



**SELF-MİYOFASYAL RAHATLAMA TEKNİĞİNİN
KAS HASARI ÜZERİNE ETKİSİ**

Fatma Beyza BİLGİÇ

BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Armağan ŞAHİN KAFKAS**

Doktora Tezi - 2023

**T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SELF-MİYOFASYAL RAHATLAMA TEKNİĞİNİN
KAS HASARI ÜZERİNE ETKİSİ**

Fatma Beyza BİLGİÇ

**Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı
Doktora Tezi**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Armağan ŞAHİN KAFKAS**

**MALATYA
2023**

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğüne

ETİK BEYANI

İnönü Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak “Doç.Dr.Armağan ŞAHİN KAFKAS” danışmanlığında hazırlayıp sunduğum “Self-Miyofasyal Rahatlama Tekniğinin Kas Hasarı Üzerine Etkisi” başlıklı Doktora tezim içinde elde ettiğim verileri, bilgileri, belgeleri akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tezimde yararlandığım eserlere bilimsel kurallara uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, tezimin özgün olduğunu, tezimin çalışma ve yazımında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim. 29/08/2023

Fatma Beyza BİLGİÇ

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1.Kas Hasarı.....	5
2.2.Gecikmiş Kas Ağrısı.....	6
2.3.Gecikmiş Kas Ağrısı Mekanizması.....	7
2.3.1.Laktik Asit Teorisi.....	7
2.3.2.Kas Spazmı Teorisi.....	8
2.3.3.Konnektif Doku Hasarı Teorisi.....	8
2.3.4.Kas Hasarı Teorisi.....	9
2.3.5.İnflamasyon Teorisi.....	9
2.3.6.Enzim Akış Teorisi.....	10
2.3.7.Sinirlerin Mikro Hasarı Teorisi.....	10
2.3.8.Diğer Teoriler.....	10
2.4.Gecikmiş Kas Ağrısı Bulguları.....	11
2.4.1.Kas Hasarı ve İnflamasyon Biyobelirteçleri.....	11
2.4.2.Kas Ağrısı ve Hassasiyet.....	12
2.4.3.Eklemler Hareket Açıklığında Azalma.....	13
2.4.4.Kas Kuvvetinde Azalma.....	13
2.4.5.Performansta Azalma.....	13
2.5.Toparlanma Yöntemleri.....	14
2.6.Miyofasyal Sistem.....	14
2.7.SMR Egzersizlerinin Etki Mekanizması.....	15
2.8.Foam Roller.....	16
3. MATERYAL VE METOT.....	18
3.1.Araştırmanın İzni ve Etik Kurul Onayı.....	18
3.2 Araştırma Grubunun Tespiti.....	18
3.3.Araştırmanın Deneyisel Tasarımı.....	19

3.4.Verilerin Toplanması.....	25
3.4.1.Biyometrik Ölçümler.....	25
3.4.2.Kan Numunelerinin Alımı ve Biyokimyasal Analizler.....	26
3.4.3.Algometrik Ölçümler.....	26
3.4.4.Performans Testleri.....	26
3.5.İstatiksel Analiz.....	28
4. BULGULAR.....	29
5.TARTIŞMA.....	46
6.SONUÇ VE ÖNERİLER.....	54
KAYNAKLAR.....	56
EKLER.....	73
EK-1.Özgeçmiş.....	73
EK-2.Etik Kurul Onayı.....	74
EK-3.Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu İzin Yazısı.....	77
EK-4.Bilgilendirilmiş Gönüllü Onam Formu.....	78

TEŞEKKÜR

Doktora tezimin gerçekleştirilmesi aşamasında, araştırmamın tespiti, planlanması, yürütülmesi ve yazımında bilgisini, ilgisini, önerilerini, yardımlarını esirgmeden akademik hayatta olduğu kadar insani ilişkilerde de her daim sonsuz desteklerini esirgemeyen bana yön veren tez danışmanım sayın Doç. Dr. Armağan ŞAHİN KAFKAS'a;

Lisansüstü eğitimim boyunca değerli bilgilerinden istifade ettiğim, bilgisi, tecrübesi ile yanımda olan, akademik duruşu, bilime farklı bakış açısıyla örnek aldığım ve tezimin çalışma tasarımı, hazırlanması ile düzenlenmesi aşamasında, Prof. Dr. Muhammed Emin KAFKAS'a;

İstatistik analiz, tablo ve grafiklerin düzenlenmesi sonuçlarının değerlendirilmesine katkı sağlayan Prof.Dr.Mustafa ÖZDAL'a;

Eğitim hayatım boyunca dersini aldığım ve tecrübelerinden faydalandığım bütün hocalarıma;

Tezimin biyokimyasal analizlerinin yapılmasında desteklerini esirgemeyen İsmail KAUCİK hocamıza, kan alımında bize yardımcı olan Yıldız ALPASLAN hemşireye;

Verilerin toplanmasına gönüllü olarak destek veren, uygulamalar sırasında hiçbir menfaat beklemeden uygulamalara ve testlere katılan çok kıymetli Batman Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu öğrencilerine, ayrıca ölçümlerde yardım eden fitness antrenörleri Ferhat ERBAŞ'a ve Abdullah AY'a;

Hayatımın her anında bana destek olan canım annem, babam ve ablama;

Desteğini her an yanımda hissettiğim, her zaman daha iyiye, güzele yönlendiren, yol arkadaşım, hayattaki en büyük şanslarım Hüseyin Çınar, Atlas ve Kuzey'in babası Murat BİLGİÇ'e teşekkür ederim.

Fatma Beyza BİLGİÇ

ÖZET

Self-Miyofasyal Rahatlama Tekniğinin Kas Hasarı Üzerine Etkisi

Amaç: Bu araştırmanın amacı kuvvet egzersizleri sonrası uygulanan SMR tekniğinin uygulama süreleri açısından kas hasarı, seçilmiş stokin parametreleri ve performans üzerindeki etkilerini incelemektir.

Materyal ve Metot: Araştırmanın örneklem grubunu BATÜBESYO'da lisans eğitimi gören yaş ortalamaları 21.85 ± 1.98 olan toplam 40 erkek katılımcı oluşturmaktadır. Katılımcılara 3 alıştırmaya fazı uygulandı. Araştırma 4 protokol olarak yapıldı. Her protokolda kuvvet egzersizlerinden önce, kuvvet egzersizlerinden sonra, 24., 48. ve 72. saatlerde (SMR protokollerinde SMR uygulamalarından sonra) kan alımı yapıldı ve VAS uygulandı. Kuvvet egzersizleri sonrası OMNI-RES uygulandı. Her protokol öncesi, 24., 48., 72. saatlerde saha testleri uygulandı.

Bulgular: Araştırmaya katılan katılımcıların egzersiz öncesi, egzersiz sonrası, 24., 48. ve 72. saat sonrası pasif toparlanma protokolünde CK değerleri arasında, SMR1 protokolünde VAS değerleri arasında, SMR2 protokolünde LDH, CK, VAS değerleri arasında, SMR3 protokolünde CK ve VAS değerleri arasında anlamlı bir farklılık görülmüştür. SMR1, SMR2 ve pasif toparlanma, protokollerinde sağ ve sol el kavrama kuvveti testi değerleri arasında; SMR2 ve pasif toparlanma protokollerinde dikey sıçrama testi değerleri arasında; SMR1, SMR2, SMR3 ve pasif toparlanma protokollerinde yatay sıçrama ve otur uzan testi değerleri arasında; SMR2 ve SMR3 protokollerinde 20m sprint testi değerleri arasında; SMR1 ve SMR3 protokollerinde T-line testi değerleri arasında; egzersiz öncesi ölçüm, egzersiz sonrası, 24., 48. ve 72 saat sonrası anlamlı bir farklılık görülmüştür.

Sonuç: Kuvvet egzersizleri sonrasında uygulanan self-miyofasyal rahatlama tekniğinin uygulama süreleri açısından kas hasarı, seçilmiş sitokin parametreleri ve performans değerlerine olumlu yönde etkilerinin olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Foamroller, Kas Hasarı, Kuvvet Egzersizleri, Self-Miyofasyal Rahatlama, Toparlanma.

ABSTRACT

Effect of Self-Myofascial Relaxation Technique on Muscle Injury

Aim: The aim of this study is to examine the effects of the SMR technique applied after strength exercises on muscle damage, selected cytokine parameters and performance in terms of application times.

Material and Method: The sample group of the study consists of 40 male participants with a mean age of 21.85 ± 1.98 who studied undergraduate education in BATÜBESYO. Three practice phases were applied to the participants. The research was done as 4 protocols. In each protocol, blood was drawn and VAS was applied before strength exercises, after strength exercises, at 24., 48. and 72. hours (after SMR applications in SMR protocols). OMNI-RES was applied after strength exercises. Field tests were performed at 24, 48, and 72 hours before each protocol.

Results: There was a significant difference between CK values in passive recovery protocol, between VAS values in SMR1 protocol, between LDH, CK, VAS values in SMR2 protocol, between CK and VAS values in SMR3 protocol, between CK and VAS values in SMR1, SMR2 and passive recovery protocols. There were significant differences between right and left claw test values in SMR1, SMR2 and passive recovery protocols; between vertical jump test values in SMR2 and passive recovery protocols; between horizontal jump and sit and lie test values in SMR1, SMR2, SMR3 and passive recovery protocols; between 20m sprint test values in SMR2 and SMR3 protocols; between T-line test values in SMR1 and SMR3 protocols; between pre-exercise measurement, post-exercise, 24th, 48th and 72 hours after exercise.

Conclusion: It was determined that the self-myofascial release technique applied after strength exercises had an positive effects on muscle damage, selected cytokine parameters and performance values in terms of application duration.

Keywords: Foamroller, Muscle Injury, Strength Exercises, Self-Myofascial Release, Recovery.

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

ACSM	American College Of Sports Medicine
ALT	alanin aminotransferaz
ANP	atrial natriüretik peptit
AST	aspartad aminotransferaz
ATP	adenozin trifosfat
BATÜBESYO	Batman Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu
BNP	beyin natriüretik peptit
CK-KK	kreatin kinaz
cm	santimetre
CPK	kreatin fosfokinaz
CRP	c-reaktif protein
DOMS	delayed onset muscle sorenes
EMS	elektro myo stimülasyon
GAS	görsel analog skala
GKA	gecikmiş kas ağrısı
IL	interlökin
Kg	kilogram
LDH	laktad dehidrogenaz
m	metre
MT	maksimum tekrar
NEH	normal eklem hareketi
NO	nitrik oksit
OMNİRES	algılanan zorluk düzeyi ölçümü
SMR	self-miyofasyal rahatlama tekniği
SMR-1	self-miyofasyal rahatlama tekniği-1 protokolü
SMR-2	self-miyofasyal rahatlama tekniği-1 protokolü
SMR-3	self-miyofasyal rahatlama tekniği-1 protokolü
ROM	eklem hareket açıklığı
sn	saniye
TNF-α	tümör nekroz faktör-alfa
VAS	visual analog scale

vb	ve bezeri
VEGF	Vascular endothelial growth factor
VKI	vücut kütle indeksi
VYO	vücut yağ oranı
YDA	yabancı dil ağırlıklı



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
Şekil 3.1. Katılımcıların Belirlenmesi.....	19
Şekil 3.2. Araştırmanın Deneysel Dizaynı	20
Şekil 3.3. Maksimum Tekrarın Tespiti	21
Şekil 3.4. Kan Alımı	23
Şekil 3.5. SMR Egzersizleri	24



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No	Sayfa No
Tablo 3.1. Uygulanan Kuvvet Egzersizleri	21
Tablo 3.2. Uygulanan Egzersiz ve Kan Toplama Zaman Dilimleri	22
Tablo 3.3. Self Miyofasyal Rahatlama Tekniği Protokolleri.....	23
Tablo 4.1. Katılımcıların Demografik Özellikleri.....	29
Tablo 4.2. Katılımcıların Pasif Toparlanma LDH, CK, VAS Parametrelerinin Değerleri.....	29
Tablo 4.3. Katılımcıların SMR1 Toparlanma LDH, CK, VAS Parametrelerinin İstatistiksel Analizi.....	30
Tablo 4.4. Katılımcıların SMR2 Toparlanma LDH, CK, VAS Parametrelerinin İstatistiksel Analizi.....	31
Tablo 4.5. Katılımcıların SMR3 Toparlanma LDH, CK, VAS Parametrelerinin İstatistiksel Analizi.....	32
Tablo 4.6. Katılımcıların Tüm Protokollerdeki Sağ El Kavrama Kuvveti Testlerinin İstatistiksel Analizi.....	33
Tablo 4.7. Katılımcıların Tüm Protokollerdeki Sol El Kavrama Kuvveti Testlerinin İstatistiksel Analizi.....	34
Tablo 4.8. Katılımcıların Tüm Protokollerdeki Dikey Sıçrama Testlerinin İstatistiksel Analizi.....	35
Tablo 4.9. Katılımcıların Tüm Protokollerdeki Yatay Sıçrama Testlerinin İstatistiksel Analizi.....	36
Tablo 4.10. Katılımcıların Tüm Protokollerdeki Otur-Uzan Testlerinin İstatistiksel Analizi.....	37
Tablo 4.11. Katılımcıların Tüm Protokollerdeki 20m Sprint Testlerinin İstatistiksel Analizi.....	38
Tablo 4.12. Katılımcıların Tüm Protokollerdeki T Line Testlerinin İstatistiksel Analizi.....	39
Tablo 4.13. Farklı Protokoller Açısından CK, LDH Parametrelerinin Öntest-Sontest Farklarının Karşılaştırma Analizi.....	40
Tablo 4.14. Farklı Protokoller Açısından CK, LDH Parametrelerinin Öntest-24 Saat Farklarının Karşılaştırma Analizi.....	40

Tablo 4.15. Farklı Protokoller Açısından CK, LDH Parametrelerinin Öntest-48 Saat Farklarının Karşılaştırma Analizi.....	41
Tablo 4.16. Farklı Protokoller Açısından CK, LDH Parametrelerinin Öntest-72 Saat Farklarının Karşılaştırma Analizi.....	41
Tablo 4.17. Farklı Protokoller Açısından CK, LDH Parametrelerinin Öntest-SMR Sonrası Farklarının Karşılaştırma Analizi.....	42
Tablo 4.18. Farklı Protokoller Açısından Sağ El Kavrama Kuvveti, Sol El Kavrama Kuvveti, Dikey Sıçrama, Yatay Sıçrama, Otur Uzan, 20m Sprint, T Line Testlerinin Öntest-24 Saat Farklarının Karşılaştırma Analizi.....	43
Tablo 4.19. Farklı Protokoller Açısından Sağ El Kavrama Kuvveti, Sol El Kavrama Kuvveti, Dikey Sıçrama, Yatay Sıçrama, Otur Uzan, 20m Sprint, T Line Testlerinin Öntest-48 Saat Farklarının Karşılaştırma Analizi.....	44
Tablo 4.20. Farklı Protokoller Açısından Sağ El Kavrama Kuvveti, Sol El Kavrama Kuvveti, Dikey Sıçrama, Yatay Sıçrama, Otur Uzan, 20m Sprint, T Line Testlerinin Öntest-72 Saat Farklarının Karşılaştırma Analizi.....	45

1. GİRİŞ

Egzersiz insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri iyi bilinmesine rağmen, fizyolojik mekanizmaları ve bu etkinin nasıl oluştuğu hakkında bazı fikirler belirsizliğini koruyor. İnsanların daha sağlıklı ve üst düzey performans sergileyebilmesi, gelişen dünya düzeni, teknolojinin ilerlemesi ve bilim sayesinde. Önemli derecede performans gerektiren zorlu spor branşlarında antrenmanlar arası toparlanma sporcunun antrenman periyodizasyonu ve müsabaka esnasında göstereceği performansı önemli derecede etkileyektir (1). Vücudumuzun en büyük organı olan iskelet kası, kasılma yoluyla kuvvet oluşturan çok çekirdekli kas liflerinden oluşmuştur. İçinde bulunduğu çevresel faktörlere fonksiyonel ve yapısal olarak cevap verme özelliğinde olan iskelet kası, üst düzey rejenerasyon kapasitesine sahip özel bir dokudur (2). Egzersize bağlı olarak oluşan kas hasarı sonrası etkin rejenerasyon süreci göz önünde bulundurulduğunda, vücudumuzun egzersize uyum sağlaması açısından kas hasarının kaçınılmaz olduğu söylenebilir. Bu bağlamda, egzersiz kaynaklı kas hasarı adapte eden mikro-travma olarak tanımlanabilir (3). İskelet kasında hasar oluşturan yorucu ve alışılmadık egzersizler performansı olumsuz etkilemektedir (4). Kas hasarı ile ilgili yapılan araştırmalar eksantrik kasılmalar içeren egzersizlerin kasta önemli ölçüde hasar oluşturduğunu belirtmiştir (5-8). Kas hasarı, kasta protein yıkımı ve bunu izleyen hücresel iltihaplanma, kasın yerel sıcaklığında bir artışa yol açarak T-tübüllerinin, sarkomerlerin, miyofibrillerin iltihaplanmasına ve sarkoplazmik retikulumun parçalanmasına neden olur. Sarkoplazmik retikulumdaki bu hasar, iyonların dağılımında bozukluklara yol açar ve bu da ağrıya neden olur (9, 10). Kas hasarının bulguları fonksiyonel, histokimyasal ve biyokimyasal olarak gruplandırılabilir. Aktivite sonucunda meydana gelen ağrı, kas hasarının belirtileri arasında ilk sırada yer alır. 24 saat içerisinde ortaya çıkan ve hiçbir aktivite yapmadan 5-7 gün arasında devam eden ağrıya, kas hassasiyeti ve sertliği de eklenir (11, 12). Enzim molekülleri büyük olması sebebiyle plazma zarından çok sınırlı miktarda geçebilirler. Fakat herhangi bir durumda (viral, hipoksi, fizik ajanlar, bakteriyel) hücre zarında hasar meydana gelirse seçici geçirgenlik özelliği bozularak hasarın derecesine göre önce membran yüzeyinde yer alan enzimler seruma karışır. Daha sonra sitozolik miktar ve molekül büyüklüklerine göre seruma geçerler. Hücresel hasar fazla ise

mitokondriler de etkilenir ve mitokondriyal enzimler kan serumuna geçer. Aktivite süresi eğrisi ve enzim aktivitesinin yüksekliği, doku hasarının derecesi ile ilişkilidir. Yüksek enzim seviyeleri, karaciğer ve iskelet kasları gibi önemli doku yapılarında hasar olduğunu gösterir (13, 14). Egzersiz sonrası oluşan kalp kası ve iskelet kası hasarını ortaya koymak için yapılan araştırmalarda kreatin kinaz (CK), aspartat aminotransferas (AST), laktat dehidrogenaz (LDH), myoglobin, beyin natriüretik peptit (BNP), atrial natriüretik peptit (ANP), troponin ve kas yapı proteinleri yaygın olarak kullanılmaktadır. CK; kas hasarının kalitatif ve en yaygın kullanılan göstergesidir (7, 14-19). Gecikmiş kas ağrısı (GKA) hiçbir şey yapmadan geçse de semptomların yoğunluğunu ve iyileşme süresini kısaltmak bireyin günlük yaşam ve sportif aktivitelere dönüşünü erkene çekmek açısından faydalıdır (20). Literatürde, GKA'nın semptomlarını önlemek veya azaltmak ve iyileşmeyi hızlandırmak amacıyla kullanılan toparlanma yöntemleri; aktif toparlanma, basınç giysileri (compression garment), antienflamatuvar ilaç kullanımı, elektro myostimülasyon (EMS) masaj, stretching (germe), sıcak-soğuk suya daldırma, kriyoterapi (soğuk modalitelerin uygulanması), hiperbarik oksijen tedavisi toparlanma egzersizleri arasında en çok kullanılan ve bilinenleridir (21). En fazla tercih edilenlerin başında gelen aktif toparlanma, pasif toparlanma sonuçlarına göre farklı sonuçlar bildirmektedir (22). Akupunktur, kinezyolojik bantlama, flossing ve foam roller GKA tedavisinde kullanılan diğer tedavi yöntemlerindendir (20, 23-25). Son yıllarda foam roller, self miyofasiyal rahatlama tekniği olarak popüler bir toparlanma uygulaması olarak kullanılmaktadır. Foam roller uygulamasının ağrıyı azaltmada etkili olduğu görülse de kesin yararları rapor edilmemiştir. Altında yatan potansiyel riskleri ve fizyolojik mekanizmaları henüz net değildir (20, 26-28). Self-miyofasyal rahatlama tekniği (SMR); kas fibrillerindeki şişme, ödem, ve spazm kaynaklı kassal gerilimi, ağrıyı ve sertliği azaltmaktadır (28). Bu bağlamda, yumuşak dokunun rejenerasyonu sonrasında (tendonlar, kas ve ligament), esneklik ve ROM artmaktadır. SMR sonrası rejenerasyon; kasın viskoelastik yapısının değişmesi, yeni damar oluşumu (anjiojenez), mitokondri oluşumundaki artış (biyojenez) ya da kas kan akımının artması, dolaşıma kapalı damarların açılımı; Vasküler endotelyal büyüme faktöründeki (VEGF) artışa bağlanmaktadır. GKA bağlı kassal ağrının ve yorgunluğun daha az hissedilmesinde SMR'nin etkileri SMR uygulamasından sonra artan parasempatik sinir sistemi aktivasyonu (oksitosin miktarında azalma ve kortizol miktarında azalma) ile açıklanmaktadır (28).

GKA, genellikle yoğun ve alışılmamış eksantrik tipte egzersizlerden meydana gelen ve 24–48 saatte zirve seviyesine ulaşan eklem hareket açıklığında azalmanın gözlemlendiği ağrı ve hassasiyete sebep olur. Herhangi bir tedavi uygulanmadığında GKA 5–7 gün sonra ortadan kalkabilmektedir (29,30). Sporcularda sık görülebilen GKA semptomları (ağrı, hassasiyet, eklem mekaniğindeki bozulmalar gibi) performansın azalması, yaralanma riskinin artması antrenman ya da yarışmalara katılımı engelleyebilmektedir (23, 31). Bundan dolayı ağır eksantrik egzersizler sonrası görülen GKA'nın en kısa süre içinde etkili yöntemlerle uzaklaştırılması gerekmektedir. Foam roller günümüzde popülaritesi artan bir uygulama olmakla birlikte, foam roller uygulamasının GKA üzerine etkisi ile ilgili yapılan çalışmalarda fikir birliğine varılamamıştır. (32-34).

Çalışmamızla foam rollerin GKA ve performans üzerine etkisine ışık tutmakla birlikte gereksiz fizyoterapi harcamalarının önüne geçerek iş gücü ve ekonomik kayıpların minime indirgenmesi, foam rollerin kullanımının pratikliği ile sporcuların sportif yaşamına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu araştırmanın amacı self-miyofasyal rahatlama tekniğinin kas hasarı üzerindeki etkisinin incelenmesidir. Bu bağlamda kuvvet egzersizleri sonrası uygulanan self-miyofasyal rahatlama tekniğinin uygulama süreleri açısından kıyaslanması, seçilmiş sitokin parametrelerini ve performansı nasıl etkileyeceği değerlendirilmeye çalışılacaktır. Literatürde antrenman ve müsabaka öncesinde ısınma amacıyla yapılan foam roller uygulamasının sporcuların kas esnekliği ve eklem hareket açıklığı üzerindeki etkisini inceleyen (35-37) birçok araştırma bulunmaktadır. Literatürde sporcuların kuvvet performansını inceleyen (37,38) sınırlı sayıda araştırma bulunmaktadır. Couture ve arkadaşlarının çalışmalarında olduğu gibi literatürdeki bazı çalışmalarda ise foam roller uygulamaları farklı süre ve setlerde kullanılmaktadır. Ancak en uygun foam roller uygulama süre ve setlerinin belirtilmemiş olmasına rağmen foam roller uygulamaları ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle yapılan bu çalışmanın sonuçları foam roller uygulamalarının olumlu veya olumsuz etkilerini belirleyebilir ve en uygun foam roller uygulama süresinin tespit edilmesinde yeni bulgular sunabilir. Buna ek olarak bu çalışmanın sonuçları antrenörler ve sporcuların foam roller uygulamalarında kendilerine uygun süreyi seçme konusunda daha fazla bilgi sahibi olabilmeleri açısından da önemlidir. Bu araştırmanın hipotezleri aşağıda belirtilmiştir.

1. Kuvvet egzersizleri sonrası oluşan kas hasarının seçilmiş sitokinler üzerinde nasıl bir etkisi vardır?
2. Kuvvet egzersizleri sonrası farklı sürelerde uygulanan SMR egzersizlerinin uygulama süreleri açısından toparlanma süresine etkisi var mıdır?
3. Kuvvet egzersizleri sonrası farklı sürelerde uygulanan SMR egzersizlerinin uygulama süreleri açısından performansa etkisi var mıdır?



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kas Hasarı

Egzersize bağılı kas hasarı ilk olarak 1900'lerin başında Hough tarafından, egzersizi izleyen ağrı ve uzun süreli güç kaybı nedeniyle tanımlandı (39). Kas hasarı, yorucu egzersiz nedeniyle kas yorgunluğu, fonksiyon kaybı, güç kaybı ve ağrı durumunu ifade eder (4). Bazı araştırmacılar kas hasarını belirleyebilmek ve sayısal veriler sunabilmek için fonksiyon kaybının ölçülmesi olduğunu düşünmüşlerdir. Ancak bazı araştırmacılar ise kasılmaya bağılı kas hasarının kas içindeki değişimlerini incelemişlerdir (40). Yapılan egzersizler sonunda kasta oluşan hasarın hangi tip egzersiz olduğunu bilinmesi gerekmektedir. Araştırmalar sonunda eksantrik kasılmaların olduğu egzersizler sonunda kasta hasar oluşturduğunu ortaya koymuştur. Bu yüzden yapılan çalışmalar genellikle eksantrik kasılmaya bağılı olarak yapılmıştır. Yüksek şiddetli eksantrik kasılmalar sarkomerin yapısını bozmaktadır ve güç üretiminde azalmaya sebep olmaktadır (41, 42). Eksantrik egzersizler sırasında kasın uzamasıyla beraber kasın kontraktıl (aktin ve miyozin) yapısında bozulmalar oluşmaktadır. Bu bozulmalar özellikle Z bandında ve myofibrillerde oluşmaktadır (41). Sarkomer yapısındaki kontraktıl filamentler sabit tutan ve kas kasılması sırasında oluşan gerimin uzunlamasına ve lateral olarak aktarımını sağlayan proteinler bulunmaktadır. Belirtilen proteinler desmin, titin, nebulin, dystrophin, synemini valindir. Titin miyozini, desmin ise aktini Z bandına bağlar. Dystrophin sarkolemmada (kas zarı) bütünlüğü korumakla görevlidir (43). Kas yapısı içerisinde Z bandındaki çizgilerin ve myofibrillerin bozuk olması oluşmuş bir kas hasarı belirteçidir (44). Hasar sürecinin başlangıcı genel olarak sarkomerin gerilmesiyle asimetrik uzamasındaki homojen eksikliğidir. Eksantrik kasılmalar boyunca zayıf olan sarkomerler uzunluk değişiminin bir kısmını absorbe edebileceği düşünülmüştür (45). Bu öneriye ek olarak yapılan çalışmalar eksantrik kasılma süresinde kas boyunun uzunluğu hasar derecesinde etkili bir faktör olduğu ortaya çıkmıştır (46). Hasar sürecinin oluşmasında bir başka sebep ise kalsiyum değerlerindeki azalma, olası inflamatuvar reaksiyonlar ve reaktif oksijen türlerinin üretimidir (47). Kaslarda bulunan kalsiyum fazlalığı kalpain adı verilen kas proteazların aktivasyonundan sorumludur. Proteazlar myofibrilleri bir arada tutan proteinleri (desmin ve alfa-aktinin) parçaladığından egzersiz sonrası kas hasarı ile

ilişkilendirilmektedir. Myofibrillerden salınan proteinlerin kalpainer yüzünden bozulması, ubiquitin-proteazın gibi diğer proteolitik yolları arttırdığı görülmüştür (48). Kalsiyum artışı iskelet kası mitokondirisinde de alışıık olunmayan egzersiz sonucunda görülmektedir (49, 50). Egzersizle oluşan kas hasarı gecikmiş kas ağrısı kuvvette azalma gibi etkilerin yanı sıra glukoz alımında, insülin hassasiyetinde azalma, glikojen sentezinde bozukluk, oksidatif olmayan metaboliamaya kayma gibi sonuçlarla karşılaşılmaktadır (51). Kas biyopsisi ve görüntüle yöntemi egzersiz sonrasında oluşan kas hasarını belirlemek için kullanılan iki farklı yöntemden biridir. Diğeri ise dolaylı olarak kabul edilen kan serum değerlerine bakılarak yapılan kandaki enzim aktivitelerini inceleyerek belirlenmektedir. Kas biyopsisi veya görüntüleme tekniğı, hem çok pahalı ve bir o kadar da uygulaması zordur. Kas biyopsisi değerlendirilirken tek bir bölgeden alınan örneğın hasarı tespit etmede net sonuçlar vermemiştir. Görüntüleme tekniğı ise kasın tamamında oluşan hasarı belirleyebilir. Ancak doğrudan ölçüm yöntemlerinin uygulama açısından zorluk yaşattığı için tercih edilmemektedir (4). Diğeri yöntem kandaki kas enzim proteinlerinin serum seviyeleri, kasta şişlik, kuvvette azalma, gecikmiş kas ağrısı, eklem genişliğinde azalma gözlemlenen etkilerdendir (52-55). İskelet kası enzim proteinleri (CK, kreatin fosfokinaz (CPK), myoglobin, LDH, AST, ALT, myozin) ile kas hasarını belirlemek için egzersiz öncesi ve sonrası kan serum düzeyi değerleri alınır. En yaygın olarak CK enzimi kullanılır (56-59). Kas hasarını belirlemede CK ile ilişkili AST ve LDH enzimleri de yaygın olarak bakılan değerlerdir (60-62).

2.2. Gecikmiş Kas Ağrısı

GKA, egzersiz kaynaklı kas hasarı sonucu oluşan vücutta geçici olarak metabolitlerin ve doku hasarının yan ürünlerinin biriktiğı klinik bir tablodur (23, 63). GKA, kısmi (II. derece) veya tam (III. derece) kas yırtılmasını içermeyen, birinci derece kas gerilmesi ve/veya mikro yırtık olarak düşünülebilir (23). Bu özelliğinden dolayı GKA, tip 1 gerilme yaralanması olarak sınıflandırılır (23,29). Semptomları ağrı, palpasyon ve/veya harekete karşı hassasiyet ve ödeme ek olarak eklem hareket açıklığında, performans ve kuvvette azalmadır (23). Ortaya çıkan ağrı ve hassasiyet genellikle kasın distal bölümünde (kas-tendon kavşağında) başlar, 24-48 saatte belirgin hale gelir ve 24-72. saatler arasında ise en yüksek değerlerine ulaşır (64, 65). Kas liflerinin kas tendon kavşağından hemen önce oblik düzen göstermesi bu bölgeyi gerilim kuvvetlerine ve dolayısı ile egzersiz kaynaklı kas hasarına karşı savunmasız hale

getirir (23). Böylece kas tendon kavşağındaki kas liflerinin kontraktıl elemanları mikroskobik hasara uğrar. Sonuçta, kas hasarına uğrayan dokuda ortaya çıkan inflamasyon ve ödem bu bölgede yüksek miktarda bulunan ağrı reseptörlerini uyarılara karşı hassaslaştırarak zincirleme bir şekilde GKA semptomlarının çıkmasına neden olur (23, 29). Böylece kasa bir uyarı geldiğinde ya da bölge hareket ettiğinde reseptörler kolayca aktive olarak ağrı ortaya çıkar. Oluşan ağrı nöromüsküler kapasitenin iyileştirilmesiyle 5-7 gün içinde kademeli olarak ortadan kaybolur (64, 65). Ağrı ve hassasiyet egzersizin yoğunluğu ve şiddeti ile ilişkilidir (66). GKA'nın şiddetli yüklenmelerde (67), kasılma hızının yüksek olduğu durumlarda (68), kas gerginliğinin fazla olduğu açılarda yapılan egzersizlerde (69) , ve kişinin sedanter olması durumunda (70) daha şiddetli seyrettiği gösterilmiştir. GKA'da oluşan kas hasarının hafif olduğu düşünülmesine rağmen sportif performansı kötüleştiren, günlük yaşam aktivitelerini kısıtlayan bir durumdur (26, 71). İzometrik ve konsantrik egzersizlerle oluşabileceği gibi dirençli bisiklet çevirme, yokuş aşağı koşma, basamak ve izokinetik egzersizleri gibi eksantrik kasılmaları içeren aktiviteler önemli ölçüde daha büyük kas hasarlarına neden olmaktadır (23, 72).

2.3. Gecikmiş Kas Ağrısı Mekanizmaları

GKA, yoğun türde yapılan egzersizleri takiben çok yaygın bir semptom olarak karşımıza çıkmaktadır (23). Fakat neden egzersiz sırasında veya egzersizden hemen sonra değilde gecikmeli bir şekilde ortaya çıktığı, bununla birlikte neden konsantrik kasılmalardan çok eksantrik kasılmaların GKA'yı tetiklediği tam olarak aydınlatılamamıştır (23, 73). Birçok çalışmada, histolojik, ultrastrüktürel ve biyokimyasal bulgulara dayalı olarak GKA'nın mekanizmasını anlamak için çeşitli teoriler önerilmiştir. Bunlar; laktik asit, kas krampları, bağ dokusu hasarı, kas hasarı, iltihaplanma, enzim akışı ve nöronal mikro hasar teorileridir. (23, 29, 73, 74).

2.3.1. Laktik Asit Teorisi

Laktik asit, kas metabolizmasının bir yan ürünüdür ve birikimi, kas hasarı, rahatsızlık ve ağrı ile bağlantılıdır (23). Laktik asit teorisi ise egzersiz bittikten sonra laktik asidin üretilmeye devam ederek GKA'ya neden olduğu varsayımına dayanmaktadır (29, 75). Fakat, konsantrik kas kasılmalar sırasında açığa çıkan yüksek yoğunluklu laktik asitin GKA'ya neden olmaması ve eksantrik egzersizlerin diğer egzersiz türlerine göre daha düşük enerji gereksinimi içerip daha az laktat üretimi

gerçekleştirme durumları GKA ile uyuşmamaktadır (76). Bu nedenle, bu teori geniş çapta reddedildi. Sonuç olarak, laktik asidin yorucu egzersiz sonrası akut yorgunlukla ilişkili ağrıya katkıda bulunabileceği ancak egzersizden sonraki 1. ve 2. günlerdeki GKA hissine bağlanamayacağı bildirilmiştir. (77).

2.3.2. Kas Spazmı Teorisi

Eksantrik egzersizlerden sonra artmış istirahat kas aktivitesi seviyesinin tespit edilmesi, kas spazmı teorisinin geliştirilmesine neden olmuştur (78). İstirahat sırasında artan kas aktivasyonu motor ünitelerin tonik lokalize kas spazmına girmesine neden olur. Kas spazmı sonucu lokal kan damarları kompresyona uğrayarak iskemiye girer ve ardından ağrı maddeleri birikim gösterir (23, 79). Ağrı maddelerinin birikmesi sinir uçlarının daha fazla uyarılıp iskemik durumun uzatılması ve daha fazla kas spazmına neden olur. Böylece kas spazmı-ağrı kısır döngüsü başlar ve ağrıyla ilgili sinir sonlanmalarının daha çok uyarılması, daha fazla refleks kas spazmı ve uzamış iskemiye bu durumda GKA'ya neden olur (23, 76). Bununla birlikte, uni- ve bi-polar yüzey elektromyografisi kullanılarak yapılan çalışmalar, kas spazmı teorisi ile ilgili olarak kesin bulguları gösterirken (78), bunun aksine egzersiz öncesi ve sonrası EMG aktivitesi arasında değişiklik tespit etmeyen çalışmalarda mevcuttur (80, 81). Sonuç olarak, bu teori her ne kadar GKA'yı açıklasada tartışmalı yönleride bulunmaktadır.

2.3.3. Konnektif Doku Hasarı Teorisi

Konnektif doku, kas liflerinin etrafını saran ve destekleyen bir yapıdır. Kaslar tip I (yavaş kasılan) ve tip II (hızlı kasılan) olarak 2 çeşit lif tipinden oluşur. Tip I lifler tip II liflere oranla daha dayanıklı olduğu için herhangi bir gerilim sonucunda tip II liflerin hasarla karşılaşma oranları daha yüksektir (82). Konnektif doku teorisi ise GKA'nın kasın elastik komponentlerinin aşırı yüklenmesinden kaynaklandığını savunmaktadır (23). Yoğun türde yapılan eksantrik egzersizler kas liflerinde yüksek gerilim kuvveti oluşturur. Bu durum, kas tendon kavşağı, konnektif doku ve kas lifi etrafındaki yapısal proteinlerde dağılma meydana getirir. Konnektif dokuda meydana gelen bu zedelenme kas ağrısı veya hassasiyete sebep olarak GKA'ya neden olur (23, 75). Yapılan çalışmalar, GKA'nın kollajen dokuda bulunan hydroxyproline ve hydroxylysine gibi aminoasit miktarlarını arttırarak 48.saatte maksimum düzeye çıkarttığı ve bununda GKA zirve zamanıyla uyumlu olduğunu göstermiştir. Gerilme ve aşırı kullanım hasarından kaynaklı, kollajen bozulması sonucu aminoasitlerin ortaya çıkabileceği

düşünülmekle beraber artışa yol açan spesifik mekanizma belirsizliğini korumaktadır (23, 79).

2.3.4. Kas Hasarı Teorisi

Bu teori, eksantrik egzersiz sonrasında gerilim altındaki kasın uzamasıyla birlikte özellikle Z bantlarında bulunan myofibrillerin bozulması ile karakterizedir (23,39). Yapısal elemanlardaki bu hasar ve mekanik bozunma, özellikle en dar ve en zayıf Z-çizgilerine sahip olan tip II liflerde artmaktadır. Sonuç olarak kas bağ dokusu, arteriyoller, kılcal damarlar ve kas-tendon bileşkelerinde yer alan nosiseptörler uyarılır ve ağrı duyusunu indükleyerek GKA oluşumunu tetikler (23). Bu teori, egzersizden sonra kanda kasa özgü proteinlerin varlığı ile desteklenir. Normal dinlenme koşullarında 100 IU/L olan serum keratin kinaz (CK) düzeyi eksantrik egzersizleri takiben 24–48 saat sonra Z bandında oluşan bozulma ile kas hücre membranlarının geçirgenliğindeki artışa bağlı olarak 40.000 IU/L' ye kadar yükselebilir. Egzersizin niteliğine göre 3-7 gün içinde değer tepe noktasına ulaşır ve 7-14 gün içinde normal seviyelere döner (83). Ancak egzersiz sonrası serum CK düzeylerinin ne kadar arttığı hakkında gerekli bir fikir birliği yoktur ve bu enzim düzeyinin 5. güne kadar artabileceğini bildirilmiştir. Sonuç olarak, kas hasarı teorisi gecikmiş kas hasarının başlangıcı için kısmen açıklayıcı olarak kabul edilmektedir (23).

2.3.5. İnflamasyon Teorisi

Tekrarlı eksantrik kas kasılmalarının ardından cevap olarak ödem oluşumu ve inflamatuvar hücre infiltrasyonunun görülmesi durumuna dayanmaktadır (84). Proteolitik enzimler, kas liflerinin yapısında bulunur ve yaralanma sonrası hücrelerin lipid ve protein yapılarının bozulmasına neden olur. Kas hasarı sonrası histamin, bradikinin ve prostaglandin birikimine ekstra hasar görmüş kas liflerinin ve bağ dokusunun lipid ve protein yapısının bozulması, monosit ve nötrofilleri yaralanma bölgesine çeker (85). Akabinde proteinden zengin sıvı kaslara akar ve eksantrik egzersizden sonra damar geçirgenliği artar (86). Sonuçta, ozmotik basınç artar ve grup III-IV duyuşal nöronlar aktive olarak GKA oluşur (87). Fakat yapılan çalışmalar, ödem seviyesinin maksimum seviyede olduğu zaman aralığının, kas ağrısının maksimum olduğu zaman aralığı ile uyuştuğunu ama aynı uyumun inflamatuvar hücre infiltrasyonu için geçerli olmadığını belirtmektedir (88). Bazı araştırmacıların bu mekanizmayı basitçe doku sıvı teorisi

olarak belirtmesine yol açtı. (75). Sonuç olarak inflamasyonun tek başına GKA'dan sorumlu mekanizma olup olmadığı tartışmalıdır (29, 79).

2.3.6. Enzim Akış Teorisi

Bu teori, normalde sarkoplazmik retikulumda depolanması gereken kalsiyumun, kas yaralanmasını takiben sarkolemmaya zarar verecek şekilde yaralı kasta biriktiği varsayımına dayanmaktadır (29, 75). Bu anormal kalsiyum birikiminin, mitokondriyal seviyede hücrel solunumun inhibisyonuna yol açtığı düşünülmektedir. Bu durum, kalsiyumun sarkoplazmik retikuluma aktif olarak taşınması için gerekli olan adenozin trifosfatın (ATP) yavaşlamış bir rejenerasyonu ile sonuçlanır. (23). Ayrıca kalsiyum birikiminin proteazları ve fosfolipazları aktive ettiği ve lökotrienler ve prostaglandinlerin üretimi yoluyla sarkolemmaya daha fazla zarar verebileceği düşünülmektedir (29, 89). Tüm bunların bir sonucu olarak, zayıflamış Z çizgilerindeki kas proteini dejenerasyonunun artması ve ağrıdan sorumlu sinir uçlarının kimyasal stimülasyon ile uyarılarak GKA'ya neden olduğu bu teorinin varsayımıdır (23, 75).

2.3.7. Sinirlerin Mikro Hasarı Teorisi

Son yıllarda Sonkodi ve ark. tarafından sinirlerin mikro hasarı teorisi ortaya atılmış ve bu teoriye “isteğe bağlı tetiklenen kompresyon ile oluşan akut aksonopati” adı verilmiştir (80). Normal şartlarda kas içiğinin dış kapsülü düzleştirilmiş perinöral hücrelerden oluşur ve periaksiyal boşlukta sıvı ile doludur. Kas içiğinin afferent ve efferent sinirlerinin perinöryumu dış kapsülle devamlılık gösterir ve kan-beyin bariyeri gibi seçici bir bariyer olarak görev görür (90). Bu teoriye göre eksantrik egzersizler, kas gövdesini aşırı derecede uzatarak kas içi sıvının depolandığı alanı daraltır. Kasılma öncesi durumuna göre daha az yer kaplayan sıvı myelinsiz durumda olan motor (alfa/gama motor nöronlar) ve duyu (tip Ia/tip II) sinirlerine kompresyon uygulamaya başlar. Artan basınç, kas içiği içindeki sinir uçlarını bulundukları yere hapseder ve eksantrik kasılmalar tekrarladıkça sinir terminallerinde mikro yaralanmalar oluşarak GKA'ya yol açabilir (80).

2.3.8. Diğer Teoriler

Araştırmacılar GKA'nın başlangıcını tek bir teorinin açıklayamayacağı görüşündeler. Bu amaçla, bazı araştırmacılar, GKA olaylarını açıklamak için

yukarıdaki teorileri birleştiren benzersiz olay dizileri önerdiler (71, 76). GKA'nın kas ve bağ dokusu hasarı ve/veya müteakip inflamatuvar yanıtlarla ilişkili olduğu genel olarak kabul edilmektedir (23). Özetle GKA mekanizması aşağıda da açıklandığı gibi birbirini takip eden olaylar zinciri şeklindedir. Diğer kasılma türlerine göre eksantrik kasılmalar sırasında daha az sayıda motor ünitenin görev alması ve dıştan uygulanan yükün, kasın uygulanan yüke karşı aktif olarak direnç gösterme yeteneğini aşarak kası uzamaya zorlaması kas içi aktif gerilimin artmasına neden olur (91). Artan gerilim, kas gevşemesi sırasında çapraz köprülerin ayrılması için daha büyük bir kuvvete gereksinim doğurur (63). Buna bağlı olarak, aktif motor ünite başına düşen gerilim artar ve aktif kas lifleri ile kasılmayan yapılara daha büyük mekanik stres uygulanır (92). Artan mekanik stres aşırı gerilmiş sarkomerlerin organizasyonunu bozarak sarkolemmanın zarar görmesine, transvers tübül dilatasyonuna, sarkoplazmik retikulumun dağılarak serbestlenen Ca^{+2} 'un azalmasına ve sonuçta uyarılma-kasılma mekanizmasının bozulmasına neden olur (93). Böylece güç ve performans kaybı oluşarak ilk mekanik hasar gerçekleşir ve hemen ardından pro-inflamatuvar sitokinlerin serbestlenmesi ile ikincil hasar oluşumu tetiklenir (94). İkincil yaralanma durumu, bağışıklık sisteminin birincil yaralanmaya verdiği yanıttır. Lökositler, doku yeniden şekillenmesinin sinyalini vermeden önce fagositoz yoluyla hasarlı bölgeden hasarlı bölgeye hareket eder. (95). Bu inflamatuvar yanıt, ödem ve ağrı gibi semptomların görülmesine neden olurken (96), bradikinin ve sinir büyüme faktörünün salınımının artmasının mekanik uyarılara karşı hiperaljezi gelişimini tetikleyerek GKA'da rol oynadığı belirtilmektedir (76). Sonuç olarak, birincil ve ikincil hasar durumu ağrı nosiseptörlerinin (grup III-IV afferentler) uyarılarını, inflamasyon ve nekroz semptomlarını tetikleyerek GKA'ya neden olur (96).

2.4. Gecikmiş Kas Ağrısı Bulguları

2.4.1. Kas Hasarı ve İnflamasyon Biyobelirteçleri

GKA'da oluşan kas hasarının tespiti edilmesinde serum CK, laktat dehidrogenaz (LDH), miyoglobin, aspartat aminotransferaz (AST) ve alanin aminotransferaz (ALT) oluşan inflamasyonun belirlenmesinde ise interlökin-6 (IL-6), interlökin-10 (IL-10), interlökin-1 beta (IL-1 β), tümör nekroz faktör-alfa (TNF- α) ve C reaktif protein (CRP) analizleri kullanılmaktadır.

Kreatin Kinaz (CK) : Serum CK, kas kontraksiyonu sırasında ATP'yi uygun seviyede tutmakla görevli kas içi enzimdir (97). Ayrıca kas hasarının en önemli belirtisi olarak egzersiz sonrası artış gösteren ve geçerliliği en fazla kabul edilen proteindir (98, 99). CK vücudumuzda en yüksek seviyede iskelet kası, kalp kası ve beyin dokusunda bulunmaktadır. Beyinde bulunan CK enziminin dolaşıma geçmesi çok zordur bu yüzden vücudumuzda var olan CK enzimi kas ve kalp dokusundaki miktarı ölçülerek bulunabilir. CK enziminin seviyesinin yükselmesinin sebebi iskelet ve kalp kasında oluşan hasardan kaynaklanmaktadır (100). CK enziminin yükselmesinin başka sebepleri de vardır bunlar; kalp yetmezliği, kalp ameliyatları, iskelet kası travması, aşırı egzersiz, malin hipotermi, hipotriodi, beyin hasarı, prostat mesane ve sindirim sistemi bozukluklarıdır (101). Serum CK'nın en aktif olduğu yer iskelet kasıdır ve egzersize bağlı kas hasarı olduğunda plazma ve serumdaki aktivitesi artar (102). Yüksek serum CK seviyeleri, miyositleri çevreleyen zarların yırtıldığını veya geçirgenliklerinin arttığını gösterir. Egzersizden sonra serum CK'nın pik zamanı, egzersizin tipine, yoğunluğuna ve süresine göre değişir. Genel olarak serum CK seviyesinin egzersizi takiben 2-12 saat arasında yükselmeye başladığı, 24 saat sonra en yüksek seviyesine ulaşarak 48 saat devam ettiği söylenebilir (5, 103). CK serumunun normal değeri erkeklerde 55-170 U/L, kadınlarda 30-135 U/L'dir. (104).

Laktat Dehidrogenaz (LDH): LDH, laktatı piruvata dönüştüren sitoplazmik bir enzimdir. Aktivitesi tüm vücutta ve tüm hücrelerde bulunmaktadır. LDH, CK enzimi gibi kalbin dışında eritrositlerde, böbreklerde, beyinde, midede ve iskelet kasında bulunmaktadır. Kas hasarı oluşan durumlarda seviyesi artmaktadır (105, 106). LDH enzimi LDH1, LDH2, LDH3, LDH4 ve LDH5 olmak üzere beş izoenzimi bulunmaktadır (100). Alışılmadık türde yoğun egzersizler sonrası artış gösterir. Egzersiz sonrası oluşan kas hasarında LDH seviyeleri ilk 6 saat içinde yükselmeye başlar ve 24-48'de pik seviyelerine ulaşır. 72 saat sonra egzersiz öncesi seviyelere geri döndü (107).

2.4.2. Kas Ağrısı ve Hassasiyet

Egzersiz kaynaklı kas hasarı sonucu ortaya çıkan akut kas ağrısının mekanizması bilinmesine rağmen GKA nedeniyle oluşan ağrı ve hassasiyetin etiyolojisi tam olarak aydınlatılamamıştır (29). Kabul gören teori, GKA'da kas ve bağ dokularındaki hasara bağlı gelişen inflamasyonunun prostaglandin, histamin ve bradikinin gibi zararlı kimyasallar ile mekanoreseptörleri uyarıp hareketlere karşı hassaslaştırarak ağrıya

neden olduğudur (99, 108). Ortaya çıkan bu ağrı ve hassasiyet kasın distal kısmındaki kas-tendon kavşağında ve kas gövdesi boyunca görülür. Bu durum egzersizi takiben 8–72 saat içinde ortaya çıkar ve 24–48 saatte peak seviyesine ulaşırken 5 ile 10 gün arasında kaybolur (4, 109). GKA'da ağrının arttığı ve hassasiyet eşiğinin düştüğü bilinmekte olup, ağrı Vizüel Analog Skala (VAS) ile, kas hassasiyeti ise hassasiyet eşiği ile değerlendirilir. (109).

2.4.3. Eklem Hareket Açıklığında Azalma

Konnektif dokunun kas liflerine paralel uzanması ve kas tendon kavşağında meydana gelen ödemin GKA sonrası normal eklem hareketinin (NEH) azalmasında etkili olduğu bildirilmektedir (23, 110). Yapılan çalışmalar eksantrik egzersiz sonrası, NEH'in azaldığını bunun 10 gün sonra bile normale dönmediğini göstermiştir (23, 79).

2.4.4. Kas Kuvvetinde Azalma

Yapılan egzersiz çeşidine göre kas kuvvetinde bir miktar azalma meydana gelebilir. Eksantrik egzersizler sonrası kas kuvvetinde ortaya çıkan azalma ilk 48 saatte en yüksek değere ulaşırken 5-10 gün içinde normale dönebilir. Konsantrik egzersizler sonrası bu azalma birkaç saat sonra normale döner ve bu azalmanın nöral veya metabolik yorgunluğun sonucunda oluştuğu düşünülmektedir (111). Yokuş aşağı koşma, egzersizden hemen sonra kas gücünde %10-30'luk bir düşüşe ve eksantrik kasılmalar kas hasarına neden olabilirken, yüksek yoğunluklu egzersiz daha fazla güç kaybına (%50-65) neden olabilir ve iyileşmesi daha uzun sürebilir. (99, 112). Ayrıca yapılan çalışmalar daha uzun pozisyonlardan başlayarak kasılan kasların daha fazla kuvvet kaybına uğradığını göstermektedir (30, 99).

2.4.5. Performansta Azalma

GKA semptomlarından olan kas ağrısı ve hassasiyetin yanı sıra kas fonksiyonu ve eklem mekaniğinde meydana gelen değişiklikler performans kayıplarına neden olur (113). Bu değişimler yapılan egzersizin türü, şiddeti ve kişinin fiziksel yapısı ile karakterizedir. Performansta meydana gelen azalma özellikle sporcularda yarışmalar sırasında önemli yaralanmalara ve kayıplara neden olmaktadır (23). Performans kaybının tekrar kazanılması, ağrı veya NEH'in tekrar kazanılması kadar kolay değildir (114). Ayrıca yorgunluğun, kas ve tendonlardaki propriyoseptif sensörlerin bozulmasına ve performans azalmasına neden olabileceği de belirtilmektedir (115).

2.5. Toparlanma Yöntemleri

Özellikle üst düzey sporcularda, egzersiz sonrasında oluşan GKA'dan sonra toparlanma yöntemleri kullanılmaktadır. GKA'nın önlenmesi, egzersiz sonucunda oluşan kas hasarının iyileşmesi ve tedavisi, kas gücü ve performans düzeyinin geri kazanılmasını sağlar (116). Gecikmiş kas ağrısında tedavilerin amacı; semptomların önlenmesi, miyotendinöz yapıdaki esneklik ve fonksiyonunun yeniden kazanılmasıdır. GKA'da uygulanan ilaç tedavileri ve diğer tedavilerin yanında; fizyoterapi yöntemlerinde; germe, elektroterapi uygulamaları masaj, kompresyon, sıcaklık ajanları, ve egzersiz, foam roller uygulaması kullanılmaktadır (20, 23, 71, 75, 79, 117). Vibrasyon, kontrast banyo, akupunktur GKA tedavisinde kullanılan diğer tedavi uygulamalarındandır (20, 23, 25, 118). En çok tercih edilen toparlanma yöntemi aktif toparlanma olmasına rağmen pasif toparlanmaya olan üstünlüğü ile ilgili çelişkili sonuçlar bildirilmektedir (22, 119). Yorgun kasa yeterli düzeyde kan akımının sağlanması aktif toparlanmanın kritik noktasıdır (120). Aktif toparlanmanın doğru şiddet ve sürede uygulandığında kasın kanlanma düzeyini, PCr sentezini ve oksijenlenmesini arttıracak ve böylelikle H^+ ve laktatın hızla uzaklaştırılarak toparlanmanın sağlanacağı bildirilmektedir (22, 120, 121). Bu konudaki bir başka bakış açısı da, maksimum kalp atış hızının %30-60'ında yapılan egzersizlerde tip I kas liflerinin baskın olduğu ve bu tip I kas liflerinin enerji için kas içi laktatı okside ettiği ve bu durumda kas yorgunluğunun ortadan kalktığıdır. (122). Bazı araştırmacılar, pasif iyileşmenin aktif iyileşmeden daha faydalı olduğuna ve pasif iyileşmedeki kas oksijenasyonunun aktif iyileşmeden daha iyi olduğuna, böylece PCr yeniden sentezinin daha hızlı olacağına inanıyor. (119). Köpük yuvarlama kullanılarak yumuşak doku rejenerasyonu için diğer kurtarma yöntemlerine bir alternatif olarak kendi kendine miyofasyal gevşetme (SMR) egzersizlerinin son zamanlardaki popüleritesi sporcuların, fitness katılımcılarının, fizyoterapistlerin ve antrenörlerin dikkatini çekmiştir. (123-125).

2.6. Miyofasyal Sistem

Fasya, bütün bedeni gergin bir ağ şeklinde sarmalayan, fibröz kollajen yapılu kemik, kas, eklem, kan, sinir gibi konnektif dokuların bütününe kapsayan ve soluk görünümün bir anatomik yapıya sahiptir (126). Her vücut tipi fasya ile çevrilidir ve gerek her doku gerekse de organ için fasyalar, form ve işlev temin eden bir süreklilik arz

ederler. Fasyaları birbiri ile etkileşim içinde olan bir işlevsel ünite şeklinde kabul etmek yanlış olmaz (127). 1500’lü yıllara dayanan fasya ile ilgili çalışmalar, Dr. Janet Travell’le (1901-1997) birlikte doktor ve terapist gibi sağlık çalışanları tarafından üzerinde yoğun araştırmaların yapıldığı ve fasya’nın dikkat çektiği dönem başlamaktadır. “*Tetik nokta (trigger point)*” kavramı Dr. Raynold L. Nimmo tarafından ilk kez 1929 yılında kullanılmıştır (128). 1931 yılında Almanya’da trigger pointle ilgili ilk manuel basılmıştır (129). Fasya’nın; myofasyal hatları meydana getirdiği düşünülmeye karşılık altı hattan sadece üçünün var olduğu (ön fonksiyonel hat, yüzeyel sırt hattı ve fonksiyonel sırt hattı) ile ilgili delillere ulaşılabilmektedir. Lateral ve Spiral myofasyal hatlar için “tamamen yok” demek yanlış olmakla birlikte varlıkları ile ilgili delilleri güçlü tutmaktan uzak bir noktadır (130). Sağlıklı fasya; kas liflerinin kasılmasını ve gerilmesini sağlayan yumuşak, esnek bir kıvama sahiptir. (131). Yaralanmalar, aktif olmama, enflamasyon, zorlama, (antrenman, müsabaka, vb.) fasya’nın yapısında bozulmalara, dehidratasyon meydana gelmesine sebep olur. Elastikiyet yeteneğini yitiren fasya kalınlaşır, bu kalınlaşma elastikiyet seviyesinde, kassal kuvvet ve güç üretiminde eklem hareket açıklığında (ROM) kayıplara yol açar. Ayrıca fasyada tetik nokta adı verilen fibröz yapışıklıklar bulunur. (125). Fasyanın, kas iskelet sisteminin biyomekanik yapısında önemli bir yeri vardır. Kas ve fasya birbiri ile myofasyal sistemi meydana getirirler ve fasyada oluşabilecek işlevsel kayıplar, kas kuvveti ve güç üretimine de doğrudan etki etmektedir (132).

2.7. SMR Egzersizlerinin Etki Mekanizması

Myofasyal rahatlama kavramı ilk defa 1981 yılında Michigan Eyalet Üniversitesi’nde Pecham, Chila ve Menhaim tarafından ders sırasında kullanılmıştır (133). Miyofasyal gevşetme, fasyayı mekanik olarak uyararak ve çevreleyerek kasları gevşetmek için uygulanan manuel terapilerden biridir (134). Fasyada oluşan hasarı masaj ve benzeri uygulamaların onardığı düşünülmektedir (135, 136). Vasküler endotel fonksiyonunun gelişimi, vazoaaktif (vazokonstriktör-dilate) bir madde olan nitrik oksitin (NO) salınmasına yol açar. SMR'den sonra, artan kas kan akışı ve artan laktat eliminasyonuna bağlı ödem azalması nedeniyle yumuşak doku restore edildi, bu da SMR'nin performans parametreleri veya fizyolojik parametreler üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu düşündürüyor (124). Miyofasyal gevşetme uygulamaları dokular üzerindeki olumlu etkilerinden dolayı günümüzde popüler hale gelmiştir. Günümüzde fizyoterapistler ve kiropraktörler sürtünme, basınç, masaj, germe gibi farklı teknikler

uygulayarak kas hasarını azaltırlar (137). Uygulamanın negatif kısmı ise uzun zaman almasıdır (138). Yumuşak doku yaralanması tedavisinde kullanılan Self-miyofascial release (SMR) tekniği, oldukça popüler ve miyofasyal gevşetme teknikleri içerisinde yer alan bir tekniktir (125). Myofasyal rahatlama yöntemi kas ve fasyaya basınç uygulanarak yapılan manuel terapi yöntemleri olarak tanımlanmaktadır (133). Sporda performansı artırmak için kullanılan foam roller, kendi kendine yapılan myofasyal gevşetme yöntemidir (139). SMR teknikleri bir bireyin yumuşak dokuya basınç uygulayabilmesi için, silindirik bir şekli olan foam roller üzerinde kendi vücut ağırlığını kullanarak yapılan bir teknik olarak da tanımlanabilir. SMR teknikleri kasın proksimal kısmından başlayarak, kasın distal kısmına doğru veya tam tersi şekilde foam roller üzerinde ileri geri küçük dalgalanmalar biçiminde uygulanan bir yöntemdir (138). Küçük dalgalanmalar, yumuşak doku üzerine basınç uygular, dokuyu gerer ve yumuşak doku ile foam roller arasında sürtünme oluşturur. Dalgalanmalardan üretilen sürtünme, fasyanın ısınmasına ve daha plazma benzeri bir form kazanmasına neden olduğu söylenebilir (140).

2.8. Foam Roller

Foam roller çeşitli boyut ve sertliği olan silindirik bir alettir. Foam rollerin yapısı, hafif yoğunluklu bir köpükten, daha yoğun bir köpük kaplaması olan sert katı plastik silindire kadar değişmektedir (141). Foam roller, elde tutulabilen plastiklerdir (142) ve sporcular tarafından her alanda yapılabilen bir uygulamadır (143). Foam roller, fizik tedavi uzmanları ve fitness profesyonelleri gibi çeşitli spor disiplinlerinde geniş bir sporcu kitlesi tarafından yoğun ilgi gören (144) ve son yıllarda kullanımı giderek artan bir uygulama olmuştur (36). Egzersiz rehabilitasyonu ve fitness alanında bağ doku gevşemesi için, egzersize hazırlanma ve kas fonksiyonlarının iyileştirilmesinde foam roller kullanımı yaygın hale gelmiştir (37). Genel olarak foam rollerin 36 inç ve 18 inç olan boyutları kullanılır (141). Foam roller, spor rehabilitasyonu ve egzersiz de dahil olmak üzere birçok alanda kullanılan bir yöntemdir (37). Foam roller performansı artırmak, egzersiz sonrası iyileşmeyi kolaylaştırmak ve aynı zamanda bağ doku bozukluklarını tedavi etmek için kullanılmaktadır (145). Foam roller, bir bireyin kendi kendine masaj uygulaması olarak tanımlanabilir (146). Foam roller uygulaması, uygulanacak kasın silindir biçimindeki bir aparat olan foam rollerin üzerine konularak vücut ağırlığı ile kasın üzerinde ileri geri hareket edilerek yapılan bir uygulamadır (37). Foam rollerin temas ettiği bölgede bir esneme oluşur. Bu esneme, golgi tendon

organları olarak bilinen yakınlardaki germe reseptörlerini uyararak bölgesel bir pasif germe sağlamaktadır (147). Bu reseptörlerin gerilmesi, kasın gevşemesine izin veren fizyolojik bir etki olan autogenic engellemeye neden olabilir. Foam rollerın bu tetikleme noktaları üzerindeki basınçtan alınan derin doku masajı, yaralı veya aşırı sıkı kaslarda biriken lifli yara dokusunun parçalanmasına yardımcı olur. Bu yara dokusunun parçalanması kasın esnekliğini ve uzaya bilirliliğini artırır. Derin masaj aynı zamanda bölgeye oksijenli kan getirirken, bölgedeki metabolitleri ve toksinleri temizleyen kan akışını da artırabilir (147). Foam roller, antrenmanlardan önce, antrenman sırasında veya sonrasında yaygın olarak kullanılmaktadır (148). Foam roller tekniklerinin kullanımı, iyileşme döngüsünde gelişmeler sunarak yaralanma riskini azaltmak amacıyla kullanılan en yaygın yöntemlerden biri olmuştur. Foam roller tekniklerinin bir yorulma protokolünden sonra geri kazanım üzerindeki etkileri rapor edilmiştir; bunlar algılanan yorgunlukta iyileşmeler, kas ağrısında azalmalar ve kan akışındaki artışları içermektedir (125, 149-151). Esnekliğe olan etkisine odaklanan son çalışmalar kalça eklemi, diz eklemi, hamstring kasları ve ayak bileği eklemi için hareket açısında bir artışın meydana geldiğini bildirmişlerdir (125, 132, 146, 152). Bazı çalışmalar, foam roller uygulamasının kas iyileşmesi üzerindeki etkilerini gözlemiş ve akut kas ağrısı, egzersiz sonrası kas ağrısı ve egzersiz sonrası uyarılmış kas hasarından sonra kas performansını arttırmak için foam roller uygulamasını tavsiye etmişlerdir (125, 138).

3.MATERYAL VE METOT

3.1. Araştırma İzni ve Etik Kurul Onayı

Araştırma Batman Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksek Okulu (BATÜBESYO)’nda fizyoloji laboratuvarı ve spor salonunda gerçekleştirildi. Çalışma İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylandı (EK-2). Araştırmanın birimde yapılabilmesi ve öğrencilerin çalışmaya dahil edilebilmesi için BATÜBESYO müdürlüğünden izin alındı (EK-3).

3.2. Araştırma Grubunun Tespiti

Örneklem grubunun belirlenmesi için Power Analizi testinin güven aralığı=.95, alfa değeri=.05 ve beta değeri=.80 olarak belirlendi. Power analizi sonucunda her grupta 9 katılımcının yeterli olduğu saptanmıştır. Araştırmanın örneklem grubunu BATÜBESYO’da lisans eğitimi gören düzenli herhangi bir antrenman programına katılmayan yaşları 21.85 ± 1.98 yıl, vücut ağırlıkları 70.94 ± 11.11 kg, boyları 176.05 ± 6.24 cm, vücut kütle indeksi (VKI) 22.89 ± 3.38 kg/m², vücut yağ oranları (VYO) 14.25 ± 6.72 ve vücut yağ ağırlıkları 10.90 ± 6.75 kg olan toplam 40 erkek gönüllü oluşturmaktadır. Katılımcılar randomize yöntemle deney grubuna seçilmiştir. Öğrencilerle yüz yüze görüşmeler yapıldı. Katılımcılara, çalışmanın içeriği ve yöntemi hakkında bilgi verildi, araştırmaya dahil edilebilmeleri için belirlenen kriterleri sağlayıp sağlamadığı soruldu.

Araştırmaya Dahil Edilme Kriterleri;

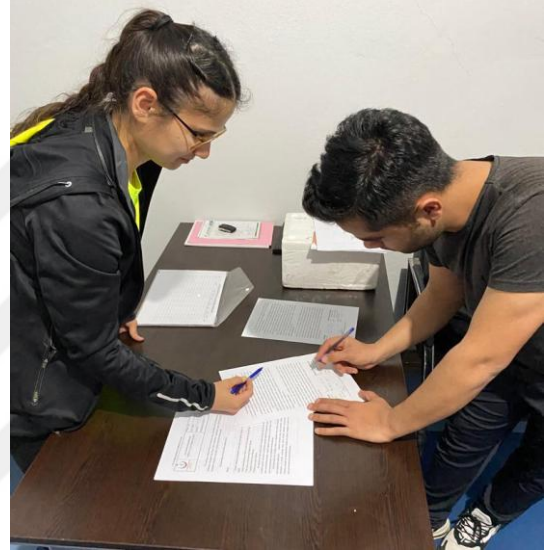
- Gönüllü olarak katılmış olmak.
- Son 90 günde üst ve alt ekstremiteler yaralanması geçirmemiş olmak.
- Ciddi duyma ve görme problemi, respiratuar ve kardiyak hastalık geçirmemiş olmak.
- Fizyolojik ergojenik yardımcı ve ilaç kullanmamak.
- Çalışmalar boyunca düzenli ve sürekli katılım sergilemek.

Araştırmadan Çıkarılma Kriterleri;

- Gönüllü olarak çalışmaya katılmamak.
- Son 90 günde üst ve alt ekstremiteler yaralanması geçirmiş olmak.

- Ciddi duyma ve görme problemi, respiratuar ve kardiyak hastalık geçirmiş olmak.
- Fizyolojik ergojenik yardımcı ve ilaç kullanmak.
- Egzersiz programına uyum sağlayamamak
- Çalışmalar boyunca düzenli ve sürekli katılım sergilememek
- Kendi isteği ile çalışmadan ayrılmak.

Yukarıda belirtilen araştırmaya dahil edilme kriterlerini sağlayan ve bu araştırma için katılımcı olan bireyler belirlenmiştir.



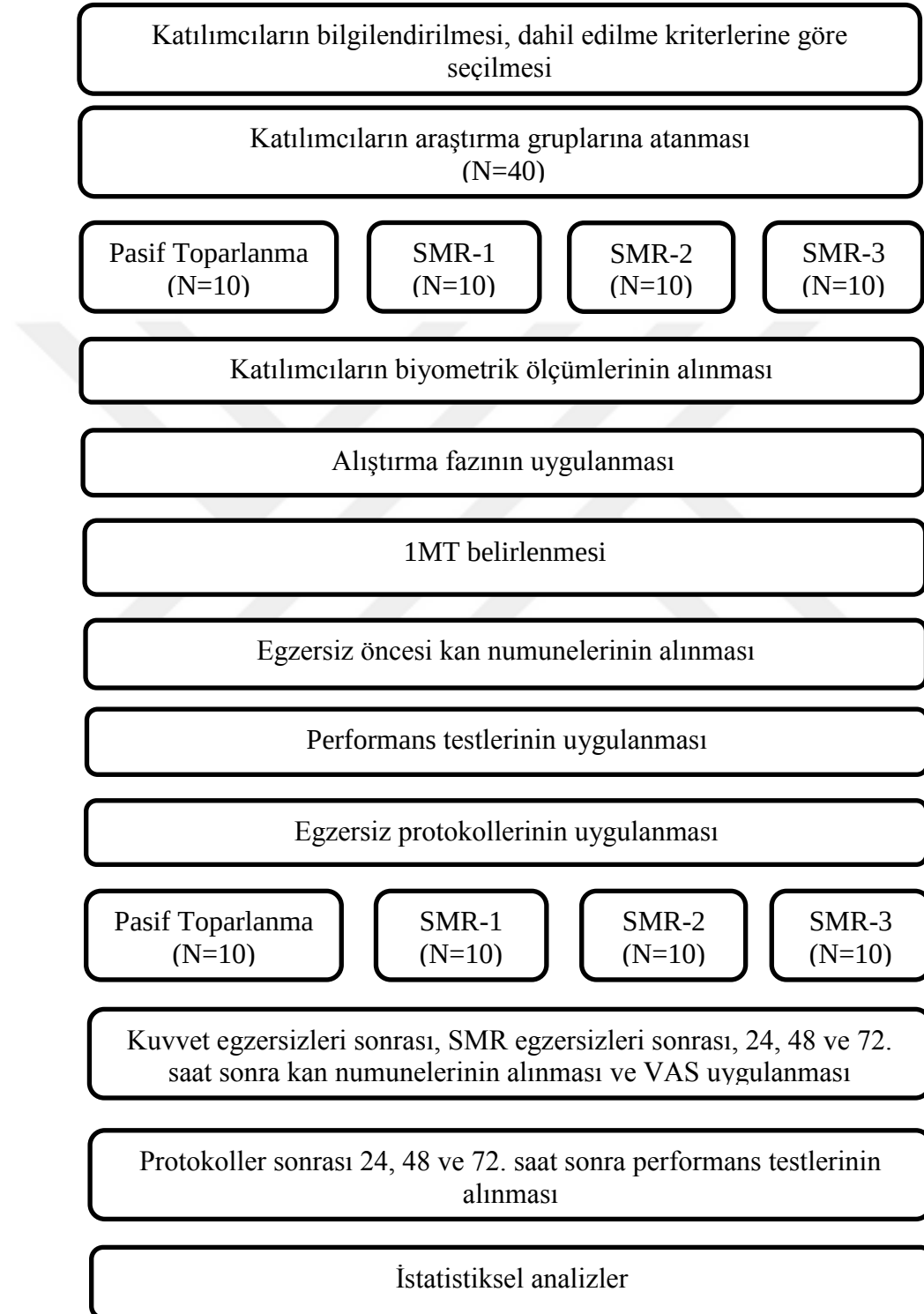
Şekil 3.1. Araştırmanın Deneysel Dizaynı

Katılımcı bireylerin belirlenmesi sonrası bir kez daha bire bir ön görüşme yapılmıştır. Ön görüşmede, katılımcılara ölçüm takvimi ile ilgili bilgi verilmiş ve çalışma boyunca uyulması gereken hususlar detaylıca anlatılarak Bilgilendirilmiş Olur Formu imzalatılmıştır (EK-4). Bilgilendirilmiş Olur Formunu imzalayan tüm katılımcılar, BATÜBESYO spor salonuna davet edilerek ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Katılımcılara herhangi bir beslenme programı araştırma süresince uygulanmadı ve normal beslenme alışkanlıklarına devam etmeleri tavsiye edildi.

3.3. Araştırmanın Deneysel Tasarımı

Araştırmada nicel araştırma yöntemlerinden deneysel yöntem modeli kullanılmıştır. Çalışmaların içeriği ile ilgili bilgiler tüm katılımcılara çalışma öncesinde uygulamalı tanıtılıp, ayrıntılı olarak anlatıldı. Çalışmaya katılan katılımcıların çeşitli biyometrik özellikleri ölçüldü. Ölçümler Batman Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu spor salonunda ve laboratuvarında gerçekleştirildi. Uygulama öncesi

testlerin yeri, zamanı, şekli ve konusu hakkında bilgiler verildi. Egzersizler antrenör ve lider gözetiminde yapıldı. Çalışma kapsamında katılımcılardan maksimal efor sergilenmesi istendi ve sözel olarak desteklendi.



Şekil 3.2. Araştırmanın Deneysel Dizaynı

Çalışmanın ilk haftası katılımcıların biyometrik ölçümleri yapıldı. 48 saat sonra alışma fazına geçildi ve katılımcılara 48 saat aralıklarla 3 alıştırma fazı uygulandı. Alışma fazından 48 saat sonra katılımcıların başlangıç egzersiz yüklerinin belirlenmesi amacı ile çalışmanın bir hafta öncesinde her bir gönüllünün her bir istasyon için 1 maksimum tekrarı belirlendi.

Maksimum Tekrarın Tespiti

Katılımcıların her birinin 6 tekrarda kaldırabildikleri en yüksek ağırlık miktarı (6 MT) belirlenmiştir. Her egzersiz esnasında deneğin kaldırabileceği tahmin edilen ağırlık miktarı ile 6 MT yapmaları sağlanmıştır. Algılanan zorluk seviyesine göre ve kaldırmayı başardıkları ağırlık miktarına göre 2.5- 5 kg ilave edilerek egzersizi tekrarlamaları istenmiştir. Bu şekilde devam edilerek 6 defa kaldırabildikleri maksimum ağırlık miktarı deneğin 6 MT' si olarak kaydedilmiştir. 1MT formülü $1 \text{ MT} = 100 \times \text{kaldırılan ağırlık} / 102.78 - 2.78 \times \text{tekrar sayısı}$ şeklinde kullanıldı (153).



Şekil 3.3. Maksimum Tekrarın Tespiti

Tablo 3.1. Uygulanan kuvvet egzersizleri

Hareketler	Set	Yoğunluk	Tekrar	Dinlenme
Squat	3	1MT %80	10	Setler arası: 90-120 sn Hareketler arası: 180-120
Deadlift				
Leg extension				
Leg curl				

Çalışma 4 protokolden oluşmaktadır. Pasif toparlanma, SMR-1, SMR-2, SMR-3 protokolü uygulandı. Her protokolde egzersiz programı öncesi katılımcılara ısınma

fazında 5 dk. süresince çalışacak kas gruplarına yönelik germe veya özel ısınma yaptırıldı ve her protokolde 4 farklı kuvvet egzersizi (squat, deadlift , leg exstension, leg curl) uygulandı. 4 farklı kuvvet egzersizleri 3 set 10 tekrar şeklinde uygulandı. Her protokolde kuvvet egzersizlerinden önce ve 24., 48., 72. saatlerde (SMR protokollerinde SMR uygulamalarından sonra) kan alımı yapıldı. Her protokol öncesi, 24., 48. ve 72. saatlerde saha testleri (sağ- sol el kavrama kuvveti, dikey -yatay sıçrama, esneklik, 20m sprint, T-Line testi) uygulandı. Kuvvet egzersizleri sonrası OMNI-RES skalası ile egzersizin zorluk seviyesi ölçülerek ve her protokolde egzersiz öncesi, egzersizden hemen sonra, 24., 48. ve 72. saatlerde kan örnekleri alındı. Her kan alımından sonra VAS uygulandı.

Tablo 3.2. Uygulanan egzersiz ve kan toplama zaman dilimleri

Gruplar	1. Zaman	Egzersiz	2. Zaman	3. Zaman	4. Zaman	5. Zaman
Pasif Toparlanma	Egzersiz Öncesi	Kuvvet Egzersizleri	Egzersiz Sonrası	24. saat	48.saat	72.saat
SMR-1	Egzersiz Öncesi	Kuvvet Egzersizleri ↓ SMR Egzersizleri (30sn)	Egzersiz Sonrası	24. saat	48.saat	72.saat
SMR-2	Egzersiz Öncesi	Kuvvet Egzersizleri ↓ SMREgzersizleri (60sn)	Egzersiz Sonrası	24. saat	48.saat	72.saat
SMR-3	Egzersiz Öncesi	Kuvvet Egzersizleri ↓ SMR Egzersizleri (120sn)	Egzersiz Sonrası	24. saat	48.saat	72.saat

Kan parametreleri ölçümünde; egzersiz öncesi (istirahat seviyesi), egzersizin hemen sonrası (egzersizin akut etkisi), SMR egzersizleri hemen sonrası, egzersiz bitiminin 24., 48. ve 72. saatleri alınmıştır. Analizler Batman Eğitim ve Araştırma Hastanesi Biyokimya Laboratuvarı'nda yapıldı.



Şekil 3.4. Kan Alımı

Egzersiz Protokolleri

Egzersiz programından önce biyokimyasal parametrelerin bazal seviyeleri saptamak için çalışmaya katılan katılımcılardan en az 12 saatlik bir açlığı takiben sabah 08.00 – 09.00 arasında ön kol venasından kan örnekleri alındı. Protokolden önce 5 dakika süresince çalışacak kas gruplarına yönelik özel ısınma yaptırıldı.

Pasif Toparlanma Protokolü: Kuvvet egzersizlerinden önce, hemen sonra 24.,48.,72. saatlerde kan ölçümleri yapıldı ve egzersiz sonrası hiçbir uygulama yapılmadı. Egzersiz öncesi, 24, 48, 72. saatlerde saha testleri uygulandı. Egzersiz sonrası OMNI-RES skalası ile egzersizin zorluk seviyesi ölçüldü. VAS skalası ile her kan alımı sonrası katılımcıların ağrı düzeyleri belirlendi.

Tablo 3.3. Self-Miyofasyal Rahatlama tekniği protokolleri

SMR Protokolleri	Uygulanan Kaslar	Set	Süre
SMR-1	Gastroknemius Tbialis Anterior	2	30sn
SMR-2	Vastus Lateralis Vastus Medialis	2	60sn
SMR-3	Rectus Femoris Gluteus Maksimus Gluteus Medius Biceps Femoris Semitendinosus	2	120sn



Şekil 3.5. SMR Egzersizleri

SMR-1 Protokolü: Kuvvet egzersizlerinden önce, hemen sonra kan ölçümleri yapıldı ve kuvvet egzersizleri sonrası alt ekstremitelerde 9 kasa yönelik foam roller 30 sn 2 set olarak uygulandı ve 60 bpm'lik tempo üreten bir metronom kullanıldı. SMR egzersizlerinden hemen sonra, 24., 48., 72., saatlerde kan alımı yapıldı. Egzersiz öncesi, 24, 48, 72. saatlerde saha testleri uygulandı. Egzersiz sonrası OMNI-RES skalası ile egzersizin zorluk seviyesi ölçüldü. VAS skalası ile her kan alımı sonrası katılımcıların ağrı düzeyleri belirlendi.

SMR-2 Protokolü: Kuvvet egzersizlerinden önce, hemen sonra kan ölçümleri yapıldı ve kuvvet egzersizleri sonrası alt ekstremitelerde 9 kasa yönelik foam roller 60sn 2 set olarak uygulandı ve 60 bpm'lik tempo üreten bir metronom kullanıldı. SMR egzersizlerinden hemen sonra, 24., 48., 72., saatlerde kan alımı yapıldı. Egzersiz öncesi, 24, 48, 72. saatlerde saha testleri uygulandı. Egzersiz sonrası OMNI-RES skalası ile egzersizin zorluk seviyesi ölçüldü. VAS skalası ile her kan alımı sonrası katılımcıların ağrı düzeyleri belirlendi.

SMR-3 Protokolü: Kuvvet egzersizlerinden önce, hemen sonra kan ölçümleri yapıldı ve kuvvet egzersizleri sonrası alt ekstremitelerde 9 kasa yönelik foam roller 120sn 2 set olarak uygulandı ve 60 bpm'lik tempo üreten bir metronom kullanıldı. SMR egzersizlerinden hemen sonra, 24., 48., 72., saatlerde kan alımı yapıldı. Egzersiz öncesi, 24, 48, 72. saatlerde saha testleri uygulandı. Egzersiz sonrası OMNI-RES skalası ile

egzersizin zorluk seviyesi ölçüldü. VAS skalası ile her kan alımı sonrası katılımcıların ağırlık düzeyleri belirlendi.

3.4. Verilerin Toplanması

Araştırmaya katılan katılımcılara biyometrik ölçümler ve alan test protokolleri uygulandı. Katılımcılara ölçümlerden bir gün önce herhangi bir fiziksel yüklenme yaptırılmadı. Çalışmada uygulanan tüm ölçüm ve test protokolleri BATÜBESYO spor salonunda uygulandı. Vücut yağ oranı ölçümleri sabah dinlenim durumunda 12 saatlik açlık sonrası yapıldı.

3.4.1. Biyometrik Ölçümler

Ölçümler BATÜBESYO spor salonunda yapıldı. Araştırmaya katılan katılımcıların yaşları kendilerine sorularak belirlendi.

Boy Uzunluğu ve Ağırlık Ölçümleri

Hassaslık derecesi 0.01 metre (m) olan stadiometre (SECA, Almanya) ve vücut ağırlıkları hassaslık derecesi 0.1 kilogram (kg) olan elektronik baskülle (Tanita, Japonya) ölçüldü. Boy uzunluğu katılımcılar yalınayak, topuklar bitişik, dizler düz, gergin, vücut ve baş dik, karşıya bakacak şekilde durur pozisyonda ölçüldü.

Vücut Kütle İndeksi

Araştırmaya katılan katılımcıların vücut kütle indeksleri (VKİ) Wollcoot ve Bergman tarafından geliştirilen erkekler için $64 - (20 \times \text{boy/bel çevresi})$, kadınlar için $76 - (20 \times \text{boy/bel çevresi})$ formül ile hesaplandı (154).

Vücut Yağ Oranının Belirlenmesi

Biyoelektriksel impedans analizi yöntemiyle belirlendi (Tanita SC 333 A, Japonya). Katılımcıların, biyoelektrik impedans analiz ölçümleri yapılmadan önce ölçümlerdeki hatayı en aza indirmek için Amerikan Spor Hekimliği Koleji tarafından önerilen kriterlere dikkat etmeleri konusunda bilgilendirildi. Katılımcıların önceden belirlenen boy uzunlukları (cm), kilo (kg), yaşları (yıl) ve cinsiyetleri cihazın veri ekranına girildi. 4 kontak elektron üzerine basması ve sonuçlar ekrandan görünene kadar dik pozisyonda ve hareketsiz bir şekilde durması istendi. Cihazın ölçümü tamamlaması ile alınan çıktıdan okunan VYO değeri kaydedildi (155).

3.4.2. Kan Numunelerinin Alımı ve Biyokimyasal Analizler

Protokol öncesi (istirahat seviyesi), egzersizden hemen sonra, SMR egzersizlerinden sonra , egzersizi takip eden 24., 48. ve 72. saat sonra kan örnekleri alındı. Alınan numuneler soğuk zincir uygulanarak ivedilikle analizlerin yapılacağı Batman Eğitim ve Araştırma Hastanesi Klinik Biyokimya Laboratuvarı'na ulaştırıldı. Tüm kan alma işlemleri tecrübeli bir hemşire tarafından gerçekleştirildi. Biyokimyasal parametrelerin analizi, Batman Eğitim ve Araştırma Hastanesi Klinik Biyokimya Laboratuvarı'nda yapıldı. Elde edilen serumlardan CK değerleri Abott marka C 16000 model cihazda spektrofotometrik yöntem ile (Abott Laboratories Diagnostics Abbott Park, IL 60064, USA) (intra-assey CV %5,2) ve LDH değerleri Abott marka C 16000 model cihazda spektrofotometrik yöntem ile analiz edildi (Abott Laboratories Diagnostics Abbott Park, IL 60064, USA) (intra-assey CV %3,4).

3.4.3. Algometrik Ölçümler

Algılanan Zorluk Düzeyi Ölçümü (OMNI-RES)

Katılımcılara kuvvet egzersizlerinden önce açıklanıp tanıtılarak egzersiz zorluk derecesinin saptanması American College of Sports Medicine (ACSM)' nin kriterlerine göre yapıldı. OMNI-RES skalası 0-10 arasında çok hafiften çok zora doğru derecelenmektedir. Gönüllülerden algılanan zorluk derecesini (AZD) skalaya bakarak belirtmeleri istendi ve algılanan zorluk seviyesi araştırmacılar tarafından kaydedildi (156).

Görsel Analog Ölçeği (Visual Analog Scale (VAS))

Egzersiz akabinde oluşan ağrı seviyesinin saptanması için yapıldı. VAS skalası 0 hiç ağrı yok, 10 ise dayanılmaz ağrıyı nitelendirecek şekilde sayısal olarak ifade edilmiştir. Yapılan her kuvvet egzersizi ve SMR egzersizlerinden sonra, 24., 48 ve 72. saatlerde kan alımı öncesi gönüllülere gösterilerek ve hissedilen ağrı derecesini skalaya bakarak ifade etmeleri istenildi (157).

3.4.4. Performans Testleri

El Kavrama Kuvveti Testi

Bireylerin sağ ve sol el kavrama kuvvetleri Takei marka el dinamometre cihazı ile ölçüldü. Birey ayakta dik pozisyondayken dinamometre deneğin rahat kavrayabileceği şekilde ayarlandı. Deneğin kolu düz ve omuz ekleminde 45 derecelik bir açı olacak şekilde yana açık konumda iken maksimum kuvvetle sağ ve sol el ile

sıkması istendi. İki ölçümden sonra en iyi değer ağırlık (kg) cinsinden hesaplanarak kaydedildi (158, 159).

Dikey Sıçrama Testi

Katılımcıların dikey sıçrama ölçümleri elektronik Fusion marka Smart Jump sıçrama matı ile ölçülmüştür. Katılımcılar elleri bellerinde matın üzerine çıkarak, hazır olduğu anda sıçrayabilecekleri en üst seviyeye sıçramaları istendi. Katılımcılar sıçradıktan sonra tekrar mat üzerine düşerek elde edilen değer cm cinsinden kaydedilmiştir (160).

Yatay Sıçrama Testi

Katılımcılar belirlenen çizgide parmak uçları çizginin gerisinde olacak şekilde ayaklar omuz genişliğinde açık aşağıya doğru yarım squat pozisyonunda çöker ve kolların geriye sonra ileri doğru hareketi bacakların itişinin destekleyerek mümkün olan en uzağa atlayacak şekilde yapılmıştır (161).

Esneklik Testi

Esneklik ölçümlerinde Otur-Eriş testi kullanılmıştır. Katılımcı, kalçasının üzerinde oturur durumda, yalın ayak test sehпасına ayaklarını uzatmıştır. Elleri önde, dizlerini bükmeden gövdesini ileri doğru eğerek öne doğru uzanmıştır. En uzak noktada, öne ya da geriye esnemen 1–2 saniye beklemiştir. İki kez yapılan ölçümlerde, en yüksek (cm) değeri olarak kaydedilmiştir (162).

20m. Sprint Testi

20m’lik koşu parkurunun başlangıç noktasına ve bitiş noktasına Fusion marka Smart Speed elektronik fotosel cihazı konulmuştur. Sporculara bu testi iki deneme olarak uygulamış ve en iyi dereceleri kaydedilmiştir (163).

T Line Testi

Çeviklik ölçümünde New Test 2000 Fotosel Cihazıyla “T Testi” protokolü uygulanmıştır. Test alanında 1, 2 ve 3 numaralı huniler aralarında 5 m mesafe ile yan yana, başlangıç noktası ile 1 numaralı huni arası 10 m mesafe ile karşılıklı olarak yerleştirilmiştir. Her bir katılımcı başlangıç noktasından 1 numaralı huniye düz koşuyla daha sonra 2 ve 3 numaralı hunilere yan koşuyla giderek temas etmiştir. Sonra 1

numaralı huniye tekrar yan koşuyla giderek temas etmiştir. Son olarak bitiş noktasına geri geri koşarak testi tamamlamıştır. Testin başlangıç noktasından bitiş noktasına kadar olan süreçte katılımcılar aynı yöne bakarak testi tamamlamıştır. Tüm katılımcılar testi 3 defa uygulamıştır ve 3 skordan en iyi olan derece saniye cinsinden kaydedilmiştir (164, 165).

3.5. İstatiksel Analiz

Araştırma sonunda elde edilen verilerin istatistiksel olarak analiz edilmesinde ise SPSS paket programı (SPSS for Windows, sürüm 22.0, SPSS Inc., Chicago, Illinois, ABD) kullanıldı. Veriler; aritmetik ortalama ve standart sapma olarak sunuldu. Normallik sınaması için Shapiro-Wilk testi; homojenlik sınaması için Levene testi uygulandı. Normal dağılım göstermeyen veri setleri için çarpıklık ve basıklık değerleri kontrol edildi ve ± 2 değeri içinde olan veri setlerinin normal dağılım gösterdiği kabul edildi. Küresellik varsayımının sağlanmadığı ölçümlerde Greenhouse Geiser düzeltme testi kullanıldı. Farklılığın hangi uygulamada olduğunun belirlenmesi için LSD düzeltme testi kullanıldı. Farklı protokoller arasında ölçülen parametreler açısından anlamlı farklılık olup olmadığı One Way ANOVA testi ile analiz edildi. İstatistiksel sonuçlar $p < 0.05$ anlamlılık düzeylerinde değerlendirildi.

4.BULGULAR

Araştırmada elde edilen bulgular aşağıda tablo şeklinde verildi.

Tablo 4.1. Katılımcıların Demografik Özellikleri

Parametreler (n=40)	X	Ss
Yaş (yıl)	21.85	1.98
Kilo (kg)	70.94	11.11
Boy (cm)	176.05	6.24
VKI (kg/m ²)	22.89	3.38
VYO (%)	14.25	6.72
Yağ Ağırlığı (kg)	10.90	6.75

Araştırmaya katılan katılımcıların yaşları 21.85 ± 1.98 yıl, vücut ağırlıkları 70.94 ± 11.11 kg, boyları 176.05 ± 6.24 cm, VKI 22.89 ± 3.38 kg/m², vücut yağ oranları 14.25 ± 6.72 ve vücut yağ ağırlıkları 10.90 ± 6.75 kg olarak tespit edildi.

Tablo 4.2. Katılımcıların Pasif Toparlanma LDH, CK, VAS Parametrelerinin Değerleri

	Egzersiz Öncesi Ölçüm	Egzersiz Sonrası Ölçüm	24 Saat	48 Saat	72 Saat	F	p	Anlamlı Fark
Parametreler	X±Ss							
LDH (U/L)	211.30 ±44.35	226.80 ±19.99	211.50 ±59.26	271.70 ±140.15	309.60 ±249.57	1.733	0.164	
CK (U/L)	136.30 ±35.31	216.60 ±95.69	1343.70 ±1308.33	962.30 ±930.70	730.40 ±728.89	4.921	0.016*	1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 2-3, 2-4
VAS		7.10±0.74	5.60±1.43	5.70±1.25	3.90 ±1.97	11.090	0.000*	1-2, 1-3, 1-4, 2-4, 3-4

*p<0.05. 1. Egzersiz öncesi ölçüm 2. Egzersiz sonrası ölçüm 3. 24 saat 4. 48 saat 5. 72 saat

Araştırmaya katılan katılımcıların pasif toparlanma LDH değerleri için; egzersiz öncesi ölçüm 211.30 ± 44.35 , egzersiz sonrası ölçüm 226.80 ± 19.99 , 24 saat sonrası 211.50 ± 59.26 , 48 saat sonrası 271.70 ± 140.15 , 72 saat sonrası 309.60 ± 249.57 olarak tespit edildi. Elde edilen bu veriler istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı (F=1.733,

p=0.164). CK değerleri için; egzersiz öncesi ölçüm 136.30±35.31, egzersiz sonrası ölçüm 216.60±95.69, 24 saat sonrası 1343.70±1308.33, 48 saat sonrası 962.30±930.70, 72 saat sonrası 730.40±728.89 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 3, 4, 5 arasında 1 lehine, 2 ile 3, 4 arasında 2 lehine anlamlı bulundu (F=4.921, p=0.016). VAS değerleri için; egzersiz sonrası ölçüm 7.10±0.74, 24 saat sonrası 5.60±1.43, 48 saat sonrası 5.70±1.25, 72 saat sonrası 3.90±1.97 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 3, 4 arasında 1 lehine, 4 ile 2, 3 arasında 4 lehine anlamlı bulundu (F=11.090, p=0.000).

Tablo 4.3. Katılımcıların SMR1 Evresi LDH, CK, VAS Parametrelerinin İstatistiksel Analizi

	Egzersiz Öncesi Ölçüm	Egzersiz Sonrası Ölçüm	SMR Sonrası Ölçüm	24 Saat	48 Saat	72 Saat	F	p	Anlamlı Fark
Parametreler	X±Ss								
LDH (U/L)	232.20 ±53.17	280.00 ±43.67	237.70 ±36.64	318.60 ±218.80	310.80 ±122.50	322.60 ±179.27	1.018	0.419	
CK (U/L)	210.40 ±207.93	400.00 ±338.77	450.60 ±367.63	1126.00 ±849.78	2207.30 ±3113.86	2041.10 ±3167.93	3.071	0.108	
VAS		7.10 ±1.29	3.10 ±0.88	5.70 ±1.06	4.90 ±2.13	3 ±1.33	17.180	0.000*	1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 2-3, 3-4, 3-5, 4-5

*p<0.05 **1.** Egzersiz sonrası ölçüm **2.** SMR sonrası ölçüm **3.** 24 Saat **4.** 48 Saat **5.** 72 Saat

Araştırmaya katılan katılımcıların SMR1 evresinde LDH değerleri için; egzersiz öncesi ölçüm 232.20±53.17, egzersiz sonrası ölçüm 280.00±43.67, SMR sonrası ölçüm 237.70±36.64, 24 saat sonrası 318.60±218.80, 48 saat sonrası 310.80±122.50, 72 saat sonrası 322.60±179.27 olarak tespit edildi. Elde edilen bu veriler istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı (F=1.018, p=0.419). CK değerleri için; egzersiz öncesi ölçüm 210.40±207.93, egzersiz sonrası ölçüm 400.00±338.77, SMR sonrası ölçüm 450.60±367.63, 24 saat sonrası 1126.00±849.78, 48 saat sonrası 2207.30±3113.86, 72 saat sonrası 2041.10±3167.93 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmamıştır. (F=3.071, p=0.108). VAS değerleri için; egzersiz sonrası ölçüm 7.10±1.29, SMR sonrası ölçüm 3.10±0.88, 24 saat sonrası 5.70±1.06, 48 saat sonrası 4.90±2.13, 72 saat sonrası 3±1.33 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar

istatistiki açıdan 1 ile 2, 3, 4, 5 arasında 1 lehine, 3 ile 2, 4, 5 arasında 3 lehine ve 4 ile 5 arasında anlamlı bulundu ($F=17.180$, $p=0.000$).

Tablo 4.4. Katılımcıların SMR2 Evresi LDH, CK, VAS Parametrelerinin İstatistiksel Analizi

	Egzersiz Öncesi Ölçüm	Egzersiz Sonrası Ölçüm	SMR Sonrası Ölçüm	24 Saat	48 Saat	72 Saat	F	p	Anlamlı Fark
Parametreler	X±Ss								
LDH (U/L)	189.36 ±44.30	282.45 ±104.27	244.00 ±42.46	294.64 ±109.86	327.00 ±132.60	303.73 ±110.89	3.269	0.042*	1-2, 1-3, 1-4, 1-5, 1-6
CK (U/L)	561.36 ±1214.20	656.45 ±1222.15	657.09 ±1183.21	2140.45 ±2547.42	1576.27 ±1303.10	2387.45 ±2406.79	3.080	0.049*	1-2, 1-3
VAS		6.45 ±1.29	5.00 ±2.32	6.27 ±1.49	5.36 ±1.75	3.36 ±1.03	6.826	0.004*	2-3, 2-6, 4-5, 4-6, 5-6

* $p<0.05$ 1. Egzersiz öncesi ölçüm 2. Egzersiz sonrası ölçüm 3. SMR sonrası ölçüm 4. 24 saat 5. 48 saat 6. 72 saat

Araştırmaya katılan katılımcıların SMR2 evresinde LDH değerleri için; egzersiz öncesi ölçüm 189.36 ± 44.30 , egzersiz sonrası ölçüm 282.45 ± 104.27 , SMR sonrası ölçüm 244.00 ± 42.46 , 24 saat sonrası 294.64 ± 109.86 , 48 saat sonrası 327.00 ± 132.60 , 72 saat sonrası 303.73 ± 110.89 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 3, 4, 5, 6 arasında 1 lehine anlamlı bulundu ($F=3.269$, $p=0.042$). CK değerleri için; egzersiz öncesi ölçüm 561.36 ± 1214.20 , egzersiz sonrası ölçüm 656.45 ± 1222.15 , SMR sonrası ölçüm 657.09 ± 1183.21 , 24 saat sonrası 2140.45 ± 2547.42 , 48 saat sonrası 1576.27 ± 1303.10 , 72 saat sonrası 2387.45 ± 2406.79 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 3 arasında 1 lehine anlamlı bulunmuştur ($F=3.080$, $p=0.049$). VAS değerleri için; egzersiz sonrası ölçüm 6.45 ± 1.29 , SMR sonrası ölçüm 5.00 ± 2.32 , 24 saat sonrası 6.27 ± 1.49 , 48 saat sonrası 5.36 ± 1.75 , 72 saat sonrası 3.36 ± 1.03 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan 2 ile 3, 6 arasında 2 lehine, 4 ile 5, 6 arasında 4 lehine ve 5 ile 6 arasında anlamlı bulundu ($F=6.826$, $p=0.004$).

Tablo 4. 5. Katılımcıların SMR3 Evresi LDH, CK, VAS Parametrelerinin İstatistiksel Analizi

	Egzersiz Öncesi Ölçüm	Egzersiz Sonrası Ölçüm	SMR Sonrası Ölçüm	24 Saat	48 Saat	72 Saat	F	p	Anlamlı Fark
Parametreler	X±ss								
LDH (U/L)	193.90 ±35.28	281.50 ±63.75	235.70 ±45.54	315.50 ±132.10	297.90 ±151.42	480.00 ±436.81	3.351	0.095	
CK (U/L)	173.30 ±90.30	250.70 ±101.49	321.00 ±100.63	1225.40 ±939.73	1768.30 ±2376.82	1750.20 ±1855.74	4.627	0.045*	1-2, 1-3, 1-4, 1-6, 2-3, 2-4, 2-6, 3-4, 3-6,
VAS		6.90 ±0.88	5.00 ±1.63	5.80 ±1.14	5.00 ±1.49	2.9 0±1.37	13.299	0.000*	2-3, 2-4, 2-5, 2-6, 3-6, 4-6, 5-6

*p<0.05 **1.** Egzersiz öncesi ölçüm **2.** Egzersiz sonrası ölçüm **3.** SMR sonrası ölçüm **4.** 24 saat **5.** 48 saat **6.** 72 saat

Araştırmaya katılan katılımcıların SMR3 evresinde LDH değerleri için; egzersiz öncesi ölçüm 193.90±35.28, egzersiz sonrası ölçüm 281.50±63.75, SMR sonrası ölçüm 235.70±45.54, 24 saat sonrası 315.50±132.10, 48 saat sonrası 297.90±151.42, 72 saat sonrası 480.00±436.81 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmamıştır (F=3.351, p=0.095). CK değerleri için; egzersiz öncesi ölçüm 173.30±90.30, egzersiz sonrası ölçüm 250.70±101.49, SMR sonrası ölçüm 321.00±100.63, 24 saat sonrası 1225.40±939.73, 48 saat sonrası 1768.30±2376.82, 72 saat sonrası 1750.20±1855.74 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 3, 4, 6 arasında 1 lehine, 2 ile 3, 4, 6 arasında 2 lehine, 3 ile 4, 6 arasında 3 lehine anlamlı bulunmuştur (F=4.627, p=0.045). VAS değerleri için; egzersiz sonrası ölçüm 6.90±0.88, SMR sonrası ölçüm 5.00±1.63, 24 saat sonrası 5.80±1.14, 48 saat sonrası 5.00±1.49, 72 saat sonrası 2.90±1.37 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan 2 ile 3, 4, 5, 6 arasında 2 lehine, 6 ile 3, 4, 5 arasında 3, 4, 5 lehine anlamlı bulundu (F=13.299, p=0.000).

Tablo 4.6. Katılımcıların Tüm Protokollerdeki Sağ El Kavrama Kuvveti Testlerinin İstatistiksel Analizi

Protokoller	Ön Test	24 saat	48 saat	72 saat	F	p	Anlamlı Fark
	X±ss						
SMR1	44.03±7.31	37.89±6.40	38.05±2.87	39.77±4.41	5.155	0.006*	1-2, 1-3
SMR2	39.97±4.45	37.27±5.13	37.76±3.76	35.54±1.86	5.087	0.006*	1-2, 1-4, 3-4
SMR3	39.38±2.50	37.89±5.12	36.99±1.81	35.83±1.15	3.561	0.068	
Pasif Toparlanma	42.58±6.83	39.37±5.10	37.05±4.41	38.15±4.05	5.807	0.003*	1-3, 1-4

*p<0.05 **1.** Ön test **2.** 24 saat **3.** 48 saat **4.** 72 saat

Araştırmaya katılan katılımcıların tüm protokoller sağ el kavrama kuvveti testi değerleri; SMR1 protokolü uygulandığında ön test 44.03±7.31, egzersizden 24 saat sonra 37.89±6.40, egzersizden 48 saat sonra 38.05±2.87, egzersizden 72 saat sonra 39.77±4.41 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 3 arasında 1 lehine anlamlı bulundu (F=5.155, p=0.006). SMR2 protokolü uygulandığında ön test 39.97±4.45, egzersizden 24 saat sonra 37.27±5.13, egzersizden 48 saat sonra 37.76±3.76, egzersizden 72 saat sonra 35.54±1.86 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 4 arasında 1 lehine, 3 ile 4 arasında 3 lehine anlamlı bulundu (F=5.087, p=0.006). SMR3 protokolü uygulandığında ön test 39.38±2.50, egzersizden 24 saat sonra 37.89±5.12, egzersizden 48 saat sonra 36.99±1.81, egzersizden 72 saat sonra 35.83±1.15 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı (F=3.561, p=0.068). Pasif toparlanma protokolü uygulandığında ise ön test 42.58±6.83, egzersizden 24 saat sonra 39.37±5.10, egzersizden 48 saat sonra 37.05±4.41, egzersizden 72 saat sonra 38.15±4.05 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 3, 4 arasında 1 lehine anlamlı bulundu (F=5.807, p=0.003).

Tablo 4.7. Katılımcıların Tüm Protokollerdeki Sol El Kavrama Kuvveti Testlerinin İstatistiksel Analizi

Protokoller	Ön Test	24 saat	48 saat	72 saat	F	p	Anlamlı Fark
	X±ss						
SMR1	39.09±6.64	35.11±5.38	35.72±3.74	36±5.62	4.632	0.010*	1-2, 1-3, 1-4
SMR2	38.17±4.60	36.71±4.02	36.61±3.81	34.50±2.33	5.446	0.004*	1-4, 2-4, 3-4
SMR3	38.25±2.52	36.07±5.32	36.24±1.56	34.85±1.53	3.328	0.080	
Pasif Toparlanma	41.12±7.09	35.38±5.21	35.06±4.66	35.95±5.24	14.429	0.000*	1-2, 1-3, 1-4

*p<0.05 **1.** Ön test **2.** 24 saat **3.** 48 saat **4.** 72 saat

Araştırmaya katılan katılımcıların tüm protokoller sol el kavrama kuvveti testi değerleri; SMR1 protokolü uygulandığında ön test 39.09±6.64, egzersizden 24 saat sonra 35.11±5.38, egzersizden 48 saat sonra 35.72±3.74, egzersizden 72 saat sonra 36±5.62 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 3, 4 arasında 1 lehine anlamlı bulundu (F=4.632, p=0.010). SMR2 protokolü uygulandığında ön test 38.17±4.60, egzersizden 24 saat sonra 36.71±4.02, egzersizden 48 saat sonra 36.61±3.81, egzersizden 72 saat sonra 34.50±2.33 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 4 ile 1, 2, 3 arasında 1, 2, 3 lehine anlamlı bulundu (F=5.446, p=0.004). SMR3 protokolü uygulandığında ön test 38.25±2.52, egzersizden 24 saat sonra 36.07±5.32, egzersizden 48 saat sonra 36.24±1.56, egzersizden 72 saat sonra 34.85±1.53 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı (F=3.328, p=0.080). Pasif toparlanma protokolü uygulandığında ise ön test 41.12±7.09, egzersizden 24 saat sonra 35.38±5.21, egzersizden 48 saat sonra 35.06±4.66, egzersizden 72 saat sonra 35.95±5.24 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 3, 4 arasında 1 lehine anlamlı bulundu (F=14.429, p=0.000).

Tablo 4.8. Katılımcıların Tüm Protokollerdeki Dikey Sıçrama Testlerinin İstatistiksel Analizi

Protokoller	Ön Test	24 saat	48 saat	72 saat	F	p	Anlamlı Fark
	X±ss						
SMR1	39.90±5.09	36.90±4.06	38.21±7.03	39.08±6.32	1.919	0.150	
SMR2	39.64±4.63	35.21±6.01	36.58±4.39	37.14±6.06	7.999	0.000*	1-2, 1-3, 1-4
SMR3	36.53±7.26	32.64±6.43	35.96±6.09	34.69±6.80	2.995	0.085	
Pasif Toparlanma	37.32±4.81	34.22±5.38	34.49±5.51	34.56±6.22	3.954	0.019*	1-2, 1-3, 1-4

*p<0.05 **1.** Ön test **2.** 24 saat **3.** 48 saat **4.** 72 saat

Araştırmaya katılan katılımcıların tüm protokoller dikey sıçrama testi değerleri; SMR1 protokolü uygulandığında ön test 39.90±5.09, egzersizden 24 saat sonra 36.90±4.06, egzersizden 48 saat sonra 38.21±7.03, egzersizden 72 saat sonra 39.08±6.32 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı (F=1.919, p=0.150). SMR2 protokolü uygulandığında ön test 39.64±4.63, egzersizden 24 saat sonra 35.21±6.01, egzersizden 48 saat sonra 36.58±4.39, egzersizden 72 saat sonra 37.14±6.06 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 3, 4 arasında 1 lehine anlamlı bulundu (F=7.999, p=0.000). SMR3 protokolü uygulandığında ön test 36.53±7.26, egzersizden 24 saat sonra 32.64±6.43, egzersizden 48 saat sonra 35.96±6.09, egzersizden 72 saat sonra 34.69±6.80 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı (F=2.995, p=0.085). Pasif toparlanma protokolü uygulandığında ise ön test 37.32±4.81, egzersizden 24 saat sonra 34.22±5.38, egzersizden 48 saat sonra 34.49±5.51, egzersizden 72 saat sonra 34.56±6.22 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 3, 4 arasında 1 lehine anlamlı bulundu (F=3.954, p=0.019).

Tablo 4.9. Katılımcıların Tüm Protokollerdeki Yatay Sıçrama Testlerinin İstatistiksel Analizi

Protokoller	Ön Test	24 saat	48 saat	72 saat	F	p	Anlamlı Fark
	X±ss						
SMR1	204.50±18.10	197.50±19.97	188.20±25.85	198.70±17.40	4.279	0.014*	1-3
SMR2	202.18±19.68	187.27±18.30	184.82±21.82	196.18±19.91	13.452	0.000*	1-2, 1-3, 2-4, 3-4
SMR3	189.10±29.22	175.40±24.30	184.80±23.00	194.50±26.41	8.437	0.000*	1-2, 2-3, 2-4, 3-4
Pasif Toparlanma	193.10±17.57	187.20±18.19	178.20±17.36	186.80±16.12	5.989	0.003*	1-2, 1-3, 2-3, 3-4

*p<0.05 1. Ön test 2. 24 saat 3. 48 saat 4. 72 saat

Araştırmaya katılan katılımcıların tüm protokoller yatay sıçrama testi değerleri; SMR1 protokolü uygulandığında ön test 204.50±18.10, egzersizden 24 saat sonra 197.50±19.97, egzersizden 48 saat sonra 188.20±25.85, egzersizden 72 saat sonra 198.70±17.40 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 3 arasında 1 lehine anlamlı bulundu (F=4.279, p=0.014). SMR2 protokolü uygulandığında ön test 202.18±19.68, egzersizden 24 saat sonra 187.27±18.30, egzersizden 48 saat sonra 184.82±21.82, egzersizden 72 saat sonra 196.18±19.91 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 3, 4 arasında 1 lehine, 3 ile 4 arasında 4 lehine anlamlı bulundu (F=13.452, p=0.000). SMR3 protokolü uygulandığında ön test 189.10±29.22, egzersizden 24 saat sonra 175.40±24.30, egzersizden 48 saat sonra 184.80±23.00, egzersizden 72 saat sonra 194.50±26.41 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2 arasında 1 lehine, 2 ile 3, 4 arasında 3 ve 4 lehine, 3 ile 4 arasında 4 lehine anlamlı bulundu (F=8.437, p=0.000). Pasif toparlanma protokolü uygulandığında ise ön test 193.10±17.57, egzersizden 24 saat sonra 187.20±18.19, egzersizden 48 saat sonra 178.20±17.36, egzersizden 72 saat sonra 186.80±16.12 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 3 arasında 1 lehine, 2 ile 3 arasında 2 lehine, 3 ile 4 arasında 4 lehine anlamlı bulundu (F=5.989, p=0.003).

Tablo 4.10. Katılımcıların Tüm Protokollerdeki Otur-Uzan Testlerinin İstatistiksel Analizi

Protokoller	Ön Test	24 saat	48 saat	72 saat	F	p	Anlamlı
	X±ss						Fark
SMR1	12.80±9.05	9.10±9.49	8.10±9.00	9.30±8.83	5.108	0.032*	1-2, 1-3, 1-4
SMR2	13.55±7.65	8.73±7.24	9.00±6.08	11.00±6.87	10.792	0.000*	1-2, 1-3, 1-4, 2-4, 3-4
SMR3	19.20±5.69	11.80±7.69	14.00±6.53	17.00±6.38	16.907	0.000*	1-2, 1-3, 1-4, 2-4, 3-4
Pasif Toparlanma	17.00±4.19	12.70±4.19	11.70±3.97	13.50±3.72	18.744	0.000*	1-2, 1-3, 1-4, 3-4

*p<0.05 1. Ön test 2. 24 saat 3. 48 saat 4. 72 saat

Araştırmaya katılan katılımcıların tüm protokoller otur-uzan testi değerleri; SMR1 protokolü uygulandığında ön test 12.80±9.05, egzersizden 24 saat sonra 9.10±9.49, egzersizden 48 saat sonra 8.10±9.00, egzersizden 72 saat sonra 9.30±8.83 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 3, 4 arasında 1 lehine anlamlı bulundu (F=5.108, p=0.032). SMR2 protokolü uygulandığında ön test 13.55±7.65, egzersizden 24 saat sonra 8.73±7.24, egzersizden 48 saat sonra 9.00±6.08, egzersizden 72 saat sonra 11.00±6.87 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 3, 4 arasında 1 lehine, 4 ile 2, 3 arasında 4 lehine anlamlı bulundu (F=10.792, p=0.000). SMR3 protokolü uygulandığında ön test 19.20±5.69, egzersizden 24 saat sonra 11.80±7.69, egzersizden 48 saat sonra 14.00±6.53, egzersizden 72 saat sonra 17.00±6.38 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 3, 4 arasında 1 lehine, 4 ile 2, 3 arasında 4 lehine anlamlı bulundu (F=16.907, p=0.000). Pasif toparlanma protokolü uygulandığında ise ön test 17.00±4.19, egzersizden 24 saat sonra 12.70±4.19, egzersizden 48 saat sonra 11.70±3.97, egzersizden 72 saat sonra 13.50±3.72 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 3, 4 arasında 1 lehine, 3 ile 4 arasında 4 lehine anlamlı bulundu (F=18.744, p=0.000).

Tablo 4.11. Katılımcıların Tüm Protokollerdeki 20m Sprint Testlerinin İstatistiksel Analizi

Protokoller	Ön Test	24 saat	48 saat	72 saat	F	p	Anlamlı Fark
	X±ss						
SMR1	3.08±0.25	3.17±0.16	3.19±0.19	3.23±0.18	1.375	0.271	
SMR2	3.14±0.18	3.25±0.19	3.34±0.14	3.35±0.19	7.393	0.001*	1-2, 1-3, 1-4
SMR3	3.03±0.08	3.39±0.14	3.26±0.11	3.27±0.16	27.237	0.000*	1-2, 1-3, 1-4, 2-3, 2-4
Pasif Toparlanma	3.19±0.26	3.28±0.16	3.27±0.26	3.36±0.28	1.760	0.179	

*p<0.05 **1.** Ön test **2.** 24 saat **3.** 48 saat **4.** 72 saat

Araştırmaya katılan katılımcıların tüm protokoller 20m sprint testi değerleri; SMR1 protokolü uygulandığında ön test 3.08±0.25, egzersizden 24 saat sonra 3.17±0.16, egzersizden 48 saat sonra 3.19±0.19, egzersizden 72 saat sonra 3.23±0.18 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı (F=1.375, p=0.271). SMR2 protokolü uygulandığında ön test 3.14±0.18, egzersizden 24 saat sonra 3.25±0.19, egzersizden 48 saat sonra 3.34±0.14, egzersizden 72 saat sonra 3.35±0.19 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 3, 4 arasında 1 lehine anlamlı bulundu (F=7.393, p=0.001). SMR3 protokolü uygulandığında ön test 3.03±0.08, egzersizden 24 saat sonra 3.39±0.14, egzersizden 48 saat sonra 3.26±0.11, egzersizden 72 saat sonra 3.27±0.16 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 3, 4 arasında 1 lehine, 2 ile 3, 4 arasında 3, 4 lehine anlamlı bulundu (F=27.237, p=0.000). Pasif toparlanma protokolü uygulandığında ise ön test 3.19±0.26, egzersizden 24 saat sonra 3.28±0.16, egzersizden 48 saat sonra 3.27±0.26, egzersizden 72 saat sonra 3.36±0.28 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı. (F=1.760, p=0.179).

Tablo 4.12. Katılımcıların Tüm Protokollerdeki T Line Testlerinin İstatistiksel Analizi

Protokoller	Ön Test	24 saat	48 saat	72 saat	F	p	Anlamlı Fark
	X±ss						
SMR1	10.60±0.57	11.26±0.72	11.00±0.57	10.72±0.49	7.851	0.001*	1-2, 2-4, 3-4
SMR2	11.22±0.66	11.30±1.05	11.28±0.80	11.43±0.87	0.441	0.725	
SMR3	11.43±1.12	11.34±0.91	11.37±0.81	10.96±0.79	4.092	0.036*	1-4, 2-4, 3-4
Pasif Toparlanma	10.66±0.94	11.03±0.84	11.27±1.18	10.98±0.80	1.471	0.245	

*p<0.05 **1.** Ön test **2.** 24 saat **3.** 48 saat **4.** 72 saat

Araştırmaya katılan katılımcıların tüm protokoller T line testi değerleri; SMR1 protokolü uygulandığında ön test 10.60±0.57, egzersizden 24 saat sonra 11.26±0.72, egzersizden 48 saat sonra 11.00±0.57, egzersizden 72 saat sonra 10.72±0.49 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2 arasında 1 lehine, 4 ile 2, 3 arasında 4 lehine anlamlı bulundu (F=7.851, p=0.001). SMR2 protokolü uygulandığında ön test 11.22±0.66, egzersizden 24 saat sonra 11.30±1.05, egzersizden 48 saat sonra 11.28±0.80, egzersizden 72 saat sonra 11.43±0.87 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı (F=0.441, p=0.725). SMR3 protokolü uygulandığında ön test 11.43±1.12, egzersizden 24 saat sonra 11.34±0.91, egzersizden 48 saat sonra 11.37±0.81, egzersizden 72 saat sonra 10.96±0.79 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan 4 ile 1, 2, 3 arasında 4 lehine anlamlı bulundu (F=4.092, p=0.036). Pasif toparlanma protokolü uygulandığında ise ön test 10.66±0.94, egzersizden 24 saat sonra 11.03±0.84, egzersizden 48 saat sonra 11.27±1.18, egzersizden 72 saat sonra 10.98±0.80 olarak tespit edildi. Elde edilen bu farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı. (F=1.471, p=0.245).

Tablo 4.13. Farklı Protokoller Açısından CK, LDH Parametrelerinin Öntest-Sontest Farklarının Karşılaştırma Analizi

	Pasif Toparlanma	SMR1 Evresi	SMR2 Evresi	SMR3 Evresi	F	p
Parametreler	X±ss					
LDH (U/L)	15.50±46.51	47.80±49.91	93.09±109±24	87.60±53.83	2.688	0.060
CK (U/L)	30.30±82.80	189.60±218.03	95.09±129.63	77.40±21.54	1.589	0.208

Araştırmaya katılan katılımcıların ön-son test LDH değerleri farkı; pasif toparlanma protokolü için 15.50±46.51, SMR1 protokolü için 47.80±49.91, SMR2 protokolü için 93.09±109±24, SMR3 protokolü için 87.60±53.83 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı (F=2.688, p=0.060). Ön-son test CK değerleri farkı; pasif toparlanma protokolü için 30.30±82.80, SMR1 protokolü için 189.60±218.03, SMR2 protokolü için 95.09±129.63, SMR3 protokolü için 77.40±21.54 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı (F=1.589, p=0.208).

Tablo 4.14. Farklı Protokoller Açısından CK, LDH Parametrelerinin Öntest-24 Saat Farklarının Karşılaştırma Analizi

	Pasif Toparlanma	SMR1 Evresi	SMR2 Evresi	SMR3 Evresi	F	p
Parametreler	X±ss					
LDH (U/L)	0.20±48.09	86.40±239.58	105.27±105.64	121.60±115.52	1.417	0.253
CK (U/L)	1207.40 ±1307.26	915.60 ±847.90	1579.79 ±2724.68	1052.10 ±968.35	0.308	0.820

Araştırmaya katılan katılımcıların ön test-24 saat LDH değerleri farkı; pasif toparlanma protokolü için 0.20±48.09, SMR1 protokolü için 86.40±239.58, SMR2 protokolü için 105.27±105.64, SMR3 protokolü için 121.60±115.52 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı (F=1.417, p=0.253). Ön test-24 saat CK değerleri farkı; pasif toparlanma protokolü için 1207.40±1307.26, SMR1 protokolü için 915.60±847.90, SMR2 protokolü için 1579.79±2724.68, SMR3 protokolü için 1052.10±968.35 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı (F=0.308, p=0.820).

Tablo 4.15. Farklı Protokoller Açısından CK, LDH Parametrelerinin Öntest-48 Saat Farklarının Karşılaştırma Analizi

	Pasif Toparlanma	SMR1 Evresi	SMR2 Evresi	SMR3 Evresi	F	p
Parametreler	X±ss					
LDH (U/L)	60.40±123.00	78.60±138.64	137.64±136.73	104.00±134.48	0.663	0.580
CK (U/L)	826.00 ±939.55	1996.90 ±3,024.62	1014.91 ±1,727.45	1595.00 ±2309.09	0.643	0.592

Araştırmaya katılan katılımcıların ön test-48 saat LDH değerleri farkı; pasif toparlanma protokolü için 60.40±123.00, SMR1 protokolü için 78.60±138.64, SMR2 protokolü için 137.64±136.73, SMR3 protokolü için 104.00±134.48 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı (F=0.663, p=0.580). Ön test-48 saat CK değerleri farkı; pasif toparlanma protokolü için 826.00±939.55, SMR1 protokolü için 1996.90±3,024.62, SMR2 protokolü için 1014.91±1,727.45, SMR3 protokolü için 1595.00±2309.09 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı (F=0.643, p=0.592).

Tablo 4.16. Farklı Protokoller Açısından CK, LDH Parametrelerinin Öntest-72 Saat Farklarının Karşılaştırma Analizi

	Pasif Toparlanma	SMR1 Evresi	SMR2 Evresi	SMR3 Evresi	F	p
Parametreler	X±ss					
LDH (U/L)	98.30±226.45	90.40±198.44	114.36±124.09	286.10±433.59	1.209	0.320
CK (U/L)	594.10 ±739.84	1830.70 ±3090.86	1826.09 ±2716.92	1576.90 ±1791.52	0.668	0.577

Araştırmaya katılan katılımcıların ön test-72 saat LDH değerleri farkı; pasif toparlanma protokolü için 98.30±226.45, SMR1 protokolü için 90.40±198.44, SMR2 protokolü için 114.36±124.09, SMR3 protokolü için 286.10±433.59 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı (F=1.209, p=0.320). Ön test-72 saat CK değerleri farkı; pasif toparlanma protokolü için 594.10±739.84, SMR1 protokolü için 1830.70±3090.86, SMR2 protokolü için 1826.09±2716.92, SMR3 protokolü için 1576.90±1791.52 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı (F=0.668, p=0.577).

Tablo 4.17. Farklı Protokoller Açısından CK, LDH Parametrelerinin Öntest-SMR Sonrası Farklarının Karşılaştırma Analizi

	SMR1 Evresi	SMR2 Evresi	SMR3 Evresi			
Parametreler	X±ss			F	P	Anlamlı Fark
LDH (U/L)	5.50±55.19	54.64±26.31	41.80±31.87	4.315	0.023*	1-2, 1-3
CK (U/L)	240.20±282.95	95.73±135.69	147.70±67.45	1.647	0.211	

*p<0.05 **1.** SMR1 protokolü **2.** SMR2 protokolü **3.** SMR3 protokolü

Araştırmaya katılan katılımcıların ön test-SMR sonrası LDH değerleri farkı; SMR1 protokolü için 5.50±55.19, SMR2 protokolü için 54.64±26.31, SMR3 protokolü için 41.80±31.87 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan 1 ile 2, 3 arasında anlamlı bulundu (F=4.315, p=0.023). Ön test-SMR sonrası CK değerleri farkı; SMR1 protokolü için 240.20±282.95, SMR2 protokolü için 95.73±135.69, SMR3 protokolü için 147.70±67.45 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan anlamlı bulunmadı (F=1.647, p=0.211).

Tablo 4.18. Farklı Protokoller Açısından Sağ El Kavrama Kuvveti, Sol El Kavrama Kuvveti, Dikey Sıçrama, Yatay Sıçrama, Otur Uzan, 20m Sprint, T Line Testlerinin Öntest-24 Saat Farklarının Karşılaştırma Analizi

	Pasif Toparlanma	SMR1 Evresi	SMR2 Evresi	SMR3 Evresi	F	p	Anlamlı Fark
	X $\pm$ ss						
Sağ El Kavrama Kuvveti	-3.21 $\pm$ 4.62	-6.14 $\pm$ 5.16	-2.70 $\pm$ 3.28	-1.49 $\pm$ 3.56	2.220	0.102	
Sol El Kavrama Kuvveti	-5.74 $\pm$ 3.66	-3.98 $\pm$ 3.66	-1.47 $\pm$ 3.58	-2.18 $\pm$ 4.20	2.655	0.063	
Dikey Sıçrama	-3.10 $\pm$ 3.25	-3.00 $\pm$ 2.86	-4.43 $\pm$ 2.60	-3.89 $\pm$ 5.11	0.378	0.769	
Yatay Sıçrama	-5.90 $\pm$ 7.74	-7.00 $\pm$ 10.76	-14.91 $\pm$ 9.73	-13.70 $\pm$ 14.55	1.809	0.162	
Otur- Uzan	-4.30 $\pm$ 1.57	-3.70 $\pm$ 2.58	-4.82 $\pm$ 3.74	-7.40 $\pm$ 4.77	2.305	0.093	
20m Sprint	0.09 $\pm$ 0.25	0.09 $\pm$ 0.32	0.11 $\pm$ 0.16	0.37 $\pm$ 0.12	3.601	0.022*	1-3, 2-3, 3-4
T Line	0.37 $\pm$ 0.49	0.66 $\pm$ 0.62	0.08 $\pm$ 0.83	-0.09 $\pm$ 0.62	2.588	0.068	

*p<0.05 1. SMR1 protokolü 2. SMR2 protokolü 3. SMR3 protokolü 4. Pasif toparlanma

Araştırmaya katılan katılımcıların ön test-24 saat 20m sprint değerleri farkı; pasif toparlanma protokolü için 0.09 $\pm$ 0.25, SMR1 protokolü için 0.09 $\pm$ 0.32, SMR2 protokolü için 0.11 $\pm$ 0.16, SMR3 protokolü için 0.37 $\pm$ 0.12 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan 3 ile 1, 2, 4 arasında anlamlı bulundu (F=3.601, p=0.022). Araştırmada ölçülen diğer parametreler (sağ el kavrama kuvveti, sol el kavrama kuvveti, dikey sıçrama, yatay sıçrama, otur-uzan, t line) tüm protokollerde ön test-24 saat açısından matematiksel olarak farklılıklar gösterse de istatistiksel olarak anlamlı bulunamadı (F=2.220, p=0.102; F=2.655, p=0.063; F=0.378, p=0.769; F=1.809, p=0.162; F=2.305, p=0.093; F=2.588, p=0.068 sırasıyla).

Tablo 4.19. Farklı Protokoller Açısından Sağ El Kavrama Kuvveti, Sol El Kavrama Kuvveti, Dikey Sıçrama, Yatay Sıçrama, Otur Uzan, 20m Sprint, T Line Testlerinin Öntest-48 Saat Farklarının Karşılaştırma Analizi

	Pasif Toparlanma	SMR1 Evresi	SMR2 Evresi	SMR3 Evresi	F	p	Anlamlı Fark
	X±ss						
Sağ El Kavrama Kuvveti	-5.53±4.52	-5.98±4.75	-2.21±3.65	-2.39±2.27	2.699	0.060	
Sol El Kavrama Kuvveti	-6.06±4.20	-3.37±4.59	-1.57±3.46	-2.01±2.37	2.986	0.043*	2-4, 3-4
Dikey Sıçrama	-2.83±2.80	-1.69±5.95	-3.05±2.93	-0.57±4.85	0.725	0.543	
Yatay Sıçrama	-14.90±13.66	-16.30±20.74	-17.36±10.88	-4.30±15.05	1.556	0.216	
Otur-Uzan	-5.30±3.13	-4.70±5.36	-4.55±3.59	-5.20±4.05	0.084	0.968	
20m Sprint	0.08±0.26	0.11±0.34	0.20±0.16	0.23±0.11	0.861	0.470	
T Line	0.61±1.01	0.40±0.57	0.06±0.63	-0.06±0.55	1.884	0.149	

*p<0.05 **1.** SMR1 protokolü **2.** SMR2 protokolü **3.** SMR3 protokolü **4.** Pasif toparlanma

Araştırmaya katılan Katılımcıların ön test-48 saat sol el kavrama kuvveti değerleri farkı; pasif toparlanma protokolü için -6.06±4.20, SMR1 protokolü için -3.37±4.59, SMR2 protokolü için -1.57±3.46, SMR3 protokolü için -2.01±2.37 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan 4 ile 2, 3 arasında anlamlı bulundu (F=2.986, p=0.043). Araştırmada ölçülen diğer parametreler (sağ el kavrama kuvveti, dikey sıçrama, yatay sıçrama, otur-uzan, 20m sprint, t line) tüm protokollerde ön test-48 saat açısından matematiksel olarak farklılıklar gösterse de istatistiksel olarak anlamlı bulunamadı (F=2.699, p=0.060; F=0.725, p=0.543; F=1.556, p=0.216; F=0.084, p=0.968; F=0.861, p=0.470; F=1.884, p=0.149 sırasıyla).

Tablo 4.20. Farklı Protokoller Açısından Sağ El Kavrama Kuvveti, Sol El Kavrama Kuvveti, Dikey Sıçrama, Yatay Sıçrama, Otur Uzan, 20m Sprint, T Line Testlerinin Öntest-72 Saat Farklarının Karşılaştırma Analizi

	Pasif Toparlanma	SMR1 Evresi	SMR2 Evresi	SMR3 Evresi	F	p	Anlamlı Fark
	X±ss						
Sağ El Kavrama Kuvveti	-4.43±4.90	-4.26±7.71	-4.44±4.27	-3.55±2.60	0.067	0.977	
Sol El Kavrama Kuvveti	-5.17±4.58	-3.09±3.36	-3.67±3.05	-3.40±1.56	0.776	0.515	
Dikey Sıçrama	-2.76±3.50	-0.82±4.01	-2.50±3.57	-1.84±2.54	0.636	0.597	
Yatay Sıçrama	-6.30±13.25	-5.80±11.58	-6.00±10.59	5.40±12.59	2.287	0.095	
Otur- Uzan	-3.50±2.07	-3.50±4.12	-2.55±3.01	-2.20±2.25	0.507	0.680	
20m Sprint	0.17±0.29	0.16±0.32	0.21±0.14	0.24±0.15	0.255	0.857	
T Line	0.32±0.75	0.12±0.35	0.21±0.67	-0.47±0.52	3.548	0.024*	1-3, 2-3, 3-4

*p<0.05 1. SMR1 protokolü 2. SMR2 protokolü 3. SMR3 protokolü 4. Pasif toparlanma

Araştırmaya katılan Katılımcıların ön test-72 saat t line değerleri farkı; pasif toparlanma protokolü için 0.32±0.75, SMR1 protokolü için 0.12±0.35, SMR2 protokolü için 0.21±0.67, SMR3 protokolü için -0.47±0.52 olarak tespit edildi. Elde edilen farklılıklar istatistiki açıdan 3 ile 1, 2, 4 arasında anlamlı bulundu (F=3.548, p=0.024). Araştırmada ölçülen diğer parametreler (sağ el kavrama kuvveti, sol el kavrama kuvveti, dikey sıçrama, yatay sıçrama, otur-uzan, 20m sprint) tüm protokollerde ön test-72 saat açısından matematiksel olarak farklılıklar gösterse de istatistiksel olarak anlamlı bulunamadı (F=0.067, p=0.977; F=0.776, p=0.515; F=0.636, p=0.597; F=2.287, p=0.095; F=0.507, p=0.680; F=0.255, p=0.857 sırasıyla).

5.TARTIŞMA

Elit sporcularda performansın önemi yüksek düzeyde derecede artmaktadır. Performansa anatomi, fizyoloji ve teknolojiye ilerlemeler önemli katkılar sunmaktadır (166, 167). Fasiyal sistem, kaslar, bağlar, tendonlar, eklem kapsülleri, retinakula ve diğer lifli dokular dahil olmak üzere tüm vücudu kaplayan üç boyutlu bir bağ dokusu matrisidir. Kinetik enerjiyi depolamak için kullanılan elastik, kırılmamış bir gerilim ağı olarak tanımlanabilir (168). Sağlıklı dokuda Fasya, elastik kalitesi sayesinde kasın kasılma yeteneğinin ötesindeki iş yüklerine yardımcı olabilir. Diğer çalışmalardan elde edilen veriler, bu sistemin manipülasyonunun eklem hareket açıklığını (ROM) ve iyileşme sürecini artırabileceğini, akut kas ağrısının, GKA'nın etkilerini ve egzersiz sonrası kas performansını azaltabileceğini göstermektedir (168-170). Antrenman sonrası toparlanma, fizyolojik ve fiziksel kapasitelerin geri kazanılması olayıdır (171). Bu nedenle, antrenmana optimum uyum sağlamak ve fiziksel egzersiz performansını en üst düzeye çıkarmak için iyileşmeyi artırmak çok önemlidir (171, 172). Yorucu ve alışılmamış egzersiz ve performans, kasta küçük bir hasar olan mikrotravmaya neden olabilir (173). Ortaya çıkan enflamatuar yanıt, zamanla fasya skar dokusuna yol açabilir ve bu da kas işlev bozukluklarına yol açabilir. Yaygın işlev bozuklukları arasında fiziksel travmalar, aşırı kullanım ve yapısal dengesizlikler yer alır ve performansın düşmesine ve ağrıya yol açar (136, 173, 174). Egzersiz sonrası toparlanma için birkaç dakika, saat ve hatta birkaç gün gerektirebilen metabolik değişiklikler oluşur (21, 94, 172, 175). EIMD, ultrastrüktürel miyofibriler bozulmanın belirti ve semptomları, geçici güç kaybı, kas ağrısında artış, kas şişmesinde artış, hareket açıklığında azalma ve kas enzimleri ve proteinlerinde artış konsantrasyonu ile karakterizedir (94, 176). Bu değişiklikler günlerce devam edebilir (94). Fiziksel performansı düşürür ve muhtemelen bireylerin egzersize dönmesini günler hatta haftalarca kısıtlar (94).

Son on yılda, kendi kendine miyofasyal salınım (SMR), yumuşak dokuyu tedavi etmenin geleneksel yöntemlerini desteklemek için giderek yaygınlaşan bir modalite haline geldi (177-179). İyileşmeye yardımcı olmak ve GKA'nı köpük rulo veya rulo masaj aleti kullanarak tedavi etmek için kendi kendine miyofasyal gevşetme (SMR) tekniklerinin kullanımı, her yaştan ve yetenekten egzersiz yapan kişilerde giderek daha popüler hale geliyor. SMR ile ilgili bilimsel araştırmalar sınırlı olmasına rağmen, her

yaştan ve yetenekten bireyler tarafından yaygın olarak kullanılmaktadır (180). Egzersizi takiben kaslardan geçen kan akışını artırmak, yorgunluk semptomlarını hızla ortadan kaldırmaya yardımcı olabilir. Bu nedenle, düşük yoğunluklu egzersiz, egzersiz sonrası kas iyileşmesi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabilir (181). İyileşme, vazodilatasyonu indüklemek ve kan dolaşımını artırmak için dokular üzerindeki kompresyonun mekanik olarak artırılmasıyla da desteklenebilir (182). Bunu başarmanın yöntemlerinden biri, fasyanın hidrasyonunu ve elastikiyetini artırabilen bir köpük rulo aracılığıyla kendi kendine miyofasyal salınımdır (SMFR). Köpük yuvarlama, hareket sırasında bir kişinin kendi vücut ağırlığının bir köpük silindir ve dolayısıyla yumuşak doku üzerinde uyguladığı basıncı kullanmayı içerir (32).

Literatür incelendiğinde FR ve RM'nin ROM artışları üzerindeki etkilerini inceleyen kısıtlı çalışmalar vardır. Ayrıca, mevcut literatür toplam müdahale (dinlenme dahil) süresini kontrol etmemiştir (142, 183). Hem sporcular hem de aktif bireyler için, SMR genellikle iyileşmeyi ve performansı artırmak için kullanılır (184). Foam roller uygulamasının ağrıyı azaltmada etkili olduğu görülse de kesin yararları ile altında yatan fizyolojik mekanizmalar ile potansiyel riskleri henüz net olmadığı için rapor edilememiştir (26, 27).

Mevcut literatür, GKA bireylerde FR'nin performans üzerindeki etkinliği ile ilgili çelişkili sonuçlar sunmaktadır (124, 125). Bununla birlikte, çeşitli araştırmalar, yorucu GKA'yı tetikleyen egzersizden sonra kullanılan foam rollerin fiziksel olarak aktif erkek sporcularda hız, güç, kuvvet, hareket açıklığı, çeviklik ve genel kas ağrısında önemli gelişmeler olduğunu bildirmiştir (124, 125). Yakın zamanda yapılan bir çalışmada FR, mevcut çalışmada kas ağrısında veya algılanan eforda herhangi bir değişiklik olmaksızın askeri performansını iyileştirmiştir (185). Bu çalışmada FR sonrası performansta gözlenen iyileşmelerin, psikolojik ve algısal değişikliklerden ziyade tedaviye verilen fizyolojik tepkilerden kaynaklandığını gösterdiği ileri sürülmüştür. Ayrıca bireyler için FR cihazları, performansı önemli ölçüde iyileştirebilen pratik, uygun fiyatlı, taşınabilir ve basit araçlardır olduğu belirtilmektedir (185). Yine yakın zamanlı başka bir çalışmada FR nin GKA semptomlarının azalttığı bildirilmiştir (117).

Gecikmiş kas ağrısı oluşumunun belirlenmesinde sık kullanılan biyobelirteçlerden biri serum kreatin kinaz seviyesidir (182, 186-188). Literatür incelendiğinde; gecikmiş kas ağrısında foam rollerin etkisini direkt serum CK düzeyi para metresiyle inceleyen az sayılı çalışmaya rastlanmıştır (189,190).

Beimborn; foam rollerin egzersize bağı kas hasarı ile ilişkili semptomlarını incelediği tez çalışmasında 8 gönüllü çalışmaya katılmıştır. Çalışma deney ve kontrol grubu olarak kıyaslanmıştır. Egzersiz sonrası 24 ve 48 saat sonrası CK düzeyleri ölçülmüştür. Kontrol ve deney grupları arasında CK düzeyinde anlamlılık bulunmamıştır. CK seviyeleri ile foam roller uygulamasının arasında bir bağlantı olmayabileceği düşünülmektedir sonucunu rapor etmişlerdir (189). Shucheng; titreşimli foam rollerin gecikmiş kas ağrısı ve spor performansına etkisini incelediği tez çalışmasında; 24 katılımcıyı titreşimli foam roller (n:8), foam roller (n:8) ve kontrol grubuna (n:8) ayırmıştır. 4 gün boyunca CK seviyesini ölçtüğü çalışmasında; CK seviyesinde titreşimli foam roller ve foam rollerin hiçbir etkisi olmadı sonucunu rapor etmiştir (190). Adamczyk ve arkadaşları ise; 33 erkek sporcu ile biri GRID foam roller olan, 2 farklı foam roller tipinin gecikmiş kas ağrısına etkisini inceledikleri çalışmalarında; ön araştırmaları sırasında, gecikmiş kas ağrısı oluşturdıklarını göstermek için sadece egzersizden 24 saat sonra kreatin kinaz (CK) düzeyini bir kez ölçmüşlerdir. CK düzeyinin arttığının ve bunun gecikmiş kas ağrısı oluşturdıkları anlamına geldiğini belirtmişlerdir, ancak foam rollerin CK seviyesine etkisini incelememişlerdir (191).

Amerikan Masaj Terapi Birliği; kendi kendine uygulanan foam roller uygulamasının etkilerinin masaja benzer olduğunu belirtmektedir (28). Foam rollerla uygulanan myofasyal gevşetme egzersizlerinin masajla benzer şekilde bir manipölasyon uygulaması olduğu belirtilmektedir (192). Masajın gecikmiş kas ağrısı üzerine etkilerini inceleyen meta-analiz çalışmalarında; serum CK düzeyinde azalma olduğu belirtilmektedir (182, 187). Serum CK seviyesi sıklıkla kas performansının iyileşmesini etkileyen inflamasyon ve iskelet kası hasarının bir belirteci sayılmaktadır (182, 186-188). Serum CK seviyesinin dolaşım sisteminden hızlı temizlenmesinin, masajın kas iyileşmesini ve performansını artırmasının nedeni olduğu düşünülmektedir (187).

Guo ve arkadaşları; yaptıkları meta analiz çalışmalarında 247 sporcu dahil içeren yedi makalede, masaj grubunda kontrol grubuna kıyasla serum CK seviyesini önemli ölçüde düşüğünü belirtmişlerdir. Bunlar arasında GKA sonrası, 48 ve 72 saatlik alt gruplar, masaj müdahalesinin serum CK seviyesini 48 saatte ve 72 saatte önemli ölçüde azaltabileceğini göstermişlerdir, ancak 24 saatlik alt grupta anlamlı bir fark gözlenmedi sonucunu rapor etmişlerdir (187).

Çalışmamızda pasif toparlanma, SMR2, SMR3 protokollerinde ; egzersiz öncesi, egzersizden sonra, 24., 48., 72. saatler arasındaki CK seviyelerinde istatistiksel olarak

anlamalı bir farklılık görülmüştür. Çalışmamız egzersiz sonrası 72 saat ile sınırlıdır. Yukarıda belirtilen mevcut literatürde de masajın egzersiz sonrası 48 ve 72. saatte serum CK düzeyinde azalma olduğunu belirtmektedir bu durum çalışmamızla paralellik göstermektedir. Literatürle uyumlu bir şekilde GKA'da; foam roller ile kendi kendine uygulanan miyofasyal gevşetme yönteminin serum CK düzeyinde egzersizden sonraki 72 saate kadar etkili olduğu sonucuna vardık.

Literatürde gecikmiş kas ağrısında foam rollerın etkisini direkt serum CK düzeyi parametresiyle inceleyen az sayılı çalışmalardan biri olmamız çalışmamızın özgün ve güçlü taraflarındandır. Çalışmamızın bundan sonra benzer yapılacak çalışmalara referans oluşturabileceğini düşünmekteyiz.

Gecikmiş kas ağrısı oluşumunun belirlenmesinde kullanılan biyobelirteçlerden biri de serum laktat dehidrogenaz seviyesidir (186, 193, 194). Literatürdeki çalışmalar egzersizle birlikte LDH düzeyinin arttığını belirtmektedirler (195). Gecikmiş kas ağrısında LDH seviyesini araştıran çalışmalar LDH seviyesinin egzersizden hemen sonra zirveye ulaştığını bildirmişlerdir (186, 196). Çalışmamızda da LDH seviyesinin egzersizden hemen sonraki ölçümde en yüksek değerine ulaştığını gözlemledik. Bu yönüyle çalışmamız literatürle paralellik göstermektedir. Literatür incelendiğinde; gecikmiş kas ağrısında foam rollerın etkisini inceleyen az sayıda çalışmada direkt LDH değeri parametrelerinin kullanıldığını görmekteyiz (191).

Cheatham ve arkadaşları; 14 makaleyi dahil ettikleri sistematik incelemelerinde; foam roller kullanımının da içine dahil olduğu kendi kendine miyofasyal gevşetme tekniklerinin vazodilatasyonu arttırdığını, ödemi azalttığını, laktat eliminasyonunu artırıp GKA'nın semptomlarını azalttığını bildirmektedirler (32). Kendi kendine miyofasyal gevşetme tekniğinden sonra, kan akım hızının artmasıyla ödemin azalması, laktat eliminasyonunun artması ve böylece yumuşak doku onarımının gerçekleşmesi ile açıklanabilir (124).

Adamczyk ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarında; 33 erkek sporcu 11 kişiden oluşan 3 gruba ayırmışlardır. Biri GRID foam roller olan, 2 farklı foam roller tipinin gecikmiş kas ağrısına etkisini inceledikleri çalışmalarında; LDH değerini egzersiz öncesi, sonrası 24, 48, 72 ve 96 saat sonra ölçmüşlerdir. Toparlanmayı destekleyen yöntemleri kullanan her iki grupta da laktat düşüşü pasif istirahat eden gruba göre daha yüksekti sonucunu rapor etmişlerdir (191).

Çalışmamızda SMR2 protokolünde; egzersiz öncesi, egzersizden sonra, 24., 48., 72. saatler arasındaki LDH seviyelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık

görülmüştür. Bu yönüyle çalışmamız literatürle benzerlik göstermektedir. Gecikmiş kas ağrısında foam rollerin etkisini LDH düzeyinde inceleyen az sayıda çalışmalardan biri olması, çalışmamızın özgün taraflarındandır.

Literatür incelendiğinde; foam rollerin performans üzerindeki etkisini inceleyen kısıtlı sayıda çalışma görmekteyiz (191). SMR'nin popülaritesine rağmen, fizyolojik etkileri hala incelenmektedir ve hareket açıklığı, toparlanma ve performans için en uygun program konusunda bir fikir birliği yoktur (184).

Macdonald ve arkadaşları egzersizin neden olduğu kas hasarında toparlanma aracı olarak foamrollerin etkilerini ölçmek için gönüllü 20 erkek deneği iki gruba randomize etmişler. Tüm denekler, 1 MT %60'ında 10 set 10 tekrardan (setler arasında iki dakikalık dinlenme) oluşan kuvvet egzersizi uygulanarak kas hasarı oluşturulmuştur. Egzersizden önce sonra, 24, 48, 72 saatlerde veriler toplanmıştır. Foamroller anterior, posterior, lateral ve medial uylukta 60 saniyelik iki set şeklinde uygulanmıştır. Denekler standart bir kadans olmadan kendi vücut ağırlıklarını kullandılar. Kontrol grubuyla foamroller uygulanan grup karşılaştırıldığında test sonrası dikey sıçrama yüksekliğini, kas aktivasyonunu ve eklem hareket açıklığını iyileştirirken, tüm son test noktalarında deneklerin ağrı düzeylerini azalttığı görülmüştür (125).

Pearcy ve arkadaşları yoğun bir egzersizin ardından bir toparlanma aracı olarak foamrollerin etkilerini ölçmüşler. Çalışma 8 gönüllü erkekten oluşmaktadır. İki protokol arasında 4 haftalık dinlenme aralığı verilmiştir. Kasta hasar oluşturmak için 1 MT%60 10 set 10 tekrardan oluşan back squat (setler arası 2 dk dinlenme) uygulanmıştır. Her son test protokolü için katılımcılara 20 dakikalık bir foamroller (her kalça ana kas grubu için 45 saniye, 15 saniye dinlenme) uygulaması yapılmıştır. 50 BPM'lik bir ritimle kendi vücut ağırlıklarını kullanmışlardır. Egzersiz öncesi, sonrası, 24.,48., 72., saatlerde ölçümler yapılmıştır. Bir algometre kullanılarak kuadrisepsin basınç ağrı eşiği, 30 m sprint hızı, ayakta geniş atlama ve T-testi ölçülmüştür. Sonuç olarak foamroller uygulanan gruptaki deneklerin ağrı düzeylerini azalmıştır. (Cohen d aralığı 0.59-0.84) ve sprint hızı (Cohen d aralığı 0.68-0.77), geniş atlama (Cohen d aralığı 0.48-0.87) ve performans ölçümlerinde iyileşmeler kaydedilmiştir (124)

Jay ve arkadaşları hamstringlerde egzersizin neden olduğu kas hasarından sonra bir toparlanma aracı olarak foamrollerin etkilerini ölçmüşlerdir. Çalışmaya 22 gönüllü erkek katılmıştır. Çalışma deney ve kontrol grubundan oluşmaktadır. Kas hasarı oluşturmak için tüm denekler, 10 set 10 tekrardan oluşan (setler arasında 30 saniyelik bir dinlenme aralığı) kettlebell kullanarak deadlift uygulanmıştır. Foam roller

uygulaması; vuruş başına 1-2 saniyelik bir kadansta “hafif basınç” kullanılarak sagittal düzlemde hamstringlere yapılan 10 dakikalık bir masaj seansını içeriyordu. Çalışmada VAS, algometri ile ölçülen basınç ağrı eşiği, otur ve uzan testi uygulanmıştır. Sonuçlar, testten hemen sonra ve bundan 10, 30 ve 60 dakika sonra ölçülmüştür. Deney grubu uygulamadan 10 dk sonra önemli ölçüde ($p<0.0001$) ağrı azalması ve 30 dakikaya kadar basınç ağrı eşiklerinde artış ($p=0.0007$) göstermiştir. Fakat; son testten 60 dakika sonra kontrol grubuyla karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur. Gruplar arasında ROM'da anlamlı fark bulunamamıştır ($p=0.18$) (197).

Peacock ve arkadaşları, SMR uygulamasından hemen sonra dikey sıçrama, geniş atlama, mekik koşusu ve bench press gibi birkaç test kullanarak performansı ölçtüler. Tüm performans testleri için mediolateral ve anteroposterior eksen foamroller arasında anlamlı bir fark bulunmadı (198). 3 gün boyunca SMR (günde 20 dakika) hastanın ağrı seviyesini daha da azaltabilir ve 10 dakika boyunca bir rulo masaj cihazı kullanmak ağrıyı 30 dakikaya kadar azaltabilir. Klinisyenler, yüksek yoğunluklu egzersize katılan sporcular için egzersiz sonrası bir SMR programı önermeyi düşünebilir. GKA birincil olarak bağ dokusu özelliklerindeki değişikliklerden kaynaklandığı ve SMR uygulamasının kas dokusundan ziyade hasarlı bağ dokusu üzerinde etkili olabileceği varsayılmıştır. Bu, belirgin bir kas performansı kaybı olmadan algılanan ağrıdaki azalmayı açıklayabilir (125). Healey ve ark. yapmış olduğu çalışmada plank egzersizlerinden sonra foam roller uygulanmıştır. Foam rollerin dikey sıçrama, çömelme kuvveti, pro çeviklik delme hızı. testi arasında anlamlı bir fark görülmemiştir (169).

SMR yöntemiyle toparlanmanın diğer bir nedeni, SMR'nin kan akışını arttırması ve böylece kan laktat atılımını, ödem azalmasını ve kasa oksijen iletimini arttırmasıdır (124).

Birkaç çalışma foam rollerin atletik performans üzerindeki etkisini incelemiş; uygulama sürelerine göre öneriler verir, SMR'nin mekanizması hakkında fikir verir ve bireyin ön egzersizinin bir parçası olarak SMR'nin potansiyel değerine işaret eder. İki çalışma, SMR'nin dikey sıçrama yüksekliği ve maksimal kuvvet çıkışları üzerinde olumlu etkilerinin olduğunu gösterirken (125, 199). diğerleri, ROM'da bir artış gözlenmesine rağmen, kas performansının çeşitli parametrelerinde herhangi bir değişiklik göstermedi (125, 169, 170). Performans ölçümlerinde artış bulan araştırmalar, minimum 90 saniye köpük rulo veya masaj aleti kullanan SMR protokollerini (üç set 30 sn) (199), veya iki set 1 dakika) içeriyordu (125).

Byrne ve Gulick'in yapmış olduğu çalışmada 10 X 10 çömelme egzersizlerinden sonra foam roller uygulamasının kas hasarı ve performans üzerine etkisine bakmıştır. Sonuç olarak kuvvet egzersizi sonrası uygulanan foam rollerin kas hasarında iyileşmeyi hızlandırdığı buna bağlı olarak performanta düşüşlerin azattığı görülmüştür (75, 200). Sassi ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada foamroller egzersizlerinin, egzersizden sonra 24 ve 72 saat sonra hem sprint hızını hem de güç performanslarını olumlu yönde etkilediği görülmüştür (201).

Rey ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada SMR uygulanan grupla pasif toparlanma grubu kıyaslanmıştır ve SMR egzersizlerinin performans üzerindeki etkilerine bakılmıştır. Sonuç olarak SMR uygulanan grubun T-line testinde düşüş görülmüştür ancak dikey sıçramada düşüş gözlenmiştir. Otur uzan testinde anlamlı bir derecede etki görülmemiştir (202). SMR'nin atletik performans üzerinde minimal akut etkilere sahip olduğunu ileri sürülmüştür. Çoğu çalışmanın sonuçları, SMR'nin performans ölçümlerini etkilemeyeceğini göstermektedir (125, 169, 170, 198, 203-207). Peacock ve ark. Janot ve ark. maksimal anaerobik performansa zarar verdiğini bildirmiştir (204, 206).

Çalışmamızda sağ-sol el kavrama kuvveti kuvveti , dikey sıçrama , yatay sıçrama otur uzan 20m sprint ve T-line testleri ön test, 24., 48., 72., saatlerde uygulanmıştır. SMR1, SMR2 ve pasif toparlanma, protokollerinde sağ ve sol el kavrama kuvveti testi değerleri arasında; SMR2 ve pasif toparlanma protokollerinde dikey sıçrama testi değerleri arasında; SMR1, SMR2, SMR3 ve pasif toparlanma protokollerinde yatay sıçrama ve otur uzan testi değerleri arasında; SMR2 ve SMR3 protokollerinde 20m sprint testi değerleri arasında; SMR1 ve SMR3 protokollerinde T-line testi değerleri arasında anlamlı bir farklılık görülmüştür.

Literatür incelendiğinde foamroller egzersizlerinden sonra egzersizin kas hasarı üzerindeki etkisinin sözel olarak değerlendirildiği VAS ölçeğinin kullanıldığı çalışmalar görülmüştür (202, 205).

Adamczyk ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada egzersiz sonrası, 24.,48., 72., 96., saatlerdeki ağrı düzeyini belirlemek için VAS değerleri karşılaştırılmıştır. Ağrının, egzersizi tamamladıktan 96 saat sonra tüm gruplarda önemli ölçüde azaldığı görülmüştür. Egzersizin tamamlanmasından sonraki 24 ile 72 saat arasındaki ağrı duyusunun değerlendirilmesi, gruplar arasında anlamlı bir farklılık göstermemiştir. Egzersiz sonrası toparlanma desteğinin türü nedeniyle, çalışmadan sadece 96 saat sonra önemli ölçüde daha düşük VAS değerleri gözlenmiştir (191).

Başka bir araştırmada, yüksek yoğunluklu egzersizden sonra foamroller uygulamalarının alt ekstremité kas performansındaki düşüşleri azalttığını ve egzersiz sonrası müdahale süresi 10 ila 20 dakika arasında değişen deneklerde algılanan ağrıyı azalttığını göstermektedir (124, 197, 205).

Yaptığımız çalışmada literatüre paralel olarak araştırmaya katılan Katılımcıların egzersiz sonrası, 24., 48. ve 72. saat sonrası , pasif toparlanma, SMR1, SMR2, SMR3 protokollerinde VAS değerlerinde anlamlı farklılık görülmüştür.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kuvvet egzersizleri sonrası uygulanan self-miyofasyal rahatlama tekniğinin kas hasarı üzerine etkisini incelemek, bu bağlamda kuvvet egzersizleri sonrası uygulanan self-miyofasyal rahatlama tekniğinin uygulama süreleri açısından kıyaslanması, seçilmiş sitokin parametrelerine ve performansa etkisini belirlemek amaçlanmıştır. Yapmış olduğumuz çalışmada egzersiz öncesi ölçüm, egzersiz sonrası, 24., 48. ve 72. saat sonrası , pasif toparlanma protokolünde CK değerleri arasında, SMR1 protokolünde VAS değerleri arasında, SMR2 protokolünde LDH, CK, VAS değerleri arasında, SMR3 protokolünde CK ve VAS değerleri arasında anlamlı bir farklılık görülmüştür. SMR1, SMR2 ve pasif toparlanma, protokollerinde sağ ve sol el kavrama kuvveti testi değerleri arasında; SMR2 ve pasif toparlanma protokollerinde dikey sıçrama testi değerleri arasında; SMR1, SMR2, SMR3 ve pasif toparlanma protokollerinde yatay sıçrama ve otur uzan testi değerleri arasında; SMR2 ve SMR3 protokollerinde 20m sprint testi değerleri arasında; SMR1 ve SMR3 protokollerinde T-line testi değerleri arasında; egzersiz öncesi ölçüm, egzersiz sonrası, 24., 48. ve 72 saat sonrası anlamlı bir farklılık görülmüştür. Farklı protokoller açısından CK,LDH parametrelerinin Öntest-SMR protokollerini sonrası farklarının karşılaştırma analizi LDH değeri için 1-2, 1-3 arasında anlamlı bir farklılık görülmüştür. Farklı protokoller açısından saha testlerinin (sağ el kavrama kuvveti, sol el kavrama kuvveti, dikey sıçrama, yatay sıçrama, otur uzan, 20m sprint, T Line) Öntest-24 Saat farklarının karşılaştırma analizinde; 20m sprint testi değerleri farkı 3-1, 3-2, 3-4 arasında, farklı protokoller açısından saha testlerinin Öntest-48 Saat farklarının karşılaştırma analizinde; sol el kavrama kuvveti testi değerleri farkı 4-2, 4-3 arasında, farklı protokoller açısından saha testlerinin Öntest-72 Saat farklarının karşılaştırma analizinde; T-line testi değerleri farkı 3-1, 3-2, 3-4 arasında anlamlı bir farklılık görülmüştür.

Sonuç olarak kuvvet egzersizleri sonrasında uygulanan self-miyofasyal rahatlama tekniğinin uygulama süreleri açısından kas hasarı, seçilmiş sitokin parametreleri ve bazı performans değerleri üzerine etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

Öneriler

GKA'da foam roller kullanımının üst ekstremité kasları üzerindeki etkisi araştırılabilir.

Kendi kendine uygulanan foam roller uygulamalarının farklı kas gruplarında GKA'da CK, LDH, nötrofil düzeyinde etkileri incelenebilir.

Kuvvet egzersizleri sonrası farklı yapılar da foam roller kullanılarak yapılan SMR egzersizlerinin uygulama süreleri açısından performansa ve kas hasarı üzerine etkisi incelenebilir.

SMR egzersizlerinin GKA'da miyoglobin, asparat aminotransferaz ve alanin aminotransferaz, inflamasyon (IL-6-10, interlökin-1 beta, tümör nekroz faktör-alfa ve C reaktif protein) düzeyinde etkileri incelenebilir.

KAYNAKLAR

1. Ocak Y, Buğdayıcı S. Futsal (Salon Futbolu). 1.Baskı, İstanbul, Bedray Basın Yayıncılık, 2012:54.
2. Akın Ş, Demirel H. İskelet kası uydu hücreleri ve kas rejenerasyonundaki yeri. *Türkiye Klinikleri J Sports Med-Special Topics* 2017, 3(3): 227-32.
3. Smith LL, Miles MP. Exercise-induced muscle injury and information. *ESSR J* 2000, (401):163-73
4. Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. *Am J Phys Med Rehabil* 2002, 81:52–69.
5. Newham DJ, Jones DA, Edwards RH. Plasma creatine kinase changes after eccentric and concentric contractions. *Muscle nerve* 1986, 9(1):59-63.
6. Nosaka K, Clarkson PM. Influence of previous concentric exercise on eccentric exerciseinduced muscle damage. *J Sport Sci* 1997, 15(5):477-83.
7. Brown S, Day S, Donnelly A. Indirect evidence of human skeletal muscle damage and collagen breakdown after eccentric muscle action. *J Sport Science* 1999, 17(5):397-402.
8. Kocağa T. Egzersize Bağlı Kas Hasarının Denge Performansına Etkisi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Bolu:Abant İzzet Baysal Üniversitesi, 2014.
9. Epstein Y. Clinical significance of serum creatine phosphokinase activity levels following exercise. *Isr J Med Sci* 1995, 31:698-9.
10. Hilbert JE, Sforzo GA, Swensen T. The effects of massage on delayed onset muscle soreness. *Br J Sports Med.* 2003, 37(1):72-4.
11. Kuipers H. Exercise induced muscle damage international, *Sport Medicine* 1994,15(3):132-5.
12. Roth SM, Martel GF, Ivey FM, Lemmer JT, Metter EJ, Hurley BF, Rogers MA. High- volume, heavy-resistance strength training and muscle damage in young and older women. *J Appl Physiol* 2000, 88(3):1112-8.
13. Korkmaz SG. Sporcularda Uzun Süreli Yorgunluğun Kas Hasarıyla İlişkisi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Adana: Çukurova Üniversitesi, 2010.

14. Murray RK, Granner DK, Mayes PA, Rodwel VW. *Harper'in Biyokimyası*, Barış Kitabevi, 1998: 24-68.
15. Hazar S. Egzersize bağlı iskelet ve kalp kası hasarı. *Spormetre* 2004, 2(3):119-26.
16. Evans WJ, Canon JG. The metabolic effects of exercise-induced muscle damage, *ESSR J.* 1991, 19:99-125.
17. Soricther S, Puschendorf B, Mair J. Skeletal muscle injury induced by eccentric muscle actioni muscle proteins as markers of muscle fiber injury. *Exerc Immunol Rev.*1999, 5:5-21.
18. Harbili S, Gencer E, Ersöz G, Demirel HA. Orta siddetli eksantrik egzersiz diger hasar belirteçlerini etkilemeksizin plazma keratin kinaz düzeyini arttırır. *SÜ Bes Bilim Dergisi* 2008, 10(1):21-31.
19. İpek D, Özkaya Ö, Sözen H, Tekat A. Pasif germe hareketlerinin sedanterlerde oluşturulan gecikmis kas ağrıları üzerine etkileri. *Spormetre* 2009, 7(1):37-40.
20. Heiss R, Lutter C, Freiwald J, Hoppe MW, Grim C, Poettgen K, Forst R, Bloch W, Hüttel M, Hotfiel T. Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS)–Part II: Treatment and Prevention. *Sportverletzung· Sportschaden* 2019, 33(01): 21-9.
21. Barnett A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes does it help? *Sports Med.* 2006, 36(9):781-96.
22. Nédélec M, McCall A, Carling C, Legall F, Berthoin S, Dupont G. Recovery in soccer. *Spor Med.* 2012, 42(12): 997-1015.
23. Cheung K, Hume PA, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. *Sports Med.* 2003, 33(2):145-64.
24. Robson-Ansley PJ, Gleeson M, Ansley L. Fatigued management in the preparation of Olympic athletes. *J Sports Sci* 2009, 27(13): 1409-20.
25. Lee YS, Bae SH, Hwang JA, Kim KY. The effects of kinesio taping on architecture, strength and pain of muscles in delayed onset muscle soreness of biceps brachii. *J Phys Sci* 2015, 27(2): 457-9.
26. Hotfiel T, Freiwald J, Hoppe MW, Lutter C, Forst R, Grim C, Bloch W, Hüttel M, Heiss R. Advances in delayed-onset muscle soreness (DOMS): Part I: Pathogenesis and diagnostics. *Sportverletzung· Sportschaden* 2018, 32(04): 243-50.

27. Drinkwater EJ, Latella C, Wilshire C, Bird S, Skein M. Foam rolling as a recovery tool following eccentric exercise: Potential mechanisms underpinning changes in jump performance. *Front Physiol* 2019, 10: 768-78.
28. Schroeder AN, Best TM. Is self myofascial release an effective preexercise and recovery strategy? A literature review. *Cur Sports Med Rep*. 2015, 14(3): 200-8.
29. Armstrong R. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Med. Sci. Sports Exerc*. 1984, 16(6): 529-38.
30. MacIntyre DL, Soricther S, Mair J, Berg A, McKenzie DC. Markers of inflammation and myofibrillar proteins following eccentric exercise in humans. *Eur J Appl Physiol*. 2001, 84(3): 180-6.
31. Ernst E. Does post-exercise massage treatment reduce delayed onset muscle soreness? A systematic review. *Br J Sports Med* 1998, 32(3): 212-4.
32. Cheatham SW, Kolber MJ, Cain M, Lee M. The effects of selfmyofascial release using a foam roll or roller massager on joint range of motion, muscle recovery, and performance: a systematic review. *International Journal of Sports Physical Therapy* 2015, 10: 827-38
33. Laffaye G, Da Silva DT, Delafontaine A. Self-myofascial release effect with foam rolling on recovery after high-intensity interval training. *Front Physiol* , 2019, 10:1287-92.
34. Medeiros FVA, Bottaro M, Martins WR, Ribeiro DLF, Marinho EBA, Viana RB, Ferreira-Junior JB, Carmo JC. The effects of one session of roller massage on recovery from exercise-induced muscle damage: A randomized controlled trial. *J Exerc Sci Fit* 2020, 18(3): 148-54.
35. Junker DH, Stöggl TL. The foam roll as a tool to improve hamstring flexibility. *J Strength Cond Res.*, 2015, 29(12):3480-5.
36. Junker DH, Stöggl TL. The training effects of foam rolling on core strength endurance, balance, muscle performance and range of motion: A randomized controlled trial. *J Sports Sci Med.*, 2019, 18(2): 229-38.
37. Lim JH, Park CB. The immediate effects of foam roller with vibration on hamstring flexibility and jump performance in healthy adults. *J Exerc rehabil*. 2019, 15(1):50-4
38. Çolak M, Çetin E. Bayanlara uygulanan farklı ısınma protokollerinin eklem hareket genişliği ve esneklik üzerine etkileri. *Fırat üniversitesi sağlık bilimleri tıp dergisi* 2010, 24(1):1-8.

39. Hough T. Ergographic studies in muscular fatigue and soreness. *J Boston Soc Med Sci* 1900, 5:81-92.
40. Proske U, Morgan DL. Muscle Damage from Eccentric Exercise: Mechanism, Mechanical Signs, Adaptation and Clinical Applications. *J Physiol* 2001, 537(2): 333-45.
41. McHugh MP, Connolly DA, Eston RG, Kremenik IJ, Gleim GW. neural factors associated with exercise-induced muscle damage. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1998, 30(5):157-70
42. Tiidus PM. *Skeletal Muscle Damage and Repair*. Human Kinetics, 2008: 41-2
43. Parolin ML, Spriet LL, Hultman E, Matsos MP, Hollidge-Horvat MG, Jones NL, Heigenhauser GJ. Effects of PDH activation by dichloroacetate in human skeletal muscle during exercise in hypoxia. *Am J Physiol Endocrinol Metab.*, 2010, 279(4): 752-61.
44. Tesch PA. Aspects on muscle properties and use in competitive alpine skiing. *Med Sci Sports Exerc*, 1995, 27(3): 310-14.
45. Morgan DL. new insights into the behavior of muscle during active lengthening. *Biophysic J*, 1990, 57:209–21.
46. Talbot JA, Morgan DL. The effects of stretch parameters on eccentric exercise-induced damage to toad skeletal muscle. *J Muscle Res Cell Motil.* 1998, 19:237-45.
47. Friden J, Lieber RL. Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components. *Acta Physiol Scand*, 2001, 171: 321–6.
48. Raastad T, Owe SG, Paulsen G, Enns D, Overgaard K, Crameri R, Kiil S, Belcastro A, Bergersen L, Hallen J. Changes in calpain activity, muscle structure, and function after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 2010, 42: 86–95.
49. Rattray B, Caillaud C, Ruell PA, Thompson MW. Heat exposure does not alter eccentric exercise-induced increases in mitochondrial calcium and respiratory dysfunction. *Eur J Appl Physiol*. 2011, 111:2813-21.
50. Rattray B, Thompson M, Ruell P, Caillaud C. Specific training improves skeletal muscle mitochondrial calcium homeostasis after eccentric exercise. *Eur J Appl Physiol*, 2013, 113:427-36.
51. Tee JC, Bosch AN, Lambert MI. Metabolic consequences of exercise-induced muscle damage. *Sports Med*, 2007, 37:27–36.

52. Nosaka K, Clarkson PM, Apple FS. Time course of serum protein changes after strenuous exercise of the forearm flexors. *J Lab Clin Med*, 1992, 119(2): 183-8.
53. Rawson ES, Gunn B, Clarkson PM. The effects of creatine supplementation on exercise induced muscle damage. *J Strength Cond Res*, 2001, 15(2): 178-84.
54. Eston R, Byrne C, Twist C. Muscle function after exercise-induced muscle damage: considerations for athletic performance in children and adults. *J Exerc Sci Fit*, 2003, 1(2): 85-96.
55. Lavender AP, Nosaka K. Comparison between old and young men for changes in markers of muscle damage following voluntary eccentric exercise of the elbow flexors. *Appl Physiol Nutr Metab*, 2006, 31:218-25.
56. Hazar S, Erol E, Gökdemir K. Kuvvet antrenmanı sonrası oluşan kas ağrısının kas hasarıyla ilişkisi. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 2006, 11(3): 49-58.
57. Karlı U. Impact of exercise induced muscle damage on target shooting performance. *LifeSci J*, 2013, 10(1):3386-92.
58. Yanagisawa O, Sakuma J, Kawakami Y, Suzuki K, Fukubayashi T. Effect of exercise-induced muscle damage on muscle hardness evaluated by ultrasound real-time tissue elastography. *SpringerPlus*, 2015, 4: 308-17.
59. Obh T, Ebata S, Haro H. Comparison of serum markers for muscle damage, surgical blood loss, postoperative recovery, and surgical site pain after extreme lateral interbody fusion with percutaneous pedicle screws or traditional open posterior lumbar interbody fusion. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 2017, 18 (415): 1-7.
60. Lippi G, Schena F, Salvagno GL, Montagnana M, Gelati M, Tarperi C, Banfi G, Guidi GC. Acute variation of biochemical markers of muscle damage following a 21-km, half-marathon run. *Scand J Clin Lab Invest*, 2008, 68(7): 667-72.
61. Nie J, Tong TK, George K, Fu FH, Lin H, Shi Q. Resting and post-exercise serum biomarkers of cardiac and skeletal muscle damage in adolescent runners. *Scand. J Med Sci Sports*, 2011, 21: 625-9.
62. Kanda K, Sugama K, Sakuma J, Kawakami Y, Suzuki K. Evaluation of serum leaking enzymes and investigation into new biomarkers for exercise-induced muscle damage. *Exerc Immunol Review*, 2014, 20: 39-54

63. Brown D, Chevalier G, Hill M. Pilot study on the effect of grounding on delayed-onset muscle soreness. *J Altern Complement Med.* 2010, 16(3): 265-73.
64. Guilhem G, Cornu C, Guével A. Neuromuscular and muscle-tendon system adaptations to isotonic and isokinetic eccentric exercise. *Ann Phys Rehabil Med.* 2010, 53(5): 319-41.
65. Isner-Horobeti ME, Dufour SP, Vautravers P, Geny B, Coudeyre E, Richard R. Eccentric exercise training: modalities, applications and perspectives. *Sports Medicine*, 2013, 43(6): 483-512.
66. Lieber RL, Fridén J. Morphologic and mechanical basis of delayed- onset muscle soreness. *J Am Acad Orthop Surg* 2002, 10(1): 67-73.
67. McHugh MP, Tetro DT. Changes in the relationship between joint angle and torque production associated with the repeated bout effect. *J Sports Sci* 2003, 21(11): 927-32.
68. Gruber M, Linnamo V, Strojnik V, Rantalainen T, Avela J. Excitability at the motoneuron pool and motor cortex is specifically modulated in lengthening compared to isometric contractions. *J Neurophysiol* 2009, 101(4): 2030-40.
69. Proske U, Allen TJ. Damage to skeletal muscle from eccentric exercise. *Exerc Sport Sci* 2005, 33(2): 98-104.
70. Newton MJ, Morgan GT, Sacco P, Chapman DW, Nosaka K. Comparison of responses to strenuous eccentric exercise of the elbow flexors between resistance-trained and untrained men. *J Strength Cond Res.* 2008, 22(2): 597-607.
71. Connolly DA, Sayers SP, McHugh MP. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *J Strength Cond Res.* 2003, 17(1): 197-208.
72. Nosaka K, Newton M. Concentric or eccentric training effect on eccentric exercise-induced muscle damage. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2002, 34(1): 63-9.
73. Hody S, Croisier JL, Bury T, Rogister B, Leprince P. Eccentric muscle contractions: risks and benefits. *Front Physiol* 2019, 10:536-43
74. Sonkodi B, Berkes I, Koltai E. Have we looked in the wrong direction for more than 100 years? delayed onset muscle soreness is, in fact, neural microdamage rather than muscle damage. *Antioxidants*, 2020, 9(3): 212-21.
75. Gulick DT, Kimura IF, Sitler M, Paolone A, Kelly JD. Various treatment techniques on signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. *J Athl Train* 1996, 31(2): 145-57.

76. Murase S, Terazawa E, Queme F, Ota H, Matsuda T, Hirate K, Kozaki Y, Katanosaka K, Taguchi T, Urai H. Bradykinin and nerve growth factor play pivotal roles in muscular mechanical hyperalgesia after exercise (delayed-onset muscle soreness). *J Neurosci* 2010, 30(10): 3752-61.
77. Cazorla G, Petibois C, Bosquet L, Léger L. Lactate et exercice: mythes et realites. *Grenoble*, 2001, 22(54): 63-76.
78. De Vries HA. Electromyographic observations of the effects of static stretching upon muscular distress. *Research Quarterly* 1961, 32(4): 468-79.
79. Cleak M, Eston R. Delayed onset muscle soreness: mechanisms and management. *J. Sports Sci* 1992, 10(4): 325-41.
80. Newham D, Jones D, Edwards R. Large delayed plasma creatine kinase changes after stepping exercise. *Muscle Nerve* 1983, 6(5): 380-5.
81. Abraham WM. Factors in delayed muscle soreness. *Med Sci Sports* 1997, 9(1): 11-20.
82. Tomasek JJ, Gabbiani G, Hinz B, Chaponnier C, Brown RA. Myofibroblasts and mechano-regulation of connective tissue remodelling. *Nat Rev Mol Cell Biol* 2002, 3(5): 349-63.
83. Vickers AJ. Time course of muscle soreness following different types of exercise. *BMC Musculoskelet Disord* 2001, 2(1): 5-12.
84. Francis K, Hoobler T. Effects of aspirin on delayed muscle soreness. *J Sports Med Phys Fitness* 1987, 27(3): 333-7
85. Hasson SM, Daniels JC, Divine JG, Niebuhr BR, Richmond S, Stein PG, Williams JH. Effect of ibuprofen use on muscle soreness, damage, and performance: a preliminary investigation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1993, 25(1): 9-17.
86. Smith LL. Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed onset muscle soreness? *Med. Sci. Sports Exerc.* 1991, 23(5): 542-51.
87. Friden J, Sfikianos P, Hargens A. Muscle soreness and intramuscular fluid pressure: comparison between eccentric and concentric load. *J Appl Physiol* 1986, 61(6): 2175-9.
88. Lightfoot JT, Char D, McDermott J, Goya C. Immediate postexercise massage does not attenuate delayed onset muscle soreness. *J Strength Cond Res.* 1997, 11(2): 119-24.

89. Armstrong R. Initial events in exercise-induced muscular injury. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1990, 22(4): 429-38.
90. Colón A, Guo X, Akanda N, Cai Y, Hickman J. Functional analysis of human intrafusal fiber innervation by human γ -motoneurons. *Sci Rep* 2017, 7(1): 1-11.
91. Enoka RM. Eccentric contractions require unique activation strategies by the nervous system. *J Appl Physiol* 1996, 81(6): 2339-46.
92. Brentano, M., and Martins Kruel, L. A review on strength exercise-induced muscle damage: applications, adaptation mechanisms and limitations. *J Sports Med Phys Fitness* 2011, 51(1): 1-10.
93. Douglas J, Pearson S, Ross A, McGuigan M. Eccentric exercise: physiological characteristics and acute responses. *Sports Med.* 2017, 47(4): 663-75.
94. Paulsen G, Ramer Mikkelsen U, Raastad T, Peake JM. Leucocytes, cytokines and satellite cells: what role do they play in muscle damage and regeneration following eccentric exercise? *Exerc Immunol Rev.* 2012, 18: 42-97
95. Hirose L, Nosaka K, Newton M, Laveder A, Kano M, Peake J, Suzuki K. Changes in inflammatory mediators following eccentric exercise of the elbow flexors. *Exerc Immunol Rev.* 2004, 10: 75-90.
96. Howatson G, McHugh MP, Hill J, Brouner J, Jewell A, Van Someren KA, Shave R, Howatson S. Influence of tart cherry juice on indices of recovery following marathon running. *Med Sci Sports* 2010, 20(6): 843-52.
97. Cleary MA, Kimura IF, Sitler MR, Kendrick ZV. Temporal pattern of the repeated bout effect of eccentric exercise on delayed-onset muscle soreness. *J Athl Train.* 2002, 37(1): 32-41
98. Nosaka K, Clarkson PM. Muscle damage following repeated bouts of high force eccentric exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1995, 27(9): 1263-9.
99. Friden J, Sjöström M, Ekblom B. Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *Int J Sports Med.* 1983, 4(3): 170-6.
100. Erdoğan M. Farklı Isı Koşullarında Uygulanan Maksimal Aerobik Yüklenmenin Kas Hasarı ve Performans Üzerine Etkileri. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara:Gazi Üniversitesi, 2009.
101. Burtis CA, Ashwood ER. *Tietz Textbook of Clinical Chemistry*. Philadelphia, ABD, 1999: 42.

102. Black HR, Quallich H, Gareleck CB. Racial differences in serum creatine kinase levels. *Am J Med.* 1986, 81(3): 479-87.
103. Moat SJ, Korpimäki T, Furu P, Hakala H, Polari H, Meriö L, Mäkinen P, Weeks I. Characterization of a blood spot creatine kinase skeletal muscle isoform immunoassay for high-throughput newborn screening of Duchenne muscular dystrophy. *Clin Chem* 2017, 63(4): 908-14.
104. Kılıç T. Basketbol Turnuvasının Kas Hasarı ve Toparlanma Süresine Etkileri. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara:Gazi Üniversitesi, 2010
105. Vural S, Çetin ET, Tuzlacı U, Dağ T. *Klinik Teşhiste Laboratuvar(1.baskı).* İstanbul,1, 1986, 15.
106. Bernard JH. Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods. 20th Ed., Philadelphia: W. B. Saunders Company, 2001.
107. Rumley A, Pettigrew A, Colgan M, Taylor R, Grant S, Manzie A, Findlay I, Dargie H, Elliott A. Serum lactate dehydrogenase and creatine kinase during marathon training. *Br J Sports Med* 1985, 19(3): 152-5.
108. O'Connor R, Hurley DA. The effectiveness of physiotherapeutic interventions in the management of delayed onset muscle soreness: a systematic review. *Phys Ther* 2003, 8(4): 177-95.
109. Craig JA, Barron J, Walsh DM, Baxter GD. Lack of effect of combined low intensity laser therapy/phototherapy (CLILT) on delayed onset muscle soreness in humans. *Lasers Surg Med* 1999, 24(3): 223-30.
110. Edwards R, Hill D, Jones D, Merton P. Fatigue of long duration in human skeletal muscle after exercise. *J Physiol* 1977, 272(3): 769-78.
111. Eston RG, Finney S, Baker S, Baltzopoulos V. Muscle tenderness and peak torque changes after downhill running following a prior bout of isokinetic eccentric exercise. *J Sports Sci* 1996, 14(4): 291-9.
112. Mizrahi J, Verbitsky O, Isakov E. .Fatigue-induced changes in decline running. *Clin Biomech* 2001, 16(3): 207-12.
113. Warren GL, Lowe DA, Armstrong RB. Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *Sports Med.* 1999, 27(1): 43-59.
114. Fridén J. Changes in human skeletal muscle induced by long-term eccentric exercise. *Cell Tissue Res.* 1984, 236(2): 365-72.

115. Lott JA, Stang JM. Serum enzymes and isoenzymes in the diagnosis and differential diagnosis of myocardial ischemia and necrosis. *Clin Chem* 1980, 26(9): 1241-50.
116. Kurt G. Sağlıklı Gönüllülerde Gecikmiş Kas Ağrısında Farklı Fizyoterapi Yöntemlerinin Etkisi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Kütahya: Kütahya Sağlık Bilimleri Üniversitesi, 2020
117. Vaidya V, Gangwal A, Dabadghav R, Shyam A, Sancheti P. Comparison between neurodynamic therapy and foam rolling in cool-down sessions for delayed onset muscle soreness in healthy individuals. *J Bodyw Mov Ther* 2021, 26: 492-00.
118. Robson-Ansley PJ, Gleeson M, Ansley L. Fatigue management in the preparation of Olympic athletes. *J Sports Sci.* 2009, 27:1409-20
119. Dupont G, Moalla W, Matran R, Berthoin S. Effect of short recovery intensities on the performance during two wingate tests. *Med Sci Sports Exerc* 2007, 39(7): 1170-6.
120. Bogdanis GC, Nevill ME, Lakomy HK, Graham CM, Louis G. Effects of active recovery on power output during repeated maximal sprint cycling. *Eur J Appl Physiol* 1996, 74(5): 461-9.
121. Toubekis AG, Smilios I, Bogdanis GC, Mavridis G, Tokmakidis SP. Effect of different intensities of active recovery on sprint swimming performance. *Appl Physiol Nutr Metab* 2006, 31(6): 709-16.
122. Baldari C, Videira M, Madeira F, Sergio J, Guidetti L. Blood lactate removal during recovery at various intensities below the individual anaerobic threshold in triathletes. *J Sports Med Phys Fitness* 2005, 45(4): 460-72.
123. Casanova N, Reis JF, Vaz JR, Machado R, Mendes B, Button DC, Freitas SR. Effects of roller massager on muscle recovery after exercise-induced muscle damage. *J Sports Sci* , 2018, 36(1): 56-63.
124. Pearcey GE, Bradbury-Squires DJ, Kawamoto JE, Drinkwater EJ, Behm DG, Button DC. Foam rolling for delayed-onset muscle soreness and recovery of dynamic performance measures. *J Athl Train.* 2015, 50(1):5-13.
125. MacDonald GZ, Penney MD, Mullaley ME, Cuconato AL, Drake CD, Behm DG, Button DC. An acute bout of self-myofascial release increases range of

- motion without a subsequent decrease in muscle activation or force. *J Strength Cond Res* 2013, 27(3): 812-21.
126. Schleip R, Baker A. (Eds.) *Fascia in Sport and Movement*. Handspring Publishing, 2015.
 127. Bordoni B, Zanier E. Clinical and symptomatological reflections: the fascial system. *J Multidiscip Healthc* 2014, 7: 401-11.
 128. Cohen JH, Gibbons RW, Raymond L, Nimmo and the evolution of trigger point therapy. *J manipulative physiol ther*, . 1998, 21(3): 167-72.
 129. Dommerholt J, Bron C, Franssen J. Myofascial trigger points: an evidence-informed review. *J Manual Manipulativ* 2006, 14(4): 203-21.
 130. Wilke J, Krause F, Vogt L, Banzer W. What is evidence-based about myofascial chains: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil* 2016, 97(3), 454-61.
 131. Boehme R, Boehme J. *Myofascial Release and Its Application to Neuro-Developmental Treatment*. Paperback, 1991, 5-8.
 132. Beardsley C, Škarabot J. Effects of self-myofascial release: a systematic devieu. *J Bodyw Mov Ther* 2015, 19(4): 747-58.
 133. McKenney K, Elder AS, Elder C, Hutchins A. Myofascial release as a treatment for orthopaedic conditions: a systematic review. *J Athl Train*. 2013, 48(4): 522-7.
 134. Swann E, Graner SJ. Uses of manual-therapy techniques in pain management. *IJATT* 2002, 7(4): 14-7.
 135. Barnes MF. The basic science of myofascial release: morphologic change in connective tissue; *J Bodyw Mov Ther* 1997, 1(4): 231-8
 136. Curran PF, Fiore rd, crisco jj a comparison of the pressure exerted on soft tissue by 2 myofascial rollers. *J sport rehabil*. 2008;17: 432-42.
 137. AjiMsha MS, Al-Mudahka NR, Al-Madzhar JA. Effectiveness of myofascial release: systematic review of randomized controlled trials. *J Bodyw Mov Ther* 2015, 19(1): 102-12.
 138. Paolini J. Review of myofascial release as an effective massage therapy technique. *J Ath Ther Today* 2009, 15: 30-4.
 139. Behara B, Jacobson BH. Acute effects of deep tissue foam rolling and dynamic stretching on muscular strength, power, and flexibility in division in linemen. *J Strength Cond Res*. 2017, 31(4): 888-92.

140. Bailey U. Effect of Vibration Foam Rolling and Non-Vibration Foam Rolling in the Lower Extremities on Jump Height. EWU Masters Thesis Collection, Eastern Washington University, Cheney Washington, 259, 2014
141. Morey KJ, Cheatham SW, Cain M. Comparison of video-guided, live instructed, and self-guided foam roll interventions on knee joint range of motion and pressure pain threshold: A randomized controlled trial. *Int J Sports Phys Ther* 2017,12(2): 242-53.
142. Couture G, Karlik D, Glass SC, Hatzel BM. The effect of foam rolling duration on hamstring range of motion. *Open Orthop* 2015, 2(9): 450-5.
143. Sherer E. Effects of Utilizing a Myofascial Foam Roll on Hamstring Flexibility. Masters Theses, Kinesiology and Sports Studies, Eastern Illinois University, 2013.
144. Hotfiel T, Swoboda B, Krinner S, Grim C, Engelhardt M, Uder M, Heiss RU. Acute effects of lateral thigh foam rolling on arterial tissue perfusion determined by spectral doppler and power doppler ultrasound. *J Strength Cond Res.* 2017, 31(4): 893–900.
145. Baumgart C, Freiwald J, Kühnemann M, Hotfiel T, Hüttel M, Hoppe W M. Foam rolling of the calf and anterior thigh: biomechanical loads and acute effects on vertical jump height and muscle stiffness. *Sports (Basel).* 2019, 7(1): 27-34.
146. Saç A, Aktaş M, Çolak H. Foam roller uygulamasının kadın basketbolcularda eklem hareket genişliği, esneklik ve alt ekstremitte patlayıcı güç üzerine etkileri. *J Sports Perf* 2018, 9(1): 35-43.
147. Else J. The Effectiveness of Foam Rolling Treatment Versus Chiropractic Manipulative Therapy in The Management of Iliotibial Band Friction Syndrome in Runners and Cyclists. Faculty of Health Sciences Masters, University of Johannesburg, 2016.
148. Monteiro ER, Da Silva Novaes J, Cavanaugh MT, Hoogenboom BJ, Steele J, Vingren JL, Škarabot J. Quadriceps foam rolling and rolling massage increases hip flexion and extension passive range-of-motion. *J Bodyw Mov Thers* 2019, (23): 575-80.
149. Cheatham SW, Stull KR. Roller massage: Comparison of three different surface type pattern foam rollers on passive knee range of motion and pain perception. *J Bodyw Mov Thers* 2019, 23(3): 555-60.

150. Monteiro ER, Corrêa Neto VG. Effect of different foam rolling volumes on knee extension fatigue. *Int J Sports Phys Ther* 2016, 11(7):1076-81.
151. De Benito AM, Valldecabres R, Ceca D, Richards J, Barrachina Igual J, Pablos A. Effect of vibration vs non-vibration foam rolling techniques on flexibility, dynamic balance and perceived joint stability after fatigue. *PeerJ.*, 2019, 7(26): 771-7.
152. Mohr AR, Long BC, Goad CL. Effect of foam rolling and static stretching on passive hipflexion range of motion. *J Sport Rehabil.*, 2014, 23(4): 296-9.
153. Brzycki M. *Assessing strength you can judge 1-RM by formula without trying risky maximum lifts.* Fitness Management 2000, 34-7.
154. Woolcott OO, Bergman RN. Relative fat mass (RFM) as a new estimator of whole-body fat percentage— A cross-sectional study in American adult individuals. *Sci Rep* 2018, 8(1): 1-11.
155. Dixon CB, Andreacci JL, Ledezma C. Effect of aerobic exercise on percent body fat using leg-to-leg and segmental bioelectrical impedance analysis in adults. *Int J Body Compos Res* 2008, 6(1): 27-34
156. Robertson E, Grace S, Wallington T, Stewart DE. Antenatal risk factors for postpartum depression: a synthesis of recent literature. *Gen Hosp Psychiatry* 2004, 26(4): 289-95.
157. Gallagher EJ, Liebman M, Bijur PE. Prospective validation of clinically important changes in pain severity measured on a visual analog scale. *Ann Emerg Med*, 2001, 38: 633-8.
158. Turna B. Futbolcularda Rutin Olarak Yapılan Kombine Performans Analizine Bağlı Maç Performans Düzeyleri Arasındaki İlişkinin Araştırılması. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Bilimleri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi ,2013.
159. Kiook Baek, Jong-Tae Park, Junghee Hong, Kyeongmin Kwak. Hand grip strength for the working-age population in South Korea: Development of an estimation and evaluation model, *Int J Ind Ergonomic* 2003, 94:1-8.
160. Atan T. Farklı ısınma protokollerinin eklem hareket genişliği, sıçrama ve sprint performansına etkisi. *OPUS* 2019, 13(19): 621-35.
161. Maulder P, Cronin J. Horizontal and vertical jump assessment: reliability, symmetry, discriminative and predictive ability. *J Phys Therapy Sport*, 6(2): 74-82.

162. Güder F, Canbolat B, Günay M. 12-14 yaş taekwondocuları vücut kompozisyonu kuvvet ve esneklik ilişkisinin incelenmesi. *Akdeniz Spor Bilimleri Dergisi*, 2022, 5(1): 166-75.
163. Kahraman MZ, Balıca D, Çelik M. Acute effects of different warm-up protocols on speed, vertical jump, balance and leg strength in young male futsal players. *J ROL Sports Sci* 2023, 4(1): 229-46
164. Soslu R, Özkan A, Göktepe M. The relationship between anaerobic performances, muscle strength, hamstring/quadriceps ratio, agility, sprint ability and vertical jump in professional basketball players. *Niğde University Journal of Physical Education And Sport Sciences*, 2016, 10(2): 164-73.
165. Semenick D. The T-Test. *National Strength & Conditioning Association Journal*, 1990, 12(1): 36-7.
166. Haake SJ. The impact of technology on sporting performance in Olympic sports. *J Sports Sci*. 2009, 27(13): 1421-31.
167. Tjønnndal A. Sport innovation: developing a typology. *Eur J Sport Soc*. 2017, 14(4): 291-310.
168. Bond MM, Lloyd R, Braun RA, Eldridge JA. Measurement of strength gains using a fascial system exercise program. *Int. J. Exerc. Sci*. 2019, 12: 825-38
169. Healey KC, Hatfield DL, Blanpied P, Dorfman LR, Riebe D. The effects of myofascial release with foam rolling on performance *J. Strength Condit Res.*, 2014, 28: 61-8.
170. Sullivan KM, Silvey DBJ, Button DC, Behm DG. Roller-massager application to the hamstrings increases sit-and-reach range of motion within five to ten seconds without performance impairments *Int. J. Sports Phys. Ther.*, 2013, 8: 228-36.
171. Jeffreys I. A multidimensional approach to enhancing recovery. *Strength Condit. J.*, 2005, 27(5): 78-85
172. Bishop PA, Jones E, Woods AK. Recovery from training: a brief review. *J. strength Cond. Res*. 2008, 22(3): 1015-24
173. Cantu RI, Grodin AJ. *Myofascial Manipulation Theory and Clinical Application*. Gaithersburg, MD: Aspen Publishers, Inc, 2001.
174. Hammer WI. *Functional Soft Tissue Examination and Treatment by Manual Methods, The Extremities*. Gaithersburg, ML: Aspen Publishers Inc, 1991.

175. Poppendieck W, Wegmann M, Ferrauti A, Kellmann M, Pfeiffer M, Meyer T. Massage and performance recovery: a meta-analytical review *Sports Med.*, 2016, 46(2): 183-204
176. Peake JM, Neubauer O, Della Gatta PA, Nosaka K. Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *J. Appl. Physiol.* 2017, 122(3):559-70
177. Boyle M. *Foam rolling*. In: *Training and Conditioning Magazine*, Frankel E., ed. Ithaca, NY: Momentum Media Sports Publishing, 2006.
178. Castiglione A, ed. *Self Myofascial Release Therapy and Athletes*. AIO SMR Therapy, 2010.
179. Clark M, Russell A. *Self-myofascial Release Techniques*. Available at: www.PerformBetter.com. Accessed 2009.
180. Logan L. *Roll away injuries: the benefits of using a foam roller*. Competitor. 2023.
181. Devlin J, Paton B, Poole L, Güneş W, Ferguson C, Wilson J, Kemi OJ. Blood lactate clearance after maximal exercise depends on active recovery intensity. *J Sports Med Phys Fitness* 2014, 54(3): 271–8.
182. Dupuy O, Douzi W, Theurot D, Bosquet L, Dugué B. an evidence-based approach for choosing post-exercise recovery techniques to reduce markers of muscle damage, soreness, fatigue, and inflammation: a systematic review with meta-analysis. *Front Physiol* , 2018, 9: 403-12.
183. BradburySquires DJ, Noftall JC, Sullivan KM, Behm DG, Power KE, Button DC. Roller-massage to the quadriceps and knee-joint range a motion and neuromuscular efficiency during a lunge. *J. Athl. Train.*, 2015, 50: 133-40.
184. Grieve R, Goodwin F, Alfaki M, Bourton A, Jeffries C, Scott H. The immediate effect of bilateral self myofascial release on the plantar surface of the feet on hamstring and lumbar spine flexibility: A pilot randomised controlled trial. *J Bodyw Mov Ther.* 2014, 19(3): 544-52.
185. Scudamore EM, Sayer BL, Church JB, Bryant LG, Přibyslavská V. Effects of foam rolling for delayed onset muscle soreness on loaded military task performance and perceived recovery. *J Exerc Sci Fit* 2021, 19(3): 166–70.
186. Brancaccio P, Lippi G, Maffulli N. Biochemical markers of muscular damage. *Clin ChemLab Med.* 2010, 48(6): 757-67.

187. Guo J, Li L, Gong Y, Zhu R, Xu J, Zou J, Chen X. Massage alleviates delayed onset muscle soreness after strenuous exercise: a systematic review and meta-analysis. *Front Physiol* 2017, 8: 747-61.
188. Sorichter S, Koller A, Haid C, Wicke K, Judmaier W, Werner P, Raas E. Light concentric exercise and heavy eccentric muscle loading: effects on CK, MRI and markers of inflammation. *Int J Sports Med*.1995, 16(5): 288-92.
189. Beimborn B. The Effects Of Foam Rolling On Exercise-Induced Muscle Damage. Long Beach, Master Thesis, California State University, 2019.
190. Hucheng O. Effect of Rolling Vibration Foam for Delayed Onset Muscle Soreness and Athletic Performance. Degree Thesis of the Department of Sports and Athletics, Master Thesis, Tainan: Changrong University). 2017.
191. Adamczyk JG, Gryko K, Boguszewski D. Does the type of foam roller influence the recovery rate, thermal response and DOMS prevention? *Plos One*, 2020, 15(6): 26-38.
192. Kurt C, Kafkas M. Foam roller’la uygulanan myofasyal gevşetme egzersizlerinin toparlanma amaçlı kullanımı. *İnönü Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 2018, 5(2):25-38
193. Ra SG, Miyazaki T, Ishikura K, Nagayama H, Komine S, Nakata Y, Maeda S, Matsuzaki Y, Ohmori H. Combined effect of branched-chain amino acids and taurine supplementation on delayed onset muscle soreness and muscle damage in high-intensity eccentric exercise. *J Int Soc Sports Nutr* 2013, 10(1): 51-62.
194. Yarizadh H, Shab-Bidar S, Zamani B, Vanani AN, Baharloo H, Djafarian K. The effect of l-carnitine supplementation on exercise-induced muscle damage: a systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *J Am Coll Nutr* 2020, 39(5), 457–68.
195. Medbo JJ, Mamen A, Holt Olsen O, Evertsen F. Examination of four different instruments for measuring blood lactate concentration. *Scand J Clin Lab Invest* 2000, 60(5): 367–80.
196. Tokinoya K, Ishikura K, Ra SG, Ebina K, Miyakawa S, Ohmori H. Relationship between early-onset muscle soreness and indirect muscle damage markers and their dynamics after a full marathon. *J Exerc Sci Fit* 2020: 18(3): 115–21.
197. Jay K, Sundstrup E, Sondergaard SD, Behm D, Brandt M, Særvoll CA, Jakobsen MD, Lars LA. Specific and cross over effects of massage for muscle soreness: randomized controlled trial. *Int J Sports Phys Ther*. 2014, 9(1): 82-91.

198. Peacock CA, Krein DD, Antonio J, Sanders GJ, Silver TA, Colas M. Comparing acute bouts of sagittal plane progression foam rolling vs. frontal plane progression foam rolling. *J Strength Cond Res* 2015, 29: 2310-5.
199. Halperin I, Aboodarda SJ, Button DC, Andersen LL, Behm DG. Roller massager improves range of motion of plantar flexor muscles without subsequent decreases in force parameters. *Int. J. Sports Phys. Ther.* 2014, 9: 92-102
200. Byrne C, Twist C, Eston R. Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage: theoretical and applied implications. *Sports Med.* 2004, 34(1): 49–69.
201. Sassi RH, Dardouri W, Yahmed MH, Gmada N, Mahfoudhi ME, Gharbi Z. Relative and absolute reliability of a modified agility T-test and its relationship with vertical jump and straight sprint. *J Strength Cond Res.* 2009, 23(6): 1644-51.
202. Rey E, N-Cabo AP, Costa PB, Barcala-Furelos R. Effects of foam rolling as a recovery tool in professional soccer players *J. Strength Condit Res.*, 2019, 33: 2194-201.
203. Harman E, Garhammer J. Administration, Scoring and Interpretation of Selected Tests. In: Baechle, TR and Earle, RW, Essentials of Strength Training and Conditioning. Champaign, IL: Human Kinetics, 2008, 250-92.
204. Janot J, Malin B, Cook R, Hagenbucher J, Draeger A, Jordan M, Van Guilder G. Effects of self myofascial release and static stretching on anaerobic power output. *J Fit Res* 2013, 2: 41-54.
205. MacDonald GZ, Button DC, Drinkwater EJ, Behm DG. Foam rolling as a recovery tool after an intense bout of physical activity. *Med Sci Sports Exerc* 2014, 46: 131-42.
206. Peacock CA, Krein DD, Silver TA, Sanders GJ, von Carlowitz KPA. An acute bout of self-myofascial release in the form of foam rolling improves performance testing. *Int J Exerc Sci* 2014, 7(5): 202-11.
207. Mikesky AE, Bahamonde RE, Stanton K, Alvey T, Fitton T. Acute effects of the stick on strength, power, and flexibility. *J Strength Cond Res* 2002, 16: 446-50.

EKLER

EK-1. Özgeçmiş



EK-2.Etik Kurul Onayı



EK-3.Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu İzin Yazısı



EK-4. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu



