



**T.C.
ESKİŞEHİR OSMANGAZI ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**19 YAŞ ALTI ERKEK FUTBOL TAKIMI OYUNCULARINDA
6 HAFTALIK KAN AKIŞI KISITLAMA ANTRENMANININ
KAS KUVVETİ VE KASIN MİMARİSİ ÜZERİNE ETKİSİNİN
ULTRASONOGRAFİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EMRAH KORKMAZ

**DANIŞMAN
PROF. DR. KUBİLAY UZUNER
DR. ÖĞR. ÜYESİ GÜRHAN DÖNMEZ**

2018



**T.C.
ESKİŞEHİR OSMANGAZI ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**19 YAŞ ALTI ERKEK FUTBOL TAKIMI OYUNCULARINDA
6 HAFTALIK KAN AKIŞI KISITLAMA ANTRENMANININ
KAS KUVVETİ VE KASIN MİMARİSİ ÜZERİNE ETKİSİNİN
ULTRASONOGRAFİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ


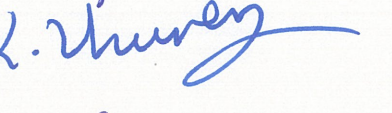
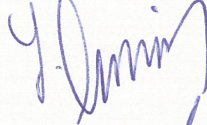


Emrah KORKMAZ

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Kubilay UZUNER
Dr. Öğr. Üyesi Gürhan DÖNMEZ**

KABUL VE ONAY SAYFASI

Emrah KORKMAZ'ın Yüksek Lisans Tezi olarak hazırladığı "19 Yaş Altı Erkek Futbol Takımı Oyuncularında 6 Haftalık Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanının Kas Kuvveti ve Kasın Mimarisi Üzerine Etkisinin Ultrasonografik Olarak Değerlendirilmesi" başlıklı bu çalışma Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddesi uyarınca değerlendirilerek "**KABUL**" edilmiştir.

Tarih
17/12/2018

Üye: Prof. Dr. A. Haydar Demirel 
Üye: Prof. Dr. Kubilay Ünner 
Üye: Prof. Dr. Yosemin AYDIN 
Üye: Prof. Dr. Nilüfer ERKASAP 
Üye: Doç. Dr. Deniz ZİNCEK 

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 26/12/2018 ... tarih ve 1204/5984 sayılı kararı ile onaylanmıştır.


Prof. Dr. Hasan Veysi GÜNEŞ
Enstitü Müdürü

ÖZET

19 Yaş Altı Erkek Futbol Takımı Oyuncularında 6 Haftalık Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanının Kas Kuvveti ve Kasın Mimarisi Üzerine Etkisinin Ultrasonografik Olarak Değerlendirilmesi

Kas hipertrofinin, kişinin bir maksimum tekrarının (1 MT) en az %65-70'i kullanılarak yaptığı direnç antrenmanı ile oluştuğu bilinmektedir. Özellikle büyük motor ünitelerle ilgili kas liflerini aktive edebilecek gerekli minimum eşik uyarının bu olduğu düşünülmektedir. Ancak zaman zaman bu yaklaşım kas iskelet sistemi yaralanmalarına neden olabilmekte ya da rehabilitasyon sürecindeki bireyler için uygulanması mümkün olmamaktadır. Bu amaçla, güncel çalışmalar kan akışı kısıtlaması (KAK) ile yapılan düşük yoğunluklu direnç egzersizlerinin bu bilinen teoriyi çürütebileceğini düşündürmüş ve 1MT'in %50'sinin altında daha düşük yoğunluklarda bu yöntem kullanılarak yapılan egzersizlerin de hipertrofik adaptasyonlara yol açabileceğini göstermiştir. BFR antrenmanının klasik kuvvetlendirme antrenmanı ile benzer sonuçlar vermesinin yanında doku ve eklemlere uygulanan daha düşük yüklenmeler nedeniyle bu yöntemin klasik direnç egzersizine göre daha güvenli olduğu düşünülmektedir.

BFR alt ya da üst ekstremitenin proksimal bölgesinden dışarıdan bası şeklinde uygulanmak suretiyle kullanılır. Uygulanan basınç arteriyel dolaşımın devamına engel olmazken oklüzyon alanının distalindeki venöz dolaşımı kısıtlayacak şiddette olması gerekir. Düşük yoğunluklu direnç egzersiziyle (1MT %20-30) yapılan BFR antrenmanının, iki hafta gibi kısa bir sürede kas kuvvetinde önemli artışlar sağladığı gözlenmiştir. BFR antrenmanı kas aktivasyonunu uyararak ve hücre sıvı artışını sağlayarak kas hipertrofisi oluşmasını sağlamaktadır. Egzersiz sırasında venöz dönüşün kısıtlanması ile beraber yüksek yoğunluklu metabolit birikimi (laktat) oluşmaktadır. Laktat konsantrasyonunun artmasıyla birlikte Tip II liflerin (hızlı kasılan lifler) uyarılması sağlanarak kas hipertrofinde görev alan yolaklar aktifleşerek kasta hipertrofi oluşmasını sağlamaktadır. BFR ile yapılan direnç egzersizinin potansiyel hipertrofik etkilerine rağmen kas yapısını ve mimarisini nasıl etkilediği çok iyi bilinmemektedir. Literatür taraması yapıldığında sporcularla gerçekleştirilen yeterli sayıda kaynağa rastlanmamış olup bu çalışma ile literatürdeki açığın doldurabileceği düşünülmektedir.

Gerçekleştirilen bu çalışmanın amacı, genç futbolcularda 6 haftalık düşük yoğunluklu Kan Akışı Kısıtlama antrenmanı (1 MT'in %20-30) ile klasik direnç antrenmanının (1 MT'in %80) kuadriseps kas grubunda oluşturduğu kuvvet artışı ve kas mimarisine etkisini karşılaştırmaktır. Çalışmaya 18-20 yaş aralığında 23 sağlıklı aktif sporcu dahil edilmiş olup, sporcular randomize olarak Klasik Direnç Antrenmanı (RES) ve BFR olmak üzere iki gruba ayrılmıştır: RES (n=12) ve BFR (n=11). Egzersiz protokolü 6 hafta süresince haftada 2 gün olacak şekilde belirlenmiştir. BFR antrenmanı grubunda bulunan sporcuların dominant bacaklarına manşon yardımıyla

130-150 mmHg basınç uygulamak suretiyle kan akışı kısıtlanması sağlanarak düşük yoğunlukta (1 MT %20-30), RES grubundaki sporculara ise kan akışı kısıtlanması olmadan dominant bacakları ile yüksek yoğunlukta (1 MT %80) dört set diz ekstansiyon egzersizi yaptırılmıştır. Egzersiz protokolü uygulaması öncesi ve sonrası olmak üzere, kasın mimarisindeki değişiklikler 5-12 Mhz lineer problu tanısal ultrasonografi cihazı ile (*Logiq P5, General Electrics Medical Systems, Wisconsin, USA*) aynı hekim tarafından yapılarak rektus femoris ve vastus lateralis kas kalınlığı, pennasyon açısı, fasikül uzunluğu değişimleri incelenmiştir. Kuvvet ölçümü değerlendirmesi *Biodex System Pro3* (Biodex Corp., Shirley, NY, USA) izokinetik sistem ile diz ekstansiyon 1 MT ve 60°/s ve 180°/s açısal hızlarda ekstansiyon-fleksiyon pik tork ölçümleri alınarak yapılmıştır.

Değişkenler SPSS programıyla analiz edildiğinde egzersiz protokolü uygulaması sonrası hem BFR hem de RES grubunda fleksör ve ekstansör kas kuvvetlerinde bilateral artış gözlenmiştir. BFR grubunda dominant bacakta ekstansör kuvvet artışı RES grubundaki artışa göre anlamlı olarak daha belirgindir (60°/s p= 0.02, 180°/s p= 0.019). Kas mimarisi ile ilgili değişiklikler değerlendirildiğinde BFR grubunda dominant tarafta rektus femoris kası kalınlığı anlamlı olarak artmıştır (p= 0.002).

Sonuç olarak 6 hafta süresince haftada iki gün 1 MT'ın %20-30 şiddetinde yapılan BFR antrenmanının, 1 MT'ın %80 şiddetinde yapılan klasik direnç egzersizi uygulaması ile karşılaştırıldığında kas kuvvetini artırmada klasik direnç egzersizinden istatistiksel olarak daha fazla kuvvet gelişimi sağladığı gösterilmiştir. Çalışmamızın sonuçlarına göre vasküler kan akışı kısıtlama antrenmanı kısa süre içerisinde düşük ağırlıklarla çalışarak hipertrofi oluşturmak için alternatif bir yol olarak görülmektedir. Bunun yanı sıra BFR antrenmanı ile ilişkili maliyet ve karmaşıklığı bu azalma, atletizm programları, takımlar, antrenörler ve sporculara BFR'nin kuvvet ve kondisyon programlarına dahil edilmesi için daha fazla fırsat sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: kan akışı kısıtlama antrenmanı, kaatsu antrenmanı, oklüzyon antrenmanı, kuvvet antrenmanı, kas hipertrofisi

SUMMARY

The Effects of 6 Weeks Blood Flow Restriction Training on Muscle Strength and Evaluation of Muscle Architecture with Ultrasonography in U19 Male Soccer Players

It has been traditionally believed that resistance training can only induce muscle growth when the exercise intensity is greater than 65-70% of the 1-repetition maximum (RM). It has been surmised that this is the minimum threshold required to activate the complete spectrum of fiber types, particularly those associated with the largest motor units. However, for many individuals this type of resistance exercise is not possible due to musculoskeletal injuries or during rehabilitation process. However, more recently, the use of low-intensity resistance exercise with the blood-flow restriction (BFR) has challenged this theory and consistently shown that hypertrophic adaptations can be induced with much lower exercise intensities (<50% 1 RM). BFR training has been shown to increase muscle hypertrophy and strength with much lower intensity which may be safer for injured tissue and joints.

The BFR is achieved via the application of external pressure over the proximal portion of the upper or lower extremities. The applied external pressure is sufficient to maintain the arterial inflow while restricting the venous outflow distal to the occlusion site. BFR training combined with low intensity resistance exercise (20-30% 1 RM) has been demonstrated to result in significant skeletal hypertrophy and strength within as little as two weeks. Researches have demonstrated the effectiveness of the low-intensity resistance training combined with BFR in terms of increased muscular strength and hypertrophy. However, mechanisms behind BFR not well understood yet it has been thought that BFR induces muscle hypertrophy by metabolic stress. To our knowledge, this study is the first to demonstrate the effects of BFR training on muscle architecture in soccer player by US.

The aim of this study was to compare the effect of resistance training (80% 1 RM) and low-intensity resistance training with blood-flow restriction (20-30% 1 RM) protocol on muscle strength and architecture in youth team soccer players. Twenty-three young (aged 18-20 yrs) trained soccer team players were randomized to either train quadriceps exercises in a protocol for classical resistance training (n=12) or low-intensity resistance exercise with blood-flow restriction (n=11); two times per week for six weeks. BFR training was applied to the proximal ends of both thighs and quadriceps exercises with 20-30% of the 1-RM, two days per week for 6 weeks while wearing a pneumatic cuff which was inflated to 130-150 mmHg to restrict blood flow on the dominant leg and nothing on the other were performed. The RES group completed four sets of quadriceps extension exercise on dominant leg with 80% of the 1-RM by 12 repetitions, twice weekly for 6 week without wearing a pneumatic cuff. The isokinetic testing of the

quadriceps muscles were determined bilaterally at angular velocities of 60°/s and 180°/s by a Biodex System Pro3 isokinetic dynamometer (Biodex Corp., Shirley, NY, USA) before the study and immediately after six weeks of exercises. Quadriceps muscle thickness (from rectus femoris (RF) and vastus lateralis (VL)) and architecture (from VL) were evaluated bilaterally at baseline and after the final training session at 6th week. US evaluations were performed using a 5–12 MHz linear probe (Logiq P5, General Electrics Medical Systems, Wisconsin, USA) by the same physiatrist. Muscle strength (isokinetic concentric peak torque of the quadriceps and hamstring muscles) and ultrasonographic parameters (muscle thickness, pennation angle and fascicle length) were assessed.

Pre-test statistical analysis showed no significant differences ($p > 0,05$) between RES and BFR groups. Improved knee flexor and extensor strength were observed bilaterally in all participants and the increase in extensor strength of BFR group was significantly more on the dominant side (60°/s $p = 0.02$, 180°/s $p = 0.019$) than RES group. Rectus femoris thickness significantly increased in the BFR group on the dominant side ($p = 0.002$).

In conclusion; our findings showed that occlusion training could provide better benefits than traditional strength training to improve muscular hypertrophy. Low-intensity resistance exercise provides successful outcomes when performed with circulatory occlusion. Our results suggest that the BFR training may also influence the muscle architecture in young soccer players. In addition, this reduction in cost and complexity associated with BFR training offers more opportunities for athletic programs, teams, coaches and athletes to be included in BFR's strength and fitness programs.

Key words: blood flow restriction training, kaatsu training, occlusion training, strength training, muscle hypertrophy

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI	ii
ÖZET	iii
SUMMARY	v
İÇİNDEKİLER	vii
TABLO DİZİNİ	ix
ŞEKİL DİZİNİ	x
SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
1- GİRİŞ VE AMAÇ	1
2- GENEL BİLGİLER	4
2.1- İskelet Kası Yapısı ve Fonksiyonu	4
2.2- Kas Yapısı	5
2.3- Kas Mimarisi ve Lif Düzenlenmesi	7
2.4- Kuadriseps Femoris Kası	9
2.5- Klasik Kas Kuvvetlendirme ve Direnç Egzersizleri	12
2.6- Klasik Kas Kuvvetlendirme Protokolü	13
2.7- Kas Kuvvet Oluşumunda Kassal Adaptasyonlar	15
2.8- Klasik Direnç Egzersizi Sonrası Kas Hipertrofisi	17
2.9- Kas Mimarisinin Antrenmana/ Rehabilitasyona Uyumu	18
3- KAN AKIŞI KISITLAMA ANTRENMANI	20
3.1- Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanı Fizyolojisi	22
3.2- Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanı Sonrası Kas Hipertrofisi.....	23
3.3- Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanı Mekanizmaları	24
3.3.1- Motor Üniteler ve Kas Liflerinin Ateşlenmesi	24
3.3.2- Hormonlar ve Sistemik Büyüme Faktörleri	25
3.3.3- Hücresel Sıvı Artışı	27
3.4- Kan Akışı Kısıtlamasının Uygulanması	28
3.5- Basınç ve Antrenman Önerileri	28
3.6- Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanının Güvenilirliği	30
3.7- Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanı ve Sporcu Popülasyon	31
4- GEREÇ VE YÖNTEMLER	33
4.1- Gereç	34
4.2- Yöntemler	35
4.2.1- Araştırmanın Dizaynı	35
4.2.2- Veri Toplama Araçları	36
4.2.3- Ölçümler ve Değerlendirmeler	38
4.2.3.1- Antropometrik Ölçümler	38
4.2.3.2- Kas Kuvveti Ölçümleri	39
4.2.3.3- Kas Mimarisinin Değerlendirmesi	40
4.3- Egzersiz Protokolü Uygulaması	41
4.4- İstatiksel Yöntem.....	43
5 - BULGULAR	45
5.1- Antropometrik Özellikler.....	45
5.2- Kuvvet ile İlgili Bulgular	46
5.3- Ultrasonografik Bulgular.....	54
6- TARTIŞMA	60

7- SONUÇ VE ÖNERİLER.....	70
KAYNAKLAR DİZİNİ	71
EKLER DİZİNİ	91
EK-1	91
EK-2	92
EK-3	93
EK-4	94
EK-5	95
EK-6	97
ÖZGEÇMİŞ.....	102



TABLO DİZİNİ

Tablo 4.1. Araştırma Planı ve Takvimi	33
Tablo 4.2. Araştırma Dizaynı.....	35
Tablo 4.3. Çalışma Dizaynı.....	35
Tablo 4.4. Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanı Protokolü.....	42
Tablo 4.5. Klasik Direnç Egzersizi Protokolü	43
Tablo 5.1. Gruplar arası yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kitle indeksi değerlerinin karşılaştırılması	45
Tablo 5.2. Dominant ve Non-Dominant diz ekstansiyonu ve fleksiyonu 60°/s ve 180°/s açısal hızlarda konsentrik kas kuvvet bulgularının grup içi ve gruplar arası değerlerinin karşılaştırılması.....	47
Tablo 5.3. Dominant ve Non-Dominant bacakta ultrasonografik parametrelerin grup içi ve gruplar arası değerlerinin karşılaştırılması.....	54

ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 2.1. Sarkomer yapısı, myofilamentler ve diğer yapılar, I ve A-bantları, H-bölgesi, Z ve M-bölgeleri	4
Şekil 2.2. İskelet kası yapısı, konnektif doku yapıları ve kas fasikül birleşimleri, lifler ve miyoflamentler	7
Şekil 2.3. İskelet kas mimari çeşitleri	8
Şekil 2.4. Dört ayrı bileşen kasını gösteren kuadriseps femoris kas grubunun şeması	10
Şekil 2.5. VL kası görünümü	11
Şekil 2.6. Kas kuvvetlendirmede zamana bağlı görülen adaptasyonlar ..	16
Şekil 2.7. Direnç egzersizi sinyal yolları özeti	18
Şekil 3.1. Düşük Dirençli BFR antrenmanı sonrası fizyolojik cevapların modeli	21
Şekil 3.2. Vasküler oklüzyon antrenmanı sırasında (A) ve sonrasında (B) görülen metabolik etkiler	22
Şekil 3.3. Geleneksel direnç antrenmanı (T-RT) ve düşük yoğunluklu kan akışı kısıtlama egzersizi (LI-BFR) sırasında, kuvvet, hipertrofi ve nöral adaptasyonlar arasındaki teorik etkileşim.	23
Şekil 3.4. Geleneksel kuvvet antrenmanı ve oklüzyon antrenmanı sırasında gerçekleşen lif ateşlenmesi	25
Şekil 3.5. Kan Akışı Kısıtlama antrenmanının kas kuvveti ve hipertrofisini artırma mekanizması	26
Şekil 4.1. Boy Uzunluk Ölçüm Aracı	36
Şekil 4.2. Vücut Ağırlığı Ölçüm Aracı	36
Şekil 4.3. <i>Biodex® System3 İsoKinetic Dynamometer</i>	37
Şekil 4.4. <i>USG (5-12 Mhz Logiq P5, G.E.)</i>	37
Şekil 4.5. Kan Akışı Kısıtlama aparatı <i>Occlusion Cuff</i> uyluğun proksimalinden manşonlarla sabitlenmiştir.	38
Şekil 4.6. İzokinetik sistem ile kas kuvveti değerlendirmesi.....	40
Şekil 4.7. Ultrasonografik ölçümler	41
Şekil 4.8. Antrenman süresince manşon basıncı 130-150 mmHg aralığında sabit tutulmaya çalışılmıştır.	43
Şekil 5.1. Dominant taraf 60°/s açısal hız konsentrik ekstansiyon kuvvet değerlerinin birinci ve ikinci ölçüm karşılaştırılması....	46
Şekil 5.2. Non-dominant taraf 60°/s açısal hız konsentrik ekstansiyon kuvvet değerlerinin birinci ve ikinci ölçüm karşılaştırılması....	48
Şekil 5.3. Dominant taraf 180°/s açısal hız konsentrik ekstansiyon kuvvet değerlerinin birinci ve ikinci ölçüm karşılaştırılması....	49
Şekil 5.4. Non-dominant taraf 180°/s açısal hız konsentrik ekstansiyon kuvvet değerlerinin birinci ve ikinci ölçüm karşılaştırılması	50
Şekil 5.5. Dominant taraf 60°/s açısal hız konsentrik fleksiyon kuvvet değerlerinin birinci ve ikinci ölçüm karşılaştırılması....	51
Şekil 5.6. Non-dominant taraf 60°/s açısal hız konsentrik fleksiyon kuvvet değerlerinin birinci ve ikinci ölçüm karşılaştırılması....	51

Şekil 5.7.	Dominant taraf 180°/s açısal hız konsentrik fleksiyon kuvvet değerlerinin birinci ve ikinci ölçüm karşılaştırılması..	52
Şekil 5.8.	Non-dominant taraf 180°/s açısal hız konsentrik fleksiyon kuvvet değerlerinin birinci ve ikinci ölçüm karşılaştırılması..	53
Şekil 5.9.	Dominant taraf basınçsız RF kalınlığı değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması	55
Şekil 5.10.	Non-Dominant taraf basınçsız RF kalınlığı değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması.....	55
Şekil 5.11.	Dominant taraf maksimal basınçla RF kalınlığı değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması.....	56
Şekil 5.12.	Non-Dominant taraf maksimal basınçla RF kalınlığı değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması	56
Şekil 5.13.	Dominant taraf VL kalınlık değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması	57
Şekil 5.14.	Non-Dominant taraf VL kalınlık değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması	57
Şekil 5.15.	Dominant taraf VL fasikül uzunluğu değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması	58
Şekil 5.16.	Non-Dominant taraf VL fasikül uzunluğu değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması.....	58
Şekil 5.17.	Dominant taraf VL pennasyon açısı değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması	59
Şekil 5.18.	Non-Dominant taraf VL pennasyon açısı değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması.....	59

SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ

ATP	: Adenozintrifosfat
BFR	: Blood Flow Restriction
BFRT	: Blood Flow Restriction Training
CSA	: Cross Sectional Area
aCSA	: Anatomik Kesit Alanı
cm ²	: Santimetrekare
CP	: Creatinfosfat (Kreatin fosfat)
CST	: Conventional Strengh Training
dk	: Dakika
DVT	: Derin Ven Trombozu
EHA	: Eklem Hareket Açıklığı
F	: Kuvvet
GH	: Growth Hormon (Büyüme hormonu)
GM	: Gluteus Medius
gr	: Gram
KAK	: Kan Akışı Kısıtlama
kg	: Kilogram
kgm	: Kilogram metre
kPa	: Kilo Pascal
M	: Muskulus
M.T.	: Maksimal Tekrar
m ²	: Metrekare
MHC	: Miyozin Ağır Zinciri
MK	: Maksimum Kuvvet
mm	: Milimetre
MMG	: Mechanomyogram (Mekanomyogram)
mmHg	: Milimetre Civa Basıncı
MRG	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
ms	: Milisaniye
MVC	: Maksimum Voluntary Contraction
n	: Kişi sayısı
Nm	: Newton Metre
P	: Basınç
QF	: Kuandriseps Femoris
RES	: Klasik Direnç Egzersizi
RF	: Rektus Femoris
sn	: saniye
USG	: Ultrasonografi
VI	: Vastus Intermedius
VKİ	: Vücut Kitle İndeksi
VL	: Vastus Lateralis
W	: Watt

1- GİRİŞ VE AMAÇ

Kuvvet ve güç antrenmanları, birçok spor dalında gerekli bir bileşendir ve aynı zamanda spor yaralanması sonrası rehabilitasyon programlarının vazgeçilmez bir ögesidir. Kas gücünü arttırmak için kullanılan çeşitli antrenman metodları vardır ve bunların çoğunun etkinliği kanıtlanmıştır (Wernbom, Augustsson, & Thomeé, 2006a).

Amerika Spor Hekimleri Derneği (ACSM) kılavuzlarında kas kuvveti ve kas hipertrofisi oluşturmak için 1 maksimal tekrarın (1 MT) en az %70'i yoğunluğunda yapılan egzersizin etkili olduğu belirtilmektedir (William J Kraemer et al., 2002). Bu yoğunluğun altında yapılan egzersizler çok nadiren kas kuvveti ve hipertrofisi oluşturur. Bunun nedeni; direnç egzersizi süresince motor üniteler yapılarına göre sırayla ateşlenmektedirler (Kenney, Wilmore, & Costill, 2015). Düşük yoğunluklarda daha küçük üniteler yani tip I lifler (yavaş kasılan oksidatif) ilk olarak ateşlenmektedir. Yüksek yoğunluklarda kasılma kuvveti arttıkça büyük üniteler, tip II lifler (hızlı kasılan) ateşlenmektedir. Hipertrofi sorumlu olması ve daha geniş olması nedeniyle kas kuvvetini ve kas kütlesini arttırmak için tip II liflerin ateşlenmesi önemlidir (Kenney et al., 2015). Bu nedenle kas hipertrofisi oluşturmak için yapılması önerilen direnç egzersizi orta-yüksek şiddette olmalıdır.

Literatür incelendiğinde bu konuda yapılmış çalışmalar yüksek yoğunlukta antrenmanı desteklemektedir. Bir MT'nin yaklaşık %80'i optimal kuvvet kazanımı sağlamaktadır (Wernbom et al., 2006a). Bir MT'nin yaklaşık % 70-85'i ile yapılan 6-12 tekrarlı egzersizlerin kas kuvvet artışı ve hipertrofi oluşturmada etkili olduğu gösterilmiştir (Tomohiro Yasuda et al., 2011). Bununla birlikte, bu tür yüksek yoğunluklu egzersizin potansiyel yaralanma sebebi ya da başka faktörler dolayısıyla kontraendike olduğu durumlar gözardı edilmemelidir. Son 10-20 yılda vasküler kısıtlamadan yararlanılarak düşük yoğunluklarda antrenmana ilgi duyulmaya başlanmıştır (Wernbom et al., 2006a). Bu tür bir antrenman Japonya'da Kaatsu veya düşük yoğunluklu oklüzyon antrenmanı olarak popüler hale gelmiştir (Kawada & Ishii, 2005; J. P. Loenneke, Wilson, Wilson, Pujol, & Bembien, 2011; Takarada, Tsuruta, & Ishii, 2004; Wernbom et al., 2006a). Direnç antrenmanını takiben adaptasyon için yetersiz kan akışının gerekli bir koşul olduğu düşünülmektedir (T. Yasuda et al., 2011).

Düşük yoğunluklu vasküler oklüzyon antrenmanının (1 MT ~%20) kasta kuvvet ve hipertrofi oluşturma etkisinin yüksek yoğunluklu antrenmana (1 MT ~%80) göre benzer sonuçlar sağladığı konusunda çok güçlü kanıtlar vardır (Jeremy Paul Loenneke & Pujol, 2009). Bu yöntemde antrenman sırasında kişinin 1 MT'nin yaklaşık %20'si kullanılır ve yüksek yoğunluklu antrenmana benzer sonuçlar elde edilir. Birçok farklı oklüzyon tekniği kullanılarak farklı basınçlar, farklı antrenman yöntemleri ve farklı anatomik bölgeler ile araştırmalar yapılmıştır (Slysz, Stultz, & Burr, 2016). Yapılan bu araştırmalar Kaatsu veya oklüzyon antrenmanının etkinliğini

kanıtlamaktadır (Slysz et al., 2016). Bu konuda yapılmış çok sayıda çalışma olmasına rağmen çalışmalar düşük yoğunluklu oklüzyon antrenmanının başarılı olmasının arkasındaki temel mekanizmanın açıklanması konusunda yetersiz kalmıştır.

Geleneksel Kaatsu antrenmanında cihazın kendi manşonu kullanılmaktadır. Yaklaşık 20-25 dk. süren bir seansta kişi 1 MT'nin yaklaşık 20-30'u ile düşük yoğunluklu oklüzyon antrenmanı yapar. Kaatsu cihazının manşonu tansiyon aletinin manşonuna benzer ve kullanılan basınç sağlıklı bireyler için 110 mmHg civarındadır, ancak elit bir sporcu için 210 mmHg'ye kadar kullanılabilir. Bu teknikte, genellikle bilateral olarak büyük bir kas grubu 3 ile 4 set olacak şekilde veya belli bir vücut kısmı yoruluncaya kadar çalıştırılır. Setler arasında genellikle 15-20 sn dinlenme vardır. Üç ila dört set tamamlandıktan sonra vücudun başka bir bölümü ile egzersiz yapılır. Kaatsu antrenmanının etkinliği ateşlenen motor ünite sayısında artış, hormonal yanıtlarda artış, lokal büyüme faktörleri ve artan protein sentezi ile açıklanmaktadır. Düşük yoğunluklu antrenman sırasında, tip I kas lifleri öncelikle kuvvet sağlamak için kullanılır. Bu lifler, tip II kas liflerinden farklı (hızlı glikolitik) olarak enerjilerini kandan ve oksijenden sağlarlar. Oksijen yokluğunda anaerobik egzersizde tip II lifler kullanılır ve bu liflerin büyüme potansiyeli daha fazladır (Wernbom et al., 2006a). Düşük yoğunluklu oklüzyon antrenmanı sırasında kan akışının kısıtlanması dolayısıyla tip II lifler kuvvet üretimine zorunlu olarak katılmaktadır. Kaatsu antrenmanı, kas liflerini, oklüzyon olmadan aynı protokolda antrenman yapan bireylere göre daha yüksek bir potansiyelde hipertrofi ve kuvvet üretimi için kullanır. Kaatsu antrenmanı ayrıca, yüksek yoğunluklu antrenman programı uygulayanlara göre kuvvet ve hipertrofide benzer gelişmeler sağlamaktadır (T. Yasuda et al., 2011).

Düşük şiddetli vasküler oklüzyon antrenmanının etkinliği daha önce atletik veya yüksek antrenmanlı bireylerde değerlendirilmiş olsa da literatürde futbolcularda yapılan herhangi bir çalışmaya rastlanmamış olup kasın mimarisindeki değişimi ultrasonografi (USG) ile radyolojik olarak gösteren bir çalışma bulunmamaktadır.

Gerçekleştirilen bu çalışmanın amacı, genç futbolcularda 6 haftalık düşük yoğunluklu Kan Akışı Kısıtlama antrenmanı (1 MT'in %20-30) ile klasik direnç antrenmanının (1 MT'in %80) kuadriseps kas grubunda oluşturduğu kuvvet artışı ve kas mimarisine etkisini karşılaştırmaktır.

Araştırmanın Problemleri

1. Kan Akışı Kısıtlama grubu ile Klasik Direnç Egzersizi grubu arasında kas kuvveti gelişiminde fark var mıdır?
2. Kan Akışı Kısıtlama grubu ile Klasik Direnç Egzersiz grubu arasında kas mimarisindeki değişimler açısından fark var mıdır?

soruları temelinde detaylandırılarak cevap aranmıştır.

Araştırmanın Alt Problemleri

1. Antrenman öncesi gruplar arasında USG ölçümü karşılaştırmasında anlamlı fark var mıdır?
2. Antrenman öncesi gruplar arasında Tepe Tork (Nm) izokinetik ölçümü karşılaştırmasında anlamlı fark var mıdır?
3. Antrenman sonrası gruplar arasında USG ölçümü karşılaştırmasında anlamlı fark var mıdır?
4. Antrenman sonrası gruplar arasında Tepe Tork (Nm) izokinetik ölçümü karşılaştırmasında anlamlı fark var mıdır?
5. Antrenman öncesi ve sonrası gruplar için USG ölçümü değişimlerinin karşılaştırmasında anlamlı fark var mıdır?
6. Antrenman öncesi ve sonrası gruplar için Tepe Tork (Nm) izokinetik ölçümü değişimlerinin karşılaştırmasında anlamlı fark var mıdır?

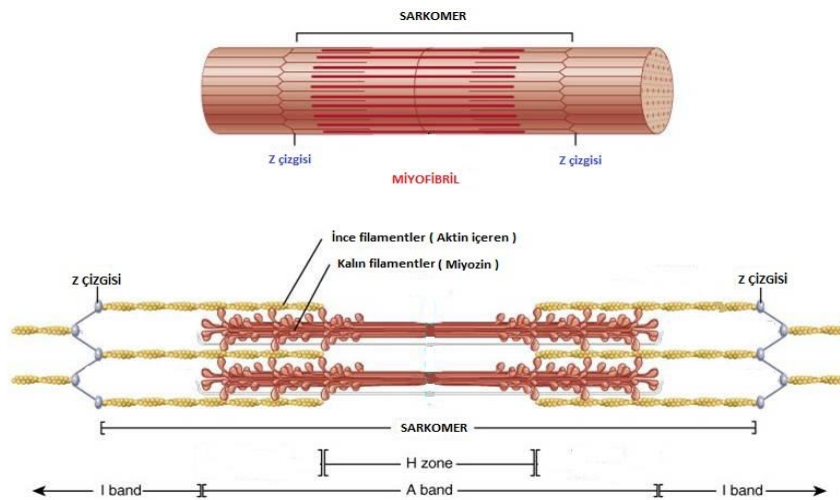
2- GENEL BİLGİLER

2.1- İskelet Kası Yapısı ve Fonksiyonu

İskelet kası adaptasyonunu anlamak için öncelikle iskelet kasının yapısını fonksiyonel bir birim olarak tanımamız gereklidir. Egzersizle beraber iskelet kası tarafından verilen akut ve kronik yanıtlara bakıldığında kas yapısındaki değişiklikler ve fonksiyonlar anlaşılacaktır.

İskelet kası, kontraktıl miyofilamentler (aktin ve miyozin) içeren sarkomer demetlerinden oluşmaktadır (Şekil 2.1). Birçok sarkomer seri ve yan yana bir araya gelerek miyofibrilleri meydana getirir, bunlar da paralel bir şekilde kas lifini oluşturmaktadır (Squire, 1997). Bu kontraktıl filamentlerin etkileşimi iskelet kası kasılması için temel mekanizmayı sağlar ve miyozin başlarının hareketi kuvvet oluşumunda temel bir süreç olarak kabul edilir (Hodgkin & Huxley, 1953; A. F. Huxley, 1957; H. Huxley, 1957). Kalın miyozin filamentler ince aktin filamentler arasında yerleşir ve bu şekilde çapraz köprü oluşturulabilir, bu da çoklu miyozin başı ve aktin etkileşimine izin verir (Hodgkin & Huxley, 1953; A. F. Huxley, 1957; H. Huxley, 1957) Bununla birlikte, aktin kalsiyum yokluğunda aktomiyozin aktivitesini inhibe eden tropomiyozin ve troponin alt birimlerini içerir (Hartshorne & Mueller, 1967). Kalsiyum sarkomer içine salındığında, inhibitör kontraktıl protein olan troponin yer değiştirir, bu da sonradan tropomiyozin molekülünün hareket etmesine izin verir ve adenozin trifosfat (ATP) varlığında aktomiyozinin bağlanmasına ve hareket döngüsüne izin verir (Ebashi, 1963; Ebashi & Kodama, 1965; Hartshorne & Mueller, 1967).

Bununla birlikte, iskelet kasının maksimum kuvvet oluşturma kapasitesi; lif dizilimi, kesit alanı ve mimari tasarım dahil olmak üzere kasın bir dizi yapısal özelliklerine bağlıdır (Aagaard & Andersen, 1998; P. Aagaard et al., 2001; Harridge et al., 1996; Maughan, Watson, & Weir, 1983; O. Rutherford & D. Jones, 1992).



Şekil 2.1. Sarkomer yapısı, miyofilamentler ve diğer yapılar, I ve A-bantları, H-bölgesi, Z ve M-bölgeleri (<http://bailey.bio.com>'dan uyarlanmıştır)

2.2- Kas Yapısı

İnsan iskelet kası lifleri, ağırlıklı olarak miyozin ağır zincir izoformları I, IIa ve IIx içeren üç tipte kategorize edilebilir (Billeter, Heizmann, Howald, & Jenny, 1981; Pette & Vrbová, 1999; W. Scott, Stevens, & Binder-Macleod, 2001). Miyozin ağır zincir izoformlarının dizilimi (I, IIa ve IIx) kasın kasılma yeteneğini temsil eder ve genellikle yavaş kasılan (tip I), hızlı kasılan oksidatif (tip IIa) ve hızlı kasılan glikolitik (tip IIx) olarak adlandırılır (Aagaard & Andersen, 1998; Billeter et al., 1981; Harridge et al., 1996). Kasılma aktivitesi için harcanacak toplam enerji, kas içindeki lif tipine ve kas aktivasyonun nasıl olduğuna bağlıdır (Şekil 2.2).

Adenozin trifosfat (ATP), kasılma aktivitesi için enerji sağlayan miyozin ile etkileşir ve miyozinin ATPaz aktivitesi, kas kısalmasının hızıyla birlikte artar (M. Bárány, 1967). Miyofibriler ATPaz aktivitesi ile izometrik gerilim gelişimi arasında doğrusal bir ilişki gözlenir ve ATP-ayrılma hızı miyozin ağır zincir izoformları I'den IIa ile IIx'e kadar giderek artar (Bottinelli, Canepari, Reggiani, & Stienen, 1994). Bu nedenle, ağırlıklı olarak miyozin ağır zincir IIx içeren kas lifleri, en büyük kısalma hızlarına ve gerim oluşturma potansiyeline sahiptir (Eberstein & Goodgold, 1968; Harridge et al., 1996; Larsson & Moss, 1993). Spesifik olarak, miyozin ağır zincir IIa ve IIx'e sahip kas lifleri daha kısa sürede hız ve gerim oluşturabilirler, aynı kas grubunun miyozin tip I izoformlarına kıyasla sırasıyla 4-6 kat daha büyük olabilir (Harridge et al., 1996). Dolayısıyla, iskelet kasının maksimum kuvvet üretim kapasitesi miyozin ağır zincir II izoformunun dizilimi ile ilgilidir (Aagaard & Andersen, 1998; Bottinelli et al., 1994). Miyozin gen ifadesinde bir geçiş fiziksel aktivite dönemlerinden sonra gözlemlenir ve miyozin IIx izoformu muhtemelen kontraktıl aktivitedeki değişikliklere en duyarlı olanıdır (Aagaard & Andersen, 1998; Aagaard et al., 2000; Hortobágyi et al., 2000). Direnç antrenmanının, özellikle miyozin ağır zincir IIx'de bir azalma ve IIa'da artışa neden olduğu ve bir geçişi uyardığı gösterilmiştir (Adams, Hather, Baldwin, & Dudley, 1993; Andersen & Aagaard, 2000). Bununla birlikte, 6 haftalık direnç antrenmanı sonrasında miyozin ağır zincir değişiklikleri ve kas kuvvetindeki değişimlerin incelenmesi sonucunda hiçbir doğrudan korelasyon gözlenmemiştir. (Carroll, Abernethy, Logan, Barber, & McEnery, 1998).

İskelet kasında yapısal adaptasyonlar, kas liflerinin çapındaki (hipertrofi) ve sayısındaki (hiperplazi) bir artışla oluşabilir. Lif sayısı veya lif boyutunda bir artış, iskelet kasının maksimum kuvvet üretim kapasitesini, potansiyel çapraz köprü etkileşimlerinin sayısını arttırarak yükseltebilir (Fitts, McDonald, & Schluter, 1991). Bu iki mekanizma ve lif boyutundaki artış (hipertrofi), insanlarda direnç antrenmanına yapısal adaptasyon olarak kabul edilmektedir (Gollnick, Timson, Moore, & Riedy, 1981; J Duncan Macdougall, 2003; J. D. MacDougall, Sale, Alway, & Sutton, 1984; McCall, Byrnes, Dickinson, Pattany, & Fleck, 1996). Kasın enine kesit alanının kuvvet üretme yeteneği ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (Close, 1972). Hızlı kasılan kas lifleri (tip IIa ve IIx) direnç egzersizine en çok yanıt veren

liflerdir (J. D. MacDougall, Elder, Sale, Moroz, & Sutton, 1980; McCall et al., 1996). IIa ve IIX izoformunu içeren kas liflerinin kuvvet üretme kapasitesinin, esas olarak tip Ia izoformları içerenlere göre %20-30 daha fazla olması dolayısıyla önemlidir (Bottinelli, Pellegrino, Canepari, Rossi, & Reggiani, 1999; Widrick, Stelzer, Shoepe, & Garner, 2002).

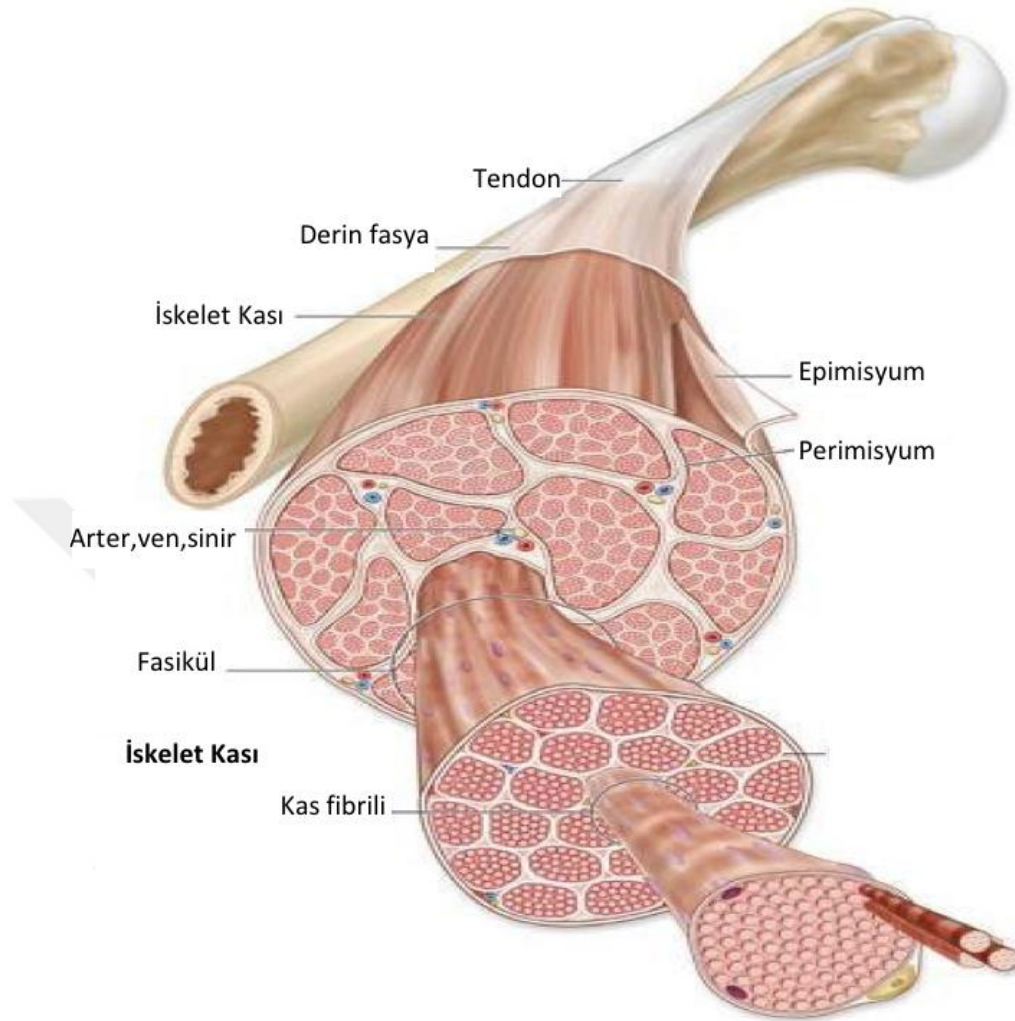
1960'larda yapılan çalışmalarda dayanıklılık ve kuvvet antrenmanları sonucunda tip II liflerin tip I liflere dönüştüğü belirtilmektedir (M. T. Hamilton & Booth, 2000). Aynı çalışmada lif yüzdelerinin karakteristiklerinin kas yorgunluğu ve kas gücünü etkilediği ve metabolik sendrom gibi hastalıkların ortaya çıkışında bir risk faktörü olduğu da vurgulanmaktadır (M. T. Hamilton & Booth, 2000).

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) kas enine kesit alanını belirlemek için tercih edilen yöntemdir. MRG görüntüleri, kas liflerini ekstremiteye dik olacak şekilde dilimleyerek kasların uzunluğu boyunca herhangi bir noktada kaydedilebilir ve %1'lik bir hata ile kasın anatomik kesit alanını temsil etmiş olur (Mitsiopoulos et al., 1998). Bununla birlikte, kasın kuvvet oluşturma kapasitesine ve anatomik enine kesit alanına göre, bireyler arası önemli bir değişkenlik vardır (Maughan et al., 1983; Maughan, Watson, & Weir, 1984). Bir kasın fizyolojik kesit alanı, kas liflerine doğru bir açıda kesitsel bir ölçüm ile belirlenir ve daha doğru bir temsil sağlar. Kaslar, kas liflerinin mimari düzenini dikkate alarak güç üretme yetisine sahiptir ve bunu da dikkate almak gereklidir (P. Aagaard et al., 2001; Narici, Landoni, & Minetti, 1992; O. M. Rutherford & D. A. Jones, 1992).

İskelet kasının mimari özellikleri önemli ölçüde değişkendir, ancak paralel ya da pennat olarak kaba bir şekilde sınıflandırılabilir. Paralel kas lifleri kuvvet üreten eksene göre projeksiyon yaparken, pennat lifler kuvvet üreten eksene göre açısız bir düzende düzenlenir (Lieber & Friden, 2000). Pennat kasta gözlenen kas liflerinin oblik düzenlenmesi, belirli bir alan içinde daha fazla sayıda kas lifinin paketlenmesini sağlayarak, kasın fizyolojik kesit alanını ve dolayısıyla kuvvet üretme kabiliyetini artırır (Kawakami, Ichinose, & Fukunaga, 1998; Zajac, 1992). Buna karşılık, biceps braki'de gözlemlenen gibi, kasın kuvvet üreten eksenine göre liflerin paralel düzenlenmesi, seri bağlı sarkomerlerin boyunda daha büyük bir değişime izin verir ve kasın daha hızlı bir şekilde kısalması sağlanır. (Lieber & Friden, 2000; Lieber, Jacobson, Fazeli, Abrams, & Botte, 1992; Zajac, 1992).

Kuvvet ve kasılmaya katılan kasların büyüklüğü, lif kompozisyonu, kas gruplarının sayısı arasındaki ilişki kassal kuvvete etki eden önemli bir faktördür. Bir kasın kuvveti ve kaldırabileceği yük enine kesitinin yüzeyine bağlıdır. Her istemli kasta kullanılmayan, kullanılmadıkları için küçük kalmış lifler de vardır. Kasta ve bu liflerden istenen iş arttıkça bunlar da gelişirler. Kasılmaya katılan lif sayısı veya kasılmaya katılan kas sayısı arttıkça uygulanan kuvvet de artar (Guyton et al., 2007; N. Hamilton, Luttgens, & Weimar, 2002). Bu nedenle kuvvet üretme kabiliyeti doğrudan kas

kompozisyonu, kas boyutu ve lif düzenlemesi ile ilgilidir. Bununla birlikte, nöral aktivasyon olmaksızın, kuvvet üretimi oluşmayacaktır.



Şekil 2.2. İskelet kası yapısı, bağ doku yapıları ve kas fasikül birleşimleri, lifler ve miyoflamentler. (<http://academic.kellogg.edu>)

2.3- Kas Mimarisi ve Lif Düzenlenmesi

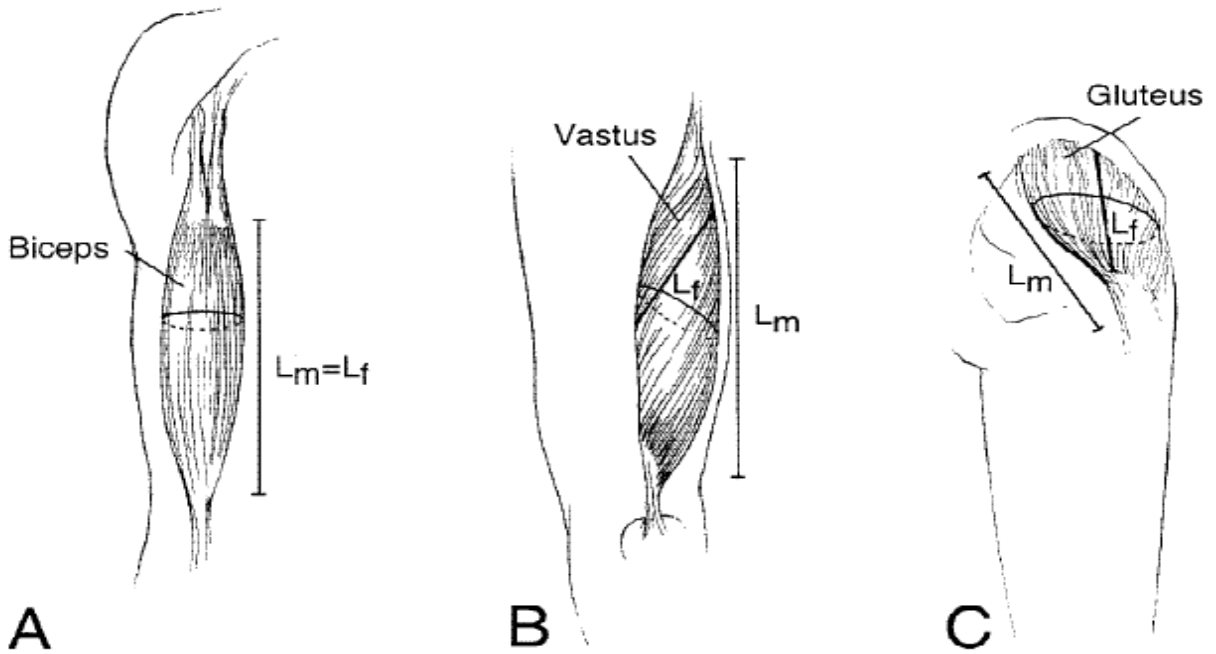
Kas kitlesinin bir göstergesi olan kas kesitsel alanı kas gücü ile ilişkilidir. Kas mikromimarisi değerlendirilirken kas kalınlığı, fasikül uzunluğu, pennat açı ve ekojenite gibi parametrelerin biri veya birkaçı değerlendirilmektedir. Liflerin tendona bağlandığı açı, pennasyon açısı olarak adlandırılır. Pennat açı büyük ise kasın belli volüm başına düşen kontraktıl materyali daha fazladır ve buda kasın güç oluşturma kapasitesinin arttığını göstermektedir (Strasser, Draskovits, Praschak, Quittan, & Graf, 2013).

Kas kesitsel alanını ve kompozisyonlarını değerlendirmede MRG altın standart yöntemlerden biridir. Bu yöntemin pahalı olması ve her yerde ulaşılabilen bir yöntem olmaması kullanılabilirliğini kısıtlamaktadır. Kas-iskelet sistemi ultrasonu daha pratik yapılabilen, kas kitlesi, kas kompozisyonları ve kas mikromimarisi hakkında bilgi veren diğer bir

görüntüleme yöntemidir. Bu yöntemin tek dezavantajı büyük kaslarda kas kesitsel alanının ölçümünün görüntünün sınırlı alınabilmesinden dolayı zor olmasıdır. Bununla beraber kas kalınlığı, iki fasya arasındaki mesafe, USG ile kolaylıkla ölçülebilmektedir (Strasser et al., 2013).

Yapılan çalışmalar kas kalınlığının kas enine kesit alanı ile istatistiksel açıdan anlamlı ve kuvvetli korele olduğunu göstermiştir (Abe, Kawakami, Suzuki, Gunji, & Fukunaga, 1997). Vastus lateralis ve vastus intermedius kaslarının pennat açıların kas enine kesit alanı ile korele olduğu belirtilmiştir (O. M. Rutherford & D. A. Jones, 1992). Kas ekojenitesi ölçümü ile kas kompozisyonu hakkında bilgi edinilebileceği raporlanmıştır.

Genel olarak, kasın merkez çizgisi boyunca paralel uzanan lifli kaslara paralel lifli kaslar denir. Kas liflerinin oblik olarak tendona uzandığı kas gruplarına pennat kaslar denir. Liflerin tendona nasıl bağlı olduğuna bağlı olarak bunlar unipennat (tendonun bir tarafına bağlanmış), bipennat (tendonun her iki tarafına da bağlanmış) veya multipennat (örneğin, tendon dalları) olabilir (Warwick, Williams, & Gray, 1973). Paralel lifli ve pennate kasların çizimleri Şekil 2.3'de gösterilmiştir.



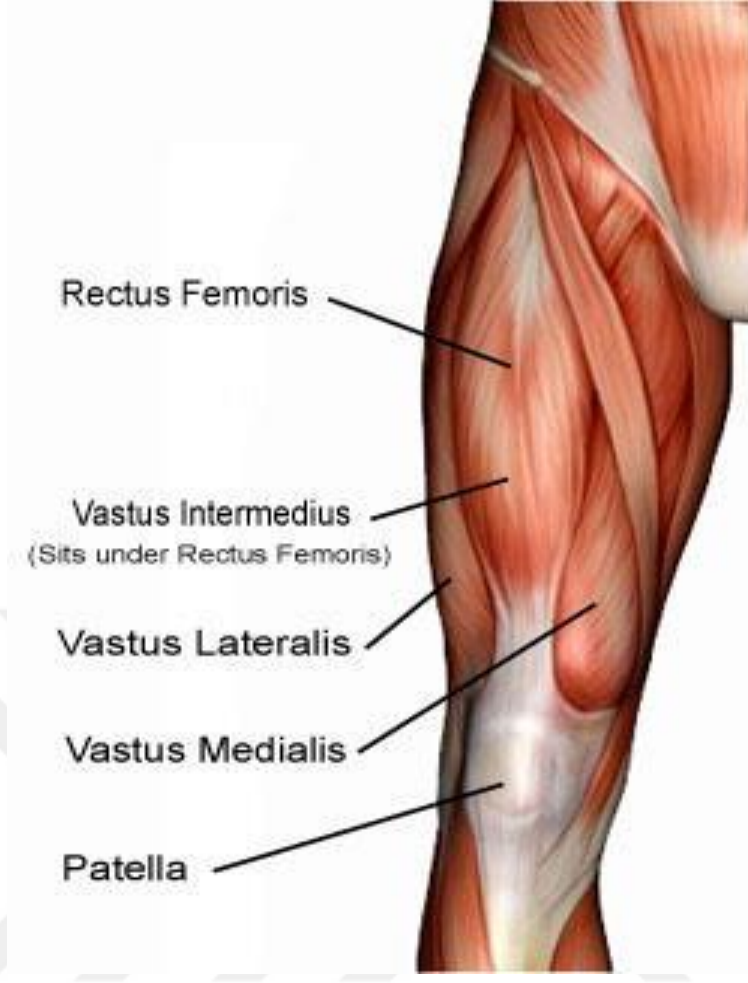
Şekil 2.3. İskelet kas mimari çeşitleri. (A) Longitudinal mimari, kas lifleri kuvvet üretim eksenine paralel seyrederek, örneğin biceps brachii. (B) Unipennat mimari, kas lifleri kuvvet üretim eksenine sabit bir açıyla seyrederek, örneğin vastus lateralis. (C) Multipennat mimari, kas lifleri birkaç farklı açıyla seyrederek, örneğin gluteus medius. Lf, kas lifi uzunluğu; Lm, kas uzunluğu (Lieber & Friden, 2000).

2.4- Kuadriseps Femoris Kası

Kuadriseps femoris (KF) dört kasta oluşur; rektus femoris (RF), vastus lateralis (VL), vastus medialis (VM) ve vastus intermedius (VI) (bkz. Şekil 2.6). VL, VM ve VI kasları, sadece diz eklemi boyunca harekete geçmeleri nedeniyle mono-artiküler kaslar olarak adlandırılır. RF kası ise, hem kalça hem de diz eklemleri boyunca etkileri olduğu için, bi-artiküler kas olarak tanımlanır.

Bütün postüral kaslarda olduğu gibi KF kası da daha fazla yavaş kas lifi (Tip I) içerir ve küçük kaslara oranla daha uzun süreli, yüksek amplitüdü ve düşük frekanslı kontraksiyonlar oluşturabilir (Akgün & Spor Fizyolojisi, 1996; Kisner & Colby, 2007; Zuluaga, 1995). Kuadriseps kas grubu antigravite kası olarak görev almakla birlikte birçok fonksiyonel görev için de önemlidir. KF kasları diz eklemi kateder, çoğunlukla diz ekstansiyonundan sorumludur ve lokomasyonda (yürüme, koşma), sıçramada ve squat sırasında aktif olarak görev alır. RF yürüme ve koşmada önemli bir rol oynar, çünkü kalça eklemi kateder ve kalça fleksiyonunda da rol oynar. Bu önemli rolü dolayısıyla, RF kasındaki değişiklikler ve nihayetinde işlevleri büyük ilgi görmektedir.

Futbol dayanıklılık gerektiren bir spor dalı olmasına karşın optimal kas kuvvetinin gelişmiş olması gerekir. Özellikle alt ekstremité kas kuvveti sprint, sıçrama, yön değiştirme, pas, şut gibi spesifik hareketlerde önemlidir. Kas kuvveti izokinetik dinamometrelerle objektif olarak değerlendirilebilmektedir (Malliou, Ispiridis, Beneka, Taxildaris, & Godolias, 2003). Maly ve ark.ları yaptığı çalışma sonucunda, diz ekstansör ve fleksör kas kuvvetinin önemli bir parametre olduğu ve futbolcularda şut atma ile doğrudan ilişkili olduğunu vurgulamışlardır (Maly, Zahalka, Mala, & Teplan, 2013). Daha önce yapılan çalışmalarda şut hızı ile alt ekstremité izokinetik kas kuvveti arasında güçlü bağlantılar olduğu gösterilmiş (Kellis & Katis, 2007) olmasına karşın başka çalışmalarda bu ilişki gösterilmemiştir (Masuda, Kikuhara, Demura, Katsuta, & Yamanaka, 2005). Çalışmalar arasında olan bu tutarsızlıkların oyuncuların profesyonel olup olmamasına veya kullanılan farklı protokollere bağlı olabileceği düşünülmektedir. Amatör seviyede futbol oynayan oyuncular ile elit düzeyde futbol oynayan oyuncular karşılaştırıldığında elit oyunculara diz ekstansiyonu izokinetik kas kuvvetinin şut atma performansına daha az etki gösterdiği saptanmıştır (Cometti, Maffiuletti, Pousson, Chatard, & Maffulli, 2001).

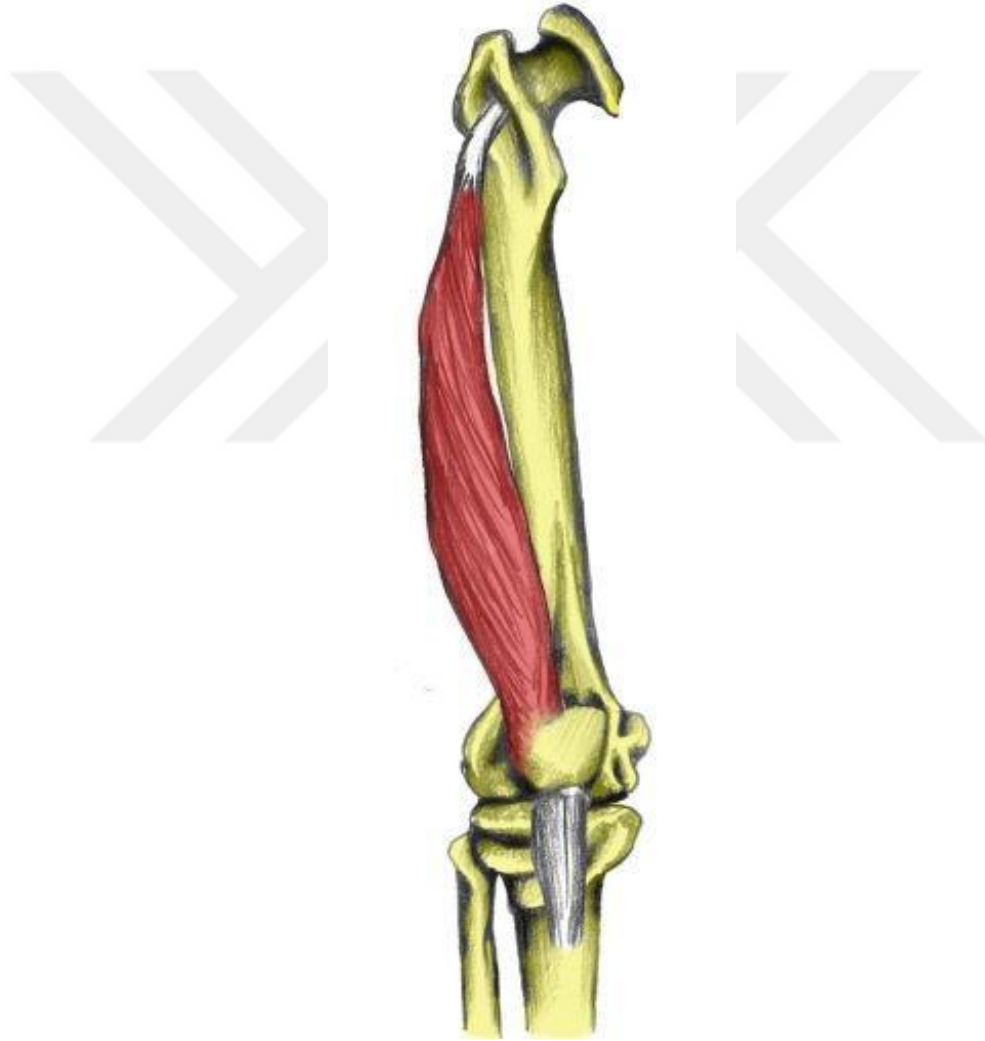


Şekil 2.4. Dört ayrı bileşen kasını gösteren kuadriseps femoris kas grubunun şeması.
(Floota.com'dan alınmıştır)

Kuadriseps fonksiyonundaki değişimleri, izokinetik dinamometre kullanımı yoluyla değerlendirmek kolaydır. Ancak, zaman ve kaynak yönetimi ve doğru ölçümler yapma yeteneği, bu kas grubunu oluşturan her bir kasın ayrıntılı olarak gözlemlenemediğini ve dolayısıyla grubun temsil edici bir kasının göz önünde bulundurulması gerektiğini belirtmektedir (Blazevich, Gill, & Zhou, 2006). Vastus lateralis, lif tipi boyutu ve dağılımı, enzim aktivitesi, EMG, morfoloji ve fonksiyon özelliklerine bağlı olarak kuadriseps kas grubunun temsili bir kası olarak genelde tercih edilir (Şekil 2.5) (Froese & Houston, 1985; H. J. Green, Fraser, & Ranney, 1984; Housh et al., 1995; Sinha-Hikim et al., 2002). Bunun önemli sebeplerinden biri de VL'nin ölçüm için en büyük kesit alanlarından (CSA) birine sahip olmasıdır (Lieber et al., 1992). Uyluğun lateralinde konumlanması nedeniyle, VL'ye kolayca erişilebilir ve B-mod USG kullanılarak anatomik kesit alanı ve mimari parametrelerin ölçülmesine yönelik görüntüler nispeten yüksek çözünürlükle görselleştirilebilir (Blazevich et al., 2006; Ichinose, Kawakami, Ito, & Fukunaga, 1997; N. D. Reeves, Narici, & Maganaris, 2004).

Sprint koşu performansında lokomotor kas sisteminin hızlı olması gerekliliği kabul edilen bir gerçektir. Kas kasılmasının hızı kasın

biyomekaniği (miyozin ve ATPaz aktivitesi) (Michael Bárány, 1967; Schluter & Fitts, 1994) ve mimarisi (lif boyu ve sarkomer sayısı) (Bodine et al., 1982; Sacks & Roy, 1982; Spector, Gardiner, Zernicke, Roy, & Edgerton, 1980) ile ilişkilidir. Bacak kaslarının kısalma hızı ve sprint performansı ile ilgili yapılan birçok çalışma biyomekanik özelliklere odaklanmıştır. Diz ekstansör kaslarının kısalma hızı belirgin bir şekilde vastus lateralis (VL) kasındaki hızlı kasılan lif sayısı yüzdesi ile ilişkilidir (Thorstensson, Grimby, & Karlsson, 1976). Birçok çalışma erkek ve bayan sprinterlerin, bacak kaslarında yüksek yüzdelerde hızlı kasılan lif bulunduğunu göstermiştir (Bergh et al., 1978; Costill et al., 1976). Ayrıca maksimum koşu hızının ve 100 metre sprint koşu performansının, hızlı kasılan kaf lifi yüzdesi ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (Mero, 1981).



Şekil 2.5. Vastus Lateralis kası görünümü (teachpe.com alıntı)

2.5- Klasik Kas Kuvvetlendirme ve Direnç Egzersizleri

Kas kuvveti, bir insanın bir tek maksimum kasılma sırasında ortaya çıkarabildiği kuvvet miktarıdır. Kas gücü ise, belirlenmiş birim zamanda ortaya konulan maksimum iş miktarıdır. Bu tanımların her ikisi de sporun ilgi alanına girmektedir, bu yüzden her iki terim de egzersiz ve antrenmanın önemli bir bileşenidir (Bruckner & Khan, 2012).

Kas kuvveti, kasın kuvvet ortaya çıkarma kabiliyeti olarak tanımlanır. Kuvvet egzersizleri atletik performansı arttırmak, kas-iskelet sistemi sağlığını iyileştirmek ve kas kuvvetindeki dengesizlikleri düzeltmek amacıyla kullanılır (Folland, Mc Cauley, & Williams, 2008). Yaralanma veya ağrı immobilizasyona sebep olabileceğinden dolayı fonksiyon ve sportif performans kötü etkilenir. Bu sebeple kuvvet egzersizleri rehabilitasyon programlarına eklenmektedir. Kuvvet egzersizleri sonrası kuvvet artışı fizyolojik hipertrofidan daha önce görülür. Başlangıçtaki kuvvet artışının, artmış nöromusküler fasilasyon ile alakalı olduğu düşünülmektedir. Mekanizmasının motor yolların daha aktif hale gelmesi ve bu sayede kas gruplarının nörolojik olarak daha etkili bir noktaya ulaşması şeklinde olduğu düşünülmektedir (Folland & Williams, 2007; Gabriel, Kamen, & Frost, 2006; Jensen, Marstrand, & Nielsen, 2005). Nöral adaptasyonlar koordinasyon ve öğrenmedeki değişiklikleri kolaylaştırır.

Çalışmalar göstermiştir ki, bir ekstremitede kuvvet çalışıldığında karşı ekstremitede de kuvvet artışı olmaktadır (Folland & Williams, 2007; Gabriel et al., 2006). Bu fenomen santral adaptasyon olarak adlandırılır. Santral adaptasyon rehabilitasyon çalışmalarında karşı bacağın kuvvet çalışmasının stabilize edici veya destekleyici rolünü yansıtır.

Kuvvet antrenmanı sırasında; uygun ısınma ile vücut ısısının artırılması, iyi kalitede ve kontrollü bir egzersiz programı, ağrı sınırları aşılmadan yapılan egzersiz, başlangıçta yavaş ve kontrollü ağırlıksız ya da çok küçük ağırlıklı egzersiz, eklem hareket açıklığı (EHA) eksikliği varsa kapsamlı bir esneklik programı uygulanması gibi faktörler dikkate alındığında kuvvet artışından maksimum verim alınabilir.

Kas kuvveti ölçümü kasın fonksiyonunun değerlendirilmesi açısından önem arz etmektedir ve sonucun nicel olarak ortaya konulabilmesi için izokinetik dinamometreler sıklıkla kullanılmaktadır (Drouin, Valovich-mcLeod, Shultz, Gansneder, & Perrin, 2004). İzokinetik dinamometreler kas-iskelet sistemi hastalıklarının tanısında ve tedavisinde kullanılabilen cihazlardır (Chan, Maffulli, Korkia, & Li, 1996). Bu cihazlar ile karşılıklı ekstremiteler veya agonist/antagonist kaslar arasındaki kas kuvveti farkı değerlendirilmektedir. Değerlendirmeler sayısal değerler ortaya çıkardığı için objektif yorumlamalara imkan sağlamaktadırlar. Aynı zamanda izole kas ve kas grupları için özel egzersizler, bu cihazlar yardımıyla yaptırılabilir. İzokinetik dinamometreler kasların her açıda maksimum kullanılmasını mümkün kılar. Hareketin hızı derece/saniye

cinsinden belirlenerek sabit hızda bir program uygulanır. Bu sebeple hem etkin, hem de güvenli egzersiz programları uygulanabilmektedir. Öte yandan, test cihazlarının yüksek maliyeti, kişi uyumunun yüksek olması gerekliliği ve uygulayıcı deneyimi gibi faktörler nedeniyle de tüm merkezlerde uygulanmamaktadır (Adaş & Kurdak, 2008).

2.6- Klasik Kas Kuvvetlendirme Protokolü

Kas aktivasyonu: Dirençli kuvvetlendirme antrenmanında en çok eksentrik ve konsentrik kas aktivasyon tipi uygulanmaktadır. İkincil sırada ise izometrik kas aktivasyon tipi gelmektedir (W. J. Kraemer & Ratamess, 2004). Kas boyutuna göre ünite başına en çok kuvvet oluşturan kasılma tipi eksentrik kontraksiyondur (P. V. Komi, Kaneko, & Aura, 1987; W. J. Kraemer & Ratamess, 2004). Ayrıca kasılma sırasında en az motor ünite aktivasyonu içererek kuvvet başına daha az enerji tüketimi sağlamaktadır (W. J. Kraemer & Ratamess, 2004). Hipertrofi için en uygun kasılma şekli olmasına rağmen gecikmiş kas ağrısı yaratabilmektedir (Ebbeling & Clarkson, 1989; W. J. Kraemer & Ratamess, 2004).

Egzersiz seçimi: Tek eklem içeren egzersizler özel kas grupları için, daha az yaralanmaya sebep olan, kas tekniği ve yeteneğini artıran egzersizlerdir. Çoklu eklem egzersizleri ise daha karmaşık nöral aktivasyona ve koordinasyona sahip, geniş kas kitlelerine yönelik, kas kuvvet ve gücünü artırmak için en etkili egzersizlerdir (W. J. Kraemer & Ratamess, 2004).

Egzersiz sırası ve sayısı: Egzersiz sırası ve kas gruplarına uygulanan egzersiz sayısı akut kas kuvvetini etkilemektedir. Genelde tüm vücut kuvvetlendirme, alt ve üst ekstremitte kuvvetlendirme ve kas gruplarına özel kuvvetlendirme olmak üzere üç çeşit antrenman tarzı bulunmaktadır. Tüm vücut kuvvetlendirme protokolünde öncelikle geniş kas gruplarından başlanarak küçük kas gruplarına, çoklu eklem egzersizlerinden tek eklem egzersizlerine, güç antrenmanlarından basit egzersizlere ve rotasyonel hareketlerden agonist-antagonist egzersizlere geçiş sağlanmaktadır. Üst ve alt ekstremitte kuvvetlendirme protokolüne göre geniş kas gruplarından küçük kas gruplarına, çoklu eklemlerden tek eklemlerine ve rotasyonel egzersizlerden agonist-antagonist egzersizlere geçiş olmaktadır. Özel kas gruplarına uygulanan antrenman protokollerinde ise çoklu eklem egzersizlerinden tek eklem egzersizlerine, yüksek şiddetten düşük şiddete doğru geçiş yapılmaktadır (Kraemer & Ratamess, 2004).

Yüklenme: Direnç antrenmanı yapan bireylerde egzersiz akut metabolik, hormonal, nöral ve kardiyovasküler cevaplara neden olmaktadır (Sekir, Yildiz, Hazneci, Ors, & Aydın, 2007). Yüklenme için birkaç yol belirtilmektedir. Direnç antrenmanı, bir MT ölçümü sonrası, hedeflenen tekrar sayısına göre egzersiz şiddetini belirleyerek veya belirlenen alan içinde yüklenmeyi arttırarak yapılabilir. Bir maksimum tekrarın %45-50'sinde yüklenmek sedanter bireylerde dinamik kas kuvvet artışı için yeterli olabilmektedir (Sekir et al., 2007; Stone et al., 2000; Weiss, Conex,

& Clark, 1999). Antrene bireylerde ise hafif ağırlıklarla 15-20 tekrarın kuvvette artışa sebep olduğu gösterilmiştir (Rhea, Alvar, Burkett, & Ball, 2003). Hafif şiddette yüklenmenin (1 MT'nin %45-50'si) motor öğrenme ve koordinasyonu arttırdığı belirtilmektedir (Anderson & Kearney, 1982; W. J. Kraemer & Ratamess, 2004; Rutherford & Jones, 1986). Hakkinen ve ark.ları ileri düzey direnç egzersizi sırasında 1 MT'nin %80-85'inde yapılan antrenmanın kas kuvvet artışı ve nöral adaptasyon için uygun olabileceğini belirtmişlerdir (Hakkinen, Alen, & Komi, 1985). Deneyimli haltercilerde 1 MT'nin %80'indeki kuvvetlendirme kuvvet ve nöral adaptasyon için yeterli bulunmuştur (Ratamess, Alvar, & Evetoch, 2009). Çalışmalarda 1-6 MT'nin dinamik kas kuvveti artışında etkili olduğu belirtilmektedir (R. Berger, 1962; O'Shea, 1966). Yüksek şiddette yapılan 3-5 tekrarın 9-11 veya 20-28 tekrara göre daha etkin olduğu gösterilmiştir (Campos et al., 2002; Ratamess et al., 2009).

Amatör bireyler için 1 MT'nin %60-70 şiddetinde 8-12 tekrar yapılan egzersizler kuvvet artışı için tavsiye edilmektedir (Campos et al., 2002; Ratamess et al., 2009).

Yoğunluk: Sedanterlerde 2-3 veya 2-4 set sayısının etkili olduğu hatta 3 set sayısının 1 ve 2 set sayısına göre daha etkin olduğu gösterilmiştir (R. A. Berger, 1962). Düşük hızda 8-12 tekrarın en etkin olduğu belirtilmektedir (R. Berger, 1962; R. A. Berger, 1962; Peterson, Rhea, & Alvar, 2005). Sedanterlerin kuvvet artışında tekli ve çoklu set programları üzerine çalışmalar yapılmış ve çoklu set programının daha etkin olduğu belirtilmiştir (Ratamess et al., 2009; Richmond & Godard, 2004; Stone et al., 2000). Sedanter bireylerde maksimal kuvvet kazanımının bir maksimum tekrarın %60'ında 12 tekrar ile olduğu aktif bireylerde ise bir maksimum tekrarın %80'inde 8 tekrarla olduğu gösterilmiştir. Antrenman sırasında ise nöromusküler sistem gelişimi için yoğunluğun artırılması gerektiği belirtilmiştir (Rhea et al., 2003). Ayrıca sedanter bireylerde 4 setten fazla set sayısı ile yapılan kuvvetlendirme antrenmanı sonrasında eski kuvvete geri dönüşün daha ılımlı olduğu belirtilmiştir (Rhea et al., 2003).

Dinlenme periyodu: Yapılan çalışmalar, setler arasında 3-5 dakikalık dinlenme süresine göre 30 sn veya 2 dakikalık dinlenme zamanını ideal bulmaktadır (Richmond & Godard, 2004; Willardson & Burkett, 2005). Fakat bunun aksine uzun süreli dinlenmenin daha fazla kuvvet artışına sebep olabileceğini destekleyen çalışmalar da mevcuttur (Pincivero, Lephart, & Karunakara, 1997; Robinson et al., 1995). Çalışmalar 3 dakikada maksimal fosfojen restorasyonu olduğunu belirtmektedirler. Yapılan bir çalışmada, 2-3 dk mola ile 30-40 sn mola süresi karşılaştırılmış ve 2-3 dk mola süresinin daha fazla kuvvet kazanımına sebep olduğu belirtilmiştir (Pincivero et al., 1997). Robinson ve ark.larının yaptıkları bir çalışmada 5 haftalık antrenmanda 3 dk'lık ve 30 sn'lik dinlenme süreleri karşılaştırılmış ve 3 dk'lık dinlenme süresi sonucunda %7'lik kuvvet kazanımı sağlanırken, 30 sn'lik olanda %2'lik kuvvet kazanımı oluşmuştur (Robinson et al., 1995).

Kas aktivasyon hızı: 180-240°/sn'lerdeki orta hızdaki antrenmanların en yüksek kuvvetlenme miktarına sebep olduğu belirtilmektedir (Kanehisa & Miyashita, 1983). Yavaş kasılmaya göre hızlı ve orta düzey kasılmaların kas kuvvetlenmesinde daha etkin olduğu savunulmaktadır. Bunun yanı sıra sedanter bireylerde yavaş ve orta düzey egzersiz hızlarının kullanılabilceği belirtilmektedir (Ratamess et al., 2009).

Egzersiz sıklığı: Sedanter bireyler için haftada 2 veya 3 kez yapılan egzersizlerin kuvvet oluşumu için yeterli olabildiği gösterilmiştir (Ratamess et al., 2009).

2.7- Kas Kuvvet Oluşumunda Kassal Adaptasyonlar

Egzersiz sonrası ilk haftalarda başlayan kuvvetlenmeyi takiben nöral adaptasyonun yanı sıra, kastaki çapraz köprülerde ve metabolik adaptasyonlarda artış ile kas mimarisinde değişiklik gözlenmektedir (Blazevich, Cannavan, Coleman, & Horne, 2007; Coburn, Housh, Malek, & Weir, 2006; P. Komi, 2008; Ratamess et al., 2009). Periferal faktörlerden olan bu durum, kasa özel durumlar olup geniş çapraz köprüleri olan kaslarda daha fazla kuvvet açığa çıkması ile sonuçlanmaktadır. Planlı kuvvetlendirme programları ile kasların genişlikleri arttırılabilir ve daha fazla çapraz köprü ile daha fazla kas lifi oluşturulup kuvvette artış gözlenebilir (Zatsiorsky & Kraemer, 2006).

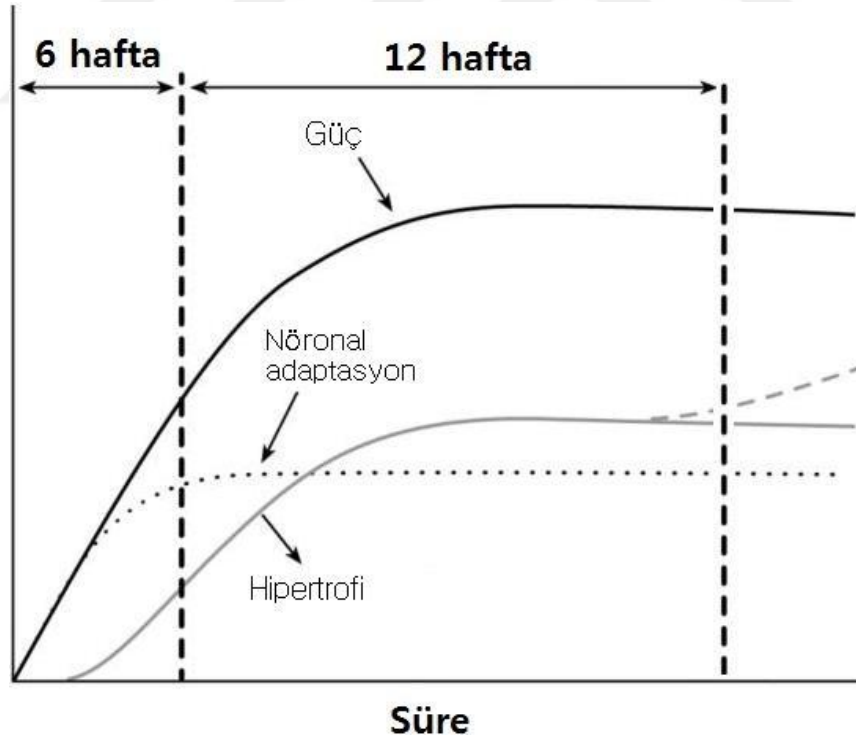
Kassal adaptasyon oluşumunda, kontraktıl proteinlerden olan aktin ve miyozin kuvvetlendirmenin ilk haftalarından sonra artış göstermektedir. Kas proteinlerindeki artış mitokondri ve sarkoplazmik retikulum artışına bağlı olduğu için, kas kuvvetlendirmesinde en geç adaptasyonu oluşturmaktadır. Kuvvetlendirme sonrası kontraktıl proteinlerde gözlenen sentez ve artış, hipertrofi oluşumuna sebep olur (Donatelli, 2006). Kastaki hipertrofi primer olarak liflerin hacmindeki artışla sağlanmaktadır. Hipertrofik gelişmeler, yüksek oranla hücreler arası düzeyde ve daha düşük oranda tüm kas boyutunda gözlenmektedir. Aynı zamanda miyogloblin, hücre içi nükleus ve buna bağlı olarak DNA sentezinde artış gözlenmektedir (Donatelli, 2006).

Kuvvetlendirme antrenmanı, kas liflerini genişletmesinin yanında, konnektif doku ve her bir kas lifi etrafında yerleşmiş uydu hücrelerin proliferasyonunu da stimüle etmektedir. Antrenman, kasın konnektif dokusunu kalınlaştırarak kuvvetlendirmektedir. Aynı zamanda hem tendonların hem de bağların yapısal ve fonksiyonel integrasyonunu da geliştirmektedir. Bu adaptasyonların, eklem ve kasın yaralanmadan korunmasını sağlayabildiği düşünülmektedir. Bu durum sporcular için koruyucu ve rehabilite edici kuvvet programlarında dirençli egzersizlerin kullanılması fikrini destekler.

Nöral ve kassal adaptasyonlar sonucu kuvvet belirli bir platoya kadar ulaşmaktadır (Şekil 2.6). Bu aşamadan sonra ileri seviyede antrenmanlar veya şiddetli antrenmanlar ya küçük ölçüde etkili olmakta ya da platoda

değişim elde edilmemektedir. Besin takviyesi ve anabolik ilaçlar bu aşamada etkili olmaktadır (P. Komi, 2008).

Kas kuvvetlendirmeye yönelik antrenman şekilleri oluşabilecek adaptasyonları etkilemektedir. Nöral ve kassal adaptasyon gelişimi, hipertrofiye gidiş, kompleks, çoklu eklem egzersizlerinde ve non-dominant taraf kas kuvvet antrenmanlarında daha geç oluşurken, tek eklem, basit egzersizlerde ve dominant taraf kas kuvvetlendirme antrenmanlarında daha erken oluşmaktadır (P. Komi, 2008). Yapılan bir derlemede, 6 haftalık kas kuvvetlendirme antrenmanının kas lifi alanında artış açısından yeterli bir süre olduğu gösterilmiştir (Phillips, 2000). Antrenman sırasında vastus lateralisten alınan bir seri biyopsi sonucunda 2. haftadan itibaren kasta hipertrofinin başladığı, 4. haftadan itibaren belirgin hipertrofinin olduğu, kas lifi alanında belirgin artışın 7. haftada olduğu gözlenmiştir (H. Green, Goreham, Ouyang, Ball-Burnett, & Ranney, 1999). Daha önce antrene olmamış bireylerde 4. haftadan itibaren eksentrik antrenman sonucunda hipertrofi olduğu gözlenmiştir. Klasik konsentrik dirençli antrenmana göre eksentrik antrenmanda adapte olan sistem nöral sistemden önce kas kitlesi olmuştur (Cowell, Cronin, & Brughelli, 2012; Guilhem, Cornu, & Guével, 2010; Isner-Horobeti et al., 2013; Lindstedt, LaStayo, & Reich, 2001; Vogt & Hoppeler, 2014).



Şekil 2.6. Kas kuvvetlendirmede zamana bağlı görülen adaptasyonlar

2.8- Klasik Direnç Egzersizi Sonrası Kas Hipertrofisi

Kasın total kitlesinde olan artış hipertrofi olarak tanımlanmaktadır (Guyton et al., 2007). Aşırı kas gücünün oluşturulduğu nadir durumlarda, hipertrofiye ilave olarak bazı noktalarda kas lifi sayısının arttığı gözlenmiştir. Lif sayısındaki bu artışa hiperplazi adı verilmektedir (Feigenbaum & Pollock, 1999; Guyton et al., 2007).

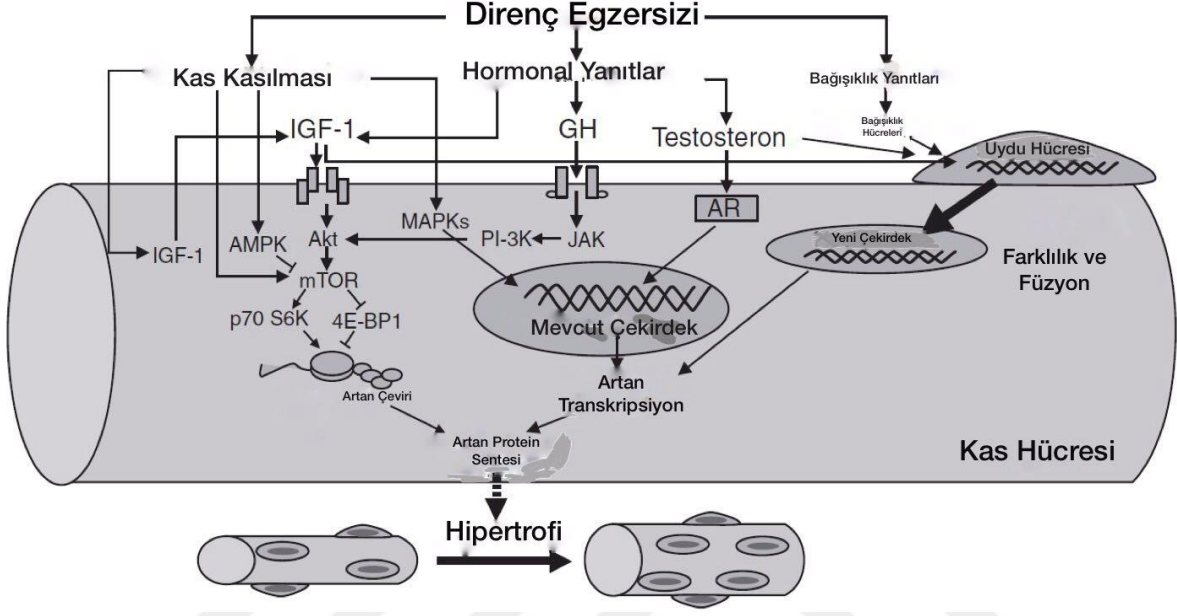
Kuvvet antrenmanının erken dönemlerindeki güç artışının daha çok nöral adaptasyonla gerçekleştiği düşünülmektedir (Baechle, 2008; Häkkinen & Komi, 1983). Hipertrofi görülmeden kas kuvvetinde meydana gelen artışın nöral öğrenme veya nöral fasilasyon yoluyla sağlandığı belirtilmektedir. Böylece daha fazla motor birim aynı anda aktive olmakta ve ateşleme hızı artmaktadır (Tesch, Trieschmann, & Ekberg, 2004). Kuvvet antrenman programlarının erken safhalarında ilerleme hızlı olur ve anlamlı kuvvet artışı birkaç hafta içinde gözlenebilir. Daha etkili kuvvet artışının sağlanması için 6-8 hafta kadar zamana ihtiyaç vardır (Nelson & Wernick, 1999; Nelson, Wernick, Wernick, & Wernick, 1997).

Kas hipertrofisinin oluşmasında üç temel mekanizmadan bahsedilmektedir: mekanik yüklenme, kas hasarı ve metabo-refleks olarak da bilinen egzersize bağlı oluşan metabolik stres (Jones & Rutherford, 1987).

Kas hipertrofisinin direnç egzersizleri ile metabolik, mekanik ve hormonal süreçler vasıtasıyla uyarıldığı çok iyi bir şekilde bilinmektedir. (McCall et al., 1996; Staron et al., 1994). İskelet kası hipertrofisi kasılabilir proteinlerden özellikle aktin ve myozin olmak üzere diğer yapısal proteinlerin sentezlendiği kas liflerinin kesit alanının artmasıyla sonuçlanan bir süreçtir. Hipertrofinin oluşması için bu yeni sentezlenen protein sayısının, parçalanmış protein sayısını aşması gerekmektedir. Bu süreç pozitif net protein dengesi olarak bilinmektedir. Kas hipertrofisinin maksimum potansiyele ulaşması adına egzersiz ve beslenme desteği gerekmektedir. Kas kitlesinin kazanılması için bu sürecin en uygun şekilde uygulaması çok önemlidir.

İskelet kası hipertrofisi kısmi olarak metabolik, mekanik, translasyonel ve hormonal süreçler vasıtasıyla hücresel düzeyde gerçekleşir. İlk olarak uydu hücreler olarak bilinen miyojenik öncül hücreler çoğalır. Direnç egzersizleriyle kasa verilen mekanik uyarı bu süreci hızlandırır ve miyojenik düzenleyici transkripsiyon faktörleri tarafından düzenlenir. Özellikle miyojenik farklılaşma (MyoD) ve miyojenin transkripsiyon faktörleri (MyoG) bu süreçte rol alır (Coffey & Hawley, 2007). İskelet kası yeni sarkomerler eklemek için uydu hücrelerin aktivitesine ihtiyaç duymaktadır. Bir sonraki süreç egzersiz ve beslenme müdahaleleriyle uyarılan daha karmaşık olan kas protein sentezidir. Kas protein sentezi için sorumlu sinyal yolağı IGF-1 aracılı PI (3)K-Akt-mTOR yoludur (Glass, 2003).

Özet olarak kas hipertrofisi ve kuvvetin artımı; kasta glikojen ve protein depolanmasının artması, vaskülarizasyonun artması, enerji metabolizması enzimlerini etkileyen biyokimyasal değişiklikler, artan miyofibril sayısı ve komşu motor ünitelerdeki güçlenme gibi biyokimyasal ve fizyolojik faktörlere bağlıdır (Folland & Williams, 2007; Gabriel et al., 2006; Jensen et al., 2005).



Şekil 2.7. Direnç egzersizi sinyal yolları özeti (Spiering et al., 2008)

2.9- Kas Mimarisinin Antrenmana/ Rehabilitasyona Uyumu

Kas hipertrofisi ile ilişkili değişiklikler, kas mimarisinin antrenman ve/veya rehabilitasyon programları sonucunda değiştirilip değiştirilemeyeceği konusunda spekülasyonları arttırmıştır. Bugüne kadar, planlı rehabilitasyonun kas mimarisi üzerindeki etkisini inceleyen hiçbir çalışma yoktur. Sağlıklı kontrollerde, VL'nin pennasyon açısının, 14 haftalık progresif, ağır direnç antrenmanını takiben %35 arttığı (8.0° ile 10.7°, $p < 0.01$) bulunmuştur (Per Aagaard et al., 2001). Egzersizlerin yoğunluğu her seans için 3 ila 10 maksimum tekrarlı, 4 ile 5 set arasında değişmiş ve egzersiz programı back squat, leg press, izole diz ektansiyonu, hamstring curl ve parmak ucu yükselme (calf raise)'den oluşuyordu. Ek olarak, kuadriseps aCSA (femur orta hattan elde edilmiştir) % 10.2 (77.5 cm² ile 85.0 cm², $p < 0.001$) artmıştır. Bu bulgular, pCSA'nın (dolayısıyla maksimum kuvvet üretme kapasitesinin) antrenman sonrası yaklaşık %16 artışını sağlamıştır.

Rutherford ve Jones leg extension (cihaz) egzersizleri ile 12 haftalık antrenmanın ardından kuadriseps kas mimarisini incelemişlerdir (O. Rutherford & D. Jones, 1992). Her seans 6 kez kaldırılabilen bir ağırlıkla 6

tekrar ve 4 setten oluşmuş olup VL'nin pennasyon açıları ve VI antrenman sonrasında anlamlı bir değişiklik göstermezken, maksimal istemli kasılma (MVC) (% 12.8), aCSA (% 4.7) ve MVC / CSA (% 7.7) artışları saptanmıştır. Reeves ve ark.ları ise, 14 haftalık antrenmanın ardından, her iki optimal fasikül açısında ($70^{\circ} - 60^{\circ}$, $p < 0.05$) ve optimal fasikül uzunluğunda (83.7 mm'den 93.2 mm'ye, $p < 0.01$) önemli bir değişiklik olduğunu bildirmiştir (N. D. Reeves et al., 2004). Yaşlı olgularda leg extension ve leg press egzersizleri yapılmış, VL kas mimarisi B-mod ultrason kullanılarak değerlendirilmiştir (O. Rutherford & D. Jones, 1992).

Fiziksel antrenman, kritik bir pennasyon açısı (Brechue & Abe, 2002; Kearns, Abe, & Brechue, 2000) ve genetik yatkınlık (Abe, 2002) gibi olası mekanizmalar ile kas mimarisinde adaptasyonlara neden olabilir. Son iki çalışma (Brechue & Abe, 2002; Kearns et al., 2000), VL dışında çalışılan tüm kaslar için kas kalınlığı artış derecesine orantılı olarak artan pennasyon açısını gözlemlemiştir. Bu mekanizmanın kritik bir pennasyon açısına ulaşılan kadar devam etmesi ve kas tendonunda gerginliğin artması mümkündür. Tendonun normalize edici kuvveti, büyümeye neden olarak fasiküller üzerinde bir germe kuvveti işlevi görür. Fasikül uzunluğu arttıkça, pennasyon açısı azalır, tendonların fasiküller üzerindeki gerilimi azalmış olur (Manimmanakorn, Hamlin, Ross, Taylor, & Manimmanakorn, 2013). Bu mekanizma triseps braki uzun başında ve gluteus medius'ta bu şekilde oluşmaz ve pennasyon açısındaki artışlar kadar fasikül uzunluğunda artışlar meydana gelir, bu da kritik pennasyon açısına ulaşılmadığına işaret eder.

3- KAN AKIŞI KISITLAMA ANTRENMANI

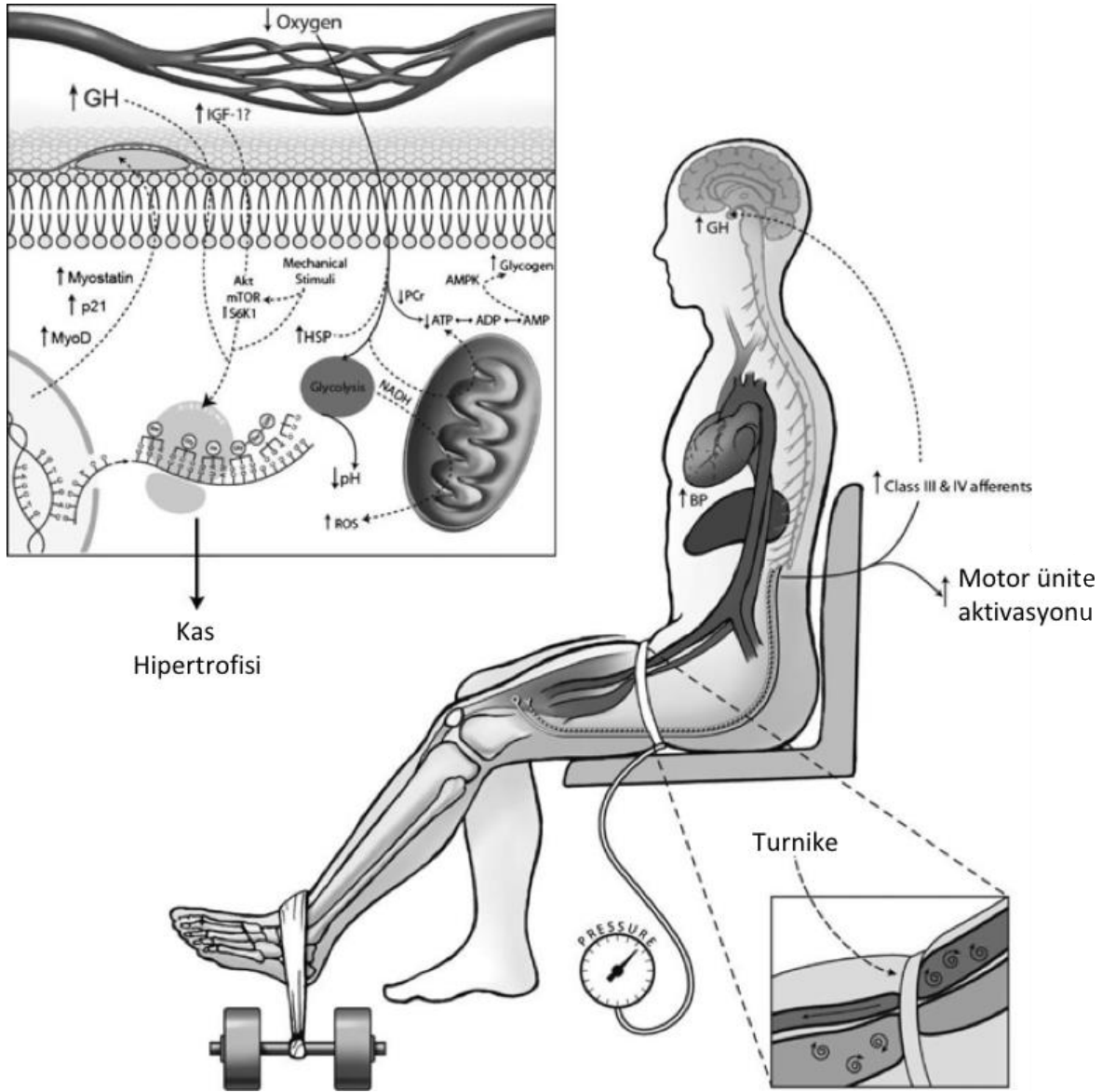
1960'lı yılların sonlarında Japon fizyoterapist Yoshiaki Sato tarafından bulunan bu antrenman metodu düşük ağırlıklarla egzersiz yapılırken kasa olan kan akışının manşon kullanarak kısıtlanması mekanizması üzerine kuruludur. Sato "Kaatsu antrenmanı" ("ka atsu" basınç artışı) olarak adlandırdığı bu antrenman metodunu önce kendi üzerinde, daha sonra eğitim merkezine gelen kişiler üzerinde uygulamıştır. Shinohara ve ark.ları kan akışı kısıtlama (BFR) yöntemi kullanılarak yapılan düşük ağırlıklı direnç egzersizinin kas kuvvetini arttırdığını gösteren İngilizce literatüre geçen ilk çalışmayı 1997 yılında yapmışlardır (Kouzaki, Yoshihisa, & Fukunaga, 1997). Daha sonra yapılan birkaç çalışma, BFR ile kombinasyon halinde yapılan düşük ağırlıklı antrenmanın (1 MT'in %20-50'si) geleneksel kuvvet antrenmanlarıyla kıyaslandığında kas kitlesi artışında benzer kazançlar sağladığını göstermiştir (Kubo et al., 2006; Takarada, Sato, & Ishii, 2002; Takarada, Takazawa, Sato, et al., 2000; Takarada et al., 2004).

Bu nispeten yeni olan antrenman metoduyla, sedanter genç bireylerde kas gücü, kas boyutu ve protein sentezinde kazançlar elde edilmesinin yanında (S. Fujita et al., 2007; Kubo et al., 2006; Takarada, Takazawa, Sato, et al., 2000; Takarada et al., 2004) aynı zamanda yaşlılarda (Fry et al., 2010; Karabulut, Cramer, Abe, Sato, & Bemben, 2010; Yokokawa, Hongo, Urayama, Nishimura, & Kai, 2008), iyi antrene sporcularda (Takarada et al., 2002) ve ön çapraz bağ cerrahisi sonrası rehabilitasyon hastalarında (Ohta et al., 2003) benzer kazanımlar elde edilmiştir. Benzer şekilde, BFR antrenmanı kasa yüklenme olmadığı zaman kasta gelişebilecek atrofiye karşı koyabilir (S. B. Cook, Brown, DeRuisseau, Kanaley, & Ploutz-Snyder, 2010).

Kuvvet çalışmaları klinik uygulamalarda (örneğin spor yaralanması sonrası) erken rehabilitasyon evresinde gerekirse kullanılabilir. Ancak, maksimale yakın ağırlık antrenmaları uygulaması zor ve bazen de risklidir. Ağırlık antrenmanına yeni başlayan kişiler, vücudun bir bölgesinde travma ve inaktivite sonucu kas atrofisi ve zayıflığı oluştuğunda, kasları çabuk şekilde kuvvetlendirmek ve yüksek ağırlıkların oluşturabileceği sakatlık riskini azaltmak için Kaatsu adı verilen ağırlık çalışma yöntemini kullanabilir. Dolayısıyla, yüksek ağırlık yüklenmeleri olmaksızın hipertrofi oluşumu ya da atrofiyi azaltmak amacıyla Kaatsu antrenmanı kullanılabilir (Takarada, Takazawa, Sato, et al., 2000).

Yapılan çalışmalar, BFR ile yapılan düşük ağırlıklı antrenmanın yorgunluğunun, geleneksel yüksek ağırlıklı direnç egzersizine benzer şekilde, kas protein sentezi ve anabolik sinyal aktivitesinde uzun süreli artışa neden olabileceğini göstermektedir (Pearson & Hussain, 2015). İskemik kuvvet antrenmanının, sporcu antrenmanı, rehabilitasyon ve diğer alanlarda yararlı bir yöntem olabileceği belirtilmiştir (Luebbbers, Fry, Kriley, & Butler, 2014).

Bununla birlikte, bu tür bir antrenmanın fizyolojisi hakkında şu ana kadar bilinenler nispeten az olduğu için, çalışmamızda, ağır direnç egzersizleri de dahil olmak üzere, iskelet kasının aşırı yüklenme modellerine çoklu referanslar yapılacaktır. Bu nedenle, BFR direnç egzersizinin fizyolojisi daha ayrıntılı olarak tartışılmadan önce iskelet kası hipertrofik adaptasyonları genel bir fizyolojik görünüm sağlayacaktır. Kaatsu antrenmanı; BFR direnç egzersizi, vasküler oklüzyon ile kuvvet antrenmanı, oklüzyon antrenmanı ve iskemik kuvvet antrenmanı gibi farklı isimlendirmelerle kullanılabilir.

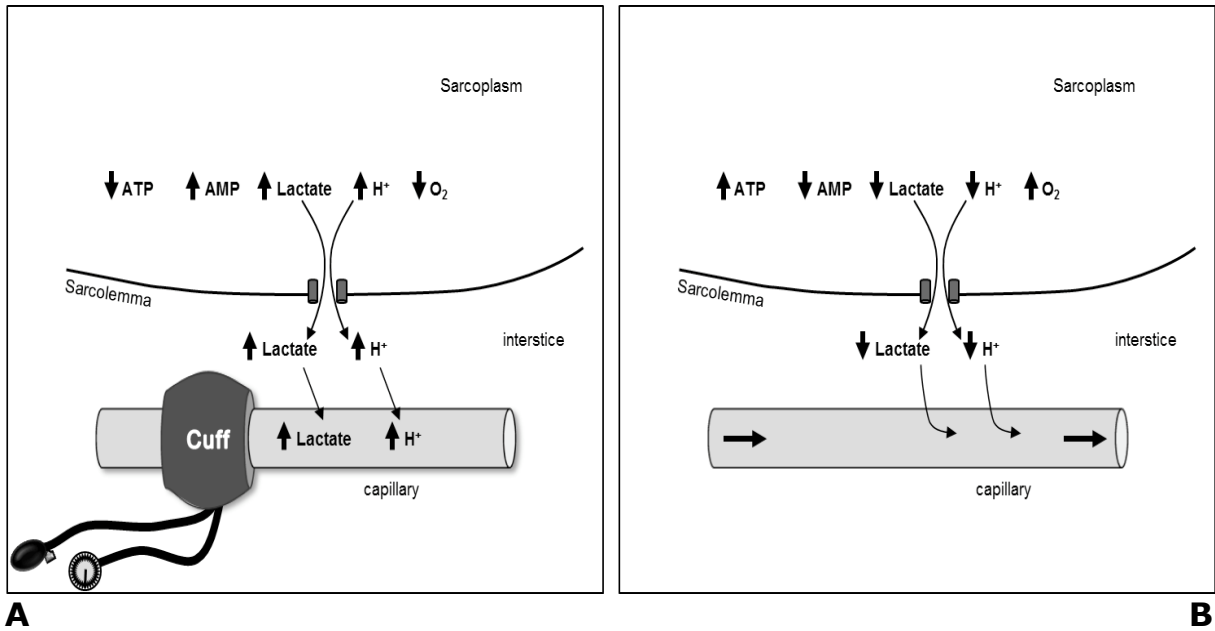


Şekil 3.1. Düşük Dirençli BFR antrenmanı sonrası fizyolojik cevapların modeli (Manini & Clark, 2009). GH growth hormon; BP, kan basıncı; O₂, oxygen; IGF-1, insulin-like growth factor-1; p21, cyclin-dependent kinase inhibitor 1A; mTOR, mammalian target of rapamycin; S6K1, ribosomalprotein S6 kinase; HSP, heat shock protein; ROS, reactive oxygen species; ATP, adenosine triphosphate; ADP, adenosine diphosphate; AMP, adenosine monophosphate; AMPK, AMP-activated protein kinase

3.1- Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanı Fizyolojisi

Kan akışı kısıtlama antrenmanı ile ilgili yapılmış çalışmalarda elde edilen veriler klasik direnç egzersizine alternatif bir yöntem olduğunu göstermiştir. Gelişen literatürle beraber aerobik kondisyonunda arttırılabildiği gösterilmiştir (Paton, Addis, & Taylor, 2017). Yapılan yayınlarda kan akışı kısıtlama antrenmanının vücutta nasıl bir adaptasyon sağladığından ve bunun altında yatan mekanizmalardan bahsedilmektedir (Pearson & Hussain, 2015). Ancak fizyolojik mekanizmaları açıklama konusunda yetersiz kalmaktadır.

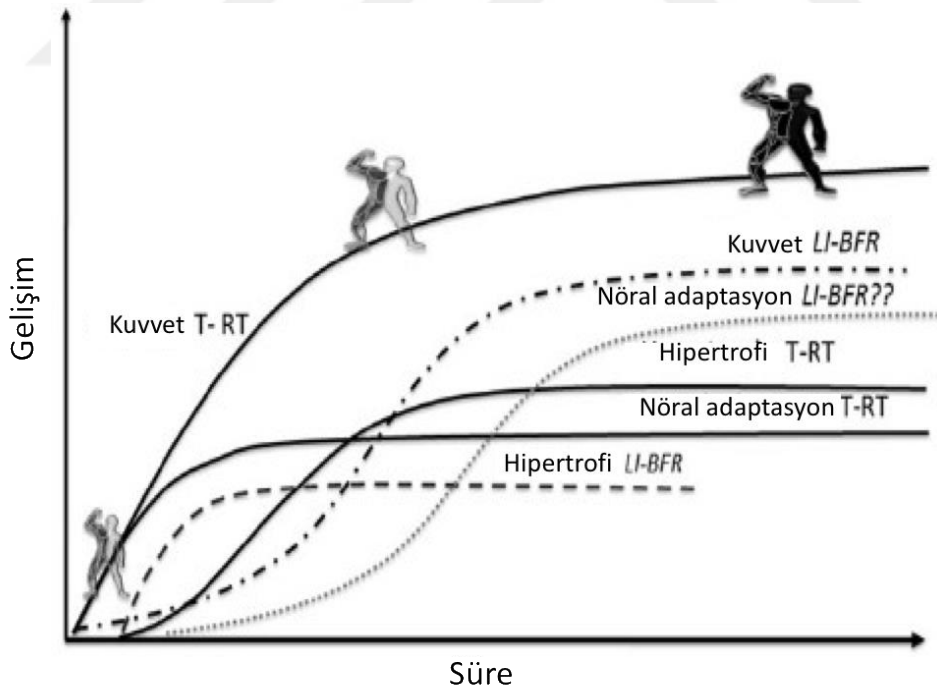
Günümüzde BFR ile yapılan direnç antrenmanının kas hipertrofisi ve kuvvetini arttırdığı düşünülen mekanizmalar, hipoksik intramusküler ortam, artmış metabolik stres, kas lifi ateşlenmesindeki değişiklikler ve hücresel sıvı artışı olarak sıralanmaktadır (JP1 Loenneke, Fahs, Rossow, Abe, & Bembem, 2012; Wilson, Lowery, Joy, Loenneke, & Naimo, 2013). BFR antrenmanı ile görülen faydaların arkasındaki mekanizmalar henüz belirlenmemiş olsa da, aktif kaslara giden oksijenin azalması ve venöz tıkanıklığa bağlı metabolitlerin birikmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Jeremy P Loenneke, Wilson, Marín, Zourdos, & Bembem, 2012). Bununla birlikte, bazı yeni kanıtlar, BFR ile düşük yoğunluklu antrenmanı takiben görülen kas hipertrofisindeki ve kas kuvvetindeki artışın kasta hücresel sıvı artışı ile uyarılabileceğini belirtmektedir (JP1 Loenneke et al., 2012). Her biri kanıta dayalı olan birçok mekanizma olsada, düşük yoğunluklu BFR direnç antrenmanı ardından gözlenen etkiler bu mekanizmaların bir kombinasyonudur.



Şekil 3.2. Vasküler oklüzyon antrenmanı sırasında (A) ve sonrasında (B) görülen metabolik etkiler. Şekil A, venöz dolaşım yeterli olmadığı için laktat ve H⁺ birikimi görülmektedir; Şekil B, kan akışı düzenlenmesi dolayısıyla metabolitler dolaşıma katılmıştır. (De Castro, Aquino, Berti, Gonçalves, & Puggina, 2017)

3.2- Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanı Sonrası Kas Hipertrofisi

Genel olarak kas hipertrofisi oluşması için mekanik yüklenme ve metabolik stresin birincil etkenler olduğu düşünülmektedir, bunlarla birlikte birçok farklı etken vardır (Pearson & Hussain, 2015). Kan akışı kısıtlama antrenmanının bu birincil etkenleri kullanarak geleneksel kuvvet antrenmanlarına göre nasıl daha fazla kuvvet artışı sağladığı açıklanmaya çalışılmıştır. Bu, daha büyük bir metabolik stres oluşması ile açıklanmıştır (JP Loenneke, Wilson, & Wilson, 2010). Kan akışı kısıtlama antrenmanı ile kandaki laktat seviyesinin artması daha büyük metabolik stres oluşmasına neden olarak büyüme hormonu ve IGF-1 salınımına yol açmaktadır. Metabolik stres aynı zamanda hücresel sıvı artışına ve sıcak şoku protein aktivitesinde artış sağlar, her iki artış kan akışı kısıtlama antrenmanı ile artırılabilir ve bu kan akışı kısıtlama antrenmanının etkisini açıklamak için önemlidir (JP1 Loenneke et al., 2012; J. Loenneke et al., 2010). Kan akışı kısıtlama antrenmanının düşük ağırlıklar kullanılmasına rağmen daha fazla kas yorgunluğuna neden olması (muhtemel artmış metabolik stres etkisi) daha fazla tip II kas liflinin ateşlenmesi ile açıklanmaktadır (JP Loenneke, Fahs, Wilson, & Bemben, 2011; J. Loenneke et al., 2010). Bu mekanizmaların tümü moleküler sinyal yollarında (mTOR ve myostatin gibi) ve kas protein sentezi aktivite artışıyla açıklanmaktadır (J. Loenneke et al., 2010).



Şekil 3.3. Geleneksel direnç antrenmanı (T-RT) ve düşük yoğunluklu kan akışı kısıtlama egzersizi (LI-BFR) sırasında, kuvvet, hipertrofi ve nöral adaptasyonlar arasındaki teorik etkileşimin grafiksel gösterimi gösterilmiştir. T-RT’de kas kuvvetinin artması birincil olarak kas hipertrofisindeki değişikliklerden kaynaklanmaktadır daha sonra ise kuvvet artışı nöral adaptasyonlarla sağlanır. LI- BFR egzersizi sırasında bu mekanizmanın tersi gözlenmektedir (J. P. Loenneke, J. M. Wilson, et al., 2012).

3.3- Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanı Mekanizmaları

3.3.1- Motor Üniteler ve Kas Liflerinin Ateşlenmesi

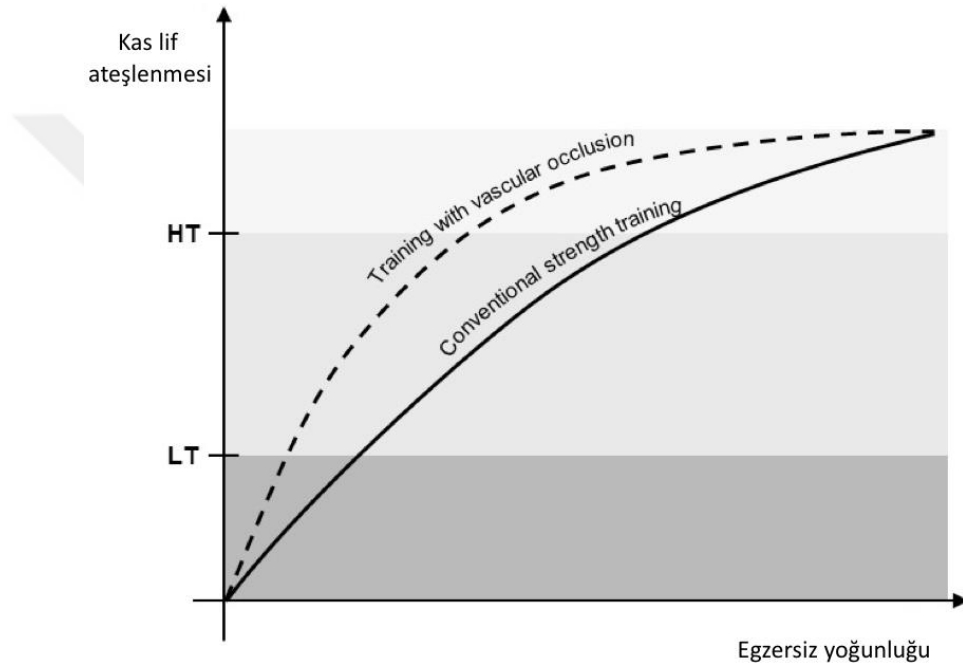
Kontrolün hızlı yapılması gereken ve hızlı reaksiyon veren küçük kaslarda, her bir motor üniteye birkaç kas lifi bulunurken, KF kası gibi çok ince kontrol gerektirmeyen büyük kaslarda bir motor üniteye birkaç yüz kas lifi bulunabilir (Guyton et al., 2007). Motor ünitenin çalışma prensibine göre, şiddeti düşük hareket süreciyle, gergin ve yorgun yavaş (tip I) liflerden oluşmuş küçük motor üniteler ilk olarak devreye girer, kuvvet ve güç ihtiyacının artmasıyla geniş ölçüde daha fazla lif (tip II) ve motor ünite devreye girer (Şekil 3.4)(Bompa & Harf, 2009). Egzersiz sırasında glikojen depoları azalır ve kas liflerindeki fosfokreatin oranları değişir (Vøllestad, Vaage, & Hermansen, 1984). Ancak, çok sayıda düşük şiddetli çalışma Kaatsu antrenmanı sırasında, submaksimal şiddette yorgunluğa kadar sürdürülen egzersiz sürecinde tip II liflerin bölgedeki basınç artışına bağlı olarak öncelikle devreye girdiğini göstermektedir (Şekil 3.4)(Takarada et al., 2004). Kan akışı kısıtlaması kullanılarak düşük şiddette yapılan ve yorulana kadar devam edilen dinamik diz ekstansiyonunda her iki lif tipinde glikojenin azaldığı ve dahası kas biyopsisinde düşük fosfokreatin düzeyleri görüldüğü bildirilmiştir (Jakob L Nielsen et al., 2017). Ek olarak vasküler kısıtlama ile kombine edilmiş düşük şiddetli (1 MT'nin %20'si) ağırlık antrenmanının kas kesit alanının bütününde tip II lif hipertrofisine sebep olduğu görülmüştür (Yasuda et al., 2005).

Düşük yoğunluklu BFR antrenmanının yüksek yoğunluklu klasik direnç egzersizinde (KDE) olduğu gibi hızlı kasılan kas liflerinin ateşlenmesini sağladığı görülmüştür (Takarada, Nakamura, et al., 2000; Takarada et al., 2002; Takarada, Takazawa, Sato, et al., 2000). Hipoksi durumunda kan akışı kısıtlanmış ortamda yüksek yoğunlukta metabolit (laktat) birikimi oluşabilir (Schoenfeld, 2010). Oklüzyonla oluşturulan hipoksik ortamda laktatın ortamdaki uzaklaştırılması yavaşlayacaktır ve laktat birikimi artacaktır (Takarada, Takazawa, Sato, et al., 2000). Aktif durumda olan kaslara oksijen bakımından yoğun olan arteriyel kan akışının azalması anaerobik bir ortam oluşmasına neden olur. Metabolit toparlanmasının yavaşlaması ve metabolitlerin birikimi hücresel sıvı artışına neden olabilir bu da BFR antrenmanının etkili olmasındaki diğer bir mekanizmadır (Schoenfeld, 2010). Venöz dönüşün kesilmesi bu metabolit birikimine neden olur ve çalışan kaslardan metabolitlerin uzaklaştırılmasına izin vermez. Bu süreçlerin hepsi birden düşük yoğunluklarda (1 MT %20) bile hızlı kasılan liflerin ateşlenmesi için optimal oluşmasını sağlamaktadır (Moritani, Sherman, Shibata, Matsumoto, & Shinohara, 1992; Takarada, Nakamura, et al., 2000; Takarada, Takazawa, Sato, et al., 2000).

BFR antrenmanı ile motor ünite ateşlenmesinin artışını doğrulamak için elektromiyografi (EMG) çalışmaları yapılmıştır (Takarada et al., 2004). EMG çalışmalarının sonuçlarıyla düşük yoğunluklu BFR antrenmanı ve yüksek yoğunluklu antrenman arasında herhangi bir fark olmadığı belirlenmiştir

(Takarada et al., 2004). Bu çalışmalar düşük yoğunluklu antrenman yapılmasına rağmen motor ünite ateşlenmesinin yüksek yoğunluklu direnç antrenmanıya benzer sonuçlar oluşturduğunu göstermektedir.

Özet olarak bu bulgular ışığında vurgulanan, tip II lifler düşük şiddette iskemik antrenman süresince işin içindedir, kas kuvvetlenir ve hipertrofi oluşur. Gerçekte kan akışı kısıtlaması ile hipertrofik cevaptaki artış basit olarak fazla motor ünitenin işin içine girmesi ve bu ünitelerdeki kas liflerinde mekanik değişimler oluşturabileceğidir. Bu antrenman yöntemi düzenli olarak kullanıldığında kas lifleri sayı ve boyut olarak büyüyerek kas hipertrofisi sağlanacaktır.



Şekil 3.4. Geleneksel kuvvet antrenmanı ve oklüzyon antrenmanı sırasında gerçekleşen lif ateşlenmesi. HT – high threshold, LT – low threshold (De Castro et al., 2017)

3.3.2- Hormonlar ve Sistemik Büyüme Faktörleri

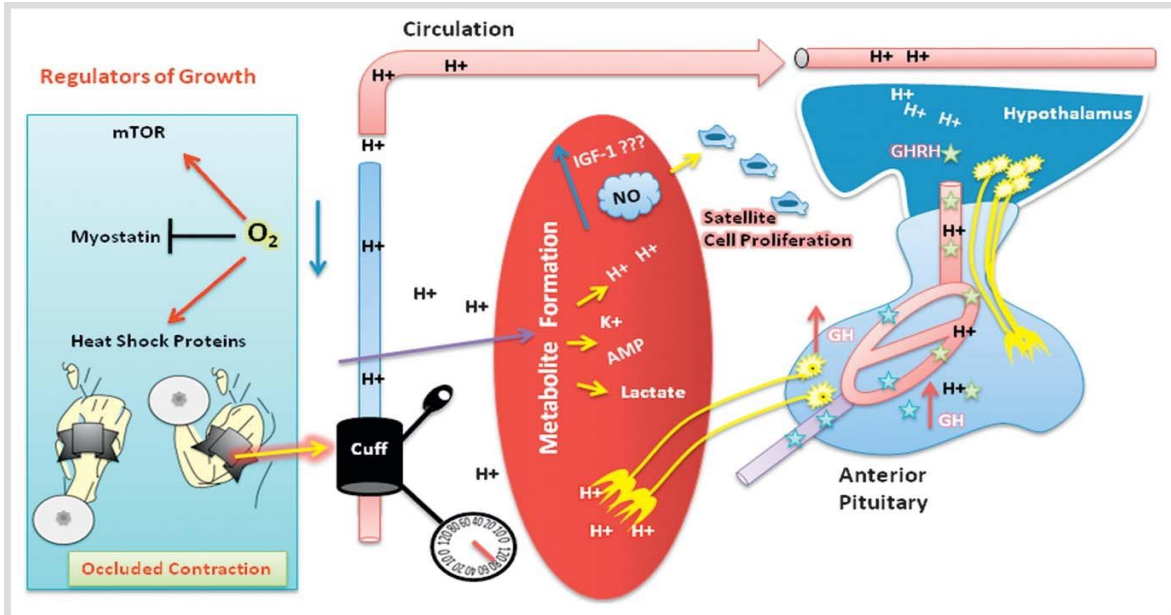
Metabolit yoğunluğu yüksek bir ortamda tip II liflerin ateşlenmesine ek olarak bazı çalışmalarda BFR antrenmanı sonrası büyüme hormonunun (GH) hızlı artışından bahsedilmektedir (S. Fujita et al., 2007; Pierce, Clark, Ploutz-Snyder, & Kanaley, 2006; G. V. Reeves et al., 2006; Takarada, Nakamura, et al., 2000). Kas hipertrofisi oluşmasında sistemik GH'nin rolü yıllardır bilinmekte olup BFR antrenmanı için de dikkate alınmalıdır (West & Phillips, 2010).

Yüksek yoğunluklu direnç antrenmanı plazmada birkaç hormon ve büyüme faktörlerinin akut değişimini ortaya çıkarabilir. Bazı çalışmalar kısa süreli antrenman sonrası birkaç hormonun istirahat seviyelerindeki değişimlerini göstermiştir ve akut hormon cevaplarının kronik değişim olan

hipertrofi için çok önemli olduğu tartışılmıştır (William J Kraemer et al., 1995). Ard arda kuvvet antrenmanının sonucu olarak plazmada ani bir şekilde GH, testosteron, kortizol, insülin-growth faktör 1 (IGF-1), insülin ve katekolaminler içeriğinde artış olduğu gösterilmiştir (William J Kraemer et al., 1995). Bugüne kadar yapılmış araştırmaların tümü anabolik hormonlardan olan GH, testosteron ve katabolik hormon olan kortizole odaklanmıştır.

Yüksek yoğunluklu direnç antrenmanı dışında metabolit birikimi sağlanarak hızlı glikolitik liflerin ateşlenmesinin başka yolları da vardır. Metabolit toparlanmasının baskılandığı hipoksik bir ortamda kas kasılmaya zorlanırsa metabolit birikimine bağlı olarak GH'nin uyarılması artacaktır (Takarada, Nakamura, et al., 2000). Bu düşük yoğunluklu BFR antrenmanının beklenen bir sonucudur. Kan akışı kısıtlama antrenmanının kuvvet ve hipertrofi oluşturma etkinliğinde ve GH salınımındaki artışa etkisinde bu faktörler rol oynamaktadır.

Düşük şiddetli Kaatsu antrenmanında plazma GH'daki büyük oranda ani artışlar bazı çalışmalarda gösterilmiştir (Takarada, Takazawa, Sato, et al., 2000; Takarada et al., 2004). Kas hipertrofisini sağlayan egzersizlerde GH rolü hakkındaki kanıtlar sınırlıdır. Çalışmalarda raporlanan karşılaştırmalarda GH'nin bir rolü olduğu açıktır fakat kesin kanıtlara sahip değildir. Ayrıca yüksek şiddetli egzersizin GH'nin artışında etkisi olduğu bilinmektedir (Goto, Ishii, Kizuka, & Takamatsu, 2005). Kan akışı kısıtlama antrenmanı ile ilgili yöntem ve sonuçlar daha ayrıntılı olarak tartışma bölümünde irdelenecektir.



Şekil 3.5. Kan Akışı Kısıtlama antrenmanının kas kuvveti ve hipertrofisini artırma mekanizması. Oklar stimülasyonu ifade eder ucu kapalı çizgi inhibisyonu ifade eder. HSP = Heat shock proteins, GH = Growth Hormone, NO = Nitric oxide, IGF-1 = Insulin like growth factor, GHRH = Growth Hormone Releasing Hormone.

3.3.3- Hücresel Sıvı Artışı

Kan akışı kısıtlama antrenmanının etkili olmasının arkasında metabolik asidoz, hipoksi ve GH salınımının artması dışında başka mekanizmalar da vardır. Literatürde BFR kullanılıp herhangi bir egzersiz hareketi içermeyen çalışmalar vardır (Jeremy Loenneke et al., 2012). Literatürde yapılmış bir çalışmayla ön çapraz bağ (ACL) cerrahisi sonrası iyileşme sürecinde kas kaybını engellemek için statik BFR uygulamasının etkili olduğu bulunmuştur (Ohta et al., 2003). Hareketsizliğe bağlı kas ateşlenmesi mümkün değildir ve herhangi bir şekilde metabolik birikim gerçekleşmeyecektir. Benzer bir çalışmada da hareket kısıtlanmasına bağlı olarak uyluk kas grubunda atrofi gelişen kişilerde yapılan statik BFR uygulamasının kas atrofisinin azalmasında etkili olduğu gösterilmiştir (Kubota, Sakuraba, Sawaki, Sumide, & Tamura, 2008).

Abe, Kearns ve Sato (2006) tarafından yapılan gözlemler koşu bandında BFR yöntemi kullanıldığı yavaş yürüme antrenmanının ki bu düşük yoğunluklu antrenman olarak tanımlanmaktadır (Ratamess et al., 2009), kasların kuvvetinde ve hipertrofisinde artışa neden olduğunu göstermiştir (Abe, Kearns, & Sato, 2006). Abe ve ark.ları yaptığı araştırmada metabolitleri değerlendirmemiştir fakat benzer bir çalışmada laktat değerlendirilmiş olup bu iki çalışma karşılaştırılabilir (Jeremy P Loenneke, Thrower, Balapur, Barnes, & Pujol, 2012). Sonuç olarak koşu bandında yapılan yavaş yürüyüş bile metabolit birikimine neden olmamıştır. BFR antrenmanında ateşlenen motor ünite sayısının artmasıyla birlikte metabolit birikimi kas kuvveti ve hipertrofisinin artmasında anahtar rol oynamaktadır. Bununla birlikte başka mekanizmaların olması da muhtemeldir.

BFR antrenmanında metabolit birikimi olmadan kas adaptasyonu sağlanmasında hücresel sıvı artışının önemli bir faktör olabileceği vurgulanmıştır (JP1 Loenneke et al., 2012; Jeremy Loenneke et al., 2012). Hücresel sıvı, fizyolojik olarak hücre işlevinin düzenlenmesinde önemlidir ve anabolik süreçleri uyardığı gösterilmiştir (Schoenfeld, 2010). Haussinger ve ark.ları (Häussinger, Gerok, Roth, & Lang, 1993) ilk defa hücresel sıvı artışının anabolik süreçleri uyardığını belirtmiş ve takip eden çalışmalar bunu desteklemiştir (Berneis, Ninnis, Häussinger, & Keller, 1999). Hücresel sıvı artışı ile anabolik doku büyümesi arasındaki doğrudan ilişki belirlenmiştir. Hücresel sıvı artışıyla birlikte hücre zarına baskı olduğu ve hücrenin gerilmesi ile genel bütünlüğün bozulduğu bunun da ultrastrüktürel yapıların güçlenmesi için anabolik yanıtla yol açtığı düşünülmektedir (Schoenfeld, 2010). BFR uygulaması sırasında olan azalmış arteriyel akım ve venöz dönüşün olmaması kanın kaslarda göllenmesine neden olur. Bu venöz göllenmenin etkisiyle hücresel sıvı yer değiştirir ve kas hücrelerinin hacmi artar (Schoenfeld, 2010). Hücresel sıvı artışı ve BFR yönteminin doku büyümesine sebep olduğu düşünülen diğer bir mekanizma ise aşırı venöz göllenme dolayısıyla kan akışı kaldırılır kaldırılmaz, kanın tıkanıklığının olduğu kaslara yönelmesidir (Jakob Lindberg Nielsen et al., 2012). Bu mekanizmalar bir immobilizasyon durumunda herhangi bir metabolit

birikimi olmaksızın nasıl kas kaybının önlendiğini açıklamaktadır (Wilson et al., 2013). Hücresel sıvı artışının tüm BFR antrenmanlarında sabit değişken olabileceği düşünülmektedir.

3.4- Kan Akışı Kısıtlamasının Uygulanması

Kan akışını kısıtlamasını sağlamak için literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında tansiyon aleti manşonu (G. C. Laurentino et al., 2012; Teramoto & Golding, 2006), elastik pnömatik manşonlar (Fahs et al., 2011), naylon pnömatik manşonlar (S. B. Cook, Clark, & Ploutz-Snyder, 2007; Manini et al., 2011) ve elastik diz bandajı (Jeremy P Loenneke, Kearney, Thrower, Collins, & Pujol, 2010) dahil olmak üzere birçok farklı cihaz kullanılmıştır. Kas adaptasyonu sağlanması için cihazdan ziyade kan akışının kısıtlanma derecesi ve BFR ile yapılan egzersiz daha önemlidir. Literatür incelendiğinde kan akışını kısıtlamak için kullanılan tüm yöntemlerle pozitif kas adaptasyonları gözlenmiştir (Slysz et al., 2016). Bunun yanında kas hipertrofisi oluşturmak için pnömatik dar elastik manşonlar en çok kullanılan yöntemdir. Bu bantlar basınç sensörleri tarafından düzenlenir ve egzersiz sırasında kas kasılması ile olan basınç değişikliklerini algılar. Bununla birlikte cihazdan bağımsız olarak fizyolojik olarak arteriyel ve venöz kan akışındaki kısıtlamalar önem ifade etmektedir.

3.5- Basınç ve Antrenman Önerileri

Direnç egzersizi reçetesinin ana ilkelerinden biri, egzersiz yükü ve egzersiz yoğunluğudur. Bireyin 1 MT gücünün %20'si kadar düşük yoğunluklarda düşük yoğunluklu BFR direnç antrenmanı, kas gücü ve hipertrofisinde anlamlı gelişmelere neden olur. En büyük etki haftada 2-3 gün egzersiz yapıldığında görülmüştür (J. P. Loenneke, J. M. Wilson, et al., 2012). Bununla birlikte, bundan daha büyük bir frekansta antrenman yapıldığında daha az etki görülmektedir. Bunun sebebinin aşırı yüklenme dolayısıyla olduğu düşünülmektedir (J. P. Loenneke, J. M. Wilson, et al., 2012).

Antrenman hacminin yüksek olması ideal olup düşük yoğunluklu BFR antrenmanı için standart bir yapı, toplam 4 set 75 tekrardan oluşmaktadır. Setler arasında 30 saniyelik dinlenme süresi uygulanmalıdır (30/15/15/15). Bu antrenman hacminin amacı metabolit (laktat) birikimini sağlamaktır. Bu şekilde GH artışı uyarılmış olur ve böylece doku onarımı ve toparlanması için gerekli olan kollajen sentezi teşvik edilir. GH'deki bir dalgalanma, kas büyümesine bağlı bir protein olan IGF-1 üretimini artırır. IGF-1'in güçlü anabolik etkileri vardır ve uydu hücresi proliferasyonunu artırarak kas kitlesinde artışı sağlar (Manini & Clark, 2009). İlginç bir şekilde, erken hipertrofi (≤ 4 hafta) olduğu gözlenmiştir, oysa ki kuvvet artışları tipik olarak ≥ 10 haftalık bir antrenmana kadar gözlenmez. Bu, nöral adaptasyona bağlı erken kuvvet kazanımı takibinde kas hipertrofisi oluşması paradigmasının, düşük ağırlıklı BFR antrenmanı ile tersine döndüğünü göstermektedir (J. P. Loenneke, J. M. Wilson, et al., 2012).

Vasküler kan akışı kısıtlama antrenmanı ile kazanım elde etmek için antrenman sırasında doğru basınç uygulanmalıdır. Sumide ve ark.ları tarafından yapılan çalışmada vasküler kan akışı kısıtlama antrenmanı için kullanılacak optimal basınç araştırılmıştır (Sumide, Sakuraba, Sawaki, Ohmura, & Tamura, 2009). Çalışmaya farklı basınç gruplarına rastgele olacak şekilde 21 kişi alınmıştır. Gruplardan birinde herhangi bir basınç uygulanmamış olup (0 mmHg) diğer gruplar ise 50 mmHg, 150 mmHg ve 250 mmHg olarak belirlenmiştir. Her grup 8 hafta boyunca haftada 3 gün olmak üzere 1 MT'nin %20'si ile düz bacak kaldırma egzersizi, kalça adduksiyon egzersizi ve maksimum güçle abduksiyon egzersizi yapmıştır. Çalışma sonrası kasın yaptığı işi (Nm) belirlemek için izokinetik sistem kullanılmıştır. Sonuçlara bakıldığında 50 mmHg ve 150 mmHg gruplarında belirgin artış gözlenmiştir. Özet olarak izokinetik performans için optimal basınç aralığının 50 mmHg ile 150 mmHg arasında olması uygundur (Sumide et al., 2009).

BFR ile çeşitli direnç egzersizleri ile yapılmıştır. Genellikle tek eklem içeren, izole üst ekstremité (örneğin dirsek fleksiyonu, dirsek ekstansiyonu) ve izole alt ekstremité egzersizleri (örneğin, diz ekstansiyonu, diz fleksiyonu, parmak ucu yükselme) tercih edilmiştir (Denkinger, Fontana, Weber, Boutellier, & Toigo, 2011). Bu spesifik kaslar, direnç egzersizi sırasında kolayca izole edilebilirken, squat (Abe, Kawamoto, Yasuda, CF, et al., 2005; Abe, Yasuda, et al., 2005; Yasuda et al., 2005), ve bench press (Yasuda, Brechue, Fujita, Sato, & Abe, 2008; Yasuda, Fujita, Ogasawara, Sato, & Abe, 2010; Yasuda et al., 2006) gibi birleşik hareket içeren egzersizlerde BFR ile gerçekleştirilmiştir. BFR antrenmanını takiben kan akışı kısıtlanmamış gövde kaslarında da kas kuvveti ve kas hipertrofisi artışı gözlemlenebilir (Yasuda et al., 2008; Yasuda et al., 2010; Yasuda et al., 2006).

Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanı Önerileri

Egzersiz	Yük/Hız	Tekrar/Süre	Set	Frekans
Direnç Egzersizi	10-30% 1MT	15, 30, yorgunluk	3-4	2-3 x hft.
Yürüyüş	45% HRR	15-20 dk.	2	5-6 x hft.
Bisiklet	40% VO2 max	20 dk.	1	3-4 x hft.

(1MT: bir maksimal tekrar; HRR: kalp atım rezervi)

Antrenman süresi: >6 hafta

Setler arası dinlenme süresi: 30-45 sn (direnç egzersizi)

BFR antrenmanı süresince manşon basıncı devam ediyor

Pnömatik manşon basıncı: Arterial dolaşımı tamamen kısıtlamak için gerekli basıncın 40-80% (doppler)

Elastik bandaj: 7/10 hissedilen zorluk (bandaj sıkılığı)

(J. P. Loenneke, J. M. Wilson, et al., 2012; Slysz et al., 2016)

3.6- Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanının Güvenilirliği

Kan akışı kısıtlama antrenmanının kas hipertrofisi üzerine etkilerini ve bu etkileri nasıl bir mekanizmayla sağladığını araştıran birçok araştırmancının yanı sıra bu antrenman yönteminin güvenli bir yöntem olup olmadığı sorgulanan bir konudur. Loenneke ve ark.ları mevcut literatür ışığında potansiyel güvenlik sorunlarını incelemiştir (J. P. Loenneke et al., 2011).

BFR ile kan akışı dinamiği manipüle edildiği için egzersiz sonrası kan akışı ile ilgili güvenlik endişeleri sorgulanmıştır. Egzersiz sonrası kan akışı ile ilgili çalışmalar kısıtlı olmakla beraber, BFR antrenmanında periferik kan akışındaki yanıtlar klasik direnç egzersizi sonrasında olana benzerdir. Düşük ağırlıklı kan akışı kısıtlama antrenmanı sonrası koagülasyon artmazken, fibrinolitik potansiyel klasik direnç egzersizinde olduğu gibi artmıştır. Oksidatif stres konusunda yeterli çalışma bulunmamakla beraber BFR antrenmanı sonrası oksidatif stres oluştuğu gösterilmemiştir (Neto et al., 2018). Sağlıklı bireylerde yapılan çalışmalarda BFR'nin sinir iletim hızına kronik negatif bir etkisi olmadığı gösterilmiştir (Neto et al., 2018).

BFR antrenmanı için risk oluşturabilecek potansiyel durumlar; kardiyovasküler yanıtlar, oksidatif stres, kas hasarı, sinir iletim hızı ve manşon basıncı ve manşon genişliğidir. Yapılan derleme çalışmayla düşük ağırlıklarla yapılan kan akışı kısıtlama antrenmanının yüksek ağırlıklar kullanılarak yapılan klasik direnç antrenmanı ile kıyaslanmıştır ve bu antrenman yönteminin arkasında yatan mekanizmalar açıklanmaya çalışılmıştır (Pearson & Hussain, 2015). Loenneke ve ark.ları kan akışı kısıtlama antrenmanının yaş ve antrenman durumuna bakılmaksızın güvenli bir antrenman metodu olduğu sonucuna varmıştır (J. P. Loenneke et al., 2011). Iversen & Rostad düşük ağırlıklı iskemik egzersize bağlı rabdomiyoliz gelişen bir vaka bildirmişlerdir (Iversen & Røstad, 2010). Rabdomiyoliz, kas hücresi içeriğinin, kreatin kinaz dahil, vasküler yapı içerisine sızması olayı olarak tanımlanabilir. Bu olguda dizinde kırık ve mikrofraktür olan 31 yaşında sporcu operasyon sonrasında kuadriseps atrofisi ve kas güçsüzlüğü şikayeti bulunan hasta, ilk seti 30 tekrar, takip eden diğer setler 15 tekrarlı olacak şekilde 12 kg dirençle diz ektansiyon egzersizi yapmış olup, tedavi öncesinde iki aylık antrenman programı uygulamıştır. Tedavi başlangıcından iki gün sonra literatürde herhangi bir şekilde bildirilmemiş ciddi bir kas ağrısı oluşmuştur. Bu katılımcının oklüzyon antrenmanı öncesinde diz ameliyatı sonrası derin ven trombozu (DVT) öyküsü olduğu görülmüştür. Rabdomiyoliz tedavisi hastanede gerçekleştirildikten sonra katılımcı düşük ağırlıklı kan akışı kısıtlama antrenmanına haftada 2 kez ve haftada 4 kez buz hokeyi takımıyla antrenmalara devam etmiştir. Bunun dışında başka bir rabdomiyoliz vakası literatürde bildirilmemiştir.

Kan akışı kısıtlama antrenmanının faydaları şunlardır; eklemleri ağır yüklerden korur ve potansiyel hipertrofi oluşmasını sağlar. Bazı kişilerde maksimal kuvveti artırır ve gecikmiş kas ağrısını azaltır. Bu alternatif direnç

antrenman metodunun potansiyel faydalarını anlamamız için daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Özet olarak 1 MT kullanılan yüksek ağırlıklarla yapılan geleneksel direnç antrenmanı kas hipertrofisi oluşturmak için birincil yoldur. Uygun beslenmeyle birlikte birkaç haftalık direnç antrenmanı sonrası hipertrofi olduğu gösterilmiştir (Medicine, 2009). Vasküler kan akışı kısıtlama antrenmanı bizlere kısa süre içerisinde düşük ağırlıklarla çalışarak hipertrofi oluşturmak için alternatif bir yol olarak görülmektedir. Deneyimli kişiler tarafından uygulandığında güvenli bir methodur.

3.7- Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanı ve Sporcu Popülasyon

BFR antrenmanı sporcularda kas hipertrofisinin daha çok artmasını sağlayabilir. Yapılan bir çalışmada antrene erkek bireylerde düşük yoğunluklu BFR antrenmanı ile diz ekstansiyon egzersizi yapılmış ve hormonal-inflamatuar cevaplar gözlenmiştir (Takarada, Nakamura, et al., 2000). Antrenman öncesi ve antrenman sonrası manşon çıkarılıp kandaki metabolitlerin konsantrasyonlarına bakılmıştır. BFR ile antrenman yapan grup diğer grupla karşılaştırıldığında büyüme hormonu (GH), nörepinefrin ve laktat konsantrasyonunun belirgin bir şekilde arttığı görülmüştür (Takarada, Nakamura, et al., 2000). BFR ile orta yoğunlukta bir antrenman yapılmasına rağmen GH'deki artış yüksek yoğunluk antrenmanıya benzerdir (Takarada, Nakamura, et al., 2000). Kısa dinlenme periyotları kullanılarak yapılan orta yoğunluklu bir egzersiz sonrası GH salınımının arttırılabileceği gösterilmiştir (Takarada, Nakamura, et al., 2000).

Yapılan başka bir çalışmada 8 gün boyunca günde iki defa yapılan Kaatsu antrenmanı sonrası kas kuvveti ve kas enine kesit alanında ciddi artışlar sağlanmıştır. Buna bağlı olarak 30m sprint performansı artmış olup özellikle bu artışın sprintin ilk hızlanma evresinde belirgin olduğu ifade edilmiştir (Abe, Kawamoto, Yasuda, Midorikawa, & Sato, 2005). Bu nedenle Kaatsu antrenmanının sezon içinde antrenman programlarına dahil edilmesinin performansta herhangi bir azalmaya neden olmadan kas hipertrofisini arttırabilecek etkin bir yöntem olduğu belirtilmiştir (Abe, Kawamoto, Yasuda, Midorikawa, et al., 2005).

Kadın sporcu popülasyonun yüksek olduğu netbol sporcularında yapılmış başka bir çalışmada ise yüksek seviyede kas kuvveti ve dayanıklılık gerektiren sporlar için BFR antrenmanının etkili olduğu belirtilmiştir. Düşük yoğunluklu (1MT %20) kan akışı kısıtlanması ve intermitant hipoksi antrenmanının geleneksel direnç antrenmanına ciddi bir alternatif olduğu vurgulanmıştır (Manimmanakorn et al., 2013).

Amerikan futbolu oyuncularının sezon dışı kuvvet ve kondisyon antrenmanlarında elastik bandajlar kullanılarak kan akışı kısıtlanmasıyla egzersiz yapmaları sağlanmıştır ve 1 MT skuat performansının artışında etkili olabileceği gösterilmiştir (Luebbers et al., 2014). BFR antrenmanı ile ilişkili maliyet ve karmaşıklığındaki bu azalma, atletizm programları, takımlar,

antrenörler ve sporculara BFR'nin kuvvet ve kondisyon programlarına dahil edilmesi için daha fazla fırsat sunmaktadır.

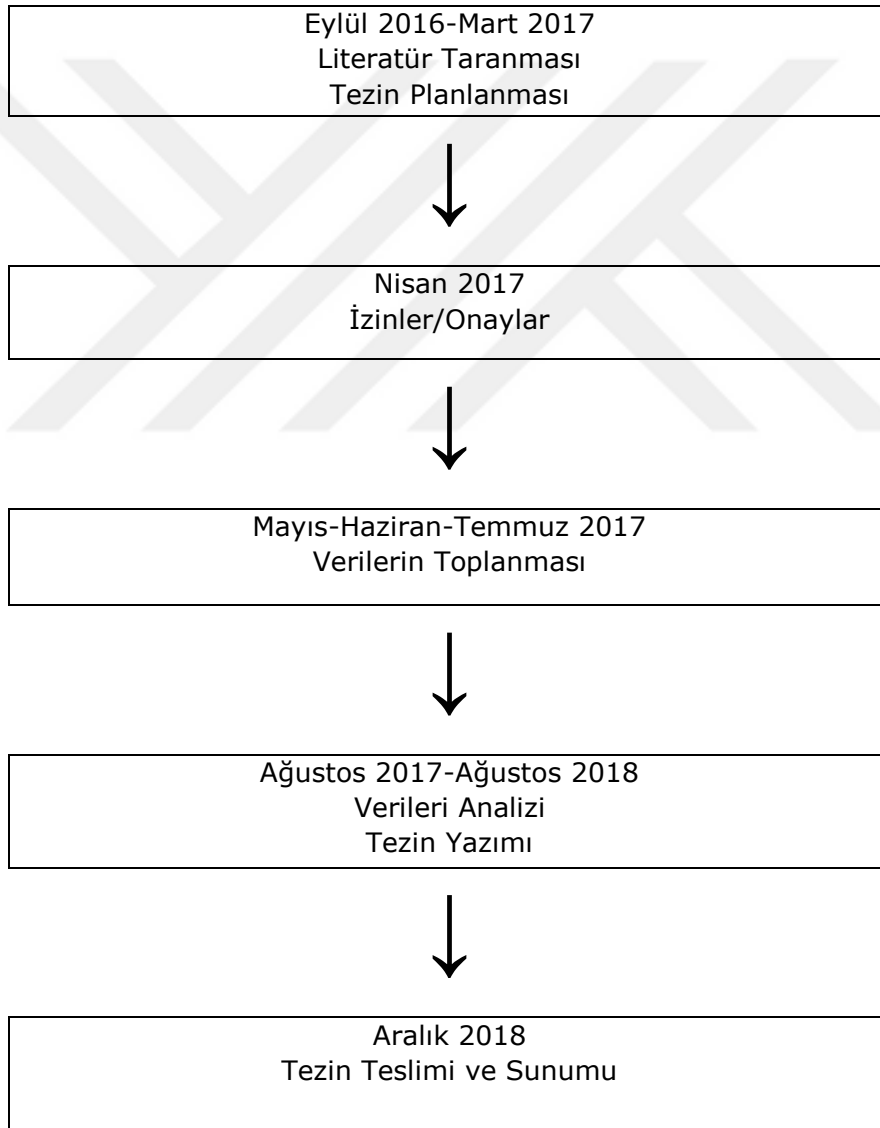


4- GEREÇ VE YÖNTEMLER

Gerçekleştirilen çalışmanın amacı, genç futbolcularda 6 haftalık düşük yoğunluklu Kan Akışı Kısıtlama antrenmanı (1 MT'nin %20-30) ile klasik direnç antrenmanının (1 MT'nin %80) kuadriseps kas grubunda oluşturduğu kuvvet artışı ve kas mimarisine etkisini karşılaştırmak üzere Hacettepe Üniversitesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı Egzersiz Laboratuvarında yapılmıştır.

Araştırmanın Planı Ve Takvimi

Tablo 4.1. Araştırma Planı ve Takvimi



4.1- Gereç

Çalışmaya, 18-20 yaş aralığında toplam 23 sporcu dahil edilmiştir. Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanı (n=11) ve Klasik Direnç Egzersizi (n=12) olmak üzere iki farklı gruba sporcular randomize olarak dağıtılmıştır. Sporcular, Gençlerbirliği Spor Kulübü genç futbol takımı sporcuları olup, çalışmaya gönüllü olarak katılmışlardır. Bunun için kendilerinden yazılı izin alınmıştır ve kendilerine çalışmayı istedikleri zaman bırakabilecekleri bildirilmiştir. Çalışmaya katılan sporcularda çalışma öncesinde *PAR-Q (EK 2)* değerlendirilmiştir.

Araştırmaya Dahil Edilme Kriterleri;

1. Araştırmaya katılmaya istekli ve komutları takip edebilecek bireyler,
2. Sigara içmeyen veya çalışmanın başlamasından en az 6 ay önce sigarayı bırakmış bireyler,
3. Normal kan basıncına sahip bireyler,
4. Son 3 ay içerisinde haftanın en az 3 günü tüm vücut fiziksel olarak aktif olan ve haftanın en az 2 günü rutin direnç egzersizi yapan bireyler,
5. 18-20 yaş aralığında ki erkek futbolcular

Araştırmaya Dahil Edilmeme Kriterleri;

1. Alt ekstremitede herhangi bir cerrahi operasyon geçirmiş veya alt ekstremitesinde deformite olan bireyler,
2. Alt ekstremitte ile ilgili son 1 ay içerisinde bir yaralanma/travma geçirmiş ve bu sebeple olağan fiziksel aktivitesine en az 1 (bir) gün katılamamış bireyler,
3. Çalışmaya katılma sırasında alt ekstremitte ile ilgili herhangi bir ağrısı olan bireyler,
4. Geçmişte herhangi bir kardiyovasküler problem nedeniyle tanı almış bireyler (ör: hipertansiyon, konjenital kalp hastalığı, periferel vasküler hastalık, variköz ven vs),
5. Hipertansif bireyler (>140/90 mmHg),
6. Ayak bileği brakiyal basınç indeksi <0.9 olan bireyler,
7. Düzenli tütün ürünleri kullanan bireyler (sigara, puro, nargile vs),
8. 18 yaş altı bireyler,
9. Tromboemboli için Motykie ve ark.ları tarafından tanımlanmış risk faktörlerinden en az ikisine sahip olan bireyler (Motykie et al., 2000),

Çalışma, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'na öngörülen aydınlatılmış onam formunu kabul eden bireylerle gerçekleştirilmiştir. Yapılan tüm uygulamalar Helsinki Bildirgesi'ne uygun olarak yapılmıştır. Çalışmamızın uygunluğu Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 20.04.2017 tarih ve 80558721/130 (EK 6) sayılı kararı ile onanmıştır.

4.2- Yöntemler

4.2.1- Araştırmanın Dizaynı

Çalışmaya başlamadan önce sporculara test protokolü hakkında gerekli bilgilendirme yapılmıştır. Sporcuların ölçüm ve değerlendirmeleri araştırmacılar tarafından rastgele seçilerek aşağıda belirtilen uygulama sırasında gerçekleştirilmiştir.

Ölçümler 3 ayrı günde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4.2. Araştırma Dizaynı

I. Gün Ölçüm Dizaynı	II. Gün Ölçüm Dizaynı	III. Gün Ölçüm Dizaynı
Boy Uzunluğu Ölçümü (Tanita)	İzokinetik Dinamometre ile kas kuvveti değerlendirmesi (<i>Biodex® System3</i> <i>İsokinetic Dynamometer</i>)	USG ile Kuadriseps kas parametrelerinin değerlendirilmesi (<i>5-12 Mhz Logiq P5, G.E.</i>)
Vücut Ağırlığı Ölçümü (Seca)		
Vücut Kitle İndeksi (VKİ) Belirlenmesi		
1 MT Değerinin Belirlenmesi		

Tablo 4.3. Çalışma Dizaynı

Bazal Ölçümler	Egzersiz Protokolü	Egzersiz protokolü uygulaması sonrası ölçümler
Antropometrik ölçümler İzokinetik kas kuvveti değerlendirmesi USG değerlendirmesi	6 Hafta süresince, haftada 2 gün olmak üzere BFR ve RES protokolü uygulanması	Antropometrik ölçümler İzokinetik kas kuvveti değerlendirmesi USG değerlendirmesi

4.2.2- Veri Toplama Araçları

Boy Uzunluğu Ölçüm Aracı

Araştırmaya katılan sporcuların boy uzunlukları şekil 4.1’de görülen Tanita Leicester marka boy ölçüm cihazı ile ölçülmüştür.



Şekil 4.1. Boy Uzunluk Ölçüm Aracı

Vücut Ağırlığı Ölçüm Aracı

Araştırmaya katılan sporcuların vücut ağırlıkları Şekil 4.2’de gösterilen ölçüm hassasiyeti ± 0.1 kg olan elektronik laboratuvar baskülünde (Seca, Vogel & Halke, Hamburg) ölçülmüştür.



Şekil 4.2. Vücut Ağırlığı Ölçüm Aracı

İzokinetik Kuvvet Değerleri Ölçüm Sistemi

Çalışmada yer alan tüm sporcuların dize fleksiyon ve ekstansiyon yaptıran kasların kuvvetleri Şekil 4.3'te görülen 'Biodex® System3 Isokinetic' marka izokinetik dinamometre ile ölçülmüştür. Dinamometre üzerinde mevcut olan bilgisayar yardımıyla tüm ölçümler anlık olarak kayıt altına alınmıştır.



Şekil 4.3. Biodex® System3 İsokinetik Dynamometer

Tanısıl Ultrasonografi ile Kas Parametrelerinin Değerlendirilmesi

Egzersiz protokolü öncesinde uyluk ön yüzü grubunun kas kalınlığı, kas fasikül uzunluğu, kasın pennasyon açısı gibi kas mimarisine ait verilerin belirlenmesinde ve egzersiz protokolü tamamlandıktan sonra bu verilerdeki değişimin incelenmesinde Şekil 4.4'te görülen 5-12 Mhz lineer problu tanısıl ultrasonografi cihazı (Logiq P5, General Electrics Medical Systems, Wisconsin) kullanılmıştır.



Şekil 4.4. USG (5-12 Mhz Logiq P5, G.E.)

Kan Akışı Kısıtlanması Cihazı

Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanı sırasında kan akışı kısıtlanması için Şekil 4.5'da görülen 'Occlusion Cuff' cihazı kullanılmıştır. Basıç kontrolü manuel olarak sağlanabilen, manşonu, pompası ve manometresi bulunan pnömatik bir cihazdır. Cihazın boyutu 85*7 cm olup ayrıca 35 cm genişleme özelliği bulunmaktadır.

Oklüzyon birşeyin tamamen kapatılması anlamına gelmektedir. Yaptığımız çalışmamızda ise arteriyel kan akışı azaltılıp venöz dönüş kısmi olarak engellenerek venöz göllenme oluşması amaçlanmıştır ki bu oklüzyon durumundan farklıdır. Egzersiz uygulaması süresince cihazın basıncı 130-150 mmHg aralığında sabit tutulmaya çalışılmıştır. Cihazın manşonu egzersiz yapılan kas grubunun proksimaline yerleştirilerek kan akışı kısıtlanması sağlanmıştır.



Şekil 4.5. Kan Akışı Kısıtlama aparatı *Occlusion Cuff* uyluğun proksimalinden manşonlarla sabitlenmiştir.

4.2.3- Ölçümler ve Değerlendirmeler

Etik kurul raporu alınmasından sonra 6 haftalık egzersiz protokolü uygulanmış olup çalışma öncesi ve sonrası değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışmaya katılan tüm sporculara aşağıdaki ölçüm ve değerlendirmeler uygulanmıştır.

4.2.3.1- Antropometrik Ölçümler

Çalışmaya dahil edilen sporcuların yaşları (yıl), deneyim yılları (yıl) kaydedilmiş, Tanita ve Seca ile boy uzunluk (m) ve vücut ağırlığı (kg) ölçümleri yapılmıştır. Vücut kitle indeksi değerleri (kg/m^2), vücut ağırlığı, boy uzunluğunun karesine bölünerek hesaplanmıştır. Elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır.

4.2.3.2- Kas Kuvveti Ölçümleri

İzokinetik Dinamometre ile Kas Kuvveti Değerlendirmesi

Çalışmada yer alan tüm sporcuların dize fleksiyon ve ekstansiyon yaptıran kasların kuvvetleri '*Biodex® System3 Isokinetic*' (Biodex Medical Systems, Inc, New York, New York, USA) marka dinamometre ile ölçülmüştür ve aynı cihaza bağlı bilgisayar programıyla anlık veriler kaydedilmiştir.

Sporcuların izokinetik kas kuvveti ölçümü öncesinde 10 dakika süren standart ısınma ve germe egzersizleri yapması sağlanmıştır. Sporcular 5 dk. süresince 20-25 d.dk⁻¹ hızda pedal çevirerek Monark 894 E Peak Bike cihazı ile ısınmaları sağlanmıştır. Isınma sonrası sporcuların izokinetik ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Sporcular dinamometrenin kendinden monteli ve sporcunun antropometrik ölçümlerine ve yapılacak olan ölçüme uygun olarak ayarlanabilen sandalyesine oturduktan sonra gövde ve uyluk orta bölümlerinden bantlar yardımıyla koltuğa sabitlenmişlerdir. Ayrıca test esnasında koltuğun her iki tarafında yer alan kolları tutmak suretiyle kolların serbestliği de engellenmiş ve koltuktan destek almaları sağlanmıştır. Eklem hareket açıklığı 0-90 derece olarak ayarlanmıştır. İzokinetik testler her iki dizde diz fleksörleri (hamstring grubu; H) ve diz ekstansörleri (kuadriseps grubu; Q) izokinetik kuvvetleri konsantrik mod ile, sırasıyla 60°s⁻¹, 180°s⁻¹ (derece/sn) açısal hızlarda, izokinetik dinamometre kullanılarak yapılmıştır (Şekil 4.6). Testlerde 60°s⁻¹ açısal hızda 5 tekrar, 180°s⁻¹ açısal hızda 10 tekrardan oluşan konsantrik-konsantrik izokinetik diz kuvvet testi uygulanmış ve her bir test için sporculara test öncesi 3 tekrardan oluşan deneme yaptırılmıştır. Sporculara her iki açısal hız testi arasında 3 dakikalık dinlenme süresi verilmiştir. Fleksör/ ekstansör kuvvet oranı (H_{kons}/Q_{kons}) hesaplanmıştır. Test süresince sporcuların daha yüksek performans sergileyebilmeleri açısından sporcular sözel olarak teşvik edilmiş, elde edilen en iyi dereceler dinamometre üzerinde mevcut olan bilgisayar yardımıyla N/m cinsinden kaydedilmiştir. Yapılan testler sonucunda dize ekstansiyon ve fleksiyon yaptıran kas gruplarının maksimum tork, maksimum iş ve total iş verileri ölçülmüştür.

Tork: Kuvvetin izokinetik sistemlerdeki ölçülen formu olup bir cisim üzerine uygulanan kuvvetin döndürücü momentidir. Birimi Newton-metre'dir (Nm).

Maksimum tork: Eklem hareket açıklığı boyunca ilgili kaslar tarafından üretilen en yüksek tork değeridir ve izokinetik sistemlerde oldukça yaygın kullanılmaktadır (Chan et al., 1996).

İş: Kuvvete karşı açısal yer değıştirme alanı olarak tanımlanan işin birimi Nm'dir.

Maksimum iş: Tekrarlar sırasında yapılan en iyi iştir (Chan et al., 1996).

Total İş: Test esnasındaki tüm tekrarlardan elde edilen işin toplamıdır (Hislop & Perrine, 1967).

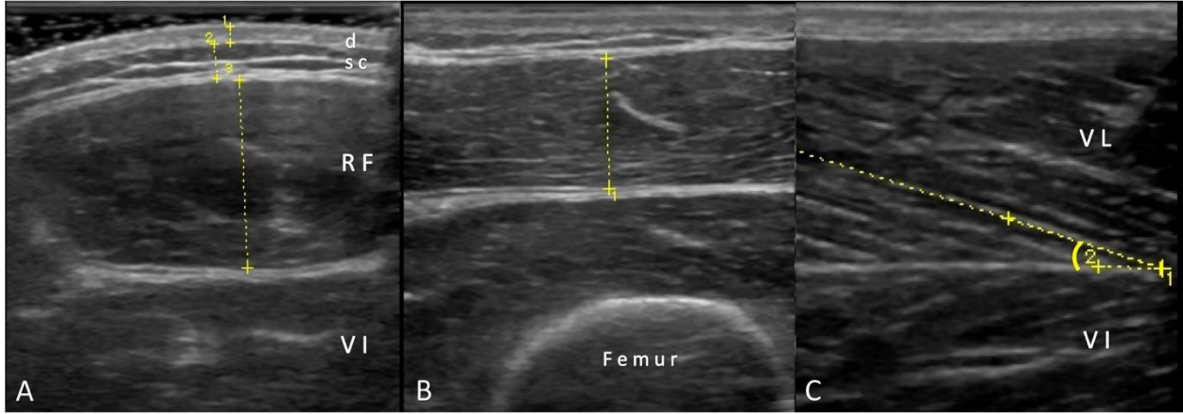


Şekil 4.6. İzokinetik sistem ile kas kuvveti değeriendirilmesi

4.2.3.3- Kas Mimarisinin Değeriendirilmesi

USG ile Kas Parametrelerinin Ölçülmesi

Çalışmaya katılan tüm sporcuların uyluk ön yüzü ilgili kas parametreleri; RF kas mimarisi (kalınlık, maksimal kalınlık) ve VL kas mimarisi (kalınlık, pennasyon açısı ve fasikül uzunluğu), ölçümler Hacettepe Üniversitesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalında bu konuda deneyimli uzman hekim tarafından çalışma öncesi bazal değeriendir ve çalışma sonrası değeriendir olmak üzere iki kez 5-12 Hz lineer probu *Logiq P5, G.E.* ultrasonografi cihazıyla değeriendirilerek veriler kayıt altına alınmıştır. Ölçümler sırasında sporcuların sırt üstü rahat pozisyonda uzanması sağlanmıştır. Kas dinlenme pozisyonundayken USG ile değeriendirilmiştir. Femurun lateral kondili ile trokanter mayor arasındaki mesafe esas alınarak tam orta hattan ölçümler yapılmıştır (Malas et al., 2013). Ölçümler her iki bacak için uyluk ön yüzü ve yan bölgesi olarak yapılmıştır. Cihazın probuna jel sürülerek, prob kasa dik olacak şekilde ve kasa bastırılmadan ölçümler gerçekleştirilmiştir (Abe, Kondo, Kawakami, & Fukunaga, 1994). Değeriendirme sonucu elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır.



Şekil 4.7. Ultrasonografik ölçümler A: aksiyel kesitte dermis (d), subkutan yağ dokusu (sc), rektus femoris kası (RF) kompresyon yapmadan kalınlık ölçümü (VI: vastus intermedius kası) B: aynı ölçümlerin kompresyon yapılarak değerlendirilmesi C: longitudinal kesitte vastus lateralis (VL) kasının pennasyon açısı ve fasikül uzunluğu ölçümü

4.3- Egzersiz Protokolü Uygulaması

Bu çalışmada sporcular randomize olarak iki ayrı gruba dağıtılmıştır. Çalışmaya son bir yıl içerisinde haftanın en az 2 günü direnç egzersizi yapan ve kondisyon derecesi üst düzeyde olan sporcular alınmıştır. Çalışma grupları kan akışı kısıtlama antrenmanı grubu (n=11) ve klasik direnç egzersiz grubu (n=12) olarak belirlenmiştir. Çalışmaya katılan sporculardan kontrol grubundan 2 (iki) sporcu ve BFR grubundan 1 (bir) sporcu olmak üzere bu süreçte geçirdikleri sakatlıkları dolayısıyla çalışma sonrası izokinetik değerlendirmeye alınamamıştır. Çalışma grubundan bir sporcu ise takımdan ayrılması dolayısıyla hem izokinetik değerlendirmeye hem de USG değerlendirmesine alınamamıştır.

Her iki gruba 6 hafta süresince haftanın iki günü, günler arasında en az 48 saat geçecek şekilde egzersiz protokolü uygulanmıştır. Çalışmaya başlamadan önce sporcuların rektus femoris kası 1 MT değeri prosedüre uygun olarak belirlenip kaydedilmiştir. Sporcuların egzersiz sırasında performansları etkilenmesin diye rahat eşofman, şort gibi spor kıyafetler giymesi sağlanmıştır. Egzersiz protokolü katılımcılara ayrıntılı şekilde anlatılmıştır. Egzersizler öncesinde sporcuların 10 dk'lık ısınma antrenmanı yapması sağlanmıştır. Sporcular 5 dk. süresince 20-25 d.dk⁻¹ hızda pedal çevirerek 'Monark 894 E Peak Bike' cihazı ile ısınmaları sağlanmıştır. Kondisyon bisikleti sonrası esneklik çalışması yaptırılarak sporcunun egzersize hazır olması sağlanmıştır.

Egzersiz protokolü her iki grup için aşağıdaki gibi takip edilmiştir:

Grup A (Kan akışı kısıtlama antrenmanı tekniğiyle kuadriseps kas kuvvetlendirmesi yapan sporcular)

Bu gruptaki sporcuların 'occlusion cuff' cihazı kullanılarak venöz kan akışı kısıtlanması sağlanmış ve egzersiz protokolü uygulanmıştır. Venöz kan akışı kısıtlanması uyluğun proksimal sonlanma noktasına bağlanan manşon yardımıyla sağlanmıştır. Sphingomanometre yardımıyla 130-150 mmHg basınç uygulanmıştır. Sporcuların 1 maksimal tekrarlarının %20-30'u ile diz ekstansiyon egzersizi yapmaları sağlanmıştır.

Sporcular 4 setten (30-15-15-15) oluşan bir egzersiz antrenmanına alınmıştır. İlk set 30 tekrar diğer setler 15 tekrardan oluşmaktadır. Setler arasında 30-45 sn'lik dinlenme süresi verilmiştir (J. P. Loenneke, J. M. Wilson, et al., 2012). Dinlenme süresince manşon basıncı aynı şekilde korunmuştur. Sporculardan ağırlığı sabit bir hızda kaldırıp indirmeleri istenmiş, konsentrik ve ekzentrik kontraksiyon fazlarının her biri ayrı ayrı 2 sn sürecek şekilde egzersizin yapılması sağlanmıştır. Kan akışı kısıtlaması setler arasında dinlenme süresi boyunca devam etmiştir. Sporcu antrenmanı tamamladıktan sonra manşon çıkarılıp alt ekstremité dolaşımının normal düzene dönmesi beklendikten sonra dolaşım kontrol edilerek sporcunun toparlanması sağlanmıştır.

Tablo 4.4. Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanı Protokolü

Protokol		Tekrar Sayısı	Tempo	Dinlenme
Set Yoğunluğu	20-30% 1 MT			
Set 1		30	1100	30-45 sn
Set 2		15	1100	30-45 sn
Set 3		15	1100	30-45 sn
Set 4		15	1100	30-45 sn

Grup B (Kan akışı kısıtlama tekniği uygulanmadan kuadriseps kas kuvvetlendirmesi yapan sporcular)

Bu gruptaki sporcuların klasik direnç egzersizi tekniği ile 1 maksimal tekrarlarının %80'i ile diz ekstansiyon egzersizi yapmaları istenmiştir.

Sporcular 4 setten oluşacak bir egzersiz antrenmanına alınmıştır. Setler 8-12 tekrardan oluşacak şekilde egzersiz yapılmıştır. Setler arasında 2 dk'lık dinlenmeler verilmiştir (American College of Sports, 2009). Sporculardan

ağırlığı sabit bir hızda kaldırıp indirmesi istenmiş, konsentrik ve ekzentrik kontraksiyon fazlarının her biri ayrı ayrı 2 sn sürecek şekilde egzersiz yapılması sağlanmıştır. Sporcu antrenmanı tamamladıktan sonra sporcunun toparlanması sağlanmıştır.

Tablo 4.5. Klasik Direnç Egzersizi Protokolü

Protokol		Tekrar Sayısı	Tempo	Dinlenme
Set Yoğunluğu	80% 1 MT			
Set 1		8-12	1100	2 dk
Set 2		8-12	1100	2 dk
Set 3		8-12	1100	2 dk
Set 4		8-12	1100	2 dk



Şekil 4.8. Antrenman süresince manşon basıncı 130-150 mmHg aralığında sabit tutulmaya çalışılmıştır.

4.4- İstatiksel Yöntem

Yapılan bu çalışmada İstatiksel değerlendirme Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalının yardımlarıyla gerçekleştirilmiştir. Kan akışı kısıtlama antrenmanının (BFR) ve klasik direnç antrenmanının (RES) kas kuvveti ve kasın mimari yapısı üzerine etkileri karşılaştırılmıştır.

İstatistiksel analizler SPSS 21 yazılım versiyonu (SPSS, Chicago, IL, ABD) kullanılarak yapılmıştır. Değişkenlerin normal dağılıp dağılmadığını belirlemek için görsel (histogram, olasılık grafikleri) ve analitik yöntemler (Kolmogorov-Smirnov/ShapiroWilk testi) kullanılmıştır. Tanımlayıcı

analizler, ortalama ve standart sapmalar kullanılarak sunulmuştur. RES ve BFR grupları arasında kas kuvveti (izokinetik-konsentrik tepe tork değerleri) ve ultrasonografik parametrelerin (kas kalınlığı, pennasyon açısı ve fasikül uzunluğu) karşılaştırılmasında t-test kullanılmıştır. İstatiksel olarak anlamlılık düzeyi 0,05 olarak belirlenmiştir. Veriler, tekrarlı ölçüm varyans analizi kullanılarak $p \leq 0.05$ istatiksel anlamlılık ile analiz edilmiştir.



5 - BULGULAR

5.1– Antropometrik Özellikler

Katılımcıların yaş, boy, vücut ağırlığı ve vücut kitle indeksi değerleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır. ($p>0.05$) (Tablo 5.1)

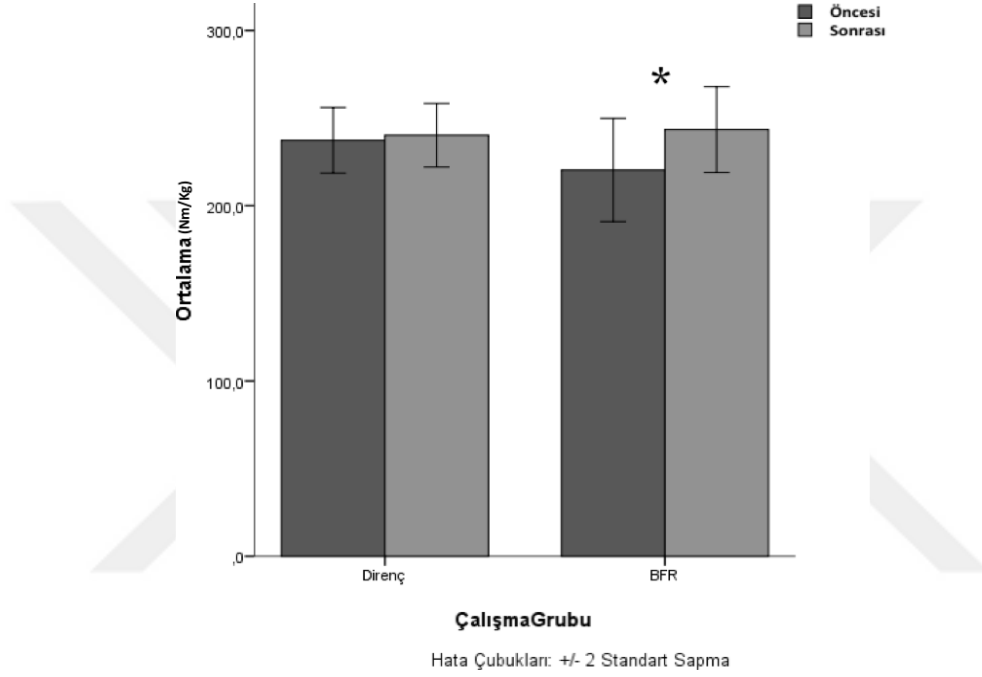
Tablo 5.1. Gruplar arası yaş, boy uzunluğu, vücut ağırlığı ve vücut kitle indeksi değerlerinin karşılaştırılması

	BFR Grup A.O. ± S.S	RES Grup A.O. ± S.S	P
Yaş (yıl)	18.36 ± 0.5	18.42 ± 0.79	0.8
Boy (cm)	1.79 ± 0.06	1.82 ± 0.04	0.1
Vücut Ağırlığı (kg)	71.55 ± 6.59	76.08 ± 4.64	0.07
VKI (kg/cm ²)	22.44 ± 1.75	23.05 ± 1.07	0.33

* $p<0.05$ istatistiksel olarak anlamlı farklılık; A.O: Aritmetik Ortalama; S.S: Standart Sapma; VKİ: Vücut kitle indeksi

5.2– Kuvvet ile İlgili Bulgular

Kuadriseps kas grubu kuvvet artışının en belirgin göstergesi olan 60°/s açısal hız konsentrik ekstansiyon kuvvet değerlerinde her iki grupta hem dominant hem de dominant olmayan tarafta başlangıç değerlerine göre artış görülürken, dominant tarafta BFR grubundaki artış anlamlı olarak daha fazla saptandı (60°/s $p= 0.02$, 180°/s $p= 0.019$) (Tablo 5.2) (Şekil 5.1, Şekil 5.2).



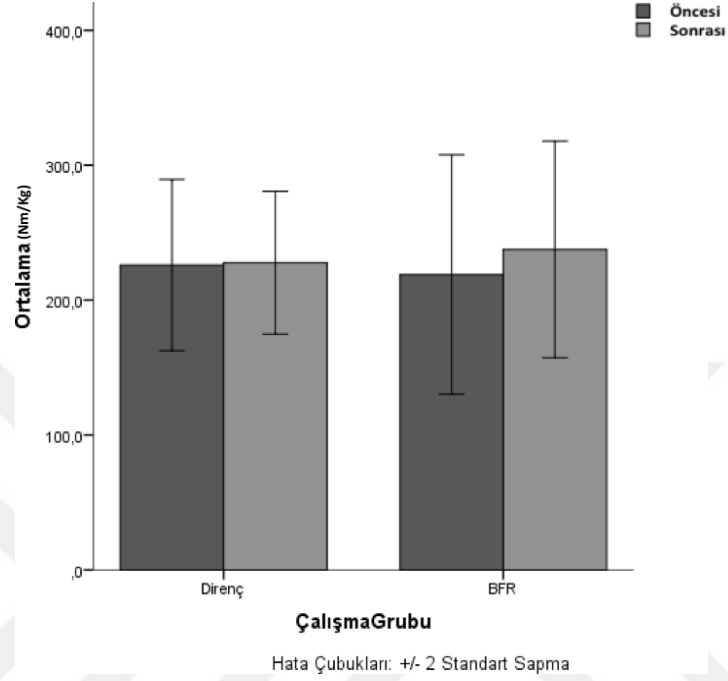
Şekil 5.1. Dominant taraf 60°/s açısal hız konsentrik ekstansiyon kuvvet değerlerinin birinci ve ikinci ölçüm karşılaştırılması

Tablo 5.2. Dominant ve Non-Dominant diz ekstansiyonu ve fleksiyonu 60°/s ve 180°/s açısal hızlarda konsentrik kas kuvvet bulgularının grup içi ve gruplar arası değerlerinin karşılaştırılması

Pik tork (Nm/kg)			Dominant Taraf				Dominant Olmayan Taraf			
			Egzersiz öncesi (A.O.±SS)	Egzersiz sonrası (A.O.±SS)	Fark	p	Egzersiz öncesi (A.O.±SS)	Egzersiz sonrası (A.O.±SS)	Fark	p
Ekstansiyon	60°/s	RES	237.3±29.6	240.2±28.7	2.9±2.7	0.009* (t=-3.308)	225.8±29.6	227.8±26.5	1.8±27.1	0.839 (t=-0.209)
		BFR	220.4±46.6	243.4±38.7	23.1±25.5		217.5±42.4	237.5±40.1	18.6±33.2	
	Gruplar arası		0.02* (t=-2.486)				0.232 (t=-1.237)			
	180°/s	RES	154.2±29	154.1±25.8	0.2±17.7	0.976 (t=0.03)	143.8±34	157.7±31.7	13.9±13.8	0.011* (t=-3.19)
		BFR	144.3±30.8	163.8±29.2	17.2±11.7		145.5±25.8	158.8±27.9	9.9±21.7	
Gruplar arası		0.019* (t=-2.586)				0.623 (t=0.5)				
Fleksiyon	60°/s	RES	128.0±24.7	151.8±25.7	19.6±26.2	0.042* (t=-2.363)	127.4±20.8	149.8±23.4	16.4±23.9	0.058 (t=-2.173)
		BFR	142.9±34.9	166.7±29.4	22.9±11.6		138.7±33.9	160.8±21.6	20.6±19.4	
	Gruplar arası		0.718 (t=-0.367)				0.675 (t=-0.976)			
	180°/s	RES	88.3±32.1	118.5±17.7	22.2±24.4	0.019* (t=-2.868)	82.8±29.7	115.7±18.1	25.6±26.1	0.013* (t=-3.097)
		BFR	96.5±20	130.7±18.9	32.7±19.2		91.3±20.3	122.2±17.9	30.2±15.4	
Gruplar arası		0.298 (t=-1.072)				0.637 (t=-0.48)				

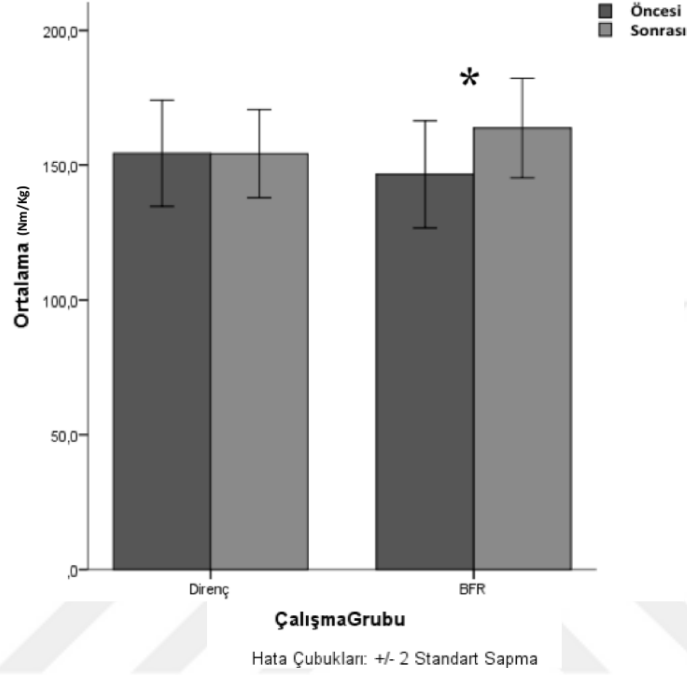
((*p<0.05 istatistiksel olarak anlamlı farklılık; Ort: Aritmetik Ortalama; S.S: Standart Sapma; (Gruplar arası incelemeler için) t: Bağımsız gruplarda t testi; (Grup içi incelemeler için) t: Bağımlı gruplarda t testi)

Dominant olmayan ekstremitede 60°/s açısal hız konsentrik ekstansiyon değerinde görülen artış yine BFR grubunda RES grubuna göre daha fazla görülse de aradaki fark istatistiksel olarak anlamlı saptanmadı ($p=0.232$) (Şekil 5.2).

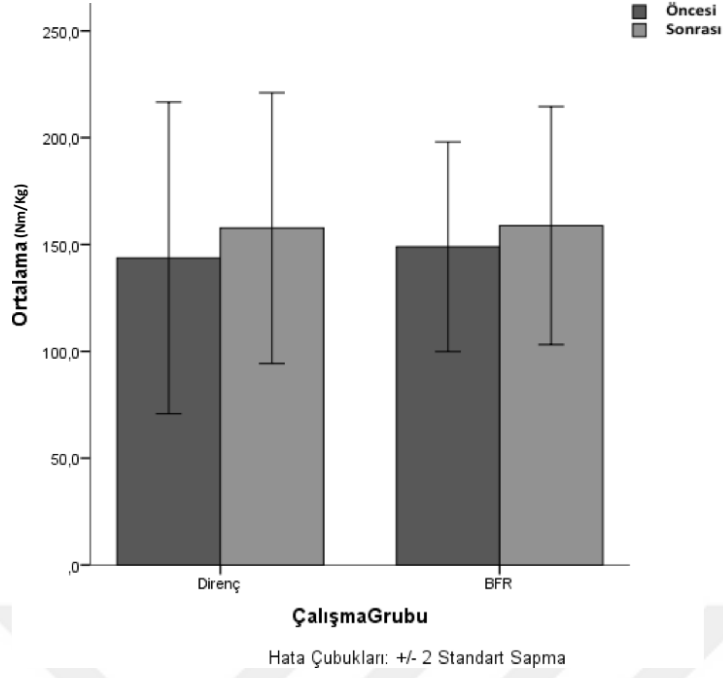


Şekil 5.2. Non-dominant taraf 60°/s açısal hız konsentrik ekstansiyon kuvvet değerlerinin birinci ve ikinci ölçüm karşılaştırılması

Benzer şekilde kuadriseps kas grubu dayanıklılığını gösteren 180°/s açısal hız konsentrik ekstansiyon kuvvet değerleri incelendiğinde her iki grupta her iki ekstremitede başlangıç değerlerine göre artış gözlenmiştir. Her iki tarafta BFR grubunda artış RES grubuna kıyasla daha fazla iken gruplar arası kıyaslamada dominant bacakta görülen artış anlamlı olarak daha yüksek saptanmıştır ($p=0.019$) (Şekil 5.3, Şekil 5.4).



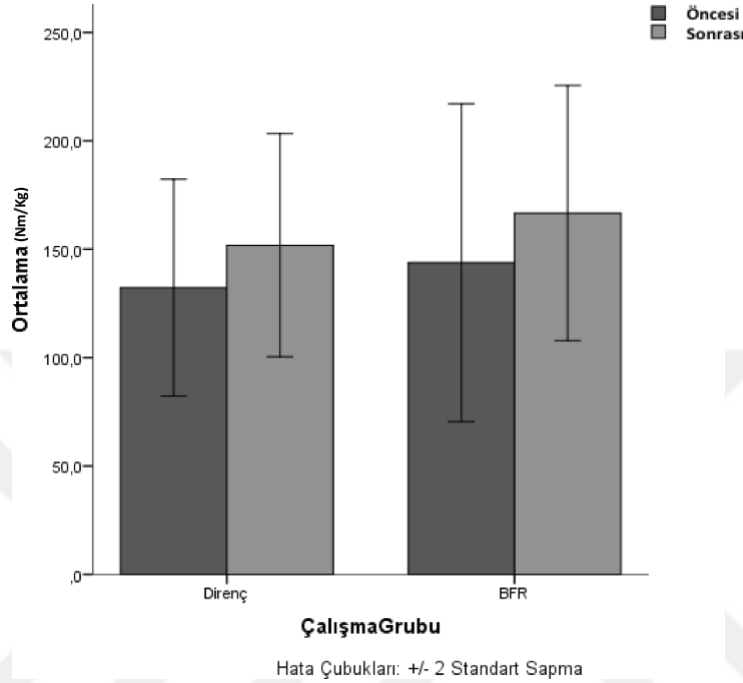
Şekil 5.3. Dominant taraf 180°/s açısal hız konsentrik ekstansiyon kuvvet değerlerinin birinci ve ikinci ölçüm karşılaştırılması



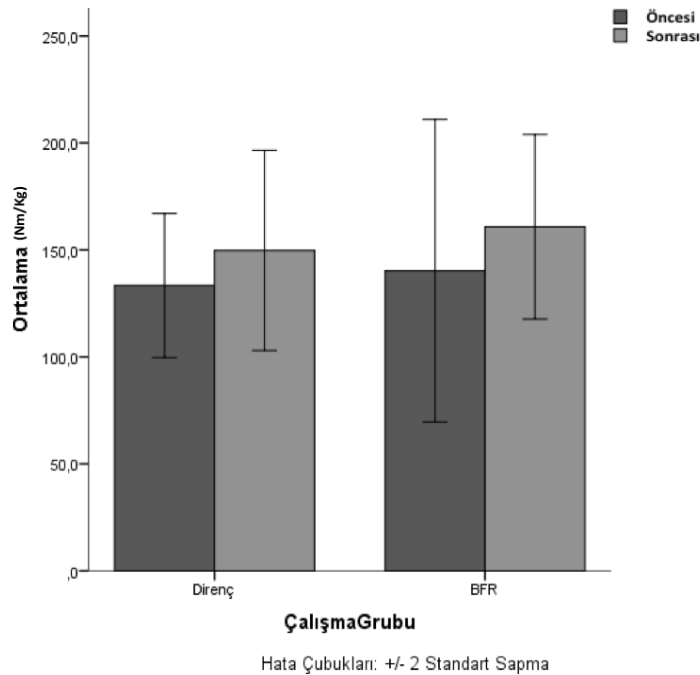
Şekil 5.4. Non-dominant taraf 180°/s açısal hız konsentrik ekstansiyon kuvvet değerlerinin birinci ve ikinci ölçüm karşılaştırılması

Dominant olmayan taraf 60°/s ve 180°/s açısal hızlarda yapılan konsentrik ekstansiyon kuvvet değerleri incelendiğinde BFR ve RES gruplar arasında anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p > 0.05$).

Hamstring kas grubu kuvvet artışının en belirgin göstergesi olan 60°/s açısal hız konsentrik fleksiyon kuvvet değerlerinde her iki grupta hem dominant hem de dominant olmayan tarafta başlangıç değerlerine göre artış görülürken, dominant tarafta hem BFR grubundaki artış hem de RES grubundaki artış anlamlı olarak gözlenmiştir ($p < 0.05$) (Şekil 5.5, Şekil 5.6).

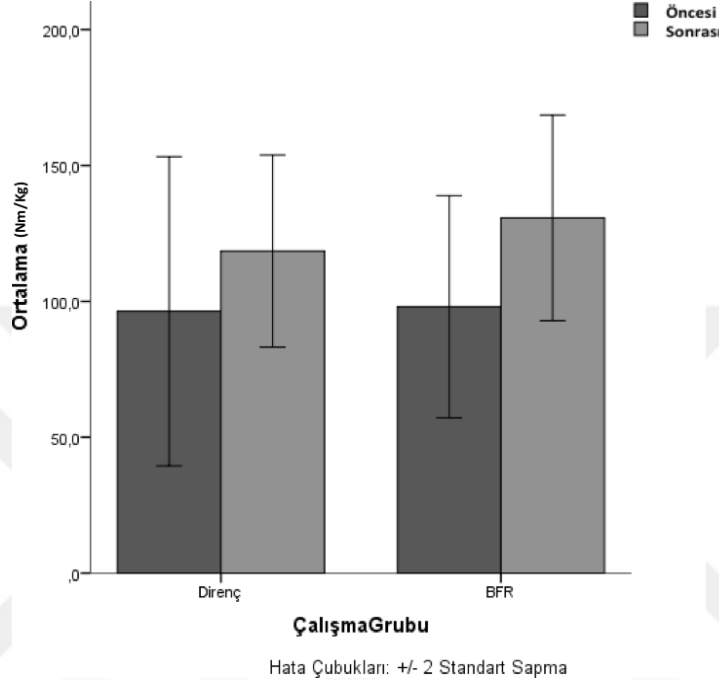


Şekil 5.5. Dominant taraf 60°/s açısal hız konsentrik fleksiyon kuvvet değerlerinin birinci ve ikinci ölçüm karşılaştırılması



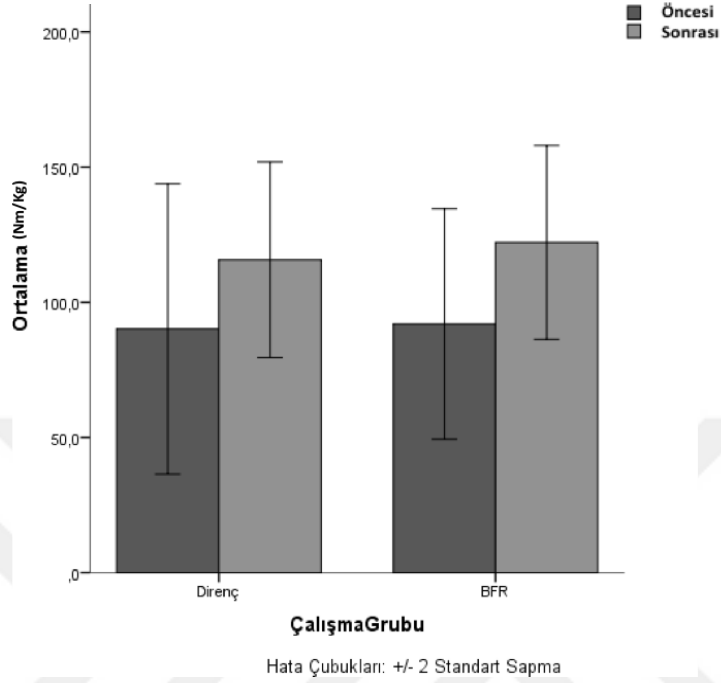
Şekil 5.6. Non-dominant taraf 60°/s açısal hız konsentrik fleksiyon kuvvet değerlerinin birinci ve ikinci ölçüm karşılaştırılması

Benzer şekilde hamstring kas grubu dayanıklılığını gösteren 180°/s açısal hız konsentrik ekstansiyon kuvvet değerleri incelendiğinde her iki grupta her iki ekstremitede başlangıç değerlerine göre anlamlı artışlar gözlenmiştir ($p < 0.05$). Her iki tarafta BFR grubunda artış RES grubuna kıyasla daha fazla iken gruplar arası kıyaslamada anlamlı farklılık gözlenmemiştir ($p > 0.05$) (Şekil 5.7, Şekil 5.8).



Şekil 5.7. Dominant taraf 180°/s açısal hız konsentrik fleksiyon kuvvet değerlerinin birinci ve ikinci ölçüm karşılaştırılması

Dominant olmayan ekstremitedeki artış yine BFR grubunda RES grubuna göre daha fazla görülse de gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı saptanmamıştır ($p=0.675$) (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Non-dominant taraf 180°/s açısız hız konsentrik fleksiyon kuvvet değerlerinin birinci ve ikinci ölçüm karşılaştırılması

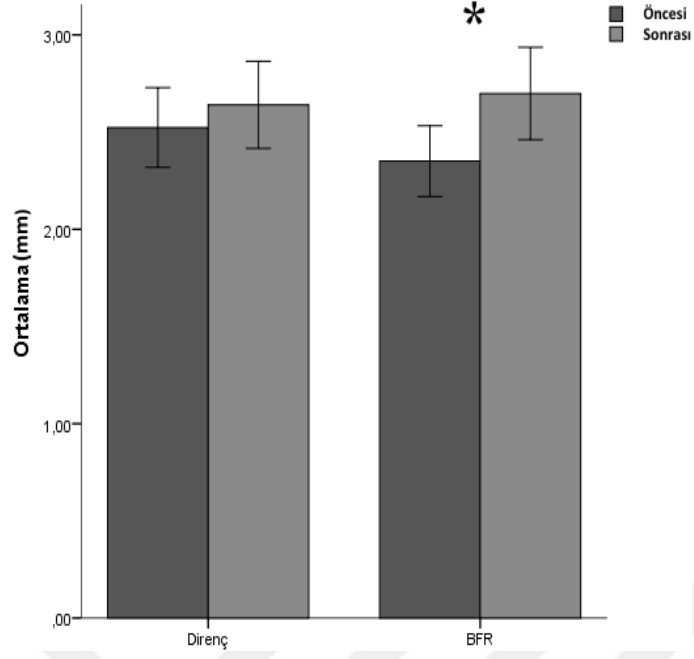
5.3– Ultrasonografik Bulgular

Altı hafta süreyle yapılan egzersizler sonrasında BFR ve RES grubunda bulunan sporculara uygulanan ultrasonografik incelemelerde rektus femoris kas kalınlığında, vastus lateralis kas kalınlığında, vastus lateralis fasikül uzunluğunda ve vastus lateralis pennasyon açısında dominant bacakta artış görülmüştür. Gruplar arası karşılaştırma yapıldığında RF kalınlığı (basıncısız) BFR grubunda dominant tarafta anlamlı artmıştır ($p=0.02$) (Şekil 5.3). Non-dominant tarafta yapılan ölçümlerde ise her iki grupta da rektus femoris kas kalınlığında, vastus lateralis kas kalınlığında, vastus lateralis fasikül uzunluğunda ve vastus lateralis pennasyon açısında artış görülmüştür. Gruplar arası karşılaştırmalarda iki grup arası verilerde herhangi bir anlamlı fark gözlenmemiştir ($p>0.05$).

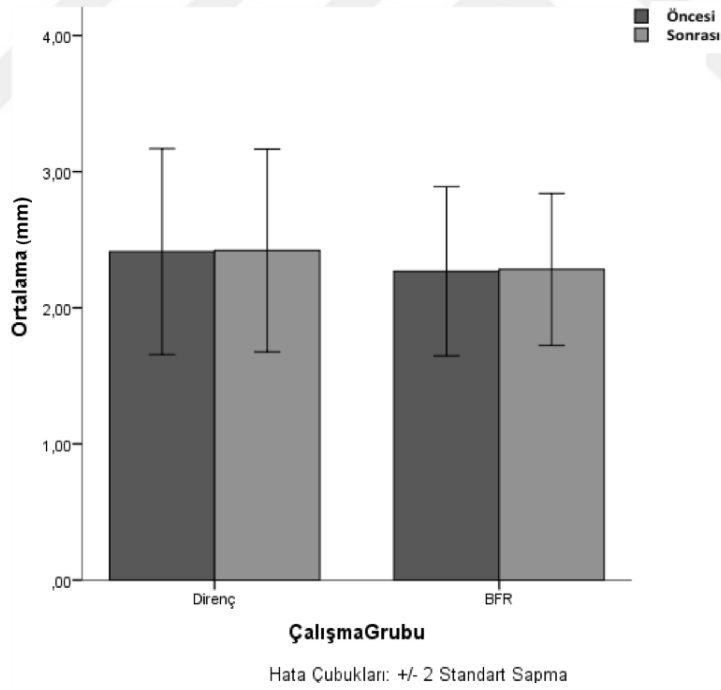
Tablo 5.3. Dominant ve Non-Dominant bacakta ultrasonografik parametrelerin grup içi ve gruplar arası değerlerinin karşılaştırılması

US Parametreleri		Dominant Taraf				Dominant Olmayan Taraf			
		Egzersiz öncesi (Ort±SS)	Egzersiz sonrası (Ort±SS)	Fark	p	Egzersiz öncesi (Ort±SS)	Egzersiz sonrası (Ort±SS)	Fark	p
RF kalınlığı (basıncısız)	RES	2.523±0.35	2.64±0.39	0.1167	*0.004 (t=-3.592) *0.001 (t=-5.75)	2.413±0.38	2.42±0.38	0.0083	0.899 (t=-0.13) 0.875 (t=-0.161)
	BFR	2.351±0.30	2.698±0.39	0.3473		2.268±0.31	2.282±0.28	0.0136	
Gruplar arası		0.002* (t=-3.444)				0.96 (t=-0.05)			
RF kalınlığı (maksimum basınçla)	RES	1.198±0.21	1.543±0.51	0.345	0.056 (t=-2.138) *0.013 (t=-3.002)	1.132±0.24	1.142±0.55	0.0100	0.960 (t=-0.051) 0.496 (t=-0.706)
	BFR	1.151±0.16	1.601±0.55	0.4491		1.086±0.20	1.203±0.52	0.1173	
Gruplar arası		0.64 (t=-0.470)				0.68 (t=-0.415)			
VL kalınlığı	RES	2.670±0.41	2.780±0.33	0.1100	0.289 (t=-1.115) *0.02 (t=-2.765)	2.722±0.41	2.803±0.41	0.0808	0.232 (t=-1.264) *0.002 (t=-4.140)
	BFR	2.513±0.28	2.725±0.43	0.2118		2.524±0.26	2.765±0.34	0.2409	
Gruplar arası		0.43 (t=-0.805)				0.08 (t=-1.84)			
VL fasikül uzunluğu	RES	9.050±0.93	9.805±0.93	0.7550	0.061 (t=2.09) *0.01 (t=3.151)	8.910±1.29	9.280±1.18	0.3700	0.518 (t=-0.667) 0.559 (t=-0.605)
	BFR	8.823±1.12	9.916±1.91	1.0918		8.515±1.04	8.730±0.77	0.2155	
Gruplar arası		0.51 (t=-0.67)				0.821 (t=0.23)			
VL pennasyon açısı	RES	16.925±3.09	17.633±2.97	0.708	*0.007 (t=3.303) 0.135 (t=-1.628)	16.075±2.51	18.21±2.66	2.1350	*0.002 (t=-3.895) *0.014 (t=-2.983)
	BFR	15.645±2.32	17.563±2.46	1.9182		16.291±2.59	17.43±2.19	1.1364	
Gruplar arası		0.304 (t=-1.054)				0.156 (t=1.47)			

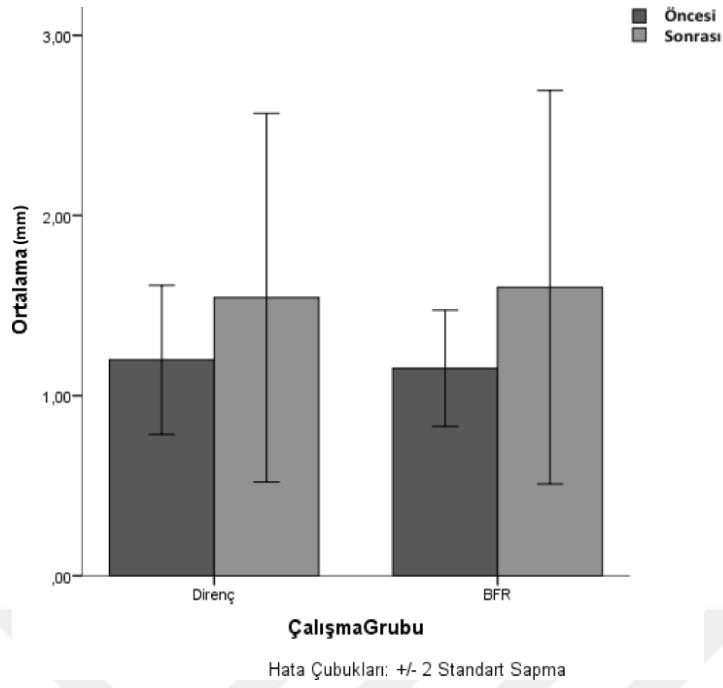
(* $p<0.05$ istatistiksel olarak anlamlı farklılık; Ort: Aritmetik Ortalama; S.S: Standart Sapma; (Gruplar arası incelemeler için) t: Bağımsız gruplarda t testi; (Grup içi incelemeler için) t: Bağımlı gruplarda t testi)



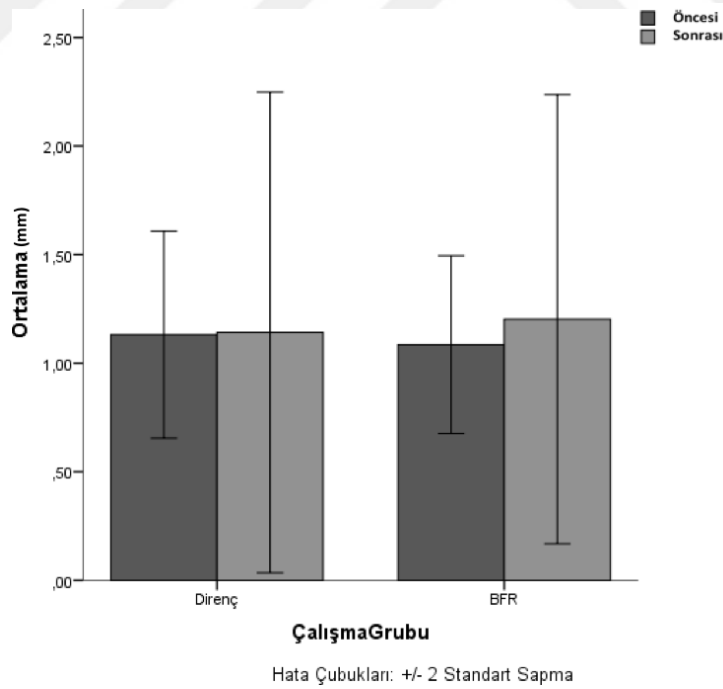
Şekil 5.9. Dominant taraf basınçsız RF kalınlığı değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması



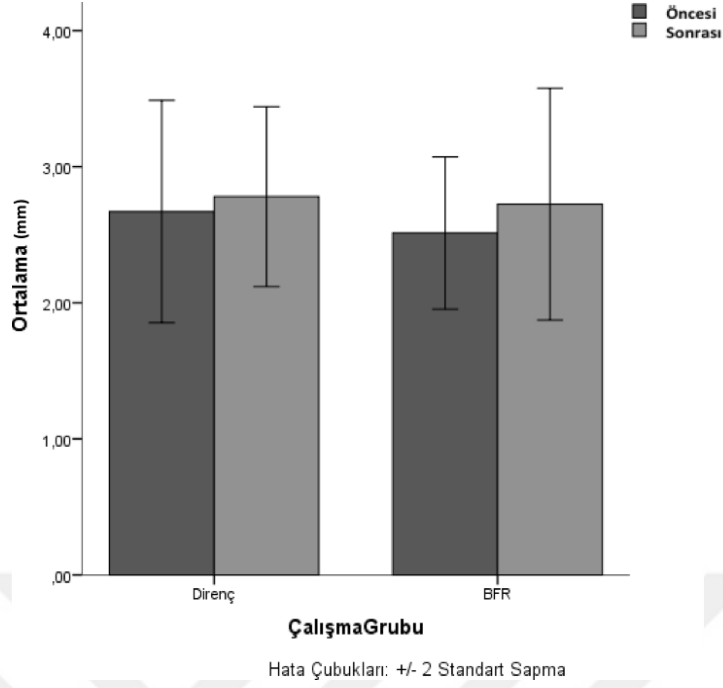
Şekil 5.10. Non-Dominant taraf basınçsız RF kalınlığı değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması



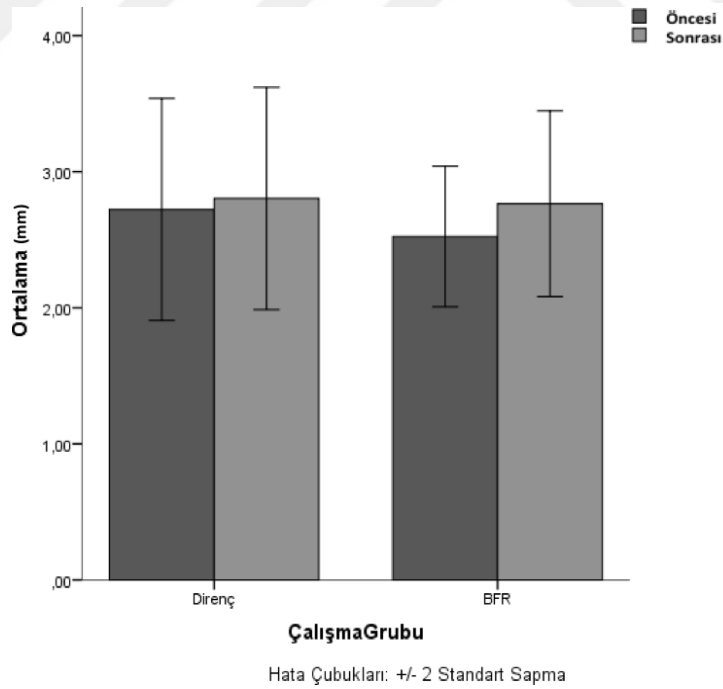
Şekil 5.11. Dominant taraf maksimal basınçla RF kalınlığı değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması



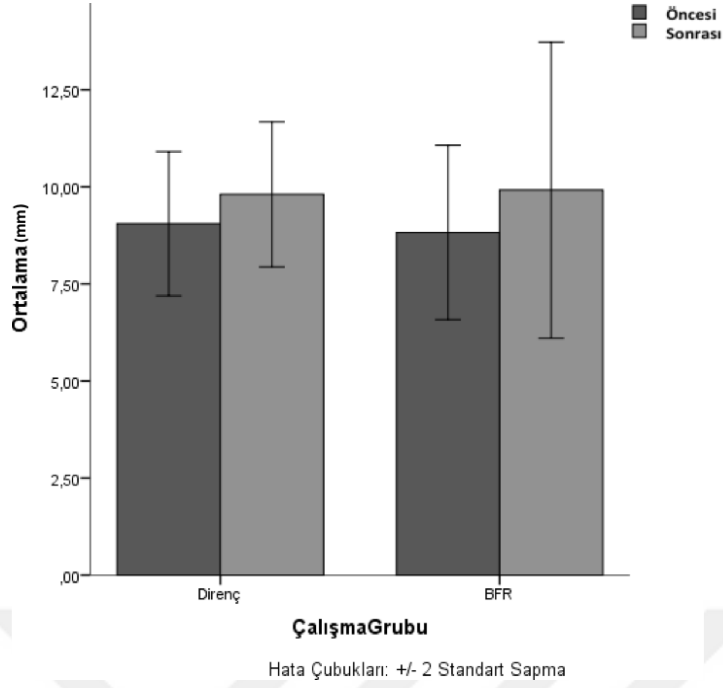
Şekil 5.12. Non-Dominant taraf maksimal basınçla RF kalınlığı değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması



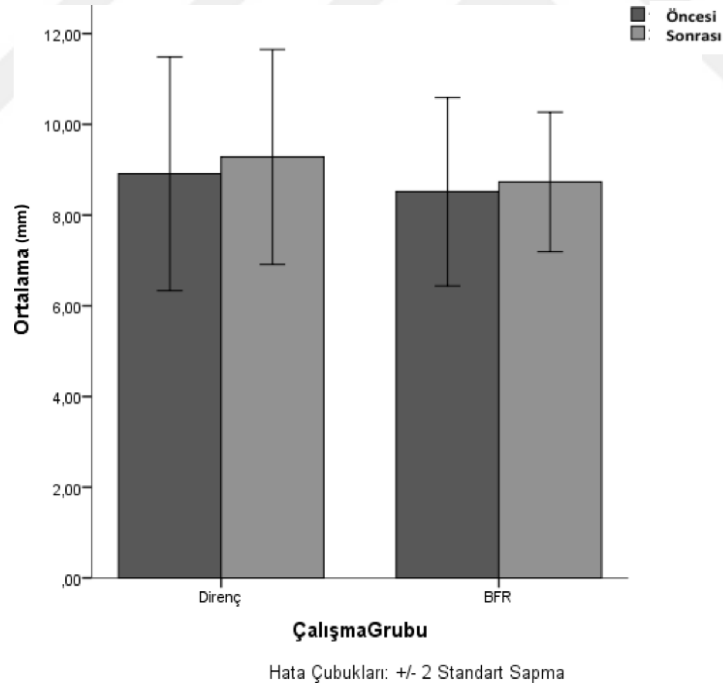
Şekil 5.13. Dominant taraf VL kalınlık değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması



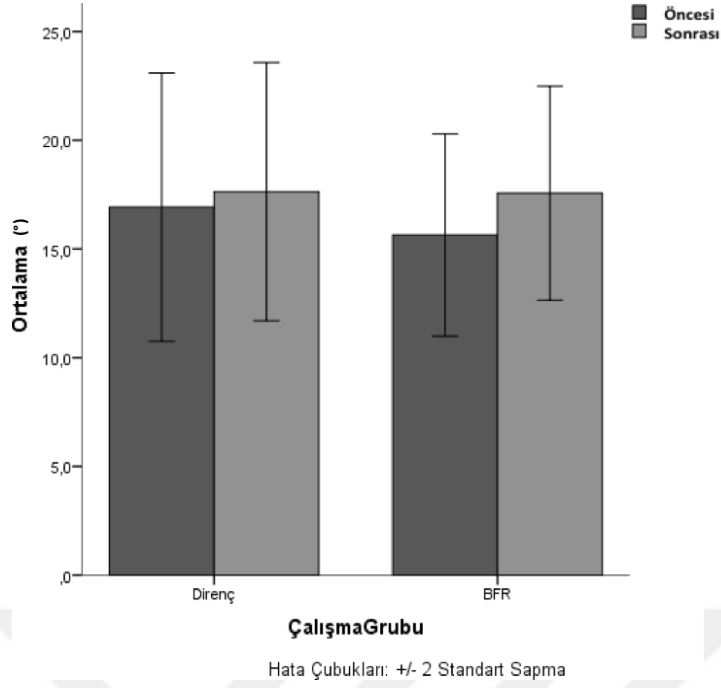
Şekil 5.14. Non-Dominant taraf VL kalınlık değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması



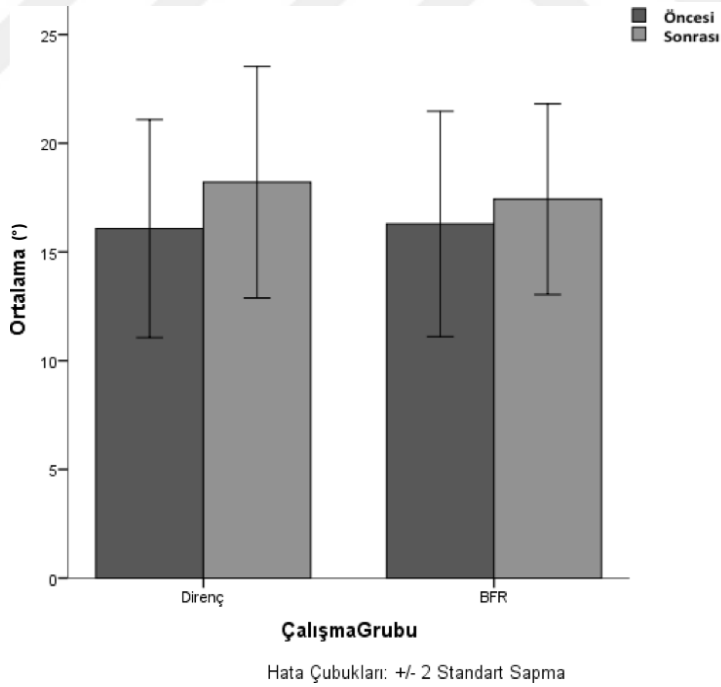
Şekil 5.15. Dominant taraf VL fasikül uzunluğu değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması



Şekil 5.16. Non-Dominant taraf VL fasikül uzunluğu değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması



Şekil 5.17. Dominant taraf VL pennasyon açısı değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması



Şekil 5.18. Non-Dominant taraf VL pennasyon açısı değerlerinin egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırılması

6- TARTIŞMA

Bu çalışmada sağlıklı genç futbol takımı oyuncularında uygulanan farklı kuvvetlendirme (Klasik Direnç Egzersizi ve Kan Akışı Kısıtlama Antrenmanı) antrenmanlarının kas kuvveti ve kas mimarisine etkileri araştırıldı. Her iki antrenman yönteminin kas kuvveti üzerine etkisi karşılaştırıldığında çalışma grubunda kuvvet artışının anlamlı olarak daha fazla olduğu görüldü. İzokinetik kas kuvveti 60°/s ve 180°/s açısal hızlarda her iki grupta da artarken, BFR grubunda dominant tarafta ekstansiyon kuvvetinde anlamlı artış gözlemlendi (60°/s $p=0.02$, 180°/s $p=0.019$). Bu da çalışmamızın hipoteziyle uyumlu olarak BFR antrenmanının (1MT %20-30) kas kuvvetini arttırmada en az klasik direnç egzersizi (1MT %80) kadar etkili olduğunu hatta istatistiksel olarak daha da fazla kuvvet gelişimi sağladığını göstermektedir. Kas mimarisi açısından yapılan değerlendirmeler, her iki grupta 6 haftalık BFR ve RES egzersizlerinin kas mimarisinde olumlu yönde değişimler yaptığını gösterirken, BFR grubunda RF kalınlığı anlamlı olarak artmış bulundu ($p=0.002$).

Literatür incelendiğinde, yapılan çalışmalarda kan akışı kısıtlanması sağlanarak birçok farklı egzersiz yönteminin uygulandığı görülmüştür. Bununla birlikte 1 MT'nin %20-30'u kullanılarak yapılan düşük yoğunluklu direnç egzersizi en yaygın kullanılan antrenman yöntemidir. BFR ile yapılan düşük yoğunluklu egzersizin yüksek şiddetli kuvvet antrenmanı gibi kas hipertrofisi, kuvvet kazanımı ve kasın kesitsel alanını artırdığına dair ciddi kanıtlar mevcuttur (Hughes, Paton, Rosenblatt, Gissane, & Patterson, 2017; Weatherholt, Beekley, Greer, Urtel, & Mikesky, 2013). Bu tip bir egzersizin kas kuvvetini arttırmak için yeterli uyarıyı ürettiği, nöromuskuler fonksiyon indekslerinde artmış post-aktivasyon potansiyeli ve dinlenme seyirme torku depresyonu gibi değişikliklere yol açabildiği gösterilmiştir (Hughes et al., 2017). Geleneksel direnç antrenmanlarında kasta protein sentezi oluşumunu sağlamak için yüksek yoğunluk (1 MT'nin %70-80'i) kullanılması ve setlerin toplamda 100 tekrar olacak şekilde dizayn edilmesi gerektiği belirtilmektedir (Dreyer et al., 2006). İlginç bir şekilde yapılan çalışmalarda daha az tekrarlı (75 tekrar-4 set) ve 1 MT'nin %20'si kullanılarak yapılan diz ekstansiyon egzersizinin düşük yoğunluklu kan akışı kısıtlaması antrenmanlarıyla aynı şekilde protein sentezi oluşturduğu gözlemlenmiştir (T. Fujita, WF, Kurita, Sato, & Abe, 2008). Bu antrenman hacmiyle metabolit birikimi (laktat) sağlanması dolayısıyla büyüme hormonu (GH) uyarılarak doku onarımı ve toparlanması için gerekli olan kollajen sentezi oluşması amaçlanmaktadır (Manini & Clark, 2009). Düşük yoğunluklar kullanılmasına karşın kan akışı kısıtlama antrenmanı ile büyük oranda protein sentezi sağlanmıştır. BFR antrenmanı ile kas protein sentezinin artışının sağlanması kas kitlesindeki artışı açıklamaktadır. Çalışmamızda sporculara 4 setten oluşan toplamda 75 (30-15-15-15) tekrarlı diz ekstansiyon egzersizi uygulanmış ve setler arasında 30-45 sn dinlenme süresi verilmiştir.

Antrenman sıklığıyla ilgili olarak haftada 2-3 gün antrenman yapıldığında görülen kas kuvveti artışı haftada 4-5 gün antrenman yapılan çalışmalara göre anlamlı olarak daha yüksek olduğu görülmüştür (J. P. Loenneke, J. M. Wilson, et al., 2012). Düşük ağırlıklar kullanılmasına karşın antrenman sıklığının aşırı olması dolayısıyla haftada 4-5 gün antrenman yapıldığında elde edilen kazanımların daha düşük olması olası bir açıklamadır. Çalışmamızda antrenman sıklığı haftada 2 gün olacak şekilde belirlenmiş ve çalışma günleri arasında en az 24 saat geçmesi sağlanmıştır.

Geleneksel direnç antrenmanlarında ilk birkaç hafta içerisindeki kas kuvvet artışı nöral adaptasyonlar yoluyla sağlanmaktadır ve kas hipertrofisi daha sonraki haftalarda oluşmaktadır (6 hafta ve sonrası). Düşük yoğunluklu kan akışı kısıtlaması kullanılarak yapılmış bir çalışmada bu olayın farklı şekilde geliştiği gözlenmiştir. Kas hipertrofisi 4. hafta ile 10. hafta arasında hemen hemen aynı kaldığı gözlenmiş, kas kuvveti ise 10. haftaya kadar ciddi olarak gelişim göstermemiştir (T. Fujita et al., 2008; Takarada et al., 2002; Takarada, Takazawa, & Ishii, 2000; Tomohiro Yasuda et al., 2011). İlginç bir şekilde erken hipertrofi (≤ 4 hafta) tutarlı bir bulgudur oysa ki kuvvet artışları tipik olarak ≥ 10 haftalık bir antrenmana kadar gözlenmez. Bu çalışmayla düşük yoğunluklu kan akışı kısıtlama antrenmanı kullanıldığında erken dönemde kas kuvvetinde görülen kazanımların nöral adaptasyon yoluyla değil kas hipertrofisi gelişimi ile açıklanabileceği belirtilmektedir (J. P. Loenneke, J. M. Wilson, et al., 2012). Yaptığımız çalışmada antrenman protokolü 6 hafta süresince uygulanmış ve kas kuvvet artışı her iki grupta da gözlenmiştir.

Çalışmamızın sonuçları yapılmış diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında literatür bulgularını desteklemektedir (B. Clark et al., 2011; Karabulut, Abe, Sato, & Bembem, 2010; Karabulut et al., 2011; G. C. Laurentino et al., 2012; Libardi et al., 2015; Martín-Hernández et al., 2013; Thiebaud et al., 2013; Vechin et al., 2015). Düşük yoğunluklu kan akışı kısıtlama antrenmanı ve yüksek yoğunluklu direnç egzersizi karşılaştırması yapılan çalışmalara bakıldığında kan akışı kısıtlaması kullanılarak yapılan antrenman sonrası kuvvet artışı en az bir parametrede gösterilmiştir (Libardi et al., 2015; Thiebaud et al., 2013). Bu nedenle kan akışı kısıtlaması kullanılarak yapılan direnç antrenmanının kuvvet artışı sağlamada etkili olduğu görülmektedir. Yakın zamanda yayınlanan bir derleme makalede incelenen 30 çalışmanın 28'inde düşük yoğunluklu kan akışı kısıtlaması kullanılarak yapılan direnç antrenmanının yüksek yoğunluklu direnç antrenmanına benzer sonuçlar ortaya çıkardığı bildirilmiştir (Heitkamp, 2015). Bizim çalışmamızda ayrıca BFR grubundaki sporcularda dominant olmayan tarafta $60^\circ/s$ açısal hızda yapılan kuvvet ölçümünde de artış gözlenmektedir. Daha önceki literatür bilgileri, çalışma yapılmayan karşı taraftaki kuvvet artışını çapraz eğitim nedeniyle nöral adaptasyona bağlamaktadır (Zhou, 2000). Yapılan çalışmalar düşük yoğunluklu oklüzyon antrenmanının kas kuvveti ve hipertrofisini arttırmada olumlu sonuçlar verdiğini düşündürmektedir. Kan akışı kısıtlama antrenmanının kas hipertrofisi üzerine etkilerini gösteren

çalışmalarda bu antrenman yönteminin en az bir parametrede gelişme sağladığı gösterilmiştir (G. C. Laurentino et al., 2012; Lowery et al., 2014). Bu nedenle kan akışı kısıtlama antrenmanının kas hipertrofisini arttırmada etkili bir yöntem olduğu görülmektedir (Martín-Hernández et al., 2013; Thiebaud et al., 2013). Bununla birlikte kan akışı kısıtlanması sağlanarak yapılan düşük yoğunluklu direnç egzersizi ve yüksek yoğunluklu geleneksel direnç egzersizi yöntemlerinin kas hipertrofisini arttırmada benzer kazanımlar sağladığı gösterilmiştir (Libardi et al., 2015; Vechin et al., 2015). Yasuda ve ark.ları kan akışı kısıtlanması sağlanarak 1MT'nin %20'si ile yapılan düşük yoğunluklu direnç egzersizi sonrası ve kan akışı kısıtlanması sağlanmadan yapılan klasik direnç egzersizi sonrası gruplar karşılaştırılmıştır ve her iki grup için kas kalınlığının artışının keskin ve benzer şekilde olduğunu bulmuşlardır (Yasuda, Fukumura, Iida, & Nakajima, 2015). Loenneke ve ark.ları ise kan akışı kısıtlanması ile yapılan direnç antrenmanını takiben kas kalınlığında akut artış sağlandığını belirtmişlerdir (Jeremy Loenneke et al., 2012). Ancak bu çalışmada kan akışı kısıtlanması olmaksızın direnç antrenmanı yapan başka bir grupla karşılaştırma yapılmamıştır.

Laurentino, oklüzyon kullanılarak yapılan yüksek yoğunluklu antrenmanın, sadece yüksek yoğunluk kullanılarak yapılan antrenmanla kıyaslandığında kas kuvveti ve kas hipertrofisini arttırmada herhangi ilave bir etki sağlamadığı sonucuna varmıştır (G. Laurentino et al., 2008). Laurentino çalışmasında orta ve yüksek yoğunluklu antrenman grupları oluşturmuştur. Yüksek yoğunluklu antrenman grubunda 1MT'nin %80'ine eşit olacak şekilde 6 MT yükü tek taraflı diz ekstansiyon egzersizi yapılmıştır. Orta yoğunluklu grupta ise 1MT'nin %60'ına eşit olacak şekilde 12 MT yükü tek taraflı diz ekstansiyon egzersizi yapılmıştır. Bütün katılımcıların 8 hafta boyunca haftada 2 kez her iki bacak içinde egzersiz yapması sağlanmıştır. Sağ bacakta oklüzyon sağlanmış ve kontrol olarak kullanılan sol bacakta bütün egzersizler oklüzyon olmadan gerçekleştirilmiştir. Laurentino ve ark.ları yapmış oldukları bu çalışma için olası açıklama yüksek yoğunluklu bir antrenman sırasında kaldırılan ağır yüklerin doğal bir intramüsküler oklüzyon oluşturmasıdır. Wernbom'a göre kaldırılan ağırlık kişinin 1 MT'nin %50-60'ından fazla olması durumunda kas içinde oluşan gerilim doğal olarak kan akışını kısıtlayacak kadar büyük olabilir (Wernbom, Augustsson, & ThomeÉ, 2006b). Yüksek yoğunluklu bir antrenman sırasında kan akışı kısıtlanması sağlanması herhangi bir avantaj sağlamayacaktır. Buna ek olarak Wernbom 1MT'nin %50'si ile dinamik diz ekstansiyon egzersizi yapıldığında kan akışı kısıtlanmasının dayanıklılık üzerinde hiçbir etkisi olmadığını bulmuştur (Yasuda et al., 2009).

Sadece iki çalışmada kuvvet gelişimi için geleneksel direnç antrenman gruplarında daha ciddi artışlar görülmüştür (Martín-Hernández et al., 2013; Vechin et al., 2015). Karabulut ve ark.ları yapmış olduğu çalışmalarda kuvvet artışı parametrelerinden birinin geleneksel direnç antrenmanı gruplarında daha yüksek olduğunu bulmuştur (Karabulut, Abe, et al., 2010;

Karabulut et al., 2011). Bu sonuçlara bakıldığında düşük yoğunluklu kan akışı kısıtlanması kullanılarak yapılan antrenmanın yüksek yoğunluklu geleneksel direnç antrenmanına göre benzer sonuçlar ya da biraz daha düşük sonuçlar elde edilebileceğini göstermektedir.

Takarada ve ark. yapmış olduğu bir çalışmada kan akışı kısıtlama egzersizinin kas kuvveti ve kas hipertrofisi üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma yüksek seviyede antrenman yapan elit ragbi oyuncularıyla yapılmıştır. Çalışma 3 farklı gruptan oluşmaktadır kontrol grubunda 5 kişi, kan akışı kısıtlanması sağlanan diğer iki grupta 6 kişi bulunmaktadır. Katılımcılar düşük yoğunluklu kan akışı kısıtlama direnç egzersizi grubu (LIO), kan akışı kısıtlanması sağlanan herhangi bir egzersiz yapmayan grup (VO) ve düşük yoğunluklu kan akışı kısıtlaması olmadan yapılan düşük yoğunluklu direnç egzersiz grubundan oluşmaktadır (LI). Egzersiz yapan gruplar için kan akışı kısıtlaması uyluk proksimal bölgesinden sağlanmış ve egzersiz süresince basınç sabit tutulmuştur (10 dk). Egzersiz yapmayan grup için ise diğer gruplarla aynı süre ve aynı basınç olacak şekilde sadece kan akışı kısıtlanması sağlanmıştır. Egzersiz protokolü; diz ektansiyon egzersizi yaptırılmış, 8 hafta süresince haftada 2 gün olacak şekilde planlanmıştır. Egzersiz yoğunluğu 1 MT %10-20 ve ortalama manşon basıncı 218 ± 8.1 mmHg'dır. Egzersiz protokolü sonrası kuvvet değerlendirmesi izokinetik dinamometre ile konsentrik 30,60 ve 180 derece açısız hızlarda değerlendirilmiştir. Diğer iki grupta herhangi anlamlı bir değişim gözlenmezken LIO grubunda anlamlı bir artış olduğu gözlenmiştir ($p < 0.05$). Kas hipertrofisi MRI kullanılarak değerlendirilmiş ve LIO grubu kas kuvveti artışının diz ekstansör kas grubundaki kas enine kesit alanındaki artışla ilişkili olduğu belirtilmiştir (10.3 ± 1.6 %) (Takarada et al., 2004). Bu çalışmayla kan akışı kısıtlanması sağlanarak yapılan düşük yoğunluklu direnç antrenmanının kas kuvveti ve hipertrofisini arttırmada yüksek seviyede antrenman yapan sporcular için etkili bir yöntem olduğu belirtilmektedir. Yaptığımız çalışmanın sonuçları bu çalışmayla uyumludur. Çalışmamızda konsentrik kas kuvveti izokinetik dinamometre ile 60 ve 180 derece açısız hızlarda değerlendirilmiş olup egzersiz protokolü sonrası kas kuvvetinde istatistiksel olarak anlamlı bir artış görülmüştür.

Kan akışı kısıtlaması sağlanarak yapılan düşük yoğunluklu direnç antrenmanı ve kan akışı kısıtlamadan yapılan düşük yoğunluklu direnç antrenmanı sırasında kas aktiviteleri EMG ile incelenmiştir (Sundberg, 1994; Wernbom, Järrebring, Andreasson, & Augustsson, 2009). Kan akışı kısıtlaması sağlanan grupta daha fazla kas aktivitesi olduğu belirtilmiştir. Bunun düşük yoğunluk uygulanmasına rağmen normalden daha fazla tip II kas lifi ateşlenmesine bağlı olduğu düşünülmektedir (Wilson et al., 2013; Yasuda et al., 2014). Bu, EMG aktivitesinin çalışma grubunda daha fazla olması, kan akışı kısıtlanması sağlanarak yapılan düşük yoğunluklu direnç antrenmanının kan akışı olmadan yapılan düşük yoğunluklu direnç egzersizi ile karşılaştırıldığında kas kuvveti ve kas hipertrofisini arttırmada neden

daha etkili olduğunu açıklayan destekleyici bir mekanizmadır (Yasuda et al., 2015; Yasuda, Loenneke, Ogasawara, & Abe, 2013).

Daha uzun süreli çalışmalara ait veriler, kan akışı kısıtlanma antrenmanını takiben faydalı fizyolojik adaptasyonlar geliştiğini belirtmektedir. Bu adaptasyonların sonucu olarak dayanıklılık gelişimi sağlanabilir Kan akışı kısıtlanması sağlanarak yapılan yürüyüş egzersizi yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Fahs ve ark.ları yüksek yoğunluklu direnç egzersizini gerçekleştiremeyen bireyler için kan akışı kısıtlama antrenmanının etkili bir alternatif olduğunu belirtmiştir (Fahs et al., 2012). Kan akışı kısıtlanması sağlanarak yapılan yürüyüş egzersizi ile kan akışı olmadan yapılan yürüyüş egzersizi karşılaştırıldığında venöz uyum gelişiminin kan akışı kısıtlanması sağlandığında daha fazla olduğu görülmüştür (Iida et al., 2011). Kan akışı kısıtlanması sağlanarak yapılan direnç egzersizi ile kan akışı kısıtlanması sağlanmadan yapılan direnç egzersizi karşılaştırıldığında ise mikrovasküler filtrasyon kapasitesi kan akışı kısıtlanması grubunda daha fazla artış göstermiştir (Evans, Vance, & Brown, 2010). Bu kan akışı kısıtlanması antrenmanı sonrası artan kapillarizasyona bağlı olabilir. Fahs ve ark.ları kan akışı kısıtlanması sağlanarak yapılan 6 haftalık tek bacak diz ekstansiyon egzersizinin arteriyel sertliğe yol açtığını buna karşın kan akışı kısıtlanması olmaksızın benzer bir durumda böyle bir değişiklik gözlenmediğini bildirmiştir (Fahs et al., 2014). Hunt ve ark.ları ise 1 MT'ini %30'u kullanılarak yapılan 6 haftalık tek bacak plantar fleksiyon direnç egzersizinin bir dizi vasküler adaptasyonlara yol açtığını bulmuşlardır (Hunt, Galea, Tufft, Bunce, & Ferguson, 2013). Aynı ekip başka bir çalışmada benzer protokoller kullanılarak uygulanan antrenman programları sonuçlarını karşılaştırmış ve kan akışı kısıtlanması grubundaki çalışma sonrası brakial arter çapındaki artışın kan akışı kısıtlanması olmayan gruba göre daha fazla olduğunu belirtmiştir (Hunt, Walton, & Ferguson, 2011).

Fahs ve ark.ları orta yaş grubu (42-62 yaş) katılımcılarla bir çalışma gerçekleştirmiştir. Orta yaş grubunun tercih edilmesinin nedeni; artrit veya ortopedik problemleri olan yüksek yoğunluklu egzersiz yapamayan yaş grupları için düşük yoğunluklu kan akışı kısıtlama antrenmanının alternatif bir yöntem olup olmadığını araştırmaktır. Çalışma 18 erkek 6 kadın katılımcıyla 6 hafta süresince toplamda 18 egzersiz seansından oluşmaktadır. Katılımcılardan tek taraflı diz ekstansiyon egzersizini yorulana kadar gerçekleştirmesi istenmiştir. Tek bacak kan akışı kısıtlanması sağlanırken diğer bacakta kan akışı kısıtlanması sağlanmamıştır. Her iki ekstremitte için düşük egzersiz yoğunluğu kullanılmış olup kan akışı serbest olan grupta toplam tekrar sayısı daha fazla gerçekleşmiştir. Antrenman öncesi ve sonrasında kas kalınlığı, kas kuvveti, kas dayanıklılığı gibi değerlendirmeler her bir ekstremitte için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Kuadriseps kası ön yüzü kalınlık ölçümlerinde her iki grup arasında herhangi bir fark bulunmamıştır. Kuadriseps kası lateral yüzü kalınlığı ise BFR grubunda belirgin şekilde artmıştır ($p < 0.05$). Bu çalışmayla elde edilen

değerlendirmeler sonucunda yüksek yoğunluklu direnç egzersizini gerçekleştiremeyen orta yaş bireyler için kan akışı kısıtlama antrenmanının etkili bir alternatif olduğunu belirtilmektedir (Fahs et al., 2012).

Kan akışı kısıtlama antrenmanının kas dayanıklılığı üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalara bakıldığında, kan akışı kısıtlanması sağlanarak yapılan direnç antrenmanının dayanıklılığı artırma konusunda etkili bir yöntem olduğu söylenebilir (Fahs et al., 2015; Libardi et al., 2015; Manimmanakorn et al., 2013). Bu konuda yapılmış üç çalışma içerisinde iki tanesi kan akışı kısıtlanması grupları ile kan akışı kısıtlanmayan grupların antrenman sonuçlarının benzer olduğunu belirtmektedir (Fahs et al., 2015; Libardi et al., 2015). Buna bağlı olarak kan akışı kısıtlanması sağlanarak yapılan direnç antrenmanının dayanıklılığı geliştirmede geleneksel direnç antrenmanına göre daha etkili bir yöntem olduğu söylenemez. Kan akışı kısıtlama antrenmanı ve geleneksel kuvvet antrenmanının kas yorgunluğu üzerinde nasıl etkiler oluşturduğu da araştırılmıştır. Bu çalışmalardan ikisi gruplar arasında herhangi bir farklılık olmadığını belirtmektedir (Neto et al., 2014; Wernbom, Paulsen, Nilsen, Hisdal, & Raastad, 2012). Bu, akut yorgunluğun, kan akışı kısıtlanması ile yapılan direnç antrenmanı ile ilişkili uzun süreli adaptasyonları destekleyen önemli bir mekanizma olmadığını düşündürmektedir. Bununla birlikte Cook ve ark.ları yapmış olduğu çalışmada 1 MT'nin %20'si ile yapılan kan akışı kısıtlama antrenmanının maksimal istemli kasılma sırasında kan akışı kısıtlanmadan yapılan aynı şiddetli çalışmaya göre daha fazla yorulmaya neden olduğunu belirtmişlerdir (S. B. Cook et al., 2007). Bu çalışmada, diğer iki çalışmaya göre daha düşük yoğunluklu ağırlıklar kullanıldığından yorgunluklardaki farklılığın düşük yoğunluklu ağırlıklara bağlı olup olmadığını belirlemek için ilave çalışmalara ihtiyaç duyulabilir. Diğer yandan Horiuchi ve ark.ları kan akışı kısıtlama antrenmanının aerobik antrenman ve yüksek yoğunluklu direnç egzersizi arasındaki ilişkiyi tamamen giderebileceğini belirtmektedir (Horiuchi & Okita, 2012). Bu, kan akışı kısıtlanma antrenmanının kuvvet ve dayanıklılık gerektiren sporcularda faydalı olabileceğini düşündürmektedir.

Oklüzyon kullanılarak yapılan yüksek yoğunluklu antrenmanın, sadece yüksek yoğunluk kullanılarak yapılan antrenmanla kıyaslandığında herhangi ilave bir etki sağlamadığı gösterilmiştir (G. Laurentino et al., 2008). Bu çalışmada orta ve yüksek yoğunluklu antrenman grupları oluşturulup, yüksek yoğunluklu antrenman grubunda 1MT'nin %80'ine eşit olacak şekilde 6 MT yükü tek bacak diz ekstansiyon egzersizi yaptırılmıştır. Orta yoğunluklu grup ise 1MT'nin %60'ına eşit olacak şekilde 12 MT yükü tek bacak diz ekstansiyon egzersizi yapmıştır. Bütün katılımcıların 8 hafta boyunca haftada iki kez her iki bacak içinde egzersiz yapması sağlanmıştır. Sağ bacakta oklüzyon sağlanmış ve kontrol olarak kullanılan sol bacakta bütün egzersizler oklüzyon olmadan gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen veriler için olası açıklama yüksek yoğunluklu bir antrenman sırasında kaldırılan ağır yüklerin doğal bir intramüsküler oklüzyon oluşturmasıdır.

Wernbom'a göre kaldırılan ağırlık kişinin 1MT'nin % 50-60'ından fazla olması durumunda kas içinde oluşan gerilim doğal olarak kan akışını kısıtlayacak kadar büyük olabilir (Wernbom et al., 2006b). Yüksek yoğunluklu bir antrenman sırasında kan akışı kısıtlanması sağlanması herhangi bir avantaj sağlamayacaktır. Buna ek olarak Wernbom 1MT'nin %50'si ile dinamik diz ekstansiyon egzersizi yapıldığında kan akışı kısıtlanmasının dayanıklılık üzerinde hiçbir etkisi olmadığını bulmuştur (Yasuda et al., 2009). Bununla birlikte 1MT'nin %20'si ile diz ekstansiyon egzersizi yapıldığında oklüzyon cihazının kas dayanıklılığı üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu gösterilmiştir.

Düşük yoğunluklu BFR egzersizinin sağlıklı sporcularda kas hasarına yol açmadığı düşünülmektedir (B. R. Scott, Loenneke, Slattery, & Dascombe, 2016). Düşük yoğunluklu BFR egzersizi vasküler ve nöral fonksiyonları bozmadan kuvveti arttırmaktadır. Uygulanan egzersiz protokolü koagülasyon ve inflamasyon belirteçlerini değiştirmeden fibrinolitik aktiviteyi artırır (JP Loenneke, Thiebaud, & Abe, 2014). BFR uygulaması ile bildirilmiş en sık yan etki hastalarda görülebilen gecikmiş kas ağrısıdır (DOMS). DOMS 39.2% oranda bildirilmişken, 18.5% uyuşma, 14.6% halsizlik ve 13.1% morarma bildirilmiştir (Patterson & Brandner, 2018). Literatürde çok nadir olgularda BFR egzersizi sonrası rabdomyoliz raporlanmıştır (B. C. Clark & Manini, 2017). Bizim çalışmamızda sporcularımızın bir kısmında kısa süreli DOMS gözlenirken ciddi bir yan etki ile karşılaşmamıştır.

Literatürde sporcularla yapılmış çalışmalar sınırlı sayıda bulunmaktadır. Yamanaka ve ark.'ları futbolcularda yaptıkları bir çalışmada oklüzyon antrenmanının geleneksel kuvvet antrenmanının faydalarına ek olarak kas kuvvetini artırmada ve hipertrofiye etkin olduğunu göstermiştir (Yamanaka, Farley, & Caputo, 2012). Geleneksel kuvvet antrenman programına ek olarak 7 haftalık BFR antrenmanının Amerikan futbolu oynayan sporcularda 1 MT skuat performansını arttırdığı gösterilmiştir (Luebbbers et al., 2014). Yarı profesyonel Avustralya futbolu oynayan sporcularda ise 5 haftalık BFR ile birlikte düşük yoğunluklu skuat egzersizinin ek kazançları olmasa da direnç antrenmanının adaptif cevaplarını bozmadığı gösterilmiştir (B. R. Scott, Peiffer, & Goods, 2017). Sporcularla yapılan başka bir çalışmada ise düşük yoğunluklu kan akışı kısıtlanma antrenmanı sonrası sporcuların sprint performansları değerlendirilmiştir (C. J. Cook, Kilduff, & Beaven, 2014). 20 kişiden oluşan yarı profesyonel erkek ragbi oyuncularına 3 hafta süresince haftada 3 gün 5 set 5 tekrardan oluşan bench press, skuat ve barfiks egzersizlerini içeren antrenman programı uygulanmıştır. Çalışmada sporcular iki ayrı gruba ayrılmış ve gruplar aynı egzersiz protokollerini kan akışı kısıtlanması uygulanarak ve kan akışı kısıtlanması uygulanmadan gerçekleştirmiştir. Sonuçlar incelendiğinde kan akışı kısıtlanması uygulanan grubun maksimum sprint süresinde diğer gruba göre daha fazla gelişme sağlandığını gösterilmiştir (C. J. Cook et al., 2014).

Kan akışı kısıtlama antrenmanı yapan bireylerde kasın yapısındaki değişimleri ultrasonografi ile ölçen sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Kas dokusunun yapısal özelliklerini değerlendirmek için ultrasonografi ile pennasyon açısı, fasikül uzunluğu ve kas kalınlıkları kullanılmaktadır. Martin Hernandez ve ark.ları düşük yoğunluklu kan akışı kısıtlanması antrenmanı ile kas mimarisinde oluşan değişiklikleri araştırmıştır (Martín-Hernández et al., 2013). Çalışmaya 25 sağlıklı erkek birey alınmış ve katılımcılar üç ayrı gruba ayrılmıştır; Düşük hacimli – düşük yoğunluklu kan akışı kısıtlama grubu (BFRT-LV), yüksek hacimli – düşük yoğunluklu kan akışı kısıtlama grubu (BFRT-HV) ve yüksek yoğunluklu antrenman grubu (HIT). BFRT-LV grubu 1 MT'nin %30'u ile ilk set 30 tekrar ve takip eden diğer setler 15 tekrar olmak üzere 75 tekrarlı diz ekstansiyon egzersizi gerçekleştirmiştir. BFRT-HV grubu, LV grubu ile aynı egzersizi gerçekleştirmiş ancak önceki protokolün iki katı olarak toplamda 150 tekrar yapılmıştır. HIT grubu içinse 1 MT'nin %85'i ile 3 set 8 tekrardan oluşan antrenman protokolü uygulanmıştır. Egzersiz protokolleri tamamlandığında HIT grubunda vastus lateralis pennasyon açısının başlangıç ölçümüne göre ve egzersiz sonrasında BFRT-LV grubuna göre belirgin bir artış gösterdiği görülmüştür. Her üç grupta da rektus femoris ve vastus lateralis kas gruplarında belirgin olarak kas hacmi artmış olup, BFRT-HV ve HIT gruplarında rektus femoris kas hacmindeki artış BFRT-LV grubuna göre anlamlı olarak daha fazla artış gözlenmiştir. Loenneke ve ark.ları ise 1 MT'nin 30%'u ile yapılan BFR egzersizi ile kas kalınlığındaki artışın %20 ve %10'la 1 MT'la yapılan BFR egzersizine göre daha belirgin olduğunu göstermiştir (Jeremy P Loenneke et al., 2017). BFR ile bisiklet antrenmanı yapılan kişilerde de kas kalınlığında artış USG ile gösterilmiştir (Kim, Loenneke, Thiebaud, Abe, & Bembem, 2015). Yaptığımız çalışma Martin Hernandez ve ark.larının yaptığı çalışmaya benzemekle beraber çalışmamızın sonuçları uyumlu değildir. Yaptığımız çalışmada BFR grubu RF kas kalınlığında ki artış RES grubundaki artışla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak daha fazla bir artış gözlenmiştir ($p < 0.05$).

Yasuda ve ark.ları kan akışı kısıtlanması sağlanarak 1MT'nin %20'si ile yapılan düşük yoğunluklu direnç egzersizi sonrası ve kan akışı kısıtlanması sağlanmadan yapılan klasik direnç egzersizi sonrası kas kalınlığındaki değişim karşılaştırılmıştır. Çalışmaya toplamda on kişi katılmıştır. Çalışmada egzersiz programı biceps curl olarak belirlenmiştir. Katılımcıların kol proksimal bölgesinden tek taraf kan akışı kısıtlanması sağlanmış diğer kol ise kan akışı kısıtlaması olmadan egzersiz yapması sağlanmıştır. Biceps braki kas kalınlığının artışı B-mode Ultrasonografi kullanılarak değerlendirilmiş, her iki grup için artışın keskin ve benzer şekilde olduğunu bulmuşlardır (Yasuda et al., 2015). Loenneke ve ark. yapmış olduğu bir çalışmada kan akışı kısıtlanması sağlanarak yapılan direnç antrenmanını takiben kas kalınlığında akut artış sağlandığı belirtilmiştir (Jeremy Loenneke et al., 2012). Ancak bu çalışma bu sonuçları kan akışı kısıtlanması olmaksızın direnç antrenmanı yapan başka bir gruba karşılaştırmamıştır.

Kas kalınlığı değerlendirmesinde USG kullanımı MRI ve BT gibi altın stardart yöntemlerle karşılaştırıldığında geçerli bir yöntem olduğu daha önceki çalışmalarla belirtilmiştir (Pretorius & Keating, 2008). Loenneke ve ark.ları egzersiz yapılmadan kan akışı kısıtlanması sağlamış ve kas kalınlığındaki değişimi USG ile değerlendirmiştir. Çalışmaya 9 kişi katılmış ve çalışma öncesi on dakika süresince ön değerlendirmeler yapılmış, sonrasında BFR uygulaması gerçekleştirilmiştir. Katılımcıların uyluk çevre ölçümü dikkate alınarak manşon basıncı ayarlanmıştır. Basınç uygulaması 5 dk. süresince sağlanmış ardından 3 dk. süresince basınç kaldırılmıştır ve bu uygulama 5 kez tekrarlanmıştır. Kas atrofisi ile ilgili yapılan çalışmalar referans alınarak bu protokol uygulanmıştır (Kubota et al., 2008; Takarada, Takazawa, & Ishii, 2000). Kas kalınlığı, kalp atışı, EMG, rahatsızlık düzeyi, laktat ve hemotokrit seviyeleri manşon basıncı uygulanmadan önce ve uygulama sonrası sürekli takip edilmiştir. Kas kalınlığı, kalp atışı, EMG ve rahatsızlık düzeyleri manşon şişirildikten 4 dk. sonra ve manşon indirildikten 2 dk. sonra kontrol edilmiştir. Laktat ve hemotokrit seviyeleri 5. uygulama sırasında manşon basıncı artırıldıktan 4 dk. sonra tekrar kontrol edilmiş ve protokol uygulaması sonrasında kas kalınlığı, kalp atışı, EMG ve rahatsızlık düzeyleri değerlendirilirken yeniden kontrol edilmiştir. Rahatsızlık düzeyi ortalama düzey olarak ifade edilmiştir (2.7). EMG, laktat düzeyleri ve kalp atımında anlamlı bir artış görülmemiş olup sadece 5. uygulama sonrası kalp atımında ki artış anlamlıdır. Uygulama sonrası plazma hacmi ($p=0.001$) anlamlı bir şekilde azalırken, vastus lateralis ($p=0.027$) ve rektus femoris ($p=0.001$) kas kalınlığında anlamlı artışlar gözlenmiştir. Bu artış BFR altında olan kas hücrelerine plazmadan sıvı geçişiyle açıklanabilir. Başlangıçta görülen bu artışın BFR ile oluşan venöz göllenmeye bağlı olması hücresel sıvı artışıyla ilgili olmaması olasıdır. Bununla birlikte manşon basıncı tamamen kaldırıldığında (en az 3 dk. sonrası) eğer venöz göllenme sebebiyle bu artış gerçekleştiyse başlangıç değerine geri dönmesi beklenen bir durumdur fakat bu artış protokol uygulanması sonrasında da sabit kalmıştır. Benzer bir durum yüksek yoğunluklu direnç antrenmanlarında görülmektedir sıvı geçişine bağlı olarak plazma hacmi azalırken kas kitlesi artışı MRI ile gösterilmiştir (Ploutz-Snyder, Convertino, & Dudley, 1995). Kas kalınlığında ki bu kalıcı artışın VL kas grubunda RF kas grubuna göre daha az olduğu görülmüştür. Bunun sebebi tam olarak bilinmemektedir kişilerin ölçüm yapılırken vücut pozisyonlarının bunda rolü olabilir. Başka bir açıklama ise bu kasların farklı anatomik özelliklere sahip olmasıdır (monoartiküler vs poliartiküler) (Jeremy Loenneke et al., 2012).

Kan akışı kısıtlanması antrenmanı sırasında farklı basınç kullanılan çalışmalar vardır. Genellikle düşük basınçlarla başlanmış ve antrenman protokolünün sonlarına doğru basınç giderek arttırılmıştır. Yapılan çalışmalarda 200 mmHg gibi yüksek basınç uygulamasının 150 mmHg basınç uygulamasıyla karşılaştırıldığında daha fazla metabolit birikimine neden olmadığı gösterilmiştir (J. P. Loenneke, J. M. Wilson, et al., 2012). Çalışmamızda manşon basıncı çalışma grubu sporcuları için 130-150 mmHg arasında sabit tutulmaya çalışılmıştır.

Literatürle uyumlu olarak bizim çalışmamızda yüklenme şiddetleri 1 MT'in %20-30'u şiddetinde belirlenmiştir. Antrenman uygulamalarında tekrar sayıları değişiklik göstermektedir. Genellikle yüksek hacimli antrenmanlar veya yorgunluk oluşması göz önünde bulundurularak antrenman programları oluşturulmuştur. Setler ve seriler arasında uygulanan basınç miktarının sabit tutulduğu ya da tamamen sıfırlandığı durumlar vardır, çalışmamızda setler arasında basınç sabit tutulmaya çalışılmıştır. Geleneksel kuvvet antrenman programlarında 1 MT'nin %20-30'u şiddetinde çalışıldığında herhangi bir hipertrofi sağlanmayan kas gruplarında kan akışı kısıtlama antrenmanı ile hızlı bir hipertrofik gelişim sağlanmıştır. 1 MT'nin %20-30'u şiddetindeki kan akışı kısıtlama antrenmanının ortalama bir basınçla (130-150 mmHg), 1 MT'nin %80'i şiddetindeki klasik direnç egzersizi ile benzer etkiler oluşturabileceği anlaşılmaktadır.

Tüm bu literatür bilgilerinin ışığında kan akışı kısıtlama antrenmanının kuvvet kazanımına etkisi önemsenecek orandadır ve geniş bir oranda uygulama çeşitliliğinden söz edilebilir. Düşük yoğunluklu BFR antrenmanı etkili, tolere edilebilir bir uygulamadır ve klinik rehabilitasyon uygulamalarında da pratikte kullanılabilir görülmektedir. Bu yüzden vasküler oklüzyon uygulanarak yapılan düşük yoğunluklu direnç antrenmanı klasik direnç antrenmanına alternatif olarak önerilebilir. Özellikle kas-iskelet sistemine çok fazla yük binmesi istenmeyen durumlarda kullanım alanı bulabilir. Literatürde ön çapraz bağ rekonstruksiyonu cerrahisi sonrası dahi kullanımına yönelik yayınlar mevcuttur (Ohta et al., 2003). Kubota ve ark. yapmış olduğu bir çalışmada 2 hafta süresince ayak bileği immobilizasyonu olan kişilerde egzersiz olmadan uygulanan BFR protokolünün kas atrofisini önlemek için izometrik egzersizlerden daha etkili bir yöntem olduğunu bulmuşlardır (Kubota et al., 2008). Bu yöntemin uzun dönem etkilerini ve güvenilirliğini görebilmek için daha fazla katılımcı sayısı ile oluşturulan çalışma tasarımlarına ihtiyaç vardır.

7- SONUÇ VE ÖNERİLER

Yaptığımız araştırmanın bulguları sonucunda antrenmanlı genç futbolcularda venöz kan akışı kısıtlanması sağlanarak yapılan direnç egzersizi sonrası diz ekstansör kas kuvvetinin geliştiği ve kas mimarisinde olumlu gelişim sağlandığı gösterilmiştir. Bununla birlikte, bu antrenman yönteminin pratikliği, etkinliği ve uzun vadede sporcular için güvenli olup olmadığı hala tartışmalıdır. Kan akışı kısıtlanması kullanılarak yapılan antrenman yönteminin etkinliğini artırmak ve oluşabilecek riskleri en aza indirmek için bireysel egzersiz reçetesine ihtiyaç duyulabilir. Gelecekteki araştırmalar, daha fazla sporcu ile bu antrenman yönteminin etkinliğini arttıracak egzersiz protokollerine ve antrenman yönteminin güvenliliğine odaklanmalıdır.



KAYNAKLAR DİZİNİ

- Aagaard, P., & Andersen, J. L. (1998). Correlation between contractile strength and myosin heavy chain isoform composition in human skeletal muscle. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(8), 1217-1222.
- Aagaard, P., Andersen, J. L., Dyhre-Poulsen, P., Leffers, A. M., Wagner, A., Magnusson, S. P., . . . Simonsen, E. B. (2001). A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture. *J Physiol*, 534(Pt. 2), 613-623.
- Aagaard, P., Andersen, J. L., Dyhre-Poulsen, P., Leffers, A. M., Wagner, A., Magnusson, S. P., . . . Simonsen, E. B. (2001). A mechanism for increased contractile strength of human pennate muscle in response to strength training: changes in muscle architecture. *The Journal of physiology*, 534(2), 613-623.
- Aagaard, P., Simonsen, E., Andersen, J., Magnusson, S., Halkjaer-Kristensen, J., & Dyhre-Poulsen, P. (2000). Neural inhibition during maximal eccentric and concentric quadriceps contraction: effects of resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 89(6), 2249-2257.
- Abe, T. (2002). Fascicle length of gastrocnemius muscles in monozygous twins. *Journal of physiological anthropology and applied human science*, 21(6), 291-295.
- Abe, T., Kawakami, Y., Suzuki, Y., Gunji, A., & Fukunaga, T. (1997). Effects of 20 days bed rest on muscle morphology. *Journal of gravitational physiology: a journal of the International Society for Gravitational Physiology*, 4(1), S10-14.
- Abe, T., Kawamoto, K., Yasuda, T., CF, K., Midorikawa, T., & Sato, Y. (2005). Eight days KAATSU-resistance training improved sprint but not jump performance in collegiate male track and field athletes. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(1), 19-23.
- Abe, T., Kawamoto, K., Yasuda, T., Midorikawa, T., & Sato, Y. (2005). Eight days KAATSU-resistance training improved sprint but not jump performance in collegiate male track and field athletes. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(1), 19-23.
- Abe, T., Kearns, C. F., & Sato, Y. (2006). Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *Journal of Applied Physiology*, 100(5), 1460-1466.
- Abe, T., Kondo, M., Kawakami, Y., & Fukunaga, T. (1994). Prediction equations for body composition of Japanese adults by B-mode ultrasound. *American Journal of Human Biology*, 6(2), 161-170.
- Abe, T., Yasuda, T., Midorikawa, T., Sato, Y., CF, K., Inoue, K., . . . Ishii, N. (2005). Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily "KAATSU" resistance training. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(1), 6-12.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Adams, G. R., Hather, B. M., Baldwin, K. M., & Dudley, G. A. (1993). Skeletal muscle myosin heavy chain composition and resistance training. *J Appl Physiol (1985)*, 74(2), 911-915. doi:10.1152/jappl.1993.74.2.911
- Adaş, R. T., & Kurdak, S. S. (2008). İzokinetik dinamometre ile yapılan ölçümlerde farklı eklemlere ait yük aralığının tespiti. *ÇÜ Yüksek Lisans Tezi, Adana, 174s.*
- Akgün, N. E., & Spor Fizyolojisi, I. (1996). cilt. 6. *Baskı. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi*, 48-49.
- American College of Sports, M. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41(3), 687-708. doi:10.1249/MSS.0b013e3181915670
- Andersen, J. L., & Aagaard, P. (2000). Myosin heavy chain IIX overshoot in human skeletal muscle. *Muscle Nerve*, 23(7), 1095-1104.
- Anderson, T., & Kearney, J. T. (1982). Effects of three resistance training programs on muscular strength and absolute and relative endurance. *Res Q Exerc Sport*, 53(1), 1-7. doi:10.1080/02701367.1982.10605218
- Baechle, T. R. (2008). Resistance training. *Essentials of strength training and conditioning*, 381-412.
- Bárány, M. (1967). ATPase activity of myosin correlated with speed of muscle shortening. *The Journal of general physiology*, 50(6), 197-218.
- Bárány, M. (1967). ATPase activity of myosin correlated with speed of muscle shortening. *J Gen Physiol*, 50(6), Suppl:197-218.
- Berger, R. (1962). Effect of varied weight training programs on strength. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 33(2), 168-181.
- Berger, R. A. (1962). Optimum repetitions for the development of strength. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 33(3), 334-338.
- Bergh, U., Thorstensson, A., Sjödin, B., Hulten, B., Piehl, K., & Karlsson, J. (1978). Maximal oxygen uptake and muscle fiber types in trained and untrained humans. *Medicine and science in sports*, 10(3), 151-154.
- Berneis, K., Ninnis, R., Häussinger, D., & Keller, U. (1999). Effects of hyper-and hypoosmolality on whole body protein and glucose kinetics in humans. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 276(1), E188-E195.
- Billeter, R., Heizmann, C. W., Howald, H., & Jenny, E. (1981). Analysis of myosin light and heavy chain types in single human skeletal muscle fibers. *The FEBS Journal*, 116(2), 389-395.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Blazevich, A. J., Cannavan, D., Coleman, D. R., & Horne, S. (2007). Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles. *Journal of Applied Physiology*, 103(5), 1565-1575.
- Blazevich, A. J., Gill, N. D., & Zhou, S. (2006). Intra-and intermuscular variation in human quadriceps femoris architecture assessed in vivo. *Journal of anatomy*, 209(3), 289-310.
- Bodine, S. C., Roy, R., Meadows, D., Zernicke, R., Sacks, R., Fournier, M., & Edgerton, V. (1982). Architectural, histochemical, and contractile characteristics of a unique biarticular muscle: the cat semitendinosus. *journal of Neurophysiology*, 48(1), 192-201.
- Bompa, T., & Harf, G. (2009). Periodization Training for Sports: Theory and Methodology of Training. In: United State of America: Human Kinetics.
- Bottinelli, R., Canepari, M., Reggiani, C., & Stienen, G. J. (1994). Myofibrillar ATPase activity during isometric contraction and isomyosin composition in rat single skinned muscle fibres. *J Physiol*, 481 (Pt 3), 663-675.
- Bottinelli, R., Pellegrino, M. A., Canepari, M., Rossi, R., & Reggiani, C. (1999). Specific contributions of various muscle fibre types to human muscle performance: an in vitro study. *J Electromyogr Kinesiol*, 9(2), 87-95.
- Brechue, W. F., & Abe, T. (2002). The role of FFM accumulation and skeletal muscle architecture in powerlifting performance. *European journal of applied physiology*, 86(4), 327-336.
- Bruckner, P., & Khan, K. (2012). Sports injuries: acute. *Clinical Sports Medicine*, 15-24.
- Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., . . . Staron, R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European journal of applied physiology*, 88(1-2), 50-60.
- Carroll, T. J., Abernethy, P. J., Logan, P. A., Barber, M., & McEniery, M. T. (1998). Resistance training frequency: strength and myosin heavy chain responses to two and three bouts per week. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 78(3), 270-275. doi:10.1007/s004210050419
- Chan, K.-M., Maffulli, N., Korkia, P., & Li, R. C. (1996). *Principles and practice of isokinetics in sports medicine and rehabilitation*: Williams & Wilkins Hong Kong.
- Clark, B., Manini, T., Hoffman, R., Williams, P., Guiler, M., Knutson, M., . . . Kushnick, M. (2011). Relative safety of 4 weeks of blood flow-restricted resistance exercise in young, healthy adults. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 21(5), 653-662.
- Clark, B. C., & Manini, T. M. (2017). Can KAATSU Exercise Cause Rhabdomyolysis? *Clinical Journal of Sport Medicine*, 27(1), e1-e2.
- Close, R. I. (1972). Dynamic properties of mammalian skeletal muscles. *Physiol Rev*, 52(1), 129-197. doi:10.1152/physrev.1972.52.1.129

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Coburn, J. W., Housh, T. J., Malek, M. H., & Weir, J. P. (2006). Neuromuscular responses to three days of velocity-specific isokinetic training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 892.
- Coffey, V. G., & Hawley, J. A. (2007). The molecular bases of training adaptation. *Sports Med*, 37(9), 737-763.
- Cometti, G., Maffiuletti, N., Pousson, M., Chatard, J.-C., & Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *International journal of sports medicine*, 22(01), 45-51.
- Cook, C. J., Kilduff, L. P., & Beaven, C. M. (2014). Improving strength and power in trained athletes with 3 weeks of occlusion training. *International journal of sports physiology and performance*, 9(1), 166-172.
- Cook, S. B., Brown, K. A., DeRuisseau, K., Kanaley, J. A., & Ploutz-Snyder, L. L. (2010). Skeletal muscle adaptations following blood flow-restricted training during 30 days of muscular unloading. *Journal of Applied Physiology*, 109(2), 341-349.
- Cook, S. B., Clark, B. C., & Ploutz-Snyder, L. L. (2007). Effects of exercise load and blood-flow restriction on skeletal muscle function. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(10), 1708-1713.
- Costill, D. L., Daniels, J., Evans, W., Fink, W., Krahenbuhl, G., & Saltin, B. (1976). Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes. *Journal of Applied Physiology*, 40(2), 149-154.
- Cowell, J. F., Cronin, J., & Brughelli, M. (2012). Eccentric muscle actions and how the strength and conditioning specialist might use them for a variety of purposes. *Strength & Conditioning Journal*, 34(3), 33-48.
- De Castro, F. M. P., Aquino, R., Berti, J. A., Gonçalves, L. G. C., & Puggina, E. F. (2017). Strength Training with Vascular Occlusion: A Review of Possible Adaptive Mechanisms. *Human Movement*, 18(2), 3-14.
- Denkinger, J., Fontana, P., Weber, M., Boutellier, U., & Toigo, M. (2011). Combined effects of whole-body vibration, resistance exercise, and vascular occlusion on skeletal muscle and performance. *Int J Sports Med*, 10, 0031-1277215.
- Donatelli, R. A. (2006). *Sports-Specific Rehabilitation-E-Book*: Elsevier Health Sciences.
- Dreyer, H. C., Fujita, S., Cadenas, J. G., Chinkes, D. L., Volpi, E., & Rasmussen, B. B. (2006). Resistance exercise increases AMPK activity and reduces 4E-BP1 phosphorylation and protein synthesis in human skeletal muscle. *The Journal of physiology*, 576(2), 613-624.
- Drouin, J. M., Valovich-mcLeod, T. C., Shultz, S. J., Gansneder, B. M., & Perrin, D. H. (2004). Reliability and validity of the Biodex system 3 pro isokinetic dynamometer velocity, torque and position measurements. *European journal of applied physiology*, 91(1), 22-29.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Ebashi, S. (1963). Third Component Participating in the Superprecipitation of 'Natural Actomyosin'. *Nature*, 200, 1010.
- Ebashi, S., & Kodama, A. (1965). A new protein factor promoting aggregation of tropomyosin. *J Biochem*, 58(1), 107-108.
- Ebbeling, C. B., & Clarkson, P. M. (1989). Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Med*, 7(4), 207-234.
- Eberstein, A., & Goodgold, J. (1968). Slow and fast twitch fibers in human skeletal muscle. *Am J Physiol*, 215(3), 535-541. doi:10.1152/ajplegacy.1968.215.3.535
- Evans, C., Vance, S., & Brown, M. (2010). Short-term resistance training with blood flow restriction enhances microvascular filtration capacity of human calf muscles. *Journal of sports sciences*, 28(9), 999-1007.
- Fahs, C. A., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Rossow, L. M., Kim, D., Abe, T., . . . Bembem, M. G. (2015). Muscular adaptations to fatiguing exercise with and without blood flow restriction. *Clinical physiology and functional imaging*, 35(3), 167-176.
- Fahs, C. A., Rossow, L. M., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Kim, D., Bembem, D. A., & Bembem, M. G. (2012). Effect of different types of lower body resistance training on arterial compliance and calf blood flow. *Clinical physiology and functional imaging*, 32(1), 45-51.
- Fahs, C. A., Rossow, L. M., Seo, D.-I., Loenneke, J. P., Sherk, V. D., Kim, E., . . . Bembem, M. G. (2011). Effect of different types of resistance exercise on arterial compliance and calf blood flow. *European journal of applied physiology*, 111(12), 2969-2975.
- Fahs, C. A., Rossow, L. M., Thiebaud, R. S., Loenneke, J. P., Kim, D., Abe, T., . . . Bembem, M. G. (2014). Vascular adaptations to low-load resistance training with and without blood flow restriction. *European journal of applied physiology*, 114(4), 715-724.
- Feigenbaum, M. S., & Pollock, M. L. (1999). Prescription of resistance training for health and disease. *Medicine and science in sports and exercise*, 31, 38-45.
- Fitts, R. H., McDonald, K. S., & Schluter, J. M. (1991). The determinants of skeletal muscle force and power: their adaptability with changes in activity pattern. *J Biomech*, 24 Suppl 1, 111-122.
- Folland, J. P., Mc Cauley, T. M., & Williams, A. G. (2008). Allometric scaling of strength measurements to body size. *Eur J Appl Physiol*, 102(6), 739-745. doi:10.1007/s00421-007-0654-x
- Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). The adaptations to strength training : morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med*, 37(2), 145-168.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Froese, E. A., & Houston, M. E. (1985). Torque-velocity characteristics and muscle fiber type in human vastus lateralis. *J Appl Physiol* (1985), 59(2), 309-314. doi:10.1152/jappl.1985.59.2.309
- Fry, C. S., Glynn, E. L., Drummond, M. J., Timmerman, K. L., Fujita, S., Abe, T., . . . Rasmussen, B. B. (2010). Blood flow restriction exercise stimulates mTORC1 signaling and muscle protein synthesis in older men. *Journal of Applied Physiology*, 108(5), 1199-1209.
- Fujita, S., Abe, T., Drummond, M. J., Cadenas, J. G., Dreyer, H. C., Sato, Y., . . . Rasmussen, B. B. (2007). Blood flow restriction during low-intensity resistance exercise increases S6K1 phosphorylation and muscle protein synthesis. *Journal of Applied Physiology*, 103(3), 903-910.
- Fujita, T., WF, B., Kurita, K., Sato, Y., & Abe, T. (2008). Increased muscle volume and strength following six days of low-intensity resistance training with restricted muscle blood flow. *International Journal of KAATSU Training Research*, 4(1), 1-8.
- Gabriel, D. A., Kamen, G., & Frost, G. (2006). Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Med*, 36(2), 133-149.
- Glass, D. J. (2003). Signalling pathways that mediate skeletal muscle hypertrophy and atrophy. *Nat Cell Biol*, 5(2), 87-90. doi:10.1038/ncb0203-87
- Gollnick, P. D., Timson, B. F., Moore, R. L., & Riedy, M. (1981). Muscular enlargement and number of fibers in skeletal muscles of rats. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 50(5), 936-943. doi:10.1152/jappl.1981.50.5.936
- Goto, K., Ishii, N., Kizuka, T., & Takamatsu, K. (2005). The impact of metabolic stress on hormonal responses and muscular adaptations. *Medicine and science in sports and exercise*, 37(6), 955-963.
- Green, H., Goreham, C., Ouyang, J., Ball-Burnett, M., & Ranney, D. (1999). Regulation of fiber size, oxidative potential, and capillarization in human muscle by resistance exercise. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 276(2), R591-R596.
- Green, H. J., Fraser, I. G., & Ranney, D. A. (1984). Male and female differences in enzyme activities of energy metabolism in vastus lateralis muscle. *J Neurol Sci*, 65(3), 323-331.
- Guilhem, G., Cornu, C., & Guével, A. (2010). Neuromuscular and muscle-tendon system adaptations to isotonic and isokinetic eccentric exercise. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 53(5), 319-341.
- Guyton, A. C., Hall, J. E., Çavuşoğlu, H., Yeğen, B. Ç., Aydın, Z., & Alican, İ. (2007). *Tıbbi fizyoloji: Nobel Tıp Kitabevleri*.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Hakkinen, K., Alen, M., & Komi, P. V. (1985). Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol Scand*, 125(4), 573-585. doi:10.1111/j.1748-1716.1985.tb07760.x
- Häkkinen, K., & Komi, P. V. (1983). Electromyographic changes during strength training and detraining. *Medicine and science in sports and exercise*, 15(6), 455-460.
- Hamilton, M. T., & Booth, F. W. (2000). Skeletal muscle adaptation to exercise: a century of progress. *J Appl Physiol* (1985), 88(1), 327-331. doi:10.1152/jappl.2000.88.1.327
- Hamilton, N., Luttgens, K., & Weimar, W. (2002). Kinesiology. *Scientific basis of human motion, McGraw-Hill Companies Inc., New York*.
- Harridge, S. D., Bottinelli, R., Canepari, M., Pellegrino, M. A., Reggiani, C., Esbjornsson, M., & Saltin, B. (1996). Whole-muscle and single-fibre contractile properties and myosin heavy chain isoforms in humans. *Pflugers Arch*, 432(5), 913-920.
- Hartshorne, D. J., & Mueller, H. (1967). Separation and recombination of the ethylene glycol bis (beta-aminoethyl ether)-N,N'-tetraacetic acid-sensitizing factor obtained from a low ionic strength extract of natural actomyosin. *J Biol Chem*, 242(13), 3089-3092.
- Häussinger, D., Gerok, W., Roth, E., & Lang, F. (1993). Cellular hydration state: an important determinant of protein catabolism in health and disease. *The Lancet*, 341(8856), 1330-1332.
- Heitkamp, H. (2015). Training with blood flow restriction. Mechanisms, gain in strength and safety. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 55(5), 446-456.
- Hislop, H. J., & Perrine, J. (1967). The isokinetic concept of exercise. *Physical therapy*, 47(1), 114-117.
- Hodgkin, A., & Huxley, A. (1953). Movement of radioactive potassium and membrane current in a giant axon. *The Journal of physiology*, 121(2), 403-414.
- Horiuchi, M., & Okita, K. (2012). Blood flow restricted exercise and vascular function. *International journal of vascular medicine*, 2012.
- Hortobágyi, T., Dempsey, L., Fraser, D., Zheng, D., Hamilton, G., Lambert, J., & Dohm, L. (2000). Changes in muscle strength, muscle fibre size and myofibrillar gene expression after immobilization and retraining in humans. *The Journal of physiology*, 524(1), 293-304.
- Housh, D. J., Housh, T. J., Weir, J. P., Weir, L. L., Johnson, G. O., & Stout, J. R. (1995). Anthropometric estimation of thigh muscle cross-sectional area. *Med Sci Sports Exerc*, 27(5), 784-791.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Hughes, L., Paton, B., Rosenblatt, B., Gissane, C., & Patterson, S. D. (2017). Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med, 51*(13), 1003-1011.
- Hunt, J. E., Galea, D., Tufft, G., Bunce, D., & Ferguson, R. A. (2013). Time course of regional vascular adaptations to low load resistance training with blood flow restriction. *Journal of Applied Physiology, 115*(3), 403-411.
- Hunt, J. E., Walton, L. A., & Ferguson, R. A. (2011). Brachial artery modifications to blood flow-restricted handgrip training and detraining. *Journal of Applied Physiology, 112*(6), 956-961.
- Huxley, A. F. (1957). Muscle structure and theories of contraction. *Prog. Biophys. Biophys. Chem, 7*, 255-318.
- Huxley, H. (1957). The double array of filaments in cross-striated muscle. *The Journal of Cell Biology, 3*(5), 631-648.
- Ichinose, Y., Kawakami, Y., Ito, M., & Fukunaga, T. (1997). Estimation of active force-length characteristics of human vastus lateralis muscle. *Acta Anat (Basel), 159*(2-3), 78-83.
- Iida, H., Nakajima, T., Kurano, M., Yasuda, T., Sakamaki, M., Sato, Y., . . . Abe, T. (2011). Effects of walking with blood flow restriction on limb venous compliance in elderly subjects. *Clinical physiology and functional imaging, 31*(6), 472-476.
- Isner-Horobeti, M.-E., Dufour, S. P., Vautravers, P., Geny, B., Coudeyre, E., & Richard, R. (2013). Eccentric exercise training: modalities, applications and perspectives. *Sports Medicine, 43*(6), 483-512.
- Iversen, E., & Røstad, V. (2010). Low-load ischemic exercise-induced rhabdomyolysis. *Clinical Journal of Sport Medicine, 20*(3), 218-219.
- Jensen, J. L., Marstrand, P. C., & Nielsen, J. B. (2005). Motor skill training and strength training are associated with different plastic changes in the central nervous system. *J Appl Physiol (1985), 99*(4), 1558-1568. doi:10.1152/jappphysiol.01408.2004
- Jones, D., & Rutherford, O. (1987). Human muscle strength training: the effects of three different regimens and the nature of the resultant changes. *The Journal of physiology, 391*(1), 1-11.
- Kanehisa, H., & Miyashita, M. (1983). Specificity of velocity in strength training. *European journal of applied physiology and occupational physiology, 52*(1), 104-106.
- Karabulut, M., Abe, T., Sato, Y., & Bembem, M. G. (2010). The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. *European journal of applied physiology, 108*(1), 147.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Karabulut, M., Bemben, D. A., Sherk, V. D., Anderson, M. A., Abe, T., & Bemben, M. G. (2011). Effects of high-intensity resistance training and low-intensity resistance training with vascular restriction on bone markers in older men. *European journal of applied physiology*, 111(8), 1659-1667.
- Karabulut, M., Cramer, J. T., Abe, T., Sato, Y., & Bemben, M. G. (2010). Neuromuscular fatigue following low-intensity dynamic exercise with externally applied vascular restriction. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 20(3), 440-447.
- Kawada, S., & Ishii, N. (2005). Skeletal muscle hypertrophy after chronic restriction of venous blood flow in rats. *Med Sci Sports Exerc*, 37(7), 1144-1150.
- Kawakami, Y., Ichinose, Y., & Fukunaga, T. (1998). Architectural and functional features of human triceps surae muscles during contraction. *J Appl Physiol (1985)*, 85(2), 398-404. doi:10.1152/jappl.1998.85.2.398
- Kearns, C. F., Abe, T., & Brechue, W. F. (2000). Muscle enlargement in sumo wrestlers includes increased muscle fascicle length. *European journal of applied physiology*, 83(4-5), 289-296.
- Kellis, E., & Katis, A. (2007). The relationship between isokinetic knee extension and flexion strength with soccer kick kinematics: an electromyographic evaluation. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(4), 385.
- Kenney, W. L., Wilmore, J., & Costill, D. (2015). *Physiology of sport and exercise 6th edition: Human kinetics*.
- Kim, D., Loenneke, J., Thiebaud, R., Abe, T., & Bemben, M. (2015). The acute muscular effects of cycling with and without different degrees of blood flow restriction. *Acta Physiologica Hungarica*, 102(4), 428-441.
- Kisner, C., & Colby, L. (2007). *Therapeutic exercise: Foundations and techniques*. FA Davis Company. 1915 Arch Street, Philadelphia, PA 19103. In.
- Komi, P. (2008). *Strength and power in sport* (Vol. 3): John Wiley & Sons.
- Komi, P. V., Kaneko, M., & Aura, O. (1987). EMG activity of the leg extensor muscles with special reference to mechanical efficiency in concentric and eccentric exercise. *Int J Sports Med*, 8 Suppl 1, 22-29.
- Kouzaki, M., Yoshihisa, T., & Fukunaga, T. (1997). Efficacy of tourniquet ischemia for strength training with low resistance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 77(1-2), 189-191.
- Kraemer, W. J., Adams, K., Cafarelli, E., Dudley, G. A., Dooly, C., Feigenbaum, M. S., . . . Hoffman, J. R. (2002). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(2), 364-380.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Kraemer, W. J., Patton, J. F., Gordon, S. E., Harman, E. A., Deschenes, M. R., Reynolds, K., . . . Dziados, J. E. (1995). Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *Journal of Applied Physiology*, 78(3), 976-989.
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc*, 36(4), 674-688.
- Kubo, K., Komuro, T., Ishiguro, N., Tsunoda, N., Sato, Y., Ishii, N., . . . Tetsuo. (2006). Effects of low-load resistance training with vascular occlusion on the mechanical properties of muscle and tendon. *Journal of applied biomechanics*, 22(2), 112-119.
- Kubota, A., Sakuraba, K., Sawaki, K., Sumide, T., & Tamura, Y. (2008). Prevention of disuse muscular weakness by restriction of blood flow. *Medicine and science in sports and exercise*, 40(3), 529-534.
- Larsson, L., & Moss, R. L. (1993). Maximum velocity of shortening in relation to myosin isoform composition in single fibres from human skeletal muscles. *J Physiol*, 472, 595-614.
- Laurentino, G., Ugrinowitsch, C., Aihara, A., Fernandes, A., Parcell, A., Ricard, M., & Tricoli, V. (2008). Effects of strength training and vascular occlusion. *International journal of sports medicine*, 29(08), 664-667.
- Laurentino, G. C., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., Aoki, M. S., Soares, A. G., Neves Jr, M., . . . Tricoli, V. (2012). Strength training with blood flow restriction diminishes myostatin gene expression. *Med Sci Sports Exerc*, 44(3), 406-412.
- Libardi, C., Chacon-Mikahil, M., Cavaglieri, C., Tricoli, V., Roschel, H., Vechin, F., . . . Ugrinowitsch, C. (2015). Effect of concurrent training with blood flow restriction in the elderly. *International journal of sports medicine*.
- Lieber, R. L., & Friden, J. (2000). Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle Nerve*, 23(11), 1647-1666.
- Lieber, R. L., Jacobson, M. D., Fazeli, B. M., Abrams, R. A., & Botte, M. J. (1992). Architecture of selected muscles of the arm and forearm: anatomy and implications for tendon transfer. *J Hand Surg Am*, 17(5), 787-798.
- Lindstedt, S., LaStayo, P., & Reich, T. (2001). When active muscles lengthen: properties and consequences of eccentric contractions. *Physiology*, 16(6), 256-261.
- Loenneke, J., Fahs, C., Rossow, L., Abe, T., & Bembem, M. (2012). The anabolic benefits of venous blood flow restriction training may be induced by muscle cell swelling. *Medical hypotheses*, 78(1), 151-154.
- Loenneke, J., Fahs, C., Thiebaud, R., Rossow, L., Abe, T., Ye, X., . . . Bembem, M. (2012). The acute muscle swelling effects of blood flow restriction. *Acta Physiologica Hungarica*, 99(4), 400-410.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Loenneke, J., Fahs, C., Wilson, J., & Bemben, M. (2011). Blood flow restriction: the metabolite/volume threshold theory. *Medical hypotheses*, 77(5), 748-752.
- Loenneke, J., Thiebaud, R., & Abe, T. (2014). Does blood flow restriction result in skeletal muscle damage? A critical review of available evidence. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(6), e415-422.
- Loenneke, J., Wilson, G., & Wilson, J. (2010). A mechanistic approach to blood flow occlusion. *International journal of sports medicine*, 31(01), 1-4.
- Loenneke, J. P., Kearney, M. L., Thrower, A. D., Collins, S., & Pujol, T. J. (2010). The acute response of practical occlusion in the knee extensors. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2831-2834.
- Loenneke, J. P., Kim, D., Fahs, C. A., Thiebaud, R. S., Abe, T., Larson, R. D., . . . Bemben, M. G. (2017). The influence of exercise load with and without different levels of blood flow restriction on acute changes in muscle thickness and lactate. *Clinical physiology and functional imaging*, 37(6), 734-740.
- Loenneke, J. P., & Pujol, T. J. (2009). The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy. *Strength & Conditioning Journal*, 31(3), 77-84.
- Loenneke, J. P., Thrower, A. D., Balapur, A., Barnes, J. T., & Pujol, T. J. (2012). Blood flow–restricted walking does not result in an accumulation of metabolites. *Clinical physiology and functional imaging*, 32(1), 80-82.
- Loenneke, J. P., Wilson, J. M., Marín, P. J., Zourdos, M. C., & Bemben, M. G. (2012). Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *European journal of applied physiology*, 112(5), 1849-1859.
- Loenneke, J. P., Wilson, J. M., Wilson, G. J., Pujol, T. J., & Bemben, M. G. (2011). Potential safety issues with blood flow restriction training. *Scand J Med Sci Sports*, 21(4), 510-518. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01290.x
- Lowery, R. P., Joy, J. M., Loenneke, J. P., de Souza, E. O., Machado, M., Dudeck, J. E., & Wilson, J. M. (2014). Practical blood flow restriction training increases muscle hypertrophy during a periodized resistance training programme. *Clinical physiology and functional imaging*, 34(4), 317-321.
- Luebbers, P. E., Fry, A. C., Kriley, L. M., & Butler, M. S. (2014). The effects of a 7-week practical blood flow restriction program on well-trained collegiate athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(8), 2270-2280.
- Macdougall, J. D. (2003). Hypertrophy and hyperplasia. *Strength and power in sport*, 252.
- MacDougall, J. D., Elder, G. C., Sale, D. G., Moroz, J. R., & Sutton, J. R. (1980). Effects of strength training and immobilization on human muscle fibres. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 43(1), 25-34.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- MacDougall, J. D., Sale, D. G., Alway, S. E., & Sutton, J. R. (1984). Muscle fiber number in biceps brachii in bodybuilders and control subjects. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 57(5), 1399-1403. doi:10.1152/jappl.1984.57.5.1399
- Malas, F. Ü., Özçakar, L., Kaymak, B., Ulaşlı, A., Güner, S., Kara, M., & Akıncı, A. (2013). Effects of different strength training on muscle architecture: clinical and ultrasonographic evaluation in knee osteoarthritis. *PM&R*, 5(8), 655-662.
- Malliou, P., Ispirlidis, I., Beneka, A., Taxildaris, K., & Godolias, G. (2003). Vertical jump and knee extensors isokinetic performance in professional soccer players related to the phase of the training period. *Isokinetics and exercise science*, 11(3), 165-169.
- Maly, T., Zahalka, F., Mala, L., & Teplan, J. (2013). Isokinetic strength of knee flexors and extensors in very young soccer players. *Br J Sports Med*, 47(10), e3-e3.
- Manimmanakorn, A., Hamlin, M. J., Ross, J. J., Taylor, R., & Manimmanakorn, N. (2013). Effects of low-load resistance training combined with blood flow restriction or hypoxia on muscle function and performance in netball athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(4), 337-342.
- Manini, T. M., & Clark, B. C. (2009). Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exercise and sport sciences reviews*, 37(2), 78-85.
- Manini, T. M., Vincent, K. R., Leeuwenburgh, C. L., Lees, H. A., Kavazis, A. N., Borst, S. E., & Clark, B. C. (2011). Myogenic and proteolytic mRNA expression following blood flow restricted exercise. *Acta Physiologica*, 201(2), 255-263.
- Martín-Hernández, J., Marín, P., Menéndez, H., Loenneke, J., Coelho-e-Silva, M., García-López, D., & Herrero, A. (2013). Changes in muscle architecture induced by low load blood flow restricted training. *Acta Physiologica Hungarica*, 100(4), 411-418.
- Martín-Hernández, J., Marín, P., Menéndez, H., Ferrero, C., Loenneke, J., & Herrero, A. (2013). Muscular adaptations after two different volumes of blood flow-restricted training. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 23(2), e114-e120.
- Masuda, K., Kikuhara, N., Demura, S., Katsuta, S., & Yamanaka, K. (2005). Relationship between muscle strength in various isokinetic movements and kick performance among soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 45(1), 44.
- Maughan, R. J., Watson, J. S., & Weir, J. (1983). Strength and cross-sectional area of human skeletal muscle. *J Physiol*, 338, 37-49.
- Maughan, R. J., Watson, J. S., & Weir, J. (1984). Muscle strength and cross-sectional area in man: a comparison of strength-trained and untrained subjects. *Br J Sports Med*, 18(3), 149-157.
- McCall, G. E., Byrnes, W. C., Dickinson, A., Pattany, P. M., & Fleck, S. J. (1996). Muscle fiber hypertrophy, hyperplasia, and capillary density in college men after resistance training. *J Appl Physiol* (1985), 81(5), 2004-2012. doi:10.1152/jappl.1996.81.5.2004

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Medicine, A. C. o. S. (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and science in sports and exercise*, 41(3), 687.
- Mero, A. (1981). Relationships between the maximal running velocity, muscle fiber characteristics, force production and force relaxation of sprinters. *Scand J Sports Sci*, 3, 16-22.
- Mitsiopoulos, N., Baumgartner, R. N., Heymsfield, S. B., Lyons, W., Gallagher, D., & Ross, R. (1998). Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. *J Appl Physiol* (1985), 85(1), 115-122. doi:10.1152/jappl.1998.85.1.115
- Moritani, T., Sherman, W. M., Shibata, M., Matsumoto, T., & Shinohara, M. (1992). Oxygen availability and motor unit activity in humans. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 64(6), 552-556.
- Motykie, G. D., Zebala, L. P., Caprini, J. A., Lee, C. E., Arcelus, J. I., Reyna, J., & Cohen, E. B. (2000). A guide to venous thromboembolism risk factor assessment. *Journal of thrombosis and thrombolysis*, 9(3), 253-262.
- Narici, M. V., Landoni, L., & Minetti, A. E. (1992). Assessment of human knee extensor muscles stress from in vivo physiological cross-sectional area and strength measurements. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 65(5), 438-444.
- Nelson, M. E., & Wernick, S. (1999). *Strong women stay slim*: Bantam.
- Nelson, M. E., Wernick, S., Wernick, S. P. D., & Wernick, S. (1997). *Strong women stay young*: Bantam Books New York.
- Neto, G. R., Novaes, J. S., Salerno, V. P., Gonçalves, M. M., Batista, G. R., & Cirilo-Sousa, M. S. (2018). Does a resistance exercise session with continuous or intermittent blood flow restriction promote muscle damage and increase oxidative stress? *Journal of sports sciences*, 36(1), 104-110.
- Neto, G. R., Santos, H. H., Sousa, J. B., Júnior, A. T., Araújo, J. P., Aniceto, R. R., & Sousa, M. S. (2014). Effects of high-intensity blood flow restriction exercise on muscle fatigue. *Journal of human kinetics*, 41(1), 163-172.
- Nielsen, J. L., Aagaard, P., Bech, R. D., Nygaard, T., Hvid, L. G., Wernbom, M., . . . Frandsen, U. (2012). Proliferation of myogenic stem cells in human skeletal muscle in response to low-load resistance training with blood flow restriction. *The Journal of physiology*, 590(17), 4351-4361.
- Nielsen, J. L., Aagaard, P., Prokhorova, T. A., Nygaard, T., Bech, R. D., Suetta, C., & Frandsen, U. (2017). Blood flow restricted training leads to myocellular macrophage infiltration and upregulation of heat shock proteins, but no apparent muscle damage. *The Journal of physiology*, 595(14), 4857-4873.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- O'Shea, P. (1966). Effects of selected weight training programs on the development of strength and muscle hypertrophy. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 37(1), 95-102.
- Ohta, H., Kurosawa, H., Ikeda, H., Iwase, Y., Satou, N., & Nakamura, S. (2003). Low-load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 74(1), 62-68.
- Paton, C. D., Addis, S. M., & Taylor, L.-A. (2017). The effects of muscle blood flow restriction during running training on measures of aerobic capacity and run time to exhaustion. *European journal of applied physiology*, 117(12), 2579-2585.
- Patterson, S. D., & Brandner, C. R. (2018). The role of blood flow restriction training for applied practitioners: A questionnaire-based survey. *Journal of sports sciences*, 36(2), 123-130.
- Pearson, S. J., & Hussain, S. R. (2015). A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. *Sports Medicine*, 45(2), 187-200.
- Peterson, M. D., Rhea, M. R., & Alvar, B. A. (2005). Applications of the dose-response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(4), 950.
- Pette, D., & Vrbová, G. (1999). What does chronic electrical stimulation teach us about muscle plasticity? *Muscle & nerve*, 22(6), 666-677.
- Phillips, S. M. (2000). Short-term training: when do repeated bouts of resistance exercise become training? *Canadian journal of applied physiology*, 25(3), 185-193.
- Pierce, J. R., Clark, B. C., Ploutz-Snyder, L. L., & Kanaley, J. A. (2006). Growth hormone and muscle function responses to skeletal muscle ischemia. *Journal of Applied Physiology*, 101(6), 1588-1595.
- Pincivero, D. M., Lephart, S. M., & Karunakara, R. G. (1997). Effects of rest interval on isokinetic strength and functional performance after short-term high intensity training. *British journal of sports medicine*, 31(3), 229-234.
- Ploutz-Snyder, L., Convertino, V., & Dudley, G. (1995). Resistance exercise-induced fluid shifts: change in active muscle size and plasma volume. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 269(3), R536-R543.
- Pretorius, A., & Keating, J. (2008). Validity of real time ultrasound for measuring skeletal muscle size. *Physical Therapy Reviews*, 13(6), 415-426.
- Ratamess, N., Alvar, B., & Evetoch, T. (2009). Progression models in resistance training for healthy adults. American college of sports medicine. *Med Sci Sports Exerc*, 41(3), 687-708.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Reeves, G. V., Kraemer, R. R., Hollander, D. B., Clavier, J., Thomas, C., Francois, M., & Castracane, V. D. (2006). Comparison of hormone responses following light resistance exercise with partial vascular occlusion and moderately difficult resistance exercise without occlusion. *Journal of Applied Physiology*, *101*(6), 1616-1622.
- Reeves, N. D., Narici, M. V., & Maganaris, C. N. (2004). In vivo human muscle structure and function: adaptations to resistance training in old age. *Exp Physiol*, *89*(6), 675-689. doi:10.1113/expphysiol.2004.027797
- Rhea, M. R., Alvar, B. A., Burkett, L. N., & Ball, S. D. (2003). A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Med Sci Sports Exerc*, *35*(3), 456-464. doi:10.1249/01.MSS.0000053727.63505.D4
- Richmond, S. R., & Godard, M. P. (2004). The effects of varied rest periods between sets to failure using the bench press in recreationally trained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *18*(4), 846-849.
- Robinson, J. M., Stone, M. H., Johnson, R. L., Penland, C. M., Warren, B. J., & Lewis, R. D. (1995). Effects of different weight training exercise/rest intervals on strength, power, and high intensity exercise endurance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *9*(4), 216-221.
- Rutherford, O., & Jones, D. (1992). Measurement of fibre pennation using ultrasound in the human quadriceps in vivo. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, *65*(5), 433-437.
- Rutherford, O. M., & Jones, D. A. (1986). The role of learning and coordination in strength training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, *55*(1), 100-105.
- Rutherford, O. M., & Jones, D. A. (1992). Measurement of fibre pennation using ultrasound in the human quadriceps in vivo. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, *65*(5), 433-437.
- Sacks, R. D., & Roy, R. R. (1982). Architecture of the hind limb muscles of cats: functional significance. *Journal of Morphology*, *173*(2), 185-195.
- Schluter, J. M., & Fitts, R. H. (1994). Shortening velocity and ATPase activity of rat skeletal muscle fibers: effects of endurance exercise training. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, *266*(6), C1699-C1673.
- Schoenfeld, B. J. (2010). The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(10), 2857-2872.
- Scott, B. R., Loenneke, J. P., Slattery, K. M., & Dascombe, B. J. (2016). Blood flow restricted exercise for athletes: A review of available evidence. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *19*(5), 360-367.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Scott, B. R., Peiffer, J. J., & Goods, P. S. (2017). The effects of supplementary low-load blood flow restriction training on morphological and performance-based adaptations in team sport athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(8), 2147-2154.
- Scott, W., Stevens, J., & Binder-Macleod, S. A. (2001). Human skeletal muscle fiber type classifications. *Physical therapy*, 81(11), 1810-1816.
- Sekir, U., Yildiz, Y., Hazneci, B., Ors, F., & Aydin, T. (2007). Effect of isokinetic training on strength, functionality and proprioception in athletes with functional ankle instability. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 15(5), 654-664. doi:10.1007/s00167-006-0108-8
- Sinha-Hikim, I., Artaza, J., Woodhouse, L., Gonzalez-Cadavid, N., Singh, A. B., Lee, M. I., . . . Bhasin, S. (2002). Testosterone-induced increase in muscle size in healthy young men is associated with muscle fiber hypertrophy. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 283(1), E154-E164.
- Sistem, T. S. F. D. İ. Kullanımı. *Fiziksel tıp ve rehabilitasyon*, 1, 950-954.
- Slysz, J., Stultz, J., & Burr, J. F. (2016). The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(8), 669-675.
- Spector, S. A., Gardiner, P. F., Zernicke, R. F., Roy, R. R., & Edgerton, V. R. (1980). Muscle architecture and force-velocity characteristics of cat soleus and medial gastrocnemius: implications for motor control. *journal of Neurophysiology*, 44(5), 951-960.
- Spiering, B. A., Kraemer, W. J., Anderson, J. M., Armstrong, L. E., Nindl, B. C., Volek, J. S., & Maresh, C. M. (2008). Resistance exercise biology. *Sports Medicine*, 38(7), 527-540.
- Squire, J. M. (1997). Architecture and function in the muscle sarcomere. *Current opinion in structural biology*, 7(2), 247-257.
- Staron, R. S., Karapondo, D. L., Kraemer, W. J., Fry, A. C., Gordon, S. E., Falkel, J. E., . . . Hikida, R. S. (1994). Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *J Appl Physiol* (1985), 76(3), 1247-1255. doi:10.1152/jappl.1994.76.3.1247
- Stone, M. H., Potteiger, J. A., Pierce, K. C., Proulx, C. M., O'bryant, H. S., Johnson, R. L., & Stone, M. E. (2000). Comparison of the Effects of Three Different Weight-Training Programs on the One Repetition Maximum Squat. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14(3), 332-337.
- Strasser, E. M., Draskovits, T., Praschak, M., Quittan, M., & Graf, A. (2013). Association between ultrasound measurements of muscle thickness, pennation angle, echogenicity and skeletal muscle strength in the elderly. *Age*, 35(6), 2377-2388.
- Sumide, T., Sakuraba, K., Sawaki, K., Ohmura, H., & Tamura, Y. (2009). Effect of resistance exercise training combined with relatively low vascular occlusion. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 107-112.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Sundberg, C. J. (1994). Exercise and training during graded leg ischaemia in healthy man with special reference to effects on skeletal muscle. *Acta physiologica Scandinavica. Supplementum*, 615, 1-50.
- Takarada, Y., Nakamura, Y., Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S., & Ishii, N. (2000). Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *Journal of Applied Physiology*, 88(1), 61-65.
- Takarada, Y., Sato, Y., & Ishii, N. (2002). Effects of resistance exercise combined with vascular occlusion on muscle function in athletes. *European journal of applied physiology*, 86(4), 308-314.
- Takarada, Y., Takazawa, H., & Ishii, N. (2000). Applications of vascular occlusions diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(12), 2035-2039.
- Takarada, Y., Takazawa, H., Sato, Y., Takebayashi, S., Tanaka, Y., & Ishii, N. (2000). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of Applied Physiology*, 88(6), 2097-2106.
- Takarada, Y., Tsuruta, T., & Ishii, N. (2004). Cooperative effects of exercise and occlusive stimuli on muscular function in low-intensity resistance exercise with moderate vascular occlusion. *The Japanese journal of physiology*, 54(6), 585-592.
- Teramoto, M., & Golding, L. A. (2006). Low-intensity exercise, vascular occlusion, and muscular adaptations. *Research in Sports Medicine*, 14(4), 259-271.
- Tesch, P. A., Trieschmann, J. T., & Ekberg, A. (2004). Hypertrophy of chronically unloaded muscle subjected to resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 96(4), 1451-1458.
- Thiebaud, R. S., Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Kim, D., Abe, T., . . . Bemben, M. G. (2013). The effects of elastic band resistance training combined with blood flow restriction on strength, total bone-free lean body mass and muscle thickness in postmenopausal women. *Clinical physiology and functional imaging*, 33(5), 344-352.
- Thorstensson, A., Grimby, G., & Karlsson, J. (1976). Force-velocity relations and fiber composition in human knee extensor muscles. *Journal of Applied Physiology*, 40(1), 12-16.
- Vechin, F. C., Libardi, C. A., Conceição, M. S., Damas, F. R., Lixandrão, M. E., Berton, R. P., . . . Chacon-Mikahil, M. P. T. (2015). Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(4), 1071-1076.
- Vogt, M., & Hoppeler, H. H. (2014). Eccentric exercise: mechanisms and effects when used as training regime or training adjunct. *Journal of Applied Physiology*, 116(11), 1446-1454.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Vøllestad, M. K., Vaage, O., & Hermansen, L. (1984). Muscle glycogen depletion patterns in type I and subgroups of type II fibres during prolonged severe exercise in man. *Acta Physiologica*, 122(4), 433-441.
- Warwick, R., Williams, P. L., & Gray, H. (1973). *Gray's anatomy*: Longman.
- Weatherholt, A., Beekley, M., Greer, S., Urtel, M., & Mikesky, A. (2013). Modified Kaatsu training: adaptations and subject perceptions. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(5), 952-961.
- Weiss, L. W., Conex, H. D., & Clark, F. C. (1999). Differential Functional Adaptations to Short-Term Low-, Moderate-, and High-Repetition Weight Training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(3), 236-241.
- Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomeé, R. (2006a). Effects of vascular occlusion on muscular endurance in dynamic knee extension exercise at different submaximal loads. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 372.
- Wernbom, M., Augustsson, J., & Thomeé, R. (2006b). Effects of vascular occlusion on muscular endurance in dynamic knee extension exercise at different submaximal loads. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(2), 372-377.
- Wernbom, M., Järrebring, R., Andreasson, M. A., & Augustsson, J. (2009). Acute effects of blood flow restriction on muscle activity and endurance during fatiguing dynamic knee extensions at low load. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(8), 2389-2395.
- Wernbom, M., Paulsen, G., Nilsen, T. S., Hisdal, J., & Raastad, T. (2012). Contractile function and sarcolemmal permeability after acute low-load resistance exercise with blood flow restriction. *European journal of applied physiology*, 112(6), 2051-2063.
- West, D. W., & Phillips, S. M. (2010). Anabolic processes in human skeletal muscle: restoring the identities of growth hormone and testosterone. *The Physician and sportsmedicine*, 38(3), 97-104.
- Widrick, J. J., Stelzer, J. E., Shoepe, T. C., & Garner, D. P. (2002). Functional properties of human muscle fibers after short-term resistance exercise training. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 283(2), R408-416. doi:10.1152/ajpregu.00120.2002
- Willardson, J. M., & Burkett, L. N. (2005). A comparison of 3 different rest intervals on the exercise volume completed during a workout. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 23.
- Wilson, J. M., Lowery, R. P., Joy, J. M., Loenneke, J. P., & Naimo, M. A. (2013). Practical blood flow restriction training increases acute determinants of hypertrophy without increasing indices of muscle damage. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(11), 3068-3075.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

- Yamanaka, T., Farley, R. S., & Caputo, J. L. (2012). Occlusion training increases muscular strength in division IA football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(9), 2523-2529.
- Yasuda, T., Abe, T., Sato, Y., Midorikawa, T., CF, K., Inoue, K., . . . Ishii, N. (2005). Muscle fiber cross-sectional area is increased after two weeks of twice daily KAATSU-resistance training. *International Journal of KAATSU Training Research*, 1(2), 65-70.
- Yasuda, T., Brechue, W. F., Fujita, T., Sato, Y., & Abe, T. (2008). Muscle activation during low-intensity muscle contractions with varying levels of external limb compression. *Journal of sports science & medicine*, 7(4), 467.
- Yasuda, T., Brechue, W. F., Fujita, T., Shirakawa, J., Sato, Y., & Abe, T. (2009). Muscle activation during low-intensity muscle contractions with restricted blood flow. *Journal of sports sciences*, 27(5), 479-489.
- Yasuda, T., Fujita, S., Ogasawara, R., Sato, Y., & Abe, T. (2010). Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: a pilot study. *Clinical physiology and functional imaging*, 30(5), 338-343.
- Yasuda, T., Fujita, T., Miyagi, Y., Kubota, Y., Sato, Y., Nakajima, T., & Abe, T. (2006). Electromyographic responses of arm and chest muscle during bench press exercise with and without KAATSU. *International Journal of KAATSU Training Research*, 2(1), 15-18.
- Yasuda, T., Fukumura, K., Fukuda, T., Iida, H., Imuta, H., Sato, Y., . . . Nakajima, T. (2014). Effects of low-intensity, elastic band resistance exercise combined with blood flow restriction on muscle activation. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 24(1), 55-61.
- Yasuda, T., Fukumura, K., Iida, H., & Nakajima, T. (2015). Effect of low-load resistance exercise with and without blood flow restriction to volitional fatigue on muscle swelling. *European journal of applied physiology*, 115(5), 919-926.
- Yasuda, T., Loenneke, J., Ogasawara, R., & Abe, T. (2013). Influence of continuous or intermittent blood flow restriction on muscle activation during low-intensity multiple sets of resistance exercise. *Acta Physiologica Hungarica*, 100(4), 419-426.
- Yasuda, T., Ogasawara, R., Sakamaki, M., Ozaki, H., Sato, Y., & Abe, T. (2011). Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. *Eur J Appl Physiol*, 111(10), 2525-2533. doi:10.1007/s00421-011-1873-8
- Yasuda, T., Ogasawara, R., Sakamaki, M., Ozaki, H., Sato, Y., & Abe, T. (2011). Combined effects of low-intensity blood flow restriction training and high-intensity resistance training on muscle strength and size. *European journal of applied physiology*, 111(10), 2525-2533.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devam Ediyor)

Yokokawa, Y., Hongo, M., Urayama, H., Nishimura, T., & Kai, I. (2008). Effects of low-intensity resistance exercise with vascular occlusion on physical function in healthy elderly people. *Biosci Trends*, 2(3), 117-123.

Zajac, F. E. (1992). How musculotendon architecture and joint geometry affect the capacity of muscles to move and exert force on objects: a review with application to arm and forearm tendon transfer design. *J Hand Surg Am*, 17(5), 799-804.

Zatsiorsky, V. M., & Kraemer, W. J. (2006). *Science and practice of strength training: Human Kinetics*.

Zhou, S. (2000). Chronic neural adaptations to unilateral exercise: mechanisms of cross education. *Exercise and sport sciences reviews*, 28(4), 177-184.

Zuluaga, M. (1995). *Sports physiotherapy: applied science and practice: Churchill Livingstone*.

EKLER DİZİNİ

EK-1

Sporcu Bilgi Toplama Formu

1. Adınız – Soyadınız:
2. **Doğum Tarihiniz:**
3. Boy/Kilo:
4. **Telefon numaranız:**
5. E-posta:
6. **Sigara içiyor musunuz? Evet Hayır adet/gün**
7. Ne kadar süredir sigara kullanıyorsunuz? ... ay /... yıl
8. **Kendinizi sağlıklı buluyor musunuz? Evet Hayır .**
9. Kalp, şeker, böbrek, solunum (vb) gibi metabolik bir hastalığınız var mı?
Evet Hayır
10. **Cevabınız evet ise lütfen hastalığınızı yazınız.**
11. Son bir ay içerisinde herhangi bir nedenle medikal destek aldınız mı?
Evet Hayır
12. **Düzenli antrenman yapıyor musunuz? Evet Hayır .**
13. Düzenli direnç egzersizi (kuvvet/fitnes) yapıyor musunuz? Evet Hayır .
14. **Ne kadar zamandır direnç egzersizi yapıyorsunuz? ...gün /... ay/...yıl**
15. Hafta da kaç gün direnç antrenmanı yapıyorsunuz? gün /hafta
16. **Son altı ayda herhangi bir operasyon geçirdiniz mi?**
Evet Hayır .
17. Son 1 ay içerisinde baş dönmesi/göğüs ağrısı gibi bir nedenle yarıda bıraktığınız antrenman/maç oldu mu? Evet Hayır .
18. **Sürekli kullandığınız bir ilaç var mı?**
Evet kullanıyorum Hayır .
19. Şuan kullandığınız bir ilaç var mı?
Evet kullanıyorum Hayır .
20. **Ergojenik yardımcı (vitamin, kreatin, karnitin vb.) kullanıyor musunuz?**
Evet kullanıyorum Hayır

EK-2

FİZİKSEL AKTİVİTE HAZIR OLMA DURUMU ANKETİ (PAR-Q) *

KENDİ BAŞINA UYGULANAN ANKET FORMU

Bu form sizin kendinize yardımcı olmanız amacıyla düzenlenmiştir. Düzenli egzersiz ve sağlık arasındaki ilişki çok açıktır. Eğer hayatınızda fiziksel aktivite durumunuzu artırmak istiyorsanız bu formun doldurulması ilk adım olacaktır.

Birçok insan için fiziksel aktivite herhangi bir probleme veya tehlikeye sebep olmayabilir. Bu form fiziksel aktivitenin uygun olmadığı veya aktivite şiddetine göre tıbbi öneri alması gereken az sayıdaki yetişkinler için hazırlanmıştır.

Bu soruları cevaplarken sağduyunuza kulak veriniz. Soruların yanındaki size uygun Evet veya Hayır cevabını dikkatli bir şekilde işaretleyiniz.

EVET	HAYIR	
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	1. Doktorunuz hiç kalp ile ilgili bir sorunuz olduğunu ve sadece doktor tarafından önerilen egzersizleri yapmanız gerektiğini söyledi mi?
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	2. Fiziksel aktivite sırasında göğsünüzde ağrı hissediyor musunuz?
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	3. Geçen ay fiziksel aktivite yapmadığınız esnada göğsünüzde ağrı hissettiniz mi?
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	4. Baş dönmesi sonucu dengenizi kaybettiğiniz veya bilincinizi yitirdiğiniz oldu mu?
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	5. Kemik veya eklemlerinizde fiziksel aktivitenizi değiştirirken kötüye gidecek bir sorun var mı?
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	6. Doktorunuz yüksek tansiyon veya kalp sorunuz ile ilgili düzenli kullanmanız için ilaç verdi mi?
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	7. Fiziksel aktivite yapmanızı engelleyecek bildiğiniz herhangi bir sorunuz var mı?

Not: Eğer soğuk algınlığı veya iyi hissetmeme gibi bir durumunuz var ise egzersiz programınızı erteleyin.

* "PAR-Q and YOU" nun 1994 yılındaki revize edilmiş versiyonundan adapte edilmiştir.

* "PAR-Q and YOU" nun hakları Canadian Society for Exercise Physiology'a aittir.

Copyright © 1999 by San Diego State University Foundation and San Diego Center Health Interventions, LLC.

EK-3**Veri Toplama Formu**

İsim Soyisim	Doğum tarihi .../.../...
---------------------	---------------------------------

Antropometrik ölçümler

Faz		
	İlk ölçüm	Son ölçüm
Boy (cm)		
Vücut Ağırlığı (kg)		
Vücut Yağ Yüzdesi (%)		

İzokinetik Ölçümler

Faz		
Açısal hız	60° s⁻¹	180° s⁻¹
Maksimal izometrik ölçüm		

İzokinetik Konsantrik Ölçümler

Faz		
Rektus femoris konsantrik egzersiz	60° s⁻¹	180° s⁻¹
1.set		
2.set		
3.set		
4.set		
5.set		
6.set		
7.set		
8.set		
9.set		
10.set		

Faz	Egzersiz protokolü öncesi	Egzersiz protokolü sonrası
Ultrasonografi		

EK-4

Araştırmaya Dahil Edilme/Edilmeme Kriterleri

Gönüllülerin Araştırmaya Dahil Edilme Kriterleri

1. Araştırmaya katılmaya istekli ve komutları takip edecek bireyler,
2. Sigara içmeyen veya çalışmanın başlamasından en az 6 ay önce sigarayı bırakmış bireyler,
3. Normal kan basıncına sahip bireyler,
4. Son 3 ay içerisinde haftanın en az 3 günü tüm vücut fiziksel olarak aktif olan ve haftanın en az 2 günü direnç egzersizi yapan bireyler,
5. 18-20 yaş aralığında ki erkek futbolcular

Gönüllülerin Araştırmaya Dahil Edilmeme Kriterleri;

1. Alt ekstremitede herhangi bir cerrahi operasyon geçirmiş veya alt ekstremitesinde deformite olan bireyler,
2. Alt ekstremitte ile ilgili son 1 ay içerisinde bir yaralanma/travma geçirmiş ve bu sebeple olağan fiziksel aktivitesine en az 1 gün katılamamış bireyler,
3. Çalışmaya katılma sırasında alt ekstremitte ile ilgili herhangi bir ağrısı olan bireyler,
4. Geçmişte herhangi bir kardiyovasküler problem nedeniyle tanı almış bireyler (ör: hipertansiyon, konjenital kalp hastalığı, periferik vasküler hastalık, variköz ven vs),
5. Hipertansif bireyler (>140/90 mmHg),
6. Ayak bileği brakiyal basınç indeksi <0.9 olan bireyler,
7. Düzenli tütün ürünleri kullanan bireyler (sigara, puro, nargile vs),
8. 18 yaş altı bireyler,
9. Tromboemboli için Motykie ve ark. Tarafından tanımlanmış risk faktörlerinden en az ikisine sahip olan bireyler (Motykie et al., 2000),
 - a. Vücut Kitle İndeksi >30kg/m² olan obez olarak sınıflandırılan bireyler,
 - b. İnflamatuar bağırsak hastalığı tanısı olan bireyler (Chron, Ülseratif Kolit),
 - c. Geçirilmiş femur, kalça ve pelvis kırığı olması,
 - d. Son 6 ayda büyük bir ameliyat geçirmiş olması,
 - e. Alt ekstremitede variköz venler olması,
 - f. Aile hikayesinde DVT veya pulmoner emboli olması,

EK-5

ARAŞTIRMA AMAÇLI ÇALIŞMA İÇİN BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU

Katıldığınız çalışma bilimsel nitelikte bir araştırma olup, araştırmanın konusu iki farklı kuvvetlendirme egzersizinin karşılaştırılmasıdır. Çalışmaya katılım gönüllülük esasına dayalıdır. Araştırmada yer almak tamamen isteğinize bağlıdır. Araştırmada yer almayı reddedebilirsiniz ya da herhangi bir aşamada araştırmadan ayrılabilirsiniz; bu durum herhangi bir cezaya ya da sizin yararlarınıza engel bir duruma yol açmayacaktır. Araştırmanın sonuçları bilimsel amaçla kullanılacaktır; çalışmadan çekilmeniz ya da araştırmacı tarafından çıkarılmanız durumunda, sizinle ilgili veriler gerekirse bilimsel amaçla kullanılabilir. Bu çalışmada yer almanız nedeniyle size hiçbir ödeme yapılmayacaktır, sizden veya bağlı olduğunuz sosyal güvenlik kuruluşundan hiçbir ücret istenmeyecektir. Bu çalışmaya kuvvet egzersizlerini son 1 yıl içerisinde düzenli olarak yapmanız dolayısıyla davet edilmektesiniz. Çalışmaya sizin durumunuzda olan toplam 20 sporcunun dahil edilmesi planlanmıştır. Çalışmaya katılmayı kabul ederseniz, klasik direnç egzersizi (1 maksimal tekrarın %80'i) veya kan akışı kısıtlama antrenmanı (1 maksimal tekrarın %30'u) gruplarından birine rastgele dahil edileceksiniz. Gruplara dahil edilme şansınız eşit orandadır. Eğer araştırmaya katılmayı kabul ederseniz size bazı sorular soracağız. Bu sorular, yapılacak kuvvetlendirme egzersizleriyle ilgili gelişebilecek istenmeyen ve sağlığınız açısından uygun olmayan durumların (komplikasyon) olma olasılığını saptamaya yöneliktir. Bu çalışmada tıbbi açıdan fizik muayeneniz yapıp egzersizler için uygun olmanız durumunda bir takım anket (PAR-Q) sorularını cevaplamanız istenecektir. Klasik dirençli egzersiz veya kan akışı kısıtlama antrenmanı gruplarının tamamı çalışma öncesi ve sonrası "antropometrik ölçümler (boy, vücut ağırlığı, vücut kitle indeksi, vücut yağ yüzdesi gibi), izokinetik kas kuvveti (1 maksimal tekrar), uyluk ön yüzü kasının ultrasonografik incelemesi ile kas hacminin saptanması gibi bir takım ölçümlere tabi tutulacaktır ve bunların tamamı ücretsiz olarak yapılacaktır. Çalışma kapsamında çalışma merkezini egzersiz amacıyla on iki defa ziyaret etmeniz istenecektir. Egzersiz programı her iki grup için haftada iki gün, egzersiz günleri arasında en az 48 saat olacak şekilde planlanmaktadır. Çalışmaya katılmanız durumunda yapılacak egzersizler sayesinde kas kuvveti ve kas kitlesinde artış olması ve mevcut bir kas dengesizliği varsa giderilmesi beklenmektedir. Yapılacak egzersizler nedeniyle egzersiz sırasında yorgunluk, baş dönmesi, egzersiz sonrası deri altı kanama ve gecikmiş kas ağrıları (ilk 24-48 saat içinde) görülebilmektedir. Egzersizden hemen sonra kendinizi çok yorgun hissedebilirsiniz ancak kısa süre sonra (5 dakika içinde) vücuduz toparlanacaktır. Çalışma kapsamında sizinle ilgilenen fizyoterapistiniz çalışma süresince sizin çalışmaya katılımınızı etkileyebilecek her bilgiyi sizinle paylaşacaktır. Çalışmadan ayrıldıktan

sonra dahi istediğiniz zaman araştırmadan sorumlu doktorunuz ile iletişime geçebilir, çalışma süresince yeni bir bilgi bulunup bulunmadığını kendisine sorabilirsiniz. Bu çalışmanın konusuyla ilgili ve sizin çalışmaya katılmaya devam etme isteğinizi etkileyebilecek yeni bilgiler elde edildiğinde siz veya yasal temsilciniz zamanında bilgilendirilecektir. Araştırma hakkında ek bilgiler almak için ya da araştırma ile ilgili herhangi bir sorunda Gençlerbirliği Spor Kulübü A takım Fizyoterapisti Emrah Korkmaz'a 0 530 414 85 05 numaralı telefonda başvurabilirsiniz. Size ait tüm anket ve ölçüm bilgileri gizli tutulacaktır ve araştırma yayınlansa bile kimlik bilgileri verilmeyecektir. Ancak, araştırmanın izleyicileri, yoklama yapanlar, etik kurullar ve resmi makamlar gerektiğinde sizin anket bilgilerine ulaşabilir. Siz de istediğinizde size ait bilgilere, verilerin analizlerinden sonra ulaşabilirsiniz. Bu bilgiler başka bir çalışmada bilgileriniz gizli tutularak kullanılabilir.

Hastanın Beyanı

Osmangazi Üniversitesi Fizyoloji Anabilim Dalı ile Hacettepe Üniversitesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı tarafından ortak olarak yürütülen araştırmaya başlamadan önce gerekli bilgileri okudum ve sözlü olarak dinledim. Bu bilgilerden sonra araştırmaya "katılımcı" olarak davet edildim. Aklıma gelen tüm soruları araştırmacıya sordum, yazılı ve sözlü olarak bana yapılan tüm açıklamaları ayrıntılarıyla anlamış bulunmaktayım. Çalışmaya katılmayı isteyip istemediğime karar vermem için bana yeterli zaman tanındı. Araştırma için yapılacak harcamalarla ilgili herhangi bir parasal sorumluluk altında olmadığımı ve araştırmaya katılmam karşılığında bana herhangi bir ödeme yapılmayacağını biliyorum. Bu koşullar altında, vereceğim bilgilerin gözden geçirilmesi, transfer edilmesi ve işlenmesi konusunda araştırma yürütücüsüne yetki veriyor ve söz konusu araştırmaya ilişkin bana yapılan katılım davetini hiçbir zorlama ve baskı olmaksızın büyük bir gönüllülük içerisinde kabul ediyorum.

Katılımcı

Adı, soyadı:
Tel.
İmza

Gerekliyse Görüşme Tanığı

Adı, soyadı:
Tel.
İmza:

Gerekliyse Yasal Temsilcinin Adı Soyadı

Adı, soyadı:
Adres:
Tel.
İmza:

Katılımcı ile görüşen kişi

Sorumlu araştırmacı: Fzt. Emrah Korkmaz
Görüşmeyi yapan kişinin adı soyadı, ünvanı : Fzt. Emrah Korkmaz
Adres : Gençlerbirliği Spor Kulübü İlhan Cavcav Tesisleri Beştepe, ANKARA
Tel : +90 530 414 85 05
İmza



ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU BAŞKANLIĞI

Prof. Dr. Nihal DOĞAN
(Başkan)
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Mikrobiyoloji Anabilim Dalı

Doç. Dr. Ertuğrul ÇOLAK
(Başkan Yardımcısı)
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Biyostatistik Anabilim Dalı

Öğr.Gör.Dr.Nülfir DEMİRSOY
(Raportör)
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Tıp Tarihi ve Etik Anabilim Dalı

Prof. Dr. Hamdi ÇAKLI
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı

Prof. Dr.Fezan ŞAHİN MUTLU
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Biyostatistik Anabilim Dalı

Doç. Dr. Coşkun YARAR
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve
Hastalıkları Anabilim Dalı

Doç. Dr. Nurdan ACAR
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Acil Tıp Anabilim Dalı

Doç.Dr.Orhan Tansel KORKMAZ
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Fizyoloji Anabilim Dalı

Yrd.Doç. Dr. Semra
YİĞİTASLAN
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Farmakoloji Anabilim Dalı

Dr. Ecz. Gökçen YAZ GÜZEY
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Tıp Fakültesi
Sağlık, Uyg. ve Arş Hst. Eczanesi

Doç.Dr. Emre MUMCU
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Diş Hekimliği Fakültesi

Yrd.Doç.Dr. Nazmiye ÖZENBAS
BOYDAĞ
Anadolu Üniversitesi
Hukuk Fakültesi

Ahmet AKÇAY
Fizik Mühendisi

Ayşe FERT DÖKMECİ
Avukat

Etik Kurul Sekreterliği
Aysun SERTTAS
Makbule SARİÇİÇEK
Tel: 0 222 239 29 79 / 4690

Sayı: 80558721/130
Konu: Karar

20 Nisan 2017

Sayın; Prof.Dr.Kubilay UZUNER
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi
Fizyoloji Anabilim Dalı

Tarafınızdan yürütülmekte olan "U19 erkek futbol takımı oyuncularında 6 haftalık "Kan Akışı Kısıtlama" antrenmanının kas kuvveti ve kasın ultrastrüktürel yapısı üzerine etkisinin değerlendirilmesi" başlıklı proje hakkında alınan karar ilişikte gönderilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini saygı ile rica ederim.

Prof. Dr. Nihal DOĞAN
Etik Kurul Başkanı
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu



ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU BAŞKANLIĞI

GÖRÜŞ FORMU

13 Nisan 2013 tarih ve 28617 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan Klinik Araştırmalar Hakkında Yönetmeliğin “**MADDE 26 – (1)** Etik kurullar gönüllülerin hakları, güvenliği ve esenliğinin korunması amacıyla araştırma ile ilgili diğer konuların yanı sıra gönüllülerin bilgilendirilmesinde kullanılacak yöntem ve belgeler ile bu kişilerden alınacak olurlar hakkında *bilimsel ve etik yönden* değerlendirme yapmak amacıyla, üyelerinin çoğunluğu doktora veya tıpta uzmanlık seviyesinde eğitilmiş sağlık meslek mensubu olan, en az yedi ve en çok on beş üyeden oluşturulur” ve “**MADDE 26 – (4)** Klinik Araştırmalar Etik Kurulu, biyoyararlanım-biyoesdeğerlik çalışmaları dışındaki araştırmaları *bilimsel ve etik yönden* değerlendirmek için kurulur.” maddeleri gereği Etik Kurul, çalışmalarını “*bilimsel ve etik yönden*” inceler.

“U19 erkek futbol takımı oyuncularında 6 haftalık “Kan Akışı Kısıtlama” antrenmanının kas kuvveti ve kasın ultrastrüktürel yapısı üzerine etkisinin değerlendirilmesi” başlıklı proje ile ilgili etik kurulumuzun görüşü aşağıdadır.

Danışman: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı - Prof.Dr.Kubilay UZUNER (Yüksek Lisans Tez Danışmanı), Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı - Yrd.Doç.Dr.Gürhan DÖNMEZ (Yüksek Lisans Tez Eş-Danışmanı)

Araştırma Projesinin Yürütücüsü: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü - Fizyoloji Yüksek Lisans Öğrencisi Emrah KORKMAZ (Yüksek Lisans Tez Sahibi)

Diğer Çalışmaclar: -

ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU BAŞKANLIĞI

KARAR FORMU

Karar Tarihi: 13 Nisan 2017

Karar Sayısı: 14

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı Prof.Dr.Kubilay UZUNER (Yüksek Lisans Tez Danışmanı) sorumluluğunda yürütülen “**U19 erkek futbol takımı oyuncularında 6 haftalık “Kan Akışı Kısıtlama” antrenmanının kas kuvveti ve kasın ultrastrüktürel yapısı üzerine etkisinin değerlendirilmesi**” başlıklı çalışmanın yapılmasının uygun olduğuna oy birliğiyle karar verilmiştir.
Çalışmanızda başarılar dileriz.

ASLI GİBİDİR

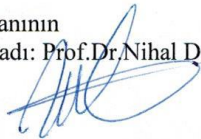
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	“U19 erkek futbol takımı oyuncularında 6 haftalık “Kan Akışı Kısıtlama” antrenmanının kas kuvveti ve kasın ultrastrüktürel yapısı üzerine etkisinin değerlendirilmesi”
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu
	AÇIK ADRESİ:	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu - Eskişehir
	TELEFON	0 222 239 29 79 – Dahili: 4690
	FAKS	0 222 239 37 72
	E-POSTA	etikkurul@ogu.edu.tr

BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Prof.Dr.Kubilay UZUNER			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Fizyoloji			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı			
	VARSA İDARİ SORUMLU UNVANI/ADI/SOYADI	-			
	DESTEKLEYİCİ	-			
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI (TÜBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alanlar için)	-			
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ	-			
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 2	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 3	<input type="checkbox"/>		
		FAZ 4	<input type="checkbox"/>		
		Gözlemsel ilaç çalışması	<input type="checkbox"/>		
Tıbbi cihaz klinik araştırması		<input type="checkbox"/>			
İn vitro tıbbi tanı cihazları ile yapılan performans değerlendirme çalışmaları		<input type="checkbox"/>			
İlaç dışı klinik araştırma		<input checked="" type="checkbox"/>			
Diğer ise belirtiniz: Yüksek Lisans Tezi, İki farklı egzersiz modalitesinin etkinlik olarak karşılaştırılması					
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ <input checked="" type="checkbox"/>	ÇOK MERKEZLİ <input type="checkbox"/>	ULUSAL <input checked="" type="checkbox"/>	ULUSLARARASI <input type="checkbox"/>	

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof.Dr.Nihal DOĞAN
İmza:



Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	"U19 erkek futbol takımı oyuncularında 6 haftalık "Kan Akışı Kısıtlama" antrenmanının kas kuvveti ve kasın ultrastrüktürel yapısı üzerine etkisinin değerlendirilmesi"
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası	Dili	
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ	06.04.2017	-	Türkçe <input checked="" type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>	
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU	06.04.2017	-	Türkçe <input checked="" type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>	
	OLGU RAPOR FORMU	06.04.2017	-	Türkçe <input checked="" type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>	
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ	-	-	Türkçe <input type="checkbox"/> İngilizce <input type="checkbox"/> Diğer <input type="checkbox"/>	
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı	Açıklama			
	SİGORTA	<input type="checkbox"/>			
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	<input checked="" type="checkbox"/>			
	BIYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	<input type="checkbox"/>			
	İLAN	<input type="checkbox"/>			
	YILLIK BİLDİRİM	<input type="checkbox"/>			
	SONUÇ RAPORU	<input type="checkbox"/>			
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	<input type="checkbox"/>			
DİĞER:	<input checked="" type="checkbox"/>	1. Sporcu Bilgi Toplama Formu 2. Fiziksel Aktivite Hazır Olma Durumu Anketi (PAR-Q) 3. İyi Klinik Uygulamalar Kılavuzu ve Taahhütname (İmzalı) 4. Dünya Tıp Birliği Helsinki Bildirgesi (İmzalı) 5. Araştırma sırasında gönüllüye veya SGK'ya ek yük getirecek hiçbir işlem uygulanmayacağına dair Taahhütname 6. Araştırmanın daha önce başka bir Etik Kurulda değerlendirmeye sunulup sunulmadığı ve Etik Kurul onayı almaksızın çalışmaya başlanmayacağı ile ilgili Taahhütname 7. Literatürler 8. Özgeçmiş Formları			
KARAR BİLGİLERİ	Karar No: 14	Tarih: 13.04.2017			
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmann/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmann/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplantıya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir. İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik kapsamında yer alan araştırmalar/çalışmalar için Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu'ndan izin alınması gerekmektedir.				








KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU	
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI	İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI:	Prof.Dr.Nihal DOĞAN

Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet		Araştırma ile ilişkisi		Katılım *		İmza
Prof.Dr.Nihal DOĞAN	Mikrobiyoloji	Eskişehir Osmangazi Üniv. Tıp Fakültesi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç.Dr. Ertuğrul ÇOLAK	Biyostatistik	Eskişehir Osmangazi Üniv. Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Öğr.Gör.Dr.Nilüfer DEMİRSOY	Tıp Tarihi ve Etik	Eskişehir Osmangazi Üniv. Tıp Fakültesi Tıp Tarihi ve Etik Anabilim Dalı	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	

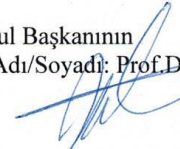
Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof.Dr.Nihal DOĞAN
İmza:

Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmalıdır.

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI		"U19 erkek futbol takımı oyuncularında 6 haftalık "Kan Akışı Kısıtlama" antrenmanının kas kuvveti ve kasın ultrastrüktürel yapısı üzerine etkisinin değerlendirilmesi"							
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU									
Prof.Dr. Hamdi ÇAKLI	Kulak Burun Boğaz	Eskişehir Osmangazi Üniv. Tıp Fakültesi Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Prof.Dr.Fezan ŞAHİN MUTLU	Biyostatistik	Eskişehir Osmangazi Üniv. Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Coşkun YARAR	Çocuk Sağ. Ve Hast.	Eskişehir Osmangazi Üniv. Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç.Dr. Nurdan ACAR	Acil Tıp	Eskişehir Osmangazi Üniv. Tıp Fakültesi Acil Tıp Anabilim Dalı	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Orhan Tansel KORKMAZ	Fizyoloji	Eskişehir Osmangazi Üniv. Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd.Doç.Dr.Semra YİĞİTASLAN	Farmakoloji	Eskişehir Osmangazi Üniv. Tıp Fakültesi Farmakoloji Anabilim Dalı	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Dr.Ecz.Gökçen YAZ GÜZEY	Sorumlu Eczacı	Eskişehir Osmangazi Üniv. Tıp Fakültesi Sağlık, Uyg. ve Arş Hst. Eczanesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Doç.Dr.Emre MUMCU	Diş Hekimliği	Eskişehir Osmangazi Üniv. Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Ted. Anabilim Dalı	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Yrd.Doç.Dr. Nazmiye ÖZENBAŞ BOYDAĞ	Hukuk	Anadolu Üniversitesi Hukuk Fakültesi	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Ahmet AKÇAY	Fizik Mühendisi	-Atabey Beton Ve Zemin Laboratuvarı Ltd. Şti. -Akçay Ltd. Şti.	E <input checked="" type="checkbox"/>	K <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	
Ayşe FERT DÖKMECİ	Avukat	Serbest Avukat	E <input type="checkbox"/>	K <input checked="" type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	E <input type="checkbox"/>	H <input type="checkbox"/>	

*:Toplantıda Bulunma

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof. Dr. Nihâl DOĞAN
İmza: 

Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmaktadır.

ÖZGEÇMİŞ

Bireysel Bilgiler

Adı-Soyadı : Emrah KORKMAZ
Doğum tarihi ve yeri : 16.03.1986
Uyruğu : T.C.
Medeni durumu : Bekar
İletişim adresleri : Gençlerbirliği Spor Klübü
İlhan Cavcav Tesisleri Beştepe/Ankara
pt.korkmaz@yahoo.com
+90 530 414 85 05

Eğitim Durumu

İlköğretim : 1992-1997 Sadık Eliyeşil İlkokulu
Ortaöğretim : 1997-2001 A.Kerim Bengi Anadolu Lisesi
Lise : 2001-2004 A.Kerim Bengi Anadolu Lisesi
Üniversite : 2006-2010 Muğla Üniversitesi
Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü
Yabancı Dil : İngilizce, İspanyolca, Portekizce

Mesleki Deneyim

2010-2015 : Kardemir Karabükspor Kulübü
2015-2016 : Eskişehirspor Kulübü
2016-halen : Gençlerbirliği Spor Kulübü

Üye Olunan Bilimsel Kuruluşlar:

- 1) Fizyoterapistler Derneği
- 2) Spor Fizyoterapistleri Derneği

Bilimsel Etkinlikler

Burslar :
Ödüller :
Projeler :
Sözlü Konferans veya Seminerler :
Kurslar ve Eğitim Programları :