

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Spor Bilimleri Anabilim Dalı**

**DİYTE PROTEİN EKLENMESİNİN
TİTREME ANTRENMANINA BAĞLI KAS
KUVVETİ VE KİTLESİ DEĞİŞİMİNE ETKİSİ**

Duygu AKSOY

Doktora Tezi

Antalya, 2012

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Spor Bilimleri Anabilim Dalı**

**DİYTE PROTEİN EKLENMESİNİN
TİTREME ANTRENMANINA BAĞLI KAS
KUVVETİ VE KİTLESİ DEĞİŞİMİNE ETKİSİ**

Duygu AKSOY

Doktora Tezi

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ümit Kemal ŞENTÜRK

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi
Tarafından Desteklenmiştir (Proje No:2010.03.0122.006).

“Kaynakça Gösterilerek Tezimden Yararlanılabilir”

Antalya, 2012

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne;

Bu çalışma jürimiz tarafından Spor Bilimleri Programında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir. / /

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ümit Kemal ŞENTÜRK
Akdeniz Üniversitesi
Tıp Fakültesi Temel Tıp Bilimleri
Fizyoloji Anabilim Dalı



Üye : Prof.Dr.Filiz BASRALI
Akdeniz Üniversitesi
Tıp Fakültesi Temel Tıp Bilimleri
Fizyoloji Anabilim Dalı



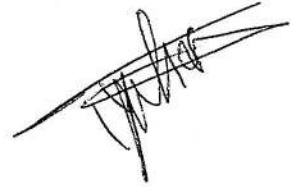
Üye : Doç.Dr. Faruk YAMANER
Hitit Üniversitesi
Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu
Antrenörlük Eğitimi



Üye : Yrd.Doç.Dr. Alparslan ERMAN
Akdeniz Üniversitesi
Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu
Spor Yöneticiliği



Üye : Yrd.Doç.Dr.Tennur YERLİSU LAPA
Akdeniz Üniversitesi
Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu
Rekreasyon Bölümü



ONAY:

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu'nun / / tarih ve / sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İsmail ÜSTÜNEL

Enstitü Müdürü

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Kurulu ve Akdeniz Üniversitesi Senato Kararı

Sağlık Bilimleri Enstitüsü'nün 22/06/2000 tarih ve 02/09 sayılı Enstitü Kurul kararı ve 23/05/2003 tarih ve 04/44 sayılı senato kararı gereğince “Sağlık Bilimleri Enstitülerinde lisansüstü eğitim gören doktora öğrencilerinin tez savunma sınavına girebilmeleri için, doktora bilim alanında SCI tarafından taranan dergilerde en az bir yurtdışı yayın yapması gerektiği ilkesi gereğince yapılan yayınların listesi aşağıdadır (orijinali ekte sunulmuştur).

Günnur Koçer, Oktay Kuru, Filiz Gündüz, Zeliha Bayram, Sadi Özdem, **Duygu Aksoy**, Ümit Kemal Şentürk (2011). The Effect of Exercise Training on the Responsiveness of Renal Resistance Arteries in Rats. Renal Failure, 33(6): 587–592

ÖZET

Tüm vücut titreşim egzersizi son yıllarda gittikçe popüleritesi artan bir kuvvet egzersizi yöntemi olarak ön plana çıkmaktadır. Tüm vücut titreşim egzersizinin kuvvet artışını oluşturma mekanizmalarından biri olarak kas hipertofisi olarak ileri sürülmektedir. Ancak bu konudaki sonuçlar birbiri ile çelişkilidir. Bu konudaki sonuçların çelişkili olmasında yapılan araştırmalarda diyetle protein alımının göz ardı edilmesi olası sebeplerden biri olarak görülmektedir. Bu çalışmanın amacı tüm vücut titreşim egzersizi sırasında diyetle protein ilavesinin genç erkeklerde olası kas hipertrofisine ve kuvvet artışına etkisini incelemektir. İki gruba ayrılan gönüllülere haftada 3 gün olmak üzere, 3 ay süresince yaptırılan tüm vücut titreşim egzersizi sırasında, protein grubuna 1 gram/kg Whey protein, kontrol grubu olarak kabul edilen karbonhidrat grubuna 1 gram/kg nişasta izolatu verildi. Antrenman periyodu öncesi ve sonrası vücut yağ yüzdesi ve yağsız vücut kitlesi biyoelektrik impedans ve su altı tartım yöntemi ile ölçüldü. Kas kuvvetlerindeki olası değişimler ise dikey sıçrama testi, dinamometre ile pençe ve bacak kuvveti, izometrik ve izokinetik zirve bacak kuvvetleri ile değerlendirildi.

Karbonhidrat grubunda üç aylık antrenman periyodu sonrası vücut yağ yüzdesi yağısız vücut kitlesi ölçümlerinde bir değişiklik yokken, kuvvet ölçümlerinin hepsinde istatistiksel anlamlı artış gösterdi. Protein grubunda ise biyoelektrik impedans yöntemi ile ölçülen vücut yağ yüzdesinde azalma ve yağsız vücut kitlesi ölçümünde artış olması yanında, su altı tartım yönteminde bu farklar bulunmamıştır. Protein grubunun kuvvet değişimleri ise dikey sıçrama ve izometrik fleksiyon zirve kuvveti dışındaki ölçümlerin hepsinde anlamlı artış göstermiştir. İki grubun ölçümlerinin tümü arasında yapılan kıyaslamalarda ise anlamlı fark bulunmamıştır. Biz çalışmamızın sonuçlarına göre tüm vücut titreşim antrenmanları sonrası kuvvet artışında kas hipertrofisi etkili mekanizmalarından biri değildir.

Anahtar Kelimeler: Kuvvet, Tüm vücut titreşim antrenmanı, Protein, Hipetrofi

ABSTRACT

Whole body vibration exercise has become widespread as strength exercise which has increasingly become popular recently. It is asserted that the muscle hypertrophy is one of the mechanisms which lead to a strength increase in whole body vibration exercise. However, the results related to this issue are very contradictory. One of the possible reasons for these contradictory results is ruling out the protein in diet. The aim of this study is to study the possible effects of protein addition to the diets on hypertrophy and strength increase in young males during the whole body vibration exercise. The volunteers were grouped into two as protein and carbohydrate groups. In 3 days/week of 3-month whole body exercises, the protein group was given 1gr/kg Whey protein and carbon group which was the control group was given 1 gram/kg starch isolate. Body fat percentage and fat free mass were measured bioelectrical impedance and underwater weighing methods after and before exercise training. The possible changes in the muscle strength were evaluated via vertical jump test, dynamometer and hand grip and leg strength and isometric and isokinetic peak leg strength.

There was no change in the body fat percentage and fat free mass while there was a statistically significant increase in the strength measurement of carbohydrate group after 3-month exercise training. As for the protein group, a decrease in the body fat percentage and an increase in the fat free mass were detected impedance method. However, these changes in the results were not found underwater weighing. A significant increase was seen in the strength of the protein group the measurements of handgrip strength and isometric flexion peak strength. Any significant difference was not found in the measurement comparisons of both groups. The results of our study indicate that the muscle hypertrophy is not one of effective mechanisms that lead to an increase in the strength after the whole body vibration exercise.

Keywords: Strength, Whole Body Vibration, Protein, Hypertrophy

TEŞEKKÜR

Tez konumun belirlenmesinden, çalışmanın raporlanmasına kadar büyük özveri ve titizlik göstererek çalışmamın gerçekleşmesini sağlayan Danışmanım, Sayın Prof.Dr. Ümit Kemal ŞENTÜRK'e,

Tez dönemindeki desteklerinden dolayı Sayın Yrd.Doç.Dr. Alparslan ERMAN'a,

Her konuda bana olan desteklerinden dolayı Sayın Yrd.Doç.Dr.Lale ORTA'ya,

Ölçümlerin planlandığı gibi yapılmasından dolayı Öğr. Gör. Ethem HİNDİSTAN, Okt. Özgür ÖZDEMİR, Arş.Gör. Mehmet Ali ÖZÇELİK, Beden Eğitimi Öğrt. Özgür NALBANT'a,

Cybex ölçümlerinde yardımcı olan Sağlık Teknikeri Sayın Ahsen MERCAN'a,

Spor Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi Müdürlüğü'ne, Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü'ne, Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi'ne ve çalışmaya gönüllü olarak katılan Akdeniz Üniversitesi öğrencilerine,

Hayatımın her aşamasında yanımda olduğunu bildiğim ve cesaret kaynağı olan değerli Ailem'e,

Her an yanımda olan canım Annem'e,

Ve bu hayatta beraber yürüdüğüm değerli Eşim'e çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
GİRİŞ	1
GENEL BİLGİLER	3
2.1. Kuvvet Nedir?	3
2.2.1. Kuvvet Çeşitleri	3
2.2.2. Kuvvet Antrenmanı Teknikleri	4
2.2. Kuvvet Antrenmanına Adaptasyonlar	5
2.2.1. Nöral Adaptasyon	5
2.2.2. Hormonal Değişimler	5
2.2.3. Hipertrofi	6
2.2.4. Diğer Değişimler	6
2.3. Titreşim	6
2.3.1. Tüm Vücut Titreşimi	7
2.3.2. Tüm Vücut Titreşim'in Olumsuz Etkileri ve Güvenlik Ölçütleri	7
2.3.3. Tüm Vücut Titreşiminin Aerobik Fiziksel Aktiviteye Etkisi	8
2.3.4. Tüm Vücut Titreşiminin Kaslara Akut Etkisi	9
2.3.5. Tüm Vücut Titreşiminin Kaslara Kronik Etkisi	9
2.3.6. Tüm Vücut Titreşiminin Etki Mekanizmaları	10
2.3.6.1. Tüm Vücut Titreşim Antrenmanı İle Akut Kuvvet Artışının Mekanizması	10
2.3.6.2. Tüm Vücut Titreşim Antrenmanı İle Kalıcı Kuvvet Artışının Mekanizması	11
2.4. Kaslar ve Diyetle Protein Alınımı	13
2.4.1. Kuvvet Egzersizi ve Protein Döngüsü: Hipertrofi Mekanizmaları	14
2.4.2. Egzersize Bağlı Protein Sentezi ve Yıkımı	14
2.4.3. Protein Alma Önerileri	15
2.4.4. RDA'da Daha Fazla Protein Alım Emniyeti	16
2.4.5. Protein Türleri	17

2.4.6.	Protein Alımının Zamanlaması	17
2.5.	Amaç ve Hipotez	18
MATERYAL VE METOT		19
3.1.	Çalışma Grubu	19
3.1.1	Antrenman Programı	21
3.1.2	Isınma ve Soğuma	23
3.1.3.	Karbonhidrat ve Protein Kullanımı	23
3.2.	Ölçümler	24
3.2.1.	Antropometrik Ölçümler	24
3.2.1.1.	Boy Ölçümü	24
3.2.1.2.	Biyoelektrik İmpedans Analizi	24
3.2.1.3.	Bacak Kas Alanı	24
3.2.1.4.	Sualtı Tartımı	26
3.2.2.	Kuvvet Ölçümleri	27
3.2.2.1.	Dikey Sıçrama Testi	27
3.2.2.2.	Bacak Kuvveti Testi	27
3.2.2.3.	Pençe Kuvveti Testi	28
3.2.2.4.	İzokinetik Kuvvet Testi	29
3.3.	Verilerin Değerlendirilmesi	29
BULGULAR		30
4.1.	Tanımlayıcı Özellikler	30
4.1.1.	Ağırlık Değerleri	30
4.1.2.	Boy Değerleri	30
4.1.3.	Vücut Kitle İndeksi	31
4.2.	Kuvvet Değişimleri	31
4.2.1.	Pençe Kuvveti Değerleri	31
4.2.2.	Bacak Kuvveti Değerleri	32
4.2.3.	Dikey Sıçrama Değerleri	32
4.2.4.	İzometrik Kuvvet Değerleri	33
4.2.5.	İzokinetik Kuvvet Değerleri	34
4.3.	Vücut Kompozisyonu Değişimleri	35
4.3.1.	Biyoelektrik İmpedans Analizi Yöntemi İle Vücut Yağ Yüzdesi Değerleri	35
4.3.2.	Sualtı Tartım Yöntemi ile Vücut Yağ Yüzdesi Değerleri	35
4.3.3.	Biyoelektrik İmpedans Analizi Yöntemi ile Yağsız Vücut Kütlesi Değerleri	36
4.3.4.	Bacak Kas Alanı Değerleri	36
4.3.5.	Sualtı Tartım Yöntemi ile Yağsız Vücut Kütlesi Değerleri	37
TARTIŞMA		39
SONUÇLAR		44

ÖNERİLER	45
KAYNAKLAR	46
ÖZGEÇMİŞ	58
EKLER	59

Ek 1 Test Ölçüm Formu

Ek 2 Yurt Dışı Yayın

Günnur Koçer, Oktay Kuru, Filiz Gündüz, Zeliha Bayram, Sadi Özdem, Duygu Aksoy, Ümit Kemal Sentürk (2011). The Effect of Exercise Training on the Responsiveness of Renal Resistance Arteries in Rats. Renal Failure, 33(6): 587–592

SİMGELER VE KISALTMALAR

%Yağ	: Vücut Yağ Oranı Yüzdesi
BCAA	: Branched Chain Amino Acids
BIA	: Biyoeletrik Impedans Analizi
cm²	: Santimetre Kare
gr	: Gram
Hz	: Hertz
Kcal	: Kilokalori
Kg	: Kilogram
mm	: Milimetre
n	: Denek Sayısı
Nm	: Newton Metre
RDA	: Recommended Dietary Allowances
Sn	: Saniye
SPSS	: Statistical Package of Social Science

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa No
2.1. Periyodik Sinüzoidal Salınım Hareketi	6
2.2. Sagittal Eksende Hareket Eden Platform	7
3.1. Çalışma Grubu, Grupların Seçimi ve Çalışmanın Uygulanması	21
3.2. Tanita TBF 300	24
3.3. Bacak Kas Alanı Ölçümü	25
3.4. Dikey Sıçrama Ölçümü	27
3.5. Bacak Kuvveti Ölçümü	28
3.6. Pençe Kuvveti	28
3.7. Cybex Cihazı	29
4.1. Katılımcıların Ağırlık Değerleri	30
4.2. Katılımcıların Boy Değerleri	30
4.3. Katılımcıların Vücut Kitle İndeksi Değerleri	31
4.4. Katılımcıların Pençe Kuvveti Değerleri	31
4.5. Katılımcıların Bacak Kuvveti Değerleri	32
4.6. Katılımcıların Dikey Sıçrama Değerleri	32
4.7. Katılımcıların İzometrik 60° Ekstansiyon Değerleri	33
4.8. Katılımcıların İzometrik 60° Fleksiyon Değerleri	33
4.9. Katılımcıların İzokinetik 60° Ekstansiyon Değerleri	34
4.10. Katılımcıların İzometrik 60° Ekstansiyon Değerleri	34
4.11. Katılımcıların Biyoeletrik Impedans Analizi Yöntemi ile Vücut Yağ Yüzdesi Değerleri	35
4.12. Katılımcıların Sualtı Tartım Yöntemi ile Vücut Yağ Yüzdesi Değerleri	35

4.13.	Katılımcıların Biyoeletrik Impedans Analizi Yöntemi ile Yağsız	
	Vücut Kütlesi Değerleri	36
4.14.	Katılımcıların Bacak Kas Alanı Değerleri	36
4.15.	Katılımcıların Sualtı Tartım Yöntemi ile Yağsız Vücut Kütlesi	
	Değerleri	37

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
3.1. Antrenman Programı	22
4.1. Sonuç Tablosu	38

GİRİŞ

Tüm vücut titreşim egzersizi son yıllarda gittikçe popüleritesi artan bir kuvvet antrenman modeli olarak öne çıkmaktadır. Sağlıklı yaşam için egzersiz yaklaşımında özellikle zaman sınırlaması olan veya yaşlılar gibi düzenli egzersiz yapmaya uzak duran gruplar için nöromuskuler performanstaki pozitif etkilerinden dolayı tüm vücut titreşim egzersizinin üzerinde yapılan araştırmalar artmaktadır (1). Bazı aksine bulgular olsa da, hem akut dönemde (2,3,4,5,6,7) hem de kronik süreçte (8,9,10,11,12,13) kas kuvvetinde artış olduğunu gösteren araştırmaların sayısı fazladır.

Düzenli yapılan tüm vücut titreşim antrenmanları sonucu görülen kuvvet artışının mekanizmasında farklı görüşler ileri sürülmektedir. Tüm vücut titreşim egzersizlerine bağlı kuvvet artışı temelde nöral ve/veya muskuler adaptasyon ile açıklanmaya çalışılmaktadır. Tüm vücut titreşim egzersizlerine bağlı oluşan kuvvet artışı nöromuskuler kolaylaştırma sonucu; kasılmaya katılan motor ünite sayısı artışı, motor ünite ateşleme hızı artışı, motor ünite senkronizasyonunun artışı, intramuskuler koordinasyonu artışı, propioseptif yanıtlarda değişiklik gibi nöral değişimler ile kas performansının optimize olmasıyla açıklanmaktadır (8,14). Yukarıda sayılan olumlu değişimleri tonik-vibrasyon refleksi başta olmak üzere, tendon refleksi, H-refleksi gibi spinal refleksler ile oluşan kas aktivasyonlarının sonucu olduğu ileri sürülmektedir (1,15,16). Diğer yönden tüm vücut titreşim antrenmanları kaslarda trofik değişikliklere de yol açabilmektedir. Titreme antrenmanlarının süresi yeterli uzunlukta tutulursa, kaslarda hipertrofi oluşumu sonucu kuvvet artışı gerçekleştiğini gösteren araştırmalar mevcuttur (12,17,18,19).

Tüm vücut titreşim antrenmanları sonucu kaslarda oluşabilecek hipertrofi etkisi artmış yerçekimi etkisi ve hormonal değişimler ile açıklanmaya çalışılmaktadır. Hipergravite durumda kasların enine alanının ve oluşturdıkları kuvvetin artabileceği ileri sürülmektedir. Ancak tüm vücut titreşim egzersizleri sonucu bu durumun varlığı tahminden öteye geçememektedir ve geçerliliği hakkında ortaya konmuş bir veri bulunmamaktadır (8,14). Bunun yanında tüm vücut titreşim antrenmanı sonrası akut dönemde büyüme hormonu ve testosteron seviyelerinde artış, kortizol düzeyinde düşüş olduğunu gösterilmiştir (20). Her antrenman sonrası görülen bu akut etkinin kas kitlesi artışına neden olabileceği ileri sürülmektedir. Fakat tüm vücut titreşim egzersizleri sonucu iskelet kasları üzerinde herhangi bir hipertrofik etkinin olmadığını gösteren çalışmalarda literatürde yer almaktadır (21,22,23). Ayrıca titreşim antrenmanı sonrası akut dönemde büyüme hormonu, insülin benzeri büyüme faktörü-1, total ve serbest testosteron, kortizol, insülin ve glukagon hormonları düzeylerinde değişiklik olmadığını da gösteren sonuçlarda vardır (24).

Düzenli yapılan fiziksel aktivite ile birlikte yeterli protein alımı hem atletik performans hem de sağlıklı yaşam için egzersiz kavramında çok önemlidir. Yeterli protein alımı ile kuvvet egzersizleri arasındaki ilişki ise çok daha sıkıdır. Kuvvet

egzersizlerine bağlı kuvvet gelişimi ve özellikle iskelet kasında hipertofik etkinin görülebilmesi ancak yeterli protein alımı ile birlikte olmaktadır (25). Egzersiz sonrası kaslarda oluşan anabolik etki ile kaslarda protein sentezinin etkin olabilmesi ve kasların kitlesinde net artış sağlanabilmesi için protein alımı günlük tavsiye edilen tüketim miktarının üzerinde olmalıdır (26,27). Bir kuvvet egzersizi modeli olduğu kabul edilen tüm vücut titreşim egzersizi ile diyetle protein alımının etkisini inceleyen bir çalışma yoktur. Tüm vücut titreşim antrenmanlarında kuvvet artışı mekanizmalarından biri olarak ileri sürülen kas hipertrofisi hakkındaki çelişkili sonuçların bir nedeni de, diyetle yeterli protein alımının sağlanmamış olmasından kaynaklanabilir. Diyetle klasik kuvvet antrenmanlarında olduğu gibi yeterli düzeyde protein alımının sağlanması, titreşim egzersizi sonucu olası hipertrofi yanıtının daha belirgin olmasını sağlayabilir.

Bu çalışmanın amacı, düzenli yapılan tüm vücut titreşim egzersizi ile birlikte diyetle protein ilavesinin olası kas hipertrofisi yanıtına etkisini incelemektir. Bu amaçla sedanter genç erişkin bireylere üç ay süresinde tüm vücut titreşim egzersizi yaptırılırken diyetlerine protein ilavesi sonucu kas kuvveti ve vücut kompozisyonundaki değişimleri araştırıldı. Bizim hipotezimiz, protein takviyesi ile düzenli yapılan tüm vücut titreşim antrenmanları sonucu kas hipertrofisi daha etkin olup, kas kuvvetinde daha belirgin artış gerçekleştirecektir.

GENEL BİLGİLER

2.1.Kuvvet Nedir?

Kuvvet fiziksel açıdan tanımlandığında; bir cismin şeklini, iç düzenini veya bulunduğu yeri değiştiren etkiye denir. Newton'un ikinci hareket kanunu'na göre, kuvvet, kütle (m) ile ivmenin (a) çarpımına eşittir ve aşağıdaki formülle gösterilebilir;

$$F = m \cdot a$$

Bu formüle göre, maksimal kuvvete ancak maksimum kütle ve en yüksek ivme kullanılarak ulaşabilir. Bu bakış açısıyla bir insan bu iki faktörden birini veya her ikisini birden (kütle ve ivme) değiştirerek oluşturduğu kuvveti arttırabilir.

Sportif kabiliyetler açısından bakıldığında; kuvvet, sporda verimi belirleyen önemli motorsal kabiliyetlerden birisidir. Fiziksel tanımdan ziyade biyolojik yaklaşım yaparak; bir dirence karşı koyabilme yeteneği ya da direnç karşısında belirli bir ölçüde dayanabilme kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. İnsanda kuvvet, kas kütlesiyle bu kas kütlesinin ortaya koyduğu hızın bir bileşkesidir (28).

2.1.1.Kuvvet Çeşitleri

İster sporcu olsun ister sedanter olsun yaşam bilimleri açısından insanın oluşturduğu kuvvet incelendiğinde, çeşitli alt komponentleri olduğu görülür. Diğer yünden, insanın vücut ağırlığı ile oluşturduğu kuvvet arasındaki oranda dikkate alınması gereken bir ilişkidir. Bu oran, bireyler arasında karşılaştırma yapabilmemizi sağlar ve bireysel gelişimi takip etmemizi kolaylaştırır. Sportif kabiliyeti veya gelişimi değerlendirebilmemiz ve eksiklikleri amaca yönelik kapatabilmemiz açısından kuvveti aşağıdaki alt komponentler ile incelemek bilimsel açıdan çok faydalı olacaktır (28,29,30).

Genel kuvvet. Herhangi bir spor dalına yönelme olmadan, tüm kas sisteminin kuvvetini ifade eder. Bu kuvvet çeşidi, bütün kuvvet programının temelini oluşturduğu için, sporcunun hazırlık aşamasında veya spora yeni başlayanlar için birkaç yıl boyunca iyi geliştirmesi gerekir. Genel kuvvet düşük seviyede olması bir sporcunun genel gelişimi için önemli sınırlayıcı bir faktör olmaktadır (28,29,31).

Özel kuvvet. Herhangi bir spor dalına özgü gereksinim duyulan, özellikle sadece yapılan spor dalı ilgili olan kasların kuvvetidir. Terimden de anlaşılacağı gibi, bu tip kuvvet her bir spor dalı için ayırıcı özellikler taşır. Farklı spor dallarındaki bireyler arasında herhangi bir kuvvet düzeyi karşılaştırması yapılmamalıdır. Bireyler hazırlık aşamasının sonuna doğru, uğraşı gösterdikleri branşın özel kuvvet özelliğini mümkün olan en yüksek seviyede çıkarmalıdır. Özel kuvvetin geliştirilmesi bir spor dalına doğrudan katılan kas gruplarının tekni-motorik olarak geliştirilmesine yani tekniğe özgü nöromusküler ilişkiler vardır (28,29,31).

Genel kuvvet ile özel kuvvet şu şekilde kıyaslanabilir. Bir kişinin büyük bir genel kuvvete sahip olması, onun 100 kiloluk bir ağırlığı beline kadar kaldırmasına imkân tanıyabilir. Fakat bu ağırlığı başının üstüne kaldırmak isterse başarısız olabilecektir. Ama bir halterci başının üstüne halter kaldırma amacıyla geliştirilen kas grupları (skapular kuşak ve özellikle deltoid kasları) sayesinde bu ağırlığı başının üstüne kaldırabilir. Genel kuvvet kişiden kişiye farklılık gösterirken, özel kuvvet sportif alana ve çalışmalara bağlıdır. Ancak her ikisinde de antrenmanlarla geliştirilebilir (28).

Kuvvet, spor bilimleri açısından aşağıdaki gibi sınıflandırılması da önemli ölçüde yol gösterici olmaktadır.

Maksimum kuvvet. Sinir ve kas sisteminin isteyerek oluşturabildiği en yüksek kuvvet anlamına gelmektedir. Nöromusküler sistemin ortaya koyduğu maksimum bir istemli kasılma sırasında gerçekleşebilir ki, bu bir sporcunun tek seferde kaldırabileceği en yüksek yük değeri olarak belirlenir (28,29,30).

Kuvvette devamlılık. Kasın uzun bir süre boyunca çalışmalarını sürdürebilme yeteneğidir. Uzun bir zaman diliminde yüksek düzeyde bir direncin yenilmesi gereken durumlarda performansın etkinliğini belirler (28,29,30,31).

Çabuk kuvvet. Sinir sisteminin olabilen en yüksek hızda kasılması ile mevcut direnci yenebilmesidir. İki yeteneğin kuvvet ve süratin ürünüdür, en kısa sürede maksimum kuvvet gerçekleştirme yeteneğidir (28,30,31).

Mutlak kuvvet. Bir bireyin vücut ağırlığından bağımsız maksimum kuvvet uygulama yeteneğini ifade eder. Bir diğer ifade ile kişinin bir hareket esnasında geliştirdiği kuvvettir. Halter ve güreş gibi spor dallarında başarılı olmak için mutlak kuvvetin yüksek seviyelere ulaşması gerekir (28,29,30,31).

Bağıl (görelî) kuvvet. Bireyin kendi vücut ağırlığına oranla geliştirilebildiği mümkün olan en büyük kuvvettir. Aşağıdaki formülde gösterildiği üzere bir sporcunun mutlak kuvvet ve onun vücut ağırlığı arasındaki oranı gösterir (28,30).

$$\text{Bağıl Kuvvet} = \text{Mutlak Kuvvet} / \text{Vücut Ağırlığı}$$

Bağıl kuvvet, sporcuların performans sırasında kilo kategorilerine ayrıldıkları güreş, boks gibi spor dallarında önem arz eder. Bağıl kuvvette en önemli şey var olan kiloda gerekli maksimal kuvvetin sağlanmasıdır (28).

2.1.2.Kuvvet Antrenmanı Teknikleri

Kuvvet arttırılabilir bir özelliktir. Bunun için çeşitli antrenman yaklaşımları geliştirilmiştir.

- Bireysel vücut ağırlığı (örn. şınav, mekik, sıçrama, atlama vs.)
- Küçük alet ve ağırlıklar (dambıl, jimnastik topu)
- Elastik bantlar ve kordonlar
- Serbest Ağırlıklar (halterler)
- Direnç Makinaları

Yukarıda söz edilen alet veya vücut ağırlığı yardımıyla kuvvetin çeşitli özelliklerini (maksimal, çabuk, dayanıklılık gibi) geliştirmeye yönelik antrenman teknikleri vardır. Bu tezin konusu olan tüm vücut titreşim antrenmanı da spor bilimlerinde kuvvet geliştirme metotlarından biri olarak kabul edilmektedir (28).

2.2.Kuvvet Antrenmanına Adaptasyonlar

Kuvvet antrenmanı sonucu olarak kas sisteminde oluşan değişiklikler akut ve kronik olarak iki aşamada incelenir. Egzersize verilen akut yanıt, incelenen parametredeki ani bir değişimlerin incelenmesidir. Kronik değişim ile, antrenman programı süresince tekrarlanan egzersizlerle oluşan adaptif değişimlerdir (32,33).

2.2.1.Nöral Adaptasyon

Kısa süreli kuvvet antrenmanları sonrası yapılan sinir-kas incelemeleri sonucu EMG aktivasyon hızı ve amplitüdünde artış görülmektedir. Yapılan detaylı incelemeler sonucu kasları uyaran üst beyin merkezleri, kasların sinirleri ve kasların kendisinde görülen elektrofizyolojik değişimler olmaktadır (6,34).

Nöral komponentlerdeki bu değişimler kasın kontaktil mekanizmalarında herhangi bir farklılık olmadan bile kuvvet artışını sağlayabilmektedir. Kuvvet antrenmanlarının ilk haftalarında görülen hızlı kuvvet artışı sinirsel uyum ile açıklanmaktadır. Ancak bu uyuma bağlı kuvvet artışının üst sınırı yüksek değildir ve bu hipertrofi olmadan kuvvet artışını açıklamaktadır. Yaklaşık iki aylık düzenli antrenmanlar sonrası kasların kontraktil mekanizmalarındaki değişimler sonucu (hipertrofi) kuvvet artışı devam etmektedir (35).

2.2.2.Hormonal Değişimler

Kuvvet antrenmanları sonucu oluşan önemli akut değişimlerden birisi de hormonların salgılarında olan değişimlerdir. Her egzersiz seansı sonucu oluşan değişimler kasların yeniden yapılanmasına önemli katkıda bulunmaktadır. Ayrıca düzenli antrenmanlar sonucu hormonların salgılarında görülen değişimlerin yanında, istirahat dönemlerindeki bazal hormon seviyelerinde de olumlu yönde değişimler gözlenmektedir (36).

Kuvvet antrenmanları sonucu akut dönemde salgılaması artan iki önemli hormon testosteron ve büyüme hormonudur. Hemen egzersiz sonrası 15-30 dakikalık dönemde artış gösteren bu hormonlar kasların egzersize uyum süresini desteklemede önemli görevler yürütmektedirler. Ayrıca insülin ve insülin-benzeri büyüme hormonu -1'de (insulin-like growth hormone-1, IGF-1) egzersiz sonrası süreçte salınımları değişip, anabolik etki gösteren hormonlardır (37).

2.2.1.Hipertrofi

Hipertrofi, düzenli yapılan kuvvet antrenmanlarına yanıt olarak, kas kitlesindeki artış olarak tanımlanır (38,39). Mevcut kas liflerinin kesitsel alanındaki bu artış, aktin ve miyozin filamentlerinin boyut ile sayısının artışı ve liflerindeki sarkomer sayısının artışına bağlıdır. Bu değişimlerin yapılan egzersizin şekline bağlı olarak

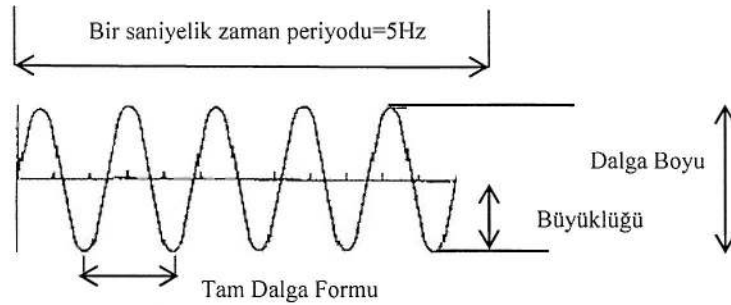
farklı kas lif tiplerinde daha etkin gözlenir. Diğer yünden, kurallarına uygun yapılmış kuvvet antrenmanları sonucu tüm kas lif tiplerinde de hipertrofi oluşmaktadır. Hipertrofi aynı zamanda kas kuvveti artışına da beraberinde getirmektedir (40).

2.2.4. Diğer Değişimler

Kuvvet antrenmanları düzenli yapıldığında organizmada önemli olumlu değişimlere yol açmaktadır. Bu da değişimler sonucu kuvvet antrenmanları sağlıklı yaşam için egzersiz yaklaşımının önemli bir kompenenti haline gelmiştir. Başta ateroskleroz ve hipertansiyon olmak üzere kardiyovasküler hastalıkların hem önlenmesi hem de tedavisinde kuvvet antrenmanlarının önemli etkileri vardır. İnsülin rezistansını azaltma, kan şekeri kontrolünü çok daha etkin hale getirme, kan lipidlerinin kontrolü, vücut yağ depolanmasının kontrolü gibi birçok metabolik süreçte olumlu etkileri vardır. Bunun yanında kemiklerdeki yaşa bağlı kalsiyum kaybını azaltıp kemik yoğunluğunu arttırmakta, kronik bel ağrısı durumlarında önemli sağaltıcı etki göstermektedir. Başta depresyon olmak üzere çeşitli psikolojik rahatsızlık ve semptomlarda tedavi edici ve koruyucu etkisi artık klasik ders kitaplarında yerini almış durumdadır (41).

2.3. Titreşim

Titreşim, sağlık için hem faydalı ve hem zararlı olabilecek bir olgudur. Mekaniksel tanımlamada bir nesne hızla ve sürekli ileri - geri hareket ettirildiğinde titreşim oluşur (42). Ancak, bu tür nesnelerin hareketi düzenli (periyodik, sinüzoidal salınım hareketi) ya da düzensiz (süreksiz ve rastgele) şeklinde oluşabilir (43). Bu tezin konusu, düzenli periyodik bir titreşimin etkisini, sportif alanda incelemek üzerinedir (Şekil 2.1). Sinüzoidal titreşim fiziksel veya grafiksel olarak Şekil 2.1’de de gösterildiği gibi tekrarlayan dalga formu salınımları ile karakterize edilir (42).



Şekil 2.1. Periyodik Sinüzoidal Salınım Hareketi

Titreşimin etkisi, titreşim salınımı (genlik) ve salınım tekraralama hızı (frekans) büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir. Bundan dolayı frekans ve genlik titreşimi belirleyen ana faktörlerdir. Titreşim hareketinin büyüklüğü yani genlik amplitüd olarak değerlendirilir ve mm olarak ifade edilir. Titreşim tekraralama oranı olan frekans, saniyedeki tekrar miktarı olarak (Hz) ile ifade edilir (42).

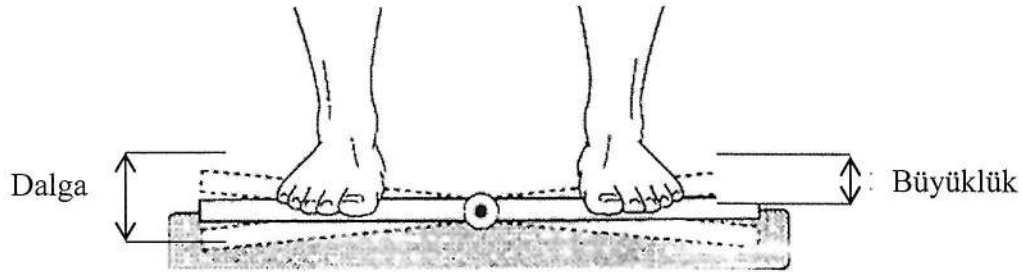
Titreşim, bir bireye özel cihazlar aracılığıyla iletilebilmektedir. Titreşimin sanayide kullanılan birçok cihazla çalışırken insanları istemeden de olsa etkilediği

çok iyi bilinir. Bunun belli derecelerinin üstü insanlarda zararlı olabilmektedir. Ancak bunun yanında gerek terapötik amaçlı, gerekse sportif amaçlı olarak insanlara titreşim vermek üzere çeşitli cihazlar geliştirilmiştir. Bu amaçla en sık kullanılan tüm vücut titreşimi yapan aletlerdir (1,42).

2.3.1. Tüm Vücut Titreşimi

Tüm vücut titreşimi, çeşitli iş sahalarında olduğu kadar, ağır vasıta ve taşınabilir zincirli testerelerin operatörleri, kayakçılar ve at binicileri spor ortamlarında da karşımıza çıkmaktadır. Bir titreşim formu olarak, tüm vücut titreşimin bireyin vücudunun belirli bir alanından ziyade tüm vücuda uygulanmasıdır, dolayısıyla “tüm vücut titreşimi” olarak adlandırılır (43).

Laboratuvar ortamlarında kullanılan cihazlar genellikle, titreşimleri oluşturmak ve iletmek için dizayn edilmektedir. Genellikle bu sagittal ekseninde hareket eden bir platformdur (Şekil 2.2). Bu tür platformlar, frekans ve genliğin manipüle edilebilmesine izin vermektedir. Her iki ayağı eşit uzaklıkta platform üzerinde duran bir birey, rotasyon ekseninin her iki tarafında tüm vücut titreşimine maruz kalır (5,44,45). Böylece bütün vücuda, periyodik, sinüzoidal salınımlı titreşimi uygulanabilmektedir (42).



Şekil 2.2. Sagittal Ekseninde Hareket Eden Platform

2.3.2. Tüm Vücut Titreşiminin Olumsuz Etkileri ve Güvenlik Ölçütleri

Laboratuvar koşullarında tüm vücut titreşiminin çeşitli yararlı etkileri bildirilmiştir. Çeşitli araştırmalar sonuçlarına göre tüm vücut titreşimi, kas kuvveti, vücut dengesi, yürüyüş, kan dolaşımı ve büyüme hormonu seviyelerinde de artış göstermektedir (20,44,46). Bu etkiler ilerleyen bölümlerde incelenecektir.

Titreşimin, biyolojik yapılara zararlı etkileri çeşitli titreşim yaratan aletlerde çalışan meslek kollarından bildirilmiştir (47,48,49). Uluslararası Standartlar Örgütü, tüm vücut titreşimi oluşturan makinelerin güvenli ve etkili kullanımına ilişkin sıkı kurallar düzenlemiştir. Bu tür standartlar, tüm vücut titreşiminin insan sağlığına etkileri, titreşim ve titreşim süresinin niceliğine bağlı olduğundan yaralanma riskini azaltmak ve verimliliği korumak için oluşturulmuştur (49). Sörf, kayak, koşu ve binicilik gibi çeşitli spor ortamlarında bireyler tüm vücut titreşimine maruz

kalabilmektedir (43). Sporcular, koşu pistinde ve uçuş ile iniş aşaması içeren diğer sporlar sırasında titreşime maruz kalmaktadır. Buna bağlı çeşitli bağ dokusu hasarı durumları bildirilmiştir (50).

Yerçekimi (gravity) etkisi, tüm vücut titreşiminin önemli kompenetlerinden birisidir. Titreşim oluşumunda kullanılan amplitüd veya frekans artışına bağlı olarak vücuda etki eden yerçekimi etkisi artış göstermektedir. Titreme çalışmalarında bu faktör de kişisel özellikler açısından göz önüne alınmalıdır (42).

Çeşitli yan etkileri olmasını engellemek için tüm vücut titreşiminde kullanılacak cihazlarda kullanılan parametrelerin güvenlik sınırları belirlenmiştir (47,48,49). Tüm vücut titreşim platformların frekans ve amplitüdün en yaygın aralığı 26 Hz ile 44 Hz ve 1 mm ile 10 mm arasındadır (51,52). 12 Hz'den az vibrasyon platformu frekansının ve 30 mm'e kadar yüksek genliğin sağlıklı katılımcıların alt ekstremitede kronik tendinit ve kas ağrılarına neden olabildiği bildirilmiştir (52,53). İlginç bir özellik olarak, yüksek amplitüdü ve düşük frekanslı titreşiminin, düşük amplitüdü ve yüksek frekanslı titreşimden daha fazla zararlı olduğunu bilinmektedir. Özellikle, titreşim platformunda uygun frekansı kullanmak, disk dejenerasyonu veya bel ağrısı gelişimini önlemede önemlidir (54). Titreme platformunda vücut duruşu da kullanıcılar için önemli güvenlik faktörüdür. Omurganın pozisyonu ile gövde ve alt ekstremitte kaslarının gerimi vücudun titreşimi tamponlama durumunu etkiler. Uygun olmayan pozisyonlar kemik eklem ve sinir dokularında hasarlanma yaratabilmektedir (42).

Akut titreşim sonrası oluşabilecek bulgular içinde ayak yanması, alt ekstremitede kaşıntı, vertigo ve kalça ağrıları gibi yan etkileri vardır. Ayrıca akut titreşim uygulamasından kaynaklanan çene, boyun ve alt ekstremitedeki ağrı şikayeti rastlanabilmektedir. Bunun nedeni diz açısının küçük olmasından dolayı, titreşim akımının baş ve kalça bölgelerine daha fazla ulaşabilmektedir. Titreşim sırasında görülen kaşıntı ise, titreşimin mast hücrelerini uyarıp histamin salgılanmasını sağlamasıyla açıklanmaktadır. Bu aynı zamanda bölgesel kızarıklık için etkili de olabilmektedir (1).

2.3.3.Tüm Vücut Titreşiminin Aerobik Fiziksel Aktiviteye Etkisi

Ampitüd ve frekansı uygun aralıklarda kullanmak koşuluyla tüm vücut titreşimi, egzersiz biçimi olarak 1990'lı yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. Değişik çalışmalarda, titreşim platformları statik pozisyon, ek bir yük ile veya dinamik hareketler yapılarak kullanılmaktadır (44,55,56). Araştırmaların hepsinde fikir birliği olmasa da sağlık için çeşitli faydaları ileri sürülmektedir.

Tüm vücut titreşimi uygulaması yapılan katılımcıların oksijen tüketimlerinin 45 ml/kg/mm civarına arttığı bildirilmiştir. Bu orta şiddette yürüyüşe eşdeğerdir (55,57). Benzer şekilde, kalp hızı, kan basıncı ve hissedilen efor oranında küçük artışlar olduğu bilinmektedir (42). Akut titreşimin kalp hızı ve kan basıncı üzerinde oldukça az bir etkiye sahip olduğu çeşitli araştırmalarda gösterilmiştir (5). Kersch-Schindl ve arkadaşları, akut titreşim sonrasında, kalp hızı, sistolik ve diyastolik kan basıncında hiçbir değişim gözlemlememişlerdir (58). Ancak yorucu bir titreşim

antrenmanı sonrası, kalp ve sistolik basınçlarında bir miktar artış gözlenebilmektedir (1).

2.3.4.Tüm Vücut Titreşiminin Kaslara Akut Etkisi

Birçok çalışmada tüm vücut titreşiminin kaslar üzerinde akut etkileri incelenmiştir. Bu çalışmalarda genellikle veriler titreşim uygulamasından hemen sonra veya 30 dakika içinde toplanmıştır. Tüm vücut titreşiminin akut etkileri arasında, EMG aktivitesinde artış, nöromusküler uyarlabilirlik ve performans artışı fleksibilite ve dikey sıçramada artış gösterilmiştir. Titreşim, 100 metre sprint koşu ve halter gibi kısa süreli güç gerektiren spor etkinliklerinde, daha fazla motor ünitesinin kasılmaya katılması ile nöromuskuler performansta iyileşme yapabilmektedir. Bunun yanında tüm vücut titreşiminin kas aktivasyonunu ve kuvvet arttırmadığını da gösteren çalışmalar mevcuttur (3,46,59).

Dikey sıçrama pek çok araştırmacı tarafından titreşim egzersizleri sonucu kas kuvvetindeki üzerindeki akut değişimleri değerlendirmek için kullanılmıştır. Dikey sıçrama yüksekliğindeki artış çeşitli farklı araştırma protokolleri sonucunda çalışılmıştır. Örneğin, kesintisiz 5 dakikalık akut titreşim uygulaması sonucunda dikey sıçrama yüksekliğinde %8.2'lik bir artış gösterilmiştir (7). Ancak, 5 dakikalık titreşim egzersizinin kas ısısını 1.5°C artırdığı ve bu ısının dikey sıçrama yüksekliğini ve kuvveti önemli ölçüde artırdığı kanıtlanmıştır (60). Kas, bisiklet kullanırken veya sıcak duş alırken aynı derecede ısındığında, dikey sıçramadaki artışlar bu durumlarda da benzerlik göstermiştir (1).

Diğer yönden kesintili titreşim egzersizinin akut uygulamaları sonucunda da dikey sıçrama yüksekliğinde artış sık olarak gösterilmiş bir bulgudur. Bu tip çalışmalarda kasta ısı artışından çok kasların elektrofizyolojik olarak daha etkin uyarlabilirmeleri ile açıklanmaktadır. Titreşime bağlı kas kuvveti artışı yalnızca dikey sıçrama ile değil bacak press, squat, diz ekstansiyon ile kaldırılan ağırlık artışlarıyla da göstermektedir (45,61,62).

Yukarıda söz edilen akut çalışmalardaki gibi tam bir fikir birliği olmasa da bilgisayarlı dinamometre ile izokinetik ve izometrik kuvvet ölçümlerinde alt ekstremitelerde akut titreşim uygulaması sonucu kas kuvvetinin arttığı genellikle kabul edilmektedir (13,63,64,65,66).

2.3.5.Tüm Vücut Titreşiminin Kaslara Kronik Etkisi

Tüm vücut titreşiminin kronik etkisinin incelenmesi genellikle en az 6 haftalık bir antrenman ve son titreşim seansından en az 24 saat geçmiş olması ile ortaya konmaktadır. Tüm vücut titreşiminin kronik etkileri, kas atrofisinin önlenmesinde, çeşitli postoperatif durumlarda rehabilitatif amaçla kullanılmaktadır. Bunun yanında elbette sporcularda kuvvet performansının artması için de tek başına veya daha çok kombine olarak antrenmanlarda kullanılmaktadır (30).

Bilimsel verilere bakıldığında farklı sonuçlar ortaya konulsa da, tüm vücut titreşim antrenmanlarının bacak ekstansör kaslarının maksimal istemi kasılma kuvvetini ve kuvvet oluşturma hızını artırdığı büyük ölçüde kabul edilmektedir. Bu

gelişimin fonksiyonel karşılığı ise tüm vücut titreşiminin vertikal sıçrama yüksekliğini arttırmasıdır (42). Pek çok araştırma, dikey sıçrama performansı kullanılarak kas üzerine uygulanan titreşimin uzun dönem etkilerini araştırmıştır. Bu çalışmaların çoğu, dikey sıçrama performansında artış tespit etmiştir (59,67).

Fakat kuvvet artışının yapılan her çalışmada görülmemesinin farklı parametrelerin kullanılmasından kaynaklandığı ileri sürülmektedir. Farklı titreşim cihazları kullanılması ve çalışmalarda uygulanan amplitüd, frekans ve dinlenme süreleri farklılıkları, tekrar sayısı gibi etmenler, farklı sonuçların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bunların yanında çalışmalarda kullanılan deneklerin sedanter veya antrene olması, yaş grubu farklılıkları ve cinsiyet farklılıkları da araştırma sonuçlarının yorumlanmasını güçleştirmektedir.

2.3.6.Tüm Vücut Titreşiminin Etki Mekanizması

Farklı görüşler olsa da, tüm vücut titreşiminin kas kuvvetini arttırması genel olarak kabul edilen bir durumdur. Ancak bunun nasıl gerçekleştiği üzerinde ileri sürülen görüşler üzerinde çok daha fazla tartışma vardır.

2.3.6.1.Tüm Vücut Titreşim Antrenmanı İle Akut Kuvvet Artışının Mekanizması

Bu bölümde yapılan tek bir titreşim antrenmanı sonrası, akut dönemde görülen kuvvet artışına yol açtığı ileri sürülen mekanizmalar incelenecektir.

Tonik vibrasyon refleksi. Tüm vücut titreşimi sonucu kaslarda görülen değişimlerin açıklamasında ileri sürülen en önemli mekanizmalardan biri olan tonik vibrasyon refleksi, yüksek frekanslı titreşimin tendona kısa süreli uygulanması sonucu görülen bir reflektir (16). Tonik vibrasyon refleksinin açığa çıkarılması ile kas aktivasyonu ve istemsiz kasılmalarda artış görülmektedir. Bu durum kasta bulunan kas içciklerinin Ia primer sonlanmalarının uyarılması ve onlarında medulla spinalis aracılığıyla α -motor nöronları uyarması ile açıklanmaktadır. Fakat bu mekanizmanın tüm vücut titreşiminde geçerli olması açısından çeşitli çelişkiler vardır. Öncelikle tonik vibrasyon refleksi yüksek frekanslı titreşim ile oluşturulurken, tüm vücut titreşim aletlerinde kullanılan frekanslar oldukça düşüktür. Bunun yanında bu refleks 30 saniyeyi geçen titreşimlerden sonra ortadan kalkmaktadır. Tüm vücut titreşimde ise süreler genellikle 30 saniyeden daha uzun tutulmaktadır. Titreme süresinin 30 saniyeden uzun tutulması ile içciklerinin ateşleme frekansının azalması, presinaptik inhibisyonun artması ve nörotrasmistler salgısının azalması sonucu tonik vibrasyon refleksinin aktivitesini azaltmaktadır. Ayrıca tonik vibrasyon refleksinin uyarılabilmesi için titreşimin tendona uygulanması gerekirken, tüm vücut titreşimi uygulanmalarında ayak tabanı aracılığıyla tüm vücuda uygulanmaktadır. Bundan dolayı tonik vibrasyon refleksinin tüm vücut titreşiminde görülen kuvvet artışından sorumlu olabileceğine kuşku ile bakılmaktadır (15,14).

Tendon refleksi (gerim refleksi). Kasın boyunun istemsiz olarak uzaması sonucu, agonist kaslarda ani kasılma, antagonist kaslarda gevşeme sonucu oluşan kasın boyunun kısalması ile görülen toparlanmaya tendon refleksi denmektedir (68). Koruma amaçlı olan bu refleks en basit olarak kasların tendonuna bir refleks çekici

ile vurulup kasılmaları ile ortaya konmaktadır. Kas liflerinin arasında bulunan kas iğcikleri tarafından algılanan kasın boyunun uzaması, medulla spinaliste ilgili kasın α -motor nöronunun uyarılması sonucu oluşan monosinaptik bir reflekstir. Titreşim uygulaması sonucu akut dönemde tendon refleksi artışı gözlemlendiğini ileri süren çalışmalar yanında değişim olmadığı da ileri sürülmektedir. Titreşimin sağladığı kuvvet artışında tendon reflekslerinin artışının oluşturduğu potansiyalizasyonun etkili olabileceği ifade edilmektedir. Böylece titreşim antrenmanı sonucu yükseğe sıçrama gibi belirgin artış gösteren aktivitelerde agonist kasların daha etkin kasılırken, antagonist kaslar daha etkin inhibe olması ile açıklanmaktadır (1).

Hoffmann refleksi (H-refleks). Medulla spinalisin monosinaptik bir refleksi olan H-refleks, tendon reflekslerinden farklı olarak mekanik uyarın ile değil, elektriksel uyarın ile oluşmaktadır (69). Düşük şiddeti elektriksel uyarın ile kas iğciklerinin atlanarak, doğrudan kas iğciklerinden çıkan affarent sinirin uyarılması ile oluşturulur. Böylece medulla spinaliste ilgili kasın α -motor nöronu uyarılarak kas kasılması gerçekleştirilir. Eğer uygulanan elektriksel uyarının şiddeti artarsa, efferent sinirlerin uyarılması (α -motor nöron) ile kas kasılması doğrudan oluşur ki, bu duruma M-yanıtı denir. Elektriksel uyarının şiddetinin daha da artması ile H-refleks baskılanarak, M-yanıtı daha güçlenir. Tüm vücut titreşim uygulamasının H-refleksine etkisi konusunda da araştırmalar zıt sonuçlar vermektedir. Titreşim antrenmanı sonucu H-refleksi ve H-refleksi/M-yanıtı oranının arttığı ve kuvvet artışının böyle açıklanabileceği belirtilirken, tam zıt olarak H-refleks baskılandığını da gösteren sonuçlar bulunmaktadır (70,71,72).

Merkezi sinir sisteminin etkisi. Titreşim uyarımı sonucu merkezi sinir sisteminin kaslara gönderdiği uyarıların güçlenmesi sonucu kuvvet artışının gerçekleşebilmesi de olasıdır. Titreşim antrenmanı sonrası yardımcı motor alan olarak bilinen primer ve sekonder somatosensör korteks, kaudal sigulat motor alan, beyinin 4a bölgesi aktivitesinde artış olduğu gösterilmiştir.

Yukarıda söz edilen mekanizmaların hepsi tüm vücut titreşim antrenmanı sonucu kuvvet artışını açıklamakta yetersiz kalsa da sonuçta nöro-muskuler kolaylaştırma (facilitation) söz konusudur. Bu nöro-muskuler kolaylaştırma aşağıdaki etkileri kapsamaktadır (14,31).

- EMG aktivitesi artışı
- Kasılmaya katılan motor ünite sayısı artışı
- Motor ünite ateşleme hızı artışı
- Motor ünite senkronizasyonunun artışı
- İntramuskuler koordinasyonu artışı
- Propioseptif yanıtlarda değişiklik

2.3.5.2. Tüm Vücut Titreşim Antrenmanı İle Kalıcı Kuvvet Artışının Mekanizması

Titreşim antrenmanı sonrası akut dönemde kuvvet artış etkisi 60 dakikaya kadar sürebilmektedir. Fakat, şimdiye kadar yapılan çalışmaların sonuçları ile tekrarlayan titreşim antrenmanları ile nöronal adaptasyon olduğu konusunu söylemek mümkün değildir (8). Bundan dolayı titreşim antrenmanları sonucu, antrenmandan

24-48 saat sonra ölçülen kuvvet artışı için farklı mekanizmalar ileri sürülmektedir. Birçok araştırmacı bunun için düzenli tüm vücut titreşim antrenmanları sonrası kaslarda görülen kuvvet artışında hipertrofinin etkili olabileceğini ileri sürmüşlerdir (55,57). Ancak bunun yanında birçok araştırmacı da farklı görüş ileri sürmektedir. Bu bölümde literatürdeki tüm vücut titreşim antrenmanlarının hipertrofik etkisi gözden geçirilecektir.

Bir kasın kuvvetini arttırmanın bir yolu da enine kesit alanının artması yani hipertrofidir. Hipertrofi, myofilamentteki çapraz köprülerin sayısı artması, yani temel kontraktıl elemanlar olan aktin ve myozin zincirlerinin sayısının artması sonucu kasın kuvvet oluşturma kapasitesi arttırmaktadır (38,39).

Değişik sürelerde yapılan tüm vücut titreşim antrenmanı sonucu erişkinlerde yağsız vücut kitlesinin arttığını gösteren araştırmalarda genellikle sedanterler denekler kullanılmıştır (12,17). Bunun yanında, yaşlılar üzerinde yapılan tüm vücut titreşim antrenmanları sonuçlarda kas kitlesi artışının olduğu gösteren araştırmalarda bulunmaktadır (18,19). Diğer yönden düzenli titreşim antrenmanları sonucu kas kitlesinde her hangi bir değişiklik saptanamadığını da gösteren çalışmalarda literatürde bulunmaktadır (21,22).

Benzer şekilde çelişkili sonuçlar tüm vücut titreşim antrenmanlarının, direnç egzersizlerine eklenmesini inceleyen araştırmalarda da görülmektedir. Direnç antrenmanlarına titreşimin eklenmesi ile hipertrofik etkinin daha belirgin olduğunu gösteren çalışmalar yanında (73,74), ek bir etkisinin olmadığını iddia eden çalışmalar da (23) literatürde yer almaktadır.

Tüm vücut titreşim antrenmanları sonucu görülen olası hipertrofi etkisi hormonal değişimler ve artmış yerçekimi etkisi ile açıklanmaya çalışılmaktadır. Normal yerçekimi koşullarında kaslar bazal durumlarını korurlarken, yer çekiminin azaldığı durumlarda hem kuvvet hem de kitle azalmasına uğramaktadırlar. Ters durumda yerçekiminin artması halinde ise kasların enine alanının ve oluşturdukları kuvvetin artabileceği ileri sürülmektedir. Ancak tüm vücut titreşim egzersizleri sonucu bu durum tahminden öteye geçememektedir ve geçerliliği hakkında ortaya konmuş bir veri bulunmamaktadır (8,14). Klasik direnç antrenmanları sonucu görülen hormonal değişimlerin kas kitlesi artışında etkili olduğu bilinmektedir. Bu etkinin geçerli olduğunu ileri süren araştırmalarda tüm vücut titreşim antrenmanı sonrası akut dönemde anabolik hormonlar olan büyüme hormonu ve testosteron seviyelerinde artış, katabolik hormon olan kortizol düzeyinde düşüş olduğunu gösterilmiştir (20). Her antrenman sonrası görülen bu akut etkinin birikerek kas kitlesi artışına neden olabileceği ileri sürülmektedir. Bunun yanında ise yine titreşim antrenmanı sonrası akut dönemde büyüme hormonu, insülin benzeri büyüme faktörü-1, total ve serbest testosteron, kortizol, insülin ve glukagon hormonları düzeylerinde değişiklik olmadığını da literatürde yer almaktadır (24). Ayrıca direnç antrenmanına titreşim antrenmanının eklenmesinin testosteronda ek bir artış sağlamadığı, ancak büyüme hormonu artışının daha belirgin olması yanında kortizol düzeyinde de artışa sebep olduğu gösterilmiştir (36,37).

Daha önce de söz edildiği gibi, literatürde yer alan çalışmalar arasındaki çelişkili sonuçlar, kullanılan titreşim tipinin farklılıkları, antrenman için kullanılan amplitüd,

frekans, dinlenme süresi farklılıkları, yüklenme şiddetindeki değişiklikler kadar, deneklerin yaş ve cinsiyet farklılıklarına dayandırılmaktadır. Sağlık yaşam için önemli bir faktör sayılan kuvvet egzersizleri sonucu oluşan hipertrofinin tüm vücut antrenmanları sonrası olup olmadığı önem arz etmektedir. Bu araştırmada bu etkinin varlığı farklı bir bakış açısı ile incelenecektir.

2.4.Kaslar ve Diyetle Protein Alınımı

Kaslar, yetişkin bir kişinin vücudundaki toplam proteinin büyük bir kısmını (%40) içerir ve vücuttaki tüm protein döngüsünün 1/2 - 1/3'ü kaslarda olur. Kasların en önemli işlevi varsayılan kasılarak mekanik iş yaratmanın yanında çok önemli metabolik fonksiyonları da vardır. Beslenme sonrası veya açlık durumunda perifer ile arasında aminoasit alışverişi, açlık veya hastalık durumlarında enerji ve nitrojen deposu olarak iş görmesi, glikoz metabolizmasının düzenlenmesine çok önemli katkıda bulunması bunların arasındadır. Kasın enerji metabolizmasının düzenlenmesinde doğrudan işin içinde bulunmasının yanı sıra, kasılma fonksiyonunda da maksimal performansı elde edebilmek için beslenmenin önemi, ayrılmaz bir ikili olarak değerlendirilmelerini gerektirmektedir. Kasların kontraktıl makinasının proteinden oluşması, beslenme ile alınan proteini en önemli köşeye oturtmaktadır. Bu bölümde kas kuvveti ve protein alımı konusundaki bilgiler tartışılacaktır (75).

Aktin ve miyozin, memelilerin vücutlarında en bol miktarda bulunan proteinlerdendir ve toplam kas proteinin %65'ini oluştururlar. Bu yüzden, bunların temel amino asit kompozisyonunun, protein parçalanması esnasında kaslardan salınan ve protein sentezi sırasında serbest havuzdan çekilen amino asit kompozisyonları üzerinde yadsınamayacak etkileri vardır. Özellikle, dallı zincir amino asitler (branched chain amino acids, BCAAs) olan lösin, valin ve izolösinleri büyük oranı oluştururlar. Bunların tamamı proteinlerden salınan toplam amino asitlerin %20'sini oluşturur (76,77).

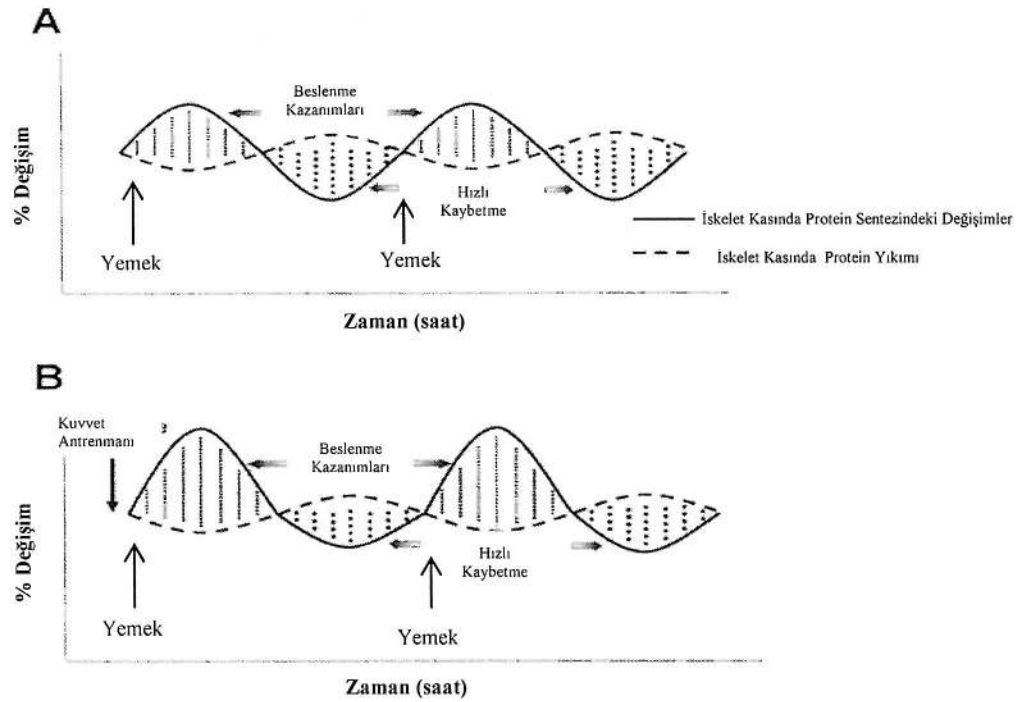
Bir doku olarak kasların bazı özellikleri, proteinle arasındaki metabolik ilişkiyi önemli ölçüde etkilemektedir. Öncelikle, kasları postmitotik dokulardır yani yaşamın ilk birkaç yılı sonrası hücre sayısı belirlenip orta yaşa kadar sabit kalmakta, sonra da dereceli olarak azalmaktadır. Yeni kas hücresi oluşmadığı halde her hücrenin boyutunu ve içeriğini, hipertrofi ve atrofi ekseninde, çok fazla değiştirme yeteneği vardır. Diğer bir unsur da kas lif tiplerine bağlı protein miktarının farklılık gösterebilmesidir. Kasların protein yapımı için gerekli olan çekirdek, ribozom, endoplazmik retikulum gibi hücresel komponentleri oldukça gelişmiş bir şekildedir. Bunun yanında lizozomlar dahil olmak üzere protein yıkım mekanizmaları da güçlüdür (75).

Vücut proteinleri, sürekli olarak ve kendiliğinden üretilir ve yıkılır. Böylece bu döngü sayesinde hasar gören ve bozulan proteinlerin sürekli olarak yenilenmesini sağlayan bir mekanizma oluşur. Vücutta ve özellikle kaslarda proteinlerin yıkımı sonucu serbest bırakılan aminoasitlerin tekrar kullanımı büyük ölçüde gerçekleşir. Bununla beraber bu hücreler arası dönüşüm tam etkin değildir ve amino asitler çizgili kaslar arasında oksidasyonu veya glukoneogeneze uğrayarak kaybolurlar. Aminoasitlerin yeniden kullanımındaki bu yetersizlik, her gün protein alma

gereksinimini doğurmaktadır. Eğer yalnızca olan proteinlerin idamesi değil yeni protein yapımı (kas yapımı) söz konusu ise besinle alınan protein miktarı daha fazla olmalıdır (26,75,78).

2.4.1.Kuvvet Egzersizi ve Protein Döngüsü: Hipertrofi Mekanizmaları

Proteinler sürekli ve sabit şekilde sentezlenir ve yıkılırlar (Şekil 2.3). İnsan kaslarında miyofibriler protein döngüsü, nispeten yavaş bir süreçtir. Bu sürece insan egzersiz yaparak müdahale edebilmektedir. Hasarlı proteinlerin tamiri ve yapısal proteinlerin yeniden yapılması kuvvet egzersizleri ile uyarılsa da çok hızlanmamaktadır. Kuvvet egzersizleri ile protein döngüsünün hızlanması ve yeni protein yapımı lehine kaymaya başlaması için 6-8 haftalık uzun ve devamlı uyarana gereksinim vardır (26).



Şekil 2.3. İskelet Kasında Protein Sentezi ve Yıkımı

2.4.2.Egzersize Bağlı Protein Sentezi ve Yıkımı

Düzenli kuvvet egzersizi sonucunda hipertrofi dediğimiz, lif çaplarında artış görülür. Bu kas proteinlerinin %70'den fazlasını oluşturan myofibriler (çoğunlukla aktin ve myozin) proteinlerin yapımının artışıyla bağlıdır. Yapısal kas proteinlerinde artış, büyüme anlamına gelen kas hipertrofisi, pozitif protein dengesi yani yapımın yıkımdan fazla olması sonucudur. Bir kere yapılan kuvvet egzersizi hem antrenmanlı hem de antrenmansız bireylerde egzersiz sonrası 48 saat kadar uzayan protein yapımı artışını sağlamaktadır (26).

Yakın zamanda herhangi bir fiziksel aktivite yapılmadığı durumda kas protein yapımı ve yıkımı beslenme durumuna göre gün içinde değişimler gösterir. Ancak net protein dengesi (açlık, hastalık gibi olağanüstü bir durum yoksa) sıfır düzeyindedir

(Şekil 2.3.A) (79). Bir kuvvet egzersizi sonrası oluşan anabolik etki ile kas protein yapımı %40 ile %150 arasında artış gösterir. Ancak diğer yönden tek egzersiz sonrası kas hücrelerinde bulunan kalpainler, kaspazlar, lizozomlar, proteozomlar gibi proteolitik yolların aktive olmasıyla kas yıkımı da artmaktadır. Bundan dolayı egzersiz sonrası kaslarda net protein dengesi ya bir miktar aktif artış ya da değişmemiş şekilde devam eder. Egzersize bağlı kas protein yıkımı artması, artan myofibriler protein sentezi için gerekli amino asitleri sağlamak amacıyla, sarkoplazmik protein (kontraktil protein havuzu dışı) yıkımının artmasıyla açıklanmaktadır (80,81,82,83).

Kuvvet egzersizi sonrası kaslara dışarıdan oral veya intravenöz yolla verilecek amino asit kaynağı ise protein sentez hızını oldukça artırmaktadır. Böylelikle net protein dengesi pozitif duruma geçmektedir (Şekil 2.3.B). Egzersiz ile stimüle edilen kas içi protein sentezi beslenme ile protein alımı sonrası, yıkımdan yüksek olmaktadır. Tekrarlayan kuvvet egzersizleri ile birlikte, protein tüketimi sonucu oluşan pozitif protein dengesi, hipertrofi ile sonuçlanır (81,84).

Bohe ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmaya göre, kas protein sentezi uyarımının da, intraselüler amino asit konsantrasyonundan ziyade ekstraselüler amino asit konsantrasyonu daha önemlidir (85). Bununla birlikte protein sentezinin artışının ulaşabileceği bir zirve noktası vardır. Daha fazla protein alınmasıyla bu artmamakta, yalnız daha fazla üre üretimine neden olmaktadır. Fakat bu durum fiziksel aktivite yapılmadığı koşullarda geçerlidir. Bunun egzersiz sonrası da böyle olup olmadığı konusunda görüş birliği yoktur. Alınacak protein miktarından başka üzerinde çeşitli araştırmalar yapılan ve daha ileride tekrar incelenecek bir parametrede proteinin alımı zamanıdır (26). Bunun yanında akut egzersizin, kas protein artışı üzerine etkisi egzersizin yoğunluğu, süresi ve türü gibi pek çok faktöre bağlı olarak değişmektedir.

2.4.3. Protein Alma Önerileri

Günümüzde, sağlıklı yetişkin bireylerin günlük alması gereken protein miktarı vücut ağırlığına göre 0,8 g/kg olarak kabul edilmektedir (86). Bu protein alım miktarı, egzersiz yapmayan kişiler için uygun olabilir. Ancak egzersiz esnasındaki protein/amino asit oksidasyonunu dengelemek (yaklaşık olarak egzersizdeki toplam enerji harcamasının yaklaşık %1-5'lik kısmı) ya da yağsız dokunun gelişimi için substrat sağlamak veya egzersiz kaynaklı kas hasarının onarımı için yeterli değildir. Fakat egzersizle birlikte protein alımı incelendiğinde optimal protein miktarı belirlenirken birçok faktör göz önünde bulundurulmalıdır. Proteinin kalitesi, alınan enerji, alınan karbonhidrat, egzersizin şekli ve yoğunluğu ve protein alım zamanı bunlar arasındadır (87,88).

Egzersizde protein alımına dayanak olarak yapılan araştırmalar, nitrojen dengesi ölçümü veya işaretli aminoasit çalışmalarına dayanmaktadır. Nitrojen dengesi ağız yolu ile alınan proteindeki toplam nitrojen ile vücuttan idrar ve dışkı yoluyla atılan toplam nitrojen miktarı ölçümlerine dayanır. Alınan nitrojenin atılandan fazla olması kas yapımını gösteren bulgu olarak kabul edilir. Bu çalışmalar sonucunda egzersiz türü (dayanıklılık veya kuvvet) ya da antrene olma düzeyine bağlı olmaksızın, fiziksel aktif birey günlük vücut ağırlığının 0,8 g/kg'dan daha fazla protein miktarına ihtiyaç duymaktadır. Diğer yönden, egzersiz yaparken yeterli oranda protein

almamanın yaratacağı olumsuzluk, protein yıkımının artması ve sentezin protein girişi ile desteklenmemesi sonucu negatif nitrojen dengesi oluşması yani kas proteinlerinin enerji üretimi için kullanılmasıdır (89).

Dayanıklılık egzersizleri sırasında kişinin durumuna ve egzersizin yoğunluğu ile süresine bağlı olarak 1.0 g/kg'dan 1.6 g/kg'a kadar olan aralıktaki protein alımı önerilmektedir. Kuvvet egzersizi yapanların protein gereksinimi içinde çeşitli görüşler ileri sürülse de tavsiye edilen protein alım miktarı genel olarak 1.6'dan 2.0 g/kg/gün'e kadar olan aralıktadır. Böylece organizmada net protein kazanımı oluşturulabilir (90,91,92,93,94).

Bu konudaki, Uluslararası Spor Beslenme Topluluğu (International Society of Sports Nutrition) tavsiyesine göre egzersiz yapan kişilerin protein alımı 1.4'ten 2.0 g/kg/gün'e arasında olmalıdır. Dayanıklılık egzersizi yapan kişiler bu aralığın alt kısmına ve kuvvet egzersizi yapan kişilerin de bu aralığın üst kısmına yakın değerlerde protein alması gerekmektedir (95).

2.4.4.RDA'dan Daha Fazla Protein Alım Emniyeti

Bazen basında yer alan yanlış bilgilendirmelere göre kronik yüksek protein alımı sakıncalı olup böbrek fonksiyonu bozulmasıyla gereksiz metabolik zorlanmalara yol açabileceği, ayrıca yüksek protein alımı ile kalsiyum atılımının artması ile osteoporoz riskinin artabileceği yer almaktadır. Protein alımının sağlıklı, egzersiz yapan kişilerde bu zararlı etkileri yapacağına yönelik geçerli bir kanıtı yoktur (96,97).

Yüksek protein alımını ve böbrek fonksiyonu üzerine olan tartışmanın ana noktalarından biri, sürekli yüksek protein tüketiminin glomerular basınç ve hiperfiltrasyona artışına açarak kronik böbrek hastalığına yol açmakta olabileceğidir. Bu görüşü savunan kişilerin bilimsel kanıtlarının çoğunluğunu deney hayvanları ve önceden böbrek rahatsızlığı olan hastalar oluşturmaktadır (96,97,98). Tanımlayıcı kohort çalışmalarında, yüksek protein alımının böbrekleri normal çalışan bireylerde böbrek fonksiyonlarında bozulma ile bir ilişkisi olmadığı gösterilmiştir. Aynı zamanda vejeteryan ve vejeteryan olmayan iki grupta da böbrek fonksiyonlarının benzer olduğu ayrıca yaşa bağlı böbrek fonksiyonlarında azalma oranının aynı olduğu ortaya konmuştur. Fakat hafifte olsa böbrek yetmezliği durumlarında protein alımının, hastalık süreçlerinde artış açısından, takibi de tavsiye edilmektedir (95).

Yüksek protein alımının kemiklerden kalsiyum atılmasına yol açarak osteopeniye ve bazı kişilerde de osteoporozu sebep olduğu yeterli deliller olmadan ileri sürülmüştür. Bu düşünce, önceki çalışmalarda görülen, yüksek protein alımına bağlı olarak idrarda asit oranının artışı, yanında kalsiyumu sürükleyerek idrarda atılmasının artması sonucu, kemikten kalsiyum eksilişine neden olabileceği ileri sürülmüştür. Fakat sonuçlar bunu göstermemiştir. Ayrıca ileri yaşta kadın ve erkeklerin (osteoporozu meyilli bireylerde) kemik kütlesini optimize etmek için tavsiye edilenden daha fazla protein almaları tavsiye edilmektedir. Ek olarak, stabil kalsiyum izotop çalışmalarından elde edilen verilere göre, yüksek protein diyetinde idrardaki kalsiyum miktarını artıran nedenin kemiklerde çözünmesinden ötürü değil, barsaklardan daha fazla emilmesinden ötürü olduğu ortaya konmuştur (99,100).

2.4.5. Protein Türleri

Fiziksel aktivitede artan protein gereksinimini karşılamak, etkin bir hipertrofi oluşturmak için diyetteki et, süt, yumurta gibi protein kaynaklarının artırılması, protein yanında önemli ölçüde kalori alımına neden olmaktadır. Bundan dolayı, spor yapan bireyler protein almak için genellikle protein oranı çok yüksek sanayi üretimi ile elde edilmiş olan takviyeler kullanırlar. Proteinlerin kaynakları süt, whey, kazein, yumurta ve soya'dır. Bu kaynakların tercih edilmesinin nedeni, insan organizması tarafından yapılması mümkün olmayan esansiyel amino asitler açısından zengin olmalarıdır. Böylece protein yapım hızı daha iyi stimüle olabilmektedir (101).

Ticari olarak en popüler olan katkı formundaki protein türleri whey ve kazeindir. Son dönemdeki araştırmalar da değişik tür protein tüketimi ile serum amino asit artışını incelemiştir. Amino asit izleme metodolojisini kullanarak, whey protein tüketiminin ardından serum amino asitleri keskin ve hızlı bir artış gösterirken, kazein kullanımı durumunda artış hızı daha yavaş olmakta ve 7 saatten uzun bir zamana yayılmaktadır. Protein türlerinin sindirilmeleri ve emilimleri arasındaki farklardan dolayı, yavaş (kazein) ve hızlı (whey) proteinler olarak adlandırılmalarını sağlamıştır (102). Bunların hangisinin protein sentezine daha olumlu etki ettiği ile ilgili görüşler birbirinden farklıdır (103,104).

Uluslararası Spor Beslenme Topluluğu'nun önerisi, egzersiz yapan bireylerin protein ihtiyaçlarını tam gıdalar tüketerek karşılamaları yönündedir. Kas proteini üretiminin hızlandırılması için ilave protein katkısı alınacağı zaman ise önerileri kazein ve whey karışımının kullanılması yönündedir (95).

Ancak birçok bağımsız araştırmada diğer protein kaynaklarına göre whey proteinlerinin, kas hücresi içi sentezi arttırmada daha başarılı olduğu yönündedir. Whey protein, sütün içinde yer alan suda çözünme yeteneğine sahip protein fraksiyonunu tanımlamaktadır. 100 gram whey proteini içinde 45 ile 55 gram gibi çok yüksek amino asit içeriği bulunmaktadır. Bunun yanında yağ, karbonhidrat, laktoz oranı da oldukça düşüktür. Esansiyel amino asitlerden olan dallı zincirli amino asitler bakımından ve özellikle lösin açısından (14 gr/100 gr whey) oldukça zengindir. Lösin kastaki protein yapımını başlatan hücre içi translasyon yollarını tetikleyen en güçlü uyaranlardan biridir. Whey protein ekstraktı %80 üzerinde ise "whey protein konsantresi", %90 üzerinde ise "whey protein izolatu" denmektedir (105). Çalışmamızda whey protein izolatu, protein takviyesi olarak kullanılmıştır.

2.4.6. Protein Alımının Zamanlaması

Egzersize bağlı oluşan protein oksidasyonu ve proteinlerin yıkımını bertaraf etmek için, ayrıca egzersiz sonrası artan protein yapımının optimum düzeyde olabilmesi için protein alımının zamanlaması çok önemlidir. Protein sentezi arttığı anda sağlanacak amino asitler kas yapımının yani hipertrofinin etkin olmasını sağlayacaktır. Kaslarda protein sentezinin artışı egzersiz sonrası 48 saate kadar sürebilmektedir. Bundan dolayı yapılan her antrenman sonrası kaslara kullanabilecekleri yapı taşlarını özellikle ilk 24 saat tedarik etmek önemlidir (106).

Her ne kadar yapılan tek egzersiz sonrası protein sentezinin 48 saate kadar uzayabileceği ifade edilse de bireyin antrene olma durumu bu süreci etkilemektedir. Antrene bireylerde protein sentezi daha hızlı bir artış göstermekle birlikte, bazal düzeye dönüş çok daha hızlı olmaktadır. Yapılan araştırmalar egzersiz sonrası kısa zamanda (0 ile 4. saatler arasında) protein alımının daha etkin bir sentezleme uyarımı yaptığı ortaya konmuştur (107). Ancak bunun yanında 24 saate yayılmış protein alınmasına da dikkat edilmesi sentez sürecini destekleyecektir. Ayrıca bazı yaklaşımlara göre egzersiz öncesi alınacak proteinler ile de amino asit havuzunun doldurulmasının etkili olduğunu savunan görüşler de vardır (108,109).

2.5. Amaç ve Hipotez

Düzenli yapılan tüm vücut titreşim antrenmanları sonrası zıt görüşler olsa da, kas ve sinirlerde görülen uyuma bağlı kuvvet artışı kabul gören bir durumdur. Fakat adaptasyon sonucu uzun dönemde gerçekleşen kuvvet artışının ortaya çıkma mekanizması hakkındaki bulgular ve görüşler çok farklılık göstermektedir. Nöronal adaptasyon ile kas hipertrofisi mekanizmalarını hem destekleyen hem de karşı çıkan önemli sayıda araştırma vardır. Biz bu çalışmada hipertofinin tüm vücut titreşim antrenmanlarında etkili bir mekanizma olup olmadığını farklı bir bakış açısı ile incelemeye çalıştık. Klasik kuvvet antrenmanları sonucu hipertrofiye bağlı kuvvet artışı protein kullanımı ile daha belirgin hale gelmektedir, hatta protein alımı ile kasların yapı taşı olan amino asitlerin kaslara yeterli sağlanamaması ile hipertrofik etki çok sınırlı bile olabilmektedir. Bir kuvvet antrenmanı olarak kabul edilen tüm vücut titreşim antrenmanları ile protein alımının birlikte yapıldığı bir çalışma literatürde yoktur. Bu çalışmanın amacı, protein takviyesinin düzenli yapılan tüm vücut titreşim antrenmanları sonucu oluşabilecek hipertrofiye etkisini ortaya koymaktır.

Hipotezimiz, protein takviyesi ile düzenli yapılan tüm vücut titreşim antrenmanları sonucu kas hipertrofisi daha etkin olup, kas kuvvetinde daha belirgin artış gerçekleştirecektir.

MATERYAL VE METOT

3.1.Çalışma Grubu

Bu çalışma, Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Daimi Etik Kurul tarafından 07.12.2010 tarihinde 201 numaralı karar ile onaylanmıştır. Çalışmaya katılan gönüllüler; Akdeniz Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Spor Yöneticiliği, Rekreasyon, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği, Antrenörlük bölümlerinden, son altı ay içerisinde bir spor kulübüne bağlı ya da kendi başına düzenli antrenman yapmayan öğrenciler arasından seçildi.

Araştırma 20-30 yaş arası ve bir sağlık sorunu olmayan gönüllü erkekler üzerinde yapılmıştır. Toplam 29 birey üzerinde yapılan bu çalışmada, gönüllüler Karbonhidrat Grubu (n=15), Protein Grubu (n=14) olmak üzere ikiye ayrılmıştır.

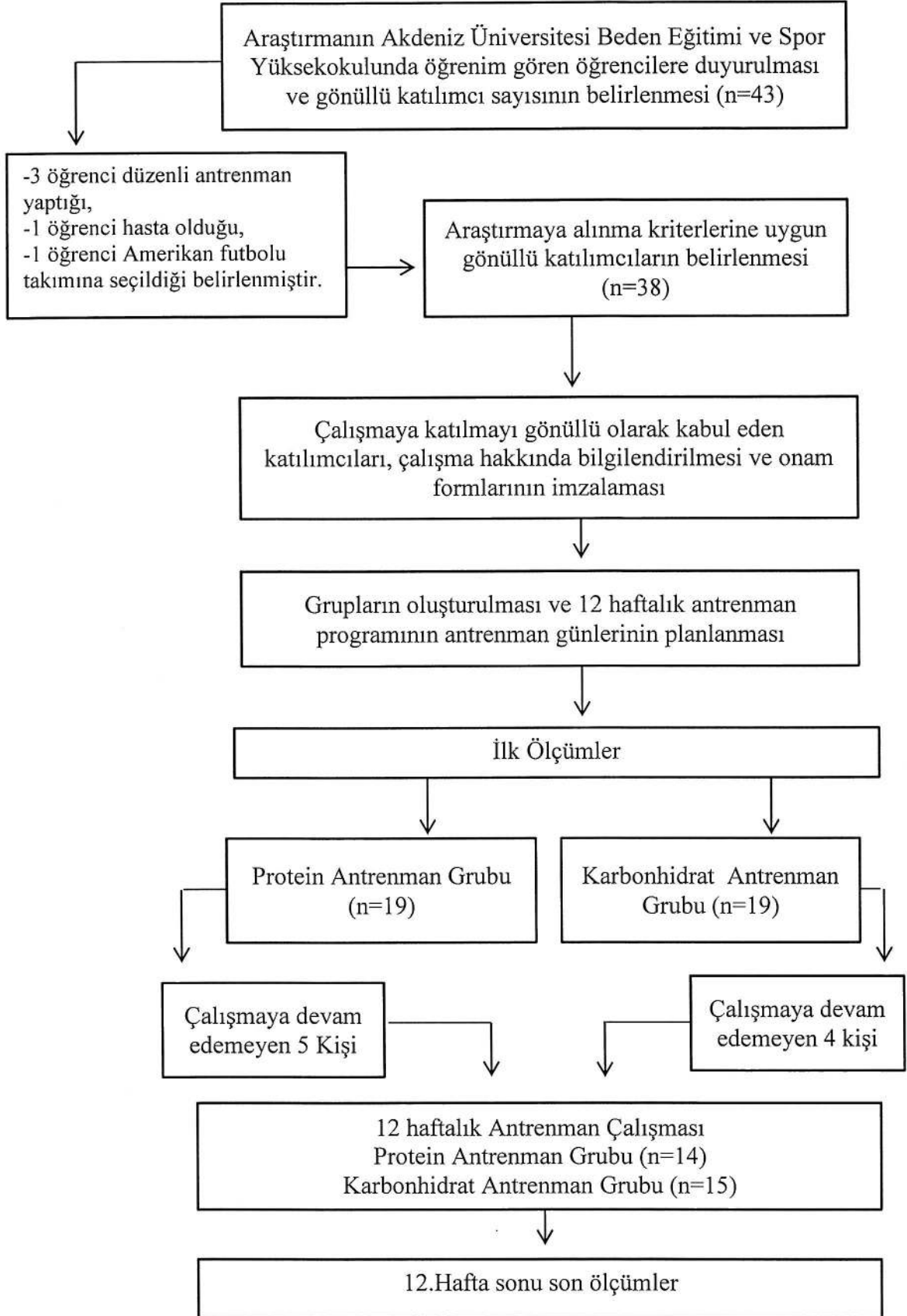
Araştırmaya katılma koşulları;

- 20-30 yaş arasında erkek olmak,
- Egzersize katılmayı engelleyecek sağlık sorunu olmaması,
- Gönüllü olmak,
- Son 6 aydır düzenli olarak her hangi bir egzersiz aktivitesinde bulunmamak.

Çalışmadan dışlanma koşulları;

- Yaş sınırı dışındaki bireyler,
- Kemik veya kas metabolizmasını etkileyen bir hastalığının olması,
- Protezinin olması,
- Nörolojik bir hastalığının olması,
- Kronik bir enfeksiyöz hastalığı olması,
- İnsulin bağımlı diabetes mellitus olması,
- Son 6 aydır düzenli spor yapmak,
- Elit sporcu geçmişi olmak,
- Vejeteryan olmak.

Denekler rasgele numara verilerek, kura yöntemi ile eşit sayıda iki gruba ayrıldı. Gruplar; Protein + Tüm Vücut Titreşim Antrenmanı; Karbonhidrat + Tüm Vücut Titreşimi Antrenmanı şeklinde oluşturuldu. Grupların ilk ölçümleri antrenman programı başlamadan bazal durumlarını saptamak amacıyla yapıldı. Son ölçümler ise 12 haftalık tüm vücut titreşim antrenmanı periyodu sonrası, son antrenman gününden sonra 24 ile 48 saatin içinde yapıldı.



Şekil 3.1.Çalışma Grubu,Grupların Seçimi ve Çalışmanın Uygulanması

3.1.1. Antrenman Programı

Toplam iki gruba ayrılan gönüllülerin her iki grubuna da aynı olmak üzere 12 hafta süresince, haftada 3 gün uygulanan titreşim antrenmanı programı aşağıda açıklanmıştır.

Araştırmamızda 2 adet, Aspire marka, 588 model titreşim platformları kullanılmıştır. Bu cihazların teknik özellikleri şunlardır.

- 30 Hz, 40 Hz, 45 Hz, 50 Hz frekans,
- 2 mm ile 4 mm amplitud,
- 30 sn, 60 sn, 90 sn tuşları bulunmaktadır.

Çizelge 3.1. Antrenman Programı

Hafta	Süre (sn)	Frekans (Hz)	Amplitud (mm)	Dinlenme (s)	a	b	c	d	e	f	g	h
1	30	30	2	60	2	1	1	2	1			
2	30	30	2	60	3	1	1	2	1	1	1	1
3	30	30	2	60	3	2	1	2	1	1	1	1
4	30	30	2	40	3	2	2	2	1	1	1	1
5	30	40	2	40	3	2	2	2	1	1	1	1
6	30	40	2	40	3	2	2	2	2	2	1	1
7	60	40	4	30	3	3	2	2	2	2	2	2
8	60	40	4	30	3	3	3	2	2	2	2	2
9	60	50	4	30	3	3	3	3	3	2	2	2
10	60	50	4	15	3	3	3	3	3	2	2	2
11	60	50	4	15	3	3	3	3	3	2	2	2
12	60	50	4	15	3	3	3	3	3	2	2	2

Hareketler; a-Squat, b-Deep squat, c-Wide stance squat, d-Lunge, e-Toes stand, f-Toes stand deep, g-Bent over pull, h-Lateral side rise

a- Squat



b- Deep Squat



c- Wide stance squat



d- Lunge



e- Toes Stand



f- Toes stand deep



g- Bent over pull



h- Lateral side raise



3.1.2. Isınma ve Soğuma

Her iki egzersiz grubuna titreşim antrenmanına başlamadan önce 10 dakika hafif tempo yürüyüş (maksimal kalp atım sayısının %40-50 aralığında), 10 dakika germe (stretching) egzersizleri yaptırıldı. Çalışma programlarının sonunda ise soğuma amaçlı 5 dakika hafif tempo yürüyüş uygulamasına alındılar.

3.1.3. Karbonhidrat ve Protein Kullanımı

Çalışmamızın amacı olan tüm vücut titreşim antrenmanları ile eş zamanlı protein kullanımının kas hipertrofisine ve kas kuvvetine etkisini incelemek için protein grubuna whey protein ve kontrol grubunda karbonhidrat olarak nişasta özlü katkı verilmiştir.

Karbonhidrat kullanımı; kontrol grubuna mısırdan elde edilen kısa zincirli nişasta 1 gram/kg olarak verilmiştir. Bu amaçla Hardline Carbopure supplement olarak seçilmiştir.

Protein kullanımı; protein grubu ise süt kaynaklı protein özütü olan whey proteinden 1 gram/kg olarak verilmiştir. Whey protein olarak %90'ın üzerinde saflık içeren Hardline BiprowPI90'ı kullanılmıştır.

Her iki desteğin isokalorik olması sağlanmıştır (nişastanın enerji değeri 384 kcal/100 gram, proteinin enerji değeri 394 kcal/100 gram). Günlük alınacak miktar antrenman günü hemen egzersiz öncesi ve sonrası olmak üzere iki kerede 300 ml su içinde iki kısımda verilmiştir. Antrenman yapılmayan günlerde her iki üründe sabah aç karına 0,5 gram/kg dozda alınması sağlanmıştır.

3.2. Ölçümler

Çalışmada tüm parametreler ön-test ve son-test ile ölçülmüştür. Ölçümleri aynı haftada yapılmıştır. Ön test antrenmanların başlamasından bir hafta önce, son test antrenmanların bittiği son hafta ve son antrenmandan sonra 24-48 saat içerisinde yapılmıştır.

3.2.1. Antropometrik Ölçümler

3.2.1.1. Boy Ölçümü

Başın verteks noktası ile yer arasındaki mesafe ölçülmüştür. Ölçüm sırasında denek ayakkabılarını çıkarmıştır. Beden dik topuklar bitişik ve baş frankfort pozisyonundadır. Ölçüm cm cinsinden kayıt edilmiştir (110).

3.2.1.2. Biyoelektrik İmpedans Analizi

Bu ölçüm ile beden ağırlığı, beden yağ yüzdesi ve beden kütle indeksi belirlenmiştir. Beden yağ yüzdesi ayaktan ayağa metodu ile ölçülmüştür (Tanita, Tokyo, Japonya, Model TBF 300) . Ölçümden önce deneklerin boy, aktivite düzeyleri, cinsiyetleri ve yaşları analizöre kayıt edilmiştir. Deneklerden çıplak ayak ile baskül üzerinde (elektrotlar ayak tabanına temas edecek şekilde) analizatörün üzerine çıkarak, dik pozisyonda ve hareketsiz bir şekilde beklemeleri istenmiştir.



Şekil 3.2. Tanita TBF 300

Biyoelektrik impedans testini uygulamadan önce deneklerin; testten 4 saat önce sıvı almamasına ve yemek yememesine, 12 saat öncesinde alkol ve kafein içmemesine, 6 saat öncesinde egzersiz yapmamasına, testten 7 gün önce diüretik maddeler alınmamasına, testten 30 dk önce idrarını yapmış olmasına, aşırı bir sıvı alımı ve tüketimi olmamasına dikkat edilmiştir (111,112,113).

3.2.1.3. Bacak Kas Alanı

Bacak bölgesi kas alanı saptamak için çevre ölçümü ve deri kıvrım kalınlığı ölçümü yapılmıştır. Çevre ölçümü mezura'nın "0" (sıfır) ucu sol elde diğer ucu sağ elde olmak üzere ölçüm alınacak bölgelere sarılarak, "0" (sıfır) noktasının üzerine

gelen rakam not edilmiştir. Ölçüm yapılırken mezuranın “0” (sıfır) noktası ile ölçülen sayının üst üste değil yan yana gelmesine dikkat edilmiştir. Mezura vücut bölümlerine dik olarak uygulanmıştır. Ölçüm sırasında, denekler ayaklarını 20 cm. bir aralık olacak şekilde açarak ve ağırlığını dengeli dağıtarak ayakta durmuşlardır. Ölçüm 0,1 cm’ye kadar not edilmiştir.

Deri kıvrım kalınlığı ise, $\pm 0.2\text{mm}$ duyarlılıkla ölçüm yapan Holtain marka skinfold kaliper (Holtain Ltd., UK) kullanılarak yapılmıştır. Kaliperin her farklı ağız açıklığında her mm’ye 10 gram standart bası uygulayıp uygulamadığı, kaliper asılı durumdayken yüklenen ağırlıklarla kontrol edilmiştir. Bacağın medial kenarının ortasında çevresinin en geniş olduğu noktadan vertikal olacak şekilde ölçülmüştür. Deri kıvrımı kalınlıklarının ölçümünde baş parmak ile işaret parmağı arasındaki deri altı yağ tabakası kalınlığı kas dokusundan ayrılacak kadar hafifçe yukarı çekilmiştir. Kaliper parmaklardan yaklaşık 1 cm uzağa yerleştirilmiştir ve tutulan deri altı yağ tabakası kalınlığı kaliper üzerindeki göstergeden 2-3 saniye içinde okunarak milimetre cinsinden kaydedilmiştir (114,115).



Şekil 3.3. Bacak Kas Alanı Ölçümü

Bacak Kas Alanı aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (116,117);

$$\text{BKA}(\text{cm}^2) = \frac{(\text{BÇ} - (\pi \times \text{BSKF}))^2}{4\pi}$$

BKA = Bacak Kas Alanı

BÇ = Bacak Çevresi

BSKF = Bacak Deri Kıvrımı

3.2.1.4.Sualtı Tartımı

Sualtı tartım yöntemi ile vücut yoğunluğu, beden yağ kitlesi ve yağsız vücut kitlesini belirlemiştir. Su altında birey ağırlığını ölçmek için 10 gram hassasiyetteki tartıya kişinin oturacağı bir düzenek eklenmiştir. Su yoğunluğunun hesaplanabilmesi için, su sıcaklığı, tanka sabitlenmiş elektronik termometre ile tespit edilerek kaydedilmiştir. Bireylere suya girmeden önce duş aldırılmıştır. Isı kontrolü yapılan içi su dolu tanka girerek, hassas bir terazinin kefesine oturan bireylerin, suya tam olarak batmaları ve akciğerlerindeki havayı tamamen boşaltmaları istenmiştir. Deneğin tüm havayı boşaltmasının ardından suyun altında hareketsiz bir şekilde 10'a kadar saymaları istenmiştir. Tartım 10 kez tekrarlanarak ve en yüksek değer dikkate alınmıştır (118,119,120).

Sualtı tartım yönteminde aşağıda sıralanan hususlara dikkat edilmiştir;

- 1) Bireyler en az 4 saat önce yemek yemiş olmasına,
- 2) Bedende su eksikliği yada su fazlalığına neden olacak yoğun egzersiz ve su alımı yapılmamasına,
- 3) 12 saat öncesine kadar mide ve bağırsaklarda gaz yapacak yiyecekler yenilmemesine,
- 4) 3 saat öncesine kadar sigara içilmemesine,
- 5) Tartım öncesi idrar kesesi boşaltılmış olmasına,
- 6) Birey çok hafif bir yüzme mayosu ile tartılmasına.

Vücut yoğunluğu aşağıdaki eşitlikten hesaplanarak, yağsız vücut kitlesine yaklaşım yapılmıştır (118,119,120).

$$\text{Vücut Yoğunluğu} = \frac{\text{VAH}}{\frac{\text{VAH} - \text{VAS}}{\text{SY}} - \text{RV}}$$

VAH = Vücut Ağırlığı (Havada)

VAS = Vücut Ağırlığı (Suda)

SY = Suyun yoğunluğu

RV = Rezidüel volüm

Vücut yoğunluğu hesaplandıktan sonra Siri tarafından geliştirilmiş formül ile % yağ hesaplanmıştır (120,121,122).

$$\text{Yağ (\%)} = [(4.95 / \text{Vücut yoğunluğu}) - 4.5] \times 100$$

Erkeklerde rezidüel volümü hesaplamak için Boren tarafından geliştirilmiş olan aşağıdaki formül kullanılmıştır (123,124).

$$\text{Rezidüel Volüm} = 0.019 \times \text{boy(cm)} + 0.0115 \times \text{yaş} - 2.24$$

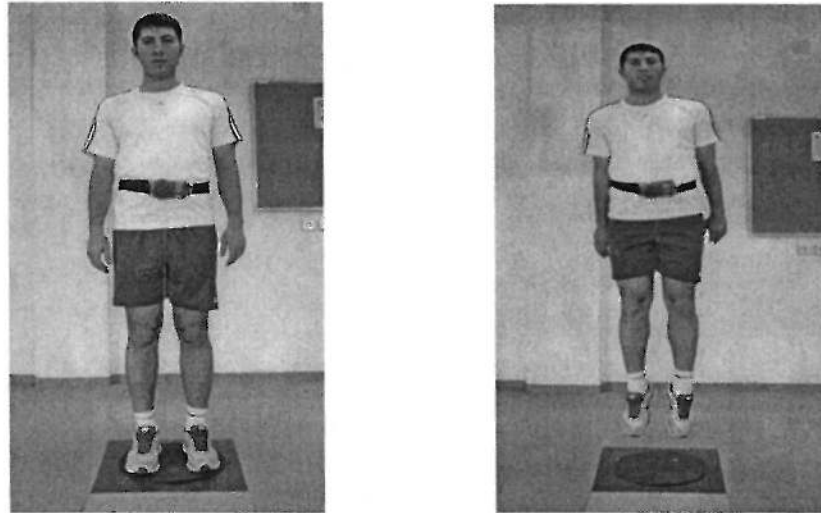
Yağsız vücut kitlesi hesaplamak için aşağıdaki formül kullanılmıştır.

$$\text{Yağsız Beden Kitlesi (kg)} = \text{Vücut ağırlığı} - \text{Yağ kitlesi}$$

3.2.2. Kuvvet Ölçümleri

3.2.2.1. Dikey Sıçrama Testi

Sıçrama kuvveti aracılığıyla, patlayıcı kuvveti tespit edilmesi için kullanılmıştır. Deneklere vücut ağılıklarını her iki ayak üzerine eşit olarak vermeleri, dizlerin ortalama 90 derece bükülü olması, sıçradıkları anda karınlarını öne çıkartmamaları, dizlerini bükmemeleri ve daire şeklindeki lastik alana düşmeleri istenmiştir. Sıçramasını, lastik alana düşerek tamamlayan bireyin dikey sıçramaları (125) ve 2 kez denemeden sonra en iyi derecesi dikey sıçrama değeri santimetre cinsinden kaydedilir. Dikey sıçrama testi için Takei marka jumpmetre kullanılmıştır.

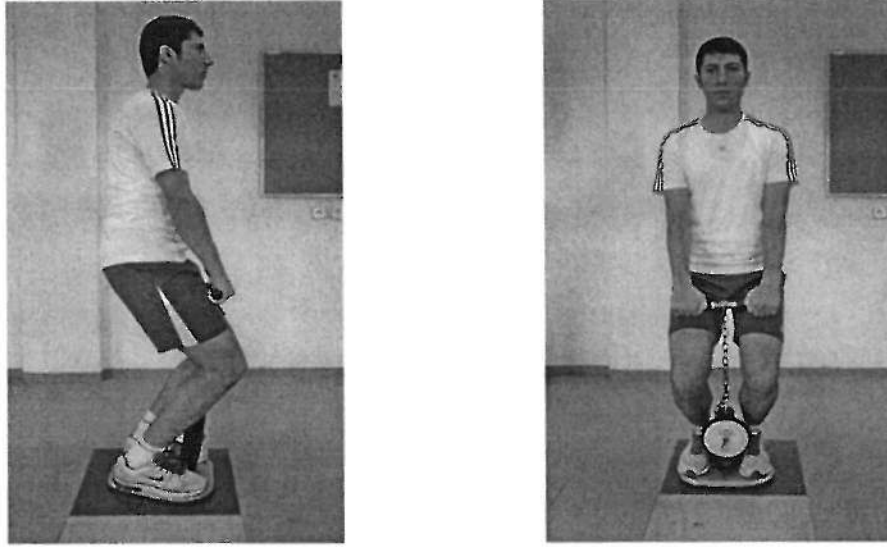


Şekil 3.4. Dikey Sıçrama Ölçümü

3.2.2.2. Bacak Kuvveti Testi

Bireyler dizleri bükük durumda bacak kuvvetini ölçen dinamometre sehpasının üzerine ayaklarını yerleştirdikten sonra, kollar gergin, sırt düz ve gövde hafifçe öne eğikken, elleri ile kavradığı dinamometre barını dikey olarak maksimum oranda bacaklarını kullanarak yukarı çekmişlerdir. Bu çekiş iki kez tekrar edilip her sporcu

için en iyi değer kaydedilmiştir (126). Bu lm için Takei marka bacak dinamometresi kullanılmıştır.



şekil 3.5. Bacak Kuvveti lm

3.2.2.3. Pençe Kuvveti lm

Pençe kuvvetini ölçmek için Takei-Grip-D marka el dinamometresi kullanılmıştır. lmde gönüllülerin sağ ellerini kullanmaları sağlanmıştır. Deneğin el uzunluğuna göre ayarlanıp, dijital kadran “0” konumuna getirilmiştir. Dinamometrenin yanda vcoda paralel bir konumda tutularak, kol hareket ettirilmeden olabildiğince güçlü bir biçimde sıkılmasını sağlamıştır. Dinamometre kg cinsinden okunarak kaydedilmiştir. Her lm sonunda 10 sn dinlenme süresi verilerek iki kez deneme yapmıştır. En iyi değer kayıt edilmiştir (127,128).



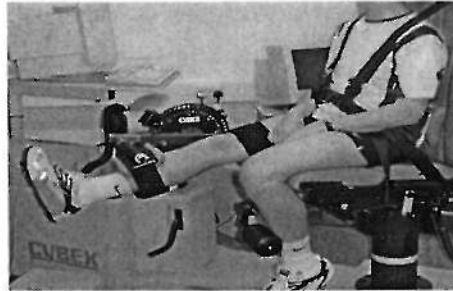
şekil 3.6. Pençe Kuvveti lm

3.2.2.4. İzokinetik Kuvvet Testi

Kas kuvvetinin gücünü belirlemek için izokinetik dinamometre (1995-1996 Cybex International, In. Ronkonloma, New York) kullanıldı. Test pozisyonu, ünitenin özel koltuğunda oturma pozisyonunda gerçekleştirildi. Araştırmamızda diz ekleminin ekstansiyon ve fleksiyon ölçümü yapıldı. Kuvvet, izometrik ve izokinetik ölçümlerle 60°/sn zirve kuvvet (peak torque) kullanılarak değerlendirildi.

Ölçümlerde çalışan kas grupları; ekstansiyon safhasında m.quadriceps femoris, m.rektus femoris, m.vastus medialis, intermedius ve lateralis kaslarından oluşmaktadır. Fleksiyon safhasında ise, hamstring kas grubundan biceps femoris, semitendinosus kasları çalışmaktadır. Gastrocnemius kası ise diz fleksiyonu sırasında hamstring kas grubuna yardımcı olmaktadır.

İzokinetik test ölçümünden önce 5 dakika bisiklet ergonometresi ile genel ısınma ardından ilgili kas gruplarına 5 dakika germe hareketleri uygulandı. Denekler pelvis ve kalça ile dizleri 90° ve tilt açısı 0° olacak şekilde Cybex cihazının koltuğuna oturdu. Bireysel antropometrik özelliklerine göre cihaz ayarlamaları yapıldı. Teste başlarken alt ekstremiteler ölçüm için sabitlendi (129,130,131). Ölçüm öncesi, ölçüm yapılacak açıda 5 tekrarlı 3 deneme uygulandı. Önce kuadriseps kasına, sonra hamstring kasına olmak üzere 60°/sn hızında, 5 tekrarlı konsantrik kasılma yapıldı ve tekrarlar arasında 1 dakika dinleme verildi. Sonuçlar Newton-Metre olarak kaydedildi.



Şelil 3.7. Cybex Cihazı

3.3. Verilerin Değerlendirilmesi

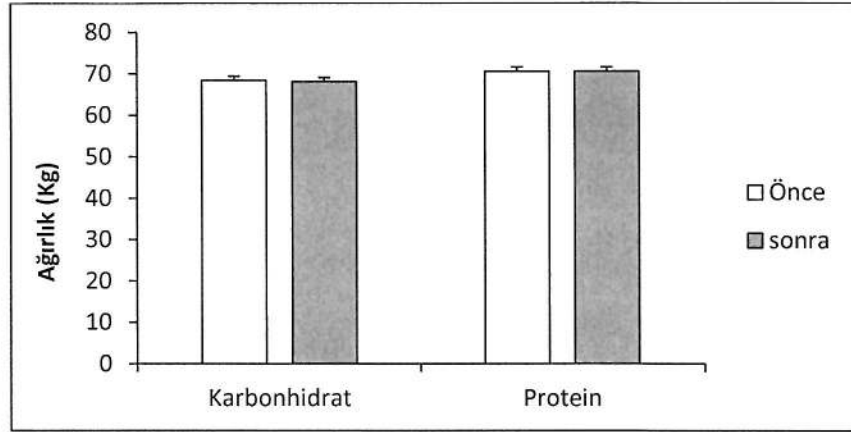
Çalışmada elde edilen veriler SPSS 18.0 paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlarda tanımlayıcı istatistik uygulanmıştır. Sonuçlar aritmetik ortalama ve standart hata olarak ifade edilmiştir. Her ölçümdeki parametrelerin dağılım özellikleri, denek sayısının 50'den az olması nedeniyle Shapiro Wilk testi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Test sonucunda tüm değişkenlerin normal dağılım gösterdiği ($p > 0.05$) gözlenmiştir. Her iki grubun ön test ve son test aritmetik ortalama değişimindeki farkın anlamlılığı testi "Bağımlı gruplarda t Testi" çözümlemesi ile ölçüm zamanlarındaki grupların aritmetik ortalamaları arasındaki farkın anlamlılığı analizi ise bağımsız gruplarda t testi istatistiksel çözümlemesi ile yapılmıştır. Her iki grubun da ölçümler arası yüzde farkı "Bağımsız gruplarda t Testi" ile karşılaştırılmıştır. P değeri 0.05'in altındaki değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

BULGULAR

Düzenli yapılan tüm vücut titreşim egzersizi ile birlikte diyet protein ilavesinin olası kuvvet artışı ve kas hipertrofisi yanıtına etkisini incelemek amacıyla Akdeniz Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulunda öğrenim gören erkek öğrencilerin katıldığı bu çalışmada, 12 hafta süresince gerçekleştirilen tüm vücut titreşim antrenmanları sonrası aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

4.1.Tanımlayıcı Özellikler

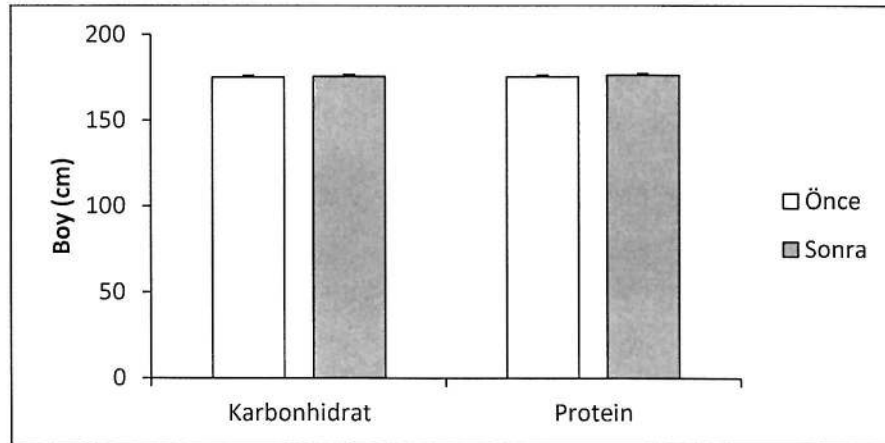
4.1.1.Ağırlık Değerleri



Şekil 4.1. Katılımcıların Ağırlık Değerleri

Yapılan ölçümler sonucunda her iki grubun ön test ve son test arasında bir artış belirlenmemiştir. Ayrıca elde edilen sonuçlara göre Karbonhidrat ve Protein grubu arasında anlamlı bir fark çıkmamıştır.

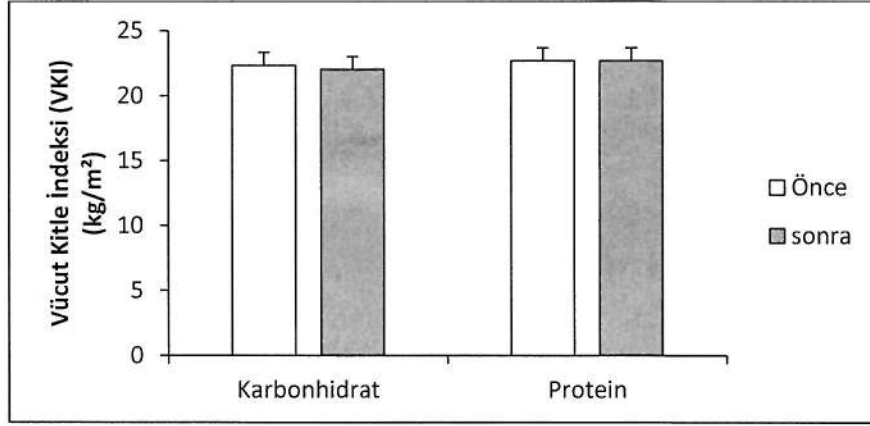
4.1.2.Boy Değerleri



Şekil 4.2. Katılımcıların Boy Değerleri

Tüm Vücut Titreşimi antrenmanı yapan karbonhidrat ve protein gruplarında ön test ve son test ölçümleri arasında artış belirlenmiştir. Ölçümlerden elde edilen değerler istatistiki yönden değişime neden olmamıştır.

4.1.3.Vücut Kitle İndeksi (VKI) Değerleri

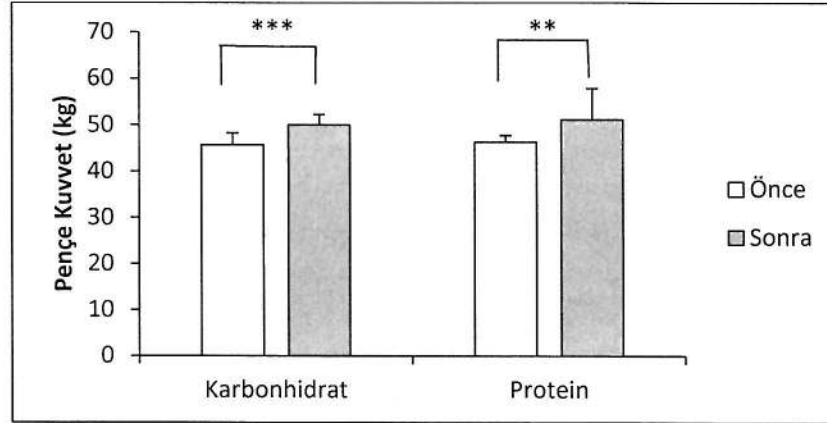


Şekil 4.3. Katılımcıların Vücut Kitle İndeksi Değerleri

Tüm vücut titreşimi antrenmanı yapan karbonhidrat ve protein grupların arasında veya grup içi değerlendirmelerde bir fark saptanamamıştır.

4.2. Kuvvet Değişimleri

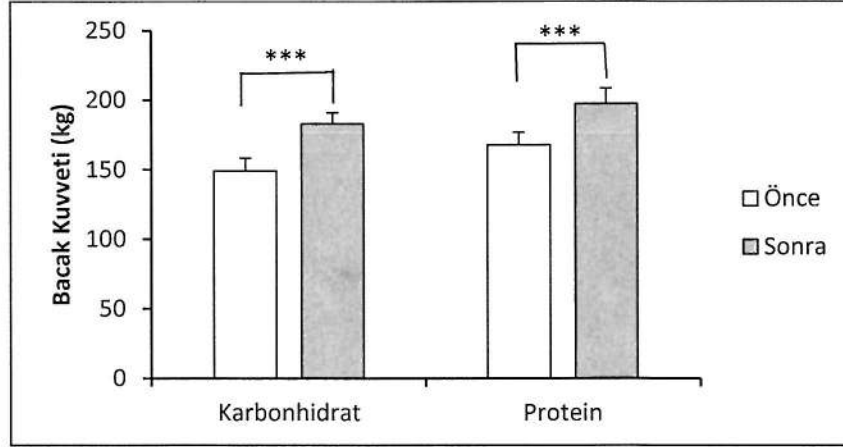
4.2.1.Pençe Kuvveti Değerleri



Şekil 4.4. Katılımcıların Pençe Kuvveti Değerleri

Her iki grubun ön test ve son test ölçümleri arasında pençe kuvvet performansında karbonhidrat grubu ön test ve son test ölçümleri arasında $p \leq 0,001$ ve protein grubu'nun ön test ve son test arasındaki karşılaştırmasında anlamlı fark çıkmıştır ($p < 0,01$). Karbonhidrat ve protein gruplarının karşılaştırmasında ve her iki grubun yüzde değişimleri arasında anlamlı bir fark çıkmamıştır.

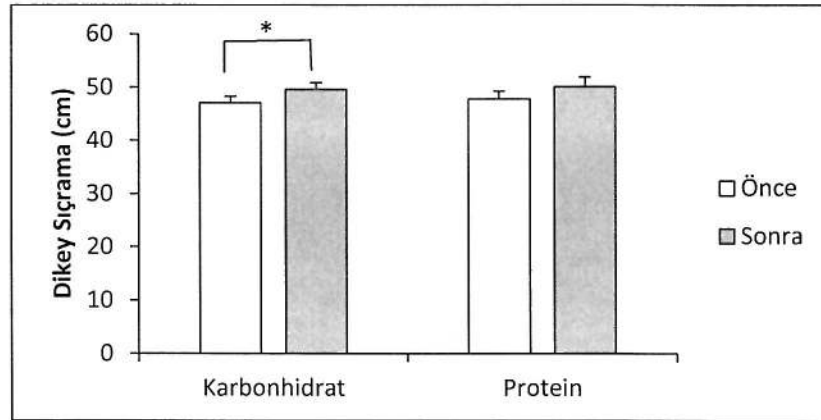
4.2.2.Bacak Kuvveti Değerleri



Şekil 4.5. Katılımcıların Bacak Kuvveti Değerleri.

Karbonhidrat ve protein gruplarının ön test ve son test ölçümlerinde bacak kuvvet performansında artış belirlenmiştir. Aradaki fark iki grup için de $p < 0,001$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. İki grup arasında karşılaştırmada ise anlamlı fark çıkmamıştır.

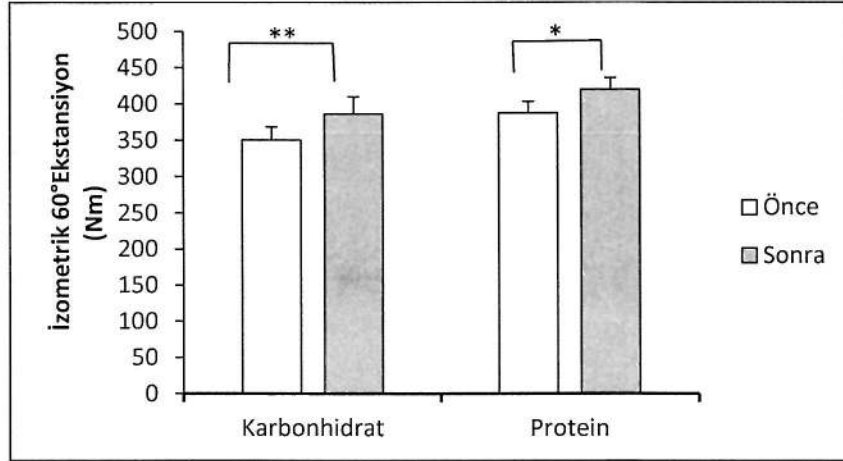
4.2.3.Dikey Sıçrama Değerleri



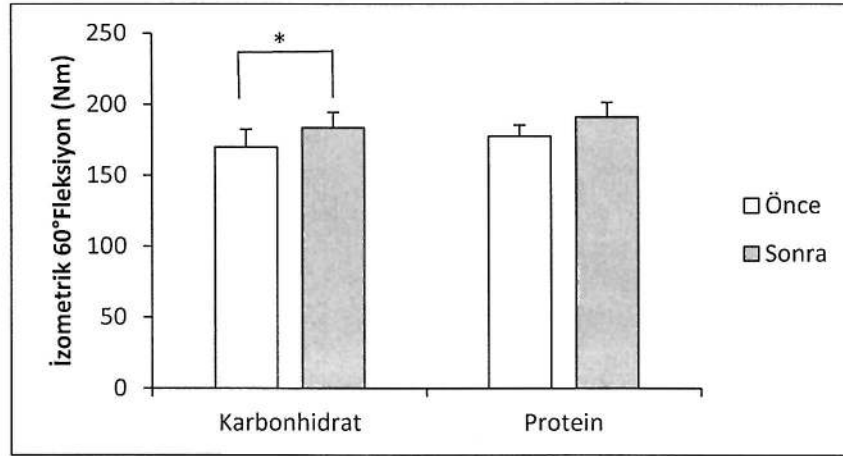
Şekil 4.6. Katılımcıların Dikey Sıçrama Değerleri.

12 haftalık tüm vücut titreşimi egzersizi sonrası karbonhidrat grubu dikey sıçrama testinde %5.7 civarında bir artış göstererek istatistiksel olarak ön ve son test sonuçlarında anlamlı ($p < 0,05$) fark ortaya koymuştur. Protein grubunda ise %5.2 gibi benzer düzeyde bir artış olmasına rağmen istatistiksel olarak ön ve son testler arasında fark bulunmamıştır. Her iki grubun önceki ve sonraki değerleri ile yüzde artışları arasında herhangi bir istatistiksel fark saptanmamıştır.

4.2.4. İzometrik Kuvvet Değerleri



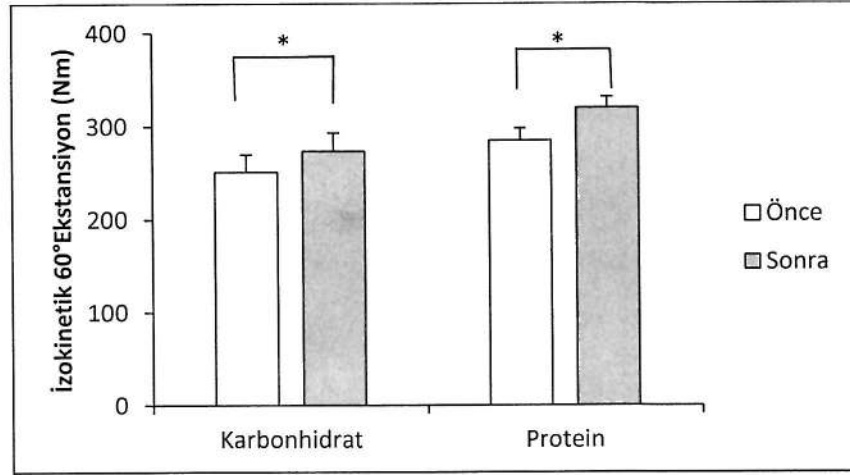
Şekil 4.7. Katılımcıların İzometrik 60° Ekstansiyon Değerleri



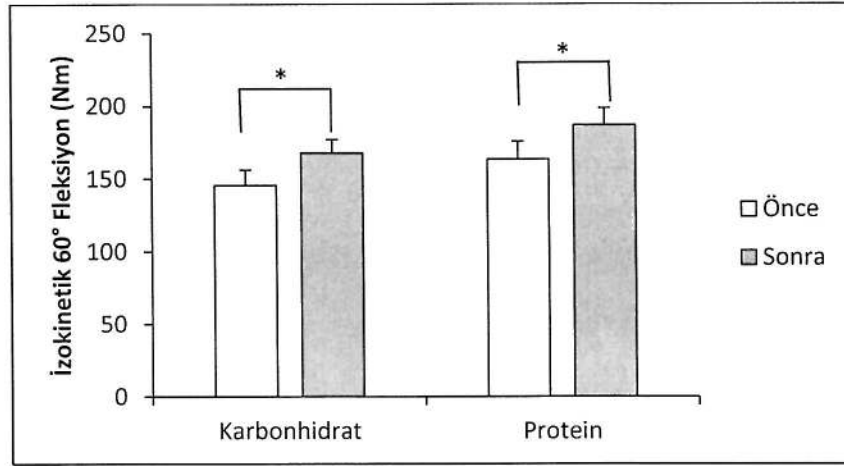
Şekil 4.8. Katılımcıların İzometrik 60° Fleksiyon Değerleri.

Tüm vücut titreşimi antrenmanı yapan karbonhidrat ve protein gruplarının 60°/sn hızındaki izometrik kuvvet testi zirve değerlerine göre alt ekstremite ekstansör ve fleksör kas kuvvetinde artış olduğu belirlenmiştir. Elde edilen değerlere göre, izometrik ekstansör kas kuvveti değerlerinde, karbonhidrat grubu'nun ön test- son test arasında ($p<0,01$) ve protein grubunun ön test-son test arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$). İzometrik fleksör kas kuvveti değerlerinde, karbonhidrat grubu'nun ön test ve son test arasında arasında anlamlı fark ($p<0,05$) varken protein grubunda bu saptanmamıştır. İki grup arasında karşılaştırmalarda ise anlamlı fark çıkmamıştır.

4.2.5. İzokinetik Kuvvet Değerleri



Şekil 4.9. Katılımcıların İzokinetik 60° Ekstansiyon Değerleri.

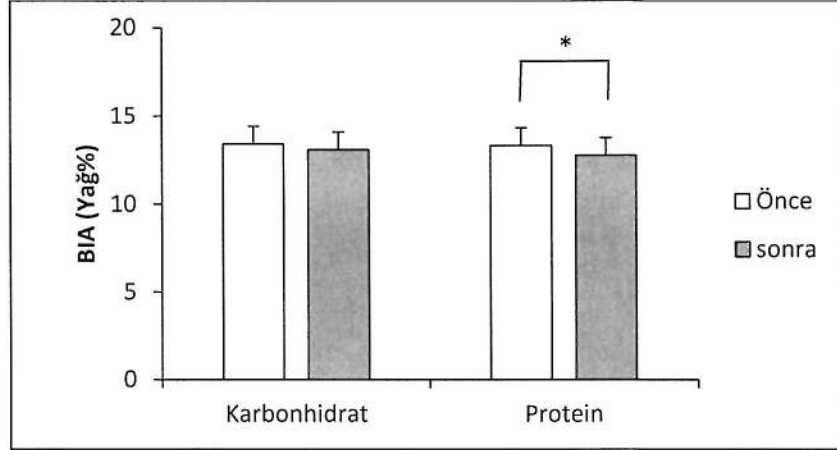


Şekil 4.10. Katılımcıların İzokinetik 60° Fleksiyon Değerleri.

Tüm vücut titreşimi antrenmanı yapan karbonhidrat ve protein gruplarının 60°/sn hızındaki izokinetik kuvvet testi, zirve değerlerine göre alt ekstremitte ekstansör ve fleksör kas kuvvetinde artış olduğu belirlenmiştir. Elde edilen izokinetik ekstansör ve fleksör kas kuvveti zirve değerlerine göre, karbonhidrat grubu ve protein grubu'nun ön test ve son test arasında anlamlı fark çıkmıştır ($p<0,05$). İki grup arasında karşılaştırmalarda ise anlamlı fark çıkmamıştır.

4.3. Vücut Kompozisyonu Değişimleri

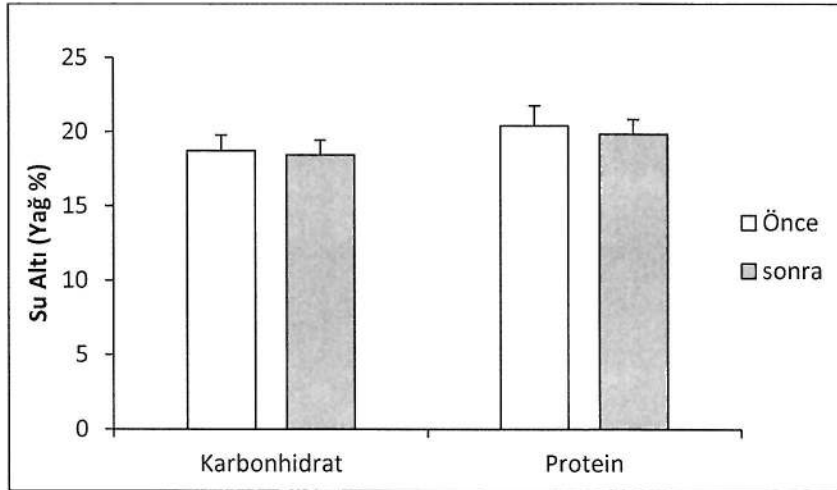
4.3.1. Biyoelektrik İmpedans Analizi Yöntemi İle Vücut Yağ Yüzdesi Değerleri



Şekil 4.11. Katılımcıların Biyoelektrik İmpedans Analizi Yöntemi İle Vücut Yağ Yüzdesi Değerleri.

Biyoelektrik impedans analizi yöntemi ile vücut yağ yüzdesi ölçümünde, tüm vücut titreşimi antrenmanı yapan karbonhidrat grubunda %2.71'lik bir azalma varken, protein grubunda yağ yüzdesi %3.93 düzeyinde anlamlı azalma göstermiştir. Protein grubu ön test ile son test değerleri arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$). Gruplar arası karşılaştırma ile herhangi bir fark bulunmamıştır.

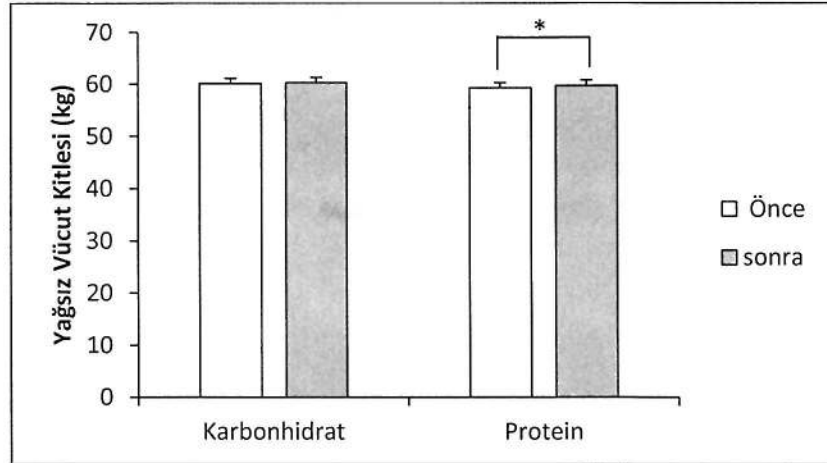
4.3.2. Sualtı Tartım Yöntemi İle Vücut Yağ Yüzdesi Değerleri



Şekil 4.12. Katılımcıların Sualtı Tartım Yöntemi İle Vücut Yağ Yüzdesi Değerleri.

12 haftalık titreşim antrenmanları sonucunda grup içi karşılaştırmalarda ve gruplararası karşılaştırmalarda istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır.

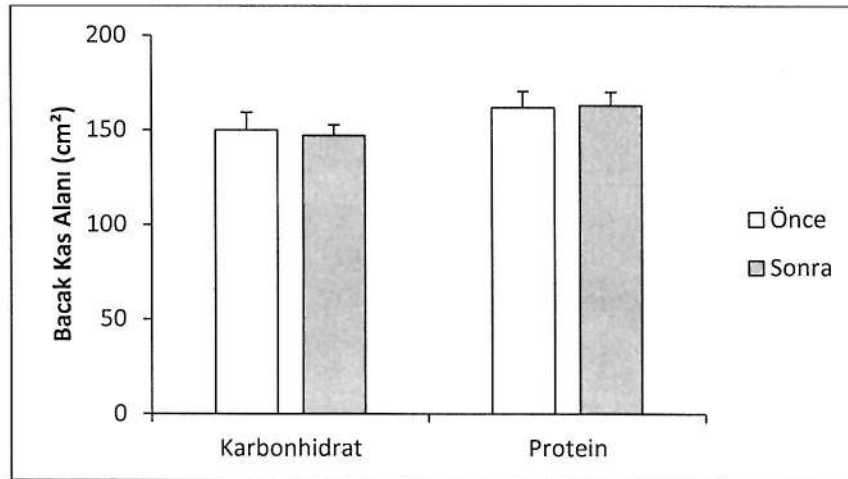
4.3.3. Biyoelektrik İmpedans Analizi Yöntemi İle Yağsız Vücut Kitlesi Değerleri



Şekil 4.13. Katılımcıların Biyoelektrik İmpedans Analizi Yöntemi İle Yağsız Vücut Kitlesi Değerleri.

Tüm vücut titreşim antrenmanları sonucu karbonhidrat grubu ilk ve son değerleri açısından fark göstermezken, protein grubunda %0.83'lük artışla $p < 0,05$ düzeyinde anlamlılık saptanmıştır. Gruplar arası kıyaslamada ise herhangi bir fark ortaya konulmamıştır.

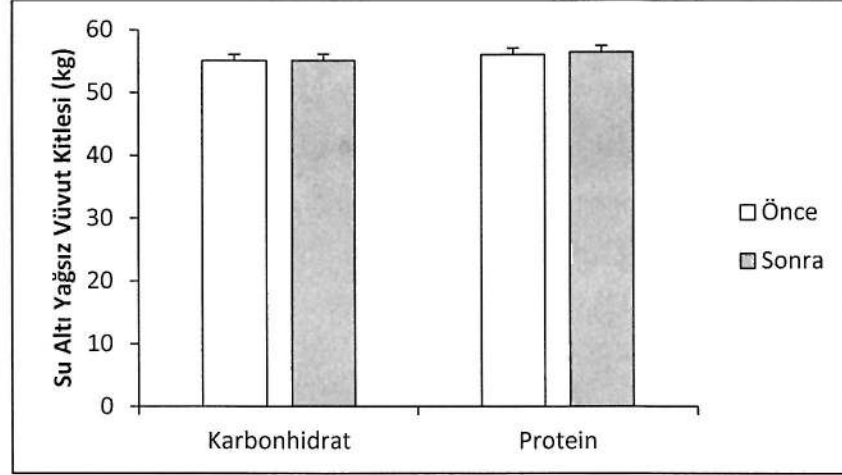
4.3.4. Bacak Kas Alanı Değerleri



Şekil 4.14. Katılımcıların Bacak Kas Alanı Değerleri.

Tüm vücut titreşimi antrenmanı yapan karbonhidrat ve protein gruplarında ön test ve son test ölçümleri arasında bir artış belirlenmemiştir. İki grup arasında karşılaştırma ile karbonhidrat grubu ve protein grubunun ön test, son test ve yüzde değişim arasında anlamlı bir fark çıkmamıştır.

4.3.5. Sualtı Tartım Yöntemi ile Yağsız Vücut Kitlesi Değerleri



Şekil 4.15. Katılımcıların Sualtı Tartım Yöntemi İle Yağsız Vücut Kitlesi Değerleri.

Tüm vücut titreşimi antrenmanı yapan karbonhidrat ve protein gruplarında ön test ve son test ölçümleri arasında bir artış belirlenmemiştir. İki grup arasında karşılaştırma ile karbonhidrat grubu ve protein grubunun ön test, son test ve yüzde değişim arasında anlamlı bir fark çıkmamıştır.

Çizelge 4.1. Sonuç Tablosu

Parametreler	Karbonhidrat			Protein		
	Ön Test n=15	Son Test n=15	Değişim Yüzdesi	Ön Test n=14	Son Test n=14	Değişim Yüzdesi
Yaş (yr)	20,8±0,49			21,14±0,38		
Ağırlık (kg)	68,35±2,14	68,10±2,19	-0,39±0,59	70,51±2,57	70,51±2,55	0,03±0,41
Boy (cm)	175,13±1,45	175,57±1,44	0,26±0,06	175,31±1,16	176,25±1,16	0,55±0,48
Vücut Kitle İndeksi(kg/m ²)	22,33±0,76	22,02±0,75	-1,33±0,66	22,66±0,73	22,66±0,73	-0,01±0,46
Vücut Yağ Oranı(Yağ %)	13,42±0,99	13,08±1,04	-2,71±1,78	13,33±1,52	12,75±1,44 *	-3,93±1,44
Yağsız Vücut Kütlesi (kg)	60,11±1,36	60,30±1,42	0,30±0,37	59,23±1,49	59,71±1,49 *	0,83±0,30
Sualtı Vücut Yağ Oranı(yağ%)	18,72±1,06	18,43±1,10	-1,29±2,34	20,39±1,36	19,83±1,30	-2,31±1,44
Sualtı Yağsız Vücut Kütlesi(kg)	55,05±1,79	55,07±1,84	0,04±0,94	56,0±1,96	56,42±1,98	0,77±0,62
Bacak Kas Alanı (cm ²)	150,0±9,24	147,1±8,62	-1,73±1,18	161,7±5,52	162,8±7,01	0,41±1,36
Pençe Kuvveti (kg)	45,65±2,57	49,96±2,32 ***	10,55±2,14	46,32±1,41	51,11±6,77 **	10,66±3,04
Bacak Kuvveti (kg)	149,0±9,34	182,93±8,09 ***	26,58±5,71	167,75±8,89	197,17±11,12 ***	17,74±3,47
Dikey sıçrama (cm)	47,07±1,21	49,6±1,26 *	5,70±2,20	47,75±1,47	50,08±1,84	5,19±3,48
İzometrik60°Extansiyon(Nm)	350,47±18,16	386,47±23,50 **	10,24±3,79	387,69±16,19	420,0±15,94 *	9,11±3,33
İzometrik60°Fleksiyon(Nm)	169,77±12,37	183,62±10,79 *	9,99±3,71	177,42±7,81	191,0±10,03	8,09±4,33
İzokinetik60°Extansiyon(Nm)	251,0±18,46	273,31±19,78 *	9,68±3,75	284,75±13,16	319,58±11,76 *	14,26±5,95
İzokinetik60°Fleksiyon(Nm)	145,53±10,64	167,80±9,18 *	20,48±7,68	163,36±12,14	186,64±11,77 *	18,23±7,81

TARTIŞMA

Düzenli fiziksel aktivitede bulunmak, sağlıklı yaşam kavramı için vazgeçilmez bir unsurdur. Bu amaçla insanları düzenli egzersize teşvik etmek için birçok teknik ve yöntem geliştirilmektedir. Tüm vücut titreşim egzersizleri de, kuvvet antrenman modeli olarak ileri sürülen tekniklerden biridir. Bu çalışmanın konusu olan tüm vücut titreşim antrenmanları sonucu, kuvvet kazanımı ve çizgili kaslardaki hipertrofi gelişimi diyet protein ilavesi altında araştırılmıştır. 12 haftalık tüm vücut titreşim antrenmanları sonucu, diyet protein ilavesinin kontrol grubu olarak kullanılan protein yerine karbonhidrat alan gruba göre ek bir kuvvet artışına yol açmadığı gözlenmiştir. Bunun yanında her iki grupta da titreşim antrenmanları sonucu kas kitlesinde her hangi bir artış saptanamamıştır. Tüm vücut titreşim antrenmanı sırasında diyet protein ilavesinin ilk kez denendiği bu çalışma, titreşim antrenmanları sonucu oluşan kuvvet artışında muskuler komponentin etkili olmadığını ortaya koymuştur.

Son yıllarda popülaritesi oldukça artan tüm vücut titreşim egzersizleri hakkında bilimsel ve bilimsel olmayan kaynak karşılaştırması bakımından devasa fark vardır. Bu konuda PubMed taraması sonucu henüz 2000'ler düzeylerinde yayın olduğu görülmektedir. Halbuki titreşim egzersizi için Google'da tarama yapıldığında 10 milyonlarca sonuç çıkmaktadır. Bilimsel olmayan kaynaklarda, henüz ön-bulgular niteliğinde kesin olarak kanıtlanmamış veya üzerinde hiç araştırma yapılmamış parametreler için bile çok önemli vaatler ileri sürülmektedir. Diğer yönden bilimsel yayın sayısı az olsa da bu konudaki artış ivmesi göze çarpmaktadır. Yıllara göre PubMed'deki titreşim egzersizi konulu yayın sayısı şu şekildedir;

2012 (ilk 5 ay)	105 adet
2011	212 adet
2010	209 adet
2009	170 adet
2008	138 adet
2007	130 adet
2006	103 adet
2005	110 adet
2004	66 adet
2003	64 adet
2002	52 adet
2001 ve öncesi	706 adet.

Ortaya konması yaklaşık 25-30 sene olmasına rağmen, özellikle 2000'li yıllardan sonra kullanımı artan tüm vücut vibrasyon egzersizi bir kuvvet egzersiz modeli olarak kabul edilmektedir (15). Titreşim egzersizinin bir kuvvet egzersiz olarak kabul edilmesine rağmen, klasik kuvvet antrenmanlarına göre kuvvet artışı konusunda literatürde çokça çelişkili sonuçta bulunmaktadır. Titreşim egzersizi ile kuvvet üzerine yapılan araştırmaları akut ve kronik etkisi olarak ikiye ayırmak olasıdır. Tek bir sefer tüm vücut titreşim uygulamasından sonra yaklaşık bir saat içindeki kuvvet değişimlerinin gözlemlendiği araştırmalar akut etkiyi incelemektedir. Titreşim egzersizi sonrası üst ekstremiteler kuvvet değişimleri konusunda araştırmalar

artış ve değişiklik olmadığı konusunda başa baş giderken, alt ekstremitte kuvvet değişimleri açısından ağırlık artış yönündedir (1,15). Bu artış dikey sıçrama yüksekliği, bilgisayarlı dinamometre ile isokinetik, isometrik kuvvet ölçümleri, 1RM ölçümü gibi değişik parametrelerle de teyit edilmiştir. Ancak titreşim egzersizleri sonucu alt ekstremitte kuvvetinde değişim olmadığını gösteren az sayıda olmayan çalışmada mevcuttur (1,15,132).

Bizim çalışmamızın da konusu olan tüm vücut titreşim egzersizine bağlı kronik değişimler, en az iki aylık bir antrenman periyodu sonrası görülen etkiyi ortaya koymaktadır. Bu çalışmada deneklerimize üç ay süresince, haftada 3 gün tüm vücut titreşim egzersizi uygulandı. Titreşim egzersizinin kronik etkisini gözlemek ve akut kuvvet değişimi etkisini bertaraf etmek amacıyla, antrenman periyodu sonrası ölçümler, son antrenman uygulamasından en az 24 saat sonra uygulandı. Deneklerimizin üst ekstremitte kuvvetini değerlendirme amacıyla, el dinamometresi ile el kavrama kuvveti ölçümü yapıldı. Her iki grupta da bazal ölçümlere göre üç ay sonra yaklaşık %10'luk, istatistiksel olarak anlamlı kuvvet artışı saptandı. Literatürde uzun süreli titreşim egzersizi sonrası üst ekstremitte kuvveti değişimlerini kıyaslayabileceğimiz pek araştırma yoktur. 3-4 hafta süresince uygulanan egzersizler sonucu üst ekstremitte kuvveti arttığı bildirilmiştir (133,136). Tüm vücut titreşim egzersizlerinde kullanılan platformların doğası gereği, üst ekstremitte kasları için yapılabilecek hareket sayısı sınırlıdır. Bizim çalışmamızda da toplam 8 hareketin, 2 tanesi (bent pull over, lateral side raise) üst ekstremitteye yönelik idi. Bundan dolayı alt ekstremitte kuvvet değişimleri sonuçları, antrenmanların etkisini göstermek için daha önemli konumdadır.

Araştırmamızda deneklerin alt ekstremitte kuvvet değişimleri öncelikle dik sıçrama yüksekliği ve bacak dinamometresi ile değerlendirildi. Bacak/sırt dinamometresi ile değerlendirilen bacak kuvveti, her iki grupta da anlamlı düzeyde artış (karbonhidrat grubu %26, protein grubu %17) saptandı. Ancak dikey sıçrama yüksekliği her iki grupta da %5 civarında artış gösterirken, bu artış karbonhidrat grubunda anlamlı, protein grubunda ise istatistiksel olarak anlamlılık sınırına çok yakın, ama anlamlı değildi. Uzun süreli tüm vücut titreşim antrenmanlarının alt ekstremitte kuvvetine etkisini gösteren çalışmalar incelendiğinde çok az sayıda araştırma (3,59) değişim olmadığını bildirmekle birlikte, önemli sayıda araştırma dikey sıçrama yüksekliğinde artış olduğunu bildirmektedir (13,44,59,67). Bizim çalışmamızda da ağırlıklı olarak alt ekstremitte hareketlerinin kullanıldığı üç aylık titreşim antrenmanı sonrası alt ekstremitte kuvvet artışı olması, literatür ile paralellik gösterdi.

Gönüllülerimizin 12 haftalık tüm vücut titreşim egzersizine gösterdikleri izometrik ve izokinetik kuvvet değişimleri bilgisayarlı dinamometre ile çalışıldı. 60 derecelik diz açısında bacağın hem ekstansör hem de fleksör kaslarının kuvvetleri, deneklerin dominant bacaklarında saptandı. Tüm deneklerin dominant ekstremiteleri sağ kol ve bacakları idi. Sonuçlara bakıldığında üç aylık düzenli titreşim antrenmanının belirgin kuvvet artışı yaptığı gözlemlendi. İzometrik kuvvet ölçümünde karbonhidrat grubu hem ekstansörler hem de fleksör kaslar için %10'luk istatistiksel olarak anlamlı artış gösterirken, protein grubu ekstansörler için %9 artışla anlamlı, fleksörler için %8 ile artış olmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlı olmayan artış gösterdi. Protein grubunda fleksör kasların izometrik kuvvet artışı anlamlı

olmamasına rağmen, dikey sıçrama yüksekliğindeki gibi “p değeri” anlamlılık sınırına çok yakın idi. Gönüllülerin izokinetik kas kuvvetleri ise hem ekstansör hem de fleksör kaslarda her iki grup için istatistiksel olarak anlamlı artış gösterdi. Literatürde iki aydan uzun süreli tüm vücut titreşim antrenmanları sonucu bacak ekstansör kaslarında izometrik kuvvet değişiminin olmadığını (59) gösteren sonuçlar olsa da, araştırmaların büyük kısmı belirgin kuvvet artışı olduğu yönünü işaret etmektedir (10,13,44,135,136).

Yukarıda tartıştığımız araştırmamızın kuvvet sonuçları, titreşim antrenmanı sonucu her iki grupta artış göstermesi beklenen bir sonuç olup, literatürde titreşim antrenmanlarının sonucu kronik süreçte kuvvet artışı olduğunu ortaya koyan yayınları desteklemektedir. Ancak bizim araştırmamızın orijinal yönü kuvvet artışının her iki grupta da benzer düzeylerde olması ve ilk ile son ölçümler arasında, ayrıca artış yüzdeleri bakımından gruplar arasında bir fark olmamasıdır. Üç ay süresince tüm vücut titreşim antrenmanları sırasında diyetlerinde protein ilavesi alan denekler, karbonhidrat alan deneklere göre daha fazla bir kuvvet artışı göstermediler.

Titreşim antrenmanlarına bağlı kuvvet artışı üzerinde bile halen tam görüş birliği yokken, titreşime bağlı kuvvet artışının mekanizmaları üzerinde görüş ayrılıkları çok daha fazladır. Kas kuvvetinin nöral ve muskuler olmak üzere iki komponenti vardır. Araştırma sonuçları tüm vücut titreşim egzersizi sonrası nöral komponentteki yeniden düzenlenmelerden dolayı kuvvette artış olduğu üzerinde daha çok durmaktadır (14,132). Tezin giriş kısmında da söz edildiği gibi, titreşim egzersizi sonrası kuvvet artışı 60 dakikaya kadar sürebilmekte ve nöral komponentteki değişimler ile açıklanmaktadır (8). Düzenli yapılan titreşim antrenmanları sonucu, antrenmandan 24-48 sonra ölçülen kuvvet artışı mekanizmasında ise muskuler kuvvetin daha doğrusu, kasın kontraktıl makinasındaki değişimlerden söz edilmektedir (14). Tüm vücut titreşim antrenmanları sonucu oluşan kuvvet artışında kaslardaki hipertrofinin etkili olabileceği belirtilmektedir (10,17,18,19). Bu görüşü destekler nitelikte, titreşim egzersizi sonrası büyüme hormonu ve testosteron hormon düzeylerinde artış varken, kortizol düzeyinde azalma bildirilmiştir (20). Bunlara karşın bazı araştırmalarda tüm vücut titreşim antrenmanları sonrası kaslarda hipertrofik etkinin geçerli olmadığını ve bunu destekleyici hormonal değişimlerinde görülmediğini ortaya koymaktadır (21,22,23,24).

Uzun süreli titreşim antrenmanları sonrası kuvvet artışında kaslardaki olası hipertrofi üzerine yapılan araştırmalarda bu kadar farklı sonuçlar çıkması diyetle alınan proteinin göz ardı edilmesine bağlı olabilir. Antik çağlardan beri atletik performansa protein alımının etkisi çok iyi bilinmektedir. Bugün artık egzersiz ile birlikte kaslarda artan anabolik sinyal yollarının, beslenme ile önemli bir şekilde potansiyalize olduğu bilinmektedir (79). Hatta bazı bilim adamları, kuvvet egzersizlerinin temel anabolik uyaran olmasına rağmen, kas kitlesinde net kazanımın ancak yeterli protein alımında gerçekleşebileceğini söylemektedirler (137). Tüm vücut titreşim antrenmanları sonrasında kas kitlesi değişimini inceleyen araştırmalarda protein alımını şimdiye kadar göz önüne alınmamıştır. Titreşim antrenmanları ile kaslarda oluşturulan olası anabolik sürecin, yeterli protein alımını göz ardı edilmesi etkin bir hipertrofi yanıtının elde edilmesini önlemiş olabilir. Biz çalışmamızda bu amaçla deneklerimizin bir bölümüne günlük kendi diyetlerinde

alacakları protein miktarı üzerine 1 gr/kg protein ilavesini antrenman öncesi ve sonrası olmak üzere iki kısımda verdik. Ayrıca titreşim egzersizleri sonucu oluşabilecek anabolik sürecin devamlılığı için antrenman olmayan günlerde ise 0,5 gr/kg protein alınımı sağlandı. Deneklerin diğer grubu ise kontrol grubu olarak protein grubuna kalorik olarak denk olacak şekilde karbonhidrat aldılar. Üç ay süresince tüm vücut titreşim antrenmanları ile birlikte protein ve karbonhidrat alan grupların vücut yağ yüzdesi ve yağsız vücut kitlesi değişimleri ölçüldü.

Deneklerin tüm vücut titreşim antrenmanları sonucu beden kompozisyonundaki değişimlerini farklı yöntemler ile değerlendirmeye çalıştık. Vücut yağ yüzdesi biyoelektrik empedans ve su altı tartım yöntemi ile değerlendirildi. Tüm denekler antrenman periyodu sonrası, önceki ölçümlerine göre yağ yüzdesinde azalma gösterdiler. Protein grubu biyoelektrik empedans yöntemi ile ilk ölçüme göre son ölçümde %4'lük istatistiksel olarak anlamlı bir yağ yüzdesi azalışı gösterdi. Ancak aynı grubun su altı tartım yöntemi ile yağ yüzdesi azalışı %2,3 olarak saptandı ve istatistiksel olarak anlamlı değildi. Karbonhidrat grubunun titreşim antrenmanları sonucu yağ yüzdesi değişimleri hem biyoelektrik empedans hem de sualtı tartım yöntemlerinde istatistiksel olarak anlamlı fark göstermedi. Protein ve karbonhidrat grupları arasında ise her iki yöntemle de vücut yağ yüzdesi, ilk ve son ölçümler ile yüzde değişimler açısından farklı değildi.

Tüm vücut titreşim egzersizlerine bağlı kuvvet artışı dışında parametrelerde görülen birbiri ile çelişkili sonuçlar, vücut yağ yüzdesindeki değişimde de izlenmektedir. Uzun süreli yapılan tüm vücut titreşim egzersizi sonucu vücut yağ yüzdesinde azalma olduğu ileri süren (139) sonuçlarının yanında herhangi bir değişim olmadığını gösteren (12,74,138) çalışmalar literatürde yer almaktadır. Bizim çalışmamızda bioelektrik empedans yöntemi ile ölçülen vücut yağ yüzdesinde protein grubunda görülen %4 düzeyinde azalma dışında diğer ölçümlerimizde istatistiksel anlamlı bir azalma saptanmıştır. Özellikle su altı tartım yöntemi ile her iki grupta da anlamlı değişiklik olmaması dikkate alındığında, sonuçlarımız titreşim antrenmanlarının vücut yağ yüzdesinde değişiklik yapmadığını desteklemektedir.

Çalışmamızın kritik parametresi olan çizgili kaslardaki hipertrofi ise biyoelektrik empedans ve bacak kas alanı ölçümü yöntemleri yanında, beden kompozisyonunu saptamada altın standartlardan (140) biri olan su altı tartım yöntemi ile değerlendirildi. Biyoelektrik empedans yöntemi ile yağsız vücut kitlesi değerlendirildiğinde, protein grubunda ilk ve son ölçümler arasında %0,83'lük az bir artış olmasına rağmen istatistiksel olarak anlamlılık saptandı. Bunun yanında her iki grup arasında ilk ve son ölçümler ile artış yüzdeleri arasında fark yoktu. Bacak çevresi ölçümü ile deri kıvrımı ölçümü üzerinden hesaplanan bacak kas alanı her iki grupta anlamlı artış göstermediği gibi, gruplar arasında da anlamlı fark bulunamadı. Benzer şekilde su altı tartım yöntemi ile ölçülen yağsız vücut kitlesi gruplar arası ve grup içi kıyaslamalarda farklı değildi. Genel bir bakış açısı ile değerlendirildiğinde, tüm vücut titreşim egzersizlerinin deneklerde çizgili kaslarda hipertrofiye yol açmadığı gibi, diyetle protein ilavesinin bir katkısı olmadığı gözlemlendi.

Sonuç olarak; genç, erişkin, erkek deneklerde yaptığımız bu çalışmada, üç ay süresince yaptırılan tüm vücut titreşim egzersizi sırasında diyetle protein ilavesinin, ek bir kuvvet artışı sağlamadığı gibi, kas kitlesi artışına da etkisi yoktu.

Sonuçlarımız, uzun süreli titreşim egzersizleri sonrası kuvvet artışından sorumlu tutulan mekanizmalardan biri olan kas hipertrofisinin etkin olmadığını işaret etmektedir. Diyete protein eklenmesi ile tüm vücut titreşim antrenmanları sonucu etkin bir kas hipertrofisi bekleyerek kurduğumuz hipotezin, çalışmamızın sonuçları tarafından desteklememesi, titreşim antrenmanları sonucu kuvvet artışında büyük ölçüde nöral faktörlerin geçerli olduğunu göstermektedir. Ancak değişik denek gruplarında, özellikle yaşlılarda olası farklı yanıtlar açısından daha ileri çalışmalara gereksinim vardır.

SONUÇLAR

- 3 ay süresince yaptırılan tüm vücut egzersizi sonrası deneklerde, istatistiksel olarak anlamlı kuvvet artışı gözlemlendi.
- 3 ay süresince yaptırılan tüm vücut egzersizi sonrası deneklerin vücut yağ yüzdesi değişiminde anlamlı değişiklik olmadı.
- 3 ay süresince yaptırılan tüm vücut egzersizi sonrası deneklerin yağsız vücut kitlesi ölçümünde anlamlı değişiklik olmadı.
- Tüm vücut titreşim egzersizi sırasında diyet protein eklenmesi kuvvette ek artışa neden olmadı.
- Tüm vücut titreşim egzersizi sırasında diyet protein eklenmesi kas hipertrofisine yol açmadı.

ÖNERİLER

- Genç erkeklerde diyetle protein eklemesinin tüm vücut titreşim antrenmanları sonucu ek bir kuvvet artışına yol açmadığı gibi hipertrofi oluşturmaması diğer yaş gruplarında ve kadınlarda da denenmelidir.
- Tüm vücut titreşim egzersizinde farklı antrenman protokolleri ile protein kullanım etkisi de ek araştırmalara gereksinim duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Cochrane D.J. (2011). Vibration Exercise: The Potential Benefits. *International Journal of Sports Medicine* 32, 75-99.
2. Cormie P., Deane R.S., Triplett N.T., McBride J.M. (2006). Acute Effects of Whole-Body Vibration on Muscle Activity, Strength and Power. *Journal of Strength and Conditioning Research* 20, 257–261.
3. De Ruiter C.J., Van Der Linden R.M., Van Der Zijden M.J.A., Hollander A.P., de Haan A. (2003). Short-Term Effects of Whole-Body Vibration on Maximal Voluntary Isometric Knee Extensor Force and Rate of Force Rise. *European Journal of Applied Physiology* 88: 472–475.
4. Issurin V.B., Tenenbaum G. (1999). Acute and Residual Effects of Vibratory Stimulation on Explosive Strength in Elite and Amateur Athletes. *Journal of Sports Sciences* 17, 177–182.
5. Rittweger J., Beller, G., Felsenberg D. (2000). Acute Physiological Effects of Exhaustive Whole-Body Vibration Exercise in Man. *Clinical Physiology* 20, 134–142.
6. Rittweger J., Mutschelknauss M., Felsenberg D. (2003). Acute Changes in Neuromuscular Excitability After Exhaustive Whole Body Vibration Exercise as Compared to Exhaustion by Squatting Exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 23, 81–86.
7. Torvinen S , Kannus P , Sievanen H , Jarvinen TAH , Pasanen M , Kontulainen S , Jarvinen TLN , Jarvinen M , Oja P , Vuori I . (2002). Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study . *Clin Physiol Funct Imaging* 22, 145 – 152.
8. Cardinale M., Bosco C. (2003). The Use of Vibration as an Exercise Intervention. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 31(1), 3-7.
9. Cochrane D.J., Legg S.J., Hooker M.J. (2004). Short-Term Effect of Wholebody Vibration Training on Vertical Jump, Sprint, and Agility Performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 18, 828–832.
10. Delecluse C., Roelants M., Diels R., Koninckx E., Verschueren S. (2005). Effects of Whole Body Vibration Training on Muscle Strength and Sprint Performance in Sprint-Trained Athletes. *International Journal of Sports Medicine* 26, 662–668.

11. Luo J., McNamara B., Moran K. (2005). The Use of Vibration Training to Enhance Muscle Strength and Power. *Sports Medicine* 35, 23–41.
12. Roelants M., Delecluse C., Goris M., Verschueren S. (2004). Effects of 24 Weeks of Whole Body Vibration Training on Body Composition And Muscle Strength in Untrained Females. *International Journal of Sports Medicine* 25 (1), 1-5.
13. Torvinen S., Kannus P., Sievanen H. (2002). Effect of Four-Month Vertical Whole Body Vibration on Performance and Balance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34, 1523–1528.
14. Adams J.B., Edwards D., Serviette D., Bedient A.M., Huntsman E., Jacobs K.A., Rossi G.D., Ross B.A., Signorile J.F. (2009). Optimal Frequency, Displacement, Duration and Recovery Patterns To Maximize Power Output Following Acute Whole-Body Vibration. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23 (1), 237-245.
15. Nordlund M.M., Thorstenson A. (2007). Strength Training Effects of Whole Body Vibration? *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 17, 12-17.
16. Dolny D.G., Reyes G.F.C. (2008). Whole Body Vibration Exercise: Training and Benefits. *Current Sports Medicine Reports* 7 (3), 152-157.
17. Fjeldstad C., Palmer I.J., Bemben G.M., Bemben D.A. (2009). Whole Body Vibration Augments Resistance Training Effects on Body Composition in Postmenopausal Women. *Maturitas* 63,79-83.
18. Bogaerts A., Verschueren S., Delecluse C., Claessens A.L., Boonen S. (2007). Effects of Whole Body Vibration Training on Postural Control in Older Individuals: A 1 Year Randomized Controlled Trial. *Gait and Posture* 26, 309–316.
19. Machado A., Garcia-Lopez D., Gonzalez Gallego J., Garatachea N. (2010), Whole-Body Vibration Training Increases muscle Strength and Mass in Older Women: A Randomized- Controlled Trial. *Scandinavian Journal Of Medicine and Science in Sports* 20, 200-207.
20. Bosco C., Colli R., Intorini E., Cardinale M., Traspela O., Madella A., Tihanyi J., Viru A. (1999). Adaptive Responses of Human Skeletal Muscle to Vibration Exercise. *Clinical Physiology* 19(2), 183-187.
21. Verschueren S.M.P., Roelants M., Delecluse C., Swinnen., Vanderschueren D., Boonen S. (2004). Effects of 6-Month Whole Body Training on Hip Density, Muscle Strength and Postural Control in Postmenopausal Women: A Randomized Controlled Pilot Study. *Journal Of Bone and Mineral Research* 19(3), 352-359.
22. Klaener A., von Stengel S., Kemmler W., Kladny B., Kalender W. (2011). Effects of Two Different Types of Whole Body Vibration on Neuromuscular

Performance and Body Composition in Postmenopausal Women. *Deutsche Medizinische Wochenschrift* 136 (42), 2133-9.

23. Von Stengel S., Kemmler W., Engelke K., Kalender W.A. (2012). Effect of Whole Body Vibration on Neuromuscular Performance and Body Composition for Female 65 Years and Older: A Randomized- Controlled Trial. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 22, 119-127.

24. Di Loreto C., Ranchelli A., Lucidi P., Murdolo G., Parlanti N., De Cicco A., Tsarpela O., Annino G., Bosco C., Santeusano F., Bolli GB., De Feo P. (2004). Effect of Whole Body Vibration Exercise on the Endocrine System of Healthy Men. *The Journal of Endocrinological Investigation* 27(4), 323-7.

25. Hayes A., Cribb P.J. (2008). Effect of Whey Protein Isolate on Strength Body Composition and Muscle Hypertrophy During Resistance Training. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care* 11, 40-44.

26. Phillips S.M. (2004). Protein Requirements and Supplementation in Strength Sports. *Nutrition* 20, 689-695.

27. Tipton K.D., Wolfe R.R. (2004). Protein and Amino Acids For Athletes. *Journal of Sports Sciences* 22(1), 65-79.

28. Bompa T.O. (1999). *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Human Kinetics. 4th Edition.

29. Dündar U. (2007). *Antrenman Teorisi*. Nobel Yayın Evi. 7. Baskı, Ankara

30. Sevim Y. (2006). *Antrenman Bilgisi*. Nobel Yayın Dağıtım. Ankara

31. Gündüz N. (1995). *Antrenman Bilgisi*. Saray Tıp Kitabevleri. İzmir

32. Bongiovanni, L.G., Hagbarth, K.E., Stjernberg, L. (1990). Prolonged Muscle Vibration Reducing Motor Output in Maximal Voluntary Contractions in Man. *Journal of Physiology*, 423, 15-26.

33. Curry E.L., Clelland, J.A. (1981). Effects of a Asymmetric Tonic Neck Reflex and High Frequency Muscle Vibration on Isometric Wrist Extension Strength in Normal Adults. *Physical Therapy*, 61, 487-495.

34. Carrol, T.J., Riek, S., Carson, R.G. (2001). Neural Adaptation to Resistance Training – Implication for Movement Control. *Journal of Sports Medicine*, 31(12), 829-840.

35. Griffin L., Cafarelli, E. (2005). Resistance Training: Cortical, Spinal and Motor Adaptations. *Canadian Journal and Applied Physiology* 30(3), 328-340.

36. Ahtiainen, J.P., Pakarinen, A., Kraemer, W.J., Hakkinen, K. (2004). Acute Hormonal Responses to Heavy Resistance Exercise in Strength Athletes Versus Non Athletes. *Canadian Journal of Applied Physiology* 29(5), 527-543.
37. Kraemer, W.J., Ratamess, N.A. (2005). Hormonal Responses and Adaptations to Resistance Exercise and Training. *Journal of Sports Medicine*, 35(4), 339-361.
38. Goldspink, G. (1992). *Cellular and Molecular Aspects of Adaptation in Skeletal Muscle: Strength and Power in Sport*. Oxford: Blackwell Scientific.
39. MacDougall, J.D., Sale, D.G., Moroz, J.R., Elder, G.C.B., Sutton, J.R., and Howard, H. (1979). Mitochondrial Volume Density in Human Skeletal Muscle following heavy resistance training. *Medicine and Science in Sport and Exercise*, 11, 164-166.
40. Kraemer, W.J. (2004). Effects of Concurrent Resistance and Aerobic Training on Load-Bearing Performance and the Army Physical Fitness Test. *Journal of Military Medicine* 169(12), 994-999.
41. Winett R.A., Carpinelle R.N. (2001). Potential Health-Related Benefits of Resistance Training. *Prevent Medicine* 33, 503-513
42. Furness P.T. (2007). *Effects of Whole Body Vibration on Neuromuscular Performance of Community Dwelling Older Adults*. Australian Catholic University. Yüksek Lisans Tezi.
43. Mester J., Spitzenpfeil P., Yue Z. (2002). *Vibration Loads: Potential for Strength and Power Development*
44. Roelants M., Delecluse C., Verschueren S.M. (2004). Whole-Body-Vibration Training Increases Knee-Extension Strength and Speed of Movement in Older Women. *The Journal of the American Geriatrics Society* 52, 901 – 908.
45. Luo J., McNamara B., Moran K. (2008). Effect of Vibration Training on Neuromuscular Output with Ballistic Knee Extensions. *Journal of Sports Sciences* 26, 1365 – 1373.
46. Torvinen, S., Sievanen H., Jarvinen T.A.H., Passanen M., Kontulainen S., Kannus P. (2002). Effect of 4-min vertical whole body vibration on muscle performance and body balance: A randomized cross-over study. *International Journal of Sports Medicine* 23, 374-379.
47. Carlsöö S. (1982). The Effect of Vibration on The Skeleton, Joints and Muscles. *Applied Ergonomics* 13(4), 251-258.
48. Blüthner R., Seidel H., Hinz B. (2001). Examination of The Myoelectric Activity of Back Muscles During Random Vibration-Methodical Approach and First Result. *Clinical Biomechanics* 16(1), 25-30

49. Ishitake T., Mitazaki Y., Noguchi R., Ando H., Matoba T. (2002). Evaluation of Frequency Weighting (ISO 2631-1) for Acute Effects of Whole Body Vibration on Gastric Motility. *Journal of Sound and Vibration* 253(1), 31-36.
50. Marieb E. (1995). *Human Anatomy and Physical*. 3rd Edition. Redwood City: The Benjamin/Cummings Publishing Company.
51. Crewther B., Cronin J., Keogh J. (2004). Gravitational Forces and Whole Body Vibration: Implications for Prescription of Vibration Stimulation. *Physical Therapy in Sports* 5, 37-43.
52. Cronin J., Oliver M., McNair P. (2004). Muscle Stiffness and Injury Effects of Whole Body Vibration. *Physical Therapy in Sport* 5, 68-74.
53. Mester J., Spitzenpfeil P., Schwarzer J., Seifiz J. (1999). Biological Reaction to Vibration- Implication for Sports. *Journal of Science and Medicine in Sports* 2(3), 211-226.
54. Cheung J., Zhang M., Chow D. (2003). Biomechanical Responses of The Intervertebral Joints to Static and Vibrational Loading: A Finite Element Study. *Clinical Biomechanics* 18, 790-799.
55. Rittweger J., Schiessl H., Felsenberg D. (2001). Oxygen uptake in Whole body Vibration Exercise: Comparison with Squatting as a Slow Voluntary Movement. *European Journal of Applied Physiology* 86, 169-173.
56. Ronnestad B. (2004). Comparing The Performance Enhancing Effects of Squats on a Vibration Platform With Conventional Squats in Recreationally Resistance Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18(4), 839-845.
57. Rittweger J., Ehrig J., Just K., Mutschelknass M., Kirsch K., Felsenberg D.(2002). Oxygen uptake in Whole body Vibration Exercise: Influence of Vibration Frequency, Amplitude and External Load. *International Journal of Sports Medicine* 23,428-432.
58. Kerschan-Schindl K., Grampp S., Henk C., Resch H., Preisinger E., Faialka-Moser V., Imhof H. (2001). Whole Body Vibratoin Exercise Leads to Alterations in Muscle Blood Volume. *Clinical Physiology* 21(3), 377-382.
59. Torvinen S., Kannus P., Sievanen H., Jarvinen T.A.H., Pasanen M., Kontulainen S., Nenonen A., Jarvinen T.L.N., Paakkala T., Jarvinen M., Vuori I. (2003). Effect of 8-Month Vertical Whole Body Vibration on Bone, Muscle Performance, and Body Balance: A Randomized Controlled Study . *Journal of Bone and Mineral Research* 18(5) ,876 – 884.
60. Cochrane D.J., Stannard S.R., Sargeant T., Rittweger J.(2008). The Rate of Muscle Temperature Increase During Acute Whole-Body Vibration Exercise. *European Journal of Applied Physiology* 103, 441 – 448

61. Bosco C., Cardinale M., Tsarpeal O. (1999). Influence of Vibration on Mechanical Power and Electromyogram Activity in Human Arm Flexor Muscles. *European Journal of Applied Physiology* 79, 306-311.
62. Rhea M.R , Kenn J.G .(2009). The Effect of Acute Applications of Whole-Body Vibration on the Itonic Platform on Subsequent Lower-Body Power Output During the Back Squat . *Journal of Strength and Conditioning Research* 23, 58 – 61
63. Abercromby A.F.J , Amonette W.E. , Layne C.S., McFarlin B.K., Hinman M.R., Paloski W.H. (2007). Vibration Exposure and Biodynamic Responses During Whole-Body Vibration Training . *Medicine and Science in Sports and Exercise* 39,1794 – 1800
64. Erskine J., Smillie I., Leiper J., Ball D., Cardinale M. (2007). Neuromuscular and Hormonal Responses To A Single Session Of Whole Body Vibration Exercise in Healthy Young Men. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 27(4), 242 - 248.
65. Humphries B, W arman G, P urton J, Doyle T, Dugan E. (2004). The influence of vibration on muscle activation and rate of force development during maximal isometric contractions. *Journal of Sports Science and Medicine* 3, 16 – 22
66. Kemertzis M.A. , Lythgo N.D., Morgan D.L., Galea M.P. (2008). Ankle Flexors Produce Peak Torque at Longer Muscle Lengths After Whole-Body Vibration . *Medicine and Science in Sports and Exercise* 40, 1977 – 1983.
67. Delecluse C., Roelants M., Verschueren S. (2003). Strength Increase After Whole Body Vibration Compared With Resistance Training. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 35(6), 1033-1041.
68. Melnyk M , Kofler B , Faist M , Hodapp M , Gollhofer A . (2008). Effect of a Whole Body Vibration Session on Knee Stability . *International Journal of Sports Medicine* 29, 839 – 844
69. Pierrot-Deseilligny E , Mazevet D . (2000). The Monosynaptic Refl ex: A Tool to Investigate Motor Control in Humans. Interest and limits. *Clinical Neurophysiology* 30, 67 – 80
70. Armstrong W.J., Nestle H.N., Grinnell D.C., Cole L.D., Van Gilder E.L., Warren G.S., Capizzi E.A. (2008). The Acute Effect of Whole-Body Vibration on the Hoff mann Reflex . *Journal of Strength and Conditioning Research* 22, 471 – 476
71. Nishihira Y , Iwaski T , Hatta A , Wasaka T , Kanada T , Kuroiwa K , Akiyawa S., Kida T., Ryol K.S. (2002). Effect of whole Body Vibration Stimulus and Voluntray Contraction on Motoneuron Pool. *Advances in Exercise and Sports Physiology* 8(4), 83-86

72. Thompson C , Belanger M . (2002). Eff ects of Vibration in Inline Skating on The Hoff mann Reflex, Force, and Proprioception . *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34, 2037 – 2044
73. Osawa Y., Oguma Y. (2011). Effects of Reisitance Training with Whole Body Vibration on Muscle Fitness in Untrained Adults. *Scandinavian Journal Of Medicine and Science in Sports.* 22(3), 1-6
74. Lamont H.S., Cramer J.L., Bemben D.A., Shehab R.L., Anderson M.A., Bemben M.G. (2011). Effects of a 6 Week Periodized Squat Training With or Without Whole Body Vibration Upon Short-Term Adaptations in Squat Strength and Body Composition. *Journal of Strength and Conditioning Research* 27(7), 1839-1848.
75. Rennie M.J. (1996). Influence of Exercise on Protein and Amino Acid Metabolism. *American Physiological Society Handbook of Physiology on Exercise*,ed. RL Terjung, pp. 995–1035. Bethesda, MD: American Physiological Society
76. Staron R.S. (1997). Human Skeletal Skeletal Muscle Fiber Types: Delineation, Development, and Distribution.. *Canadian Journal of Applied Physiology* 22, 307–27.
77. Sartorelli V., Kurabayashi M., Kedes L. (1993). Muscle-Specific Gene expression. A Comparison of Cardiac and Skeletal Muscle Transcription Strategies, *Circulation Research.* 72, 925-931,
78. Taylor P.M, Rennie M.J, Low S.Y. (1999). *Biomembrane Transport and Inter-organ Nutrient Flows: the Amino Acids.* New York: Academic
79. Burd N.A., Tang J.E., Moore D.R., Phillips S.M. (2009). Exercise training and Protein Metabolism: Influences of Contraction, Protein Intake, and sex-Based Differences. *Journal of Applied Physiology* 106, 1692-1701.
80. Phillips S.M, Tipton K.D, Aarsland A., Wolf S.E., Wolfe R.R. (1997). Mixed Muscle Protein Synthesis and Breakdown After Resistance Exercise in Humans. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism* 273, 99–107.
81. Phillips S.M., Tipton K.D., Ferrando A.A., Wolfe R.R.(1999). Resistance Training Reduces the Acute Exercise-Induced Increase in Muscle Protein Turnover. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism* 276, 118–124.
82. Biolo G., Maggi S.P., Williams B.D., Tipton K.D., Wolfe R.R. (1995). Increased Rates of Muscle Protein Turnover and Amino Acid Transport After Resistance Exercise in Humans. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism* 268, 514–520.

83. Chesley A, MacDougall J.D., Tarnopolsky M.A., Atkinson S.A., Smith K. (1992). Changes in Human Muscle Protein Synthesis After Resistance Exercise. *Journal of Applied Physiology* 73, 1383-1388.
84. Tipton K.D., Ferrando A.A., Phillips S.M., Doyle D Jr, Wolfe R.R. (1999). Postexercise Net Protein Synthesis in Human Muscle From Orally Administered Amino Acids. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism* 276, 628-634.
85. Bohe J., Low A., Wolfe R.R., Rennie M.J. (2003). Human Muscle Protein Synthesis is Modulated By Extracellular, Not Intramuscular Amino Acid Availability: a doseresponsestudy. *The Journal of Physiology*, 552:315
86. Institute of Medicine of the National Academies. (2002). Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids (macronutrients). Washington, DC , National Academies Press; 2002
87. Joint Position Statement: nutrition and athletic performance. (2000). American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32(12), 2130-2145.
88. Tarnopolsky M. (2004). Protein Requirements For Endurance Athletes. *Nutrition* 20(7-8), 662-668.
89. Rand W.M., Pellett P.L., Young V.R. (2003). Meta-Analysis of Nitrogen Balance Studies for Estimating Protein Requirements in Healthy Adults. *The American Journal of Clinical Nutrition* 77(1),109-127.
90. Lemon P.W. (2000). Beyond The Zone: Protein Needs of Active Individuals. *Journal of the American College of Nutrition* 19(5 Suppl),513-521.
91. Meredith C.N., Zackin M.J., Frontera W.R., Evans W.J. (1989). Dietary Protein Requirements and Body Protein Metabolism in Endurance-trained Men. *Journal of Applied Physiology* 66(6), 2850-2856.
92. Tarnopolsky M.A., Atkinson S.A., MacDougall J.D., Chesley A., Phillips S., Schwarcz H.P. (1992). Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. *J Appl Physiol* 1992, 73(5),1986-1995.
93. Lemon P.W. (1991). Protein And Amino Acid Needs Of The Strength Athlete. *International Journal of Sport Nutrition* 1(2), 127-145.
94. Antonio J., Stout J.R. (2001). *Sports Supplements*. Philadelphia, PA , Lippincott Williams & Wilkins
95. Campbell B., Kreider R.B., Ziegenfuss T., La Bounty P., Roberts M., Burke D., Landis J., Lopez H., Antonia J. (2007). *International Society of Sports Nutrition*

Position Stand: Protein and Exercise. *Journal of International Society of Sports Nutrition* 4(8), 1-7.

96. Metges C.C., Barth C.A. (2000). Metabolic Consequences Of A High Dietary-Protein Intake in Adulthood: Assessment of the Available Evidence. *The Journal of Nutrition* 130(4), 886-889.

97. Brenner B.M., Meyer T.W., Hostetter T.H. (1982). Dietary Protein Intake And The Progressive Nature Of Kidney Disease: The Role of Hemodynamically Mediated Glomerular Injury In The Pathogenesis Of Progressive Glomerular Sclerosis in Aging, Renal Ablation And Intrinsic Renal Disease. *The New England Journal of Medicine* 307(11), 652-659.

98. Martin W.F., Armstrong L.E., Rodriguez N.R. (2005). Dietary Protein Intake And Renal Function. *Nutrition & Metabolism (Lond)* 2:25.

99. Ginty F. (2003). Dietary Protein and Bone Health. *Proceedings of the Nutrition Society* 62(4), 867-876.

100. Dawson-Hughes B., Harris S.S., Rasmussen H., Song L., Dallal G.E. (2004). Effect of Dietary Protein Supplements On Calcium Excretion In Healthy Older Men And Women. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 89(3), 1169-1173.

101. Tipton K.D., Elliott T.A., Cree M.G., Wolf S.E., Sanford A.P., Wolfe R.R. (2004). Ingestion Of Casein And Whey Proteins Result In Muscle Anabolism After Resistance Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 36(12), 2073-2081.

102. Boirie Y., Dangin M., Gachon P., Vasson M.P., Maubois J.L., Beaufrere B. (1997). Slow And Fast Dietary Proteins Differently Modulate Postprandial Protein Accretion. *Proc Natl Acad Sci U S A* 94(26), 14930-14935.

103. Bos C., Metges C.C., Gaudichon C., Petzke K.J., Pueyo M.E., Morens C., Everwand J., Benamouzig R., Tome D. (2003). Postprandial Kinetics of Dietary Amino Acids Are The Main Determinant Of Their Metabolism After Soy Or Milk Protein Ingestion In Humans. *The Journal of Nutrition* 133(5), 1308-1315.

104. Dangin M., Boirie Y., Garcia-Rodenas C., Gachon P., Fauquant J., Callier P., Ballevre O., Beaufrere B. (2001). The Digestion Rate Of Protein Is An Independent Regulating Factor Of Postprandial Protein Retention. *American Journal of Physiology - Endocrinology and Metabolism* 280(2), 340-8.

105. Cribb P.J. (2005). Whey proteins in sports nutrition. Arlington: US Dairy ExportCouncil

- 106.** Shimomura Y., Murakami T., Nakai N., Nagasaki M., Harris R.A. (2004). Exercise Promotes BCAA Catabolism: Effects Of BCAA Supplementation On Skeletal Muscle During Exercise. *The Journal of Nutrition* 134(6 Suppl):1583-1587
- 107.** Blomstrand E., Hassmen P., Ekblom B., Newsholme E.A. (1991). Administration of Branched-Chain Amino Acids During Sustained Exercise-Effects On Performance And On Plasma Concentration Of Some Amino Acids. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 63(2), 83-88.
- 108.** Bounous G., Batist G., Gold P. (1989). Immunoenhancing Property of Dietary Whey Protein In Mice: Role Of Glutathione. *Clinical and Investigative Medicine* 12(3), 154-161.
- 109.** Bounous G., Kongshavn P.A., Gold P. (1988). The Immunoenhancing Property Of Dietary Whey Protein Concentrate. *Clinical and Investigative Medicine* 11(4), 271-278.
- 110.** Lohman T.G., Roche A.F., Martorell R. (1988). *Antropometric Standartization Referance Manual*. Human Kinetics Books Champaign, Illinois
- 111.** Utter A.C., Nieman D.C., Ward A.N., Butterworth D.E. (1999). Use of The Leg to Leg Bioelectrical Impedance Metod in Assessing Body Composition Change in Obese Women. *The American Journal of Clinical Nutrition* 60, 603-7.
- 112.** Sung R.Y.T., Lau P., Yu C.W., Lam P.K.W., Nelson E.A.S. (2001). Measurement of Body Fat Using Leg to Leg Bioimpedance. *Archives of Disease in Childhood* 85, 263-276.
- 113.** Nunez C., Gallagher D., Visser M., Pi Sunyer F.X., Wang Z., Heymsfield S.B. (1997). Bioimpedance Analysis: Evaluation of Leg to Leg System Based on Pressure Contact Foot-pad Electrodes. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 29(4), 525-531.
- 114.** Durnin J.V.G.A., Womersley J. (1973). Body Fat Assessed from total body Density and its Estimation From Skinfold Thickness: Measurements on 481 Men and Women Aged From 16 to 72 Years. *British Journal of Nutrition* 32, 77-97.
- 115.** Leahy S., O'Neill C., Sohun R., Toomey C., Jakeman P. (2012). Generalised Equations for the Prediction of Percentage Body Fat by Anthropometry in Adult Men and Women Aged 18-81 years. *British Journal of Nutrition* May 29, 1-8.
- 116.** Bisai S., Bose K., Khatun A., Bauri H. (2009). Age-Related Anthropometric Changes and Undernutrition among Middle Aged and Older Savar Tribal Females of Keonjher District, Orissa, India. *Journal of Life Science* 1(1), 21-26.
- 117.** Kuriyan R., Thomas T., Kurpad A.V. (2008). Total Body Mass Estimation from Bioelectrical Impedance Analysis and Simple Anthropometric Measurements in Indian Men Indian. *The Indian Journal of Medical Research* 127, 441-446.

118. Hemmingsfield S.B., Wang J., Kehayias J., Heshka S., Lichtman S., Pierson R.N. (1989). Chemical Determination of Human Density in Vivo: Relevance to Hydrodensitometry. *The American Society for Clinical Nutrition* 50, 1289-9.
119. Lockner D.W., Heyward V.H., Baumgartner N., Jenkins K.A. (2000). Comparison of Air Displacement Plethysmography, Hydrodensitometry, and Dual X-ray Absorptiometry for Assessing Body Composition of Children 10 to 18 Years of Age. *Annals of The New York Academy of Sciences* 904, 72-8.
120. Ellis K.J. (2001). Selected Body Composition Methods Can Be Used in Field Studies. *Journal of Nutrition* 131, 1589-1595.
121. Deurenberg P., Weststrate J.A., van der Kooy K. (1989). Is an Adaptation of Siri's Formula for The Calculation of Body Fat Percentage From Body Density in The Elderly Necessary? *European Journal of Clinical Nutrition* 43(8), 559-67.
122. Winter E.M., Hamley E.J. (1976). Sub Maximal Oxygen Uptake Related to Fat Free Mass and Lean Leg Volume in Trained Runners. *British Journal of Medicine* 10, 223-225.
123. Boren H.G., Kory R.C., Syner J.C. (1966). The veterans administration-army cooperative study of pulmonary function: II The lung volume and its subdivisions in normal men. *The American Journal of Medicine* 41(1), 96-114.
124. Latin R.W., Ruhling R.O. (1986). The Lung Capacity, Residual Volume and Predicted Residual Volume in A Densitometric Study of Older Men. *British Journal of Medicine* 20(2), 66-68.
125. Polman R., Wals D., Bloomfield J., Nesti M. (2004). Effective Conditioning of Female Soccer Players. *Journal of Sports Sciences* 22, 191-203.
126. Amusa L.O., Toriola A.L. (2003). Leg Power and Physical Performance Measures of Top National Track Athletes. *Journal of Exercise Science and Fitness* 1(1), 61-67.
127. Komi P.V. (2002). *Strength and Power in Sports*. 2nd Edition. IOC Medical Commission, International Federation of Sports Medicine.
128. Beachle T.R., Earle W.R. (2008). *Essentials of Strength Training and Conditioning*. National Strength and Conditioning Association.
129. Calmes P.M., Nellen M., van der Borne I., Jourdin P., Minaire P. (1997). Concentric and Eccentric Isokinetic Assessment of Flexor Extensor Torque Ratios at The Hip, Knee and Ankle in A Sample Population of Healthy Subjects. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 78, 1224-30.

- 130.** Sole G., Hamren J., Milosajevic S., Nicholas H., Sullivan S.J. (2007). Test-Retest Reliability of Isokinetic Knee Extension and Flexion. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 88,626-31.
- 131.** Gür H., Akova B., Küçükoğlu S. (1999). Continuous Versus Separate Isokinetic Test Protocol: The Effect of Estradiol on The Reproducibility of Concentric and Eccentric Isokinetic Measurements in Knee Muscles. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 80(9), 1024-9.
- 132.** Wilcock I.M., Whatman C., Harris N., Keogh J.W.L. (2009). Vibration Training: Could It Enhance The Strength, Power, Or Speed Of Athletes? *Journal of Strength and Conditioning Research* 23 (2), 593-603.
- 133.** Issurin V.B., Liebermann D.G., Tenenbaum G. (1994). Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility . *Journal of Sports Science and Medicine* 12, 561 – 566
- 134.** Silva H.R., Couto B.P., Szmuchrowski L.A. (2008). Effects of Mechanical Vibration Applied in the Opposite Direction of Muscle Shortening on Maximal Isometric Strength . *The Journal of Strength and Conditioning Research* 22, 1031 – 1036
- 135.** Bogaerts A., Delecluse C., Claessens A.L., Coudyzer W., Boonen S., Verschueren S.M. (2007). Impact of Whole Body Vibration Training Versus Fitness Training on Muscle Strength and Muscle Mass in Older Men: A 1-Year Randomized Controlled Trial. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 62(6), 630-5
- 136.** Kvorning T., Bagger M., Caserotti P., Madsen K. (2006). Effects of Vibration And Resistance Training On Neuromuscular And Hormonal Measures . *European Journal of Applied Physiology* 96, 615 – 625
- 137.** Phillips S.M., Hartman J.W., Wilkinson S.B. (2005). Dietary Protein to Support Anabolism with Resistance Exercise in Young Men. *Journal of the American College of Nutrition* 24,134–139.
- 138.** Milanesen C., Piscitelli F., Simoni C., Pugliarello R., Zancanaro C. (2012). Effects of Whole Body Vibration With or Without Localized Radiofrequency on Anthropometry, Body Composition, and Motor Performance in Young Nonobese Women. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine* 18(1), 69-75.
- 139.** Wilms B., Frick J., Ernst B., Mueller R., Wirth B., Schultes B. (2012). Whole Body Vibration Added to Endurance Training in Obese Women- A Pilot Study. *International Journal of Sports Medicine*, May 4.
- 140.** Vavian H.H., Dale R.W.(2004). *Applied Body Composition Assessment*. 2nd Edition. Human Kinetics.

ÖZGEÇMİŞ

Duygu AKSOY, 1978 yılında İzmir’de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini İzmir’de tamamladı. 1995 yılında Celal Bayar Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Beden Eğitimi Öğretmenliği bölümünü kazandı ve 1999 yılında mezun oldu. 2000 yılında Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı yüksek lisans programını kazandı. 2005 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği bölümünde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. 2007 yılında Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Bilimleri Anabilim Dalında Doktora programını kazanarak eğitimine devam etti. Halen araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır ve evlidir.

EKLER

ANTROPOMETRİK VE VÜCUT KOMPOZİSYONU ÖLÇÜM KARTI

ADI SOYADI :

Tarih:

BÖLÜMÜ :

Daha önce spor yaptınız mı?

Evet ☐Hayır ☐

Ne zaman spor yapmayı bıraktınız? _____ (yıl / ay)

Son 6 aydır spor yapıyor musunuz?

Evet ☐Hayır ☐

Evet ise; Haftada kaç gün? a-1 b-2 c-3 d-4 e-4'den fazla

Bir defada kaç dakika zaman ayırıyorsunuz? (saat) a-1 b-2 c-3 d-4 e- 4'den fazla

Ne tür spor yapıyorsunuz? a-Yürüme b-Koşma c-Kuvvet d-Yüzme e-Diğer_____

Su Altı Tartım Yöntemi (% Yağ)

Boy(cm) :	
Ağırlık(kg) :	RV :
Su Altı Ağırlığı (kg) :	BD :
Su ısısı(C) :	%YAĞ:
Doğum Tarihi(yıl) :	

Bacak Kas Alanı (cm²)

Uyluk uzunluğu (cm) :	
Uyluk Çevresi (cm) :	BKA :
Uyluk Deri Kıvrım kalınlığı (mm):	

Dikey sıçrama (cm)

1.Ölçüm	2.Ölçüm	Sonuç:
---------	---------	--------

Pençe Kuvveti (kg)

1.Ölçüm	2.Ölçüm	Sonuç:
---------	---------	--------

Bacak Kuvveti (kg)

1.Ölçüm	2.Ölçüm	Sonuç:
---------	---------	--------

LABORATORY STUDY

The Effect of Exercise Training on the Responsiveness of Renal Resistance Arteries in Rats

Günnur Koçer¹, Oktay Kuru², Filiz Gündüz¹, Zeliha Bayram³, Sadi Özdem³, Duygu Aksoy⁴ and Ümit Kemal Şentürk¹

¹Department of Physiology, Akdeniz University, Antalya, Turkey; ²School of Health Sciences, Mugla University, Mugla, Turkey; ³Department of Pharmacology, Akdeniz University, Antalya, Turkey; ⁴School of Physical Education and Sports, Akdeniz University, Antalya, Turkey

Abstract

Blood flow to several tissues changes during an acute bout of exercise. The kidney is one of the organs that are most affected by exercise-induced blood redistribution. The aim of the present study was to investigate possible exercise-induced vascular reactivity changes in renal resistance arteries in rats. Renal resistance arteries were isolated from rats that underwent 8 weeks of swimming and sedentary control rats, and the arteries were evaluated using wire myography. Similar dilation responses to acetylcholine, bradykinin, adenosine, isoproterenol, and sodium nitroprusside were observed in both groups. The vasoconstrictive agents vasopressin, endothelin-1, potassium chloride, and thromboxane A₂ also induced similar responses in both groups; however, the trained group had an increased constrictive response to norepinephrine compared to the control rats. The results of our study show that renal resistance arteries of trained rats behave differently than conduit-type renal arteries and exhibit an increased contractile response to sympathetic agonists. This finding provides supporting evidence that renal blood flow markedly decreases during exercise in trained individuals.

Keywords: Exercise, resistance arteries, kidney, rats

INTRODUCTION

The adaptation processes that are induced by regular physical activity occur in various tissues, including blood vessels. During exercise, the release of mainly nitric oxide and other relaxing compounds that induce vascular resistance is decreased, and the response of vascular smooth muscle cells to constricting agents declines in resistance arteries in skeletal muscle and the myocardium, both of which are active during physical training.^{1–4} However, relatively few studies have focused on the mechanisms that regulate blood flow in inactive tissues during exercise. Although the kidney is an important organ for maintaining homeostasis and is easily affected in many cardiovascular diseases, very few studies have investigated the effect of training on renal blood flow.

Previous studies on renal blood flow in trained animals are contradictory: some studies have reported that

renal blood flow was decreased to a greater extent in trained animals compared to sedentary animals,⁵ whereas other reports showed no difference^{6,7}; however, despite these findings, it is generally accepted that renal blood flow is decreased to a lesser extent in trained animals compared to sedentary animals that are subjected to exercise of identical intensity.^{8–10} Two principal factors are attributed to the differential response of trained animals. First, sympathetic discharge to the kidneys is decreased during bouts of exercise.¹¹ Renal vasoconstriction due to sympathetic discharge occurs during the first few seconds of exercise, whereas after prolonged exercise the production of local factors prevails and leads to an increase in vascular tonus by affecting the endothelial layer or the smooth muscles in renal arteries.¹² Second, the response to norepinephrine (NE) in renal vessels is attenuated.^{10,13} The role of physical training in the differentiation of renal vascular responses to local vasoconstrictive factors was

Address correspondence to Ümit Kemal Şentürk, Department of Physiology, Akdeniz University, Kampus, 07070 Antalya, Turkey. Tel.: +90 242 2274483; Fax: +90 242 2274483; E-mail: uksenturk@akdeniz.edu.tr

Received 17 December 2010; Revised 6 April 2011; Accepted 26 April 2011

investigated in only one study in which the main renal artery obtained from exercise-trained pigs had a decreased contractile response to NE.¹³ However, it is well known that local tissue perfusion is primarily controlled by resistance rather than conduit-type arteries. Therefore, determining possible exercise-training-induced alterations in the reactivity of renal small arteries is particularly important. In addition, it is also not clear whether regular physical activity affects the responses of renal resistance arteries to various local vasoactive agents.

The aim of the present study was to evaluate whether the putative alterations in both the relaxant and contractile responses of renal resistance arteries may be involved in the vasoregulatory processes that occur during exercise in trained rats. We hypothesized that the vasoconstrictive effect of local mediators in decreasing renal blood flow would be attenuated in trained animals.

MATERIALS AND METHODS

Forty adult female Wistar rats (8 weeks of age) weighing 200–220 g were used in present study. The animals were housed at $23 \pm 2^\circ\text{C}$ in a 12/12 h light/dark cycle and had unrestricted access to standard rat chow and drinking water. The rats were assigned randomly to two different groups: sedentary control ($n = 20$) and exercise training ($n = 20$). The animals in the training group underwent sessions of swimming exercise (60 min/day, 5 days/week for 6 weeks) in a glass tank that measured 100×50 cm (50 cm depth) and was filled with tap water ($32\text{--}34^\circ\text{C}$). The duration of the first swimming session was 10 min, and this was increased by 10 min daily until a total of 60 min duration was reached. The experimental protocol was approved by the Animal Care and Usage Committee of Akdeniz University and followed the guidelines for using animals in experimental research.

The animals were sacrificed under ether anesthesia by exsanguination from the abdominal aorta 2 days after the last exercise bout in the training group. The kidneys were removed and transferred to a dissecting dish filled with ice-cold physiological saline solution (PSS) containing the following (in mM): 110 NaCl, 5 KCl, 24 NaHCO_3 , 1 KH_2PO_4 , 1 MgSO_4 , 2.5 CaCl_2 , 0.02 EDTA, and 10 glucose. The decapsulated kidneys were cut longitudinally into two sections. The veins and arteries were carefully dissected under adequate magnification using a dissecting microscope (OLYMPUS-SZ61, Tokyo, Japan). Sections of the arcuate artery were dissected, and segments of up to 2 mm in length were isolated from the third branch and cleared of connective tissue. The vessel segments (200–250 μm in diameter) were then mounted on wire myography equipment (EMKA Technologies, Paris, France). Two fine tungsten wires (25 μm in diameter) were placed through the lumen of the vessel segments. While taking care to avoid damage to the inner surface, the rings were then horizontally mounted in organ bath

chambers containing 10 mL of PSS solution according to the manufacturer's instructions. One wire was anchored to the equipment's removable mounting jaw and the other wire was connected to an isometric force transducer (ELG-S270B, Entran Sensors and Electronics, Toulouse, France), thereby allowing the wires to be fixed in two steps. The bath medium was bubbled with a mixture of CO_2 (5%) and O_2 (95%) and was maintained at 37°C (pH 7.4). The optimal resting tension (90 mmHg) of each ring was determined by constructing a passive diameter-tension curve in which the vessel's length was kept constant using a computer program (Normalize v1.0, EMKA Technologies). The preparations were allowed to equilibrate under optimal resting tension for 60 min before the start of the experiment. During this resting period, the bath solution was changed every 15 min. After equilibration, tissue viability was confirmed by contraction in response to NE (10^{-7} M) in PSS containing 20 mM K^+ solutions. Several washes were performed to remove the constricting agents, and the preparations were allowed to stabilize for 30 min. Endothelial integrity was then assessed by pre-contracting the tissues with NE (10^{-6} M) before recording the degree of relaxation elicited with acetylcholine (ACh, 10^{-6} M). Tissue that exhibited relaxation that was 80% greater than its pre-constriction value was considered to contain a functional endothelium. After an additional 30 min period that included a wash every 15 min, the contractility of the arteries in high K^+ concentration (80 mM) was measured. In bath solutions containing elevated K^+ levels, the additional K^+ was replaced with equivalent amounts of Na^+ to obtain a certain K^+ concentration.

All preparations underwent an identical initial procedure and were then assigned to two different protocols in which the effects of relaxing and constricting agents were separately examined.

Relaxation Protocol

Vascular preparations were pre-contracted with a single submaximal concentration of NE (10^{-6} M). When the contractile response to the agonist was stable, increasing concentrations of ACh (10^{-9} – 3×10^{-5} M) were applied in a cumulative fashion. The following steps were performed with 30 min washing and re-equilibration intervals between applications of the various agents. After pre-constriction with NE (10^{-6} M), the following relaxing agents were administered sequentially: adenosine (10^{-9} – 3×10^{-5} M), bradykinin (10^{-15} – 3×10^{-8} M), sodium nitroprusside (10^{-9} – 3×10^{-5} M), and isoproterenol (10^{-9} – 3×10^{-5} M).

Contraction Protocol

Concentration-response curves were generated by sequentially applying the following vasoconstrictive agents (with 30 min washing and re-equilibration steps between each application): NE (10^{-8} – 3×10^{-5} M), thromboxane A_2 (10^{-9} – 10^{-6} M), KCl (20, 40, and 80

mM), endothelin-1 (10^{-11} – 10^{-8} M), and vasopressin (10^{-11} – 3×10^{-8} M).

The myograph recordings were analyzed using a computer program (IOX-Datanalyst 2.0.0.6, EMKA Technologies). The NE-induced contraction plateau was considered to be 100%, and the relaxation responses were calculated as percentages of this plateau. The contraction responses are presented numerically in grams and indicate the tension exerted by the vessel segments.

The results are presented as mean $\pm$ SE. The data obtained for the different concentrations of a given relaxing or contracting agent were compared by an analysis of variance for repeated measures (repeated measures ANOVA). Maximal responses observed in the concentration–response curves were analyzed with the Mann–Whitney *U*-test to evaluate the difference between the two experimental groups. Differences with a *p*-value of <0.05 were considered significant.

RESULTS

The body weight between the groups did not differ at the end of the study. The dose–response curves for the various relaxing agents are presented in Figure 1. The curve patterns for the relaxing agents were not statistically different between the sedentary control and exercised groups. The maximum relaxation responses were also similar in these two groups (Table 1).

The dose–response curves obtained with the vasoconstrictor agents are presented in Figure 2. NE was the only agent that generated a significantly different response ($p < 0.01$) between the experimental and control groups. The maximum response to NE in the exercised group was significantly greater than that in the control group ($p < 0.05$). The concentration–response patterns and maximum contractile responses to the other vasoconstrictive agents tested (thromboxane A_2 , KCl, endothelin-1, and vasopressin) were not statistically different between the control and exercised groups (Table 2).

DISCUSSION

Metabolic changes due to regular physical activity have been the subject of numerous detailed studies,^{5–8} many of which investigated the underlying mechanisms that contribute to increased perfusion of active tissues during exercise, including skeletal muscle and myocardium. This process, referred to as “blood redistribution,” is required to supply the increased oxygen that is demanded by active tissues and is more effective in exercise-trained subjects than sedentary ones. However, the decline in blood supply to several tissues, including the kidney, also participates in the blood redistribution process. Although several investigators have suggested that the decrease in renal blood flow

during exercise occurs to a lesser extent in trained subjects than in sedentary ones,^{8–10} few studies have focused on the possible mechanisms that might contribute to this phenomenon. In the present study, we tested the responses of renal resistance arteries to various vasoactive substances in trained and sedentary rats to reveal possible exercise–training-induced alterations in renal vascular reactivity. Increased vasoconstrictive responsiveness to NE in the trained group indicates the necessity for re-evaluating the conclusions that suggest a lesser decrease in renal blood flow in trained animals.

Blood flow redistribution during a bout of exercise is explained by training-induced adaptations in cardiac output and vascular reactivity.³ Several investigators have reported that vascular alterations in coronary, skeletal muscle, or intestinal vasculature can be induced by training.^{14–18} It has been proposed that this training-related vascular adaptation is a complex process that is strongly dependent on the size and tissue location of the vessel. In other words, exercise training may trigger different adaptation mediators in different tissues that contain vessels of different sizes.^{19,20} However, vascular adaptation to exercise training also occurs in the splanchnic organs and the kidney, in which blood flow decreases during a bout of exercise. Lash et al.¹⁶ demonstrated that the intestinal vasculature exhibits an enhanced myogenic but suppressed adrenergic constrictor response in trained animals. In contrast, McAllister et al.¹³ reported decreased constrictive responses in conduit renal arteries that were treated by cumulative doses of NE in trained pigs. However, the data obtained in conduit-type arteries cannot be extrapolated to the smaller resistance arteries in terms of regulating local tissue perfusion. It is also possible that exercise training alters the vascular responses of resistance arteries to relaxing agents.

We found no statistically significant differences in the dilation responses of renal resistance arteries to ACh or bradykinin between trained and sedentary rats. Moreover, the relaxation responses to sodium nitroprusside and isoproterenol (which are vasodilator agents with direct effects on vascular smooth muscle cells) did not differ between the trained and sedentary groups. Furthermore, high extracellular K^+ concentrations (which induce vasoconstriction by membrane depolarization without involving specific receptors or post-receptor mechanisms) produced similar contractile responses in the two groups. Taken together, these results indicate that the contractile elements in vascular smooth muscle cells of renal resistance arteries were not affected in the trained rats. Our findings in rat renal resistance arteries are consistent with previous reports by other groups who studied conduit-type renal arteries from trained pigs.¹³ Exercise training did not alter the responsiveness of renal resistance arteries to endothelium-derived vasodilatory agents at either the receptor or post-receptor level.

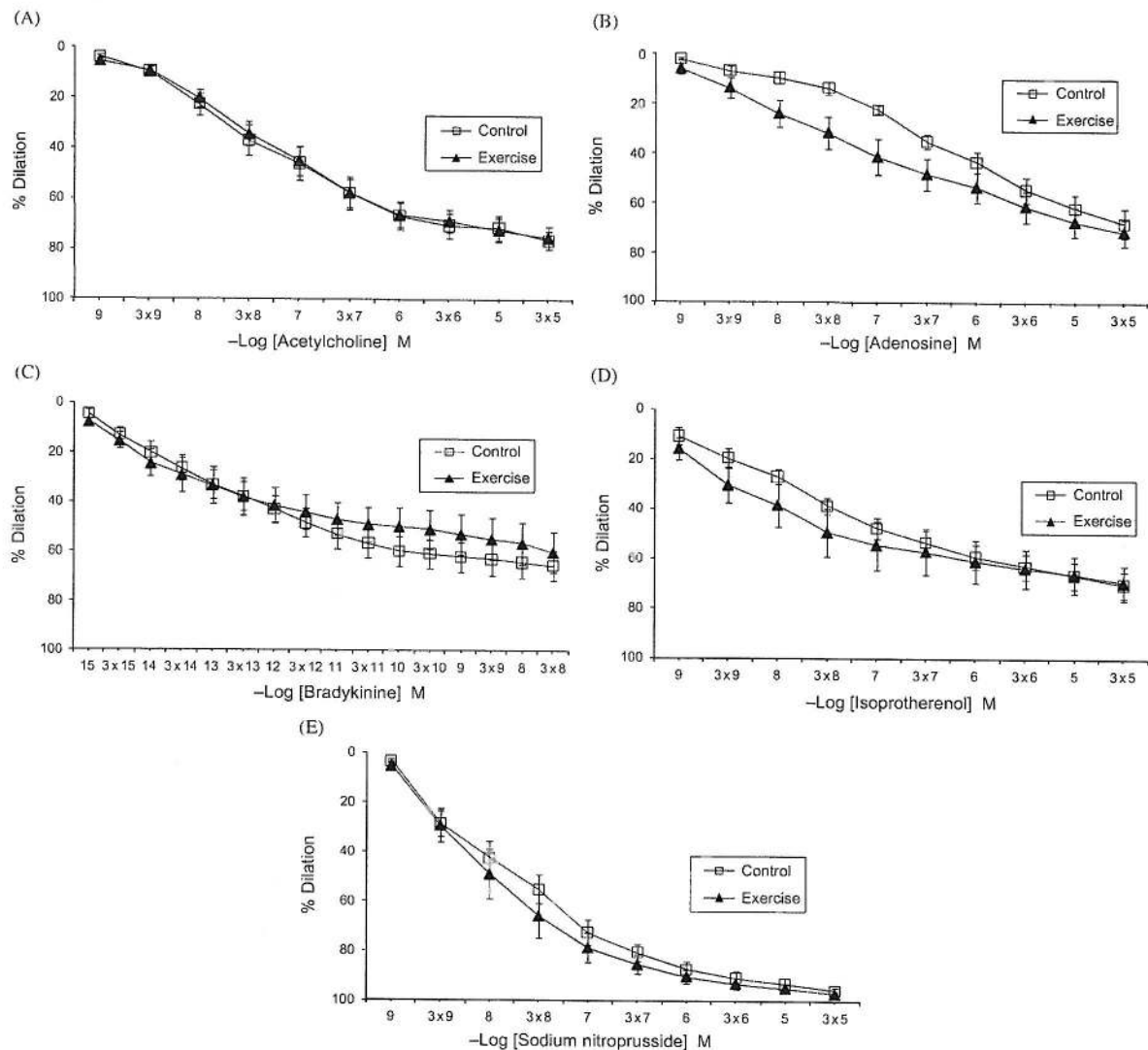


Figure 1. Cumulative concentration-response curves to acetylcholine (A), adenosine (B), bradykinin (C), isoproterenol (D), and sodium nitroprusside (E) in renal resistance arteries from experimental groups. Note: Values are means $\pm$ SE.

Table 1. Maximal dilation response (E_{max}) values to vasodilator agents in isolated renal resistance arteries in experimental rats.

Agents (%)	Control	Exercise
Acetylcholine	76.5 $\pm$ 4.48	75.5 $\pm$ 4.33
Adenosine	68.2 $\pm$ 5.84	71.6 $\pm$ 5.43
Bradykinin	65.6 $\pm$ 8.0	60.2 $\pm$ 6.23
Sodium nitroprusside	95.7 $\pm$ 1.37	97.2 $\pm$ 0.94
Isoproterenol	70.1 $\pm$ 5.5	69.4 $\pm$ 6.8

Note: Values are means $\pm$ SE.

The dose-response curves of vasoconstrictive mediators were evaluated in a subsequent set of protocols in which NE produced statistically stronger contractions in renal vessels from trained rats compared with sedentary controls. In addition, the maximal contraction responses to NE were also significantly higher in

the trained rats compared to control group. In contrast, McAllister et al.¹³ reported decreased contractile responses in renal arteries of trained pigs compared to control pigs. Although the reason for the contradictory findings is unclear, differences in the species studied, the duration of physical training, and, in particular, the vessel segment studied might all play a role in the observed differences. To our knowledge, the present study is the first to investigate exercise-training-induced alterations in the reactivity of renal resistance arteries from trained animals.

There are several clues in the literature that might explain the increased NE responsiveness of resistance arteries from trained rats. Vascular α -adrenergic receptors undergo important changes in their number and/or their ligand affinity in response to altered levels of agonist stimulation (i.e., circulating levels of

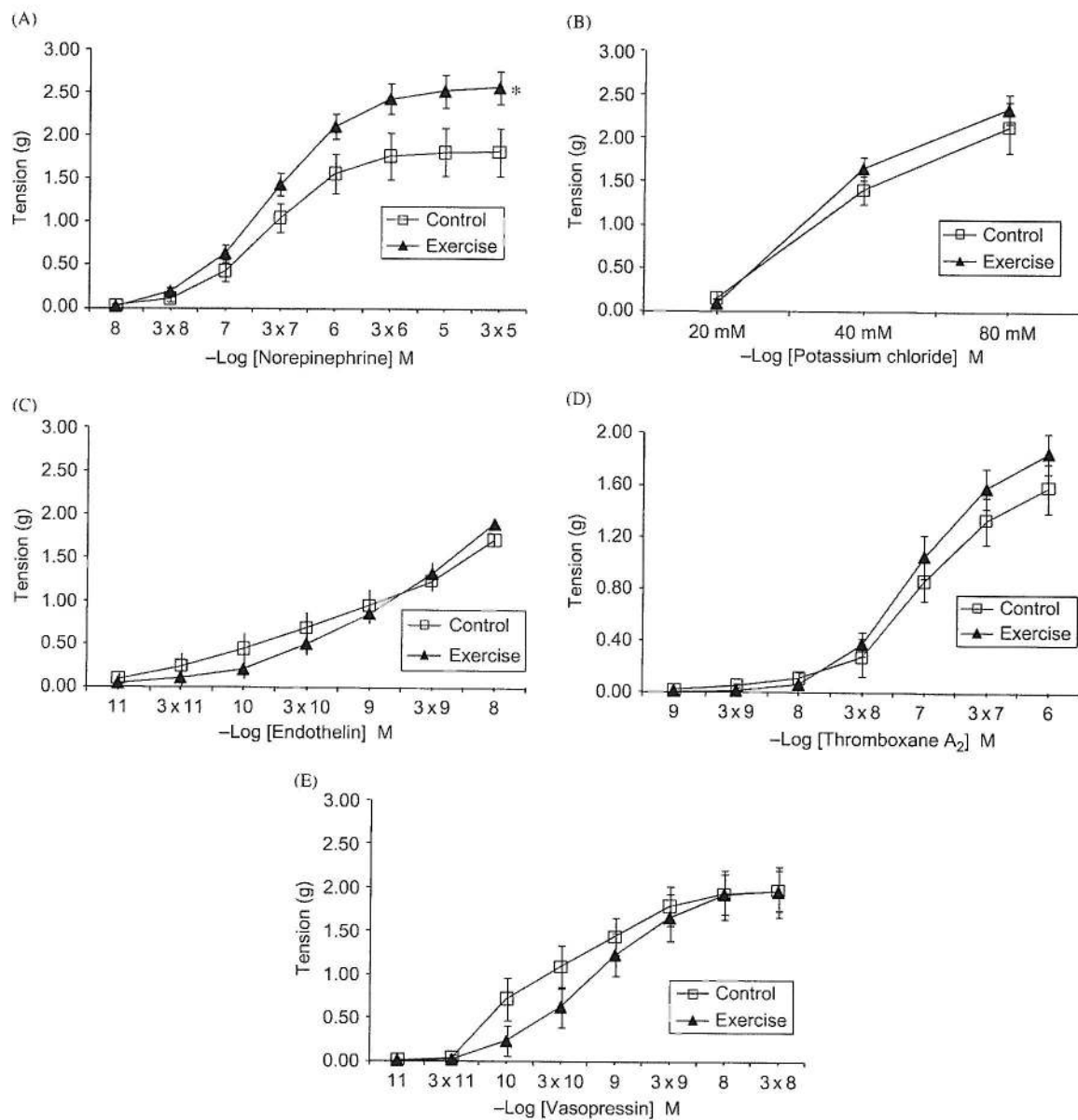


Figure 2. Cumulative concentration–response curves to norepinephrine (A), potassium chloride (B), endothelin (C), thromboxane A₂ (D), and vasopressin (E) in renal resistance arteries from experimental groups.

Notes: Values are means $\pm$ SE.

*Denotes $p < 0.01$, difference from control group.

noradrenaline).²¹ It is also well known that decreased catecholamine levels result in increased vascular sensitivity to alpha-adrenergic agonists by enhancing both receptor numbers and Ca^{2+} efflux.²² The intensity of sympathetic stimuli and the levels of circulating adrenergic hormones are decreased by regular physical activity as compared to sedentary conditions.¹⁰ Therefore, it might be suggested that the increased contractile responses of renal resistance arteries in trained rats that were observed in the present study might be due to an upregulation of adrenergic receptors and/or increased sensitivity of the post-receptor signaling pathway that

is caused by a reduction in both local (through sympathetic nerves) and circulating levels of NE in these animals.

Because regular physical exercise has been reported to reduce the activity and expression (at both the mRNA and protein levels) of endothelial nitric oxide synthase, which results in a decrease in stable NO metabolites (e.g., nitrites/nitrates), an alteration in NO production might also contribute to the observed reduction in the contractile response of resistance arteries to NE in trained rats.²³ Moreover, Maeda et al.²⁴ reported that elevated endothelin-1 levels are

Table 2. Maximal constriction response (Emax) values to vasodilator agents in isolated renal resistance arteries in experimental rats.

Agents (g)	Control	Exercise
Norepinephrine	1.82 ± 0.28	2.56 ± 0.19*
Thromboxane A ₂	1.58 ± 0.19	1.84 ± 0.15
Potassium chloride	2.13 ± 0.29	2.33 ± 0.17
Endothelin	1.71 ± 0.07	1.89 ± 0.06
Vasopressin	1.97 ± 0.23	1.96 ± 0.29

Notes: Values are means ± SE.

*Denotes $p < 0.05$, difference from control group.

responsible for renal NOS downregulation in trained rats.

Our results demonstrate that the constriction responses of renal resistance arteries to NE were stronger in trained animals compared to sedentary animals, whereas the dilation responses did not differ between these two groups. This assertion contradicts the generally accepted belief that renal blood flow decreases to a lesser extent in trained animals.^{8–10} These findings also necessitate the re-evaluation of how kidney blood flow changes during exercise in trained animals and underscore the need for further investigation.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by the Akdeniz University Research Projects Unit (Project Number 2004.01.0200.004).

Declaration of interest: The authors report no conflicts of interest. The authors alone are responsible for the content and writing of the paper.

REFERENCES

- [1] Chen HI, Chiang IP. Chronic exercise decrease adrenergic agonist-induced vasoconstriction in spontaneously hypertensive rats. *Am J Physiol*. 1996;271:H977–H983.
- [2] Gren DJ, Maiorana A, O'Driscoll G, Taylor D. Effect of exercise training on endothelium-derived nitric oxide function in humans. *J Physiol*. 2004;561(pt. 1):1–25.
- [3] Lash JM. Training-induced alteration in contractile function and excitation-contraction coupling in vascular smooth muscle. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30(1):60–66.
- [4] Joyner MJ, Casey DP. The catecholamines strike back. What NO does not do. *Circ J*. 2009;73(10):1783–1792.
- [5] Musch TI, Haidet GC, Ordway GA, Longhurst JC, Mitchell JH. Training effects on regional blood flow response to maximal exercise in foxhounds. *J Appl Physiol*. 1987;62(4):1724–1732.
- [6] Clausen JP. Effect of physical training on cardiovascular adjustments to exercise in man. *Physiol Rev*. 1977;57(4):779–815.
- [7] Musch TI, Terrell JA, Hilty MR. Effect of high-intensity sprint training on skeletal muscle blood flow in rats. *J Appl Physiol*. 1991;71(4):1387–1395.
- [8] Armstrong RB, Laughlin MH. Exercise blood flow patterns within and among rat muscles after training. *Am J Physiol*. 1984;246:H59–H68.
- [9] DiCarlo SE, Stahl LK, Bishop V. Daily exercise attenuates the sympathetic nerve response to exercise by enhancing cardiac afferents. *Am J Physiol*. 1997;273:H1606–H1610.
- [10] McAllister RM. Adaptations in control of blood flow with training: Splanchnic and renal blood flows. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30(3):375–381.
- [11] DiCarlo SE, Bishop VS. Regional vascular resistance during exercise: Role of cardiac afferents and exercise training. *Am J Physiol*. 1990;258:H842–H847.
- [12] Mueller PJ, O'Hagan KP, Skogg KA, Buckwalter JB, Clifford PS. Renal hemodynamic responses to dynamic exercise in rabbits. *J Appl Physiol*. 1998;85(5):1605–1614.
- [13] McAllister RM, Kimani JK, Webster JL, Parker JL, Laughlin MH. Effect of exercise training on responses of peripheral and visceral arteries in swine. *J Appl Physiol*. 1996;80(1):216–225.
- [14] Laughlin MH. Endothelium-mediated control of coronary vascular tone after chronic exercise training. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27:1135–1144.
- [15] Koller A, Huang A, Sun D, Kaley G. Exercise training augments flow-dependent dilation in rat skeletal muscle arterioles: Role of endothelial nitric oxide and prostaglandins. *Circ Res*. 1995;76:544–550.
- [16] Lash JM, Reilly T, Thomas M, Bohlen HG. Adrenergic and pressure-dependent vascular regulation in sedentary and trained rats. *Am J Physiol*. 1993;265:H1064–H1073.
- [17] Chiba Y, Maehara K, Yaoita H, Yoshihisa A, Izumida J, Maruyama Y. Vasoconstrictive response in the vascular beds of the non-exercising forearm during leg exercise in patients with mild chronic heart failure. *Circ J*. 2007;71(6):922–928.
- [18] Fujita M, Sasayama S. Coronary collateral growth and its therapeutic application to coronary artery disease. *Circ J*. 2010;74(7):1283–1289.
- [19] Sessa WC, Pritchard K, Seyedi N, Wang J, Hintze TH. Chronic exercise in dogs increases coronary vascular nitric oxide production and endothelial cell nitric oxide synthase gene expression. *Circ Res*. 1994;74:349–353.
- [20] Parker JL, Oltman CL, Muller JM, Myers PR, Adams HR, Laughlin MH. Effects of exercise training on regulation of tone in coronary arteries and arterioles. *Med Sci Sports Exerc*. 1994;26:1252–1261.
- [21] Colucci WS, Gimbrone MA, Alexander RW. Regulation of the postsynaptic α -adrenegic receptor in rat mesenteric artery. *Circ Res*. 1981;48:104–111.
- [22] Colucci WS, Alexander RW. Norepinephrine-induced alteration in coupling of α_1 -adrenegic receptor occupancy to calcium efflux in rabbit aortic smooth muscle cells. *Proc Natl Acad Sci USA*. 1986;83:1743–1746.
- [23] Miyauchi T, Maeda S, Iemitsu M, et al. Exercise causes a tissue-specific change of NO production in the kidney and lung. *J Appl Physiol*. 2003;94:60–68.
- [24] Maeda S, Miyauchi T, Iemitsu M, et al. Endothelin receptor antagonist reverses decrease NO system in the kidney in vivo during exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2004;286:E609–E614.