo 4.4.4).

**Tablo 4.5.1. İzometrik egzersiz grubu nondominant ekstremite antropometrik ölçüm değerleri:**

Seviye	Eğitim Öncesi			Eğitim Sonrası			Wilcoxon Testi	
	Min	Max	X ± SD	Min	Max	X ± SD	Z	P
Diz ↑ 5cm	34	44	39.3 ± 3,5	34	44	39,0 ± 3,4	-1.342	0.180
Diz ↑ 15cm	40	54	47.4 ± 4.8	40	54	47.0 ± 4.4	-1.633	0.102

İstatiksel analiz sonucu izometrik egzersizle kuvvet eğitimi sonrası nondominant ekstremitede dizin 5cm ve 15cm üzerinde hipertrofi olduğu gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.5.1).

**Tablo 4.5.2. İzometrik egzersiz grubu nondominant ekstremite kuvvet ve endurans ölçüm değerleri**

Kuvvet ve Endurans Ölçümü	Eğitim Öncesi			Eğitim Sonrası			Wilcoxon Testi	
	Min	Max	X ± SD	Min	Max	X ± SD	Z	P
Sabit ağırlıkla tekrar (10p)	81	300	180.1 ± 63.5	74	260	173.9 ± 53.7	-1.282	0.200
Basamak çıkma testi (tekrar)	15	39	30.0 ± 8.3	17	41	32.5 ± 7.3	-1.740	0.082
Eğimli çömelme testi (tekrar)	25	140	53.5 ± 33.4	30	103	51.8 ± 22.7	-0.562	0.574
Tek ayak üzerinde öne sıçrama (cm)	73	164	113.6 ± 25.5	77	177	115.9 ± 28.3	-1.436	0.151

Nondominant ekstremite test sonuçlarına göre sabit ağırlıkla tekrar, basamak çıkma, eğimli çömelme ve tek ayak üzerinde sıçrama testlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.5.2)

**Tablo 4.5.3. İzometrik egzersiz grubu nondominant ekstremite izokinetik test değerleri**

İzokinetik Test parametreleri	Eğitim Öncesi			Eğitim Sonrası			Wilcoxon Testi	
	Min	Max	X ± SD	Min	Max	X ± SD	Z	P
Peak Torque(Nm)	45	207	124.6 ± 50.1	77	193	133.7± 46.1	-0.969	0.333
WPR (Nm)	46	205	121.6 ± 49.3	79	201	130.3 ± 44.1	-1.122	0.262
Initial Peak Torque	26	117	62.30 ± 33.8	22	119	67.3 ± 33.44	-1.173	0.241
Fatigue Index	-150	16	-17.1 ± 49.0	-107	48	11.7 ± 44.0	-1.886	0.059
Total Work Done	405	1835	975.7 ± 490.6	534	1690	1081.3± 415.8	-1.886	0.059
Peak Torque %BW	781	2414	1448.1 ± 532.5	1031	2351	1621.2 ± 392.2	-1.886	0.059

İzometrik kuvvet eğitimi sonrası nondominant ekstremitede peak torque, work per repetition, initial peak torque, fatigue index, total work done, peak torque %BW değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı artış saptanmamıştır ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.5.3).

**Tablo 4.5.4. Grup II eğitim sonrası dominant ve nondominant ekstremitelerin sonuçlarının karşılaştırılması**

Değişkenler	Dominant Ekstremité	Nondominant Ekstremité	Mann Whitney U
	X ± SD	X ± SD	P
Diz ↑ 5cm	39.2 ± 3.1	39.0 ± 3.4	0.720
Diz ↑ 15cm	47.1 ± 5.0	47.0 ± 4.4	0.929
Sabit ağırlıkla tekrar (10p)	263.2 ± 120.2	173.9 ± 53.7	0.047
Basamak çıkma testi (tekrar)	45.7 ± 11.4	32.5 ± 7.3	0.038
Eğimli çömelme testi (tekrar)	67.3 ± 25.6	51.8 ± 22.7	0.047
Tek ayak üzerinde öne sıçrama (cm)	131.2 ± 30.7	115.9 ± 28.3	0.015
Peak Torque(Nm)	157.5 ± 52.5	133.7 ± 46.1	0.024
WPR (Nm)	162.0 ± 56.5	130.3 ± 44.1	0.047
Initial Pek Torque	81.8 ± 36.9	67.3 ± 33.4	0.038
Fatigue Index	22.0 ± 52.0	11.7 ± 44.0	0.452
Total Work Done	1269.8 ± 520.1	1081.3 ± 415.8	0.031
Peak Torque %BW	1898.6 ± 505.7	1621.2 ± 392.2	0.024

Eğitim sonrası dominant ve non dominant ekstremité sonuçları karşılaştırıldığında antropometrik ölçümler ve yorgunluk indeksi hariç tüm parametrelerde izometrik egzersiz grubunda dominant ekstremité lehine olmak üzere anlamlı farklar saptanmıştır ( $p < 0.05$ ) (Tablo 4.5.4).



**Tablo 4.6. Grupların kuvvet eğitimi öncesi değerlerinin karşılaştırılması**

<b>Değişkenler</b>	<b>Grup I X ± SD</b>	<b>Grup II X ± SD</b>	<b>Mann Whitney U</b>
Çevre Ölçümü Diz + 5 cm	37.8 ± 2.3	39.4 ± 3.4	0.283
Çevre Ölçümü Diz +15 cm	45.6 ± 3.7	46.9 ± 4.7	0.447
Sabit ağırlıkla tekrar (10p)	197.2 ±140.0	209.1 ±111.9	0.940
Step-up Testi	43.6 ± 36.8	32.5 ± 8.3	0.762
Decline Squat Testi	39.1 ± 13.1	55.4 ± 24.6	0.173
Tek ayak üzerinde öne sıçrama (cm)	123.4 ± 22.8	118.6 ± 27.0	0.571
Peak Torque(Nm)	117.1± 50.0	142.8± 51.9	0.151
WPR (Nm)	117.5 ± 55.7	135.7 ± 46.6	0.257
Initial Pek Torque	43.5 ± 27.4	47.4 ± 31.3	0.850
Fatigue Index	-37.9 ± 60.5	-86.6 ± 179.5	0.970
Total Work Done	823.1 ± 441.9	857.9± 416.3	0.940
Peak Torque %BW	1299.9 ± 693.6	1314.8 ± 495.8	0.880

Tablo 4.6’da görüldüğü gibi kuvvet eğitimi öncesi her iki grubun değerleri karşılaştırıldığında gruplar arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Bu sonuçlar kuvvet eğitimi öncesi grupların homojen yapıda olduğunu göstermektedir (Tablo 4.6).

**Tablo 4.7. Grupların kuvvet eğitimi sonrası sonuçlarının karşılaştırılması**

<b>Değişkenler</b>	<b>Grup I</b>	<b>Grup II</b>	<b>Mann Whitney U</b>
	<b>X ± SD</b>	<b>X ± SD</b>	
Çevre Ölçümü Diz ↑ 5 cm	39,1 ± 3,0	39,2 ± 3,1	0.465
Çevre Ölçümü Diz ↑15 cm	46,3 ± 6,4	47.1 ± 5.0	0.621
Sabit ağırlıkla tekrar (10p)	285.2 ±177.7	263.2 ±120.2	0.850
Basamak çıkma testi (tekrar)	59.5 ± 44.1	45.7 ± 11.4	0.970
Eğimli çömelme testi (tekrar)	59.5 ± 22.6	67.3 ± 25.6	0.762
Tek ayak üzerinde öne sıçrama (cm)	132.4 ± 23.4	131.2 ± 30.7	0.705
Peak Torque(Nm)	136.8± 44.0	157.5± 52.5	0.226
WPR (Nm)	141.8 ± 52.1	162.0 ± 56.5	0.326
Initial Pek Torque	70.5 ± 28.6	81.8 ± 36.97	0.427
Fatigue Index	23.6 ± 8.8	22.0 ± 52.0	0.225
Total Work Done	1024.8 ± 484.6	1269.8± 520.1	0.226
Peak Torque %BW	1668.9 ± 670.3	1898.6 ± 505.7	0.406

QF kası için kullandığımız kuvvet eğitim programlarının birbirine üstünlüğü olup olmadığının belirlenmesi amacıyla Mann Whitney U istatistiksel analizi kullanılmıştır. Yapılan iki grup arasında; çevre ölçümleri, sabit ağırlıkla tekrar sayısı, basamak çıkma testi, eğimli çömelme testi, üçlü sıçrama testi ve izokinetik testler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ) (Tablo 4.7).

## 5.TARTIŞMA

Araştırmamız izometrik egzersiz ve elektrik stimülasyonunun sağlıklı quadriceps femoris kasının fiziksel fonksiyonlarına olan etkilerini incelemek ve bu iki tekniğin izokinetik kuvvet üzerine etkilerini karşılaştırmak amacıyla yapılmıştır.

Literatürde maksimum istemli izometrik egzersiz ve elektrik stimülasyonunun kuvvet artışı yönünden karşılaştırıldığı pek çok çalışma bulunmasına karşılık, bu yöntemlerin izokinetik kuvvet üzerine etkilerini araştıran az sayıda çalışmaya rastlanmaktadır.

Çalışmamız uygulama kolaylığı ve kas kuvveti eğitimine iyi cevap vermesi nedeniyle quadriceps femoris kası üzerinde yapılmıştır.

ES ile ortaya çıkarılan kas aktivitesi doğal olmayan yollarla elde edilir. İstemli veya refleks ortaya çıkan kas kontraksiyonlarında iki temel farklılık vardır. İstemli veya refleks hareketlerde motor ünitelerin asenkronize aktivasyonu gerçekleşir ve katı hiyerarşik emirler bu durumu sürekli devam ettirirler. Motor ünitelerin bu hiyerarşik çalışmaları sırasında önce en küçük motor üniteler, takibinde daha geniş motor üniteler kontraksiyona katılır. Bu nedenle istemli hareket sırasında en geniş motor üniteler kontraksiyona en son katılırlar ve sadece maksimal efor sırasında kullanılırlar. Elektrik stimülasyonu yolu ile kas aktivasyonu sırasında kas çalışması için gerekli bu emirler iptal edilir; kası innerve eden aksonların biyofiziksel özelliklerinden dolayı tercihen geniş çaplı motor ünite aktive olur bu nedenle genellikle nadiren kullanılan kaslar daha sık aktive edilir. Nitekim ES sırasında normalde en az aktive olan motor üniteler daha fazla çalıştırılır ve bu ünitelerin karakteristik özelliklerinde büyük değişiklikler meydana gelir. Böylece elektrik stimülasyonunda hiyerarşik emirler devre dışı bırakılarak zorlu egzersizler sırasında kullanılan motor üniteler aktive edilmiş olur. Bu aktivite sadece seçilen kasla sınırlıdır ve istenmeyen sistemik etkilere neden olmaz. Kısacası, başlangıçta kaslara yüksek aktivite miktarı yüklenebilir ancak bu süreç SSS, kardiyovasküler sistem veya diğer sistemlerin engellemesine ve egzersiz sırasında yapılabilecek aktivite düzeyine erişinceye kadar devam eder (Nelson 1999, Vrbová 2008). Bir başka açıdan bakacak olursak, elektrik stimülasyonu belirli sayıdaki kas gruplarına uygulanabilir ancak istemli egzersizde böyle değildir. Egzersiz sırasında koordine hareketler önem kazanır ve bu aktivitelerle bireysel beceriler arttırılabilir. Egzersiz koordinasyonu arttırırken elektrik stimülasyonunun böyle bir etkisi yoktur.

Eklem fleksibilitesi ve kas uzunluğu egzersizle geliştirilebilirken elektrik stimülasyonunun böyle bir özelliği yoktur (Vrbová 2008).

ES'nun kassal fonksiyonlara olan etkinliğinin incelendiği çalışmalarda kullanılan akımın özelliği önemli kriterlerden biridir. Holcomb ve ark. (2000) sağlıklı QF kasında kullanılan bifazik akım ve Russian akımının diz ekstansiyon torkuna etkisini araştırmışlar ancak bu iki akımın birbirine göre üstünlüklerinin olmadığını belirtmişlerdir ( $p>0.05$ ). Nelson (1999) elektrik stimülasyonu ile kas kuvvetini arttırma amaçlı en sık kullanılan akım eşidinin Russian akımları (RA) olduğunu belirtmiştir. RA'nın daha fazla kas lifini etkileyerek, daha derin liflerde etki yarattığı belirtilmektedir. Bununla birlikte RA'nın orta frekanslı bir akım olması nedeni ile bu etkileri arttırdığı bilinmektedir (Nelson 1999, Yakut 2001, Vrbova 2008). Bu nedenle araştırmamızda elektrik stimülasyonu ile kuvvet eğitiminde RA tercih ettik.

Kuvvet eğitiminin sonuçları haftalık uygulanan seans sayılarından etkilenebilmektedir. Feigenbaum ve Pollock (1999) haftada iki kez yapılan kuvvet eğitiminin bir kez yapılan kuvvet eğitiminden daha iyi sonular verdiğini belirtmişlerdir.

Parker ve arkadaşları (2003) quadriceps femoris kasında iki nöromuskuler elektrik stimülasyonu (NMES) tekniğini karşılaştırmıştır. Araştırmacılar birçok çalışmada NMES programlarında quadriceps femoris kasının kuvvet artışındaki etkisinin incelendiğini ancak haftalık eğitim sayısına göre bir araştırma yapılmadığını belirtmişler. alışmalarında 27 sağlıklı olgu 3 gruba ayrılmış (1. Grup kontrol; 2. Grup haftada 2 kez; 3. Grup ise haftada 3 kez) ve 10dk'lık elektrik stimülasyonu ile kuvvet eğitim programına dahil edilmişlerdir. 1., 2., 3. ve 4. hafta sonunda olgular değerlendirilmiştir. Tedavi grupları arasında yapılan karşılaştırmalarda sadece 4. Hafta ölçümlerinde tedavi öncesine göre anlamlı sonuçlar bulunmuştur. Bu sonuçlara ışıkta araştırmacılar kuvvet eğitiminin haftada en az 3 kez yapılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Yukarıda sözü edilen çalışmalar ve kendi deneyimlerimiz doğrultusunda çalışmamızda elektrik stimülasyonu ile kuvvet eğitim programına alınan 10 olguya 10 sn. Kontraksiyon ve 50 sn dinlenme olmak üzere (10 kontraksiyon), 10 dk'lık kuvvet eğitim programı uygulanmıştır (Baskan 2004).

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 oldukça azaltıldığı belirtilmiştir (Feigenbaum ve Pollock 1999). Bu nedenle araştırmamızda maksimal istemli izometrik egzersiz programı 10 tekrarlı haftada 3 seans olacak şekilde programlanmıştır.

McCall vd. (1996) dirençli egzersiz eğitiminin kas hipertrofisi, hiperplazisi ve kapillarizasyonu üzerine etkilerini araştırmışlardır. Olguların major kas grupları 10 maksimum tekrarlı yük ile 12 hafta boyunca kuvvetlendirme eğitimine alınmıştır. Eğitim sonrası olgularda kas kuvvetinin arttığı tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ). Manyetik rezonans görüntüleme yöntemi ile değerlendirdikleri biceps brachi kasının çapraz kesit alanında artış saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Biceps brachi kasına yapılan biopsi ile kasın tip I ve tip II lif alanlarında artış tespit edilmiş ( $p<0.05$ ), ancak lif sayılarında anlamlı değişiklik saptanmamıştır ( $p>0.05$ ). Tip I ve tip II kas fibrillerinin kapillarizasyonunda dirençli egzersiz ile arttığı saptanmıştır ( $p<0.05$ ).

Kuvvet eğitimi ile birlikte kasın enine kesit alanında gelişme meydana gelmektedir. Bu genişleme kas fibril sayısındaki artıştan değil, fibril çapının artması (hipertrofi) sonucu meydana gelmektedir. Kasın kesit alanındaki artışın %95-100 arasında hipertrofidan kaynaklandığı belirtilmektedir. Ancak kası çok zorlayan aktivitelerde veya ağırlık çalışan sporcularda uzun yıllardan sonra hiperplazi geliştiği belirtilmektedir (Ergen 2002, Ahtiainen 2003).

Dal Corso ve arkadaşlarının (2007) çalışmasında KOAH'lı hastalarda QF kasına 6 hafta boyunca elektrik stimülasyonu uygulanmıştır. Kas kuvveti izokinetik dinamometreyle kas kütlesi ve çapraz bölgeler Dexa ile ölçülmüştür. Elektrik stimülasyonu tip II lifleri artırırken tip I liflerin azalmasına yol açmıştır. Sonuç olarak NMES 'in tip II kas liflerinde hipertrofiye neden olabileceği belirtilmiştir.

Stackhouse ve arkadaşları (2007) serebral paralizili çocuklarda NMES ve istemli egzersizin kas kuvveti ve yürüme hızı üzerine etkilerini araştırmışlardır. QF ve triceps surae kasları üzerine NMES uygulanan hastalar, 12 haftalık kuvvet eğitim programına dahil edilmişlerdir. 6 olguya NMES 5 olguya da izometrik egzersiz programı verilmiştir. Tedavi sonucunda NMES grubunda QF ve triceps surae kasları üzerinde yürüme hızı ve kas kuvveti açısından daha etkili sonuçlar elde edilmiştir. Sadece NMES

grubunda QF'de çapraz köprü alanlarında hacim artışı saptanmış dolayısıyla hipertrofi olduğu gözlenmiştir.

Literatürde egzersiz veya elektrik stimülasyonu ile quadriceps femoris hipertrofisi oluştuğunu belirten birçok çalışma mevcuttur. Birçok çalışmacı kas kuvvetindeki artış ile hipertrofi oluşumunun birbirine paralel seyrettiğini bildirmektedir. Çalışmamızda literatür bilgilerine paralel olarak elektrik stimülasyonu ile birlikte patellanın 15 cm üzerinde kas gruplarının yoğunlaştığı bölgede hipertrofi geliştiği saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Buna karşılık izometrik egzersiz grubunda hipertrofi oluşumu gözlenmemiştir ( $p>0.05$ ). Bunun nedeni hipertrofi görülmeden kas kuvvetinde meydana gelen artışın nöral öğrenme veya nöral fasilasyon yoluyla sağlandığı olarak açıklanabilir. Böylece daha fazla motor birim aynı anda aktive olmakta ve ateşleme hızı artmaktadır.

Sillen ve arkadaşları (2008) KOAH'lı bireylerde elektrik stimülasyonu ve egzersiz eğitiminin metabolik etkilerini araştırmıştır. QF üzerine uygulanan kuvvet eğitimi sonrası iki grup arasında pulmoer fonksiyonlar, kas kuvveti, oksijen tüketimi ve Borg yorgunluk indeksleri karşılaştırılmıştır. Araştırma sonucunda oksijen tüketimi ve ortalama dakika solunum sayısı egzersiz grubunda istatistiksel olarak daha yüksek çıkmıştır ( $p<0.05$ ). Bunun yanında Borg dispne ve yorgunluk skorlarında da yüksek değerler elde edilmiştir. Elektrik stimülasyonunda ise metabolik cevaplarda ve kas yorgunluğunda istatistiksel olarak daha düşük skorlar elde edilmiştir ( $p<0.05$ ).

Taşpınar (2007), sağlıklı olgularda süperimpoze elektrik stimülasyon tekniğinin QF kasının fiziksel fonksiyonlarına etkisi üzerine yaptığı çalışmada eğitim sonrasında kuvvet ve endurans parametrelerindeki artışın yanı sıra kas yorgunluğunun da azaldığını belirtmiştir ( $p<0.05$ ).

Çalışmamızda 6 haftalık kuvvet eğitimi sonrası olguların yorgunluk düzeylerindeki değişiklik izokinetik dinamometre ile değerlendirilmiş, literatüre paralel olarak kuvvetlendirme programı sonrası her iki grupta da yorgunluk toleransı artmıştır ( $p<0.05$ ). Bunun sonucunda kuvvet eğitimi ile birlikte QF kasındaki performans artışıyla birlikte mekanik ve metabolik aktivasyon artmış, böylece kasın yorgunluk düzeyi artmıştır.

Çömelleme ve eğimli çömelleme (decline squat) testleri QF kas fonksiyonlarını test etmek ve araştırmak amacıyla birçok araştırmacı tarafından kullanılmaktadır (Ergun 2006, Güney 2006, Kongsgaard 2006).

Kongsgaard ve arkadaşları (2006) standart çömelleme ve eğimli çömelleme testleri sırasındaki QF kası emg aktiviteleri, patellar tendon gerilimi ve eklem kinematiklerini incelemişlerdir. Olgulardan standart ve 25<sup>0</sup> eğimli platform üzerinde tek ayak üzerinde çömelmeleri istenmiş bu esnada EMG aktiviteleri, ultrasonografi ile patellar tendon gerilimi, ayak bileği, diz ve kalça eklemi gonyometrik verileri kaydedilmiştir. Elde edilen sonuçlarda, patellar tendon gerilimi ve QF elektromyografik aktivitesindeki artış eğimli çömellemede daha fazla bulunmuştur (p<0.05). Eğimli platformda yapılan çömellenin QF kasında daha fazla yüklenme oluşturduğu için klinik testlerde ve rehabilitasyon programlarında eğimli çömelleme testlerinin daha etkili sonuçlar sağlayacağı belirtilmektedir. Zwerver ve arkadaşlarının (2007) eğimli çömellenin biyomekanik analizini yaptıkları çalışmada (0°, 5°, 10°, 15°, 20° ve 25°) olguların tek ayak üzerinde çömelleme kalkmaları istenmiştir. Sonuç olarak 15<sup>0</sup> ve üstü açılarda patellar tendon ve quadriceps yüklenmelerinde % 40 artış sağladıklarını belirtmişlerdir.

Çalışmamızda grup I ve grup II'de kuvvet eğitim programı sonrasında eğimli çömelleme testlerinde istatistiksel olarak anlamlı artış saptanmıştır (p<0.05). Bu sonuçlar eğitim sonrası QF'de performans değerlerinin arttığını göstermektedir.

Myer ve arkadaşları (2006) çalışmalarında bayan atletlerde plyometrik ve dinamik stabilizasyon egzersizler içeren kuvvet eğitim programı düzenlemişlerdir. 6 hafta sonunda yapılan testlerde kuvvet, hız, vertikal sıçrama tek ayak üzerinde sıçrama gibi performans parametrelerinde artış saptamışlardır.

Zatterstrom ve arkadaşları (1992) kronik ACL yetersizliği olan hastalara izole QF kuvvetlendirme ve gövde kaslarıyla birlikte QF kuvvetlendirme protokolü içeren iki farklı kuvvet eğitim programı uygulamıştır. Her iki tedavi grubunda da tek ayak üzerinde öne sıçrama testinde anlamlı sonuçlar elde edilmiştir (p<0.05).

Baskan (2004) sağlıklı olgularda farklı diz açılarında maksimal izometrik kontraksiyon eğitiminin quadriceps femoris kasının fiziksel performansını araştırmıştır. 20 sağlıklı olgu 2 gruba ayrılmış 1. grup (n=10) 15 derece diz fleksiyon açısında 2. Grup (n=10) 60 derece diz fleksiyon açısında 6 hafta haftada 3 seans izometrik

kuvvetlendirme programına dahil edilmiştir. Eğitim öncesi ve sonrası değerlendirilen vakalarda 1 maksimum tekrar, tek ayak üzerinde çömelme, basamak çıkma, basamak inme, tek ayak üzerinde öne sıçrama ve üçlü sıçrama testlerinde anlamlı artış tespit edilmiştir ( $p<0.05$ ).

Çalışmamızda maksimum istemli izometrik kontraksiyon ve elektrik stimülasyonu ile kuvvet eğitimi sonrasında olguların eğimli çömelme, basamak çıkma ve tek ayak üzerinde öne sıçrama test değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Her iki kuvvet eğitim programında kas gücünün yanı sıra aynı zamanda fonksiyonel performans da artmıştır.

Günümüze kadar yapılan çalışmalarda sağlıklı olgularda elektrik stimülasyonunun etkileri birçok çalışmada araştırılmıştır (Baskan 2004, Gondin vd. 2005, Holcomb 2005, Miller 2006, Taşpınar 2006).

Russian stimülasyonu ile sağlıklı kaslarda kas kuvvet eğitimi Kots (1971) tarafından tanımlanmıştır. Kots Russian stimülasyonu ile alternatif akım kullanarak güçlü, istemsiz kas kontraksiyonu ile birlikte kan akımının da arttığını belirtmiştir (Brukner 2006).

Russian stimülasyonu ile sağlıklı kaslarda kas kuvvetinde daha fazla kuvvet artışı meydana geldiği ve maksimal kontraksiyon elde edildiği belirtilmektedir. Bu stimülasyonun bir diğer özelliği de faradik akımların tam aksine yüksek akım şiddetinde çok az ya da hiç ağrı oluşturmamasıdır.

Perez ve arkadaşları sağlıklı vakalarda QF'e uygulanan 6 haftalık transkutaneoz kısa süreli elektrik stimülasyonu sonrası yapılan kas biopsisi analizlerinde kasın oksidatif kapasitesinde, miyozin zincir kompozisyonunda ve tip II liflerdeki kapillaritenin arttığını belirtmişlerdir (Perez 2002).

Spor hekimliğinde nöromusküler elektrik stimülasyonu kas kuvvetlendirmede, uzamış immobilizasyon periyodunda kas gücünün ve kas kitlesinin korunmasında, özel kas gruplarının çalıştırılmasında ve ödem kontrolünde sık kullanılmaktadır. Bu etkiyi sağlamak amacıyla Russian stimülasyonu gibi burst modüllü alternatif akımlar, çift çıkışlı monofazik vurumlu akımlar ve bifazik vurumlu akımlar gibi çeşitli stimülatör seçenekleri kullanılmaktadır. Birçok araştırmacı sağlıklı genç yetişkinlerde elektrik stimülasyonu, egzersiz grubunu kontrol grubuyla karşılaştırmış NMES ve egzersiz



grubu arasında anlamlı fark rapor etmemişlerdir. Bununla birlikte NMES ve istemli ehzersizin kombine uygulamasının sadece NMES uygulamasına göre bir üstünlüğü olmadığı belirtilmektedir. Yine yapılan çalışmalarda elektrik stimülasyonunun kasın fonksiyonel performansı arttığı bilinmektedir. Elektrik stimülasyonuyla kuvvet kazanımında iki mekanizmanın etkili olduğu öne sürülmektedir. Birincisi NMES ile kas kuvvetindeki artış istemli egzersizle istemli egzersizle kazanılan kas kuvveti ile benzerlik göstermektedir. Bu mekanizma standart kuvvetlendirme protokollerini takiben az tekrarlı yüksek eksternal yüklenme ve yüksek kas kontraksiyon yoğunluğunu gerektirir. İkinci mekanizma elektrik stimülasyonuyla kas kuvvetlenmesini takiben selektif olarak tip II kas liflerinde artış olmaktadır. Çünkü tip II kas lifleri tip I'e oranla daha fazla spesifik kuvvete sahiptirler ve tip II kas liflerinin selektif artışı genel kas kuvvetinde artışa neden olmaktadır. Ligament rekonstruksiyon cerrahisi veya yaralanmalarını takiben oluşan kas atrofilerini önleme amaçlı nöromuskuler elektrik stimülasyonu kullanımı üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda diz immobilizasyonunu takiben kullanılan elektrik stimülasyonu uyluk kaslarında kas kuvveti, kas kitlesi ve oksidatif kapasitedeki azalmayı önlemede etkili bulunmuştur. Tüm bunların yanında bir çalışmada diz immobilizasyonunu takiben oluşan atrofik değişiklikleri önlemede NMES, egzersiz yapmayan grup, quadriceps femoris kası izometrik egzersiz grubu, hamstring ve quadriceps kas gruplarının izometrik ko-kontraksiyon grubu ve NMES ve izometrik egzersiz kombine grubuyla karşılaştırıldığında en etkili sonucun NMES grubunda alındığı belirtilmiştir. Sonuç olarak diz immobilizasyonu sonrasında uyluk kaslarına uygulanan elektrik stimülasyonu fonksiyonel beceri ve performansı arttırmaktadır (Lake 1992).

Mohr ve arkadaşları (1985) quadriceps femoris kası üzerinde izometrik egzersiz ve yüksek voltajlı galvanik stimülasyonun etkilerini karşılaştırmışlardır. 17 sağlıklı olgu üzerinde yapılan çalışmada 6 sağlıklı olgu kontrol grubu olarak seçilip herhangi bir kuvvet eğitim programına dahil edilmezken, olgulardan 5'i izometrik egzersiz grubuna 6'sı elektrik stimülasyonu ile kuvvet eğitim programına (15 seans) dahil edilmişlerdir. Çalışma sonunda izometrik egzersiz grubundaki quadriceps femoris kuvvetinde egzersiz grubunda kontrol grubuna göre daha anlamlı bir artış elde edilmiştir ( $p<0.05$ ). Bu çalışma yüksek voltaj galvanik elektrik stimülasyonun kas kuvvetlendirmede izometrik egzersiz kadar etkili olmadığını göstermiştir.

Mayo klinik biomekani laboratuvarında yapılan bir çalışmada elektrik stimülasyonu ve istemli kas kontraksiyonu ile QF kası kuvvet eğitimi karşılaştırılmıştır. Eğitim sonrası her iki kuvvet eğitim grubunda anlamlı kuvvet artışı gözlenmiştir ( $p<0.05$ ). Araştırmacılar bu çalışma ile istemli hareket olmadan elektrik stimülasyonu ile kuvvet artışı sağlanabileceğini belirtmişlerdir (Laughman 1983).

Malatesta ve arkadaşlarının (2003) voleybol oyuncularına elektrik stimülasyonunun kas kuvveti ve performansı üzerine yaptıkları çalışmada olgulara 4 hafta (3 seans/hafta) elektrik stimülasyonu ile kuvvet eğitimi verilmiştir. Eğitim sonrası sporcuların fonksiyonel yeteneklerinin istatistiksel olarak arttığı belirtilmiştir ( $p<0.05$ ). Son değerlendirmeden 10 gün sonra olgular tekrar test edildiğinde sonuçlar yine anlamlı bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Bu sonuçlara göre elektrik stimülasyonu ile elde edilen fonksiyonel yeteneğin devam ettiğini belirtmişlerdir.

Perez ve arkadaşları (2003) sağlıklı ve antrene olmayan erkeklerde elektrik stimülasyonunun oksijen tüketimine ve delta yeteneğine etkilerini araştırmışlardır. Haftada 3 seans (6 hafta) elektrik stimülasyonu ile kuvvet eğitimi verilmiş, 5 vaka kontrol grubu olarak alınmıştır. Eğitim sonrasında elektrik stimülasyonunun oksijen tüketimi ve delta etkisini anlamlı bir şekilde azalttığını kaydetmiştir ( $p<0.05$ ). Sonuç olarak elektrik stimülasyonunun endurans kapasitesini arttırmak için kullanılabilmesi belirtilmiştir.

Çalışmamızda elektrik stimülasyonu ile kuvvet eğitim programına dahil edilen olgularda kuvvet ve endurans parametrelerinde artış saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Performans ve endurans testlerinin (sabit ağırlıkla çalışma tekrarı, eğimli çömelme, tek ayak üzerinde sıçrama, basamak çıkma) yanı sıra izokinetik dinamometre ile yapılan ölçümler (peak torque, work per repetition, initial peak torque, total work done, Peak torque %BW) sonucunda olgularda izokinetik kuvvet parametrelerinde artış saptanmıştır ( $p<0.05$ ).

İzometrik kontraksiyonlar ortopedik rehabilitasyon ve spor yaralanmalarında kuvvet kazanımı için kullanılan yöntemlerden biridir. Özellikle akut dönemlerde veya acil postoperatif durumlarda kuvvet eğitiminde sıklıkla kullanılır. Bandy ve Hanten (1993) yaptıkları bir çalışmada farklı diz açılarındaki quadriceps femoris kasındaki tork ve EMG aktivitesini kontrol etmişlerdir. Sekiz haftalık rehabilitasyon programına alınan

vakaların izokinetik ve EMG ölçümlerinde, özellikle aç ı genişliği arttıka kuvvet kazanımında ve EMG aktivitesinde artış olduğu tespit edilmiştir.

Synder-Mackler ve arkadaşları (1995) ACL rekonstruksiyonu sonrası 110 hastada yüksek yoğunlukta NMES, maksimum istemli izometrik egzersiz ve her ikisinin kombinasyonunu kullanmışlardır. Dört haftanın sonunda QF kasında en iyi kuvvet artışı NMES grubunda belirlenmiştir.

Caggiano ve arkadaşları (1994) yaşlı erkeklerde elektrik stimölasyonu ve istemli izometrik egzersizin kas kuvveti üzerine etkilerini incelemişlerdir. Dört haftalık (toplam 12 seans) kuvvet eğitim programı ile yapılan çalışmada eğitim sonrası her iki grupta kuvvet artışı gözlenmiştir. Peak torque değerleri her iki grupta artış göstermiş ancak grupların birbirine üstünlüğü saptanmamıştır. Araştırmacılar elektrik stimölasyonunun yaşlı erkeklerde istemli egzersizlerle aynı sonucu verdiği ve yaşlılar için elektrik stimölasyonu kullanımının daha uygun olabileceğini belirtmişlerdir.

Yakut ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada (2001) sağlıklı olgularda farklı NMES yöntemleri ve egzersizin QF kas kuvvetine ve ağrı algılamasına etkileri araştırılmıştır. Olgular 20'şer kişilik dört gruba ayrılmış, gruplar faradik akım, russian akımı, yüksek voltajlı galvanik stimölasyon (HVGS) akımı ve izometrik egzersizle kuvvet eğitimine alınmıştır (haftada 5 gün, 3 hafta süre ile). Araştırma sonucunda tüm gruplarda kas artışında anlamlı olarak artış gözlenmiş ( $p<0.05$ ), ancak gruplar arasında anlamlı bir fark kaydedilmemiştir ( $p>0.05$ ).

Kazuto ve arkadaşları (2006) elektrik stimölasyonu ve istemli izometrik egzersizin kas oksijenasyonuna etkisini yakın infrared strestroskopy (NIRS) yardımıyla 10 olgu üzerinde incelemişlerdir. Sonuçta QF 'teki  $O_2$  tüketimi, kalp hızı, sistolik ve diastolik kan basıncının her iki grupta arttığı gözlenirken ( $p<0.05$ ), bu değişikliklerin elektrik stimölasyonunda daha az meydana geldiği gözlenmiştir ( $p<0.05$ ). Ayrıca izometrik egzersizde adrenalin ve nöradrenalin düzeyleri artmış ( $p<0.05$ ), ancak elektrik stimölasyonunda yok denecek kadar az bulunmuştur. Bu sonuçlara göre elektrik stimölasyonunun, respiratuar yetmezlik, sirkülatör ve sempatik sinir sisteminde görülen glikolitik yol metabolizmasında ve artmış kas hipoksisinde kullanılabilir etkili bir yöntem olduğu belirtilmektedir.

Ogino ve arkadaşları (2002) istemli izometrik egzersiz ve nöromuskuler elektrik stimülasyonu ile kuvvet eğitimi sonrası quadriceps femoris kasından alınan manyetik rezonans sinyallerini karşılaştırmışlardır. Sonuçlar her iki gruptaki manyetik rezonans sinyalleri kas dokusu aktivasyonunun belirgin olarak arttığını göstermiştir. Fakat özellikle istemli izometrik egzersiz grubunda bu artışın daha fazla olduğu gözlenmiştir. T2 yoğunluk oranı istemli izometrik egzersizde  $26.5\% \pm 17.3\%$  nöromuskuler elektrik stimülasyonunda ise  $12.9\% \pm 12.8\%$  olarak bulunmuştur.

Çalışmamızda izometrik egzersiz ile kuvvet eğitim grubunda kuvvet ve endurans değerlerinde artış saptanmıştır. ( $p < 0.05$ ) Kuvvet ve endurans test sonuçlarının yanı sıra izokinetik kuvvet ve endurans değerlerinde de anlamlı artış saptanmıştır. Bizim araştırma sonuçlarımızda olduğu gibi, pek çok çalışma izometrik egzersizin sağlıklı kaslarda fizyolojik ve morfolojik gelişmelere yol açarak kuvvet ve enduransı arttırdığını göstermektedir.

Surge' lü faradik akımların sağlıklı quadriceps femoris kası izokinetik kuvveti ve hipertofi üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışmaya 9' u kontrol olmak üzere toplam 18 olgu dahil edilmiştir. 5 haftada toplam 10 seanslık kuvvet eğitimi sonrası olgular izokinetik dinamometre ile tekrar değerlendirilmiş, eğitim öncesi ve sonrası değerleri karşılaştırılmıştır. Olguların non-dominant ekstremitelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir kuvvet artışı tespit edilmiş ( $p < 0.05$ ), ancak kas hipertrofisi gözlenmemiştir ( $p > 0.05$ ) (Romero vd. 1982). Bir diğer çalışmada 30 sedanter olgu üzerinde yapılan bir çalışmada olgular 6 hafta boyunca (hafta 3 seans) izokinetik egzersiz ve izometrik egzersiz ile kuvvet eğitimi verilmiştir. Kalan 10 olgu da kontrol grubu olarak seçilmiştir. Çalışma öncesi ve sonrası yapılan değerlendirmelerde her iki egzersiz grubunda izokinetik değerlerde artış olduğu tespit edilmiştir. İki grup kuvvet artışı yönünden karşılaştırıldığında izokinetik ve izometrik kuvvet eğitimlerinin kuvvet artışı yönünden birbirine üstünlüğü bulunmadığı saptanmıştır. Araştırmada düzenli yapılan izometrik egzersizlerin kas kuvvet artışına anlamlı etkisi olacağı belirtilmiştir ( $p < 0.01$ ). Bu sonuçlara göre statik bir kas çalışması olan izometrik egzersizler sonunda, olgulara düşük ve yüksek açısal hızlarda izokinetik kas testi ölçümü yapıldığında bile kas kuvvetindeki belirgin artışlar gözlenebilmiştir (Çikler 2007).

Delitto ve arkadaşları (1988) ACL rekonstruksiyonu sonrası 10 hastaya NMES 10 hastaya izometrik egzersiz eğitimi vererek bunların etkilerini karşılaştırmıştır. 3 hafta

boyunca haftada 5 seans program uygulanan vakaların tedavi sonrası değerlendirmelerinde NMES grubunda egzersiz grubuna göre ekstansiyon ve fleksiyon torkunda daha fazla artış saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Sonuç olarak postoperatif erken fazda NMES kullanımının daha etkili olduğunu belirtmişlerdir.

Bircan ve arkadaşlarının (2002) quadriceps femoris kas kuvvet üzerinde iki elektrik stimülasyonu formunun etkinliğinin araştırıldığı randomize kontrollü bir çalışmada 30 sağlıklı birey incelenmiştir. 10 olgu bipolar enterferansiyel akımla, 10 olgu düşük frekanslı akımla (bifazik simetrik) kuvvet eğitim programına dahil edilmiş, 10 olgu ise kontrol grubu olarak seçilmiştir. 4 haftalık bir tedavi sonunda iki grupta da izokinetik kuvvetin arttığı ancak gruplar arasında anlamlı bir farkın olmadığı tespit edilmiştir. Araştırmacılar elektrik stimlasyonunun izokinetik kuvveti arttırmak için kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Holmes ve arkadaşları (1984) sağlıklı lise ğrencilerinde QF ve hamstring kaslarının izokinetik kuvvet karakteristiklerini araştırmışlardır. Her bir olgu alt ekstremite muskuloskeletal değerlendirme formu ve izokinetik dinamometre ile değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada yaş etkisinde ve dominant-nondominant ekstremite peak torque değerlerinde anlamlı fark bulunmazken ( $p>0.05$ ), cinsiyetler arasında her iki kasta izokinetik kuvvet açısından fark saptanmıştır ( $p<0.01$ ).

Currier ve arkadaşları (1983) sağlıklı olgularda elektrik stimlasyonunun quadriceps femoris üzerine etkilerini araştırmak amacıyla QF kasına haftada 3 seans 5 haftalık bir kuvvet eğitim programı planlamıştır. Olgular dört gruba ayrılmış ve maksimal istemli izometrik kontraksiyon, elektrik stimülasyonu, izometrik egzersiz + elektrik stimülasyonu birlikte uygulanmış bir grupta kontrol grubu olarak belirlenmiştir. Eğitim ncesi ve sonrası sonuçlar karşılaştırıldığında tüm kuvvet eğitim gruplarında izokinetik kuvvet değerlerinde artış saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Gruplar kendi aralarında karşılaştırıldığında ise üç grubun birbirine üstün olmadıkları saptanmıştır ( $p>0.05$ ).

Manchester Üniversitesi Rehabilitasyon Bilimleri Merkezi'nde yapılan bir çalışmada Callaghan ve arkadaşları (2001) patellofemoral ağrı sendromunda quadriceps femoris stimlasyonunda kullanılan iki farklı elektrik stimlasyon tekniğini karşılaştırmışlardır. Patellofemoral ağrısı ve belirgin quadriceps femoris atrofisi olan ancak normal yürüme yeteneklerine sahip toplam 16 olgu iki gruba randomize olarak dağıtılmıştır. Birinci gruba standart bir cihazla ardışık miks frekanslı elektrik

stimülasyonu, ikinci gruba ise deneysel stimülasyon cihazıyla kontrollü miks frekanslı elektrik stimülasyonu uygulanmıştır. Tedavi öncesi ve sonrası izometrik/izokinetik ekstansiyon torku, kas yorgunluğu, ağrı, basmak testi, diz fleksiyonu ve çapraz kesit alanı değerlendirilmiştir. Fleksiyon ve yorgunluk değerleri haricinde diğer tüm parametrelerde istatistiksel olarak anlamlı fark kaydedilmiştir ( $p<0.05$ ). Ancak gruplar arasında fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ).

Literatürde izometrik egzersiz ve elektrik stimülasyonunun izokinetik kuvvet üzerine etkilerinin incelendiği az sayıda çalışma vardır. Çalışmamızın sonuçları literatürde verilen sonuçlarla paralellik göstermektedir. Çalışmamızda elektrik stimülasyonu ve izometrik egzersizin QF kasının kuvvet ve performansında artış gözlenmiştir ( $p<0.05$ ) ancak gruplar arasında fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Çalışmamızda literatür çalışmalarına paralel olarak elektrik stimülasyonu ve izometrik egzersizle elde edilen kuvvet artışı sadece çalışılan açılarda değil, tüm hareket boyunca oluşmuştur ( $p<0.05$ ). Elektrik stimülasyonu ile kuvvet grubunda izometrik egzersiz grubundan farklı olarak kas hipertrofisi saptanmıştır ( $p<0.05$ ). Ancak iki grup kıyaslandığında bu farkın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı gözlenmiştir.

Araştırmamızda kuvvet eğitimi sonrası kontrol grubu olarak kullandığımız nondominant ekstremite performans ve izokinetik değerlerinde kuvvet yayılımıyla açıklayabileceğimiz değişiklikler gözlenmiştir ancak bu değerler istatistiksel olarak anlamlı değildir ( $p>0.05$ ).

Çalışmamızdaki ilk hipotezimiz elektrik stimülasyonunun izokinetik ölçümlerde kas kuvveti ve enduransında artışa neden olacağı idi. Elde ettiğimiz sonuçlar hipotezimizi destekler niteliktedir. Elektrik stimülasyonu sonrası QF kasında izokinetik kuvvet ve endurans artışla birlikte hipertrofi oluşumu tespit ettik. Bu sonuçlara göre birinci hipotezimiz doğrulanmıştır.

İkinci hipotezimiz izometrik egzersizin izokinetik ölçümlerde kas kuvveti ve enduransında artışa neden olacağı yönündeydi. Kuvvet eğitimi öncesi ve sonrası test sonuçları izometrik kuvvet eğitimi sonrası quadriceps femoris izokinetik kuvvet ve endurans değerlerinde artış tespit ettik. Sonuç olarak ikinci hipotezimiz de doğrulanmıştır.

Üçüncü hipotezimiz elektrik stimülasyonunun izokinetik kuvvet artışında izometrik kuvvet eğitime göre daha etkili olacağı yönündeydi. Her iki grup karşılaştırıldığında kuvvet artışı saptanmasına rağmen grupların birbirine üstün olmadıkları tespit edilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar sonrasında kurduğumuz üçüncü hipotezimizi doğrulayamadık. Literatürde elektrik stimülasyonu ile izometrik egzersizin kas gücü üzerine etkilerini belirten bazı çalışmalar iki grup arasında fark olmadığını belirtse de elektrik stimülasyonu ile birlikte istemli egzersize oranla kas kontraksiyonuna daha fazla kas lifi katılması ve daha az yorgunluk oluşturması nedeniyle elektrik stimülasyonunun izokinetik değerler üzerinde daha etkili olacağını düşünmüştük.

Bu çalışmadan elde ettiğimiz sonuçlar, sağlıklı quadriceps femoris kasına uygulanan elektrik stimülasyonu ve maksimal istemli izometrik kontraksiyon ile kuvvet eğitiminin kas kuvvet ve enduransının izokinetik parametrelerinde artışa yol açtığını göstermektedir. Gruplarda saptanan kuvvet ve endurans artışına rağmen bir tekniğin diğerine göre daha üstün sonuç vermemesi, kas kuvvetini arttırmak için her iki tekniğin de kullanılabileceği sonucunu doğurmaktadır. Sonuçlar elektrik stimülasyonu ve maksimal istemli izometrik egzersizin izokinetik dinamometrelerin bulunmadığı kliniklerde izokinetik kuvvet eğitimi için alternatif olabileceğini göstermiştir. Bununla birlikte izokinetik dinamometre kullanımının zor veya imkansız olduğu engelli sporcularda bu iki teknik kas kuvvetini arttırmak amacıyla kullanılabilir.

## 6.SONUÇ

Yaptığımız araştırma sonucunda sağlıklı QF kasında izokinetik kuvvet artışı elde etmek amacıyla kullanılan elektrik stimülasyonu ve izometrik egzersizin kas kuvveti ve performansında artış sağladığı ancak elektrik stimülasyonunun izometrik egzersize göre daha üstün bir kuvvet eğitim programı olmadığı tespit edilmiştir.



## 7.KAYNAKLAR

- Ahtiainen, J. P., A. Pakarinen, et al. (2003) Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *Eur J Appl Physiol* **89**(6): 555-63.
- Akgün N. (1996) Egzersiz ve spor fizyolojisi. *Ege Üniversitesi Basımevi*. İzmir. s1-69
- Akman M.N, Karatas M. (2003) Temel ve uygulanan kinezyoloji. Ankara: *Haberal Eğitim Vakfı*. s107-120.
- Andrews R. J., Harrelson L. G., Wilk, E. K. (1998) Physical Rehabilitation of the Injured Athlete. Second Edition. *W. B. Saunders Company*, s219-259.
- Atha J. (1981) Strengthening Muscle. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 9, s1-73
- Atik Ş.O. (1997) Endoprotetik Cerrahi. Eklem Cerrahisi. Ankara: *Meteksan A.Ş.*, s80.
- Baechle T.R., Earle R.W. (2008) Essentials of Strength Training and Conditioning. Champaign, IL. *Human Kinetics*. Third Edition. United States, 656s.
- Bandy, W. D., Hanten W.P. (1993) Changes in torque and electromyographic activity of the quadriceps femoris muscles following isometric training. *Phys Ther* **73**(7): 455-67.
- Baskan E. (2004) Sağlıklı Quadriceps Femoris Kasının Kuvvetlendirilmesinde Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 124s.
- Beyazova M., Kutsal Y. (2000) Fiziksel tıp ve rehabilitasyon cilt 1. *Güneş kitabevi*, s138-154
- Bickel C.S., Slade J.M., Warren G.L. et al. (2003) Fatigability and variable-frequency train stimulation of human skeletal muscles. *Phys Ther*. 83(4):366-73.

- Bircan, C., O. Senocak, et al. (2002) Efficacy of two forms of electrical stimulation in increasing quadriceps strength: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil* **16**(2): 194-9.
- Brukner P., Khan K. (2006) Clinical Sports Medicine. 3th edition. *McGraw-Hill*, Australia, 1030s.
- Caggiano, E., T. Emrey, et al. (1994) Effects of electrical stimulation or voluntary contraction for strengthening the quadriceps femoris muscles in an aged male population. *J Orthop Sports Phys Ther* **20**(1): 22-8.
- Callaghan, M. J., J. A. Oldham, et al. (2001) A comparison of two types of electrical stimulation of the quadriceps in the treatment of patellofemoral pain syndrome. A pilot study. *Clin Rehabil* **15**(6): 637-46.
- Castro WHM., Jerosh J., (2001) Grossman TW. Examination and diagnosis of musculoskeletal disorders. *Thieme*, Stuttgart-New York, 175-219.
- Currier, D. P. and R. Mann (1983) Muscular strength development by electrical stimulation in healthy individuals. *Phys Ther* **63**(6): 915-21.
- Çikler H. (2007) İzokinetik ve İzometrik Egzersiz Çalışmasının Kas Gücü ve Proprioception Üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 63s.
- Dal Corso, S., L. Napolis, et al. (2007) Skeletal muscle structure and function in response to electrical stimulation in moderately impaired COPD patients. *Respir Med* **101**(6): 1236-43.
- Davies, GJ, et. al. (2005) Isokinetic Testing and Exercise. In Placzek, JD, Boyce, DA (Eds). Orthopaedic Physical Therapy Secrets. 2nd Ed. *Hanley & Belfus, Inc.*, Philadelphia. 215-224.
- Delitto A. (2002) "Russian Electrical Stimulation": Putting This Perspective Into Perspective. *Phys Ther* **82**(10): 1017-1018.

- Delitto, A., S. J. Rose, et al. (1988) Electrical stimulation versus voluntary exercise in strengthening thigh musculature after anterior cruciate ligament surgery. *Phys Ther* 68(5): 660-3.
- DeVine, K. (1981) EMG activity recorded from an unexercised muscle during maximum isometric exercise of contralateral agonists and antagonists. *Phys Ther* 61:898.
- Ergen E. (2002) Egzersiz Fiziyojisi. 1. Baskı. *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara, 223s.
- Ergun N., Baltacı G. (2006) Spor Yaralanmalarında Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Prensipleri. İkinci baskı, *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(1): 38-45.
- Foss ML, Keteyan SJ. (1998) Fox's Physiological Basis for Exercise and Sport. 6th ed. *WCB McGraw-Hill*, Boston, 1751s.
- Franklin B.A., Whaley M.H., Howley E.T. (2000) ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 6th Edition. *Lippincott Williams & Wilkins*, Baltimore, 368s.
- Gondin, J., M. Guette, et al. (2005) Electromyostimulation training effects on neural drive and muscle architecture. *Med Sci Sports Exerc* 37(8): 1291-9.
- Gormley J., Hussey J. (2005) Exercise therapy. Prevention and treatment of disease. *Blackwell Publishing Ltd.*, U.K., 260s.
- Gökbel H. Egzersiz Fiziyojisi. (1995) Oğuz H, editör. Tıbbi Rehabilitasyon. *Nobel Tıp Kitabevleri*, İstanbul, s281-93.
- Grenberger H.B., Paterno M.V. (1995) Relationship of knee extensor strength and hopping test performance in assessment of lower extremity function. *J Orthop Sports Phys Ther.* 22:202-6
- Guyton C.A., Hall E.J. (2007) Tıbbi Fiziyojisi. 11. Edisyon. *Nobel Tıp Kitabevi*, s67-93.

- Güney N. (2006) Hemiplejik serebral paralizili çocuklarda etkilenmemiş ekstremitelerin fiziksel parametrelerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 63s.
- Gürer G., Seçkin B. (2001) Diz Biyomekaniği. *Romatizma*, 16(2), s114-124.
- Hale T. (2003) Exercise Physiology. A Thematic Approach. *John Wiley & Sons Ltd.* England, 340s.
- Hakkinen K., Komi PV. (1983) Electromyographic changes during strength training and detraining. *Med. Sci Sports Exer.* 15:455-460.
- Hamilton, M. T. and F. W. Booth (2000) Skeletal muscle adaptation to exercise: a century of progress. *J Appl Physiol* 88(1): 327-31.
- Hamilton N., Luttgens K. (2002) Kinesiology of Fitness and Exercise. In *Kinesiology: Scientific Basis of Human Motion*. NY; *McGraw-Hill*. s412-34
- Hass, J. C., Schick, E. A., Chow, J. Et al. (2003) Lower Extremity Biomechanics Differ in Prepubescent and Female Athletes During Stride Jump Loadings. *Journal of Applied Biomechanics*, 19:139-152.
- Heyward, V.H. (1998) Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription (3rd edit.) *Human Kinetics*. USA, s121-144.
- Hirata, K., T. Hara, et al. (2006) Effects of electrical stimulation and voluntary exercise on muscle oxygenation assessed by NIRS. *Osaka City Med J.* 52(2): 67-78.
- Holcomb, W.R. (2005) Is neuromuscular electrical stimulation an effective alternative to resistance training? *Journal Strength Conditioning*, 27:76-79.
- Holcomb, W.R., Golestani, S. and Hill, S. (2000) A comparison of knee extension torque production with biphasic versus Russian current. *Journal Sport Rehabilitation*, 9:229-239.
- Holmes J.R., Alderink J.G. (1984) Isokinetic strength characteristics of the quadriceps femoris and hamstring muscles in high school students. *Phys Ther.*, 64(6): 914-918.

<http://www.criticalbench.com/muscles/quadriceps-anatomy.jpg>

Huxley AF. (1988) Muscular contraction. *Annu Rev Physiol.*,50:1-32.

Kalyon T.A. (1995) Spor Hekimliği. 3. Baskı. **Gata Basımevi**, Ankara,

Kazuto H., Taketaka H., Yoshitake O., et al. (2006) Effects of Electrical Stimulation and Voluntary Exercise on Muscle Oxygenation Assessed by NIRS. *Osaka City Med J* 52(2):67-78.

Kisner C., Colby A.L. (2007) Therapeutic Exercise. Foundations and Techniques. **F. A. Davis Company**, Philadelphia, 928s.

Kongsgaard, M., P. Aagaard, et al. (2006) Decline eccentric squats increases patellar tendon loading compared to standard eccentric squats. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 21(7): 748-54.

Kots Y.M., Xvilon V.A. (1971) Trenirovka mishechnoj sili metodom elektrostimulatsii: soobschenie 2, trenirovka metodom elektricheskogo razdrazenii mishechi. *Teor Pract Fis Cult.*,4:66-72.

Kountouris, A. and J. Cook (2007) Rehabilitation of Achilles and patellar tendinopathies. *Best Pract Res Clin Rheumatol* ,21(2): 295-316.

Kurtulmuş T. (2006) Femur trokanterik bölge kırıklarında pen (Proksimal Femoral Nail) uygulamalarımız ve sonuçları. Uzmanlık Tezi. **Taksim Eğitim ve Araştırma Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji Kliniği**, İstanbul, 95s.

Lake, D. A. (1992) Neuromuscular electrical stimulation. An overview and its application in the treatment of sports injuries. *Sports Med.*, 13(5): 320-36.

Laughman, R. K., J. W. Youdas, et al. (1983) Strength changes in the normal quadriceps femoris muscle as a result of electrical stimulation. *Phys Ther.*, 63(4): 494-9.

Malatesta, D., F. Cattaneo, et al. (2003) Effects of electromyostimulation training and volleyball practice on jumping ability. *J Strength Cond Res.*,17(3): 573-9.

McArdle WD, Katch FI, Katch VL. (2001) Exercise Physiology, Energy, Nutrition and Human Performance, 5th ed. **Lippincott Williams & Wilkins**, Baltimore, 1158s.

- McCall, G. E., W. C. Byrnes, et al. (1996) Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *J Appl Physiol.*, 81(5): 2004-12.
- McLoda, T. A. and J. A. Carmack (2000) Optimal Burst Duration During a Facilitated Quadriceps Femoris Contraction. *J Athl Train*, 35(2): 145-150.
- Miller, M., U. B. Flansbjer, et al. (2006) Superimposed electrical stimulation: assessment of voluntary activation and perceived discomfort in healthy, moderately active older and younger women and men. *Am J Phys Med Rehabil.*, 85(12): 945-50.
- Mohr, T., B. Carlson, et al. (1985) Comparison of isometric exercise and high volt galvanic stimulation on quadriceps femoris muscle strength. *Phys Ther.*, 65(5): 606-12.
- Myer, G. D., K. R. Ford, et al. (2006) The effects of plyometric versus dynamic stabilization and balance training on lower extremity biomechanics. *Am J Sports Med.*, 34(3): 445-55.
- Nelson M., Wernick S. (2000) Strong Women Stay Young. Bantam revised trade paperback edition. *Bantam Books*, Newyork, 288s.
- Nelson M., Wernick S. (1999) Strong Women Stay Slim. Bantam trade edition. *Bantam Books*, Newyork, 336s.
- Nelson R., Hayes K., Currier D. (1999) Clinical Electrotherapy. *Appleton & Lange*. s143-182.
- Ogino, M., N. Shiba, et al. (2002) MRI quantification of muscle activity after volitional exercise and neuromuscular electrical stimulation. *Am J Phys Med Rehabil.*, 81(6): 446-51.
- Otman, S., Demirel, H., Sade, A. (2003) Tedavi hareketlerinde temel değerlendirme prensipleri, 3. Baskı. *Prizma Ofset*, Ankara.
- Öztürk L., Aktan Z. A., Varol T. (1997) Alt Ekstremitte Kasları. İşlevsel Anatomi. *Saray Kitabevleri*, İzmir, s192-4.

- Parker, M. G., M. J. Bennett, et al. (2003) Strength response in human femoris muscle during 2 neuromuscular electrical stimulation programs. *J Orthop Sports Phys Ther.*, 33(12): 719-26.
- Paul R.J., Ferguson D.G., Heiny J.A. (1993) Muscle physiology: molecular mechanisms. Sperelakis, Banks (Ed.): Essentials of Basic Science Physiology. *Little Brown*, 189-208.
- Perez, M., A. Lucia, et al. (2002) Effects of transcutaneous short-term electrical stimulation on M. vastus lateralis characteristics of healthy young men. *Pflugers Arch.*, 443(5-6): 866-74.
- Perez, M., A. Lucia, et al. (2003) Effects of electrical stimulation on VO<sub>2</sub> kinetics and delta efficiency in healthy young men. *Br J Sports Med.*, 37(2): 140-3.
- Petterson R.D., Bronzino D.J. (2008) Biomechanics, Principles and Applications. *CRC Press*, Newyork, 352s.
- Petterson S, Snyder-Mackler L. (2006) The use of neuromuscular electrical stimulation to improve activation deficits in a patient with chronic quadriceps strength impairments following total knee arthroplasty. *J Orthop Sports Phys Ther.*, 36(9):678-85.
- Pohl P.S. (2000) Reliability of lower extremity isokinetic strength testing in adults with stroke. *Clinical Rehabilitation*, 14(6): 601-607
- Pollock L., Wilmore H.(1990) Exercise in health and disease evaluation and prescription for prevention and rehabilitation. 2. edition. *Sounders company.*, s202-230.
- Powers, C. M., K. L. Doubleday, et al. (2008) Influence of patellofemoral bracing on pain, knee extensor torque, and gait function in females with patellofemoral pain. *Physiother Theory Pract.*, 24(3): 143-50.
- Rich N.C. (1992) Strength training via high frequency electrical stimulation. *J Sports Med Phys Fitness*, Mar;32(1):19-25.
- Romero J.A., Sanford T.L., Schroeder R.V., et al. (1982) The effects of electrical stimulation of normal quadriceps on strength and girth. *Med Sci Sports Exerc.*, 14(3):194-7.

- Rothstein J. M., Lamb R.L., Mayhew T.P. (1987) Clinical uses of isokinetic measurements: Critical issues. *Phys Ther.*, 67(12):1840-1844.
- Sapega A.A. (1990) Muscle performance evaluation in orthopaedic practice. *J Bone Joint Surg Am.*, 72:1562-1574.
- Say Ö. (2004) İzokinetik ve İzometrik Egzersizlerin Elektromyografi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. **İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Hekimliği Anabilim Dalı**, İstanbul, 145s.
- Selkowitz, D. M. (1989) High frequency electrical stimulation in muscle strengthening. A review and discussion. *Am J Sports Med.*, 17(1): 103-11.
- Sillen, M. J., P. P. Janssen, et al. (2008) The metabolic response during resistance training and neuromuscular electrical stimulation (NMES) in patients with COPD, a pilot study. *Respir Med.*, 102(5): 786-9.
- Snyder-Mackler, L., A. Delitto, et al. (1995) Strength of the quadriceps femoris muscle and functional recovery after reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective, randomized clinical trial of electrical stimulation. *J Bone Joint Surg Am.*, 77(8): 1166-73.
- Stackhouse, S. K., S. A. Binder-Macleod, et al. (2007) Neuromuscular electrical stimulation versus volitional isometric strength training in children with spastic diplegic cerebral palsy: a preliminary study. *Neurorehabil Neural Repair*, 21(6): 475-85.
- Stocchi V., Feo D. P., Hood A.D. (2007) Role of Physical Exercise in Preventing Disease and Improving the Quality of Life. *Springer*, Milan, 221s.
- Symons, T. B., A. A. Vandervoort, et al. (2005) Effects of maximal isometric and isokinetic resistance training on strength and functional mobility in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.*, 60(6): 777-81.
- Taşpınar F. (2007) Süperimpoze elektrik stimülasyon tekniğinin sağlıklı quadriceps femoris kasının fiziksel fonksiyonlarına etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 84s.



- Tegner Y., Lyshlom J., Lyshlom M. Et al. (1986) Performance test to monitor rehabilitation and evaluate anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med.*,14:156-9.
- Tesch P.A., Trieschmann J., Ekberg A. (2004) Hypertrophy of chronically unloaded muscle subjected to resistance exercise. *J Appl Physiol.*, 96: 1451-1458.
- Theou, O., J. R. Gareth, et al. (2008) Effect of rest interval on strength recovery in young and old women. *J Strength Cond Res.*, 22(6): 1876-81.
- Tuncer S. (2000) Fonksiyonel Değerlendirmede İzokinetik Sistem Kullanımı. In: Beyazova, M., GÖKÇEKUTSAL, Y., (Ed.) Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon. Cilt 1. *Güneş Kitabevi*. Ankara, s657-664.
- Tüzün F. Eryavuz M. (1997) Diz Ağrıları. Hareket Sistemi Hastalıkları. *Nobel Tıp Kitabevleri*, İstanbul, s279-280.
- Vrbová G., Hudlicka O., Centofanti S. K. (2008) Application of Muscle/Nerve Stimulation in Health and Disease. *Springer*, Amsterdam, 118s.
- Vivodtzev, I., J. L. Pepin, et al. (2006) Improvement in quadriceps strength and dyspnea in daily tasks after 1 month of electrical stimulation in severely deconditioned and malnourished COPD. *Chest*, 129(6): 1540-8.
- Ward, A. R. and N. Shkuratova (2002) Russian electrical stimulation: the early experiments. *Phys Ther.*, 82(10): 1019-30.
- Wiggin, M., K. Wilkinson, et al. (2006) Percentile values of isokinetic peak torque in children six through thirteen years old. *Pediatr Phys Ther.*, 18(1): 3-18.
- Wilmore J.H., Costill D.L. (1988) Training for Sport and Activity: The Physiological Basis of the Conditioning Process, 3rd Ed. *William C. Brown*, 420s.
- Witvrouw E., Lysens R., Bellemans J. Et al. (2004) Open Versus Closed Kinetic Chain Exercises in Patellofemoral Pain. *The American Journal of Sports Medicine*, 32:1122-1130.

- Yakut E., Kırdı N. (2001) Sağlıklı kişilerde elektrik stimülasyonu ile kas kuvvetlendirme eğitiminde ağrı algılaması. *Fizyoterapi Rehabilitasyon*, 12:1:37-42.
- Yıldız N. (2007) Diz osteoartritli kadınlarda, fiziksel aktivite düzeyi, kas kuvveti, propriosepsiyon ve ağrı duyusu ilişkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 71s.
- Yılmaz S. (2007) Tek Taraflı Gelişimsel Kalça Displazisi Nedeniyle Radikal Redüksiyon Uygulanan Hastaların Kalça Çevresi Kas Gruplarının Mrg Ve İzokinetik Kas Kuvvet Ölçümü İle Değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi. *Ankara Numune Eğitim Ve Araştırma Hastanesi, Ortopedi Ve Travmatoloji Kliniği*, Ankara, 68.
- Zatterstrom, R., T. Friden, et al. (1992) Muscle training in chronic anterior cruciate ligament insufficiency--a comparative study. *Scand J Rehabil Med.*, 24(2): 91-7.
- Zuluaga M., Briggs C., Carlisle J., et al. (1995) Sports physiotherapy applied science and practise. *Chirchill Livingstone*, s207-42.
- Zwerver, J., S. W. Bredeweg, et al. (2007) Biomechanical analysis of the single-leg decline squat. *Br J Sports Med.*, 41(4): 264-8.

T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
TIBBİ ETİK KURUL BAŞKANLIĞI

Sayı : B.30.2.PAÜ.0.01.00.00.400-3/ 1241  
Konu :

11.06.2009

Sayın;

**Prof. Dr. Uğur CAVLAK**  
Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu  
Öğretim Üyesi

İlgi: 13.05.2009 tarihli dilekçeniz.

İlgi dilekçe ile başvurmuş olduğunuz "Sağlıklı Quadriceps Femoris Kasında Elektrik Stimülasyonu ve İzometrik Egzersizin İzokinetik Kuvvete Etkilerinin Karşılaştırılması" konulu çalışmanıza ilişkin düzeltmeleriniz 03.06.2009 tarih ve 06.2 sayılı kurul toplantımızda görüşülmüş olup,

Yapılan görüşmelerden sonra çalışmanın yapılmasında **TIBBİ ETİK AÇISINDAN SAKINCA OLMADIGINA**, altı ayda bir çalışma hakkında Kurula bilgi verilmesine oy birliği ile karar verilmiştir

Bilgilerinizi rica ederim.



**Prof. Dr. S. Simin ROTA**  
Başkan

## EK-II

### DEĞERLENDİRME FORMU

Ad-Soyad:.....

Yaş :.....

Kilo :.....kg

Boy :.....cm

BMI :.....kg/cm<sup>2</sup>

Dominant Ekstremité : Sağ 1 Sol 1

Kuvvet Eğitimi Grubu:.....

### Quadriceps Femoris Kası Çevre Ölçümü:

		EÖ		ES	
		<u>Sağ</u>	<u>Sol</u>	<u>Sağ</u>	<u>Sol</u>
Patella					
+5 cm	:	....	....	.....	.....
+15 cm	:	....	....	.....	.....

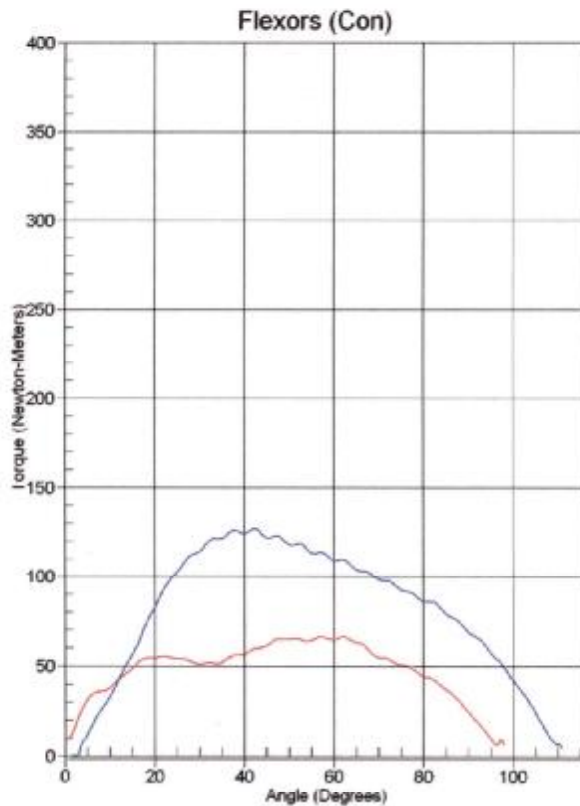
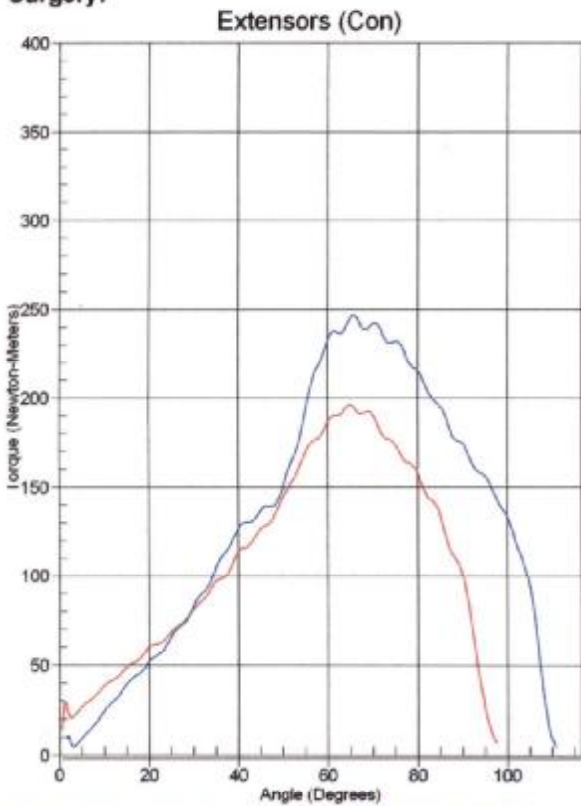
## Kuvvet ve Performans Testleri

	EÖ		ES	
	<u>Sağ</u>	<u>Sol</u>	<u>Sağ</u>	<u>Sol</u>
<b>Sabit Ağırlıkla</b>				
<b>Çalışma Tekrarı (10p)</b>	:.....	.....	.....	.....
<b>Basamak Çıkma Testi</b>	:.....	.....	.....	.....
<b>Eğimli Çömelme Testi</b>	:.....	.....	.....	.....
<b>Tek Ayak Üzerinde</b>				
<b>Öne Sıçrama</b>	:.....	.....	.....	.....

# Use File, Preferences command to set report heading

## Knee Extension/Flexion

**Name:** Serkan, Çiçek **ID:** **Right/Left:** 05.06.2009 05.06.2009  
**Birth date:** 01.10.1987 **Involved Side:** Right **Group 1:**  
**Height:** 175 Centimeters **Preferred Side:** Right **Group 2:**  
**Weight:** 76 Kilograms **Doctor:**  
**Sex:** Male **Tester:**  
**Diagnosis:**  
**Surgery:**



Right Side Curves		Left Side Curves						
Isokinetic Con/Con		Extensors (Con)			Flexors (Con)			
Speed 60/60 deg/sec	Reps 5	Value	Cof Var	%BW	Value	Cof Var	%BW	Ratio
<b>Peak Torque (Newton-Meters - Average Value)</b>								
Right		233	0,05	307	126	0,09	167	54
Left		182	0,06	238	89	0,20	119	49
Deficit		-22			-29			
<b>Work per Repetition (Newton-Meters - Average Value)</b>								
Right		245	0,03	322	164	0,07	215	67
Left		178	0,03	232	104	0,17	137	59
Deficit		-28			-36			
<b>Range of Motion (Degrees)</b>								
Right		2	0,45		111	0,00		
Left		0	0,62		98	0,00		
Isokinetic Con/Con		Extensors (Con)			Flexors (Con)			
Speed 180/180 deg/sec	Reps 15	Value	Cof Var	%BW	Value	Cof Var	%BW	Ratio
<b>Initial Peak Torque (Newton-Meters - Average Value)</b>								
Right		140	0,00	185	60	0,00	77	43
Left		119	0,00	158	43	0,00	57	36
Deficit		-15			-27			
<b>Fatigue Index</b>								
Right		28	0,00		-11	0,00		
Left		26	0,00		1	0,00		
<b>Total Work Done (Newton-Meters)</b>								
Right		2133	0,00	2807	1227	0,00	1615	58
Left		1635	0,00	2152	670	0,00	882	41
Deficit		-23			-45			

## ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında İzmir’de doğdu. İlköğretim ve liseyi Muğla’da tamamladı. 1997 yılında Pamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu’nu kazandı ve 2001 yılında mezun oldu. Aynı yıl Pamukkale Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu’nda araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 2004 yılında “Sağlıklı Quadriceps Femoris Kasının Kuvvetlendirilmesinde Kullanılan Yöntemler” konulu yüksek lisans tezini tamamlayarak Bilim Uzmanlığı ünvanını aldı. 2005 - 2006 yılları arasında Türk Silahlı Kuvvetleri Gülhane Askeri Tıp Akademisi Rehabilitasyon ve Bakım Merkezi’nde asteğmen olarak vatani görevini yerine getirdi. Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Doktora Programı öğrencisi olarak öğrenimine devam etmektedir. 2007 yılından itibaren Bedensel Engelliler Federasyonu Engelli Masa Tenisi Milli Takımı’nda fizyoterapist olarak görev yapmaktadır. PAU Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu’nda nörolojik rehabilitasyon ve elektrofiziksel ajanlar konusunda dersler vermekte olup, uygulama alanında ağırlıklı olarak erişkin nörolojik hastaların rehabilitasyonu ile ilgilenmektedir. Eylül 2009 tarihinden itibaren Türkiye Fizyoterapistler Derneği Denizli İli Temsilcisi olarak görev yapmaktadır. İyi derecede İngilizce bilmektedir.