



**T.C.
HİTİT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI**

**TRAMPOLİN VE MAT ZEMİNDE UYGULANAN PLİOMETRİK
EGZERSİZLERİN ERKEK BİREYLERDE KAS HASARI, DİKEY
SIÇRAMA VE DENGE ÜZERİNE ETKİLERİ**

Doktora Tezi

Burak GÜNDOĞAN

Çorum 2021

**TRAMPOLİN VE MAT ZEMİNDE UYGULANAN PLİOMETRİK
EGZERSİZLERİN ERKEK BİREYLERDE KAS HASARI, DİKEY
SIÇRAMA VE DENGE ÜZERİNE ETKİLERİ**

Burak GÜNDOĞAN

**Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı**

Doktora Tezi

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Erkan DEMİRKAN**

Çorum 2021

KABUL VE ONAY

Burak GÜNDOĞAN tarafından hazırlanan “Trampolin ve Mat Zeminde Uygulanan Pliometrik Egzersizlerin Erkek Bireylerde Kas Hasarı, Dikey Sıçrama ve Denge Üzerine Etkileri” başlıklı bu çalışma, 05.08.2021 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

İmza

Doç. Dr. Emre AVCI (Başkan)

İmza

Doç. Dr. Erkan DEMİRKAN (Danışman)

İmza

Doç. Dr. Sema CAN

İmza

Dr. Öğretim Üyesi Erbil Murat AYDIN

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Hakan YARAR

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylıyorum.

İmza
Prof. Dr. Muhammed Asif YOLDAŞ
Enstitü Müdürü

ETİK BEYANNAMESİ

Doktora tezi olarak hazırlayıp sunduğum “Trampolin ve Mat Zeminde Uygulanan Pliometrik Egzersizlerin Erkek Bireylerde Kas Hasarı, Dikey Sıçrama ve Denge Üzerine Etkileri” başlıklı tez; bilimsel ahlak ve değere uygun olarak tarafımdan yazılmıştır. Tezimin fikir/hipotezi tümüyle tez danışmanım ve bana aittir. Tezde yer alan araştırma tarafımdan yapılmış olup, tüm cümleler, yorumlar bana aittir.

Yukarıda belirtilen hususların doğruluğunu beyan ederim.

İmza

05 Ağustos 2021
Burak GÜNDOĞAN

ÖN SÖZ

Doktora tez çalışmamın her aşamasında yakın ilgi ve alakasını gördüğüm, eğitimim süresince görüş ve önerilerini benden esirgemeyen, her daim sabır ve iyi niyetle yaklaşan, engin bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım değerli danışmanım Sayın Doç. Dr. Erkan DEMİRKAN'a teşekkür ederim.

Akademik hayatımın her aşamasında bilimsel katkıları ve çalışmalarımın yönlendirilmesinde yakın ilgi ve desteğini gördüğüm, ihtiyaç duyduğum her an yanımda olan ve beni her zaman doğruya yönelten değerli arkadaşım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Erbil Murat AYDIN'a teşekkür ederim.

Tezimin oluşumu, planlanması ve yürütülmesinde her ihtiyacım olduğunda yardımını esirgemeyen, biyokimyasal verilerin analizlerinde emeği büyük olan değerli hocam Sayın Doç. Dr. Emre AVCI'ya teşekkür ederim.

Akademik ve eğitim hayatımda desteğini benden esirgemeyen, tez çalışmam sırasında biyokimyasal verilerin elde edilmesinde emeği geçen değerli hocam Sayın Doç. Dr. Sema CAN'a teşekkür ederim.

Doktora tez çalışmamın Hitit Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Prof. Dr. Kemal TAMER Cimnastik salonunda gerçekleştirilmesine olanak sağlayan Spor Bilimleri Fakültesi Dekanlığına, eğitim hayatım boyunca bana emeği geçen tüm hocalarıma, çalışmamda gönüllü olarak yer alan tüm öğrencilerime, teşekkür ederim.

19004-Lisansüstü Tez Proje türünde ve Proje No: SBF19004.19.001 olan, doktora tezimi destekleyen Hitit Üniversitesi Rektörlüğü ve Hitit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkür ederim.

Hayatımın her aşamasında yanımda olup, desteklerini benden esirgemeyen, bugünlere gelmemde çok büyük emeği geçen aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL VE ONAY	ii
ETİK BEYANNAMESİ	iii
ÖN SÖZ	iv
KISALTMALAR VE SEMBOLLER	viii
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	4
1.2 Çalışmanın Önemi.....	4
1.3 Problemler	5
1.4 Hipotezler	5
1.5 Sınırlılıklar	6
1.6 Sayıtlılar	6
2. GENEL BİLGİLER	7
2.1 Pliometrik Egzersiz Fizyolojisi	7
2.1.1 Enerji metabolizması	7
2.1.1.1 Atp pc (fosfojen sistem)	7
2.1.1.2 Anaerobik glikoliz (laktik asit sistemi)	8
2.2 Kas Fizyolojisi.....	8
2.2.1 Çizgili (iskelet) kasların yapısı.....	9
2.2.2 Miyofibril ve myoflamentler	10
2.2.3 Sarkoplazmik retikulum ve t tübülleri.....	12
2.2.4 Nöromusküler kavşak ve motor ünite	12
2.2.5 Kas duyu reseptörleri	13
2.2.5.1 Kas içiği.....	13
2.2.5.2 Golgi tendon organı.....	14
2.2.5.3 Elastik enerji.....	14
2.3 Kas Kasılması.....	15
2.3.1 Kas kasılma çeşitleri.....	17
2.3.1.1 Eksantrik kasılma	18
2.3.1.2 İzometrik kasılma	18
2.3.1.3 Konsantrik kasılma	18
2.3.2 Kas lif tipleri.....	18
2.3.3 Kas kasılma hızı	20
2.3.4 Neromusküler verimlilik	20
2.4 Pliometrik Egzersiz	22
2.4.1 Pliometrik egzersiz evreleri.....	23
2.4.1.1 Eksantrik faz.....	23
2.4.1.2 Amortizasyon fazı	24

2.4.1.3 Konsantrik faz	24
2.5 Pliometrik Egzersiz Değişkenleri	25
2.5.1 Yoğunluk	25
2.5.2 Kapsam	25
2.5.3 Sıklık	25
2.5.4 Toparlanma	25
2.6 Pliometrik Egzersiz Metotları	26
2.6.1 Yerinde sıçramalar	26
2.6.2 Durarak sıçramalar	26
2.6.3 Çoklu sıçrama ve atlamalar	26
2.6.4 Sekmeler	26
2.6.5 Kasa sıçramaları	26
2.6.6 Derinlik sıçramaları	27
2.6.7 Sağlık topu alıştırmaları	27
2.7 Pliometrik Egzersiz Uygulama Önerileri	27
2.8 Egzersiz ve Kas Hasarı	28
2.8.1 Kas hasarı değerlendirilmesi	29
2.8.1.1 Myoglobin	30
2.8.1.2 Kreatin kinaz (CK)	30
2.8.1.3 Laktat dehidrogenaz (LDH)	31
2.8.1.4 Aspartat aminotransferaz (AST)	32
2.8.1.5 Alanin aminotransferaz (ALT)	32
2.8.1.6 C-reaktif protein (CRP)	32
2.9 Egzersize Hormonal Tepkiler	32
2.9.1 Adrenokortikotropik hormon (ACTH)	33
2.9.2 Büyüme hormonu (BH)	34
2.9.3 İnsülin hormonu (İH)	34
2.9.4 Testosteron hormonu	35
2.9.5 Kortizol hormonu	35
3. MATERYAL VE YÖNTEM	37
3.1 Araştırma Grubu	37
3.2 Araştırma Dizaynı	37
3.2.1 Egzersizler	38
3.3 Veri Toplama Araçları	41
3.3.1 Vücut kompozisyonu ölçümleri	41
3.3.2 Performans ölçümleri	41
3.3.2.1 Dinamik denge performansı ölçümleri	41
3.3.2.2 Dikey sıçrama performansı ölçümleri	46
3.3.3 Biyokimyasal numunelerin alınması ve muhafazası	46
3.3.3.1 Biyokimyasal parametrelerin değerlendirilmesi	47
3.4 Verilerin Analizi	47
4. BULGULAR	49
5. TARTIŞMA	60
5.1 Trampolin ve Mat Zemin Üzerinde Uygulanan Pliometrik Egzersizlerin Sportif Performans Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi	60
5.1.1 Dikey sıçrama performansı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi	60
5.1.2 Dinamik denge performansı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi	69
5.2 Kas Hasarı Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi	74
5.3 Testosteron ve Kortizol Hormonları Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi	78

5.4 Antrenmansızlığın Sportif Performans Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi	84
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	89
KAYNAKLAR.....	91
EKLER.....	110
ÖZGEÇMİŞ.....	117



KISALTMALAR VE SEMBOLLER

ACTH	: Adrenokortikotropik hormon
ADP	: Adenozindifosfat
ALT	: Alanin aminotransferaz
AST	: Aspartat aminotransferaz
ATP	: Adenozin trifosfat
BH	: Büyüme hormonu
C	: Kreatin
Ca⁺⁺	: Kalsiyum
CK	: Kreatin kinaz
cm	: Santimetre
CO₂	: Karbondioksit
CRP	: C-reaktif protein
dk	: Dakika
FG	: Hızlı kasılan glikolitik
FIG	: Uluslararası Cimnastik Federasyonu
FOG	: Hızlı kasılan oksidatif glikolitik
g	: Gram
GHRH	: Büyüme hormonu salıcı hormon
GKD	: Gerilme kasılma döngüsü
GKA	: Gecikmeli kas ağrısı
GTO	: Golgi tendon organı
H₂O	: Su

ICC	: Sınıf içi korelasyon katsayısı
İH	: İnsülin hormonu
kcal	: Kilokalori
KG	: Kontrol grubu
kt0	: Araştırma öncesi kan testi
kt1	: Araştırma sonrası kan testi
kt24	: Egzersiz sonrası 24. saat kan testi
kt48	: Egzersiz sonrası 48. saat kan testi
kt72	: Egzersiz sonrası 72. saat kan testi
LDH	: Laktat dehidrogenaz
m	: Metre
mg	: Miligram
mm	: Milimetre
MSS	: Merkezi sinir sistemi
MZG	: Mat zemin grubu
O2	: Oksijen
PC	: Kreatin fosfat
pH	: Power of hydrogen
Pi	: İnorganik fosfat
sa	: Saat
SEB	: Seri elastik bileşen
SPSS	: Statistical package for the social sciences
T	: Transvers
TG	: Trampolin grubu
t0	: Araştırma öncesi performans testi
t1	: Araştırma sonrası performans testi

t2	: Antrenmansızlık birinci hafta performans testi
t3	: Antrenmansızlık ikinci hafta performans testi
VA	: Vücut ağırlığı
vb	: Ve benzeri
VKİ	: Vücut kitle indeksi
VYY	: Vücut yağ yüzdesi
YDT	: Y denge testi
α	: Alfa



ÇİZELGELER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1: Pliometrik egzersiz gruplarının antrenman protokolü.....	38
Çizelge 4.1: Katılımcıların antropometrik durumlarının tanımlayıcı istatistikleri.....	49
Çizelge 4.2: Grupların performans verileri.....	49
Çizelge 4.3: Sıçrama yüksekliği verilerinin medyan değerleri (cm).....	50
Çizelge 4.4: Grupların sağ denge değerlerinin ölçüm x grup etkisinde iki yönlü ANOVA sonuçları.....	50
Çizelge 4.5: Grupların sol denge değerlerinin ölçüm x grup etkisinde iki yönlü ANOVA sonuçları.....	51
Çizelge 4.6: Grupların sıçrama yüksekliği değerlerinin Kruskal Wallis Testi Sonucu (cm).....	53
Çizelge 4.7: Grupların CK değerleri (U/L).....	55
Çizelge 4.8: Grupların CK verilerinin medyan değerleri (U/L).....	55
Çizelge 4.9: Grupların CK değerlerinin Kruskal Wallis Testi Sonucu (U/L).....	55
Çizelge 4.10: Grupların testosteron (nmol/L) ve kortizol (ng/ml) değerleri.....	57
Çizelge 4.11: Kortizol verilerinin medyan değerleri (ng/ml)	57
Çizelge 4.12: Grupların testosteron değerlerinin tek yönlü ANOVA Sonucu (nmol/L).....	57
Çizelge 4.13: Grupların kortizol değerlerinin Kruskal Wallis Testi Sonucu (ng/ml).....	58

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: İskelet kasının yapısı.....	10
Şekil 2.2: İskelet kasının band yapısı.....	16
Şekil 3.1: Mat zemin ve Trampolinde uygulanan squat sıçrama egzersizi.....	39
Şekil 3.2: Mat Zemin ve Trampolinde uygulanan plie squat sıçrama egzersizi..	39
Şekil 3.3: Mat Zemin ve Trampolinde uygulanan bir taraftan diğer tarafa tek ayak sıçrama egzersizi.....	39
Şekil 3.4: Mat Zemin ve Trampolinde uygulanan bir taraftan diğer tarafa çift ayak sıçrama egzersizi.....	40
Şekil 3.5: Mat Zemin ve Trampolinde uygulanan olduğu yerde dizleri çekerek koşu egzersizi.....	40
Şekil 3.6: Mat Zemin ve Trampolinde uygulanan derinlik sıçraması egzersizi...	40
Şekil 3.7: Y Denge Anterior yöne doğru uzanma.....	43
Şekil 3.8: Y Denge Posteromedial yöne doğru uzanma.....	44
Şekil 3.9: Y Denge Posterolateral yöne doğru uzanma.....	45
Şekil 3.10: Dikey sıçrama performansı.....	46
Şekil 4.1: Grupların sağ ve sol denge değerlerinin değişimi.....	52
Şekil 4.2: Grupların sıçrama yüksekliği değerlerinin değişimi.....	54
Şekil 4.3: Grupların kreatin kinaz değerlerinin değişimi.....	56
Şekil 4.4: Grupların testosteron hormonu değerlerinin değişimi.....	58
Şekil 4.5: Grupların kortizol hormonu değerlerinin değişimi.....	59

TRAMPOLİN VE MAT ZEMİNDE UYGULANAN PLİOMETRİK EGZERSİZLERİN ERKEK BİREYLERDE KAS HASARI, DİKEY SIÇRAMA VE DENGE ÜZERİNE ETKİLERİ

ÖZET

GÜNDOĞAN, Burak. Trampolin ve Mat Zeminde Uygulanan Pliometrik Egzersizlerin Erkek Bireylerde Kas Hasarı, Dikey Sıçrama ve Denge Üzerine Etkileri, (Doktora Tezi), Çorum, 2021.

Bu araştırmanın amacı; trampolin ve mat zemin üzerinde uygulanan 8 haftalık pliometrik egzersiz programının dikey sıçrama ve dinamik denge performansı, kreatin kinaz (CK) enzim aktivitesi, serumda testosteron konsantrasyonları, serum kortizol seviyesi üzerine etkilerini incelemektir. Ayrıca bir diğer amacı ise, egzersiz periyodundan sonra 2 haftalık antrenmansızlığın sportif performans üzerine etkilerini incelemektir. Araştırmaya 18-25 yaş aralığında 42 erkek birey gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcılar rastgele [Trampolin Grubu (TG); n=15 ve Mat Zemin Grubu (MZG); n=15; Kontrol Grubu (KG); n=12] olarak 3 gruba ayrılmıştır. TG ve MZG 8 hafta süreyle, haftada 2 gün pliometrik egzersizler yaparken, KG yalnızca ısınma ve soğuma protokolünü gerçekleştirmiştir. Araştırmada egzersiz öncesi ve sonrası olmak üzere katılımcılara dikey sıçrama ve dinamik denge performans ölçümleri yapılmıştır. Farklı zeminlerde gerçekleştirilen pliometrik egzersizler neticesinde kas hasarını saptayabilmek için egzersizden hemen önce ve egzersizin 24, 48 ve 72 saat sonrasında, testosteron ve kortizol hormonu seviyelerindeki değişiklikleri incelemek için ise 8 haftalık egzersiz öncesi ve sonrası kan örnekleri alınmıştır. İstatistiksel analizlerde normal dağılım göstermeyen veya homojen olmayan verilerin gruplar arası karşılaştırılması için Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Normal dağılım gösteren ve homojen olan verilerin gruplar arası karşılaştırılmalarında ise tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi ve çift yönlü varyans analizi (Two Way ANOVA) testi kullanılmıştır. İstatistiksel analiz sonuçlarına göre, uygulanan pliometrik egzersizler ardından oluşan kas hasarı düzeylerinde deney grupları arasında anlamlı fark bulunmamıştır ($p>0,0167$). MZG ve TG dinamik denge performans değerlerinde anlamlı artışlar meydana gelirken ($p<0,05$), dikey sıçrama performans değerlerinde de anlamlı artışların olduğu bulunmuştur ($p<0,01$). Deney grupları arasında dikey sıçrama ön test ile antrenmansızlık performans değerlerinde TG lehine anlamlı fark saptanmış ($p<0,01$), dinamik denge performans değerlerinin tümünde TG değerlerinde anlamlı artış olduğu bulunmuştur ($p<0,05$). Kronik kortizol düzeylerinde gruplar arasında fark bulunmamıştır ($p>0,05$). TG ve KG kronik testosteron düzeylerinde anlamlı düşüşler belirlenmiş ($p<0,05$), MZG kronik testosteron düzeyinde ise anlamlı fark saptanmamıştır ($p>0,05$). Sonuç olarak, egzersiz gruplarının CK değerlerinde anlamlı bir farkın saptanmadığı, TG'nin dikey sıçrama ve dinamik denge performansı ve daha sonraki antrenmansızlık süreçlerindeki anlamlı pozitif sonuçları doğrultusunda, pliometrik egzersizlerde mini trampolin zeminin tercih edilebileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Dinamik denge, Dikey sıçrama, Kas hasarı, Kortizol, Pliometrik, Testosteron.

THE EFFECTS OF PLIOMETRIC EXERCISES APPLIED ON TRAMPOLINE AND MATT FLOOR ON MUSCLE DAMAGE, VERTICAL JUMP AND BALANCE IN MEN

SUMMARY

GUNDOGAN, Burak. The Effects of Pliometric Exercises Applied on Trampoline and Mat Floor on Muscle Damage, Vertical Jump and Balance in Men, (PhD. Thesis), Corum, 2021.

The purpose of this study is to investigate the effects of an 8-week plyometric exercise program on a trampoline and mat surface on vertical jump and dynamic balance performance, creatine kinase (CK) enzyme activity, serum testosterone concentrations, and serum cortisol levels. In addition, another aim is to examine the effects of 2 weeks of detraining on sports performance after the exercise period. Forty-two men aged between 18-25 participated in the study voluntarily. Participants were randomized [Trampoline Group (TG); n=15 and Mat Floor Group (MFG); n=15; Control Group (CG); n=12] were divided into 3 groups. While TG and MFG performed plyometric exercises 2 days a week for 8 weeks, CG performed only the warm-up and cool-down protocol. In research, vertical jump and dynamic balance performance measurements were made to the participants before and after the exercise. Blood samples were taken just before and 24, 48 and 72 hours after the exercise in order to detect muscle damage as a result of plyometric exercises performed on different surfaces, and before and after 8 weeks of exercise to examine the changes in testosterone and cortisol hormone levels. The Kruskal-Wallis test was used to compare the non-normally distributed or non-homogeneous data between groups in statistical analysis. One-way analysis of variance (ANOVA) test and two-way analysis of variance (Two Way ANOVA) test were used in the comparison of normally distributed and homogeneous data between groups. According to the statistical analysis results, there was no significant difference between the experimental groups in the muscle damage levels after the applied plyometric exercises. ($p>0,0167$). While significant increases occurred in MZG and TG dynamic balance performance values ($p<0,05$), there were significant increases in vertical jump performance values ($p<0,01$). A significant difference was found between the experimental groups in favor of TG in the vertical jump pre-test and detraining performance values ($p<0,01$) and a significant increase in TG values was found in all dynamic balance performance values ($p<0,05$). There was no difference between the groups in chronic cortisol levels ($p>0,05$). Significant decreases were found in TG and CG chronic testosterone levels ($p<0,05$), while no significant difference was found in MZG chronic testosterone levels ($p>0,05$). As a result, there was no significant difference in the CK values of the exercise groups, and in line with the significant positive results of TG in the vertical jump and dynamic balance performance and the subsequent detraining processes, it can be said that the mini trampoline floor can be preferred in plyometric exercises.

Key Words: Dynamic balance, Vertical jump, Muscle damage, Cortisol, Plyometric, Testosterone.

1. GİRİŞ

Modern sporun bir ihtiyacı olarak günümüzde sporculardan maksimum düzeyde performans istenmektedir. Bu nedenle sporcular ve antrenörler antrenman yöntemlerini mümkün olduğunca bu taleplere yönelik geliştirmektedirler (Crowther, Spinks, Leicht ve Spinks, 2007). Üst düzey performansın gerçekleştirilmesi, muhakkak ki bilimsel ilkeler doğrultusunda sergilenebilmektedir. Kasların güçlendirilmesi için farklı birçok antrenman metotlarının etkisi, kas lif çeşitleri ve biyokimyası, sinir kas reaksiyonu üzerine elde edinilen bilimsel bilgilerin sayısının artması, sporcuların şuan olduklarından daha üst düzey performans gerçekleştirebilmeleri için imkân sağlamıştır (Bosco, 1985).

Patlayıcı kuvvet ile hareket hızının birlikteliğinden meydana gelen sportif performansı geliştirmek amacı ile yapılan egzersizler, pliometrik alıştırmalar olarak adlandırılır (Bompa, 2001a; Chu, 2003). Pliometri kasın hızlı bir şekilde gerilmesini (eksantrik) takiben aynı kas ve bağ dokunun yüksek bir şekilde kasılmasını içeren gerilme kasılma döngüsünden (GKD) oluşur. Pliometrik egzersizler GKD fenomeninin eğitimini içerir ve geleneksel ağırlık egzersizi kullananlardan daha yüksek hızlara ulaşmak için etkili bir yol olduğu gösterilmiştir. Bu özel antrenman yöntemi ile birlikte artan hız, antrenman kazanımlarının yarışma durumuna aktarılmasını geliştirir (Crowther ve diğerleri, 2007). Pliometrik egzersizler alt ekstremiteleri kapsayan sıçrama hareketleri ve üst ekstremiteleri kapsayan sağlık topları ile gerçekleştirilen hareketlerden meydana gelmektedir (Bobbert, 1987). Sportif performans için pliometrik antrenmanların önemi günden güne artmaktadır (Dahab ve McCambridge, 2009). Bu antrenmanlar, futbol, voleybol, basketbol, hentbol ve cimnastik gibi hem bireysel hem de takım sporlarında yer alan koşu, sıçrama, yön değiştirme için gerekli olan kas gruplarının gelişiminde uygulanan antrenman yöntemlerindedir (Matavulj, Kukolj, Ugarkovic, Tihanyi ve Jaric, 2001; Miller, Herniman, Ricard, Cheatham ve Michael, 2006). Ani yön değiştirme gerektiren spor dalları için elastik kuvvet oldukça fazla kullanılır. Pliometrik egzersizler ortaya

çıkan bu ani yön değişimleri, dengenin sağlanması ve sürdürülebilmesi için oldukça önemlidir (Açıkada ve Ergen, 1990).

Antrenmanların sonucunda hücresele seviyede hasarlar meydana gelmektedir. Dokularda oluşan bu zedelenmeler mikro incinme ve yaralanma veya kas hasarı olarak adlandırılır (Simith ve Miles 2000). Egzersiz nedenli kas hasarı ile ilgili ortaya konan en eski çalışmalardan bir tanesi 20. yüzyılın başlarında Hough tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaların 1981 yılından itibaren sayısı giderek artarken; günümüzde egzersiz nedenli kas hasarı ile ilgili çalışmalar daha fazla ilgi çekmektedir (Clarkson ve Hubal, 2002). Kas hasarının daha yoğunlukla performans durumu düşük seviyede olan sedanter bireylerle, ilgili spor branşlarının sezon başlarında şiddetli yüklemelerin veya farklı antrenmanların uygulandığı sporcularda, ağrılıklarla gerçekleştirilen yüksek tekrarlı eksantrik egzersizlerin çalışıldığı antrenmanlarda meydana geldiği görülmüştür. Hasarın düzeyi ve adaptasyon süresi, antrenmanda yüklenmenin ağrılığına oranla değişiklik göstermektedir. (Allen, 2001; Friden ve Lieber, 2001; LaStayo ve diğerleri, 2003; Nosaka, Lavender, Newton ve Sacco, 2003; Stupka, Tarnopolsky, Yardley ve Phillips, 2001). Kas hasarı oluşumu ile beraber organizmada kas ağrısı, kas protein düzeylerinde yükseliş, şişme, iltihaplanma ve kas kuvvetinde azalma izlenebilmektedir (Byrne, Twist ve Eston, 2004; Proske ve Morgan, 2001).

Kas hasarının en sık gözlemlenen belirtilerinden biri olan gecikmiş kas ağrıları, neden olan alıştıırma sonrası 8-24 saat aralığında ortaya çıkar. Bu ağrılar 24-48 saat aralığında zirve yapar, dahası ağrıların tamamen yok olması bir hafta sürebilir. Ciddi hasar oluşumlarında süre daha da artabilir (Eston, Byrne ve Twist, 2003). Kas hasarının belirlenmesinde görüntüleme ve kasda yer alan özel enzim aktivitelerinin serumdaki seviyelerinin saptanması olarak iki yöntem kullanılır. Belirli izoenzimlerin serumdaki oranlarının yükselmesi, ilgili dokudaki hasarı ve hasarın miktarını belirlemede önemli rol oynar (Roth ve diğerleri, 2000). Kas dokusu hasarının belirlenmesinde değerlendirilen yapılardan hayli önemli ve en fazla kullanılan, ayrıca kas kasılma mekanizmasında adenozin trifosfatın (ATP) tekrar yenilenmesini sağlayan CK enzimidir (Murray, Granner, Mayes ve Rodwel, 1998).

Günümüzde düzenli olarak gerçekleştirilen pliometrik antrenmanların farklı zeminlerde uygulanması ile bireylerin sportif performans, kas hasarı ve hormonlar üzerindeki değişken sonuçları oldukça ilgi çekmektedir. Kullanılan bu farklı

yüzeyleerin ise uzun süreli pliometrik egzersizler sonrasındaki antrenmansızlık süreçlerinde sporculara ne gibi avantajlar sağlayabileceği ve performansı ne kadar uzun süre koruyabileceği merak konusu olmuştur. Bu doğrultuda amaç en doğru zemin, bununla birlikte minimum sürede tekrar toparlanma, maksimum sportif performans, en uygun hormonal yanıtlar ve performansın uzun süre korunmasını başarabilmektir.



1.1 Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı trampolin ve mat zemin üzerinde uygulanan 8 haftalık pliometrik egzersiz programının dikey sıçrama ve dinamik denge performansı, kan örneklerinden elde edilen CK enzim aktivitesi, testosteron ve kortizol hormonu düzeyi üzerine etkilerini incelemektir. Ayrıca bir diğer amacı da egzersiz periyodundan sonra 2 haftalık antrenmansızlığın sportif performans üzerine etkilerini incelemektir.

1.2 Çalışmanın Önemi

Sıçrama birçok spor aktivitesinin önemli bir performans bileşenidir. Sıçrama performansını arttırmak için kullanılan antrenman yöntemlerinden biri de pliometrik egzersizlerdir. Pliometrik antrenmanın sıçrama performansı üzerindeki olumlu etkileri, GKD olgusunun bir fonksiyonudur. Literatürü incelediğimizde pliometrik antrenmanların çeşitli zeminlerde uygulandığı, sıçrama ve dinamik denge performansı üzerine etkileri incelenmiş olup, trampolin ve mat zemin üzerinde çok az sayıda çalışma olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra pliometrik egzersizlerin öncesi ve sonrası kas hasarı düzeyi, kortizol ve testosteron hormonları değişimleri üzerine çalışmalar bulunmakla beraber bu egzersizlerin mini trampolin ve mat zemin üzerinde uygulanarak kan örnekleri üzerinde planlanan bir çalışmaya rastlanamamıştır. Ayrıca çalışmada sekiz hafta sürecek trampolin ve mat zemin üzerinde pliometrik egzersizler sonrası birer hafta aralıklar ile toplam iki hafta antrenmansızlığın sportif performans üzerine etkilerine de bakılacaktır. Literatürde kullanılacak zeminler üzerinde pliometrik egzersizler sonrası antrenmansızlığın performans üzerine etkilerini inceleyen çalışmalara rastlanmamıştır. Bu çalışma ile yapılacak olan pliometrik egzersizlerin hangi zeminde yapılmasının daha yararlı olabileceği, egzersiz sonrası alınacak kan örneklerinin sonuçları neticesinde hangi zeminde yapılan egzersizlerin daha etkili olabileceği, antrenmansızlık sonrası performans üzerinde ortaya çıkacak sonuçlar doğrultusunda hangi zeminde yapılan egzersizlerin daha uzun süre performansı etkileyebileceği belirlenerek literatüre katkı sağlanırken, diğer yandan da spor bilimci, antrenör ve sporcuların antrenman programlarını doğru bir şekilde düzenlemelerine yardımcı olacağı düşünülmektedir.

1.3 Problemler

- Trampolin ve mat zemin üzerinde uygulanan 8 haftalık pliometrik egzersiz programının dikey sıçrama performansına etkisi var mıdır?
- Trampolin ve mat zemin üzerinde uygulanan 8 haftalık pliometrik egzersiz programının dinamik denge performansına etkisi var mıdır?
- Trampolin ve mat zemin üzerinde uygulanan pliometrik egzersizlerin CK enzim aktivitesi üzerine etkisi var mıdır?
- Trampolin ve mat zemin üzerinde uygulanan 8 haftalık pliometrik egzersiz programının testosteron hormonu seviyesine etkisi var mıdır?
- Trampolin ve mat zemin üzerinde uygulanan 8 haftalık pliometrik egzersiz programının kortizol hormonu seviyesine etkisi var mıdır?
- Pliometrik egzersiz periyodundan sonra 2 haftalık antrenmansızlık döneminin dikey sıçrama performansına etkisi var mıdır?
- Pliometrik egzersiz periyodundan sonra 2 haftalık antrenmansızlık döneminin dinamik denge performansına etkisi var mıdır?

1.4 Hipotezler

- 8 hafta süre ile gerçekleştirilen pliometrik egzersizler sonrası antrenman gruplarının t0, t1 dikey sıçrama performansları arasında anlamlı fark vardır.
- 8 hafta süre ile gerçekleştirilen pliometrik egzersizler sonrası antrenman gruplarının t0, t1 dinamik denge performansları arasında anlamlı fark vardır.
- Pliometrik egzersizler sonrası antrenman gruplarının CK enzim aktivite düzeyleri arasında anlamlı fark vardır.
- 8 hafta süre ile gerçekleştirilen pliometrik egzersizler sonrası tüm grupların t0, t1 testosteron hormonu seviyeleri arasında anlamlı fark vardır.
- 8 hafta süre ile gerçekleştirilen pliometrik egzersizler sonrası tüm grupların t0, t1 kortizol hormonu seviyeleri arasında anlamlı fark vardır.
- 8 haftalık pliometrik egzersizler sonrası 2 haftalık antrenmansızlığın antrenman gruplarının dikey sıçrama performansları arasında anlamlı fark vardır.

- 8 haftalık pliometrik egzersizler sonrası 2 haftalık antrenmansızlığın antrenman gruplarının dinamik denge performansları arasında anlamlı fark vardır.

1.5 Sınırlılıklar

- Bu çalışmaya katılan bireyler Hitit Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi öğrencileri ile sınırlıdır.
- Çalışmaya katılan katılımcılar erkek bireylerle sınırlıdır.
- Çalışmaya katılan katılımcıların yaşları 18-25 yaş aralığı ile sınırlıdır.
- Katılımcılar amatör sporcu geçmişi olan ve düzenli fiziksel aktivite yapmayan bireylerle sınırlıdır.
- Katılımcılar son bir yıl içinde herhangi bir alt ekstremitte rahatsızlığı geçirmeyen, kronik hastalığa sahip olmayan, ilaç, besin takviyesi, vitamin, sigara vb. madde kullanmayan bireylerle sınırlıdır.
- Bu çalışmada yer alan sportif performans testleri dikey sıçrama ve dinamik denge testi ile sınırlıdır.
- Çalışma 1 hafta adaptasyon, 1 hafta dinlenme, biyokimya ve antropometrik ölçümler, performans testleri, 8 hafta antrenman, 2 hafta antrenmansızlık olmak üzere toplam 12 hafta ve 16 birim antrenman ile sınırlıdır.

1.6 Sayıtlar

- Katılımcıların beyanlarına göre herhangi bir sağlık sorunları bulunmadığı, besin takviyesi, ilaç, vitamin, sigara vb. maddeler kullanmadıkları varsayılmıştır.
- Çalışma boyunca katılımcıların bu çalışmada yer alan egzersizler dışında herhangi bir fiziksel aktiviteye katılmadıkları varsayılmıştır.
- Katılımcılar çalışma öncesinde ve sırasında verilen tüm bilgilere uydukları, vücut analizleri ve biyokimyasal örneklerin alınmasına 12 saatlik bir açlık sonrası katıldıkları varsayılmıştır.
- Katılımcıların, tüm egzersizlerde ve test protokollerinde en üst düzey performanslarını gösterdikleri varsayılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Pliometrik Egzersiz Fizyolojisi

2.1.1 Enerji metabolizması

Enerji üretimi karbonhidrat ve yağların metabolik tepkimeler sonucunda parçalanmasından oluşur. Yediğimiz besinler solunum esnasında oksijen yardımıyla karbondioksit (CO₂) ve su (H₂O) ile kimyasal enerjiye dönüşür. Kasların mekanik çalışması gibi biyolojik etkinliğin devamı için ihtiyaç duyulan enerji bu metabolik solunum aracılığıyla elde edilir (Fox, Bowers ve Foss, 1999).

Besin maddelerinin içerisinde yer alan ve parçalanması sırasında ortaya çıkan kimyasal enerji, doğrudan iş yapımında kullanılamaz. ATP adı verilen ve kasta depo edilen kimyasal bileşimin yapımında kullanılır (Fox ve diğerleri, 1999). ATP'nin kimyasal olarak parçalanması, depolanmış enerjinin ortaya çıkmasını sağlar. ATP'ye bağlı fosfat bağlarından birisi koparak diğerlerinden ayrıldığında, enerji açığa çıkar ve adenzindifosfat (ADP) ve inorganik fosfat (Pi) molekülü meydana gelir. Açığa çıkan enerji kasların kasılması, hücrelerin büyümesi ve sinir uyarısı gibi ihtiyaç duyulan fizyolojik işler için kullanılır (Sönmez, 2002). Bir ATP molekülünün parçalanması ile birlikte yaklaşık 7 ile 12 kilokalori (kcal) arasında enerji ortaya çıkar (Fox ve diğerleri, 1999; Sönmez, 2002). İyi antrene atletlerde bile kas gücünü en fazla birkaç saniye sürdürebilecek kadar veya 50 metre sürat koşusunun yarısı için yeterli ATP'nin varlığı söz konusudur. Fiziksel aktivite kısa süreli olsa bile ATP'nin sürekli tekrardan yapımı gereklidir (Guyton ve Hall, 2013; Powers and Howley, 1996). Bunun için 3 farklı metabolizma gösterilmiştir (Fox ve diğerleri, 1999; Guyton ve Hall, 2013).

2.1.1.1 Atp pc (fosfojen sistem)

Kreatin fosfat (PC) kas hücresi içinde yer alan ATP gibi yüksek enerji bağına sahip olan ve parçalandığında önemli miktarda enerji açığa çıkaran bir moleküldür. Bu

parçalanma sonucunda kreatin (C) ve Pi açığa çıkar. Açığa çıkan enerji ATP resentezi için kullanılmaktadır ve kas içerisinde depolanmış PC miktarı sınırlıdır. 10 saniye gibi çok kısa süren çok yüksek şiddetli eforlarda kas kasılması için gerekli enerjinin önemli bir kısmı bu yolla sağlanmaktadır (Fox ve diğerleri, 1999).

2.1.1.2 Anaerobik glikoliz (laktik asit sistemi)

ATP'nin resentezi için karbonhidratlar oksijen olmadan parçalanarak enerji sağlar ve bunun sonucunda son ürün olarak laktik asit açığa çıkar. Laktik asit kaslarda ve kanda belli bir yoğunluğa ulaştığında yorgunluk meydana gelir. Bu asit ortamı Power of Hydrogen'i (pH) düşürmekte ve mitokondrilerdeki bazı enzimlerin aktivitesini engellemektedir. Böylelikle karbonhidratların yıkım hızı yavaşlamaktadır. Anaerobik glikoliz sırasında 1 mol ya da 180 gram (g) glikojenden 3 mol ATP elde edilir (Fox ve diğerleri, 1999).

Patlayıcı özellik gerektiren pliometrik egzersizlerin süresi çok kısadır. Bu egzersizlerin süresi nadir olarak 10 saniyeyi geçer. Bu nedenle yüksek seviyede güç gerektiren ve ihtiyaç duyduğumuz ani hareketleri yapabilmek için vücudumuzda depo şeklinde bulunan yakıtı kullanır. Anaerobik enerji metabolizmasını kullanan pliometrik egzersizler esnasında ilk birkaç saniyede kasların ihtiyacı olan enerji kaynağını ATP, ADP ve PC sağlar. Daha uzun süren egzersizlerde de kaslar ağırlıklı olarak karbonhidratlardan ihtiyacını karşılar.

Pliometrik antrenman için gerekli duyulan enerji maddesi vücutta depolanmış olan kaynaklar olduğu için oksijen kullanılmamaktadır. Bu nedenle aerobik sistemin bu antrenman için kullanılması anlamsızdır. Hareketlerin doğru ve antrenmanların sağlıklı, planlı ve düzenli yapıldığı takdirde pliometrik, kuvvetli kas kasılmalarındaki kas ile sinir alışverişini arttıran şiddetli güç egzersizleri olarak ortaya çıkar (Bompa, 2001b).

2.2 Kas Fizyolojisi

Kaslar, kemiklerle birlikte, insan vücudunda duruş ve hareketi sağlar. Kaslar uzayıp kısalabilen tek kas-iskelet yapılarımızdır. Bağ ve tendonların aksine, diğer destekleyici yapılar, kaslar vücutta dinamik aktivite yaptırmak için eşsiz bir yeteneğe sahiptir. İki tip kas lifi kası oluşturur: ekstrasfasal ve intrafusal. Ekstrasfasal lifler kasları kasılan, gevşeten ve uzatan elementler olan miyofibriller içerir. Miyofibriller birkaç

banttandır ve bantlar arasında sarkomer adı verilen birimler vardır. Sarkomerler, aktin ve miyozin proteinlerinden oluşan miyofilamanlar içerir. Miyozin miyofilamanları, onlardan uzanan çapraz köprüler adı verilen küçük projeksiyonlara sahiptir. Kas iğcikleri olarak da adlandırılan intrafusal lifler, ekstrasfasal liflere paralel uzanır. Kas iğcikleri kastaki ana germe reseptörleridir. Bir kas gerildiğinde, kas iğciği beyinden bir gerilme refleksi başlatan bir mesaj alır (Chu, 1998).

Kaslar merkezi sinir sisteminden veya beyinden bilgi alır. Bu bilgi, omurilikten uzanan, omurlar arasında ve nihayetinde vücuttaki her kas için, omurilikten periferik sinir sistemine geçer. Kaslara ulaşan mesajlar arasında, herhangi bir noktada her kasın uzunluğunu yönetirler, duruşun korunması ve hareketin başlatılması veya durdurulması için gerekli olan gerginlik sağlar (Chu, 1998).

Vücudun kısa ve uzun süreli egzersize verdiği cevapları anlayabilmek için öncelikle iskelet kasının temel yapısı ve işlevlerinin bilinmesi önemlidir. Vücudumuzda iç organlarda ve damarların duvarlarında bulunan düz kaslar, sadece kalpte bulunan kalp kası ve istemli kasılan, iskelet sisteminin hareketini sağlayan çizgili(iskelet) kaslar olmak üzere 3 tip kas dokusu vardır (Sönmez, 2002).

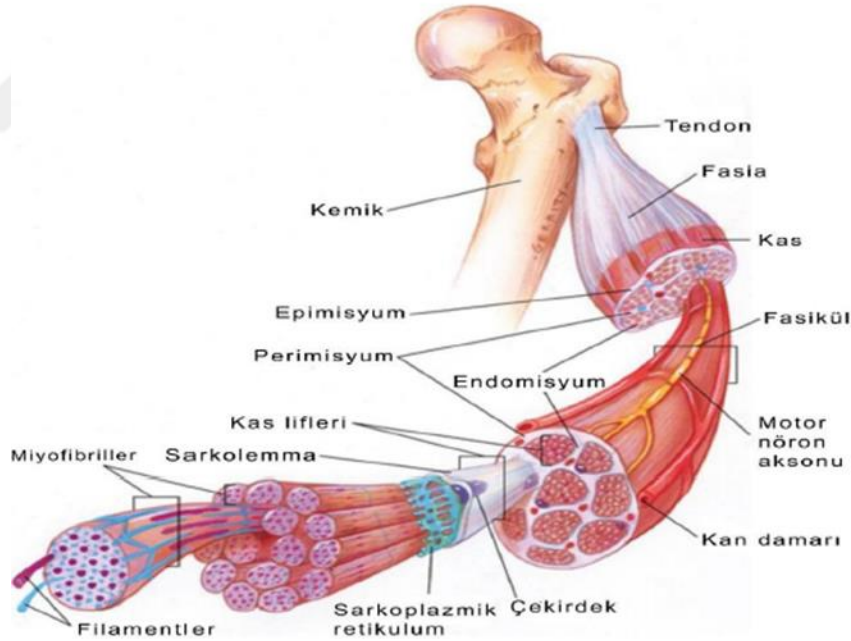
2.2.1 Çizgili (iskelet) kasların yapısı

Vücudumuzda 430'dan fazla kas yer alır ve her biri fibröz bağ dokusundan meydana gelen farklı kılıflara sahiptir (Ardle ve diğerleri, 1981). Her kas lifi endomisyum bağ dokusu ile çevrelenmiştir. Kas lifi demetlerine fasikül denir ve bu demetler perimisyum denen bağ doku tabakası ile kaplanmıştır. Kasın tamamını çevreleyen ve fibröz bağ dokudan oluşan dokuya epimisyumun hemen üstünde bulunur ve kasın tüm yüzeyini sarar (Ardle ve diğerleri, 1981; Vander ve diğerleri, 1990; Wilmore ve Costil, 1999).

Bu katmanın 3 tipi vardır:

Yüzeysel fasya, derinin altında bulunur. Yağ ve yumuşak bağ dokudan meydana gelmiştir. Dış katmanında yağ bulundurur ve iç kısmı esnektir. Su ve yağ depolar, ısı kaybını düşürür ve sabit tutar. Derin fasya, vücut ve organları birbirine bağlayan içerisinde yağ bulundurmeyen bağ dokulardır. Kasları işlevsel gruplara ayırır ve bunun yanı sıra kasın boşluklarını kaplar. İç Yüzeysel (Subserous) Fasya, derin fasyaların iç tabakası ve membran arasında bulunur (Günay, Tamer ve Cicioğlu, 2013).

İskelet kasları lif olarak adlandırılan kas hücrelerini birleşmesiyle meydana gelir. Bu liflerin uzunluğu 1 milimetre (mm) -30 santimetre (cm) ve kalınlıkları ise 1-100 mikron arasında farklılıklar gösterir (Günay ve diğerleri, 2013). Bir kas lifini mikroskop ile incelediğimizde, birbirini takip eden açık ve koyu renge sahip çizgilerden meydana geldiği görülür. Bu yüzden iskelet kasına, bir başka deyişle çizgili kasda denir (Fox ve diğerleri, 1988). Her bir kas lifinin, kas ve kemikler arasında tendon adı verilen yoğun ve kuvvetli bağ dokuları vardır. Tendonlar kasların sonlandığı ve kemiklere bağlandığı kısımlardır. Kemikleri çevreleyen dış tabakaya tutunurlar. Böylece kasın kasılma kuvveti, kasın bağ doku tabakasından doğrudan tendonlara iletilir. Tendonlar kemiğe tutundukları yerde çekme etkisi meydana getirirler. Tendonun sabit olan kemik tarafına tutunduğu yere kasın origosu, kemiğin hareket eden tarafına tutunan parçasına ise kasın insersiyosu adı verilir. Kasın origosu genellikle proksimalde, sistemin sabit olan uç kısmında, insersiyosu ise distal kısmında yer alır (Sönmez, 2002; Ardle ve diğerleri, 1981; Vander ve diğerleri, 1990; Wilmore ve Costil, 1999). Şekil 2.1’de iskelet kasının yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.1: İskelet kasının yapısı (Powers ve Howley, 1996).

2.2.2 Miyofibril ve myoflamentler

Her kas lifi birkaç yüz ile birkaç bin arasında miyofibril içerir. Her miyofibrilde yanyana olacak şekilde ilerleyen yaklaşık 1500 miyozin iplikçığı ve 3000 aktin iplikçığı vardır. Bunlar kas kasılmasından sorumlu olan büyük polimerize proteinlerdir

(Guyton ve Hall, 2013). Myofibrillere yakından incelendiğinde, aydınlık ve karanlık bölümlerden oluştuğu görülür (Fox ve diğerleri, 1988). Kas lifinin farklı bölümlerinin ışığı kırma indeksleri farklıdır, mikroskopla gözlemlendiğinde, kasa çizgili bir görünüm verdiği anlaşılır (Koz, Ersöz ve Gelir 2003). Myofibrillere bu şekilde görünmesini sağlayan, tüm aydınlık ve karanlık bölümlerin geometrik olarak ard arda dizilmesidir (Fox ve diğerleri, 1988). Kas lifini saran hücre zarına sarkolemma denir. Sarkoplazmada organik ve inorganik bileşikler yer alır (Günay ve diğerleri, 2013). Sarkoplazma içinde bol miktarda magnezyum, fosfatlar ve glikojen maddeleri barındırır ve kas hücresinin stoplazmasıdır. Bununla birlikte hemoglobine benzer yapıda bir oksijen bağlama özelliği sahip ve bir proteini olan myoglobini de fazla miktarda içerir. Sarkoplazmada miyofibrillere paralel bir şekilde fazla miktar mitokondride bulunur, mitokondridler kasılmada ihtiyaç olan fazlaca ATP miktarını sağlamak için miyofibriller boyunca yer alırlar (Guyton ve Hall, 2013; Preston ve Wilson, 2014). İskelet kasının kasılma mekanizmasında miyofibriller görev alır ve işlevsel birimlerdir. Sarkomer adında fazlaca bölmelere ayrılmışlardır. Sarkomer kas hücresindeki en küçük birim olmakla birlikte kasılma işini yapar. Sarkomeri, başka bir deyişle miyofibrilleri meydana getiren protein yapısındaki myoflamentler, ince (aktin) ve kalın (miyozin) olmak üzere iki çeşittir. İnce filament aktin, troponin ve tropomiyozin proteinlerinden meydana gelirken, kalın filament yalnızca miyozin molekülünden oluşurlar (Günay ve diğerleri, 2013). Aktin molekülünün iki zincirinin arasında tropomiyozin molekülleri yer alır (Koz ve diğerleri, 2003). Tropomiyozin aynı iki alt birimden oluşan birbirlerinin üzerinde dönen bir yapıdadır. Bir uçtan diğer uca miyozin bağlanma alanlarını altlarında örtecek şekilde uzanırlar (Preston ve Wilson, 2014). Tropomiyozin molekülleri arasında troponin molekülleri yer alır ve belli aralıklarla bulunan küçük globüler yapılardır. Her bir ince filament 300-400 adet aktin molekülünü içerirken, 40-60 adet tropomiyozin molekülünü barındırır. Miyozinler aktin bağlayan karmaşık bir protein olup sarkomerin ortasında iki tarafa doğru yayılırlar. Uzun ve tek kuyruk kısımları ve iki tane baştan oluşur. Başın biri aktin ile bağlanır, diğer baş ise ATP'yi hidrolize eden katalitik parçadan oluşur (Koz ve diğerleri, 2003). Miyozin filamentleri orta bölgelerinin haricinde çapraz köprüler barındırırlar. Çapraz köprülerde ATPaz enzimi benzeri görev yaparak ve ATP'yi parçalayarak enerji meydana getirirler (Günay ve diğerleri, 2013).

2.2.3 Sarkoplazmik retikulum ve t tübülleri

Tübüller ve keseciklerden meydana gelen ve miyofibrilleri çevreyelen bağlayıcı kanal ağı sistemine sarkoplazmik retikulum denir. Myofibrillere paralel bir şekilde uzanan tübüllere longitüdüinal tübüller denir. Longitüdüinal tübüller her iki bölgede bazı zamanlar dış vezikül ya da kesecik denilen veziküller içinde sonlanırlar. Bu yapı miyofibrilin uzunca ekseni boyunca düzenli bir şekilde tekrarlanır. Bu ağ yapının dış vezikülleri transvers tübüller tarafından diğer tübüllerden ayrılır. Transvers (T) tübüller miyofibrillere dik olarak uzanırlar. Bu sistem T-tübülleri diye adlandırılır (Fox ve diğerleri, 1988; Powers ve Howley, 1996; Wilmore ve Costil, 1999). T-tübülleri sinir uyarılarının sarkolemmadan kas lifinin derinliklerine gönderilmesinden sorumludur. Sarkoplazmik retikulumun dış vezikülleri çok fazla miktarda kalsiyum (Ca^{++}) içerir. Bir sinir uyarısı T-tübülleri boyunca ve iki dış vezikül arasında devam ederken, Ca^{++} iyonları stoplazma içerisine serbest bırakılır. Depolarizasyon anında serbest bırakılan Ca^{++} iyonları, yakın mesafedeki filamentlere diffüze olur, bununla birlikte aktin filamentlerini harekete geçirir. Miyozin filamentlerinin çapraz köprüleri aktin filamentlerinin aktif bölümü ile birleştiğinde kasılma gerçekleşmiş olur. Bu sinir uyarısı durduğu zaman, stoplazmada bulunan serbest Ca^{++} konsantrasyonu azalır ve aktif transport yoluyla sarkoplazmik retikuluma tekrar geri pompalanır. Bu durum kasın gevşemesi ile bağlantılıdır (Ardle ve diğerleri, 1981; Fox ve diğerleri, 1988; Powers ve Howley, 1996; Sönmez, 2002).

2.2.4 Nöromusküler kavşak ve motor ünite

İskelet kasları, istemli kasılan kaslardır. Kasılmaların gerçekleştirme kararları serabral kortekste meydana gelir ve ardından uygun kas gruplarına bir alfa (α)-motor nöron vasıtasıyla iletilir. Bu α -motor nöron kasla nöromusküler kavşakta karşılaşır (Preston ve Wilson, 2014). Bir motor sinir hücresi ve dallarının uyardığı kas liflerine bir motor ünite denir. Bir motor sinirin uyardığı kas lifi sayısı, kasın boyutu ile değil, kasın icra ettiği hareketin inceliği, becerisi ve koordinasyonu ile saptanır (Fox ve diğerleri, 1988; Sönmez, 2002). Aynı motor sinirler hücreleri tarafından uyarılan kaslardaki liflerin hepsi aynı zaman diliminde kasılma ve gevşeme şeklinde beraber hareket ederler. Bir motor üniteye bulunan kas lifi sayısı azaldıkça, kas kasılması hızlanır, fazlalaştıkça o denli yavaş gerçekleşir. Bununla beraber motor üniteye lif sayısının ne kadar yüksekse gerçekleşen kuvvet o kadar artar (Günay ve diğerleri, 2013).

2.2.5 Kas duyu reseptörleri

Pliometrik egzersiz esnasında, kuvvet üretiminin geliştirilmesi mekanik ve nörofizyolojik modellere dayanır. Mekanik model açısından, hızlı bir gerilme, kas-iskelet bileşenlerindeki elastik enerjiyi artırır ve depolar. Bu gerilmeyi, hızlı bir şekilde konsantrik bir kasılma takip ettiğinde, depolanan elastik enerjinin serbest bırakılması kuvvet üretimini artırır. Birçok mekanik unsurda, seri elastik bileşen (SEB) pliometrik egzersiz için temeldir. SEB'in büyük kısmı tendonlarda yer alır. Eksantrik kas hareketi sırasında, SEB bir yay gibi çalışarak uzar ve elastik enerjiyi depolar. Hemen ardından, konsantrik bir kasılma varsa depolanan enerji serbest bırakılır. Nörofizyolojik modeller, gerilme refleksi yoluyla konsantrik kasılmanın potansiyeline bağlıdır (Haff ve Triplett, 2015).

Sinir kontrol ve iskelet kası reflekslerini yöneten iki tür kas reseptörü vardır. Biri kas içiği ve diğeri kas tendon lifleri içinde bulunan golgi tendon organıdır (GTO) (Sandler, 2005). Uyarılan bu reseptörler agonist ve antagonist kasların kısıtlanmasını ve gevşemesini kolaylaştırır (Shah, 2012). Kas içinin ana işlevi gerilmeyi ortaya çıkarmaktır (Bompa, 2013).

2.2.5.1 Kas içiği

Kas içiği kasın orta noktasında bulunur (Bompa, 1999; Sandler, 2005) ve kas liflerinin gerilme derecesi ve uzunluk değişimleri hakkında omuriliğine bilgi gönderirler (Ardle, Katch ve Katch, 1981; Bompa, 1999; Fox ve diğerleri, 1988; Sandler, 2005; Vander, Sherman ve Luciano, 1990;). Kasta en fazla yer alan proprioseptördür. Bir direnç karşısında kasa kasılması gereken motor ünite sayısının belirlemede yardımcı olur. (Ardle ve diğerleri, 1981; Fox ve diğerleri, 1988; Vander ve diğerleri, 1990). Kas kasılmasıyla birlikte aşırı bir gerilme olduğunda, bu gerilmeyi önlemek amacıyla omuriliğe sinyaller gönderir (Bompa, 1999; Sandler, 2005). Pliometrik eğitim ile sağlanan performans gelişiminin nedenlerinden biri miyotatik veya gerilme refleksidir (Thomas, 1988). Birçok refleksin reaksiyon oluşturmadan önce merkezi sinir sistemi (MSS) beyne iletilmesi gereksiniminden dolayı, kas içiği kastan omuriliğe doğrudan bağlantılı olması nedeniyle insan vücudundaki en hızlı reflekslerden biridir (Chu ve Myer, 2013). Germe refleksi, ani ve güçlü gerilmeyi önlemek için istemsiz bir savunma sistemi sağlar (Thomas, 1988). Kas içiği kasılmak üzere kaslara bir sinyal gönderdiğinde, agonist kasın kasılma sürecine karşı koymamak

için antagonist kaslara bilgi verilen karşılıklı bir inhibisyon süreci meydana gelir (Sandler, 2005). Bu nedenle, pliometrik egzersizler esnasındaki germe refleksi, refleks temelli istemli ve istemsiz kasılma kombinasyonu nedeniyle kas gücü üretiminin gelişmesine katkıda bulunur (Thomas, 1988).

2.2.5.2 Golgi tendon organı

Golgi tendon organı (GTO) tendonda bulunur ve kasılmalar boyunca kasın aşırı kuvvetini önlemek için kasılma sırasında uygulanan gerilimi kontrol eder (Powers ve Howley, 1996). Kas içiğinin aksine, GTO'nun uyarılması bulunduğu kasın gevşemesine neden olur. (Fox ve diğerleri, 1988; Wilmore ve Costil 1999; Shah, 2012). Konsantrik kasılma sırasında kas liflerinin kısılması veya kısılmaya başlaması nedeniyle kas içiği aktivitesi azalır. Eksantrik kasılmaya gelince, miyotatik refleks uzamış olan kasta daha fazla gerilim üretir. Kas gerginliği zararlı olabilecek yüksek bir seviyeye ulaştığında, GTO kas uyarımını azaltmak için harekete geçer (Shah, 2012). Kas içiği sinyali aynı kasın kasılmasını bildirirken, GTO sinyali kasın kasılmayı durdurmasını ve antagonist kasın kasılması talimatını verir (Sandler, 2005).

2.2.5.3 Elastik enerji

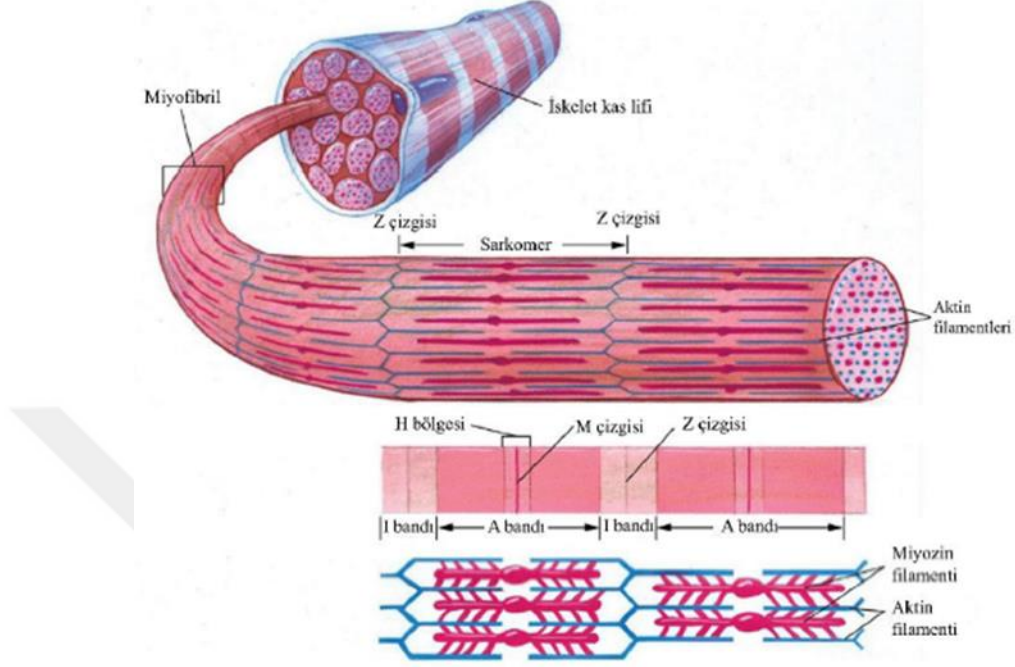
Kas bir kasılmaya maruz kaldığında, enerji depolamaya başlar. Hızlı bir şekilde iletilirse, bu enerji kas kasılmasına katkıda bulunur. Kasın gerilme zamanı uzun sürerse, patlayıcı bir etki oluşmayacaktır (Sandler, 2005). Aksine, daha hızlı bir ön gerilme olduğunda, konsantrik kasılma daha güçlü olur (Bompa, 1999). Eksantrik kasılma ile gerçekleştirilen gerilme miktarı ve konsantrik kasılma için gereken kuvvet miktarı hakkında sinir sistemi beyine bilgi gönderme fırsatına sahiptir. Bunun yanı sıra, GTO ve kas içiği eksantrik kasılma ile düzgün çalışma fırsatı bulur. Diğer taraftan, sadece konsantrik hareket olduğunda, ne elastik enerjinin ne de bir ön gerimin avantajından bahsedilemez (Sandler, 2005). Elastik enerji depolanması ve kasın gerilme refleks aktivasyonu, ön germe aşamasında kombine bir etki oluşturması nedeniyle, kas performansında gelişmeye neden olur (Fleck ve Kraemer, 1997; Shah, 2012; Thomas, 1988). Pliometrik egzersiz, çeşitli açılardan kas performansındaki gelişime katkıda bulunur. Örnek olarak, gerilme refleksi tepki hızı arttırıldığı zaman, performans artabilir. Eksantrik kasılma ne kadar hızlı gerçekleştirilirse, daha büyük bir konsantrik kuvvet meydana gelir (Shah, 2012).

Diğer taraftan GTO, kasın aşırı kuvvetten korunmasını sağlamak için kasta üretilen kuvveti sınırlar. Bununla birlikte, uygun eğitim uygulanarak GTO'nun inhibe edici etkisi azaltılabilir ve kuvvet üretimini arttırmak mümkün olabilir (Hoffman, 2002; Sandler, 2005; Shah, 2012).

2.3 Kas Kasılması

Kas kasılması süreci en iyi şekilde kayan filament modeli ile ifade edilebilir (Guyton ve Hall, 2013). Kas kontraksiyonu sırasında aktin-miyozin etkileşimi ile aktin filamentleri ortaya doğru çekilirler ve dinlenimde uçları birbirine ancak kavuşan aktin filamentleri neredeyse birbirlerini tam olarak örter hale gelirler. Böylelikle Z çizgileri birbirlerine yaklaşır, sonuçta da sarkomerin boyu kısalmır. Bu sırada A bandında bir farklılık olmayıp I bandı ve H bölgesinde küçülme olur. Bu teori kayan filamentler teorisi olarak isimlendirilir (Fox ve diğerleri, 1988). Kas kasılması bunun yanı sıra filamentlerin kayması için ATP'ye ihtiyaç vardır. ATP'nin parçalanması sonuç olarak da enerji açığa çıkması gerekir. Myozin çapraz köprüsü (uç kısımda) ATPaz enzim aktivitesi ortaya çıkartarak bunu sağlamaktadır. Kayma esnasında kalın filamentler sabit dururken ince filamentler, H bandına doğru çekilirler. Kayma siklusunun başlangıcı Ca^{++} 'un sarkoplazmik retikülümünden salınmasına bağlıdır. Yalnız tek kayma siklusu %1'lik bir kas kasılmasıyla sonuçlanır. Olağan bir kas kasılması için %30'luk bir kasılmaya ihtiyaç duyulur. Myozin çapraz köprüsü, aktine bağlanma, bükülme, kayma, çözülme ve tekrardan öteki bölgeye bağlanması vasıtasıyla kayma siklusunu sürdürür. İskelet kasları sinirlerin yanı sıra kan damarları ile de üst düzeyde desteklenir. Bu özellik açık bir şekilde kasılma ile ilişkilidir. İskelet kası kasılma sırasında mutlaka sinir uyarıları vasıtasıyla uyarılır. Kas kasılması için ek olarak enerji bir başka deyişle besin maddelerine ve oksijene (O_2) ihtiyaç vardır (Günay ve diğerleri, 2013). Bir motor sinirin hücresinin bir iskelet kası üzerindeki son bulunduğu özel bölgeye nöromusküler kavşak (sinir kas kavşağı) denir. Bir iskelet kası uyarıldığında, motor son plak sinir ucundan asetil kolin salınır. Salınan asetilkolin sarkolemma membranının sodyum (Na) geçirgenliğini artırır. Böylelikle hücre zarı depolarizasyona uğrar, bununla beraber kas kasılması için ihtiyaç olan aksiyon potansiyeli meydana gelir. Aksiyon potansiyeli hücre zarının tamamında yayılarak impuls taşıma sistemi ile beraber T-tübüllerden sarkolemma içine doğru yayılır. T-tübüllere bağlantı durumunda olan sarkoplazmik retikulumdan Ca^{++} salınımı 500 kez

artar. Ca^{++} salınımı vasıtasıyla myozinin çapraz köprüsündeki ATPaz enzimi aktif duruma gelir ve ATP'yi parçalayarak enerji meydana çıkar (Günay ve diğerleri, 2013).



Şekil 2.2: İskelet kasının band yapısı (Powers ve Howley, 1996).

Kasın kasılması ile gevşemesi 5 farklı temel aşamada incelenir, bunlar dinlenme evresi, kasılmanın başlama evresi, kasılma evresi, kasılmanın sürdürülmesi ve gevşemesi evreleridir (Günay ve diğerleri, 2013). İlk evre olan dinlenme evresinde, myozin filamentlerinin çapraz köprüleri aktin filamentlerine temas etmeden, onlara doğru uzanır. ATP molekülü, çapraz köprünün bir ucuna bağlanmıştır. Aktin üzerinde yer alan myozin çapraz köprü başlarının bağlanacağı aktif bölgeler, Ca^{++} iyonlarının sarkoplazmik retikulumda birikmiş olması sebebiyle troponin-tropomyozin kompleksi vasıtasıyla kapatılmıştır. Serbest Ca^{++} var olmadığında aktin filamentindeki troponin, myozin çapraz köprülerinin aktin ile bağlanmasına engel olur. Böylelikle aktin ve myozin iletişimi engellenir ve kas kasılması gerçekleşmez (Fox ve diğerleri, 1988; Günay ve diğerleri, 2013).

Kasılmanın başlama evresi, sinir uyarılar motor son plağa eriştiğinde asetilkolin salınımı vasıtasıyla uyarı kas hücre zarında genişleyerek, T-tübülleri aracılığıyla kas hücrelerinin içine girerek sarkoplazmik retikulumda depolu halde bulunan Ca^{++} iyonlarının sarkoplazmada serbestlenmesine sebep olur. Ca^{++} iyonları

troponinle birleşerek aktin-myozin karşılıklı etkileşimini başlatır. Dolu duruma gelmemiş ATP çarpaz köprü kompleksi dolu duruma gelmiş ATP çarpaz köprü kompleksine çevrilir. Aktinin aktif bölgelerine, miyozin çarpaz köprü başları bağlanır ve aktomyozin kompleksini meydana getirirler. Böylelikle kasılma süreci başlatılmış olur (Fox ve diğerleri, 1988; Günay ve diğerleri, 2013).

Bir sonraki evre olan kasılma evresi, aktomyozin kompleksinin meydana gelmesi ile miyozin çarpaz köprü başına daha öncesinden bağlanmış olan ATPaz enzim aktivitesi aksiyona geçirilerek enerji meydana getirilir. Ortaya çıkan bu enerji aktin filamentlerinin miyozin filamentleri üzerinden H bandına doğru kaymasına neden olur. Sonuçta kas kasılmış olur (Günay ve diğerleri, 2013). Sarkomerin kısalması ile beraber tendonun bağlandığı kemik harekete geçer (Fox ve diğerleri, 1988).

Kasılmanın devam ettirilmesi evresi, çok kısa süren bu kas kasılmasında çarpaz köprüler aktinin aktif alanlarına yüzlerce defa tutunur ve ayrılırlar. Bunun meydana gelmesi için, miyozin çarpaz köprüsünün yeniden şarj edilmesine ihtiyaç vardır. Aktin ve miyozin tutunduğu eski alanlardan ayrılır, çarpaz köprüde oluşan bükülme hareketi ile beraber parçalanan ATP tekrardan sentezlenir. Böylelikle miyozin çarpaz köprü başına tekrardan ATP yüklenir. Önceden olduğu gibi tekrar dikey pozisyona geçen çarpaz köprü aktin filamentinin diğer bir alanına bağlanır. Bununla beraber kasılma sürdürülmeye devam eder (Fox ve diğerleri, 1988; Günay ve diğerleri, 2013).

Son aşama olan gevşeme evresi, kasın motor sinirleri vasıtasıyla ulaşılan sinir uyarıları kesildiğinde Ca^{++} iyonları ile troponin molekülleri arasında bulunan bağ bozulur. Bunun nedeni Ca^{++} iyonları troponinden uzaklaşarak sarkoplazmik retikuluma tekrar geri pompalanır. Sonuç olarak troponin ve tropomyozin kompleksi meydana gelir dolayısıyla aktinin tutunma alanlarının troponin tarafından örtülmesine sebep olur. Troponin aktin-myozin etkileşimine engel olur. Bununla birlikte kas ilk pozisyonuna geri döner ve tekrar sinir uyarısı ulaşınca kadar gevşemiş pozisyonda bekler (Günay ve diğerleri, 2013).

2.3.1 Kas kasılma çeşitleri

Kas kuvveti, kas gerilimi veya kas grubunun maksimal yüklenmeye karşı koyabilmesidir (Fox ve diğerleri, 1988). Spor aktivitesinde sporcunun üç kas kasılması modeli ile ilgilenmesi gerekir (Chu, 1998). Tam sırası ile eksantrik, izometrik ve

konsantrik eylemler, GKD olarak adlandırılır (Fleck ve Kraemer, 1997). Bu üç ana kas kasılmasının tanımı aşağıdaki gibidir.

2.3.1.1 Eksantrik kasılma

Eksantrik kasılma kısaca kasılma sırasında bir kasın uzatılması anlamına gelir. Yerçekimine karşı koymak için kullanılır (Fox ve diğerleri, 1988). Kaslar uzarken kuvvet üreten dinamik bir kasılma türüdür. İnce filamentler sarkomerin merkezinden uzaklaştırılır (Kenney, Wilmore ve Costill, 2011).

2.3.1.2 İzometrik kasılma

İzometrik kasılma sırasında kasın uzunluğu değişmezken, kasın geriminde artış meydana gelir (Fox ve diğerleri, 1988; Gelir, Koz ve Ersöz, 2016; Günay ve diğerleri, 2013). Kas, değişmeyen kas uzunluğu ve değişmeyen eklem açısı ile kuvvet üretir, bunun nedenle statik kasılma olarak da adlandırılır (Fox ve diğerleri, 1988; Gelir ve diğerleri, 2016; Günay ve diğerleri, 2013; Kenney ve diğerleri, 2011). Bu kasılma sırasında dış kuvvet, kas tarafından üretilebilen iç kuvvetten çok daha büyük olduğu için, ince filamentlerin normal pozisyonu değişmez ve kas kısalmaz (Fox ve diğerleri, 1988; Kenney ve diğerleri, 2011).

2.3.1.3 Konsantrik kasılma

Konsantrik kasılma basitçe kasılma sırasında bir kasın kısalması olarak tanımlanır (Fox ve diğerleri, 1988; Gelir ve diğerleri, 2016; Günay ve diğerleri, 2013). İnce filamentler sarkomerin çekirdeğine doğru hareket eder. Bu kasılmalar aynı zamanda eklem hareketi nedeniyle dinamik kasılmalar olarak adlandırılmaktadır (Kenney ve diğerleri, 2011).

Yukarıda belirtildiği gibi, hız ve kuvvet kabiliyetinin kombinasyonu güç olarak adlandırılır (Chu ve Myer, 2013; Sandler, 2005). Üç kas niteliği, hızı ve kuvveti doğrudan etkiler ve pliometrik egzersizler ile geliştirilir. Bunlar kas lifi tipi, kas kasılma hızı ve nöromüsküler verimliliğidir (Sandler, 2005).

2.3.2 Kas lif tipleri

Kas liflerinin yapıları genel olarak benzer özellikler gösterebilirler de işlevlerinde farklılıklar vardır. Kas liflerinin kasılma hızı, aerobik ve anaerobik kapasite, mitokondri sayısı, barındırdığı kapiller damar sayısı, kasılma kuvveti, ATPaz

aktivitesi ve yorulma zamanlarında fonksiyonel farklılıklar söz konusudur (Gollnick ve Hodgson, 1986). Bir iskelet kası, maksimum güç üretimi için farklı kasılma hızlarına ve farklı özelliklere sahip lifleri içerir. Bunlar Tip I yavaş kasılan kas lifleri ve tip II hızlı kasılan kas lifleridir (Kenney ve diğerleri, 2011). Tip I lifler daha verimli ve yorgunluğa karşı yüksek dirençlidir, ayrıca aerobik enerji desteği için yüksek kapasiteye sahiptir (Haff ve Triplett, 2015; Powers ve Howley, 1996), ancak süretli bir şekilde kuvvet geliştirme potansiyeli düşüktür (Haff ve Triplett, 2015). Tip I kas lifleri, yüksek miyogloblin konsantrasyonu, çok sayıda kılcacık damar ve yüksek mitokondriyal enzim aktiviteleri nedeniyle iyi bir aerobik dayanıklılık gösterir (McArdle, Katch, ve Katch, 1991; Powers ve Howley, 1996). Yavaş kasılan kas lifleri, düşük miyozin ATPaz aktivitesi, kasılma hızlarının yavaş olması, glikolitik kapasitelerinin hızlı kasılan kas liflerine oranla daha az gelişmiş olmaları ile bilinir. Fakat yavaş kasılan kas lifleri daha büyük ve daha fazla miktarda mitokondriye sahip olurlar. Uzun süreli çalışmalara uyum sağlar ve aerobik tipteki aktiviteler için uygundur (Fox ve diğerleri, 1988; Powers ve Howley, 1996). Tip II kas lifleri zayıf aerobik güce sahip ve yorgunluğa karşı daha az dirençlidir, ancak hızlı bir şekilde kuvvet, yüksek anaerobik güç ve miyozin ATPaz aktivitesi geliştirme potansiyeli daha yüksektir (Haff ve Triplett, 2015; Powers ve Howley, 1996). Tip IIa, tip IIb ve tip IIc olmak üzere alt gruplara ayrılır. Tip IIa kas lifleri, yüksek kasılma hızına, orta düzeyde gelişmiş aerobik ve anaerobik enerji transfer kapasitesine sahiptir. Hızlı kasılan, oksidatif glikolitik (FOG) lifler olarak bilinir (Fox ve diğerleri, 1988). Tip IIa lifleri, tip IIb'ye kıyasla aerobik metabolizma için daha iyi bir kapasiteye ve yorgunluğa karşı daha yüksek bir dirence sahiptir (Haff ve Triplett, 2015). Bununla birlikte, tip I liflerle karşılaştırıldığında, tip IIa daha fazla kuvvet üretir, aynı zamanda daha kolay yorulur (Kenney ve diğerleri, 2011). Tip IIb kas lifleri ise, tip IIa liflere göre daha yüksek anaerobik kapasiteye sahiptir. Bu kas liflerinin kasılma hızı, yavaş kasılan kas liflerine oranla daha fazladır ve hızlı kasılan, glikolitik (FG) lifler olarak bilinir (Fox ve diğerleri, 1988). Aerobik metabolizma için sınırlı kapasite ve yorgunluğa karşı daha az direnç gösterir, ancak bol glikolitik enzimler nedeniyle büyük bir anaerobik kapasiteye sahiptirler. Tip IIb fibriller, miyozin ATPaz aktivitesi nedeniyle en yüksek kasılma hızına sahiptir (Powers ve Howley, 1996). Tip IIc kas lifleri nadir görülür ve özellikleri net olarak belirlenmemiştir (Fox ve diğerleri, 1988). Tip I kas lifleri uzun ve sürekli aerobik egzersizler için uygunken, tip II lifler neredeyse tamamen anaerobik metabolizmaya dayanan diğer güçlü kas kasılmalarının yanı sıra kısa süreli koşu

aktiviteleri için uygundur (Powers ve Howley, 1996). Tip IIa lifler, 400 m yüzme gibi kısa, yüksek yoğunluklu dayanıklılık aktiviteleri için ana lif tipi iken, tip IIb lifleri çoğunlukla 50 metre (m) süratli yüzme veya 100 m sürat koşusu gibi oldukça patlayıcı aktivitelerde kullanılır (Kenney ve diğerleri, 2011).

2.3.3 Kas kasılma hızı

Başlı başına kas liflerin maksimum kılma hızı, kas lifi kasılma hızının karşılaştırmak için ölçülür. Bir kas lifinin kılalabileceği bu en yüksek hız V_{max} ile gösterilir. Çapraz köprü hareketi kas liflerinin kılmasına neden olduğundan, çapraz köprü döngü oranı V_{max} 'ı gösterir. Diğer belirleyici, kasılma için enerjiyi serbest bırakmak amacıyla ATP'yi parçalayan bir enzim olan miyozin ATPaz aktivitesidir (Kenney ve diğerleri, 2011; McArdle ve diğerleri, 1991). Yüksek miyozin ATPaz aktiviteleri içeren kas lifleri, ATP'nin daha hızlı bölünmesine ve kasılma için gereken enerjinin hızlı bir şekilde serbest kalmasına neden olur ve böylece yüksek hızda kas kılmasına yol açar. Bunun aksine, düşük miyozin ATPaz aktiviteleri içeren lifler düşük bir V_{max} sunar ve düşük hızlarda kılılır (Powers ve Howley, 1996). Kılma hızı, hızlı liflerde yavaş tiplerden daha yüksektir, çünkü daha gelişmiş sarkoplazmik retikulumu sahiptirler, bu nedenle bu lifler kas hücresine kalsiyum salgılamak için daha başarılıdır ve daha yüksek oranda ATPaz aktivitesi içerir (McArdle ve diğerleri, 1991; Powers ve Howley, 1996). Tip II liflerinin kılma sürati, tip I liflerinden 5 ila 6 kat daha hızlıdır (Kenney ve diğerleri, 2011).

Hareket hızı ve kas kuvveti ilişkisine gelince, iki ana nokta vardır. Hareket hızı arttığında maksimum kuvvet azalır, yani en büyük kuvvet en yavaş hareket hızlarında üretilir. Bu kural hem yavaş hem de hızlı lifler için geçerlidir. İkinci nokta, kas tarafından yürütülen herhangi bir mutlak kuvvette, yüksek oranda hızlı lif içeren kaslarda hareket hızının, esas olarak yavaş lifleri içerenlerden daha yüksek olmasıdır (Fox ve diğerleri, 1988; Powers ve Howley, 1996).

2.3.4 Neromusküler verimlilik

Motor ünite katılımı, ateşleme frekansı, senkronizasyon ve kaslar arası koordinasyon gibi nöromusküler faktörler maksimum kas gücünü etkiler (Cormie, McGuigan ve Newton, 2011). Motor ünitesi katılımı açısından, işe alınan motor ünite sayısı ve motor ünitedeki kas liflerinin sayısı gibi iki ana faktör kas kuvvetini etkiler. Motor ünite başına daha fazla lif daha yüksek bir kuvvet üretir. Bir kılma sırasında,

motor ünitelerinin sayısı kasın maruz kaldığı yük tarafından belirlenir. Yavaş kasılan kas lifleri orta ve düşük yoğunluklu aktivitelerde işe katılır. Yük arttığı zaman, daha fazla hızlı kasılan kas lifleri aktive edilir (Bompa, 1999). Bir motor ünite sinir lifi ve innerve ettiği kastan oluşur (Hoffman, 2002). Tip IIa ve tip IIb motor üniteleri, tip I motor ünitelerinden daha fazla life sahiptir (Kenney ve diğerleri, 2011). Tüm kastaki kasılma gücü, aktive olan kas liflerinin tipine ve sayısına bağlıdır. Az miktarda motor ünitenin aktif olmasıyla, üretilen kuvvette küçülür (Powers ve Howley, 1996).

Motor ünitenin kullanımı sinir hücrelerinin büyüklüğüne bağlıdır (Hoffman, 2002). Motor birimlerinin sistemli olarak işe katılması, doğrudan motor nöronun büyüklüğüne dayanan boyut prensibi olarak adlandırılır (Hoffman, 2002; Kenney ve diğerleri, 2011). Hızlı kasılan motor ünite daha büyük bir sinir hücrelerine sahipken ve 300'den fazla lifi innerve ederken, yavaş kasılan motor ünite daha küçük bir sinir hücrelerine sahiptir ve 300'den az lifle iletişim sağlar (Kenney ve diğerleri, 2011). Tip I motor üniteleri ilk olarak daha küçük motor nöronları nedeniyle devreye girer. Kas hareketi için daha büyük bir kuvvet gerektiğinden, tip II motor üniteleri aktive olur (Hoffman, 2002; Kenney ve diğerleri, 2011). Sonuç olarak, yavaş kasılan lifler ilk olarak devreye girerler (Sandler, 2005). Buna rağmen, yoğunluğun artmasıyla birlikte, aktive olan liflerin sayısı da sırasıyla tip I, tip IIa, tip IIb olarak artar (Porcari, Bryant ve Comana, 2015). Ancak, tip II lifleri bir istisna olarak boyut prensibine göre yüksek hızlı ve güçlü aktiviteler sırasında ilk olarak aktive olabilir (Cormie ve diğerleri, 2011; Haff ve Whitley, 2001). Bu seçilmiş süreç çok yüksek hızlarda kuvvet üretimi için önemli olup, patlayıcı egzersizi destekleyen avantajlı bir iç sinirsel mekanizma olabilir. Dahası özel eğitim yöntemleri kullanılarak geliştirilebilir (Haff ve Triplett, 2015). Öte yandan, daha önce de belirtildiği gibi, α -motor nöron ve içerdiği tüm kas lifleri tek bir motor üniteyi oluşturur. Her kas lifi sadece bir α -motor nöron tarafından innerve edilirken, her α -motor nöron, kasın fonksiyonuna bağlı olarak yaklaşık birkaç bin kas lifini innerve eder (Kenney ve diğerleri, 2011). Kaslara tek bir uyarın gönderilirse, kas o elektrik uyarınına bir kas lifinin veya motor ünitesinin en küçük kasılma cevabı olan basit bir seğirme ile kasılır (Powers ve Howley, 1996). Bir motor ünite bir kez etkinleştirildiğinde, kasılma çok fazla kuvvet üretmez. Ancak, aktivasyon sıklığı artarsa, kasılma kuvvetleri üst üste binmeye başlar (Haff ve Triplett, 2015). Uyarınların sıklığı arttığında kas, uyarınlar arasında rahatlama şansına sahip olamaz ve bu nedenle sumasyon olarak adlandırılan kasılmalar eklenir. Uyarınların sıklığı daha

da artmaya devam ederse, tetanus olarak bilinen ve motor ünitenin üretebileceği en yüksek kuvvet olan ve kas yorulana veya uyarılar bitene kadar sürecek tek bir sürekli kasılma meydana gelir (Haff ve Triplett, 2015; Powers ve Howley, 1996). Motor ünite ateşleme frekansı, α -motor nöronun kas liflerine taşınan sinirsel impulsların oranını ifade eder. Bir kasılma sırasında üretilen kuvvet, bir motor ünitenin ateşleme frekansının minimumdan maksimum hıza yükseltilmesiyle, %300-1500 arttırılabilir. Dinamik kasılmalar süresince hızlı bir düşüşü takiben motor ünitelerin çok yüksek frekanslarda ateş etmeye başladığı belirtilmektedir. Kısa bir süre için devam etse bile, yüksek başlangıç ateşleme frekansı kuvvet gelişiminde bir artışa yol açar. Bu nedenle, motor ünite ateşleme frekansı maksimum kas gücünün geliştirilmesi için önemlidir. Motor ünite ateşleme frekansındaki artışların özellikle antrenmanın erken aşamalarında güç ve kuvvet üretimini destekleyebileceği ve dinamik güç antrenmanlarından kaynaklanan uyarlamalarla yönlendirilebileceği bildirilmektedir (Cormie ve diğerleri, 2011). Daha büyük kaslar, kuvvet üretimini artırmak için motor ünite aktivasyonuna daha fazla bağılyken, daha küçük kaslar daha fazla artırılan ateşleme oranına bağılıdır (Haff ve Triplett, 2015).

Motor ünitesi senkronizasyonuna gelince, iki veya daha fazla motor ünitesi aynı anda etkinleştirildiğinde oluşur. Kuvvet gelişim oranını geliştirmek için birçok farklı kasın etkinleştirilmesine yardımcı olan bir sinir sistemi adaptasyonu olarak ifade edilir. Aslında senkronizasyon, kaslar arası koordinasyon için bir tür stratejidir. Kaslar arası koordinasyon, bir hareket sırasında agonist, antagonist ve sinerjistik kasların büyüklüğü ve zamanlaması açısından uygun aktivasyonu tanımlar. Etkili bir hareket için agonist aktivasyonun, geliştirilmiş sinerjistik aktivite ve antagonist kasların kasılmasının azalması ile desteklenmesi gerekir. Bu nedenle, senkronizasyon karmaşık ve çok eklemlili hareketler sırasında kuvvet gelişimini etkileyebilir (Cormie ve diğerleri, 2011). Geliştirilen toplam kuvvet düzeyinden ziyade kuvvet üretiminin zamanlaması daha önemlidir (Haff ve Triplett, 2015).

2.4 Pliometrik Egzersiz

Kas kuvveti, bir kas veya kas grubunun maksimum çabayla bir dirence karşı koyabilme ya da bir direnç karşısında belirli bir ölçüde dayanabilme yetisi olarak tanımlanır (Fox, Bowers ve Foss, 1988). Güç ise en kısa sürede en yüksek potansiyel kuvvet üretme yeteneğidir (Bompa, 1999). Kuvvet kazanımı yalnızca belirli

antrenmanlarla güce dönüştürülebilir. Pliometrik antrenman gücü geliştirmek için en başarılı antrenman yöntemlerinden biridir ve aynı zamanda GKD olarak da bilinir (Bompa,1999). GKD, ekzantrik kasılma ile ifade edilen kasın uzamasını takiben, konsantrik kasılma ile ifade edilen kasın hızlı bir şekilde kısılması olarak ifade edilir. (Chu ve Myer, 2013). Kasılma öncesinde gerilen kas daha güçlü ve daha hızlı kasılır (Bobbert ve Huijing, 1987). Bu nedenle GKD kas tendonunun en kısa sürede maksimum güç üretme yeteneğini geliştirir (Chu ve Myer, 2013; Markovic ve Mikulic, 2010). Alt vücut için durarak sıçrama, çoklu hoplama ve sıçrama, sekme, kutu drilleri, pliometrik egzersiz olarak bilinen derinlik sıçramaları kullanılırken, üst vücut için, sağlık topu atma, tutma, farklı sınav türleri kullanılır (Haff ve Triplett, 2015). Alt vücutla yapılan pliometrik egzersizlerde zemini çabucak terk etmek gerekir. Sıçrama anında vücudu yukarı doğru itmek için büyük miktarda kuvvete ihtiyaç duyulur (Bompa,1999). Üst vücut egzersizleri ise özellikle sağlık topları kullanılarak dış kuvvetlere daha hızlı tepki verme eğitimine dayanır (Shah, 2012). Eksantrik bir kasılmada hızlı bir şekilde konsantrik bir kasılmaya geçiş yeteneği tepki kuvveti olarak adlandırılır (Reilly, Cabri ve Araujo, 2005).

2.4.1 Pliometrik egzersiz evreleri

Pliometrik egzersizler fizyolojik açıdan değerlendirildiğinde, eksantrik faz, amortizasyon fazı ve konsantrik faz olarak üç önemli evreden oluşur (Sandler, 2005; Shah, 2012).

2.4.1.1 Eksantrik faz

Eksantrik faz, mental olarak harekete hazırlanırken başlar ve ilk gerilme uyarıcısına kadar devam eder (Shah, 2012). Artan kuvvet üretimi eksantrik faz ile ilgili olup, kas güçlendirilmesinden oluşan, kas kasılma özelliklerinin değiştirilmesine ve aktin-miyozin bağlantısının iyileştirilmesine, gerilme refleksine ve elastik potansiyel enerjinin SEB'de depolanmasına dayanan üç mekanizmaya bağlıdır. SEB, kas ve tendondaki aktin-miyozin filamentleridir, tendon kas-tendon birimlerindeki uzunluk değişikliklerine daha fazla katkıda bulunur (Chu ve Myer, 2013). Eksantrik fazın yavaş olması, miyotatik gerilme refleksinden ideal düzeyde fayda sağlamaya engel olur (Komi ve Bosco, 1978).

2.4.1.2 Amortizasyon fazı

İkinci aşama amortizman aşamasıdır ve eksantrik kasılma ile konsantrik kuvvetin başlaması arasındaki zaman miktarı olarak tanımlanır (Shah, 2012). Dolayısıyla eksantrik ve konsantrik kasılmalar arasındaki elektromekanik gecikme veya geçen süre olarak ifade edilir (Sandler, 2005; Shah, 2012). Sonuçta GKD'den gelen karşılıklı etkili olan kazanımlara karar veren belirleyici aşama, amortizman aşamasıdır (Chu ve Myer, 2013). Amortizman aşaması uzun sürerse, elastik enerji boşa harcanır ve gerilme refleksi aktivite edilemeyerek ısı olarak serbest bırakılır (Chu ve Myer, 2013; Sandler, 2005; Shah, 2012). Bu nedenle, uzun süreli bir amortizman aşaması güç kaybına yol açar (Bompa, 1999). Eksantrik bir kasılmadan konsantrik bir kasılmaya ne kadar hızlı bir geçiş gerçekleşirse, sonrası daha güçlü tepki ile sonuçlanır (Voight ve Wieder, 1991).

2.4.1.3 Konsantrik faz

Konsantrik faz, amortizman aşamasından hemen sonra gerçekleşir ve kas-tendon ünitesinin kışalmasını içerir (Chu ve Myer, 2013). Amortizman fazı, pliometrik egzersizde en önemli aşamadır. Ancak, eksantrik kasılma süresi de güç gelişimi için önemlidir. Çok büyük bir güç ya da dengesizlik nedeniyle oluşacak etkiyi emmek için çok fazla zaman harcanırsa, telafi etmek için daha fazla zaman gerekecektir. Böylece, amortizman süresi daha uzun sürecek ve kuvvet üretimi azalacaktır. Örneğin, çok yüksek bir kutudan aşağı atlamak, zemin üzerinde daha fazla zaman alır veya yüksek hızlı bir topu kontrol altına almak, daha fazla zaman alır. Pliometrik aktiviteler bir hareketi durdurmayı ve onu tam tersi yönde itmeyi gerektirir (Sandler, 2005). Eksantrik fazda hızlı bir uzama ile birlikte kas içcikleri uyarılır. Yüksek hızda kasta oluşan gerilim ile birlikte konsantrik kasılma meydana gelir (Chu, 1998).

Özet olarak, eksantrik faz sonraki hareket için enerjyi depolayan bir süreçtir. Amortizman aşaması, enerjinin kinetik enerjiye veya harekete dönüştüğü bir zamandır. Konsantrik hareket ise, vücudu yukarı veya ileri itmek için üretilen son kuvvettir (Sandler, 2005).

2.5 Pliometrik Egzersiz Değişkenleri

2.5.1 Yoğunluk

Uygulanan egzersiz esnasında harcanan çabayı ifade etmektedir. Pliometrik egzersizler temel ve hafif şiddetteki hareketlerle başlamalı karmaşık ve daha yüksek şiddetteki egzersizlere doğru ilerleyerek gerçekleştirilmelidir. Farklı egzersizlerde farklı şiddetler kullanılmalıdır (Bompa, 2001a; Chu ve Plummer, 1984). Pliometrik egzersizlerde uygulanan bütün hareketlerde tekrarlar maksimum hız ve patlayıcı bir şekilde gerçekleştirilmelidir. Bu uygulanamaz ise pliometrinin sağlayacağı yarar yok olur. Ayrıca hareketin sürati ile birlikte kalitesi de oldukça önemlidir (Chu, Faigenbaum ve Falkel, 2006; McNeely ve Sandler, 2006).

2.5.2 Kapsam

Antrenmanın amacına ve şiddetine yönelik farklılık oluşturan toplam iş miktarına kapsam denir. Genel olarak pliometrik egzersizlerde kapsam, ayağın yere temas sayısı ile belirlenmektedir (Chu, 1984; Chu, 1998; Thomas 1988). Zemin ile temas sayısı ne kadar artarsa, kapsam da o kadar artacaktır. Kapsam, şiddet ile ters orantılıdır (Clark, Lucett ve Kirkendall, 2010).

2.5.3 Sıklık

Bir antrenmanın, mikro döngüde ne kadar sayıda yapılacağının planlanması antrenmanın sıklığı ile alakalıdır (Chu ve diğerleri, 2006). Özüde ilk antrenman ile sonraki antrenman seansları arasında organizmanın tekrar hazır duruma gelmesi vardır (Chu, 1998). Hafif şiddetli geçen antrenmanların toparlanma zamanlaması daha kısa olacağından, daha yüksek şiddetli antrenmanlar daha kısa süre sıklığında uygulanabilir (Chu ve diğerleri, 2006). İki pliometrik antrenman arasında tam bir toparlanma olabilmesi için 48 ile 72 saatlik süre geçmesi gerekir (Chu, 1998). Pliometrik antrenmanların hız ve çeviklik antrenmanları haricinde haftada 2 günden daha fazla olmaması gerekir (Mc Neely ve Sandler, 2006).

2.5.4 Toparlanma

Dinlenme pliometrik çalışmalarda önemli değişkenlerden biridir. Her set arasında en uygun toparlanma için 1-2 dakika (dk) yeterlidir. Dinlenmeye gelecek olursak, 1/5 - 1/10 olmalıdır. Setler arasında toparlanma süresi kısa olduğunda, daha

sonra yapılan setlerde sporcu en üst düzey performansını sergileyemez. Pliometrik antrenmanlar için tam dinlenme süresi 48-72 saat aralığında olduğu bildirilmektedir (Bompa, 2001a s. 50-52; Chu, 1998; Gambeta, 1989).

2.6 Pliometrik Egzersiz Metotları

2.6.1 Yerinde sıçramalar

Sporcu, sabit olarak durduğu zeminde düşük yoğunlukta ve ardı ardına sıçrayarak aynı yere düşer. Amaç amortizasyon süresini kısaltmaktır (Bobbert, 1990; Chu, 1998).

2.6.2 Durarak sıçramalar

Maksimum çabayla yapılan ve art arda tekrar edilebilen yatay ve dikey vaziyette uygulanan sıçramalardır. Her sıçrama öncesinde tam olarak dinlenme sağlanmalı ve sıçrama sırasında ayakların omuz genişliğinde açılmasına önem gösterilmelidir (Bobbert, 1990; Chu, 1998).

2.6.3 Çoklu sıçrama ve atlamalar

Aletli, aletsiz ya da engel kullanılarak uygulanabilen yerinde ve durarak sıçramaların karışımıyla yapılan sıçrama yöntemidir. Maksimum düzeyde sıçrama performansının ardından tekrarlanan maksimum seviyede sıçrama yapmak gerekmektedir. Bu egzersizler 30 metreden az mesafeler içinde uygulanmalıdır. Bu egzersizler daha sonra kullanılacak yüksek engelli alıştırmalar olan kasa sıçramalarına hazırlık olarak uygulanır (Baktaal, 2008; Bavlı, 2009; Chu, 1998).

2.6.4 Sekmeler

Adım aralığı ve adım sıklığını daha iyi seviyelere getirmeye yönelik antrenmanlardır. 30 metreden daha uzun mesafelerde gerçekleştirilir (Chu, 1998).

2.6.5 Kasa sıçramaları

Bu egzersizler, çoklu sıçramalar ve atlamalar ile derinlik sıçramalarının kombinasyonu ile yapılan uygulamalardır. Egzersizlerde kullanılacak kasa yüksekliğine göre hafif ya da yüksek şiddetli egzersiz olarak nitelendirilir. Kasa

sıçramalarında başarıya sağlamak için yatay ve dikey sıçramaların birlikte uygulanması gerekmektedir (Bobbert, 1990; Chu, 1998).

2.6.6 Derinlik sıçramaları

Sporcunun kendi vücut ağırlığıyla daha önce belirlenmiş bir yükseklikteki kasadan düşmesinin hemen ardından tekrar yüksek bir kasaya sıçrama uygulamasıdır. Bu alıştırmalar amortizasyon süresini kısaltmaktadır (Baechle ve Earle, 2000; Chu, 1998).

2.6.7 Sağlık topu alıştırmaları

Üst ekstremite kaslarını geliştirmek için uygulanan bu alıştırmalar sıçrama egzersizleriyle beraber uygulanmalıdır. Sağlık toplarının ağırlıkları bireyden bireye farklılık göstermelidir (Bompa, 2013; Chu, 1998).

2.7 Pliometrik Egzersiz Uygulama Önerileri

Egzersiz programı süresi başlangıç için 20 ile 30 dakika aralığında gerçekleştirilmelidir. Isınma ve soğuma bölümlerinde egzersiz sürecine ek olarak 10 ile 15 dakika düşük yoğunluklu aktiviteler uygulanmalıdır (Chu ve Myer, 2013). Pliometrik egzersizde en iyi sonuçlara ulaşabilmek için 20'nin üzerinde egzersiz seansı sayısı ve egzersiz seansı başına 50'nin üzerinde sıçrama performansı önerilir (de Villarreal, Kellis, Kraemer and Izquierdo, 2009).

Normalde mümkün olduğunca patlayıcı bir şekilde yapılması gereken pliometrik egzersizler ilk defa uygulanacak ise, egzersiz öğrenilene kadar %70-80 düzeyde, daha sonra %100 oranda gerçekleştirilmelidir (Sandler, 2005). Egzersizde her birey için maksimum verimlilik düzeyine ulaşmaya kadar iş yükü kademeli olarak artırılmalıdır (Bompa 2013).

Pliometrik egzersizlerde enerji anaerobik yolla sağlanması dolayısıyla bu çaba ancak 5 ile 15 saniye sürdürülebilir. Böylelikle, pliometrik egzersizlerinde setler arası dinlenme süresi yeteri kadar uzun değilse, tekrar sayıları altıdan fazla olmamalıdır. Zamanla, egzersiz neticesinde fosfojen depolarının artmasıyla birlikte tekrarların sayısı bir ya da iki eklenerek artırılabilir. Sonuç olarak ise her tekrardaki maksimum güç muhtemelen daha büyük olacaktır (Sandler, 2005).

Egzersiz uzun sürmesi durumunda, setler arasındaki dinlenme aralıkları en az iki dakika olmalıdır. Farklı kaynaklar 30-60 saniye önermesine rağmen, fosfojen depolarının rejenerasyonu ve laktik asidi uzaklaştırılması için daha kısa dinlenme aralıkları yeterli değildir (Sandler, 2005). Yetersiz dinlenme aralığı egzersizin etkisini azaltır (Chu ve Myer, 2013; Sandler, 2005). Art arda uygulanan egzersizler arasında 48-72 saat süre olmalıdır. Yerinde ve uygun bir performans için 1:5 ile 1:10 arasında bir uygulama-dinlenme oranı verilmelidir (Chu ve Myer, 2013; Shah, 2012).

2.8 Egzersiz ve Kas Hasarı

Mikro düzeyde travma veya kas hasarı şeklinde söz edilen egzersiz kaynaklı kas hasarı ifadesi, egzersiz sonrasında iskelet kaslarında ortaya çıkan hücresel seviyede geçici hasar olarak adlandırılır (Simith ve Miles, 2000). Egzersize bağlı olarak meydana gelen kas hasarı ilk defa 1900'lü yılların başında Hough tarafından ele alınmıştır (Clarkson ve Hubal, 2002). 1980'li yıllarda egzersiz kaynaklı kas hasarı üzerine ortaya konan araştırmaların sayısı artmıştır (Thiebaud, 2012).

Egzersiz kaynaklı gelişen kas hasarı ile beraber, gecikmeli olarak ortaya çıkan kas ağrıları, geçici güç kayıpları ve enzimlerin kanda yüksek düzeyde seyrettiği görülür (Deyhle, 2016).

Kas hasarında, kas ağrıları, hareket kısıtlılığı ile beraber kas kuvvetinde gözle görülür azalmalar meydana gelir. Belirtiler sıklıkla, gecikmeli kas ağrılarıdır (GKA). Bu ağrılar, hasar oluşturan egzersizler sonrasında 8 ile 24 saat arasında gözlemlenir ardından 24 ile 48 saat sonra maksimum dereceye çıkar. Bu ağrılar bir haftaya kadar sürebilir. Meydana gelen kas hasarının ciddiyetiyle doğru orantılı olarak ağrının süresi uzayabilir (Eston, Byrne ve Twist, 2003). Bilimsel araştırmalar neticesinde kas boyunun uzadığı ekzantrik kas aktiviteleri sonucunda, kasta kayda değer miktarda hasar olduğu gözlemlenmiştir (Brown, Day ve Donnelly, 1999; Kocaağa, 2014; Newham, Jones ve Edwards, 1986; Nosaka ve Clarkson, 1997). Hemen hemen çoğu hareketler eksantrik kasılmaları barındırırlar. Kasın uzatılması ile beraber kas hücresi zarında yırtılmalar oluşurken, kasta bulunan proteinlerin dizilişlerinde dejenerasyonlar ortaya çıkar (Murray, 2017).

Kasta gerçekleşen hasar ile beraber, kasta protein yıkımının ardından, ısı artışına ve yangıya neden olur. T-tübülleri, sarkomer ve miyofibrillerde iltihaplanma

meydana gelir. Bunun neticesinde sarkoplazmik retikulum dejenere olur. Sarkoplazmik retikulumda ortaya çıkan hasar iyonların dağılımını bozar, bununla birlikte ağrı aktive olur (Epstein, 1995; Hilbert, Sforzo ve Swensen, 2003).

Egzersiz sırasında kaslar konsantrik ve ekzantrik olarak kasılırlar. İskelet kasları ekzantrik kasılma sırasında diğer kasılma türlerine oranla daha fazla güç harcarlar (Boz, 2013; Hazar, 2004; Jones, Newham, Round ve Tolfree, 1986). Eksantrik egzersizlerde kas boyunun uzamasıyla birlikte, kasın üzerine bir yük biner (Eston ve diğerleri, 2003). Eksantrik kas kasılması sırasında kas, dış merkezden gelen bir yükü emer (Hody, Croisier, Bury, Rogister and Leprince, 2019). Birçok araştırmada, üst seviyede gerçekleştirilen eksantrik kasılmaların sebep olduğu hasarlar, myofibril yapısını bozduğunu ortaya çıkarmaktadır. Z bandındaki kopmaların ardından miyofibril yapısındaki kırılmalar gerçekleşir (Crameri ve diğerleri, 2007; Friden ve Lieber, 1998; Friden ve Lieber 2001; Hazar, 2004; Lauritzen, Paulsen, Raastad, Bergersen and Owe, 2009).

2.8.1 Kas hasarı değerlendirilmesi

Kas hasarı iki şekilde değerlendirilmektedir. Bu iki değerlendirme türü doğrudan ve dolaylıdır. Doğrudan değerlendirme yöntemleri oldukça zor ve masraflı ayrıca biyopsi tekniğinin küçük bir örnekten alınan değerlerin tüm kas bölgesini tahmin edebilmesinin olanaksız ve yanıltıcı olma olasılığından dolayı daha az tercih edilmektedir. Dolaylı yöntemi değerlendirecek olursak, kasda bulunan enzimlerin plazmadaki miktarlarının belirlenmesini içerir. Bu enzim ve proteinler kas hasarıyla birlikte artış gösterirler. Özellikle egzersiz kaynaklı kas hasarını belirlemek için bu yöntem yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Clarkson ve Hubal, 2002; Hazar, 2004). Normal durumda hücre enzim molekülleri sınırlı oranda plazma zarından geçebilirler. Bir neden vasıtasıyla hücre zarında bir hasar oluşursa sınırlı geçirgenlik özelliği zarar görür. Hasarın büyüklüğü oranına göre ilk başta hücre zarı yüzeyinde yer alan enzimler seruma karışırlar. Daha sonra sitozolik miktar ve molekül boyutlarına göre seruma sızarlar. Hücrede bulunan hasarı çok şiddetli ise mitokondri de bundan kaynaklı olarak zarar göreceğinden mitokondrial enzimler de seruma karışırlar. Hasara uğrayan dokuların miktarı ne kadar fazla ise Enzim aktivitesinin yüksekliği de o kadar fazla olur. Enzim seviyeleri karaciğer ve iskelet kasının hasarını belirtirler (Hazar, 2004). Herhangi bir dokudaki aktivitesi çok daha fazla olan enzime dominanttır. Dominant enzimin yükselmiş serum aktivitesi hasarlı olan dokuyu gösterir. Kreatin Kinaz (CK)

Laktat Dehidrogenaz (LDH), Aspartat Aminotransferaz (AST), Alanin Aminotransferaz (ALT) iskelet kaslarında ortaya çıkan doku hasarlarının tespitinde yaygın bir şekilde kullanılan enzimlerdir. Bu enzimler içerisinde önemli olarak görülen, ayrıca en fazla üzerinde çalışılan CK' dır (Hazar, 2004; Işık ve Cicioğlu, 2016; Nie ve ark 2011).

2.8.1.1 Myoglobin

Myoglobin kas hücreleri içerisinde az da olsa bir miktar oksijen yedeklenmesini sağlayan bir proteindir (Murray ve Kenney, 2017). Miyoglobin oksijen depolama ve taşınmasında aktif bir şekilde yer alır (Plotnikov, Chupyrkina, Pevzner, Isaev ve Zorov, 2009). Oksijen kaynağı sınırlı veya gerekli oranda olmadığına, miyoglobin birleşik oksijeni ayırır bununla birlikte mitokondri için oksijene ulaşımı kolaylaştırır. Kasta yer alan ağrı ve miyoglobinin salınımı kas hasarının kayda değer belirteçleridir. Miyoglobin, kana salınan kreatin kinazın aksine daha küçük bir moleküler yere sahiptir (Lee, 2014). Yoğun ve yorucu egzersiz sonrasında, kas protein yapısının bozulması nedeniyle kanda miyoglobin salınır ve sonucunda protein takviyesi yükselişin düşmesine yol açar (Cockburn, Hayes, French, Stevenson ve Gibson 2008). Miyoglobin seviyesi egzersiz sonrası 30 dakika boyunca yükselebilir (Ascensão ve diğerleri, 2008). Böylelikle, egzersiz sırasında kas dokusunda meydana gelen etkiyi açıklayabilmek için yararlı bir gösterge olduğu söylenebilir (Sperenza ve diğerleri, 2007).

2.8.1.2 Kreatin kinaz (CK)

Kreatin kinaz iskelet kasında (CK-MM), kalp dokusunda (CK-MB) ve beyin dokusunda (CK-BB) olmak üzere üç farklı izoenzimi vardır. CK-MM izoenzimi iskelet kasındaki CK aktivitesinin %99'unu meydana getirir (Hazar, 2004; Totsuka, Nakaji, Suzuki, Sugawara ve Sato, 2002). Egzersize bağlı oluşan kas hasarı ve yıkımı sonucunda CK'nın kanda ki yoğunluğunun yükseldiği birçok çalışma tarafından gösterilmektedir (Kephart ve diğerleri, 2016; Rebalka ve Hawke, 2014; Shimomura ve diğerleri, 2010; Waldron ve diğerleri, 2017). Bu artış egzersizden sonraki 24. ve 48. saatler arasında belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır (Fouré ve Bendahan, 2016; Waldron ve diğerleri, 2017; Howatson ve diğerleri, 2012; Jackman, Witard, Jeukendrup ve Tipton, 2010; Matsumoto, Koba, Hamada, Tsujimoto ve Mitsuzono, 2009; Ra ve diğerleri, 2013). CK enzimi yorgunluğun oluşmasıyla birlikte kas

hücrelerinden dışarı doğru aktive olduğu düşünülmektedir. Cinsiyet, yaş, aktivitenin şiddeti ve çeşidi CK miktarını değiştirmektedir. Kanda birikmiş durumda olan CK'nın uzaklaştırılma sürati hasarın seviyesine ve bireyin lenf akımına bağlıdır. Egzersiz sonrası ilk 24 saat sonunda zirve yapan CK konsantrasyonu, 48 saat sonrasında inişe geçmeye başlar ve 72 saatin ardından egzersiz öncesindeki düzeyine tekrar gelir (Totsuka ve diğerleri, 2002).

CK kas hücresi sitoplazmasında, mitokondrilerin iç zarında ve miyofibrillerde yer alırlar (Wilmore ve Costill, 1999). Kas yaralanmalarında ve proteinler enerji metabolizması olarak kullanıldığında serum CK aktivitesi artmaktadır (Schwane, Buckley, Dipaolo, Atkinson ve Shepherd, 2000). Ayrıca egzersizle birlikte kas hasarı meydana geldiğinde CK düzeyi artış gösterir (Hazar, 2004; Schwane ve diğerleri, 2000).

Egzersiz sonrası CK düzeyindeki artış, antrenmansız bireylere yüksek çıkarken, antrenmanlı bireylerde bu düzey daha düşüktür (Karamızrak, Ergen, Töre ve Akgün 1994). Sedanter ve sporcu bireylerde aynı fiziksel aktiviteler gerçekleştirdiklerinde, sporcularda olan CK düzeyleri, sedanter bireylere oranla daha düşük bulunmuştur (Koutedakis ve diğerleri, 1993).

2.8.1.3 Laktat dehidrogenaz (LDH)

LDH, iskelet kaslarının fiziksel aktiviteye metabolik adaptasyon düzeyinin saptanmasında önemli göstergelerden biridir. LDH serum konsantrasyonları normalde düşük seviyededir. Yoğun ve ağır egzersizler ardından kandaki düzeyi belirgin olarak artış gösterir (Brancaccio, 2006). Kas hasarının saptanmasında LDH sıklıkla kullanılmaktadır. Bilimsel araştırmalarda kas hasarı ile beraber LDH düzeylerinde anlamlı şekilde yükselişler görülmektedir (Jamurtas ve diğerleri, 2005; Paschalis ve diğerleri, 2005). Yüksek şiddetli egzersizlerin ardından, LDH dokularda stabiliteyi devam ettirmek için laktat üretir. LDH kasılma hızı yüksek olan iskelet kasında, pirüvatı laktata çevirerek, laktatın kas hücresinden kana doğru ilerlemesini sağlamaktadır (Tiidus, 2008). Kas hasarının meydana geldiği yüklenmelerde yükselen LDH enziminin kandaki seviyesi, egzersizlerden 48-72 saat sonra bazal düzeye tekrardan geldiği bilinmektedir (Lavender ve Nosaka, 2006).

2.8.1.4 Aspartat aminotransferaz (AST)

Genellikle karaciğer işlevleri testlerinde yer alan bu enzim, iskelet ve kalp kaslarında da bulunur. Karaciğer gözesi diye adlandırılan hepositlerde fazlaca bulunan AST enziminin fazlalığında hepositler hasara uğrar, ardından AST kana karışır ve yüksek miktardaki AST karaciğer rahatsızlıklarında bir neden olarak gösterilir (Nathwani Pais, Reynolds ve Kaplowitz, 2005). İskelet kaslarında bulunan AST enziminin egzersiz sonucu meydana gelen kas hasarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Kandaki AST değerlerinin egzersiz sonrasında yükselmesi kas hasarının bir belirtisi olabilmektedir (Böge, 2017).

2.8.1.5 Alanin aminotransferaz (ALT)

ALT enzimi de karaciğer işlevi testinde ele alınan bir biyokimya testidir. Egzersize sonucu ortaya çıkan kas hasarı ALT seviyesinde yükselişe neden olmaktadır. Özellikle ağır gelişen hasarlarda sarkoplazmik enzimlerin yanında mitokondriyal enzimler de plazmaya geçebilir. Hücre içerisindeki organellerde bulunmayan ALT aynı şiddetteki egzersizlerin ardından AST aktivitesine oranla daha az olabilir (Böge, 2017).

2.8.1.6 C-reaktif protein (CRP)

Beş alt promoterden meydana gelen, bununla beraber birbirlerine kovalent olmayan şekilde bağlı ve her bit tanesi 206 aminoasitten ortaya çıkan bir proteindir. CRP karaciğerde sentezlenir, inflamasyon oluşan dokudan salgılanan sitokinlerin etkisi ile meydana gelir. Serum CRP düzeyi sağlıklı yetişkin bireylerde yaklaşık olarak 1mg/L'dir. Kadınların CRP düzeyleri erkeklerden biraz yüksektir. Yetişkin sağlıklı bireylerin çoğunluğunda CRP < 3.0 mg/L olarak gözlemlenirken, inflamasyon sonucunda bu durum 10.000 kattan daha fazla yükselebilir (Yücel 2004).

2.9 Egzersize Hormonal Tepkiler

Hormonlar iç salgı bezleri tarafından günlük olarak ufak miktarlarda sentezlenerek kan dolaşımı yolu ile hedef dokuların metabolik faaliyetlerini etkileyen ve onlara yön veren biyokatalizörlerdir (Ersoy ve Bayşu 1981; Günay 1998; Günay ve diğerleri, 2013; Tiftik, 1998).

Endokrin sistemde hormonlar ile madde taşınması, kimyasal tepki hızı, hücre zarında madde transferi, hücrelerin büyüme ve bunun yanı sıra salgılama işlevleri kontrol edilir. Bu etkilerin süresi saniyeler, kimi zaman birkaç gün içerisinde başlayıp haftalar, aylar dahası yıllarca sürmektedir (Consolazio, 1963).

Hormonlar kan vasıtasıyla tesir edecekleri organlara nakledilmektedir. Bu hususlar sebebiyle çevreleri kan damarlarıyla sarılmıştır (Özgüden ve Yıldız 1998). Organizmada yer alan endokrin bezler, hipofiz bezi, tiroid bezi, paratiroid bezi, adrenal bez, pankreasın langerhans adacıkları ile ovaryum ve testis cinsiyet bezleridir (Who, 1985; Wolfgang, 1980). Hormonlar kimyasal olarak steroid hormonlar, protein veya peptidler, trozin amino asit türevleri olmak üzere 3 gruba ayrılır (Dündar, 2015; Ersoy ve Bayşu, 1981).

Vücutta hormon aktivitesi çoğunlukla ağrı, depresyon, korku, dış uyaranlar bunun yanı sıra bir metabolite, kanda bulunan hormon konsantrasyonu ile ortaya çıkan uyarılara karşı beyinde hipotalamusta başlatılan tepkimeler kademeli bir şekilde gerçekleşir. Hipotalamus bütün vücudun homeostazını kontrol eden ve hasar gördüğünde homeostazın tekrardan düzenlenmesini sağlayan temel merkezdir (McLaughlin, Stamford ve White, 2007).

2.9.1 Adrenokortikotropik hormon (ACTH)

Hipofiz bezinin ön lobunda yer alan kortikotrop hücreleri vasıtasıyla sentezlenen ve 39 aminoasitten meydana gelen, böbrek üstü bezinin etkinliğini uyarıcı ve böbrek üstü bezi kabuğundan glukokortikoidlerin salınımına sebep olan bir hormondur. ACTH kandaki bulunan ortalama değerleri gündüz 0-100 pg/ml, gece 0-80 pg/ml'dir (Aron, Findling ve Tyrell, 1997). ACTH'nin ana amacı, glukokortikoidler diye adlandırılan steroid yapılı hormonların üretimi ve ayrıca salınımını artırmaktır (Matwejew, 2004). ACTH, protein sentezini canlandırır ve adrenal korteksi büyütür. Bunun yanı sıra kortizol sentezi enzim aktivitesini artırır (Aron ve diğerleri, 1997). Antrenmanlı bireylerde egzersiz sırasında kanda ACTH yükseliş gösterir. Egzersiz şiddeti arttıkça ACTH seviyesi, egzersizin şiddeti ve süresi ile doğru orantılı bir şekilde artış gösterir (Ünal, 2001). ACTH seviyesinin yükselişi kortizol hormonu ve bu hormonla ilgili olaylar için önemlidir (Ergen ve diğerleri, 2002; Kaynar, 2014).

2.9.2 Büyüme hormonu (BH)

Büyüme ve hücrelerin yenilenmesini uyarıcı niteliğe sahip, büyüme hormonu olarak da adlandırılan bir peptid hormondur (Daniels, 1992). Basit bir yapısı olan BH, protein zinciri içindeki aminoasitlerin arasında yerleşen iki disülfid köprüsüyle düzenli bir üçüncül yapıya sahip olan ve tüm canlılar için hayli önemli bir hormondur (Bhogavan, 2002; Kopchick, Parkinson, Stevens ve Trainer, 2002; Serpek, Yalçın ve Haliloglu, 1995). BH sabahın erken saatlerinde en düşük düzeyde iken, öğünlerden 2 saat sonra artış görülebilir. En yüksek salınımı ise gece uykusunda gerçekleşir (Baumann, Amburn ve Buchanan, 1987). İnsanlarda BH düzeyi ortalama olarak 0.5-3 ng/ml kadardır. Hipotalamustan salınan ve hipofize varan büyüme hormonu salıcı hormon (GHRH) ile meydana gelen BH salınımı ile beraber artış gösteren kan seviyesi yaklaşık 3-5 saat aralığında tekrar normal seviyeye iner (Jong, 1998; Kızılcı, 2009).

Yetişkin bireylerde, vücutta oluşan herhangi bir ağrı, korku, sıcaklıkta azalma, stres ve egzersiz sonrasında BH düzeylerinde artışlar ortaya çıkar. Protein yapım hızına etkiler, kan şekeri seviyesini yükseltir ve kanda serbest yağ asitlerinin düzeyini arttırıcı etkileri bulunurken, organizmanın büyümesini ve gelişmesini kontrol eder (Kızılcı, 2009; Powers, 2005).

BH kas gelişimini önemli ölçüde etkiler. BH salınımını uyku, korku, stres, egzersiz, ısı değişimi gibi etkenlerin dışında, farklı tipte aminoasit ve ilaçlar da arttırır. Yaş ile birlikte, sporcularda antrenman düzeyi, cinsiyet ve vücut yapısı BH düzeyini etkilemektedir. BH anabolik etkilerinden nedeniyle, protein sentezini arttırır, iskelet-kas yapısında gelişme ve büyümeye sebep olur (Fein, Haymes ve Buskirk, 1975; Jenkins, 1999; Karbek, 1990). Sporcularda kas hacminin arttırılması amacıyla da kullanılır (Macintyre, 1987; Mancini, Casanueva ve Giustina, 2008; Ünal, 2001).

2.9.3 İnsülin hormonu (İH)

Pankreas Langerhans adacıklarının beta hücrelerinden salgılanır ve ana işlevi kan glikoz seviyesini düşürmektir (Nelson, 1979). İH hücre büyümesini sağlamanın yanı sıra, karaciğerde glikojen sentezinde artışa neden olur, ayrıca kanda fazla miktarda bulunan glikozun doku ve hücrelere glikojen olarak depolanmasını sağlamaktadır. İH seviyesi egzersiz esnasında azalırken, glukagon düzeylerinin ise artış gösterdiği saptanmıştır (Günay ve diğerleri, 2013). İH glukozun yıkımı, yağ

asitlerinin sentezi, protein sentezini arttırmanın yanında aminoasitlerin hücreye geçişini artırır (Adeniran ve Toriola, 1989; Ası, 1999; Şahin, 2015).

2.9.4 Testosteron hormonu

Kadın ve erkeklerin gonadları olan ovaryum ve testisler, her iki cinsiyet gruplarında ikili işleve sahiptir. Bunlar cinsiyet ile ilgili hücrelerin oluşturulması (ganatojenesis) ve hormonların salgılanmasıdır. Erkeklik özelliğini androjenler, kadınlık özelliğini kazandıran hormon ise östrojen hormonudur. Kadın ve erkeklerde bu hormonların salınım oranları farklı düzeydedir (Rubal ve Moody 1991).

Testosteron hormonu ile egzersiz ilişkisi üzerine ortaya konan çalışmalar, kısa süreli yoğun egzersizler ve uzun süreli submaksimal egzersizlerin bu hormon seviyesini arttırdığını göstermektedir (Cumming, Brunsting, Strich, Ries ve Rebar, 1986; Çakmakçı, 2013). Total cinsiyet hormonu bağlayıcı globulinde bir değişiklik olmamasına rağmen testosteron seviyesinin artış gösterdiği görülmüştür. Testosteron, hepatik ve ekstrahepatik mekanizmalar vasıtasıyla kandan uzaklaştırılmaktadır. Egzersizde testosteron düzeyinin yükselişi gonadotropin uyarısı olmadan testiküler üretimin yükselişine bağlıdır (Cumming ve diğerleri, 1986). Testosteron seviyesinin artışının kas hipertrofisini kolaylaştırdığı bilinmektedir (Galata, 2017; Weiss, Cureton ve Thompson, 1983).

Dolaşımdaki testosteron seviyeleri gün içinde saatlik değişimler gösterir. Genç erkeklerde testosteron seviyesi sabahları maksimal seviyeye yükselirken, öğleden sonra en düşük seviyeye iner (Veldhuis 2000).

Yetişkin erkek bireyde 4-12 miligram (mg) (ortalama olarak 7 mg) günlük testosteron üretilirken, böbrek üstü bezindeki ortaya çıkışı günde 0.2 mg düzeyindedir (Çakmakçı, 2013; Löffler ve Petrides 1988).

2.9.5 Kortizol hormonu

Böbrek üstü bezlerinden salgılanan kortizol hormonu, kortikosteron glukokortikoid sınıfında yer almaktadır (Ası, 1999). Glukokortikoidlerin salınımı ACTH'nin aktive olmasıyla adrenal korteksin zona fasikulata alanından salınmaktadır. Glukokortikoid hormonlarının %95 etkisi Kortizol hormonu sağlamaktadır (Koz ve ark 2010; Şahin, 2015). Kortizol hormonun en bilindik metabolik tesiri karaciğerde protein ve yağdan glikoz sentezini arttırarak kan glikoz düzeylerini çoğaltmasıdır.

Kandaki Trigseridlerin yıkımını hızlandırarak kanda serbest yağ asitlerinin değerinin artmasına neden olur ve iltihap giderici tesiri de bulunmaktadır (Günay, Tamer ve Cicioğlu, 2013; Koz ve ark 2010).

Hafif Şiddetli ve orta Şiddetli egzersizlerde adrenal korteks hormonları egzersize farklı cevaplar verir. Egzersizlerin uzun süreli veya Şiddetli uygulanmasının kan kortizol düzeylerini yükselttiği ifade edilirken hafif ve orta Şiddetli egzersizlerde kortizol düzeylerinin çok fazla değişkenlik göstermediği bildirilmektedir. Egzersizle değişen kortizol salınımının, ACTH artışından kaynaklandığı aktarılmıştır (Fox, Bowers ve Foss, 1988).

Organizma strese karşı tepki olarak kortizol salınımının artırır (Fox, Bowers ve Foss, 1988; Şahin, 2015). Düşük Şiddetli egzersizlerde kortizol salınımı yükselmezken, egzersizin Şiddeti arttıkça kortizol ve kortikosteron seviyelerinde paralel olarak belirgin bir düzeyde artar. Bu vücudun strese karşı ortaya koyduğu bir cevaptır (Günay, Tamer ve Cicioğlu, 2013; Şahin, 2015). Kortizol karaciğerde glikoneogenesisi etkileyerek performansı pozitif yönde etkiler (Fox, Bowers ve Foss, 1988). Kortizolün egzersizde salınımı ile glikoneogenesisi etkilemesi egzersiz esnasında glikozun yakıt olarak kullanımını sağlamıştır. Enerjinin glikoz-glikojenden karşılanması egzersizin Őiddetinin artarak veya yüksek yoğunlukta uygulanmasını sağladığı saptanmıştır (Günay, Tamer ve Cicioğlu, 2013).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Araştırma Grubu

Bu araştırma Hitit Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi öğrencisi ve amatör sporcu geçmişi olan, düzenli egzersiz yapmayan 18-25 yaş aralığında gönüllü kırk iki sağlıklı erkek birey üzerinde yapılmıştır. Katılımcılar performans ölçümleri sonrası rastgele 3 gruba ayrılmıştır: Trampolin Grubu (TG, n=15), Mat Zemin Grubu (MZG, n=15), Kontrol Grubu (KG, n=12). Araştırmaya KG 15 kişi ile başlamış olup, araştırma süresi içerisinde 3 katılımcı kendi isteği ile ayrılmıştır. Katılımcılar pliometrik egzersiz protokolünü, TG Uluslararası Cimnastik Federasyonu (FIG) onaylı Eurotramp/Germany marka mini trampolin (model minitramp 112, 6 mm, çelik yaylı) yüzey üzerinde, MZG FIG onaylı Spieth/Germany marka mat zemin yüzey üzerinde uygulamışlardır. KG ise sadece ısınma ve soğuma protokollerini uygulamışlardır. Araştırma grubuna çalışmanın içeriği, önemi, yararları, riskleri ve tüm yapılması gerekenler detaylı bir şekilde anlatılmıştır ve katılımcılar bilgilendirilmiş gönüllü olur formunu imzalamışlardır. Tüm grupların egzersiz protokolleri ve performans testleri Hitit Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Prof. Dr. Kemal TAMER Cimnastik salonunda gerçekleştirilmiştir. Araştırma Helsinki Bildirisine uygun olarak yapılmıştır. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurul izni alınmıştır (Karar numarası 2019/292).

3.2 Araştırmanın Dizaynı

Araştırma gruplarına Spurrs ve diğerleri (2003) tarafından hazırlanmış, bu araştırmada kullanılacak zeminlere göre düzenleme yapılmış, 8 haftalık pliometrik antrenman (Çizelge 3.1) programı uygulanmıştır. Ana programdan önce, katılımcılar uygun bir pliometrik egzersiz tekniğini öğrenmek için 2 antrenman oturumuna katılmışlardır. Pliometrik egzersiz programı pazartesi ve perşembe günleri aynı saatte başlayacak şekilde (09:00) haftada 2 kez uygulanmıştır. Egzersizler yatay ve dikey düzlemlerde çeşitli sıçrama, sekme, atlamalardan oluşmuştur. 50-55 dk'lık seanslar sırasında tüm gruplara toplam 15 dk sürecek düşük yoğunluklu koşu, alt ekstremit

egzersizleri içeren dinamik ısınma ve esneklik, ardından 2 dakika yürüyüş yaptırılmıştır. Egzersizlerin bitirilmesinin ardından katılımcılara 5 dk esneklik ve yürüyüş yaptırılmıştır. Pliometrik egzersiz gruplarının antrenman protokolünde her hafta toplam ayak temas sayısı artırılmış ve egzersizlerin karmaşıklığı değiştirilmiştir (Çizelge 3.1). Böylelikle programda yüklenmeler aşamalı olarak arttırılmıştır. Tüm alıştırmalar için katılımcılara, minimum yer temas süreleriyle maksimum çaba göstermeleri talimatı verilmiştir. Her iki antrenman grubu da eşit ayak temas sayısı gerçekleştirmiştir. Antrenman süresince, tüm denekler doğrudan gözetim altında tutulmuş ve her alıştırmannın nasıl gerçekleştirileceği konusunda talimat verilmiştir.

Çizelge 3.1: Pliometrik egzersiz gruplarının antrenman protokolü.

Hafta/ oturum	Squat sıçrama	Plie squat sıçrama	Bir taraftan diğer tarafa tek ayak sıçrama	Bir taraftan diğer tarafa çift ayak sıçrama	Olduğu yerde dizleri çekerek koşu	Derinlik sıçraması	Toplam temas
1/1	3x12	3x12	3x12				108
1/2	3x12	3x12	3x12				108
2/1	3x12	3x12	3x12	2x8			124
2/2	3x12	3x12	3x12	2x8			124
3/1		3x12	3x12	3x10	3x10		132
3/2		3x12	3x12	3x10	3x10		132
4/1	3x12		3x12	3x12	3x12		144
4/2	3x12		3x12	3x12	3x12		144
5/1		3x12	3x12	3x10	3x10	2x10	152
5/2		3x12	3x12	3x10	3x10	2x10	152
6/1	3x15			3x15	3x15	3x10	165
6/2	3x15			3x15	3x15	3x10	165
7/1		3x15		4x12	4x10	3x15	178
7/2		3x15		4x12	4x10	3x15	178
8/1			4x12	4x15	4x12	4x10	196
8/2			4x12	4x15	4x12	4x10	196

3.2.1 Egzersizler

Araştırmada mat zemin ve trampolinde gerçekleştirilen pliometrik egzersizler Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3, Şekil 3.4, Şekil 3.5, Şekil 3.6'da sırasıyla gösterilmektedir. Plie squat sıçrama, bir taraftan diğer tarafa tek ayak sıçrama ve bir taraftan diğer tarafa çift ayak sıçrama egzersizleri, uygulamada bütünlük sağlanmak amacıyla 60 cm mesafe aralığı belirlenerek, bu mesafede uygulatılmıştır. Derinlik sıçramasında kasa yüksekliği ise 40 cm olarak ayarlanmıştır.



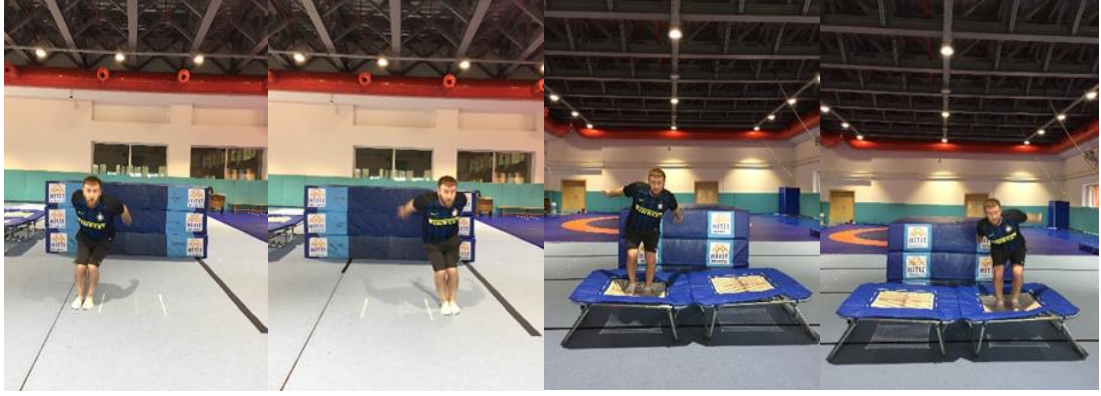
Şekil 3.1: Mat zemin ve Trampolinde uygulanan squat sıçrama egzersizi



Şekil 3.2: Mat Zemin ve Trampolinde uygulanan plie squat sıçrama egzersizi



Şekil 3.3: Mat Zemin ve Trampolinde uygulanan bir taraftan diğer tarafa tek ayak sıçrama egzersizi



Şekil 3.4: Mat Zemin ve Trampolinde uygulanan bir taraftan diğer tarafa çift ayak sıçrama egzersizi



Şekil 3.5: Mat Zemin ve Trampolinde uygulanan olduğu yerde dizleri çekerek koşu egzersizi



Şekil 3.6: Mat Zemin ve Trampolinde uygulanan derinlik sıçraması egzersizi

3.3 Veri Toplama Araçları

Araştırmada yer alan tüm katılımcıların vücut kompozisyonları, biyokimyasal verileri, dinamik denge ve dikey sıçrama performansları uygun alan ve laboratuvar testleri ile protokollere uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

3.3.1 Vücut kompozisyonu ölçümleri

Boy uzunluğu ölçümleri Seca marka 213 model stadiometre (Hamburg, Germany) ile yapılmıştır. Vücut ağırlıkları ve vücut yağ yüzdeleri ise Tanita marka BC 418 model vücut analiz cihazı (Tokyo, Japan) ile yapılmıştır. Vücut kitle indeksi (VKİ) vücut ağırlığının boy uzunluğunun karesine bölünmesi ile hesaplanmıştır (kg/m^2). Tüm ölçümler çıplak ayak şort ve tişört ile yapılmıştır (López-Sánchez, 2019). Ölçümler egzersizlere başlamadan üç gün öncesinde ve egzersizlerin tamamlanmasını takip eden üçüncü gün sabah saat 08:00' da gerçekleştirilmiştir.

3.3.2 Performans ölçümleri

8 haftalık pliometrik egzersizlerinin etkilerini incelemek için, performans ölçümleri araştırmaya başlamadan önce (t0) ve 8. hafta sonunda (t1) olmak üzere iki kez gerçekleştirilmiştir. Antrenmansızlık etkisini incelemek için ise 8 haftalık egzersiz sonrası her hafta olmak üzere 2 defa performans ölçümleri yapılmıştır (t2:dokuzuncu haftanın sonu, t3:onuncu haftanın sonu). Bütün grupların performans ölçümleri, en az 2 saat öncesinden kahvaltı yaptırılarak, sabah 09:00 ile 11:00 arasında gerçekleştirilmiştir. Performans testleri öncesinde toplam 10 dk sürecek düşük tempo koşu ve yürüyüş uygulatılmıştır. Bunun yanı sıra tüm gruplardan performans testleri öncesi en az 24 saat boyunca alkol, kafein tüketmemiş olmaları ve egzersiz yapmamış olmaları istenmiştir (Hazır, Köse, Esatbeyoğlu, Ekinci ve İşler, 2020).

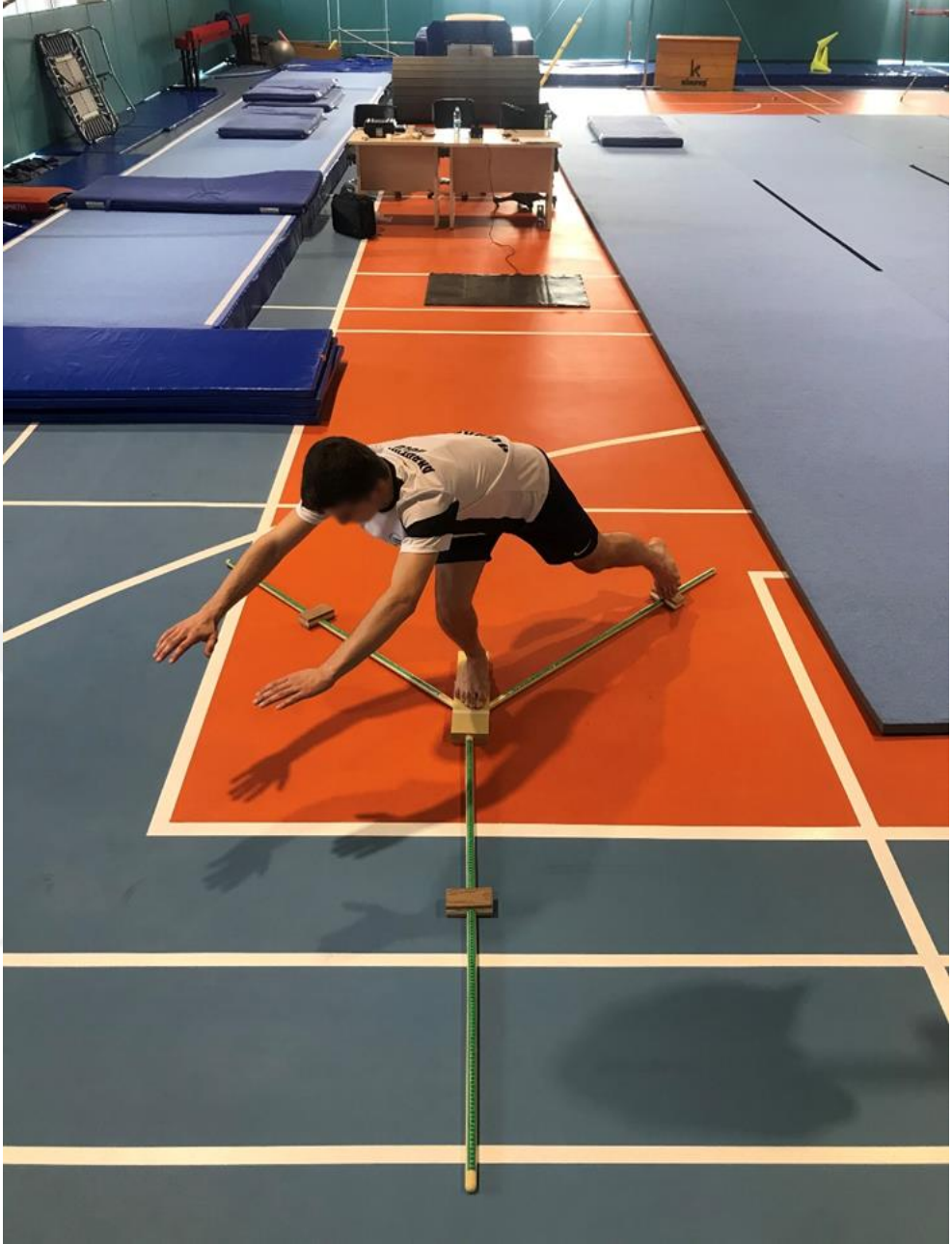
3.3.2.1 Dinamik denge performansı ölçümleri

Katılımcıların dinamik denge performansları Y Denge Testi (YDT) ile değerlendirilmiştir (Plisky ve diğerleri, 2009). Testin geçerlilik güvenilirliği Plisky ve diğerleri (2009), tarafından sınıf içi korelasyon katsayısı (ICC) aralığı intrarater 0,85-0,91 ve interrater aralığı 0,99-1,00 olarak belirlenmiştir (Plisky ve diğerleri, 2009). Testin içeriği ve nasıl uygulanacağı bireylere açıklanmış ve öğretilmiştir. Bireylerin baskın ve baskın olmayan ayakları üzerinde uzanma mesafeleri ölçülmüştür. Şekil 3.7,

Şekil 3.8 ve Şekil: 3.9'da gösterildiği gibi katılımcıdan test düzeneğinin orta noktasında tek ayak üzerinde durarak diğer ayağı ile anterior, posteromedial ve posterolateral yönlere doğru dengesini koruyarak ayak parmak ucu ile hedefi sürüklemesi istenmiştir. Test her yöne 3 kez tekrar edilmiş ve en iyi derece santimetre cinsinden kaydedilmiştir. İki deneme arası 1 dakika dinlenme aralığı verilmiştir. Katılımcıların bacak uzunluklarının uzanılan mesafe üzerindeki etkisini ortadan kaldırmak için bacak uzunlukları ölçülmüştür. Bunun için katılımcılar sert bir zemin üzerinde sırt üstü yatırılarak pelvisi eşitlemek için bacakları düzeltilmiş ve bacak uzunlukları bir şerit metre ile anterior superior iliac spine en uzak ucundan santimetre cinsinden ölçülmüştür. Uzanılan mesafe bacak uzunluğuna bölünüp 100 ile çarpılmıştır (Plisky ve diğerleri, 2009). Dinamik denge performans ölçümleri çıplak ayak şort ve tişört ile yapılmıştır. Her bacağın üç yöne gerçekleştirdiği performansı, birleştirilmiş performans değeri olarak ortaya koymak için; üç erişim yönünün toplamı, uzuv uzunluğunun üç katına bölünüp, ardından 100 ile çarpılmıştır (Plisky ve diğerleri, 2009).



Şekil 3.7: Y Denge Anterior yöne doğru uzanma



Şekil 3.8: Y Denge Posteromedial yöne doğru uzanma



Şekil 3.9: Y Denge Posterolateral yöne doğru uzanma

3.3.2.2 Dikey sıçrama performansı ölçümleri

Bütün gruplarda yer alan bireylerin dikey sıçrama performanslarını belirlemek için Bosco Mat'ı (New Test 1000, Oulu, Finlandiya) cihazı kullanılmıştır. Bosco Mat'ı kullanarak katılımcıların havada kalma süreleri ölçülmüştür. Şekil: 3.10'da görülebildiği gibi her katılımcıdan sıçrama platformunda elleri bellerinde, diz eklemleri yaklaşık 90° fleksiyon olacak şekilde maksimum sıçrama performansını gerçekleştirmeleri istenmiştir. Toplamda 3 deneme yapılmış ve en iyi sıçrama değerlendirmeye alınmıştır. Her deneme arası 1 dakika dinlenme aralığı verilmiştir (Sayers, Harackiewicz, Harman, Frykman ve Rosenstein, 1999). Dinamik denge ve dikey sıçrama performans testleri arasında yorgunluk oluşmaması için 5 dakika dinlenme aralığı verilmiştir. Dikey sıçrama performanslarının tüm ölçümlerinde aynı spor ayakkabı kullanılmış ve ölçümler şort ve tişört ile yapılmıştır.



Şekil: 3.10 Dikey sıçrama performansı

3.3.3 Biyokimyasal numunelerin alınması ve muhafazası

Araştırma için venöz kan örnekleri uygun jelli tüplere (Vacutainer) alınmıştır. Bu amaç için örnekler normal kan santrifüj cihazında 10000 g de 5 - 10 dk. santrifüj edilmiştir. Santrifüjleme esnasında vakumlu tüplerde bulunan inert jel mekanik bir hareketle bir bariyer oluşturarak hücresel elemanlarla serum arasına girmesini sağlamış, bu sayede serum elde edilmesi kolay olmuştur. 3 aylık çalışma periyodu süresince, çalışmanın başlangıcında performans ölçümlerinden 1 hafta sonra, ilk hafta

plyometrik egzersiz öncesi (kt0: plyometrik egzersizden önce kan testi, istirahat), ilk egzersiz bitimini takip eden 24 (kt24: plyometrik egzersizden 24 saat sonra kan testi), 48 (kt48: plyometrik egzersizden 48 saat sonra kan testi), 72 (kt72: plyometrik egzersizden 72 saat sonra kan testi) saatte bir ve sekiz haftalık plyometrik egzersiz programı sonrasında (kt1: sekiz haftalık plyometrik egzersizlerden sonra kan testi) kan örneği alınmıştır. Bütün araştırma grubunun kan örnekleri, bir gece açlıktan sonra çalışma boyunca günün aynı saatinde (Houmard 1990) (egzersiz öncesi 08.00, egzersiz sonrası 24, 48, 72. saatlerde ve sekiz haftalık plyometrik egzersiz programı sonrasında) antecubital ven'den antikoagulanlı vacutainer kan alma tüplerine uzman bir kişi tarafından alınmıştır. Serum örnekleri ışıktan korunarak alınmış ve elde edilen serumlar 2 cc'lik ependorf tüplere konularak gerekli etiketlemeler yapıldıktan sonra çalışma yapıncaya kadar -80 derecede saklanmıştır. Tüm katılımcılara en az 24 saat boyunca alkol, kafein ve herhangi bir ilaç tüketmemesi (Hough, Robertson ve Gleeson, 2015), besin takviyesi almaması ve bunun yanı sıra kt0 ve kt1'den önceki 120 saat içinde egzersiz yapmamaları söylenmiştir (Chatzinikolaou ve diğerleri, 2010). Kurallara uyum sağladıklarına dair geri bildirim alınmıştır.

3.3.3.1 Biyokimyasal parametrelerin değerlendirilmesi

Kan örneklerinden elde edilen serumlarda CK enzim aktiviteleri Mindray marka BS300 model tam otomatik biyokimya cihazında uygun test kitleri kullanılarak fotometrik olarak belirlenmiştir. Hemolizli olduğu belirlenen örnekler çalışmadan dışlanmıştır. Testosteron hormonu düzeylerinin belirlenmesinde ELISA kiti (Bioassay Technology Laboratory, Competitive elisa kits, Chine, sırasıyla kit sayısı; E1036Hu) kullanılmıştır (Ölçüm dalgaboyu: 450 nm), kortizol hormonu düzeylerinin belirlenmesinde ELISA kiti (Bioassay Technology Laboratory, Competitive elisa kits, Chine, sırasıyla kit sayısı; E4401Hu) kullanılmıştır (Ölçüm dalgaboyu: 450 nm).

3.4 Verilerin Analizi

İstatistiksel analizler için tüm verilerin normal dağılım analizi Shapiro Wilk testi ile yapılmıştır. Verilerin homojenliği Levene testi ile kontrol edilmiştir. Homojenlik ve normal dağılım sağlayan denge performansı verilerinin 8 haftalık egzersiz öncesi, sonrası ve antrenmansızlık periyodu değerlerinin karşılaştırılması için tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Grup × Ölçüm (3 grup ×

4 ölçüm) etkisinde fark saptandığından dolayı ikişerli grup ve ölçümler (2 grup × 2 ölçüm) şeklinde çift yönlü varyans analizi kullanılarak farkın hangi grup ve hangi ölçümler arasında olduğu belirlenmiştir. Grup içi karşılaştırmalarda tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi testi kullanılmıştır. Farkın hangi ölçümlerden kaynaklandığını saptamak için Bonferroni düzeltmesi kullanılmıştır. Homojenlik ve normal dağılım sağlayan testosteron hormonu verilerinin 8 haftalık egzersiz öncesi ve sonrası değerlerinin gruplar arası karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi kullanılmıştır. Farkın hangi gruplardan kaynaklandığını saptamak için Tukey post-hoc testi kullanılmıştır. Grup içi karşılaştırmalarda ise bağımlı örneklem t-testi kullanılmıştır. Sıçrama yüksekliği verileri homojen dağılmadığı için grup içi ve gruplar arası karşılaştırmalarda parametrik olmayan testler kullanılmıştır. Gruplar arası karşılaştırmada Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır. Hangi gruplar arasında ve hangi ölçümler arasında fark olduğunu saptamak için ikişerli gruplar halinde ölçümlerin farkları Mann Whitney-U testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Grup içi karşılaştırmalarda ise Friedman testi kullanılmıştır. Ölçümler arasındaki farkı saptamak için Wilcoxon işaretli sıralar testi kullanılmıştır. Kortizol verilerinin gruplar arası ön test ile son test farklarının karşılaştırılması için ise Kruskal Wallis testi kullanılmıştır. Grup içi karşılaştırmalarda ise Wilcoxon işaretli sıralar testi kullanılmıştır. CK verileri normal dağılım göstermediği için verilerin karşılaştırılmasında parametrik olmayan testler kullanılmıştır. Gruplar arası verilerin farklarının karşılaştırılması için Kruskal Wallis testi kullanılmıştır. Gruplar arası farkın nereden kaynaklandığını saptamak için Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Grup içi karşılaştırmalarda Friedman testi kullanılmıştır. Farkın hangi ölçümlerden kaynaklandığını saptamak için Wilcoxon işaretli sıralar testi kullanılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir. Veriler IBM SPSS 25 paket programıyla değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

Çizelge 4.1 : Katılımcıların antropometrik durumlarının tanımlayıcı istatistikleri.

Grup	n	Yaş (yıl)	Boy (cm)	VA (kg)	VYY (%)	VKİ (kg/m ²)
MZG	15	19,00 ± 1,31	173,62 ± 7,23	66,70 ± 10,59	15,80 ± 4,48	22,03 ± 2,37
TG	15	19,27 ± 1,16	176,69 ± 4,45	72,62 ± 9,66	15,31 ± 3,48	23,27 ± 3,19
KG	12	19,17 ± 1,03	172,31 ± 5,14	73,81 ± 13,08	18,48 ± 5,79	24,86 ± 4,21

*VA: Vücut ağırlığı, VYY: Vücut yağ yüzdesi, VKİ: Vücut kitle indeksi

*MZG: Mat zemin grubu, TG: Trampolin grubu, KG: Kontrol grubu

Çizelge 4.2 : Grupların performans verileri.

Parametre	Ölçüm	MZG	Δ%	TG	Δ%	KG	Δ%
Sağ Denge Skor	Ön Test	85,96 ± 4,40		85,91 ± 3,87		80,03 ± 4,49	
	Son Test	94,19 ± 2,50	9,57	97,51 ± 5,07	13,50	76,39 ± 4,98	-4,55
	t2	93,10 ± 2,35	8,31	97,30 ± 4,96	13,26	75,89 ± 5,11	-5,17
	t3	89,96 ± 2,78	4,65	96,97 ± 4,86	12,87	75,39 ± 5,08	-5,80
Sol Denge Skor	Ön Test	86,07 ± 4,61		84,43 ± 5,04		79,72 ± 4,74	
	Son Test	94,22 ± 2,49	9,47	96,84 ± 4,83	14,70	77,99 ± 4,86	-2,17
	t2	93,58 ± 2,65	8,73	96,53 ± 4,81	14,33	77,70 ± 4,95	-2,53
	t3	89,11 ± 3,52	3,53	96,21 ± 4,74	13,95	77,39 ± 5,00	-2,92
Sıçrama Yüksekliği (cm)	Ön Test	35,79 ± 5,94		33,42 ± 3,50		32,11 ± 4,26	
	Son Test	39,32 ± 7,52	9,86	37,87 ± 3,55	13,32	29,78 ± 4,22	-7,26
	t2	37,14 ± 6,00	3,77	37,69 ± 3,47	12,78	29,63 ± 4,17	-7,72
	t3	36,24 ± 6,01	1,26	37,52 ± 3,36	12,27	29,44 ± 4,21	-8,32

*MZG: Mat zemin grubu, TG: Trampolin grubu, KG: Kontrol grubu

Δ%: Ön teste göre yüzde değişim

t2: 1 haftalık antrenmansızlık sonrası ölçüm

t3: 2 hafta antrenmansızlık sonrası ölçüm

Çizelge 4.3 : Sıçrama yüksekliği verilerinin medyan değerleri.

Ölçüm	MZG	TG	KG
Ön Test	35,79	33,42	31,46
Son Test	39,32	37,87	28,61
t2	37,14	37,69	28,49
t3	36,24	37,52	28,25

*MZG: Mat zemin grubu, TG: Trampolin grubu, KG: Kontrol grubu

Çizelge 4.4 : Grupların sağ denge değerlerinin ölçüm x grup etkisinde iki yönlü ANOVA sonuçları.

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p
Deneklerarası	2633,628	39	67,529		
Ölçüm	1293,518	6	215,586	113,807	0,000
Hata	221,634	117	1,894		
Toplam	4148,78	162			

Sağ denge için grup içi karşılaştırmalarda tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi testi kullanılmıştır. Yapılan bu test sonucunda MZG ($F(1,33; 18,61)= 74,93$, $p<0,05$), TG ($F(1,02; 14,33)= 218,54$, $p<0,05$) ve KG ($F(1,15; 12,65)= 127,13$, $p<0,05$) için grup içi ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır. Her bir grup için farkın hangi ölçümlerden kaynaklandığını saptamak için Bonferroni düzeltmesi kullanılmıştır. Yapılan bu analiz sonucunda her grup için bütün ölçümler arasında anlamlı fark saptanmıştır ($p<0,05$). Mauchly' nin küresellik testi sonuçlarına göre ölçüm etkisi için küresellik varsayımı sağlanmadığından dolayı serbestlik derecesi Greenhouse- Geisser küresellik tahmini kullanılarak düzeltilmiştir. Gruplar arası karşılaştırmada ise tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi testi kullanılmıştır (Çizelge 4.4). Yapılan bu analiz sonucunda Grup x Ölçüm (3 grup x 4 ölçüm) etkisinde fark saptanmıştır ($F(6; 117)= 113,81$, $p<0,05$). İkişerli grup ve ölçümler (2 grup x 2 ölçüm) şeklinde çift yönlü varyans analizi kullanılarak farkın hangi grup ve hangi ölçümler arasında olduğu belirlenmiştir. Ön test ile son test karşılaştırıldığında, MZG ile KG ($F(1; 25)= 126,74$, $p<0,05$), TG ile KG ($F(1; 25)= 275,94$, $p<0,05$), MZG ile TG arasında ($F(1; 28)= 7,99$, $p<0,05$) anlamlı fark

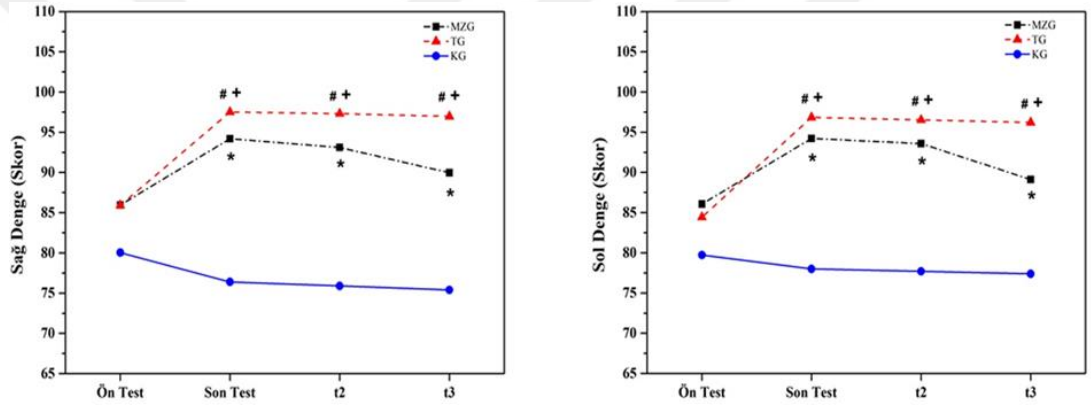
saptanmıştır. Ön test ile T2 karşılaştırıldığında, MZG ile KG ($F(1; 25)= 147,48$, $p<0,05$), TG ile KG ($F(1; 25)= 281,11$, $p<0,05$), MZG ile TG arasında ($F(1; 28)= 15,18$, $p<0,05$) anlamlı fark saptanmıştır. Ön test ile T3 karşılaştırıldığında, MZG ile KG ($F(1; 25)= 131,72$, $p<0,05$), TG ile KG ($F(1; 25)= 299,75$, $p<0,05$), MZG ile TG arasında ($F(1; 28)= 54,10$, $p<0,05$) anlamlı fark saptanmıştır. Son test ile T2 karşılaştırıldığında, TG ile KG ($F(1; 25)= 8,16$, $p<0,05$), MZG ile TG arasında ($F(1; 28)= 11,88$, $p<0,05$) anlamlı fark saptanmıştır. Son test ile T3 karşılaştırıldığında, MZG ile KG ($F(1; 25)= 34,23$, $p<0,05$), TG ile KG ($F(1; 25)= 10,75$, $p<0,05$), MZG ile TG arasında ($F(1; 28)= 55,88$, $p<0,05$) anlamlı fark saptanmıştır.

Çizelge 4.5 : Grupların sol denge değerlerinin ölçüm x grup etkisinde iki yönlü ANOVA sonuçları.

Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p
Deneklerarası	2836,104	39	72,721		
Ölçüm	1118,813	6	186,469	113,398	0,000
Hata	192,392	117	1,644		
Toplam	4147,309	162			

Sol denge için grup içi karşılaştırmalarda tekrarlı ölçümlerde tek yönlü varyans analizi testi kullanılmıştır. Yapılan bu test sonucunda MZG ($F(1,05; 14,71)= 80,22$, $p<0,05$), TG ($F(1,03; 14,37)= 312,50$, $p<0,05$) ve KG ($F(1,16; 12,74)= 232,41$, $p<0,05$) için grup içi ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır. Her bir grup için farkın hangi ölçümlerden kaynaklandığını saptamak için Bonferroni düzeltmesi kullanılmıştır. Yapılan bu analiz sonucunda her grup için bütün ölçümler arasında anlamlı fark saptanmıştır ($p<0,05$). Mauchly' nin küresellik testi sonuçlarına göre ölçüm etkisi için küresellik varsayımı sağlanmadığından dolayı serbestlik derecesi Greenhouse- Geisser küresellik tahmini kullanılarak düzeltilmiştir. Gruplar arası karşılaştırmada ise tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi testi kullanılmıştır (Çizelge 4.5). Yapılan bu analiz sonucunda Grup x Ölçüm (3 grup x 4 ölçüm) etkisinde fark saptanmıştır ($F(6; 117)= 113,40$, $p<0,05$). İkişerli grup ve ölçümler (2 grup x 2 ölçüm) şeklinde çift yönlü varyans analizi kullanılarak farkın hangi grup ve hangi ölçümler arasında olduğu belirlenmiştir. Ön test ile son test karşılaştırıldığında, MZG ile KG ($F(1; 25)= 95,50$, $p<0,05$), TG ile KG ($F(1; 25)=$

344,25, $p<0,05$), MZG ile TG arasında ($F(1; 28)= 14,42$, $p<0,05$) anlamlı fark saptanmıştır. Ön test ile T2 karşılaştırıldığında, MZG ile KG ($F(1; 25)= 92,20$, $p<0,05$), TG ile KG ($F(1; 25)= 328,24$, $p<0,05$), MZG ile TG arasında ($F(1; 28)= 16,88$, $p<0,05$) anlamlı fark saptanmıştır. Ön test ile T3 karşılaştırıldığında, MZG ile KG ($F(1; 25)= 103,96$, $p<0,05$), TG ile KG ($F(1; 25)= 331,78$, $p<0,05$), MZG ile TG arasında ($F(1; 28)= 114,33$, $p<0,05$) anlamlı fark saptanmıştır. Son test ile T2 karşılaştırıldığında, MZG ile KG ($F(1; 25)= 20,41$, $p<0,05$), MZG ile TG arasında ($F(1; 28)= 14,94$, $p<0,05$) anlamlı fark saptanmıştır. Son test ile T3 karşılaştırıldığında, MZG ile KG ($F(1; 25)= 67,98$, $p<0,05$), MZG ile TG arasında ($F(1; 28)= 84,17$, $p<0,05$) anlamlı fark saptanmıştır.



Şekil 4.1: Grupların sağ ve sol denge değerlerinin değişimi.

- *MZG: Mat zemin grubu, TG: Trampolin grubu, KG: Kontrol grubu
- *ön test değerlerine göre MZG ile KG arasında anlamlı fark vardır.
- # ön test değerlerine göre TG ile KG arasında anlamlı fark vardır.
- + ön test değerlerine göre MZG ile TG arasında anlamlı fark vardır.

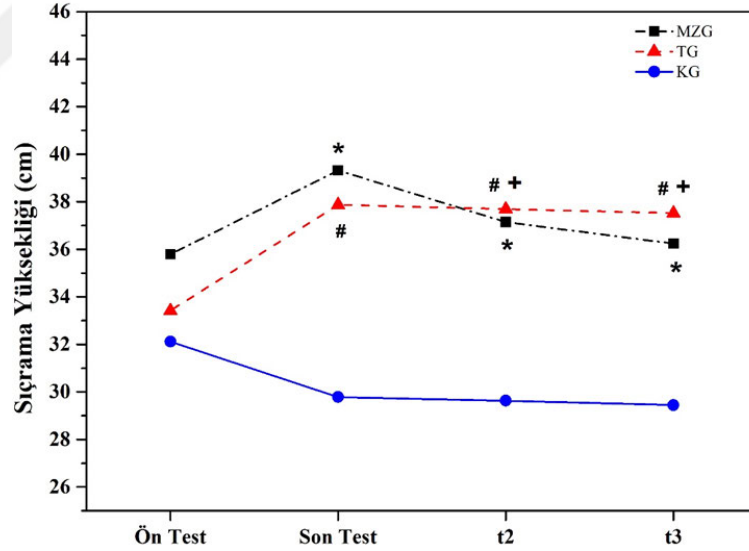
Çizelge 4.6 : Grupların sıçrama yüksekliği değerlerinin Kruskal Wallis Testi Sonucu.

Ölçüm	Grup	n	Sıra Ortalaması	sd	χ^2	p	Anlamlı Fark
Ön test-Son test	MZG	15	24,07				
	TG	15	30,93	2	27,47	0,000	MZG-KG TG-KG
	KG	12	6,50				
Ön test-t2	MZG	15	21,07				
	TG	15	33,93	2	33,37	0,000	MZG-KG TG-KG MZG-TG
	KG	12	6,50				
Ön test-t3	MZG	15	20,07				
	TG	15	34,87	2	35,76	0,000	MZG-KG TG-KG MZG-TG
	KG	12	6,58				
Son test-t2	MZG	15	9,73				
	TG	15	26,63	2	22,06	0,000	MZG-KG MZG-TG
	KG	12	29,79				
Son test-t3	MZG	15	8,33				
	TG	15	29,33	2	26,94	0,000	MZG-KG MZG-TG
	KG	12	28,17				

*MZG: Mat zemin grubu, TG: Trampolin grubu, KG: Kontrol grubu

Sıçrama yüksekliği verileri homojen dağılmadığı için grup içi ve gruplar arası karşılaştırmalarda parametrik olmayan testler kullanılmıştır. Grup içi karşılaştırmalarda Friedman testi kullanılmıştır. Yapılan bu test sonucunda yer grubunun ölçümleri arasında ($\chi^2(3)= 43,50$, $p<0,05$), TG ölçümleri arasında ($\chi^2(3)=41,87$, $p<0,05$) ve KG ölçümleri arasında ($\chi^2(3)= 34,62$, $p<0,05$) anlamlı fark bulunmuştur. Farkın hangi ölçümlerden kaynaklandığını saptamak için Wilcoxon işaretli sıralar testi kullanılmıştır. Bonferroni düzeltmesi uygulanarak grup içi ölçümlerin ikişerli karşılaştırılmasında anlamlılık düzeyi $p<0,01$ olarak belirlenmiştir. Yapılan bu test sonucunda her grup için bütün ön test ile son test, t2, t3 ölçümleri arasında ve son test ile t2, t3 ölçümleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark

saptanmıştır ($p<0,01$) Gruplar arası karşılaştırmada ise Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır (Çizelge 4.6). Yapılan analiz sonucunda ön test-son test karşılaştırılması hariç bütün ölçümlerde istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır ($p<0,05$). Hangi gruplar arasında ve hangi ölçümler arasında fark olduğunu saptamak için ikişerli gruplar halinde ölçümlerin farkları Mann Whitney-U testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bonferroni düzeltmesi uygulanarak grupların ikişerli karşılaştırılmasında anlamlılık düzeyi $p<0,01$ olarak belirlenmiştir. Ön test ile son test karşılaştırıldığında, MZG ile KG ve TG ile KG arasında anlamlı fark saptanmıştır ($p<0,01$). Ön test ile t2 karşılaştırıldığında, MZG ile KG, TG ile KG ve MZG ile TG arasında anlamlı fark saptanmıştır ($p<0,01$). Ön test ile t3 karşılaştırıldığında, MZG ile KG, TG ile KG ve MZG ile TG arasında anlamlı fark saptanmıştır ($p<0,01$). Son test ile t2 karşılaştırıldığında, MZG ile KG ve MZG ile TG arasında anlamlı fark saptanmıştır ($p<0,01$). Son test ile t3 karşılaştırıldığında, MZG ile KG ve MZG ile TG arasında anlamlı fark saptanmıştır ($p<0,01$).



Şekil 4.2: Grupların sıçrama yüksekliği değerlerinin değişimi.

*MZG: Mat zemin grubu, TG: Trampolin grubu, KG: Kontrol grubu

*ön test değerlerine göre MZG ile KG arasında anlamlı fark vardır.

ön test değerlerine göre TG ile KG arasında anlamlı fark vardır.

+ ön test değerlerine göre MZG ile TG arasında anlamlı fark vardır.

Çizelge 4.7 : Grupların CK değerleri (U/L).

Ölçüm	MZG	Δ%	TG	Δ%	KG	Δ%
Ön test	87,87 ± 35,16		120,33 ± 72,19		108,42 ± 26,37	
24 sa	462,93 ± 587,76	426,84	504,27 ± 455,48	319,07	125,00 ± 23,49	15,29
48 sa	282,60 ± 361,55	221,61	439,00 ± 608,28	264,83	118,33 ± 17,16	9,14
72 sa	195,53 ± 63,95	122,52	377,20 ± 377,3	213,47	113,50 ± 13,34	4,69

*sa: Saat, MZG: Mat zemin grubu, TG: Trampolin grubu, KG: Kontrol grubu
Δ%: Ön teste göre yüzde değişim

Çizelge 4.8 : Grupların CK verilerinin medyan değerleri.

Ölçüm	MZG	TG	KG
Ön test	69,00	88,00	106,00
24 sa	218,00	311,00	121,00
48 sa	136,00	237,00	113,50
72 sa	188,00	243,00	114,50

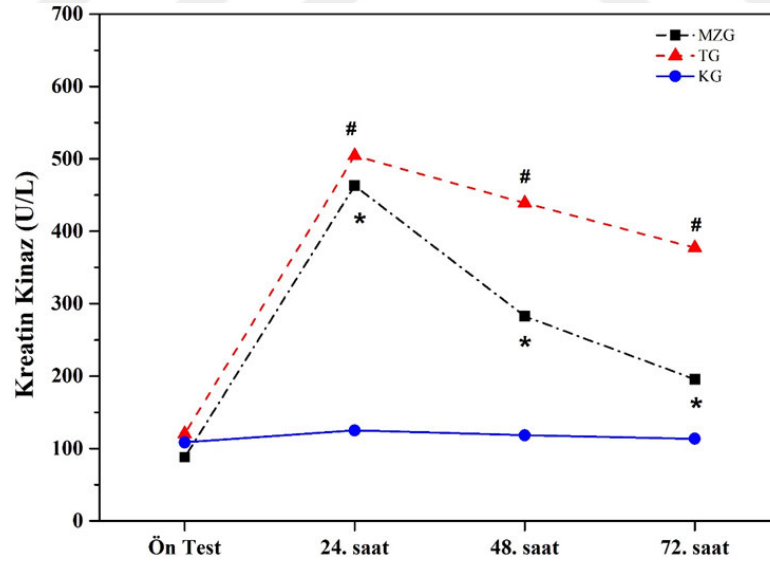
*sa: Saat, MZG: Mat zemin grubu, TG: Trampolin grubu, KG: Kontrol grubu

Çizelge 4.9 : Grupların CK değerlerinin Kruskal Wallis Testi Sonucu.

Ölçüm	Grup	n	Sıra Ortalaması	sd	χ ²	p	Anlamlı Fark
0-24 sa	MZG	15	26,47				
	TG	15	27,27	2	20,13	0,000	MZG-KG TG-KG
	KG	12	8,08				
0-48 sa	MZG	15	23,37				
	TG	15	27,77	2	12,51	0,002	MZG-KG TG-KG
	KG	12	11,33				
0-72 sa	MZG	15	23,73				
	TG	15	30,67	2	25,07	0,000	MZG-KG TG-KG
	KG	12	7,25				

*sa: Saat, MZG: Mat zemin grubu, TG: Trampolin grubu, KG: Kontrol grubu

CK normal dağılım göstermediği için verilerin karşılaştırılmasında parametrik olmayan testler kullanılmıştır. Grup içi karşılaştırmalarda Friedman testi kullanılmıştır. Yapılan bu test sonucunda MZG ölçümleri arasında ($\chi^2(3)= 27,56$, $p<0,05$) ve TG ölçümleri arasında ($\chi^2(3)= 27,08$, $p<0,05$) anlamlı fark bulunmuştur. Farkın hangi ölçümlerden kaynaklandığını saptamak için Wilcoxon işaretli sıralar testi kullanılmıştır. Bonferroni düzeltmesi uygulanarak grup içi ölçümlerin ikişerli karşılaştırılmasında anlamlılık düzeyi $p<0,0167$ olarak belirlenmiştir. Yapılan bu test sonucunda her iki deney grubunda ön test ile 24., 48., 72. saatler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,0167$). Gruplar arası karşılaştırmada verilerin farklarının karşılaştırılması için ise Kruskal Wallis testi kullanılmıştır (Çizelge 4.9). Yapılan bu test sonucunda gruplar arası fark saptanmıştır ($p<0,05$). Farkın hangi gruplar arasında olduğunu saptamak için Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Bonferroni düzeltmesi uygulanarak grupların ikişerli karşılaştırılmasında anlamlılık düzeyi $p<0,0167$ olarak belirlenmiştir. Bu test sonucuna göre MZG ve KG ile TG ve KG arasında ön test ile 24, 48 ve 72. saatlerde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,0167$). MZG ile TG arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır ($p>0,0167$).



Şekil 4.3: Grupların kreatin kinaz değerlerinin değişimi.

*MZG: Mat zemin grubu, TG: Trampolin grubu, KG: Kontrol grubu
 *ön test değerlerine göre MZG ile KG arasında anlamlı fark vardır.
 # ön test değerlerine göre TG ile KG arasında anlamlı fark vardır.

Çizelge 4.10 : Grupların testosteron (nmol/L) ve kortizol (ng/ml) değerleri.

Değişken	Grup	Ön Test	Son Test	Δ%
Testosteron	MZG	5,29 ± 0,94	5,06 ± 1,09	-4,32
	TG	4,92 ± 0,77	3,44 ± 1,4	-30,04
	KG	4,70 ± 0,95	3,19 ± 1,52	-32,16
Kortizol	MZG	6,11 ± 0,58	5,42 ± 1,04	-11,29
	TG	4,97 ± 1,36	4,95 ± 1,16	-0,34
	KG	4,69 ± 0,88	4,73 ± 1,61	0,87

*MZG: Mat zemin grubu, TG: Trampolin grubu, KG: Kontrol grubu
Δ%: Ön teste göre yüzde değişim

Çizelge 4.11 : Kortizol verilerinin medyan değerleri.

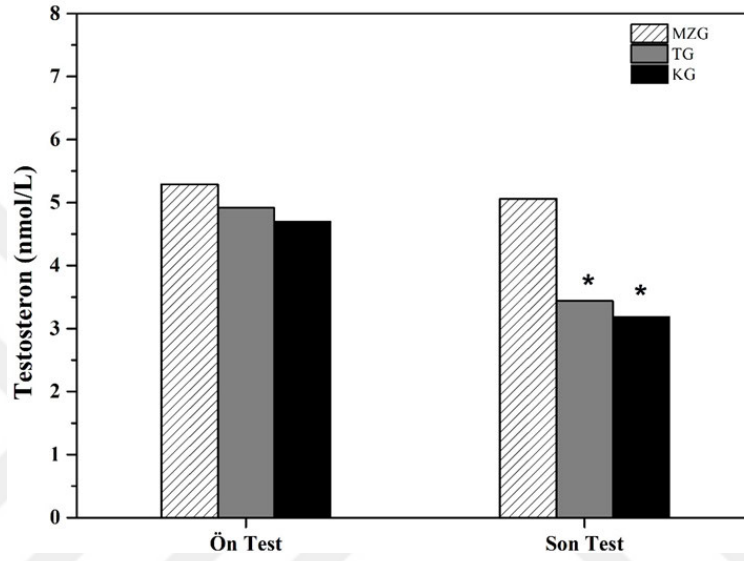
Ölçüm	MZG	TG	KG
Ön Test	6,22	5,48	4,68
Son Test	5,48	5,14	5,42

Çizelge 4.12 : Grupların testosteron değerlerinin tek yönlü ANOVA Sonucu

Ölçüm	Varyansın Kaynağı	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p	Anlamlı Fark
Ön Test	Gruplararası	2,433	2	1,216	1,547	0,226	
	Gruplarıçi	30,659	39	0,786			
	Toplam	33,092	41				
Son Test	Gruplararası	29,369	2	14,685	8,205	0,001	MZG-KG MZG-TG
	Gruplarıçi	69,796	39	1,790			
	Toplam	99,165	41				

Testosteron için grup içi karşılaştırmalarda bağımlı örneklem t-testi kullanılmıştır. Yapılan bu test sonucuna göre TG ($t(14) = 5,83, p < 0,05$) ve KG ($t(11) = 6,55, p < 0,05$) için ön test ile son test arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu

saptanmıştır. Gruplar arası karşılaştırmada ise tek yönlü ANOVA testi kullanılmıştır (Çizelge 4.12). Yapılan bu analiz sonuçlarına göre grupların ön test verileri arasında anlamlı fark bulunmamışken ($F(2,39)= 1,55, p>0,05$), son test verileri arasında anlamlı fark saptanmıştır ($F(2,39)= 8,21, p<0,05$). Farkın hangi gruplardan kaynaklandığını saptamak için Tukey post-hoc testi kullanılmıştır. Yapılan bu analize göre son test verileri karşılaştırıldığında MZG ile TG ve MZG ile KG arasında fark saptanmışken ($p<0,05$), TG ile KG arasında fark bulunmamıştır ($p>0,05$).



Şekil 4.4: Grupların testosteron hormonu değerlerinin değişimi.

*MZG: Mat zemin grubu, TG: Trampolin grubu, KG: Kontrol grubu

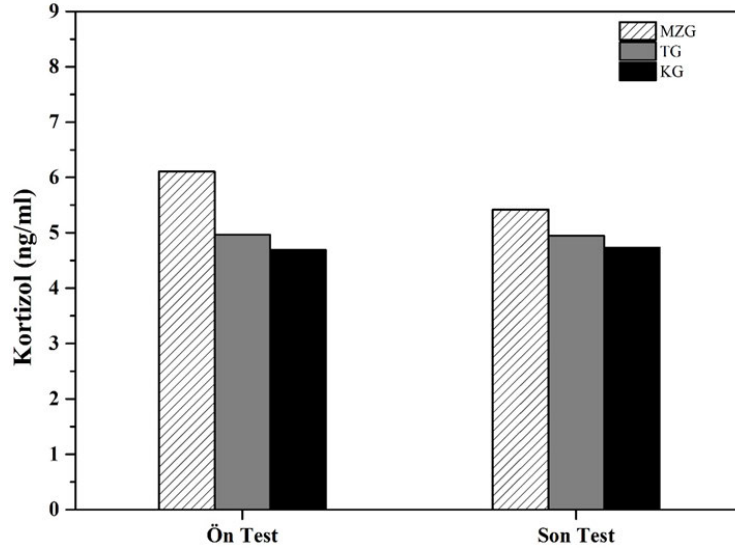
*MZG'ye göre anlamlı fark vardır.

Çizelge 4.13 : Grupların kortizol değerlerinin Kruskal Wallis Testi Sonucu.

Grup	n	Sıra Ortalaması	sd	χ^2	p
MZG	15	17,53	2	2,44	0,295
TG	15	23,67			
KG	12	23,75			

*MZG: Mat zemin grubu, TG: Trampolin grubu, KG: Kontrol grubu

Kortizol için grup içi karşılaştırmalarda Wilcoxon işaretli sıralar testi kullanılmıştır. Yapılan bu test sonucuna göre sadece yer grubunda ön test ile son test arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olduğu saptanmıştır ($z= -2,50, p<0,05$). Gruplar arası karşılaştırmada ön test ile son test farklarının karşılaştırılması için ise Kruskal Wallis testi kullanılmıştır (Çizelge 4.13). Yapılan bu test sonucunda gruplar arası fark bulunmamıştır ($H(2)= 2,44, p>0,05$).



Şekil 4.5: Grupların kortizol hormonu değerlerinin değişimi.

*MZG: Mat zemin grubu, TG: Trampolin grubu, KG: Kontrol grubu

5. TARTIŞMA

Bu araştırmada mini trampolin ve mat zemin üzerinde uygulanan 8 haftalık pliometrik egzersiz programının dikey sıçrama ve dinamik denge performansı, kan örneklerinden elde edilen CK enzim aktivitesi, testosteron ve kortizol hormonu düzeyi üzerine etkileri incelenmiştir. Bununla birlikte egzersiz periyodundan sonra 2 haftalık antrenmansızlığın sportif performans üzerine etkileri incelenmiştir. Bu bölüm, pliometrik egzersizlerin performans, kas hasarı, hormonal cevaplar ve antrenmansızlık üzerine etkileri olmak üzere 4 bölümde tartışılacaktır.

5.1 Trampolin ve Mat Zemin Üzerinde Uygulanan Pliometrik Egzersizlerin Sportif Performans Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi

5.1.1 Dikey sıçrama performansı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi

Literatürde yapılan araştırmalar incelendiğinde, Makaruk ve diğeri (2020), mevcut literatürde yaş ortalamaları 18'den büyük sağlıklı yetişkinler üzerinde pliometrik egzersize dayalı antrenman programlarını incelemişlerdir. Geleneksel, destekli ve dirençle yapılan 3 farklı pliometrik antrenmanların dikey sıçrama performansını arttırdığını, bunun yanı sıra bu üç farklı pliometrik egzersizlerin eşit derecede pozitif etkisinin olduğunu tespit etmişlerdir. Jlid ve diğeri (2020), 18-20 yaş aralığında bulunan sağlıklı 27 erkek futbolcu üzerinde haftada 2 gün toplamda 6 hafta gerçekleştirdikleri çok yönlü pliometrik egzersiz programı neticesinde, pliometrik egzersiz programının sporcuların dikey sıçrama performanslarını arttırdığını belirlemişlerdir. Ramirez-Campillo ve diğeri (2020), sağlıklı kadın ve erkek voleybol oyuncularını üzerinde pliometrik egzersize dayalı antrenman programlarını incelemişlerdir. Sonuç olarak kadın ve erkek voleybolculara uygulanan düzenli pliometrik egzersizlerin dikey sıçrama performansını arttırdığını saptamışlardır. Kibele ve diğeri (2020), fiziksel olarak aktif 50 spor bilimlileri öğrencisine, stabil ve stabil olmayan zeminlerde 7 hafta, haftada 2 seans ve her seans 40 dk olacak şekilde pliometrik egzersiz uygulatmışlardır. Araştırma sonucunda stabil olmayan zeminde egzersiz yapan katılımcıların ön ve son test dikey sıçrama

değerlerinin istatistiksel olarak önemli gelişme gösterdiğini bildirmişlerdir. Correia ve diğerleri (2020), kadın ve erkek toplam 39 sağlıklı genç basketbol sporcuları üzerinde yaptıkları araştırmada, pliometrik egzersiz programının dikey sıçrama performansını hem kadın hem de erkek basketbolcularda geliştirdiğini tespit etmişlerdir. Houcine, Djamel ve Ahmed (2020), Cezayir Mostaganem Üniversitesi beden eğitimi ve spor okulunda okuyan yaşları 20-22 aralığında toplam 40 katılımcıya haftada 2 gün ve 6 hafta boyunca pliometrik egzersiz uygulatmışlardır. Gerçekleştirilen pliometrik egzersizlerin öğrencilerin dikey sıçrama performanslarını önemli derecede geliştirdiğini belirlemişlerdir. Hammami ve diğerleri (2020), 31 sağlıklı genç hentbol oyuncusuna, haftada 2 gün ve 7 hafta süresince farklı zeminlerde pliometrik egzersiz programı uygulatmışlardır. Araştırmada katılımcıları, standart hentbol antrenmanı, mevcut antrenmanla birlikte kum zeminde pliometrik egzersiz ve mevcut antrenmanla birlikte sabit zeminde pliometrik egzersiz olmak üzere toplam 3 gruba ayırmışlardır. Araştırmacılar mevcut antrenman programına eklenen iki farklı zeminde dikey sıçrama performansını önemli ölçüde geliştirdiğini tespit etmişlerdir. Van Roie ve diğerleri (2020), 40 erkek katılımcı ile gerçekleştirdikleri haftada 3 seans ve toplam 12 haftalık pliometrik egzersiz programı sonucunda, katılımcıların dikey sıçrama performans değerlerinin önemli derecede geliştiğini saptamışlardır. Ozen, Atar ve Koc (2020), 12 antrenmanlı genç basketbol oyuncusuna kum ve ahşap parke zeminde 6 hafta ve haftada 3 gün süreyle pliometrik egzersiz programı uygulatmışlardır. Araştırmanın sonucunda her iki zemin dikey sıçrama performans değerlerinde anlamlı artış olduğunu bildirmişlerdir. Jlid ve diğerleri (2019), sağlıklı 28 genç erkek futbolcu üzerinde haftada 2 gün toplamda 8 hafta gerçekleştirdikleri çok yönlü pliometrik egzersiz programı sonucunda, çok yönlü pliometrik egzersizlerin genç erkek futbolcuların dikey sıçrama performanslarını arttırdığını ortaya koymuşlardır. Saki, Madhosh ve Sedaghati (2019), valgusa sahip olan 26 atletik kadın üniversite öğrencisine haftada 3 seans ve 8 hafta süresince pliometrik egzersiz uygulatmışlardır. Araştırma sonuçlarında dikey sıçrama performans verilerinde anlamlı artış olduğunu tespit etmişlerdir. Zubac ve diğerleri (2019), 23 sağlıklı yaşlı katılımcı ile 8 haftalık bir pliometrik egzersiz programı gerçekleştirmişlerdir. Araştırma sonucunda katılımcıların dikey sıçrama performans değerlerinin anlamlı düzeyde artış gösterdiğini saptamışlardır. Wertheimer, Antekolovic ve Matkovic (2018), fiziksel olarak aktif 20 sağlıklı erkek katılımcı ile gym ve su zemin olmak üzere iki farklı zeminde 8 hafta ve 16 seans, her bir seans 150-200 ayak temas sayısı ile kombine

pliometrik egzersizler uygulatmışlardır. Araştırmada iki farklı zeminde uygulanan egzersizler sonucunda dikey sıçrama performansında her iki zemin için benzer ve anlamlı artışlar olduğunu bildirmişlerdir. Atiković, Mujanović, Mehinović, Mujanović ve Bilalić (2018), 52 erkek çocuk ile 15 hafta ve haftada 1 gün süre ile mini trampolin üzerinde pliometrik egzersiz yaptırmışlar ve sonuç olarak dikey sıçrama performansının arttığını saptamışlardır. Sporri ve diğerleri (2018), aktif olarak takım sporu ile ilgilenen 21 erkeği, kara ve suda 8 hafta boyunca pliometrik egzersiz yaptırmak üzere iki gruba ayırmışlardır. Öncesi ve sonrası dikey sıçrama performanslarını incelediklerinde, suda gerçekleştirilen pliometrik egzersizlerin dikey sıçrama performansını önemli derecede arttırdığını ve yaralanma riskini en aza indirebileceğini belirlemişlerdir. Tahsin ve Dağlıoğlu (2018), araştırmalarını 17-22 yaş aralığında düzenli futbol antrenmanı yapan 24 erkek futbolcu üzerinde yapmışlardır. Futbolcuların düzenli egzersiz programlarına ek haftada 3 gün ve 8 hafta boyunca pliometrik egzersizler uygulatmışlardır. Sonuç olarak düzenli ve programlı yaptırdıkları pliometrik antrenmanın dikey sıçrama performansını anlamlı düzeyde arttırdığını saptamışlardır. Hamilton (2017), 19 mini trampolin sporcusu üzerinde yapmış olduğu altı haftalık pliometrik egzersizler sonrasında, antrenman grubunun sıçrama performanslarında önemli derecede artış gösterdiğini tespit etmiştir. Zubac ve Simunic (2017), kız ve erkek 20 sağlıklı genç katılımcıya haftada üç gün 8 hafta süreyle pliometrik egzersiz programı uygulatmışlar, araştırma sonucunda egzersiz grubu dikey sıçrama performans düzeylerinin %12,2 oranda anlamlı artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Arabatzi (2016), kız ve erkek 22 okul çocuğu ile 4 hafta ve haftada 3 gün mini trampolin ile uygulattığı pliometrik egzersizler sonrası, dikey sıçrama performansında önemli derecede artış gözlemlemiştir. Çimenli, Koç, Çimenli ve Kaçoğlu (2016), 18-26 yaş aralığında 36 erkek voleybolcu üzerinde 8 hafta ve haftada 3 gün süre ile ahşap ve sentetik yüzeylerde yaptırdıkları pliometrik egzersizler neticesinde, dikey ve yatay sıçrama performanslarında yüzeyler arası istatistiksel bir fark bulamamışlardır. Atkinson (2015), basketbol oynayan kadın ve erkek toplam 13 üniversite öğrencisi üzerinde, kum ve sert zeminde 5 hafta süreyle pliometrik egzersiz uygulatmıştır. Sonuç olarak iki farklı zeminde yapılan pliometrik egzersizlerin dikey sıçrama performansını arttırdığını saptamıştır. Bunun yanı sıra kum zemin pliometrik egzersiz grubu performans sonuçlarının daha iyi olduğunu tespit etmiştir. Jurado-Lavanant ve diğerleri (2015), 65 sağlıklı erkek öğrenciye haftada iki gün toplam 10 hafta boyunca karada ve su zeminde pliometrik egzersiz programı uygulatmışlardır.

Sonuç olarak her iki grubun sıçrama performans değerlerinde bir artış gözlemlenirken, bu artışın kara zeminde anlamlı bir artış olduğunu tespit etmişlerdir. Granacher ve diğerleri (2015), 24 genç elit olmayan futbol oyuncularına, stabil ve yüksek oranda stabil olmayan yüzeylerde 8 hafta boyunca, her bir antrenman seansı 90 dk ve haftada 2 gün pliometrik egzersiz programı uygulatmışlardır. Araştırmada sonuç olarak her iki yüzeyde uygulattıkları pliometrik egzersizlerin dikey sıçrama performansını arttırdığını, fakat bu iki zemin karşılaştırıldığında, stabil yüzeyde uygulatılan pliometrik egzersizlerin dikey sıçrama performansında daha etkili bir yöntem olabileceğini bildirmişlerdir. Singh, Sakshi ve Singh (2014), 40 hokey oyuncusuna çim ve kum zeminde haftada 3 gün toplam 4 hafta boyunca pliometrik egzersiz uygulatmışlardır. Araştırmacılar çim ve kum zeminde gerçekleştirilen pliometrik egzersizler sonrası ön ve son test dikey sıçrama performans değerlerinde benzer iyileşmeler gerçekleştirdiğini tespit etmişlerdir. Kibele ve diğerleri (2014), fiziksel olarak aktif 33 erkek spor bilimleri fakültesi öğrencisi üzerinde sabit ve sabit olmayan zeminlerde gerçekleştirdikleri pliometrik egzersizler sonucunda, her iki zemin için de ön ve son test dikey sıçrama performans değerlerinde önemli bir gelişme belirlemişlerdir. Mirzaei ve diğerleri (2014), 30 sağlıklı erkek katılımcıya kum zemin üzerinde 6 hafta boyunca haftada iki gün uygulattıkları pliometrik egzersiz programı neticesinde, katılımcıların dikey sıçrama performans verilerinin anlamlı düzeyde geliştiğini bildirmişlerdir. Arazi (2012), 16 yarı profesyonel basketbol oyuncusu üzerinde 6 hafta boyunca haftada 2 gün gerçekleştirdikleri pliometrik egzersizler neticesinde, dikey sıçrama performansında önemli gelişim meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Choi (2011), 14 kolej öğrencisi üzerinde gerçekleştirdiği pliometrik egzersiz programı neticesinde öğrencilerin dikey sıçrama performans değerlerinde anlamlı artış belirlemiştir. Johnson, Salzberg ve Stevenson (2011), 2008-2010 yılları arasında küçük çocuklarda motor performansı iyileştirmek için pliometrik antrenmanın etkinliğini ve güvenliğini değerlendirmek amacıyla sistematik bir araştırma yapmışlardır. Bu konu ile ilgili 5-14 yaş aralığında çocukların yer aldığı 227 araştırmaya rastlamışlardır. Sonuç olarak, 50-60 sıçrama ile başlayıp aşamalı olarak artan, haftada 2 gün ve 8-10 haftalık pliometrik egzersiz programlarının sıçrama yeteneğini büyük oranda geliştirebileceğini tespit etmişlerdir. Makaruk ve diğerleri (2011), 49 kadın üniversite öğrencisi ile çim zeminde tek bacak ve çift bacak 7 haftalık pliometrik egzersiz programı gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak, her iki antrenman programının da dikey sıçrama performansını önemli ölçüde iyileştirdiğini

belirlemişlerdir. Makaruk ve Sacewicz (2010), beden eğitimi öğrencisi toplam 44 antrenmansız katılımcıya, haftada iki gün ve toplam 6 hafta süreyle pliometrik egzersiz programı uygulatmışlardır. Araştırma sonucunda katılımcıların dikey sıçrama performanslarında anlamlı artış saptamışlardır. Ploeg ve diğerleri (2010), 16 erkek, 23 kadın toplam 39 yetişkin katılımcıyı rastgele, su grubu, kara grubu, yoğunluğu ikiye katlanmış su grubu ve kontrol grubu şeklinde 4 gruba ayırmışlar ve 6 haftalık pliometrik egzersiz programı uygulatmışlardır. Araştırmanın sonucu olarak su ve kara gruplarının dikey sıçrama performans değerleri aynı oranda artarken, pliometrik egzersiz yoğunluğu iki kat arttırılan su grubunun dikey sıçrama performans değerlerinin büyük oranda artış sergilediğini gözlemlemişlerdir. Shaji ve Isha (2009), 18-25 yaş aralığında toplam 45 genç kolej basketbol oyuncusu ile 4 hafta boyunca haftada 2 gün planlanan pliometrik egzersizlerin, dikey sıçrama performans değerlerini iyileştirdiğini belirlemişlerdir. Impellizzeri ve diğerleri (2008), 37 futbol oyuncusunu 2 farklı gruba ayırarak 4 hafta boyunca kum ve çim zemin üzerinde pliometrik egzersiz yaptırmışlardır. Kum zeminde pliometrik antrenmanın sıçrama yeteneğini geliştirdiğini ve daha az kas ağrısına neden olduğunu tespit etmişlerdir. Çim yüzey, countermovement jump performansını artırmada üstün görünürken, kum zemin squat jump performansında daha büyük bir gelişme göstermiştir. Bu nedenle, farklı yüzeyler üzerinde gerçekleştirilen pliometrik antrenman, GKD verimliliği ile ilgili bazı nöromusküler faktörler üzerinde, farklı antrenman kaynaklı etkilerle ilişkilendirilebileceğini ortaya koymuşlardır. Markovic (2007), pliometrik egzersiz programlarının dört farklı dikey sıçrama performansını değerlendiren kontrollü çalışmaların meta analizini gerçekleştirmiştir. Bu literatür taraması sonucunda 26 çalışmayı araştırmaya dahil etmiş ve pliometrik egzersizlerin dikey sıçrama ön ve son test performans değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı iyileşmeler sağladığını bildirmiştir. Luebbers ve diğerleri (2003), kolejde okuyan farklı iki grup ve toplam 38 öğrenci üzerinde 4 ve 8 hafta süre ile uygulattıkları aynı pliometrik egzersizlerin, dikey sıçrama yüksekliği ve anaerobik güç performansları üzerine etkilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak her iki grubun performans sonuçları arasında önemli bir farkın olmadığını ve dikey sıçrama performansını 4 ve 8 haftalık pliometrik egzersizlerin eşit derecede arttırdığını saptamışlardır. Bir diğer araştırmada, Gehri, Ricard, Kleiner ve Kirkendall (1998), 14 erkek, 14 kız toplam 28 kolej öğrencisi üzerinde gerçekleştirdikleri 12 haftalık pliometrik egzersizlerden derinlik sıçraması ve countermovement jump egzersizlerinin hangisinin dikey sıçrama performansını daha

iyi etkilediğini araştırmışlardır. Sonuç olarak iki pliometrik egzersizin de dikey sıçrama performansını artırması ile beraber derinlik sıçramalarının daha iyi bir etki gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Ross ve Hudson (1997), 8 üniversite kadın basketbol oyuncusu üzerinde 5 hafta boyunca haftada 2 gün mini trampolin üzerinde pliometrik egzersiz uygulatmışlardır. Öncesi ve sonrası dikey sıçrama performansları karşılaştırıldığında dikey sıçrama performansının önemli ölçüde yükseldiğini saptamışlardır. Ayrıca mini trampolinlerin sıçrama yapacak kişinin çömelme ihtiyacını azalttığı, dolayısıyla elastik enerji kaybını azalttığı ve sıçrama hareketi sırasında maksimum bacak gücü ile sonuçlanan hareket hızını kolaylaştırdığını savunmuşlardır. Bir başka araştırmada ise, Holcomb, Lander, Rutland ve Wilson (1996), 51 erkek kolej öğrencisi ile haftada 3 gün 8 hafta süre ile yapmış oldukları araştırmada, öğrencilere beş gruba ayırıp, beş farklı pliometrik egzersiz uygulatmışlar ve kontrol grubu ile karşılaştırmışlardır. Beş farklı pliometrik egzersizde de dikey sıçrama performansı artarken, kontrol grubunda bir düşüş gözlemişlerdir. Villarreal ve diğerleri (2009), alt ekstremite için pliometrik egzersiz kullanan, geçerli ve güvenilir ölçümler içeren 56 araştırmanın analizini yapmışlardır. Bu analiz neticesinde, sporda daha fazla deneyime sahip deneklerin dikey sıçrama performanslarında daha büyük artışlar elde ettiklerini, iyi ya da kötü fiziksel duruma sahip deneklerin bu pliometrik çalışmadan eşit ölçüde yararlandıklarını, erkek deneklerin kadınlara oranla daha iyi sonuç alma potansiyellerinin olduğunu, performans değişkenleriyle ilişkili olarak yüksek yoğunluklu programlar kullanan (oturum başına 50 sıçramadan fazla), 10 hafta ve 20 seanstan fazla egzersiz hacimleri, performansta önemli ölçüde iyileştirme elde etme olasılığını en üst düzeye çıkaran stratejiler olduğunu ortaya koymuşlardır. Dikey sıçramayı geliştirmek için sadece bir form kullanmak yerine kombine pliometrik egzersizler önermektedirler. Bununla beraber, ilave ağırlıklar ile yapılan pliometrik egzersizlerin ekstra fayda sağlamadığını göstermişlerdir. Fatouros ve diğerleri (2000), 12 hafta boyunca, dört farklı grup ve toplamda 41 erkek denek üzerinde uyguladıkları, içerisinde kombine pliometrik egzersizlerin yer aldığı araştırmalarında, tüm pliometrik egzersiz gruplarında dikey sıçrama üzerinde pozitif etki sağlanırken, kombine pliometrik egzersizlerin tüm gruplardan daha da fazla performansı arttırdığını ortaya koymuşlardır. Martel, Harmer, Logan ve Parker (2005), iki farklı grup üzerinde toplamda 19 kadın voleybol sporcusu ile 6 hafta boyunca haftada iki gün, ilk gruba aquatic pliometrik egzersizler, diğer gruba ise esneklik egzersizleri yaptırmışlardır. Her iki grubun dikey sıçrama performanslarını karşılaştırdıklarında, aquatic pliometrik

egzersizler ile kombine yapılan voleybol egzersizlerinin dikey sıçrama performansını büyük oranda geliştirdiğini belirlemişlerdir. Stemm ve Jacobson (2007), 21 erkek katılımcı ile haftada iki gün, toplam 6 haftalık pliometrik egzersiz programı gerçekleştirmişlerdir. Kara ve su olmak üzere iki farklı zeminde uygulanan bu egzersizlerin katılımcıların dikey sıçrama performanslarını anlamlı olarak arttırdığını saptamışlardır. İki zeminin performans değerlerini karşılaştırdıklarında ise anlamlı bir farka rastlamamışlardır. Meszler ve Váczi (2019), 17 yaş altı ergen kadın basketbolcuların mevsim içi basketbol antrenmanlarına ek olarak 7 hafta ve haftada 2 gün süre ile uygulattıkları pliometrik egzersizlerin ön ve son test sıçrama yüksekliği değerlerinde önemli ölçüde azalma kaydetmişlerdir. Düzenli basketbol antrenmanlarının ve yüksek hacimli pliometrik antrenmanların bir arada uygulanmasının, seanslar arasında eksik toparlanmanın neden olabileceği yorgunluk nedeniyle olumlu fonksiyonel etkiler göstermemesinin mümkün olabileceğini bildirmişlerdir. Ramírez-Campillo, Andrade ve Izquierdo (2013), lise öğrencisi, sağlıklı ve antrenmansız 29 erkek katılımcıya haftada iki seans 7 hafta süreyle sert ve mat zemin üzerinde, orta (780 sıçrama) ve yüksek hacimli (1560 sıçrama) pliometrik egzersiz programı uygulamıştır. Sakatlanma riski oluşturabileceği sonucuna varan araştırmacılar sert zeminde yüksek yoğunlukta gerçekleştirmeyi planladıkları grubu çalışmaya dahil etmemişlerdir. Sonuç olarak sert zeminde orta hacimli ve mat zeminde yüksek hacimli pliometrik egzersiz uygulaması gerçekleştiren katılımcıların countermovement jump sıçrama performans düzeylerinin 7 haftalık program sonrasında anlamlı oranda düşüş gösterdiğini saptamışlardır.

Araştırmanın dikey sıçrama performansı üzerindeki ana bulguları incelendiğinde, mat zemin ve mini trampolin zeminde gerçekleştirilen pliometrik egzersizlerin grup içi ön ve son test değerlerinin anlamlı artış gösterdiği görülmektedir ($p<0,01$). Gruplar arası karşılaştırma sonuçlarında ise MZG ile KG ve TG ile KG arasında anlamlı fark saptanırken ($p<0,01$), MZG ve TG dikey sıçrama performans değerlerinde anlamlı farka rastlanmamıştır ($p>0,01$) (Çizelge 4.6). Araştırmada kullanılan yüzeylerde 8 hafta süre ile uygulanan yoğun hacimli pliometrik egzersizlerin dikey sıçrama performansını geliştirmede benzer sonuçlar gösterdiği söylenebilir. Araştırma sonuçları, Meszler ve Váczi (2019) tarafından daha önce gerçekleştirilmiş araştırma ile karşıtlık oluşturmaktadır. Bunun nedeni olarak, düzenli basketbol antrenmanları ve yüksek hacimli pliometrik egzersiz programlarının

katılımcılara en uygun toparlanma süresine ulaşmaya fırsat tanınmadan bir arada gerçekleştirilmesi kaynaklı oluşan yorgunluk nedeniyle mümkün olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca araştırmacılar katılımcılarını 17 yaş altı bireyler üzerinden seçerken, bu araştırma üniversite öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir. Bir başka zıt sonuçlar gösteren Ramírez-Campillo ve diğerleri (2013) tarafından gerçekleştirilmiş araştırma sonuçlarında antrenmansız lise öğrencilerinin sert zeminde orta hacimli ve mat zeminde yüksek hacimli pliometrik egzersiz uygulamalarının dikey sıçrama performansını düşürdüğünü bildirmişlerdir. Bu sonuç bize zemin uygulamalarının ve egzersizlerin yoğunluk tercihlerinin katılımcıların potansiyellerinin üzerinde olabileceği ve seanslar arası tekrar toparlanmanın yeterli olmadığını düşündürmektedir. Ayrıca araştırmacıların kullandıkları zeminler ve katılımcıların yaşlarının bu araştırma ile kıyaslandığında farklı olduğu tespit edilmiştir. Sporri ve diğerleri (2018) ise erkek takım sporcularında sert zeminde uygulanan pliometrik egzersiz dikey sıçrama değerlerinde anlamlı fark tespit edemezken, su zeminde önemli artış olduğunu vurgulamışlardır. Takım antrenmanlarına ek olarak sert zeminde uygulanan pliometrik egzersizler sonrası sporcuların toparlanma için yeterli zamana fırsat verilmemiş olabileceği bir neden olabilir. Bununla beraber sporcuların daha az bir dirençle karşılaşılabilecekleri su zemine daha iyi adapte olabildikleri sonucuna varılabilir. Su zeminde ortaya çıkan performans artışları yapılan bu araştırma bulguları ile paralellik gösterirken katılımcılar ve zeminler birbirinden farklıdır. Jurado-Lavanant ve diğerleri (2015) ise erkek öğrencilerin su ve sert zeminde yapılan egzersizler sonrası dikey sıçrama performans düzeylerinde artış tespit ederken, anlamlı artışın sert zeminde olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar iki zeminde de artış tespit etmişler, anlamlı olmayan artışın su zeminde olmasının katılımcıların bu zeminde yeterli dirençte egzersiz yapmamış olabileceği akla gelmektedir. Araştırma sonucunda sert zeminde ortaya çıkan dikey sıçrama performansındaki artış, gerçekleştirilen bu araştırma bulguları ile paralellik gösterirken, zeminler birbirinden farklıdır. Araştırma sonuçları ile paralellik gösteren daha önceki araştırmalar, pliometrik antrenman içeren programların katılımcıların dikey sıçrama performans değerini anlamlı düzeyde arttırdığını bildirmiştir (Arazi, 2012; Choi, 2011; Correia ve diğerleri, 2020; Çimenli ve diğerleri, 2016; Fatouros ve diğerleri, 2000; Gehri ve diğerleri, 1998; Hamilton, 2017; Holcomb, 1996; Houcine, Djamel ve Ahmed, 2020; Jlid ve diğerleri, 2020; Johnson ve diğerleri, 2011; Luebbers ve diğerleri, 2003; Makaruk ve diğerleri, 2020; Makaruk ve Sacewicz, 2010; Markovic, 2007; Martel ve

diğerleri, 2005; Ramirez-Campillo ve diğerleri, 2020; Shaji ve Isha, 2009; Stemm ve Jacobson, 2007; Tahsin ve Dağlıoğlu, 2018; Zubac ve diğerleri 2019; Zubac ve Simunic, 2017). Bir diğer araştırmada ise, stabil olmayan yüzeyde gerçekleştirilen pliometrik egzersiz programının dikey sıçrama performansını anlamlı seviyede iyileştirdiğini ortaya koymuştur (Granacher ve diğerleri, 2015; Kibele ve diğerleri 2014; Kibele ve diğerleri, 2020). Genç oyuncuların antrenmanlarına ek olarak kum ve sert zeminde düzenli uygulanan pliometrik egzersizleri içeren araştırmaların, dikey sıçrama performansını önemli oranda geliştirdiği dile getirilmiştir (Atkinson, 2015; Hammami ve diğerleri, 2020; Ozen ve diğerleri, 2020). Van Roie ve diğerleri (2020), pliometrik egzersiz programlarını yaşlı erkek katılımcılar üzerinde gerçekleştirmiş ve dikey sıçrama performanslarında anlamlı düzeyde arttırdığını saptamışlardır. Jlid ve diğerleri (2019), çok yönlü uyguladıkları pliometrik egzersizlerin dikey sıçrama performansını geliştirdiğini ifade etmişlerdir. Saki ve diğerleri (2019), kadınlar üzerinde pliometrik egzersiz uygulamalarının dikey sıçrama performanslarını anlamlı seviyede arttırdığını vurgulamışlardır. Antekolovic ve Matkovic (2018), araştırmalarını gym matı ve su zeminde gerçekleştirmiş, her iki zeminin de dikey sıçrama değerlerinin de anlamlı artışlar sağladığını tespit etmişlerdir. Ploeg ve diğerleri (2010), benzer bir çalışmayı sert ve su zeminde gerçekleştirmişler, her iki zeminde uygulanan pliometrik egzersiz dikey sıçrama performansları aynı oranda yükseltirken, su zeminde iki kat yoğun gerçekleştirilen egzersizlerde performans değerleri önemli lde artmıştır. (Arabatzi, 2016; Atiković ve diğerleri, 2018), çocuklarda mini trampolin ile pliometrik egzersiz uygulamasının, dikey sıçrama performansında önemli artışlar gösterdiğini tespit etmişlerdir. Ross ve Hudson (1997), benzer bir araştırmayı niversite đrencisi kadınlar üzerinde uygulamışlar, mini trampolinde uyguladıkları pliometrik egzersizlerin dikey sıçrama performansını önemli oranda arttırdığını dile getirmişlerdir. Impellizzeri ve diğerleri (2008) ve Singh ve diğerleri (2014), hem kum hem de çim zemin pliometrik egzersiz programlarının dikey sıçrama performansını geliştirdiğini bildirmişlerdir. Benzer bir çalışmada Mirzaei ve diğerleri (2014), kum zeminde uygulanan pliometrik egzersizlerin dikey sıçrama performansını arttırdığını belirlemişlerdir. Makaruk ve diğerleri (2011), diğer bir benzer çalışmada çim zeminde uygulanan pliometrik egzersizlerin dikey sıçrama performansını geliştirdiğini vurgulamışlardır.

5.1.2 Dinamik denge performansı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi

Literatürde yapılan araştırmalar incelendiğinde, Hammami ve diğerleri (2020), 31 sağlıklı genç hentbol oyuncusuna, haftada 2 gün ve 7 hafta süresince farklı zeminlerde pliometrik egzersiz programı uygulatmışlardır. Araştırmada katılımcıları, standart hentbol antrenmanı, olağan antrenmanla birlikte kum zeminde pliometrik egzersiz ve olağan antrenmanla birlikte stabil zeminde pliometrik egzersiz olmak üzere toplam 3 gruba ayırmışlardır. Araştırmacılar olağan antrenman programına eklenen iki farklı zeminde dinamik denge performansını önemli ölçüde geliştirdiğini, iki zemini kendi aralarında karşılaştırdıklarında ise kum zeminde uygulanan pliometrik egzersiz uygulamasının dinamik denge performansını daha yüksek oranda arttırdığını tespit etmişlerdir. Lee, Oh ve Kwon (2020), yerel bir üniversitede öğrenim gören 14 taekwondo sporcusu üzerlerinde 8 hafta ve haftada 2 gün süre ile pliometrik egzersiz gerçekleştirmişler, bu pliometrik egzersizler neticesinde dinamik denge ön ve son test değerleri arasında anlamlı pozitif fark olduğunu saptamışlardır. Kibele ve diğerleri (2020), fiziksel olarak aktif 50 spor bilimleri öğrencisine, stabil ve stabil olmayan zeminlerde 7 hafta, haftada 2 seans ve her seans 40 dk olacak şekilde pliometrik egzersiz uygulatmışlardır. Araştırma sonucunda katılımcıların ön ve son test dinamik denge değerlerinin istatistiksel olarak önemli gelişme gösterdiğini bildirmişlerdir. Alikhani, Shahrjerdi, Golpaigany ve Kazemi (2019), temassız ön çapraz bağ yaralanmalarının kadın badminton oyuncuları arasında en sık görülen yaralanma olduğunu saptamışlardır. Ayrıca bu yaralanmaların önlenmesinde dinamik denge performansının kritik öneme sahip olduğunu bildirmişlerdir. Kadın badminton oyuncuları üzerinde 6 hafta boyunca uyguladıkları pliometrik egzersizler sonucunda, bu egzersizlerin dinamik denge performans değerlerini önemli oranda iyileştirdiğini ortaya koymuşlardır. Cherni ve diğerleri (2019), 18-27 yaş aralığında ulusal ve üst düzeyde 25 kadın basketbol oyuncuları ile yaptıkları araştırmada, katılımcıları olağan antrenmanlarına pliometrik egzersiz eklenen ve yalnızca rtin antrenmana devam eden oyuncular olarak iki gruba ayırmışlardır. Olağan antrenmanlarına 8 hafta boyunca haftada 2 gün pliometrik egzersiz programı dahil edilen grubun, yön değiştirme yeteneklerinin arttığını, dinamik denge performansını geliştirerek düşme ve yaralanma riskini azalttığını bildirmişlerdir. Biju (2019), 17-25 yaş aralığında 60 Kho-Kho oyuncusuna haftada 3 gün ve 12 hafta boyunca pliometrik egzersiz uygulatmıştır. Araştırma sonucunda uygulatılan pliometrik egzersizlerin katılımcıların dinamik

denge performansını önemli ölçüde arttırdığını saptamıştır. Gonzalo-Skok, Sánchez-Sabaté, Izquierdo-Lupón ve Sáez de Villarreal (2019), 20 yaşında, 20 genç basketbol oyuncusu üzerinde 6 hafta boyunca haftada 2 gün ve her seansta 60-90 ayak teması yaptırmışlar, dikey ve yatay yöne olmak üzere 2 farklı pliometrik egzersiz uygulamışlardır. Sonuç olarak, dikey ve yatay yönlere doğru uygulanan pliometrik egzersizlerin, dinamik denge performansını benzer oranda geliştirdiğini tespit etmişlerdir. Saki, Madhosh ve Sedaghati (2019), ayak başparmak çıkıntısına sahip olan 26 atletik kadın üniversite öğrencisine haftada 3 seans ve 8 hafta süresince pliometrik egzersiz uygulamışlardır. Araştırma sonuçlarında dinamik denge performans verilerinde anlamlı iyileşme olduğunu belirlemişlerdir. Sedaghati (2018), iki yıl düzenli basketbol antrenmanı gerçekleştiren toplam 24 kadın basketbol oyuncusu üzerinde sekiz hafta, haftada 3 seans ve her seans 80 dk olacak şekilde pliometrik egzersiz programı uygulamıştır. Sonuç olarak dinamik denge performansı ön ve son test değerleri arasında anlamlı bir fark olduğunu ortaya koymuştur. Turgut ve diğerleri (2017), puberte öncesi 29 kadın voleybol oyuncusu ile rutin antrenmanlarına ek olarak 12 hafta, haftada 3 gün ve 90 dk süre ile gerçekleştirdikleri pliometrik egzersiz programı sonrası, oyuncuların ön ve son test dinamik denge performans değerlerinin istatistiksel olarak iyileştiğini saptamışlardır. Negra ve diğerleri (2017), 18 genç futbol oyuncusu üzerinde stabil ve stabil olmayan yüzeylerde gerçekleştirdikleri pliometrik egzersizler neticesinde, öncesi ve sonrası dinamik denge performans değerlerini karşılaştırmışlar ve istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığını tespit etmişlerdir. İki farklı zeminde uygulatılan pliometrik egzersizlerin dinamik denge performansını benzer oranda geliştirdiğini bildirmişlerdir. Asadi, de Villarreal ve Arazi (2015), basketbol oyuncularında sık gerçekleşen ön çapraz bağ yaralanmalarını azaltıcı ve ayrıca oyuncuların dengelerini geliştirebileceklerini düşündükleri pliometrik egzersiz programı ile 16 genç basketbolcu üzerinde 6 hafta ve haftada 2 gün pliometrik egzersiz uygulamışlardır. Yalnızca basketbol antrenmanı yapan sporcularda anlamlı bir gelişim gerçekleşmezken, pliometrik egzersizler ile beraber basketbol antrenmanı yapan bireylerin dinamik denge performanslarının her yönünde önemli gelişmelerin ortaya çıktığını saptamışlardır. Granacher ve diğerleri (2015), 24 genç elit olmayan futbol oyuncularına, stabil ve yüksek oranda stabil olmayan yüzeylerde 8 hafta boyunca, her bir antrenman seansı 90 dk ve haftada 2 gün pliometrik egzersiz programı uygulamışlardır. Araştırmada sonuç olarak her iki yüzeyde uygulattıkları pliometrik egzersizlerin denge performansını arttırdığını tespit etmişlerdir. Kibele ve diğerleri

(2014), fiziksel olarak aktif 33 erkek spor bilimleri fakültesi öğrencisi üzerinde sabit ve sabit olmayan zeminlerde gerçekleştirdikleri pliometrik egzersizler sonucunda, her iki zemin ön ve son test statik denge değerlerinde önemli bir gelişme göremezlerken, sabit olmayan yüzeyde uygulattıkları pliometrik egzersizler neticesinde, dinamik denge performansında önemli gelişmeler kaydetmişlerdir. Singh, Sakshi ve Singh (2014), 40 hokey oyuncusuna çim ve kum zeminde haftada 3 gün toplam 4 hafta boyunca pliometrik egzersiz uygulamışlardır. Araştırmacılar çim ve kum zeminde gerçekleştirilen pliometrik egzersizler sonrası ön ve son test denge performans değerlerinde benzer iyileşmeler gerçekleştirdiğini tespit etmişlerdir. Asadi (2013), 20 genç erkek basketbol oyuncusu üzerinde haftada 2 gün ve 6 hafta süreyle gerçekleştirdiği araştırma sonucunda, pliometrik ve kontrol gruplarının ön ve son test dinamik denge performans değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkinin gerçekleşmediğini, fakat pliometrik egzersiz grubunun lehine %5'lik bir oranda gelişme gerçekleştiğini belirlemiştir. Arazi (2012), 16 yarı profesyonel basketbol oyuncusu ile 6 hafta boyunca haftada 2 gün uyguladıkları pliometrik egzersizler neticesinde, dinamik denge performansında %4'lük bir gelişim meydana geldiğini ortaya koymuşlardır. Choi (2011), 14 kolej öğrencisi üzerinde gerçekleştirdiği pliometrik egzersiz programı neticesinde öğrencilerin medial ve lateral yönlerde dinamik denge performans değerlerinde anlamlı artış belirlemiştir. Johnson, Salzberg ve Stevenson (2011), 2008-2010 yılları arasında küçük çocuklarda motor performansı iyileştirmek için pliometrik antrenmanın etkinliğini ve güvenliğini değerlendirmek amacıyla sistematik bir araştırma yapmışlardır. Bu konu ile ilgili 5-14 yaş aralığında çocukların yer aldığı 227 araştırmaya rastlamışlardır. Sonuç olarak, 50-60 sıçrama ile başlayıp aşamalı olarak artan, haftada 2 gün ve 8-10 haftalık pliometrik egzersiz programlarının denge yeteneğini büyük oranda geliştirebileceğini tespit etmişlerdir. Arazi ve Asadi (2011), genç basketbol oyuncularının, kara ve su zeminde haftada 3 gün gerçekleştirdikleri 8 haftalık pliometrik egzersizlerin dinamik denge performansı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak, bu iki zeminde gerçekleştirilen pliometrik egzersizlerin dinamik denge performans değerlerine benzer oranda etki ettiğini, ayrıca su zeminde gerçekleştirilen pliometrik egzersizlerin genç erkeklerde sürat ve kuvveti geliştirebilecek etkili bir egzersiz tekniği olabileceğini ifade etmişlerdir. Cho ve Lee (2010), yirmili yaşlarda toplam 30 sağlıklı denek üzerinde uygulanan 6 haftalık pliometrik egzersizlerin, dinamik denge performans değerlerinde anlamlı artışa neden olduğunu saptamışlardır. Fishbeck ve diğerleri (2014), 40 yaş

üzeri, erkek ve kadın olmak üzere, orta yaşlı ve yaşlı 24 yetişkine 6 hafta süresince çeşitli pliometrik egzersiz uygulamaları yaptırmışlardır. Araştırma sonucunda, 40 yaş üzeri kadınların dinamik denge becerilerinin önemli ölçüde geliştiğini bildirmişlerdir. Akin ve Kesilmiş (2020), 15-19 yaş aralığında 31 genç taekwondo sporcusu üzerinde, haftada 3 gün 90 dakika rutin taekwondo antrenmanlarına ek olarak, haftada 3 gün 30 dakikalık pliometrik egzersiz programı uygulatmışlardır. Sonuç olarak ön test ve son test dinamik denge performans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edememişlerdir. Meszler ve Váczi (2019), 17 yaş altı ergen kadın basketbolcuların mevsim içi basketbol antrenmanlarına ek olarak 7 hafta ve haftada 2 gün süre ile uygulattıkları pliometrik egzersizlerin ön ve son test denge performans değerlerinde önemli bir değişikliğin kaydedilmediğini, düzenli basketbol antrenmanlarının ve yüksek hacimli pliometrik antrenmanların bir arada olduğu antrenman programlarının, seanslar arasında eksik toparlanmanın neden olabileceği yorgunluk nedeniyle olumlu fonksiyonel etkiler göstermemesinin mümkün olabileceğini bildirmişlerdir.

Araştırmanın dinamik denge performansı üzerindeki ana bulguları incelendiğinde, mat zemin ve mini trampolin zeminde gerçekleştirilen pliometrik egzersizlerin grup içi ön ve son test değerlerinde anlamlı artış görülmektedir ($p<0,05$). Gruplar arası karşılaştırma sonuçlarında ise tüm gruplar arasında anlamlı fark saptanmış ve TG dinamik denge performans değerlerinde önemli ölçüde artış belirlenmiştir ($p<0,05$) (Çizelge 4.4; Çizelge 4.5). Araştırma bulguları doğrultusunda, dinamik denge performansını geliştirmek için kullanılan yüzeyinde etkili olabileceği söylenebilir. Araştırma sonuçları, Akin ve Kesilmiş (2020) tarafından daha önce gerçekleştirilmiş araştırma ile karşıtlık oluşturmaktadır. Bunun nedeni olarak, düzenli taekwondo antrenmanları ve haftada 3 gün yüksek hacimli pliometrik egzersiz programlarının katılımcıların en uygun toparlanma süresine ulaşamayabileceklerinden kaynaklı mümkün olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca araştırmacılar katılımcılarını 15-19 yaş bireyler üzerinden seçerken, yapılan bu araştırma üniversite öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir. Bir başka karşıt sonuçlar gösteren Meszler ve Váczi (2019) tarafından gerçekleştirilmiş araştırma sonuçlarında, uygulamış oldukları pliometrik egzersizlerin dinamik denge performans gelişiminde önemli bir değişkenlik oluşturmadığını saptamışlardır. Kendilerinin de ifade ettikleri gibi düzenli basketbol antrenmanları ile birlikte yüksek yoğunlukta gerçekleştirilen pliometrik egzersizler

neticesinde toparlanmanın tam tamamlanamayacağından kaynaklı pozitif etkilerin ortaya çıkmasına engel durumlar oluşturduğunu düşündürmektedir. Bununla beraber araştırmacılar katılımcılarını 17 yaş altı ergen kadın basketbolculardan seçerken, yapılan bu araştırma erkek üniversite öğrencileri ile gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonuçları ile paralellik gösteren daha önceki araştırmalar, pliometrik antrenman içeren programların katılımcıların dinamik denge performans değerini anlamlı düzeyde arttırdığını bildirmiştir (Lee ve diğerleri 2020; Alikhani ve diğerleri 2019; Cherni ve diğerleri 2019; Biju 2019; Saki ve diğerleri 2019; Sedaghati 2018; Turgut ve diğerleri 2017; Choi 2011; Johnson ve diğerleri 2011; Cho ve Lee 2010; Fishbeck ve diğerleri 2014). Bir diğer araştırma ise, stabil ve stabil olmayan yüzeyde gerçekleştirilen pliometrik egzersiz programının dinamik denge performansını anlamlı seviyede iyileştirdiğini ortaya koymuştur (Kibele ve diğerleri 2020; Negra ve diğerleri 2017; Granacher ve diğerleri 2015). Kibele ve diğerleri (2014), stabil olmayan zeminde gerçekleştirdikleri benzer bir araştırmada, pliometrik egzersiz içeren çalışmaların dinamik denge performansını önemli ölçüde geliştiğini bildirilmişlerdir. Basketbol oyuncuları ile yapılan bir çalışmada ise pliometrik antrenmanın dinamik denge performansını iyileştirdiği saptanmıştır (Asadi 2013; Arazi 2012). Arazi ve Asadi (2011), basketbol oyuncuları ile bu sefer kara ve su zeminde gerçekleştirilen bir diğer pliometrik egzersiz araştırması sonucunda, bu iki zeminin de dinamik denge değerlerini önemli oranda geliştirdiğini ortaya koymuştur. Singh diğerleri (2014), kum ve çim zeminde uygulanan pliometrik egzersizlerin dinamik denge performansını anlamlı düzeyde iyileştirdiğini tespit etmişlerdir. Bununla beraber kum zemin üzerinde yapılan benzer diğer bir araştırma sonucunda, dinamik denge performans değerlerinin önemli oranda geliştiği gözlemlenmiştir (Hammami ve diğerleri 2020). Asadi ve diğerleri (2015), basketbol antrenmanlarına ek gerçekleştirilen pliometrik egzersiz programının dinamik denge performansını önemli derecede arttırdığını tespit etmişlerdir. Gonzalo-Skok ve diğerleri (2019), dikey ve yatay yöne doğru gerçekleştirilen pliometrik egzersizlerin dinamik denge performansını anlamlı düzeyde iyileştirdiğini saptamışlardır.

5.2 Kas Hasarı Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi

Literatürde yapılan araştırmalar incelendiğinde, Wertheimer, Antekolovic ve Matkovic (2018), fiziksel olarak aktif 20 sağlıklı erkek katılımcı ile gym ve su zemin olmak üzere iki farklı zeminde 8 hafta ve 16 seans, her bir seans 150 - 200 ayak temas sayısı ile kombine pliometrik egzersizler uygulatmışlardır. Egzersizden 1 saat önce ve 24 saat sonra, ayrıca 8 hafta sonra yine son egzersizden 1 saat önce ve 24 saat sonra olmak üzere katılımcılardan 4 defa biyokimyasal veri almışlardır. Araştırmanın sonucunda iki farklı zeminde de ön ve son test (24. saat) CK değerleri anlamlı olarak artış göstermiştir. Bununla beraber 8 haftanın ardından her iki zeminde uygulanan egzersiz sonrası biyokimyasal veriler arasında anlamlı fark bulmuşlardır. Suda uygulanan pliometrik egzersizlerin daha küçük eksantrik yük oluşturması ve adaptasyonun daha hızlı olabileceğinden kaynaklı CK düzeyinin daha düşük olabileceği sonucuna varmışlardır. Arazi ve diğerleri (2016), sağlıklı 24 erkek üniversite öğrencisine su, kum ve ahşap zeminde 10 tekrar 10 set dikey sıçrama egzersizi içeren pliometrik antrenman programı uygulatmışlardır. CK değerleri üzerine akut etkilerini incelemek için çalışma öncesi, çalışma sonrası 24, 48 ve 72. saatlerde kan örnekleri almışlardır. Su, kum ve ahşap zeminde uygulanan pliometrik egzersizler sonrası her üç grubun 24. saatte CK değerleri zirve düzeye ulaşırken, ahşap zemin CK seviyesinin 72 saatin ardından hala başlangıç noktasına dönemediğini bildirmişlerdir. Loturco ve diğerleri (2016), 21 sağlıklı futbol oyuncusu ile 100 tekrar derinlik sıçraması içeren bir pliometrik egzersiz programı gerçekleştirmişler ve sonuç olarak katılımcıların CK seviyelerinin 24. saatte zirve düzeye ulaştığını tespit etmişlerdir. Khan ve diğerleri (2016), sağlıklı 15 erkek kolej futbolcusu ile kas hasarı oluşturan pliometrik egzersiz programı neticesinde, katılımcıların CK düzeylerinin 24. saatte maksimum seviyeye ulaşırken, 72. saat sonrası hala başlangıç düzeyine dönemediğini bildirmişlerdir. Jurado-Lavanant ve diğerleri (2015), 65 sağlıklı erkek öğrenciye haftada iki gün toplam 10 hafta boyunca karada ve su zeminde pliometrik egzersiz programı uygulatmışlardır. Egzersiz öncesi, 5. hafta ve 10. hafta kan verileri üzerinden CK değerlerini incelemişlerdir. Sonuç olarak karada gerçekleştirilen pliometrik egzersiz grubunun, su zeminde gerçekleştirilen egzersiz grubu ile karşılaştırıldığında daha yüksek oran CK seviyesine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar buna ek olarak her iki grubun sıçrama performans değerlerinde bir artış gözlemlerlerken, bu artışın kara zeminde anlamlı bir artış olduğunu tespit etmişlerdir.

Macaluso, Isaacs ve Myburgh (2012), 8 sağlıklı ve antrenmansız katılımcı üzerinde 10 tekrar, 10 setlik squat jump egzersizini içeren bir pliometrik antrenman programı uygulamışlardır. 24, 48 ve 72. saatlerde elde ettikleri biyokimyasal parametreler neticesinde, kas hasarı düzeyinin 24 - 48. saatte zirveye ulaştığını, 72. saatte ise hala başlangıç düzeyine gelemediğini bildirmişlerdir. Jakeman, Byrne ve Eston (2010), fiziksel olarak aktif 17 sağlıklı kadına, 10 set 10 tekrar içeren bir pliometrik egzersiz programı uygulamıştır. Araştırmanın sonucunda katılımcıların 24. ve 48. saat CK düzeyleri başlangıç seviyesine oranla anlamlı artış göstermiştir. Chatzinikolaou ve diğerleri (2010), 24 sağlıklı erkek katılımcı ile toplamda 10 set ve 10 tekrarlı, setler arası 2-5 dk dinlenme aralığı olacak şekilde bir pliometrik egzersiz protokolü gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar olası sakatlık risklerini önlemek için, pliometrik egzersizlerin etkinliğini azaltmadan kemik, kas ve bağ doku üzerinde daha az baskı oluşturan bir kauçuk mat kullanmışlardır. Araştırma sonucunda katılımcıların CK değerleri 24. ve 72. saatlerde yüksek seyrederken, 48. saatte zirve seviyesinde olduğunu gözlemlemişlerdir. Jakeman, Macrae ve Eston (2009), fiziksel olarak aktif sağlıklı 18 kadına, 10 set ve 10 tekrar olmak üzere içerisinde yalnızca countermovement jump hareketi içeren pliometrik egzersiz prosedürü uygulamışlardır. CK değerleri incelendiğinde, 24. saatte zirve düzeye, ardından 48. saatte başlangıç seviyesine geldiğini belirlemişlerdir. Eiras ve diğerleri (2009), fiziksel olarak orta düzeyde aktif 16 sağlıklı erkek katılımcıya 30 cm yükseklikten 10 tekrarlı toplam 4 set derinlik sıçraması egzersizleri yaptırmışlardır. Katılımcıların CK değerlerinin 72. saatte maksimum seviyeye ulaştığını ortaya koymuşlardır. Tofas ve diğerleri (2008), daha önce pliometrik egzersiz geçmişi olmayan antrenmansız 18 sağlıklı erkek katılımcının güreş mat zemini üzerinde akut pliometrik egzersiz uygulamasının kas hasarı üzerine etkilerini incelemişlerdir. Uyguladıkları egzersiz programı 12 tekrarlı, 16 set toplam 192 sıçramadan oluşmaktadır. Kas hasarı araştırmanın 24. saatinde artıp, 48. saatinde zirve noktasına ulaşmış, 72. saatinde ise hala yüksek seviyede seyrettiğini saptamışlardır. Twist ve Eston (2005), 10 sağlıklı erkek katılımcıya 10 tekrar - 10 set olacak şekilde counter movement jump pliometrik egzersizi uygulamışlardır. Egzersiz sonrası 30 dk ve 24, 48, 72. saatlerde elde ettikleri kan parametrelerinde oluşan kas hasarı düzeylerini incelemişlerdir. Sonuç olarak 30. dk'dan başlayarak kas hasarı artmış, 48. saatte zirveye ulaşmış ve 72. saatte ise hala başlangıç düzeyine inemediğini tespit etmişlerdir. Marginson, Rowlands, Gleeson ve Eston (2005), 9-10 yaş 10 katılımcı ve 20-29 yaş 10 katılımcı üzerinde 8 tekrar 10 set

alt ekstremite pliometrik egzersiz uygulatarak, egzersiz sonrası 30. dk, 24.,48. ve 72. saatlerde ortaya çıkan kas hasarı düzeylerini incelemiştirlerdir. Araştırmalarının sonucunda erkek çocuklarda belirtiler daha az şiddetli gerçekleşip 30 dk'da zirve yaparak 24. saatte başlangıç noktasına geri dönmüş, yetişkin erkek bireylerde ise kas hasarı 24 - 48. saatte zirveye ulaşırken, 72. saatte hala başlangıç seviyesine dönmediğini bildirmişlerdir. Miyama ve Nosaka (2004), 16 sağlıklı erkek katılımcı ile kum ve ahşap zemin üzerinde uyguladıkları toplam 100 derinlik sıçraması öncesi, sonrası, 1, 24, 48, 72 ve 96. saat CK seviyelerini incelemiştirlerdir. Kum ve ahşap zemin CK seviyeleri 24. saatte zirveye ulaşırken, ahşap zeminde uygulanan pliometrik egzersizlerin oluşturduğu kas hasarı düzeyinin kum zemine oranla oldukça fazla olduğunu gözlemlemiştirlerdir. Ayrıca ahşap zemin CK değerleri 96. saatte başlangıç düzeyine göre hala yüksek değerlerde seyrederken, kum zemin CK değerlerinin 72. saatte başlangıç seviyesine dönebildiğini saptamışlardır. Jamurtas ve diğerleri (2000), fiziksel olarak aktif olmayan 24 erkek katılımcıya güreş matında uyguladıkları pliometrik egzersiz sonrası 24, 48 ve 72. saat CK düzeylerini incelemiştirlerdir. Sonuç olarak katılımcıların CK seviyeleri 48. saatte zirveye ulaşırken, 72. saatte başlangıç düzeyine gerileyemediğini dile getirmişlerdir.

Bu araştırmada kas hasarı belirteçlerinden biri olan CK enzim aktivitesi üzerindeki bulgular incelendiğinde, mat zemin ve mini trampolin zeminde gerçekleştirilen pliometrik egzersizler sonucunda CK düzeyleri grup içi ön test ile 24, 48 ve 72. saatler arasında anlamlı artış göstermiştir. Gruplar arası karşılaştırma sonuçlarını incelediğimizde ise, CK seviyeleri hem MZG ve KG hem de TG ve KG arasında ön test ile 24, 48 ve 72. saatlerde anlamlı fark bulunmuştur. MZG ve TG arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır (Çizelge 4.9). Araştırmada kullanılan her iki yüzeyde de uygulanan yoğun hacimli pliometrik egzersizlerin akut serum CK enzim aktivite seviyesi üzerinde etki oluşturabileceği söylenebilir. Araştırma sonuçları ile paralellik gösteren daha önceki araştırmalar, pliometrik antrenman içeren programların katılımcıların akut CK enzim değerlerini anlamlı düzeyde arttırdığını bildirmiştir (Wertheimer ve diğerleri 2018; Arazi ve diğerleri 2016; Loturco ve diğerleri 2016; Khan ve diğerleri 2016; Jurado-Lavanant ve diğerleri 2015; Macaluso ve diğerleri 2012; Jakeman ve diğerleri 2010; Chatzinikolaou ve diğerleri 2010; Jakeman ve diğerleri 2009; Eiras ve diğerleri 2009; Tofas ve diğerleri 2008; Twist ve Eston 2005; Marginson ve diğerleri 2005; Miyama ve Nosaka 2004;

Jamurtas ve diğeri 2000). Literatürde bulunan araştırmaların bir kısmı pliometrik egzersizler sonrası katılımcıların CK seviyelerinin 24. saatte zirve yaparken, 72. saatte hala başlangıç seviyesine dönemediğini ortaya koymuşlardır (Macaluso ve diğeri 2012; Marginson ve diğeri 2005). Benzer bir şekilde CK düzeylerini 24. saatte maksimum seviyeye ulaştığını bildiren farklı çalışmalarda mecuttur (Khan ve diğeri 2016; Loturco ve diğeri 2016; Jakeman, Byrne ve Eston 2010). Bazı araştırma sonuçlarında ise, pliometrik egzersizler sonrası katılımcıların CK seviyelerinin 24. saatte yükselirken 48. saatte zirve yaptığını 72. saatte ise hala başlangıç seviyesine dönemediğini bildirmişlerdir (Chatzinikolaou ve diğeri 2010; Tofas ve diğeri 2008; Twist ve Eston 2005; Jamurtas ve diğeri 2000). Bir diğeri araştırma sonuçlarında ise katılımcıların CK düzeylerinin 72. saatte maksimum düzeye ulaştığı saptanmıştır (Eiras ve diğeri 2009). Kadınlar üzerinde gerçekleştirilen bir araştırmada ise, CK düzeyinin 24. saatte zirve yaparken, 48. saatte başlangıç seviyesine döndüğü bildirilmiştir (Jakeman ve diğeri 2009). Kas hasarı düzeylerinin zirve zamanlamasındaki bu farklılıklar, pliometrik egzersizlerinin çeşitliliğı, uygulama süresi, katılımcıların antrenmanlı olup olmaması, cinsiyet, yaş ve uygulanan zemin farklılıklarından kaynaklanabileceğini düşündürmektedir. Arazi ve diğeri (2016), su, kum ve ahşap zemin yüzeylerde katılımcıların CK düzeylerinin 24. saatte zirveyi gördüklerini, ahşap zemin CK seviyelerinin ise 72. saat sonrasında bile başlangıç seviyesine düşmediğini tespit etmişlerdir. Ahşap ve kum yüzeyde yapılan bir diğeri çalışma verileri, iki zemin CK seviyelerinin 24. saatte maksimum seviyeye ulaştığını, ahşap yüzey CK değerlerinin 96. Saatte bile hala başlangıç düzeyine inemediğini bildirmiştir (Miyama ve Nosaka 2004). Wertheimer ve diğeri (2018), su ve gym zeminde uygulanan pliometrik egzersizlerin katılımcıların akut CK değerlerini 24. saatte arttırdığını tespit etmişlerdir. Jurado-Lavanant ve diğeri (2015), kara ve su zeminde gerçekleştirilen pliometrik egzersizlerin akut CK ve uzun süreli sıçrama performans sonuçlarını karşılaştırmışlar. Sonuç olarak hem CK düzeylerinin hem de sıçrama performans değerlerinin kara zemin grubunda anlamlı derecede artış gösterdiğini bildirmişlerdir.

5.3 Testosteron ve Kortizol Hormonları Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi

Literatürde yapılan araştırmalar incelendiğinde, Ozen (2012), rekreasyonel olarak aktif 19 sağlıklı erkek ile 6 hafta boyunca, ilk 3 hafta haftada iki gün, sonraki haftalar haftada üç gün gerçekleştirdiği aşamalı olarak artan yoğun ve kombine pliometrik egzersiz programı sonrası, katılımcıların testosteron düzeylerinde %23,9, kortizol düzeylerinde %13,3 oranlarda anlamlı bir düşüş gözlemlemiştir. Bununla birlikte 6 hafta süre ile gerçekleştirilen pliometrik egzersizlerin testosteron düzeyindeki bu düşüşün sebebinin net olmaması ile beraber pliometrik antrenmanın insan vücudunu etkileyebileceğini dile getirmiştir. Berg ve diğerleri (2008), 7 kadın 9 erkek toplam 16 dayanıklılık sporcusu ile gerçekleştirdikleri araştırmalarında, ultra dayanıklılık yarışının hemen ardından erkek katılımcıların testosteron düzeylerinde anlamlı seviyede azalma gerçekleştiğini bildirmişlerdir. Pilz-Burstein ve diğerleri (2010), 10 erkek 10 kız olmak üzere toplam 20 ergen taekwondo sporcusuna 30 dk dinlenme aralığı verilerek 6 dk süren 3 dövüş simülasyonu uygulatmışlardır. Araştırma öncesi ve tüm dövüşlerin bitimi ardından elde edilen biyokimyasal verilerin analizinde, erkek katılımcıların kortizol düzeyleri anlamlı düzeyde yükselirken, testosteron düzeylerinin anlamlı düzeyde azaldığını saptamışlardır. Safarinejad, Azma ve Kolahi (2009), 286 sağlıklı erkek katılımcıya haftada 5 gün 24 hafta süre ile orta ve yüksek yoğunlukta, toparlanma için 36 hafta süre ile düşük yoğunlukta toplam 60 hafta boyunca koşu egzersizi uygulatmışlardır. Araştırma 12. haftasında yüksek yoğunlukta uygulanan egzersiz grubunun testosteron düzeyinin anlamlı düzeyde düştüğünü tespit etmişlerdir. Araştırmacılar aşırı egzersiz sendromu olarak ifade ettikleri uzun süreli yorucu koşu bandı egzersizlerinin zararlı etkilerinin olabileceğini bildirmişlerdir. Lucía ve diğerleri (2001), 9 elit dayanıklılık sporcusu ile 3 hafta boyunca yorucu dayanıklılık egzersizlerinin hormonal cevaplarını incelemişler, sonuç olarak katılımcıların ön test ve son test testosteron ve kortizol düzeylerinin anlamlı düzeyde azaldığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca hormon aktivitelerinin art arda yoğun, uzun süreli egzersizden sonra azalabileceğini dile getirmişlerdir. De Souza ve diğerleri (1994), uzun mesafe, orta mesafe ve kontrol grubu olarak toplam 30 erkek katılımcı ile gerçekleştirdikleri araştırmalarında, uzun mesafe dayanıklılık antrenmanlarının sonuçları diğer gruplarla kıyaslandığında testosteron düzeylerinin anlamlı düzeyde azaldığını, kortizol düzeylerinde ise anlamlı bir farka rastlamadıklarını bildirmişlerdir.

Chatzinikolaou ve diğeri (2010), 24 sağlıklı erkek katılımcı ile toplamda 10 set ve 10 tekrarlı, setler arası 2-5 dk dinlenme aralığı olacak şekilde bir pliometrik egzersiz protokolü gerçekleştirmişlerdir. Araştırmacılar olası sakatlık risklerini önlemek için, pliometrik egzersizlerin etkinliğini azaltmadan kemik, kas ve bağ doku üzerinde daha az baskı oluşturan bir kauçuk mat kullanmışlardır. Araştırma sonucunda katılımcıların pliometrik egzersiz protokolü sonrası akut kortizol değerleri 48. saatte zirve seviyesinde iken, 96. saatte ise tam toparlanma için yüksek kaldığını gözlemlemişlerdir. Katılımcıların testosteron düzeyleri ise 48 ve 72. saatlerde zirvede iken 96. saatte hızlı bir düşüş göstermiştir. Klentrou ve diğeri (2016), 26 sağlıklı genç erkek sporcuya 30 dk süren pliometrik egzersizler uygulatarak katılımcıların akut testosteron ve kortizol düzeylerini incelemişlerdir. Egzersizlerin bitiminden 5 dk sonra testosteron, 30 dk sonra ise kortizol düzeylerinde anlamlı artışlar saptamışlardır. Volek ve diğeri (1997), son 1 yıl süre ile direnç egzersizleri uygulatılan 12 sağlıklı erkek katılımcı ile 2 farklı direnç antrenmanının testosteron ve kortizol hormonları üzerindeki değişimlerini incelemişlerdir. Egzersiz protokolünün öncesi ve bitimini takip eden 5. dakikasında elde ettikleri biyokimyasal veriler neticesinde, iki farklı direnç egzersizinin de testosteron hormonu düzeyini anlamlı seviyede arttırdığını tespit ederken, kortizol hormonu düzeyinde anlamlı bir yükselişe rastlamamışlardır. Cadore ve diğeri (2013), 11 genç erkek ragby oyuncusu ile 100, 200, 300 sıçrama yoğunluğu içeren pliometrik egzersiz programlarının hormonlar üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar bu 3 farklı yoğunluğa sahip pliometrik antrenman programlarının her birinde, testosteron ve kortizol hormon düzeylerinin ilk 24 saatte anlamlı artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Hakkinen ve Pakarinen (1993), 10 sağlıklı erkek sporcuya farklı günlerde 1 tekrar 20 set maksimal ve 10 tekrar 10 set %70 şiddette direnç egzersizi uygulatmışlar ve hemen ardından testosteron ve kortizol düzeylerini incelemişlerdir. Maksimal şiddetle yaptırılan direnç egzersizleri neticesinde katılımcıların testosteron ve kortizol düzeylerinde anlamlı bir artış gözlemlenmezken, %70 submaksimal şiddetle yaptırılan direnç egzersizleri sonrası katılımcıların kortizol ve testosteron seviyelerinde anlamlı artışların olduğunu tespit etmişlerdir. Kraemer ve diğeri (1993), 8 sağlıklı erkek katılımcı ile 10 tekrarlı maksimum direnç egzersiz uygulamaları neticesinde, katılımcıların kortizol düzeylerinin anlamlı olarak yükseldiğini saptamışlardır. Adebero ve diğeri (2019), 15 ergen ve 15 yetişkin erkek katılımcıya yoğun ve aralıklı bir yüzme egzersiz programı uygulatarak, istirahat ve egzersiz sonrası akut serum testosteron ve kortizol

seviyelerini incelemişlerdir. Her iki grup için de egzersiz sonrası testosteron düzeylerinde anlamlı düşüş gözlemlenirken, kortizol düzeylerinin ise anlamlı artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Beaven, Gill, Ingram, ve Hopkins (2011), 16 yarı profesyonel sporcu ile pliometrik ve farklı direnç kombinasyonundan oluşan antrenman programı sonrası, katılımcıların akut testosteron ve kortizol düzeylerinde anlamlı bir farka rastlamadıklarını bildirmişlerdir. Pimenta ve diğerleri (2012), 37 profesyonel futbol oyuncusuna eksantrik kas kasılması ve pliometrik egzersizler ile ilişkili bir antrenman programı uygulamışlar ve egzersizlerin katılımcıların testosteron ve kortizol düzeylerindeki etkilerini incelemişlerdir. Egzersiz sonrası katılımcıların akut testosteron düzeylerinde anlamlı bir azalma olurken, kortizol seviyelerinde anlamlı artış gözlemlenmiştir. Khodaei, Hamedinia, Hosseini ve Damavandi (2016), 36 sağlıklı erkek sporcunun katıldığı haftada 3 gün toplam 6 haftalık dalgalı yoğunluktaki pliometrik egzersiz programı sonrasında, katılımcıların testosteron düzeylerinde anlamlı artış olduğunu saptamışlar ve dalgalı yoğunlukta uygulanan pliometrik egzersizlerin geleneksel uygulanan pliometrik egzersiz programlarına kıyasla katılımcıların hormonal düzeylerinde daha verimli sonuçlar ortaya koyabileceğini bildirmişlerdir. Giannopoulou (2015), 26 ergen futbol oyuncu üzerinde gerçekleştirdiği araştırmasında, katılımcıların pliometrik egzersiz sonrası akut testosteron düzeylerinde bir artış olmazken, kortizol seviyelerinde anlamlı düşüş yaşandığını bildirmiştir. Váczi ve diğerleri (2014), rekreatif olarak aktif ve sağlıklı toplam 16 yaşlı erkek katılımcıya, 10 hafta süreyle, haftada 2 veya 3 gün, 4 set, 8-14 tekrarlı eksantrik kasılma veya gerilme kısılma döngüsü içeren egzersiz programı uygulamışlardır. Araştırmalarının sonucunda, uygulatılan egzersizlerin katılımcıların 10 hafta önce ve sonrası dinlenik testosteron ve kortizol seviyelerinde anlamlı bir değişime yol açmadığını bildirmişlerdir. Lee ve diğerleri (2007), antrenmansız 19 sağlıklı erkek katılımcıyla iki farklı egzersiz modelinin sportif performans, testosteron ve kortizol düzeylerini incelemişlerdir. 10 hafta süren araştırmada hem tekrarlı izokinetik antrenman grubu hem de geleneksel direnç egzersiz grubu sportif performanslarında anlamlı gelişmelerin meydana geldiğini bildirmişler, fakat testosteron ve kortizol düzeylerinde anlamlı bir farka rastlamamışlardır.

Testosteron, kas dokusu üzerinde hem anabolik hem de antikatabolik etkileri olan testislerin Leydig hücrelerinden salgılanan bir steroid hormondur. Kortizol, adrenal korteks tarafından salınan ve kas dokusu üzerinde katabolik etkileri olan bir steroid hormondur (Volek ve diğerleri 1997). Direnç egzersizine karşı akut (egzersize

bağlı) ve kronik (istirahat) testosteron ve kortizol yanıtları, farklı olsa da, çeşitli egzersiz programı değişkenlerinin (örneğin, yoğunluk, hacim, süre, dinlenme süreleri, kas kütlesi katılımı) karmaşık bir etkileşimi ve bireysel özellikler (örneğin, yaş, sağlık, zindelik düzeyi) ile belirlenir. (Kraemer, 1988; Fry ve diğerleri, 1994). Bu değişkenler ve bireysel özellikler, pliometrik egzersizlerin akut ve kronik testosteron ve kortizol yanıtları içinde benzerdir. Öncelikle morfolojik adaptasyon yoluyla maksimum gücü artırmak için tasarlanmış egzersiz (hipertrofi antrenmanları: orta yük; yüksek hacim; kısa dinlenme süreleri) genellikle testosteronda, sinirsel adaptasyon yoluyla gücü artırmak için tasarlananlardan daha büyük nispi artışlar üretir (maksimum güç antrenmanları: ağır yük; düşük hacim; uzun dinlenme süreleri) (Kraemer ve diğerleri, 1991; Crewther, Cronin ve Keogh, 2006; Beaven, 2008). Göreceli olarak hafif ağırlıkların patlayıcı bir niyetle kaldırıldığı, gücü en üst düzeye çıkarmak için tasarlanan patlayıcı güç egzersizleri, hipertrofi tipi egzersizlere benzer önemli androjen tepkileri de üretmiştir (Mero ve diğerleri, 1992; Pullinen ve diğerleri, 1998). Birincil anabolik hormon olan testosteron, güç ve kas kütlesindeki kazanımlar ile ilişkilendirilmiştir. Örneğin, Staron ve diğerleri (1994), erkeklerde güç ve kas kazanımındaki artışları, yüksek serum testosteron seviyelerine bağlamıştır. Hansen ve diğerleri (2001), izometrik güçteki artışların, genç erkeklerde direnç egzersizine testosteron yanıtının büyüklüğü ile ilişkili olduğu sonucuna varmışlardır. Dahası, endojen testosteronun baskılanması, gücü ve kas kütlesi kazanımlarını azaltabileceği belirtilmiştir (Kvorning, Andersen, Brixen ve Madsen, 2006).

Kortizol, glukokortikoidler olarak bilinen bir steroid hormon ailesine ait bir hormondur. Böbreklerin üzerinde iki taraflı olarak oturan adrenal bezlerde bulunan adrenal korteks tarafından salgılanır. Kortizol, vücuttaki her hücreyi etkileyen insanlarda ana glukokortikoiddir. Özellikle vücutta salınan glukokortikoidler beyne geri bildirim gönderir ve kortikotropin salgılayan hormonun (CRH) ve ACTH salınımını etkiler. ACTH, adrenal bezleri kortizol salgılaması için uyarır. Kortizol salgısındaki artış, 15 ila 30 dakikalık bir gecikmeyle ACTH salınımını takip eder (Beachle ve Earle 2000). Kortizol, hem metabolik hem de antiinflamatuvar fonksiyonları olan bir stres hormonudur. Glukoneogenez ve lipolizi uyarırken, aynı zamanda çok sayıda inflamatuvar faktörün üretimini de inhibe eder. Direnç egzersizi ile ilgili olarak katabolik rolü ilgi çekicidir. Kortizol, protein yıkımını artırır ve iskelet kasında protein sentezini azaltır. Katabolik etkinin protein yapısının yenilenmesi için mevcut amino asit havuzunu artıran serbest amino asitleri sağlaması nedeniyle

dokunun yeniden modellenmesinde rol oynayabilir (Kraemer ve Rogol, 2006, s. 319). Bu nedenle, artan kortizol seviyeleri, anabolik süreçler için işlevsel öneme sahip olabilir.

Araştırmanın testosteron hormonu üzerindeki ana bulguları incelendiğinde, TG ve KG grup içi ön test ile son test değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı düşüşlerin olduğu saptanırken, gruplar arası karşılaştırma sonuçlarında ise yalnızca MZG değerlerinde anlamlı azalma gerçekleşmemiş ve ön test değerlerini koruyabildiği belirlenmiştir. TG ve KG son test değerleri arasında ise anlamlı fark saptanmamıştır (Çizelge 4.12). Kortizol hormonu üzerindeki ana bulguları incelendiğinde ise, MZG grup içi ön test ile son test değerleri arasında anlamlı fark olduğu saptanırken, gruplar arası karşılaştırma sonuçlarında anlamlı fark bulunmamıştır (Çizelge 4.13). Araştırmanın sonuçları doğrultusunda 8 hafta süre ile uygulanan yoğun hacimli pliometrik egzersizlerin hormonlar üzerinde ortaya çıkarabileceği artış ve azalışların yanı sıra, bu egzersizler için uygulanan yüzeylerinde etkili farklar meydana getirebileceği söylenebilir. Literatürde pliometrik antrenman içeren araştırmaların akut testosteron ve kortizol değerlerini anlamlı düzeyde arttırdığı bildirilmiştir (Chatzinikolaou ve diğerleri 2010; Cadore ve diğerleri, 2013; Klentrou ve diğerleri, 2016). Ekzantrik kas kasılması ve pliometrik egzersizlerin yer aldığı bir diğer araştırma sonucunda ise katılımcıların kortizol değerlerinde anlamlı artış saptanmıştır (Pimenta ve diğerleri, 2012). Daha önceki araştırmalarda direnç antrenmanlarının da benzer olarak akut testosteron düzeyinde anlamlı artışlar meydana getirdiği bildirilmiştir (Hakkinen ve Pakarinen, 1993; Volek ve diğerleri, 1997). Bir başka araştırma sonucu da direnç egzersizlerinin akut kortizol seviyesini anlamlı düzeyde arttırdığını ortaya koymuştur (Kraemer ve diğerleri, 1993). Literatürde pliometrik egzersizlerin akut testosteron düzeylerinde anlamlı artış sağlamayan araştırmalara da rastlanmıştır (Beaven ve diğerleri, 2011; Giannopoulou, 2015). Bazı araştırma sonuçlarında ise uzun mesafe ve yüksek yoğunluklu egzersizlerin akut testosteron değerlerini anlamlı düzeyde azalttığı belirtilmiştir (De Souza ve diğerleri, 1994; Berg ve diğerleri, 2008; Pilz-Burstein ve diğerleri, 2010; Adebero ve diğerleri, 2019). Bununla birlikte çok az sayıda araştırma uzun süreli pliometrik antrenmanın hormonal değişiklikler üzerindeki etkilerini incelemiştir. Literatürde uzun vadeli pliometrik antrenman içeren bir araştırmada, pliometrik antrenmanın dinlenik serum testosteron ve kortizol düzeylerini anlamlı oranda düşürdüğü bildirilmiştir (Ozen, 2012).

Araştırma sonucu yapılan bu araştırma bulguları ile kıyaslandığında, serum testosteron düzeyi MZG sonuçlarına zıtlık gösterirken, TG ile paralellik göstermektedir. Bu sonuçlar bizlere, farklı zeminlerde uygulanan pliometrik egzersizlerin hormonlar üzerinde farklı sonuçlar çıkarabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca araştırmanın süresi ve haftalık antrenman yoğunluğu ve kullanılan zemin, yapılan bu araştırmadan farklılık göstermektedir. Literatürde uzun süreli pliometrik egzersizlerin dinlenik kortizol hormonu üzerinde anlamlı değişiklikler yapmadığını ortaya koyan araştırmalar da mevcuttur (Váczı ve diğerleri, 2014; Khodaei ve diğerleri, 2016). Kortizol seviyelerinde anlamlı değişikliklerin olmaması yapılan araştırmada yer alan TG'nin sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Khodaei ve diğerleri (2016), uzun süreli pliometrik egzersizlerin dalgalı ve yoğun bir program ile uygulatılmasının, dinlenik testosteron düzeylerini anlamlı oranda yükselttiğini bildirmişlerdir. Bu araştırmanın testosteron düzeyi üzerindeki sonuçları, yapılan araştırmada yer alan MZG ve TG sonuçlarıyla zıtlık göstermektedir (Çizelge 4.10; Çizelge 4.12). Bu bize pliometrik egzersizlerde kullanılan farklı zeminlerin farklı sonuçlar doğurabileceğini düşündürmektedir. Bununla beraber araştırmanın yoğunluğu bu araştırmadan farklıydı. Yüksek yoğunlukta gerçekleştirilen uzun vadeli dayanıklılık antrenmanlarının dinlenik testosteron düzeyini anlamlı oranda düşürdüğünü ortaya koyan araştırmalar da bulunmaktadır (De Souza ve diğerleri, 1994; Lucía ve diğerleri, 2001). Her ne kadar egzersizler bu araştırmadan farklı olmuş olsa da uzun süreli yoğun egzersizlerin testosteron seviyesini anlamlı düzeyde azaltabileceği söylenebilir. Araştırma sonucu bu araştırmada yer alan TG testosteron düzeyleriyle paralellik göstermektedir. Araştırmada yer alan farklı zeminlerin egzersizin şiddetini etkileyebileceği, dolayısıyla hormonlar üzerinde farklı sonuçlar oluşturabileceği akla gelmektedir. Literatürde tekrarlı izokinetik ve geleneksel direnç egzersizlerinin uzun dönem sportif performans verilerinde artış sağladığını, fakat testosteron ve kortizol düzeylerinde anlamlı değişiklikler meydana getirmeyeceğini bildiren bir araştırma mevcuttur (Lee ve diğerleri, 2007). Bu iki farklı egzersiz modeli bu araştırmada yer alan MZG dinlenik testosteron ve kortizol düzeyleriyle paralellik göstermektedir. Araştırmada kullanılan farklı zeminlerin ve bu zeminlerde gerçekleştirilen pliometrik egzersizlerin anabolik ve katabolik hormonlar üzerinde farklı sonuçlar meydana getirebileceği söylenebilir.

5.4 Antrenmansızlığın Sportif Performans Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi

Literatürde yapılan araştırmalar incelendiğinde, Branquinho ve diğerleri (2020), 15 sağlıklı genç futbol oyuncusu ile gerçekleştirilen 8 haftalık pliometrik egzersizlerin ve ardından 4 haftalık antrenmansızlık döneminin sıçrama performansı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırmanın sonucunda, ön test ve son test değerleri karşılaştırıldığında sıçrama performansında %8,44 oranda anlamlı artış sağlanırken, katılımcıların son test ve 4 haftalık antrenmansızlık verilerinin %-2,57 oranında anlamlı düşüş gösterdiğini saptamışlardır. Ön test ile 4 haftalık antrenmansızlık sıçrama performans değerlerini karşılaştırdıklarında ise %5,66 oranında anlamlı artış olduğunu bildirmişlerdir. Benzer diğer bir araştırmada ise, araştırmacılar spor bilimleri fakültesinde öğrenci 20 sağlıklı erkek katılımcıyla düz zemin ve eğimli zemin üzerinde uzun süreli pliometrik egzersiz programı sonrası 4 haftalık antrenmansızlık evresinin sıçrama yüksekliği üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda her iki zeminde de sıçrama yüksekliği düşerken, anlamlı düşüşün eğimli zeminde gerçekleştirilen 20 ve 40 cm derinlik sıçraması performansında meydana geldiğini bildirmişlerdir (Kannas ve diğerleri, 2015). Katılımcıların antrenmansızlık evresi dinamik denge performanslarının değişimlerini değerlendirmeyi amaçlayan bir çalışmada, sağlıklı 20 erkek öğrenciye 6 hafta boyunca haftada 3 günlük bir pliometrik egzersiz programı uygulanmıştır. Araştırmacılar, katılımcıların dinamik denge performanslarındaki anlamlı azalmanın antrenmansızlığın 6. haftasında gerçekleştiğini tespit etmişlerdir (Dezhahang, Rostamkhany ve Naghilo, 2012). Ingle, Sleaf ve Tolfrey (2006) ise, 54 sağlıklı erkek çocuğa 12 hafta süre ile direnç egzersizleri ile kombine pliometrik egzersiz programı uygulatarak dikey sıçrama performanslarını incelemişlerdir. Daha sonra ise 12 hafta süreli antrenmansızlığın dikey sıçrama performansında nasıl bir değişim gösterebileceğini incelemişlerdir. Katılımcıların ilk 12 hafta sonunda performanslarında %4'lük gelişim gözlemlerlerken, 24. hafta antrenmansızlık dikey sıçrama performanslarında ise %4'lük bir azalma saptamışlardır. Hortobagay ve diğerleri (1993), 12 sağlıklı katılımcı ile gerçekleştirdikleri kuvvet egzersizleri programı sonrası, 2 haftalık antrenmansızlık periyodunun ardından katılımcıların bench press, squat, izometrik ve izokinetik bacak kuvvetinde ve dikey sıçramalarında hafif ancak anlamlı olmayan azalmalar gösterdiğini bildirmişlerdir. Neuffer, Costill,

Fielding, Flynn ve Kirwan (1987), gerçekleştirdikleri araştırmalarında sağlıklı 8 erkek yüzücüye uygulattıkları 5 aylık yüzme egzersiz programı sonrasında, 4 haftalık antrenmansızlık sürecinin ardından katılımcıların suda kuvvet uygulama yeteneklerinde %13,6 oranda anlamlı azalma gösterdiklerini ortaya koymuşlardır. Benzer başka bir çalışmada ise, yetişkin sağlıklı 11 erkek katılımcıya 24 hafta süreyle kuvvet antrenmanı uygulatılmış, ardından 12 haftalık antrenmansızlığın kas gücünde önemli oranda azalma gösterdiği saptanmıştır. Özellikle antrenmansızlığın 8 ile 12. haftalarında kuvvette %7-12 oranda azalma belirlenmiştir (Hakkinen, Alen ve Komi, 1985). Araştırmamızla paralel sonuçlar gösteren diğer bir çalışmada, 53 sağlıklı erkek üniversite öğrencisine haftada 3 gün ve 7 hafta süreyle direnç egzersizleri uygulatılmıştır. 1 haftalık antrenmansızlık evresi ardından izokinetik kas gücünde anlamlı bir düşüş yaşanmazken, 3 ve 5 haftalık antrenmansızlık süreci performans değerlerinde önemli düşüşlerin meydana geldiği tespit edilmiştir. Tespit edilen bu değerlerin ise, katılımcıların ön test performans değerlerinin üzerinde kaldığını ayrıca belirtmişlerdir (Sysler ve Stull, 1970). Literatürde araştırmamızın antrenmansızlık performans sonuçlarına zıtlık oluşturan araştırmalarda saptanmıştır. Fathi ve diğerleri (2019), 60 sağlıklı genç voleybol oyuncusuna, 16 haftalık bir pliometrik egzersiz programı uygulatmış, bununla beraber katılımcıların dikey sıçrama performanslarının anlamlı düzeyde arttığını bildirmişlerdir. Genç voleybolcuların pliometrik egzersiz periyodundan sonra geçici bir antrenmansızlık döneminin performansta oluşan kazanımlara zarar vermeyeceğini belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, katılımcıların ön test performans değerlerine 16 haftalık bir antrenmansızlık sürecinin ardından tekrar geri döndüklerini belirlemişlerdir. Lehnert ve diğerleri (2013) ise, gerçekleştirdikleri araştırmalarında sağlıklı 12 elit basketbol oyuncusuna 6 hafta süreyle pliometrik egzersiz programı uygulatmışlar ve 6 hafta sonrası antrenmansızlık sıçrama performans değerlerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda katılımcıların performans değerlerini 6 hafta süreyle koruyabildiklerini saptamışlardır. Kanniyan, Ibrahim ve Al Moslim (2012), 18-25 yaş aralığında sağlıklı erkek futbol oyuncularını üzerinde gerçekleştirilen 6 haftalık pliometrik egzersizlerin dikey sıçrama performansını arttırdığı ve 2 haftalık antrenmansızlık evresinde katılımcıların sıçrama performans değerlerini koruduğunu bildirmişlerdir. Nakamura, Suzuki, Yasumatsu ve Akimoto (2012), 29 sağlıklı erkek futbolcuyu müsabaka döneminin ardından 3 hafta sürecek olan koşu, pliometrik egzersiz ve egzersiz yapmayan kontrol grubu olarak 3 grubu ayırmışlardır. 3 haftalık bu program sonucunda grupların öncesi ve sonrası sürat

performans değerlerinde anlamlı bir farka rastlamamışlardır. Santos ve Janeira (2011), 24 sağlıklı genç basketbol oyuncusu ile 10 hafta boyunca, basketbol antrenmanlarının yanında haftada iki gün pliometrik egzersiz programı uygulatmışlardır. 10 hafta sonra ilk gruba azaltılmış bir pliometrik egzersiz programı yapmaları sağlanırken, diğer grubun pliometrik egzersiz uygulamalarını tamamıyla kesmişlerdir. Sonuç olarak katılımcıların araştırmanın 12. hafta ve 16. haftasında ölçtükleri dikey sıçrama performans değerlerinin, 10. hafta düzeylerini koruduğunu bildirmişlerdir. Santos ve Janeira (2009), 15 ergen basketbol oyuncusuna 10 hafta ve haftada 2 gün süreyle pliometrik egzersiz programı uygulatmışlar, araştırmanın sonucunda katılımcıların sıçrama performans verilerini 16 hafta boyunca koruyabildiklerini tespit etmişlerdir. Herrero, Izquierdo, Maffiuletti ve Garcia-Lopez (2006), beden eğitimi bölümünde öğrenci 40 sağlıklı erkek katılımcıyla 4 haftalık pliometrik egzersiz programı ve 2 haftalık antrenmansızlık evresinin sıçrama performansı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Araştırmalarının sonucunda, 4 haftalık pliometrik egzersizlerin ardından performansta anlamlı bir değişimin gerçekleşmediğini, bununla beraber 2 haftalık antrenmansızlık evresinde de katılımcıların sıçrama performanslarında anlamlı bir değişiklik olmadığını ortaya koymuşlardır. Marques ve Gonzalez-Badillo (2006), yaş ortalaması 23 olan sağlıklı üst düzey hentbol oyuncuyla 12 hafta süreli bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Araştırmanın ilk 6 haftası rutin hentbol antrenmanlarının yanında direnç egzersizleri gerçekleştirirken, araştırmanın 7. haftasından itibaren bu direnç egzersizlerini kesmişlerdir. Araştırmanın sonucunda, ön test ve 6. hafta, ön test ve 12. hafta, 6. hafta ve 12. hafta sıçrama ve sürat performans değerlerinde anlamlı artışların olduğunu tespit etmişlerdir. Diallo, Dore, Duche ve Van Praagh (2001), 12-13 yaş sağlıklı 20 erkek katılımcıya 10 hafta boyunca futbol antrenmanlarına ek çeşitli pliometrik egzersizler içeren bir antrenman programı uygulatmışlar ve bu program sonucunda sıçrama performansında anlamlı gelişme tespit etmişlerdir. 10 haftalık bu antrenmanın ardından katılımcıların pliometrik antrenmanların tamamen kaldırıldığı ve yalnızca futbol antrenmanlarına devam edildiği 8 haftalık bir programa geçmişlerdir. Bu 8 haftalık sürecin sonrasında katılımcıların sıçrama performanslarında herhangi bir değişimin olmadığını bildirmişlerdir. Faigenbaum ve diğerleri (1996), 7-12 yaş aralığında toplam 15 sağlıklı erkek ve kız çocuktan oluşan araştırma grubuna 8 haftalık bir kuvvet programı uygulatmışlar ve ardından antrenmansızlığın performans üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Katılımcıların performanslarında antrenmansızlığın 4. haftasında

anlamli düşüşlerin olduğunu fakat bu düşüşlerin ön test değerlerinden hala daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Araştırmanın antrenmansızlığın dikey sıçrama ve dinamik denge performansı üzerindeki ana bulguları incelendiğinde, mat zemin ve mini trampolin zeminde gerçekleştirilen pliometrik egzersizlerin grup içi t0-t2, t0-t3 test değerleri arasında anlamlı artışlar tespit edilmişken, t1-t2, t1-t3 test değerlerinde anlamlı düşüşler gözlemlenmiştir. MZG ve TG ön test ile antrenmansızlık periyodu karşılaştırıldığında, TG lehine t2 ve t3 verilerinin anlamlı derecede yüksek olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.6). Mevcut araştırmanın bulguları doğrultusunda, 2 haftalık antrenmansızlık sürecinde katılımcıların dikey sıçrama ve dinamik denge performanslarında kullanılan yüzeyinde etkili olabileceği söylenebilir. Araştırma sonuçlarına zıtlık gösteren ve pliometrik antrenman içeren araştırmaların antrenmansızlık performans değerlerini 2 ila 16 hafta süresince koruyabildiği bildirilmiştir (Santos ve Janeira, 2009; Santos ve Janeira, 2011; Kanniyan, Ibrahim ve Al Moslim, 2012; Lehnert ve diğerleri, 2013; Fathi ve diğerleri, 2019). Bunun nedeni olarak bu araştırmalardaki katılımcıların elit takım sporcuları tarafından oluşması ve bir kısım araştırmalarda sporcuların antrenmansızlık döneminde aktif spor hayatlarına devam etmelerinin, dahası araştırmalarda tam dinlenme yapmış olsalar bile aktif sporcuların performanslarını daha uzun süre koruyabileceklerini düşündürmektedir. Benzer sonuçlar ortaya koyan bir diğer araştırma sonucunda ise, 10 haftalık futbol antrenmanları ile birlikte gerçekleştirilen pliometrik egzersizlerin sonucunda sportif performanstaki anlamlı artışın 8 hafta boyunca korunduğu bildirilmiştir (Diallo, Dore, Duche ve Van Praagh, 2001). Bu araştırma sürecinde pliometrik egzersizlerin antrenmansızlık periyodunda gerçekleştirilmezken, futbol antrenmanlarının devam etmesi bu 8 haftalık süreçte performansın korunabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca bu araştırma grubunu 12-13 yaş ergen erkek katılımcıların oluşturmasının, büyüme ve gelişim evresinde olan bu çocukların performans sonuçlarını olağan olarak olumlu yönde etkileyebileceği de akla gelmektedir. Aktif futbol oyuncularının sezon sonrası 3 hafta süre ve 3 farklı grup (pliometrik egzersiz, koşu ve kontrol) performansı sonuçları arasında anlamlı bir farkın gerçekleşmediği bir araştırmaya da rastlanmıştır (Nakamura, Suzuki, Yasumatsu ve Akimoto, 2012). Bu netice aktif sporcularda kısa süreli antrenmana ara verilmesi veya azaltım antrenmanlarının sportif performansı olumsuz yönde düşürmeyebileceğini düşündürmektedir. Antrenmansızlığın sportif performans son test değerlerini 12 hafta süreyle koruyabilen bir diğer çalışma (Ingle, Sleaf ve Tolfrey,

2006) ise, gelişme çağında olan çocuklar üzerinde yapılması ve direnç egzersizleri ile beraber kombine pliometrik egzersizlerden oluşan bir program çerçevesinde uygulanmasının sıçrama performans sonuçlarını sabit tutabilmiş olabileceği düşünülebilir. Herrero, Izquierdo, Maffiuletti ve Garcia-Lopez (2006), gerçekleştirdikleri araştırmalarında 4 haftalık pliometrik egzersiz programının katılımcıların dikey sıçrama performansında anlamlı bir değişimin gerçekleşmediği gibi 2 haftalık antrenmansızlık periyodunda da anlamlı bir performans değişiminin olmadığını tespit etmişlerdir. Pliometrik egzersiz programının 4 hafta gibi kısa bir süre ve rekreatif bireyler ile gerçekleştirilmesinin performansı anlamlı düzeyde arttırmamış olabileceği ve yeterli bir artışın olmamasının sonucunda da performansta anlamlı bir düşüşün oluşmayacağı olağan bir durum olarak düşünülebilir. Marques ve Gonzalez-Badillo (2006), araştırmalarında üst düzey hentbol oyuncularının 6 haftalık antrenman programlarına ayrıca 6 hafta süreyle direnç egzersizleri eklemişler ve sporcuların sıçrama ve sürat performanslarında anlamlı artış tespit etmişlerdir. Antrenmansızlık periyodu sonunda sportif performansta anlamlı artışın devam ettiğini bildirmişlerdir. Araştırma sonuçlarının artışla sonuçlanmasının katılımcıların profesyonel sporcu olmasının yanı sıra antrenmansızlık döneminde rutin hentbol antrenmanlarını sürdürmeleri olarak düşünülebilir. Araştırma sonuçları ile paralellik gösteren daha önceki araştırmalarda, pliometrik antrenman içeren programlar sonrasında katılımcıların antrenmansızlık sürecindeki sportif performans değerlerinin anlamlı düzeyde düştüğü bildirilmiştir (Dezhahang, Rostamkhany ve Naghiloo, 2012; Kannas ve diğerleri, 2015; Branquinho ve diğerleri, 2020). Branquinho ve diğerleri (2020), gerçekleştirmiş oldukları araştırmalarında pliometrik egzersiz programı ardından 4 haftalık antrenmansızlık evresinde sportif performansta son teste oranla her ne kadar anlamlı bir düşüş saptamış olsalarda, bu değerlerin ön test değerlerinden anlamlı oranda yüksek olduğu sonucunu da vurgulamışlardır. Kuvvet egzersiz içeren 7 ve 8 haftalık programlar ardından gerçekleştirilen 3 ila 5 haftalık antrenmansızlık dönemlerinde de sportif performansta anlamlı düşüşlerin olduğu araştırmalara rastlanmıştır (Sysler ve Stull, 1970; Faigenbaum ve diğerleri, 1996). Daha önceki araştırmalarda uzun süreli kuvvet antrenmanları sonrasında ki antrenmansızlık periyodunda sportif performansta düşüş görülen çalışmaların yanı sıra (Hakkinen, Alen ve Komi, 1985; Hortobagy ve diğerler, 1993), uzun süreli yüzme antrenmanlarının ardından 4 haftalık antrenmansızlık periyodu performans sonuçlarında da anlamlı kuvvet düşüşlerine rastlanmıştır (Neufer ve diğerleri, 1987).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmada trampolin ve mat zemin üzerinde uygulanan 8 haftalık pliometrik antrenmanlarının genç erkekler üzerinde dikey sıçrama ve dinamik denge performansı, CK enzim aktivitesi, testosteron ve kortizol hormonu düzeyleri, egzersiz periyodundan sonra 2 haftalık antrenmansızlığın performans üzerine etkilerine dair aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

- Dikey sıçrama performans parametreleri doğrultusunda her iki zemin için de benzer anlamlı artışların olduğu görülmüş, her iki zeminin sıçrama performansı için tercih edilebileceği söylenebilir.
- Dinamik denge skorları incelendiğinde trampolin zeminin performans verilerinin gruplar arasında anlamlı düzeyde artış gösterdiği saptanmıştır.
- Antrenmansızlık dikey sıçrama ve dinamik denge performans verilerinin ön test değerleri ile karşılaştırıldığında her iki antrenman zemininde de anlamlı artışların gözlemlenmesinin yanısıra gruplar arası performans değerlerinde trampolin zemin lehine anlamlı oranda fark belirlenmiştir.
- MZG ve TG'den 24, 48 ve 72. saatlerde elde edilen biyokimyasal örneklerin CK enzim aktivitesinde anlamlı artışlar görülmüştür. Antrenman grupları CK düzeyleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır.
- Araştırmada elde edilen bilimsel veriler doğrultusunda, egzersiz gruplarının CK değerlerinde anlamlı fark görülmemesi, TG'nin dikey sıçrama ve dinamik denge performansı ve daha sonraki antrenmansızlık süreçlerindeki anlamlı pozitif sonuçları doğrultusunda, pliometrik egzersizlerde mini trampolin zemin tercih edilebilir.
- 8 hafta uygulanan pliometrik antrenmanlar neticesinde TG ve KG grup içi ön test ile son test serum testosteron değerleri arasında anlamlı düşüşler olduğu saptanmıştır. MZG serum testosteron değerinde ise anlamlı fark tespit edilmemiştir.

- Kortizol hormonu bulguları incelendiğinde, MZG grup içi ön test ile son test değerleri arasında anlamlı düşüş saptanırken, gruplar arası karşılaştırma sonuçlarında anlamlı fark bulunmamıştır.
- Uzun süreli yoğun hacimli pliometrik egzersizlerin hormonlar üzerinde ortaya çıkarabileceği değişikliklerin yanı sıra, bu farkların uygulanan yüzeylerden de etkilenebileceği düşünülebilir.

Araştırmanın sonuçları doğrultusunda aşağıdaki öneriler dikkate alınabilir:

Araştırmacılara yönelik öneriler;

- Benzer araştırma amatör ve elit düzeyde spor geçmişine sahip kadınlar bireylerde incelenebilir.
- Yapılacak araştırmalarda daha uzun süreli antrenmansızlığın sportif performans verileri üzerindeki etkileri incelenebilir.
- Mini trampolin ve mat zeminin katılımcılar üzerinde oluşturmuş olduğu kas hasarı düzeylerini uzun sürede tekrar değerlendirilip sonuçların karşılaştırılmasının katılımcıların zeminler üzerindeki adaptasyon süreçlerini öğrenebilmek açısından yararlı olabilir.
- Farklı zeminlerde uygulanan pliometrik egzersizlerin hormonlar üzerindeki uzun süreli etkilerini inceleyen araştırmalar gerçekleştirilebilir.

Antrenör ve sporculara yönelik öneriler;

- Dinamik denge ve dikey sıçramanın önemli olduğu spor dallarında, pliometrik egzersizlerin trampolin zeminde gerçekleştirilmesi, hem performans gelişimi hem de sportif performansı daha uzun süre koruyabilmek için faydalı olabilir.
- Sert zeminlerde pliometrik egzersiz yapmaları sakıncalı bireyler veya çocuklar için trampolin zemin ile gerçekleştirilen pliometrik antrenmanlar performans gelişimi için önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Açıkada C., ve Ergen E. (1990). Bilim ve Spor (s. 101-159). Ankara: Büro-Tek Ofset Matbaacılık.
- Adebero, T., McKinlay, B. J., Theocharidis, A., Root, Z., Josse, A. R., Klentrou, P., and Falk, B. (2019). Salivary and serum concentrations of cortisol and testosterone at rest and in response to intense exercise in boys versus men. *Pediatric Exercise Science*, 32(2), 65-72.
- Adeniran, S. A., and Toriola, A. L. (1989). Effects of different running programmes on body fat and blood pressure in schoolboys aged 3-7 years. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 28(3), 267-273.
- Akin, M., and Kesilmiş, İ. (2020). The effect of blood flow restriction and plyometric training methods on dynamic balance of taekwondo athletes. *Pedagogy of Physical Culture and Sports*, 24(4), 157-162.
- Alikhani, R., Shahrjerdi, S., Golpaigany, M., and Kazemi, M. (2019). The effect of a six-week plyometric training on dynamic balance and knee proprioception in female badminton players. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 63(3), 144.
- Allen, D. G. (2001). Eccentric muscle damage: mechanisms of early reduction of force. *Acta Physiologica Scandinavica*, 171(3), 311-319.
- Arabatzi, F. (2016). Adaptations in movement performance after plyometric training on mini-trampoline in children. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 58(1-2), 66-72.
- Aragao, F. A., Karamanidis, K., Vaz, M. A., and Arampatzis, A. (2011). Mini-trampoline exercise related to mechanisms of dynamic stability improves the ability to regain balance in elderly. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(3), 512-518.
- Arazi, H., and Asadi, A. (2011). The effect of aquatic and land plyometric training on strength, sprint, and balance in young basketball players.
- Arazi, H. (2012). Effects of high-intensity plyometric training on dynamic balance, agility, vertical jump and sprint performance in young male basketball players. *Journal of Sport and Health Research*, 4(1), 35-44.
- Arazi, H., Eston, R., Asadi, A., Roozbeh, B., and Saati Zarei, A. (2016). Type of ground surface during plyometric training affects the severity of exercise-induced muscle damage. *Sports*, 4(1), 15.
- Aron DC., Findling JW., and Tyrell JB. (1997). Hypothalamus and pituitary. In: Greenspan FS, Strewler GJ. Basic and clinical endocrinology. (5nd Ed.). Stamford, Appleton and Lange; 95-156.

- Asadi, A.** (2013). Effects of in-season plyometric training on sprint and balance performance in basketball players. *Sport Science*, 6(1), 24-27.
- Asadi, A., de Villarreal, E. S., and Arazi, H.** (2015). The effects of plyometric type neuromuscular training on postural control performance of male team basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(7), 1870-1875.
- Ascensão, A., Rebelo, A., Oliveira, E., Marques, F., Pereira, L., and Magalhães, J.** (2008). Biochemical impact of a soccer match-analysis of oxidative stress and muscle damage markers throughout recovery. *Clinical biochemistry*, 41(10-11), 841-851.
- Ası T.** (1999). Çizelgelerle biyokimya (2. Baskı), Ankara: 71-106.
- Atiković, A., Mujanović, A. N., Mehinović, J., Mujanović, E., and Bilalić, J.** (2018). Effects of a mini-trampoline exercise during 15 weeks for increasing the vertical jump performance. *Sport Scientific & Practical Aspects*, 15(1).
- Bavlı, Ö.** (2009). *Havuz pliometrik egzersizleri ile alan pliometrik egzersizlerin adolesan dönem basketbolcuların biyomotorik ve yapısal özelliklerine etkisi* (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Baechle T. R., Earle R. W.** (2000). *Essentials of Strength Training and Conditioning* (2nd Ed.), Champaign, IL, Human Kinetics.
- Baktaal D. G.** (2008). *16-22 yaş bayan voleybolcularda pliometrik çalışmaların dikey sıçrama üzerine etkilerinin belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Baumann G., Amburn K. D., and Buchanan T. A.** (1987). The effect of circulating growth hormone-binding protein on metabolic clearance, distribution, and degradation of human growth hormone. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 64(4), 657-660.
- Beaven, C.** (2008). Salivary testosterone and cortisol responses following four resistance training protocols in professional rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 426-432.
- Beaven, C. M., Gill, N. D., Ingram, J. R., and Hopkins, W. G.** (2011). Acute salivary hormone responses to complex exercise bouts. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(4), 1072-1078.
- Bencke, J., Damsgaard, R., Sækmose, A., Jørgensen, P., Jørgensen, K., and Klausen, K.** (2002). Anaerobic power and muscle strength characteristics of 11 years old elite and non-elite boys and girls from gymnastics, team handball, tennis and swimming. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 12(3), 171-178.
- Berg, U., Enqvist, J. K., Mattsson, C. M., Carlsson-Skwirut, C., Sundberg, C. J., Ekblom, B., and Bang, P.** (2008). Lack of sex differences in the IGF-IGFBP response to ultra endurance exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18(6), 706-714.
- Bhogavan, N. V.** (2002). Medical biochemistry, capter 31-34. *Endocrin Metabolism II. Hypothalamus and pituitary, repuroductive system pp*, 729-801.

- Biju, S. S.** (2019). Effect of plyometric exercises on dynamic Balance among the Kho-Kho players.
- Bobbert, M. F., and Huijing, P. A.** (1987). Drop jumping. I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(4), 332-338.
- Bobbert, M. F.** (1990). Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sports Medicine*, 9(1), 7-27.
- Bompa, T. O.** (2013). Sporda Çavuk Kuvvet Antrenmanı-Plyometrik (s. 6-87). Ankara: Spor Yayınevi ve Kitabevi.
- Bompa, T.** (1999). Periodization Training for Sports: Theory and Methodology (4nd Ed.). Human Kinetics Publishers.
- Bompa, T. O.** (2001a). Sporda çabuk kuvvet antrenmanı (s. 6-27, 50-52). Ankara: Bağırğan Yayınevi.
- Bompa, T. O.** (2001b). Antrenman Kuramı ve Yöntemi (2. Baskı). Ankara: Bağırğan Yayınevi.
- Bosco, C.** (1985). Stretch-shortening cycle in skeletal muscle function and physiological considerations on explosive power in man. *Atleticastudi*, 16(1), 7-113.
- Boz İ.** (2013). *Kurkumin takviyesinin sıçanlarda ekzantrik egzersizle oluşan kas hasarı üzerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Böge V.** (2017). *Kuvvet antrenmanlarında farklı kasılma tiplerine bağlı gelişen kas hasarı ve yorgunluğunun bazı biyokimyasal parametreler ile belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Brancaccio, P., Limongelli, F. M., and Maffulli, N.** (2006). Monitoring of serum enzymes in sport. *British journal of sports medicine*, 40(2), 96-97.
- Branquinho, L., Ferraz, R., Mendes, P. D., Petricia, J., Serrano, J., and Marques, M. C.** (2020). The Effect of an In-Season 8-Week Plyometric Training Programme Followed By a Detraining Period on Explosive Skills in Competitive Junior Soccer Players. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 9(1), 33-40.
- Brown, S., Day, S., and Donnelly, A.** (1999). Indirect evidence of human skeletal muscle damage and collagen breakdown after eccentric muscle actions. *Journal of Sports Sciences*, 17(5), 397-402.
- Byrne, C., Twist, C., and Eston, R.** (2004). Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage. *Sports Medicine*, 34(1), 49-69.
- Cadore, E. L., Pinheiro, E., Izquierdo, M., Correa, C. S., Radaelli, R., Martins, J. B., ... and Pinto, R. S.** (2013). Neuromuscular, hormonal, and metabolic responses to different plyometric training volumes in rugby players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(11), 3001-3010.
- Chatzinikolaou, A., Fatouros, I. G., Gourgoulis, V., Avloniti, A., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., ... and Tofas, T.** (2010). Time course of changes in performance and inflammatory responses after acute plyometric exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1389-1398.

- Cherni, Y., Jelid, M. C., Mehrez, H., Shephard, R. J., Paillard, T. P., Chelly, M. S., and Hermassi, S.** (2019). Eight weeks of plyometric training improves ability to change direction and dynamic postural control in female basketball players. *Frontiers in physiology*, *10*, 726.
- Cho, H. R., and Lee, K. S.** (2010). The effects of plyometric training on dynamic balance ability with twenty normal adults six weeks. *PNF and Movement*, *8*(1), 59-65.
- Choi, S. H.** (2011). Effects of Weight Training and Plyometric Training for Fitness and Functional Stability on Collegiate Male. *The Official Journal of the Korean Academy of Kinesiology*, *13*(1), 63-73.
- Chu, D. A., and Plummer, L.** (1984). The language of plyometrics. *Strength and Conditioning Journal*, *6*(5), 30-31.
- Chu, D. A.** (1998). *Jumping into plyometrics* (2nd Ed.). Human Kinetics.
- Chu D.** (2003). *Plyometric Exercises with The Medicine Ball* (2nd Ed.). California: Bittersweet Publishing Company.
- Chu, D. A., Faigenbaum, A. D., and Falkel, J. E.** (2006). *Progressive Plyometrics for Kids*. Monterey, CA: Healthy Learning.
- Chu, D. A., and Meyer, G. C.** (2013). *Plyometrics*. Human Kinetics.
- Clark, M., Lucett, S., and Kirkendall, D. T.** (2010). *NASM's Essentials of Sports Performance Training*. Lippincott Williams and Wilkins.
- Clarkson, P. M., and Hubal, M. J.** (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, *81*(11), 52-69.
- Cockburn, E., Hayes, P. R., French, D. N., Stevenson, E., and St Clair Gibson, A.** (2008). Acute milk-based protein-CHO supplementation attenuates exercise-induced muscle damage. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, *33*(4), 775-783.
- Consolazio, C. F.** (1963). Physiological measurements of metabolic functions in man. *The Computation of Metabolic Balances*, 313-317.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., and Newton, R. U.** (2011). Developing maximal neuromuscular power. *Sports Medicine*, *41*(1), 17-38.
- Correia, G. A. F., Freitas Júnior, C. G. D., Lira, H. A. A. D. S., Oliveira, S. F. M. D., Santos, W. R. D., Silva, C. K. D. F. B. D., ... and Paes, P. P.** (2020). The effect of plyometric training on vertical jump performance in young basketball athletes. *Journal of Physical Education*, *31*.
- Crameri, R. M., Langberg, H., Magnusson, P., Jensen, C. H., Schröder, H. D., Olesen, J. L., ... Kjaer, M.** (2004). Changes in satellite cells in human skeletal muscle after a single bout of high intensity exercise. *The Journal of Physiology*, *558*(1), 333-340.
- Crewther, B., Cronin, J., and Keogh, J.** (2006). Possible stimuli for strength and power adaptation: acute metabolic responses. *Sports Medicine*, *36*(1), 65-79.
- Crowther, R. G., Spinks, W. L., Leicht, A. S., and Spinks, C. D.** (2007). Kinematic responses to plyometric exercises conducted on compliant and noncompliant surfaces. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*(2), 460.

- Çakmakcı S. (2013).** *Farklı Branşlardaki Sporcularda Anaerobik Egzersizin Bazı Hormon Düzeylerine Etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya: 1-18.
- Cumming DC., Brunsting LA., Strich G., Ries AL., and Rebar RW. (1986).** Reproductive Hormone Increases In Response To Acute Exercise In Man, *med. Sci. Sports Exerc*, 18(4), 369-373.
- Çimenli, Ö., Koç, H., Çimenli, F., ve Kaçoğlu, C. (2016).** Effect of an eight-week plyometric training on different surfaces on the jumping performance of male volleyball players. *Journal of Physical Education and Sport*, 16(1), 162.
- Dahab, K. S., and McCambridge, T. M. (2009).** Strength training in children and adolescents: raising the bar for young athletes?. *Sports Health*, 1(3), 223-226.
- Daniels, M. E. (1992).** Lilly's Humatrope experience. *Bio/Technology*, 10(7), 812-812.
- De Souza, M. J., Arce, J. C., Pescatello, L. S., Scherzer, H. S., and Luciano, A. A. (1994).** Gonadal hormones and semen quality in male runners. *International journal of sports medicine*, 15(07), 383-391.
- De Villarreal, E. S. S., Kellis, E., Kraemer, W. J., and Izquierdo, M. (2009).** Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), 495-506.
- Deyhle, M. R., Sorensen, J. R., and Hyldahl, R. D. (2016).** Induction and assessment of exertional skeletal muscle damage in humans. *Journal of Visualized Experiments*, 118, e54859.
- Dezhahang, M., Rostamkhany, H., & Naghloo, Z. (2012).** The effect of two-, four-and six-week detraining after a period of plyometric training on postural control in male students. *Journal of Research in Rehabilitation Sciences*, 7(2), 141-148.
- Diallo, O., Dore, E., Duche, P., and Van Praagh, E. (2001).** Effects of plyometric training followed by a reduced training programme on physical performance in prepubescent soccer players. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 41(3), 342.
- Dündar U. (2015).** Antrenman Teorisi, (9. Baskı). Ankara: Nobel Kitapevi, 238.
- Eiras, A. E., Dos Reis, R. L., Silva, P. A., Monteiro, A. N., Pereira, R., and Machado, M. (2009).** Drop jump and muscle damage markers. *Serbian Journal of Sports Sciences*, 3(1-4), 81-84.
- Epstein Y. (1995).** Clinical significance of serum creatine phosphokinase activity levels following exercise. *Israel Journal of Medical Sciences*, 31, 698-699.
- Ergen, E., Demirel, H., Güner, R., Turnagöl, H., Başoğlu, S., Zergeroğlu, A. M., ... ve Hazır, T. (2002).** Egzersiz fizyolojisi ders kitabı. *Ankara: Nobel Yayın Dağıtım*, 3-19.
- Ersoy E., ve Bayşu N. (1981).** Pratik Biokimya. Ankara: Veteriner Fakültesi Yayınları, 109.
- Eston, R., Byrne, C., and Twist, C. (2003).** Muscle function after exercise-induced muscle damage: Considerations for athletic performance in children and adults. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 1(2), 85-96.

- Faigenbaum, A. D., Westcott, W. L., Micheli, L. J., Outerbridge, A. R., Long, C. J., LaRosa-Loud, R., and Zaichkowsky, L. D.** (1996). The effects of strength training and detraining on children. *Journal of strength and Conditioning Research*, 10, 109-114.
- Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., and Buchner, A.** (2007). G* Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior research methods*, 39(2), 175-191.
- Fathi, A., Hammami, R., Moran, J., Borji, R., Sahli, S., and Rebai, H.** (2019). Effect of a 16-week combined strength and plyometric training program followed by a detraining period on athletic performance in pubertal volleyball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(8), 2117-2127.
- Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Leontsini, D., Taxildaris, K., Aggelousis, N., Kostopoulos, N., and Buckenmeyer, P.** (2000). Evaluation of plyometric exercise training, weight training, and their combination on vertical jumping performance and leg strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 14(4), 470-476.
- Fein, J. T., Haymes, E. M., and Buskirk, E. R.** (1975). Effects of daily and intermittent exposures on heat acclimation of women. *International journal of biometeorology*, 19(1), 41-52.
- Fishbeck, M., Janot, J., Heil, C., Alsheskie, E., Daleiden, A., Erickson, E., ... and Somerville, N.** (2013). The effects of plyometric and agility training on balance and functional measures in middle aged and older adults. *Journal of Fitness Research*, 2(1), 30-40.
- Fleck, S. J., and Kraemer, W.** (1997). *Designing Resistance Training Programs* (2nd Ed.). Champaign: Human Kinetics.
- Fouré, A., and Bendahan, D.** (2017). Is branched-chain amino acids supplementation an efficient nutritional strategy to alleviate skeletal muscle damage? A systematic review. *Nutrients*, 9(10), 1047.
- Fox, E. L., Bowers, R. W., and Foss, M. L.** (1988). *The Physiological Basis of Physical Education and Athletics* (4nd Ed.). New York.
- Fox, E. L., Bowers, R. W. and Foss, M. L.** (1999). *Beden Eğitimi ve Sporun Fizyolojik Temelleri*. Ankara: Bağırğan Yayınevi.
- Friden, J., and Lieber, R. L.** (1998). Segmental muscle fiber lesions after repetitive eccentric contractions. *Cell and Tissue Research*, 293(1), 165-171.
- Friden, J., and Lieber, R. L.** (2001). Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components. *Acta Physiologica Scandinavica*, 171(3), 321-326.
- Fry, A. C., Kraemer, W. J., Gordon, S. E., Stone, M. H., Warren, B. J., Fleck, S. J., and Kearney, J. T.** (1994). Endocrine responses to overreaching before and after 1 year of weightlifting. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 19(4), 400-410.
- Galata RM.** (2017). *Sporcularda Testosteron ve Serotonin Düzeyleri ve Saldırganlık İlişkisi* (Yüksek Lisans). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitim ve Spor Anabilim Dalı, Samsun.

- Gambetta, V.** (1989). Plyometrics for beginners-basic considerations. *New Studies in Athletics*, 4(1), 61-66.
- Gehri, D. J., Ricard, M. D., Kleiner, D. M., and Kirkendall, D. T.** (1998). A comparison of plyometric training techniques for improving vertical jump ability and energy production. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12, 85-89.
- Gelir, E., Koz, M., ve Ersöz, G.** (2016). Fiziyoloji Ders Kitabı (7. Baskı). Ankara: Nobel.
- Giannopoulou, A.** (2015). *Acute endocrine responses to plyometrics versus resistance exercise in children* (Master Degree). Brock University Faculty of Applied Health Sciences, Ontario.
- Gollnick, P. D., and Hodgson, D. R.** (1986). The identification of fiber types in skeletal muscle: a continual dilemma. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 14, 81-104.
- Gonzalo-Skok, O., Sánchez-Sabaté, J., Izquierdo-Lupón, L., and Sáez de Villarreal, E.** (2019). Influence of force-vector and force application plyometric training in young elite basketball players. *European journal of sport science*, 19(3), 305-314.
- Granacher, U., Prieske, O., Majewski, M., Büsch, D., and Muehlbauer, T.** (2015). The role of instability with plyometric training in sub-elite adolescent soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 36(05), 386-394.
- Guyton, A. C., ve Hall, J. E.** (2013). Tıbbi Fiziyoloji (12. Baskı). İstanbul: Nobel Tıp Kitapevi
- Günay, M.** (1998). Egzersiz fiziyojisi (2. Baskı). Ankara; Bağırhan Yayinevi, 29-115.
- Günay, M., Tamer, K., ve Cicioğlu, İ.** (2013). Spor Fiziyojisi ve Performans Ölçümü (3. Baskı). Ankara: Gazi Kitabevi. 45-257.
- Haff, G. G., and Triplett, N. T.** (2015). *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4nd Ed.). Human kinetics.
- Haff, G. G., and Whitley, A.** (2001). A Brief Review: Explosive Exercises and Sports Performance. *Natinonal Strength and Conditioning Association*, 23(3), 13-20.
- Hakkinen, K., Alen, M., & Komi, P. V.** (1985). Changes in isometric force-and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta physiologica scandinavica*, 125(4), 573-585.
- Hakkinen, K., and Pakarinen, A.** (1993). Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy-resistance protocols in male athletes. *Journal of Applied Physiology*, 74(2), 882-887.
- Hammami, M., Bragazzi, N. L., Hermassi, S., Gaamouri, N., Aouadi, R., Shephard, R. J., and Chelly, M. S.** (2020). The effect of a sand surface on physical performance responses of junior male handball players to plyometric training. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 12, 1-8.
- Hansen, S., Kvorning, T., Kjaer, M., and Sjøgaard, G.** (2001). The effect of short-term strength training on human skeletal muscle: the importance of physiologically elevated hormone levels. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 11(6), 347-354.

- Hazar, S.** (2004). Egzersize bağı iskelet ve kalp kası hasarı. *Spor Bilimleri Dergisi*, 2(3), 119-126.
- Hazır, T., Köse, M. G., Esatbeyoğlu, F., Ekinci, Y. E., ve İşler, A. K.** (2020). Yüksek şiddetli egzersizin bioelektrik impedans yöntemi ile ölçülen vücut kompozisyonu üzerine etkisi. *Spor Hekimliği Dergisi*, 55(2), 102-111.
- Herrero, J. A., Izquierdo, M., Maffiuletti, N. A., and Garcia-Lopez, J.** (2006). Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. *International journal of sports medicine*, 27(07), 533-539.
- Hilbert, J. E., Sforzo, G. A., and Swensen, T.** (2003). The effects of massage on delayed onset muscle soreness. *British Journal of Sports Medicine*, 37(1), 72-75.
- Hody, S., Croisier, J. L., Bury, T., Rogister, B., and Leprince, P.** (2019). Eccentric muscle contractions: Risks and benefits. *Frontiers in Physiology*, 10, 1-9.
- Hoffman, J.** (2002). *Physiological Aspects of Sport Training and Performance*. Champaign: Human Kinetics.
- Holcomb, W. R., Lander, J. E., Rutland, R. M., and Wilson, G. D.** (1996). The effectiveness of a modified plyometric program on power and the vertical jump. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 10(2), 89-92.
- Hortobágyi, T. I. B. O. R., Houmard, J. A., Stevenson, J. R., Fraser, D. D., Johns, R. A., and Israel, R. G.** (1993). The effects of detraining on power athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 25(8), 929-935.
- Houcine, B., Djamel, M., and Ahmed, A.** (2020). Plyometric Exercises Improves Muscular Power and Digital Achievement in High Jump Among Students. *Acta Facultatis Educationis Physicae Universitatis Comenianae*, 60(2), 158-169.
- Hough, J., Robertson, C., and Gleeson, M.** (2015). Blunting of exercise-induced salivary testosterone in elite-level triathletes with a 10-day training camp. *International journal of sports physiology and performance*, 10(7), 935-938.
- Houmard, J. A., Costill, D. L., Mitchell, J. B., Park, S. H., Fink, W. J., & Burns, J. M.** (1990). Testosterone, cortisol, and creatine kinase levels in male distance runners during reduced training. *International journal of sports medicine*, 11(01), 41-45.
- Howatson, G., Hoad, M., Goodall, S., Tallent, J., Bell, P. G., and French, D. N.** (2012). Exercise-induced muscle damage is reduced in resistance-trained males by branched chain amino acids: a randomized, double-blind, placebo controlled study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 9(1), 20.
- Isik Ö., ve Cicioğlu. H.I.** (2016). Dehydration, skeletal muscle damage and inflammation before the competitions among the elite wrestlers. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(1), 162-168.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Martino, F., Fiorini, S., and Wisloff, U.** (2008). Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and jumping and sprinting ability in soccer players. *British journal of sports medicine*, 42(1), 42-46.

- Ingle, L., Sleep, M., and Tolfrey, K.** (2006). The effect of a complex training and detraining programme on selected strength and power variables in early pubertal boys. *Journal of sports sciences*, 24(9), 987-997.
- Jakeman, J. R., Byrne, C., and Eston, R. G.** (2010). Lower limb compression garment improves recovery from exercise-induced muscle damage in young, active females. *European journal of applied physiology*, 109(6), 1137-1144.
- Jakeman, J. R., Macrae, R., and Eston, R.** (2009). A single 10-min bout of cold-water immersion therapy after strenuous plyometric exercise has no beneficial effect on recovery from the symptoms of exercise-induced muscle damage. *Ergonomics*, 52(4), 456-460.
- Jackman, S. R., Witard, O. C., Jeukendrup, A. E., and Tipton, K. D.** (2010). Branched-chain amino acid ingestion can ameliorate soreness from eccentric exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 42(5), 962-970.
- Jamurtas, A. Z., Fatouros, I. G., Buckenmeyer, P., Kokkinidis, E., Taxildaris, K., Kambas, A., and Kyriazis, G.** (2000). Effects of plyometric exercise on muscle soreness and plasma creatine kinase levels and its comparison with eccentric and concentric exercise. *Journal of strength and conditioning research*, 14(1), 68-74.
- Jamurtas, A. Z., Theocharis, V., Tofas, T., Tsiokanos, A., Yfanti, C., Paschalis, V., ... and Nosaka, K.** (2005). Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage. *European journal of applied physiology*, 95(2-3), 179-185.
- Jlid, M. C., Coquart, J., Maffulli, N., Paillard, T., Bisciotti, G. N., and Chamari, K.** (2020). Effects of in Season Multi-Directional Plyometric Training on Vertical Jump Performance, Change of Direction Speed and Dynamic Postural Control in U-21 Soccer Players. *Frontiers in Physiology*, 11, 374.
- Jlid, M. C., Racil, G., Coquart, J., Paillard, T., Bisciotti, G. N., and Chamari, K.** (2019). Multidirectional Plyometric Training: Very Efficient Way to Improve Vertical Jump Performance, Change of Direction Performance and Dynamic Postural Control in Young Soccer Players. *Frontiers in Physiology*, 10.
- Jemni, M., Friemel, F., Sands, W., and Mikesky, A.** (2001). Evolution of the physiological profile of gymnasts over the past 40 years. A review of the literature. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 26(5), 442-456.
- Jenkins, P. J.** (1999). Growth hormone and exercise. *Clinical endocrinology*, 50(6), 683-689.
- Johnson, B. A., Salzberg, C. L., and Stevenson, D. A.** (2011). A systematic review: plyometric training programs for young children. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(9), 2623-2633.
- Jong, D.** (1998). Serum free IGF-I, total IGF-I, IGFBP-1 and IGFBP-3 levels in an elderly population: relation to age and sex steroid levels. *Clinical Endocrinology*, 48(4), 471-478.
- Jones, D. A., Newham, D. J., Round, J. M., and Tolfree, S. E.** (1986). Experimental human muscle damage: Morphological changes in relation to other indices of damage. *Journal of Applied Physiology*, 375(1), 435-448.

- Jurado-Lavanant, A., Alvero-Cruz, J. R., Pareja-Blanco, F., Melero-Romero, C., Rodríguez-Rosell, D., and Fernandez-Garcia, J. C.** (2015). The effects of aquatic plyometric training on repeated jumps, drop jumps and muscle damage. *Int J Sports Med*, 39, 764-772.
- Kannas, T. M., Amiridis, I. G., Arabatzi, F., Katis, A., and Kellis, E.** (2015). Changes in specific jumping performance after detraining period. *J Sports Med Phys Fitness*, 55, 1150-1156.
- Kanniyan, A., Ibrahim, S., and Al Moslim, H.** (2012). The detraining and training effects of different training programs on selected bio-motor abilities of college level football players. *Journal of Physical Education and Sport*, 12(4), 531.
- Karamizrak, S. O., Ergen, E., Töre, I. R., and Akgün, N.** (1994). Changes in serum creatine kinase, lactate dehydrogenase and aldolase activities following supramaximal exercise in athletes. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 34(2), 141.
- Karbak K.** (1990). *Biyoloji*, Ant. Yayınları. Ankara.
- Kaynar Ö.** (2014). *Elit Güreşçilerde Antrenmanın Hipofiz Bezi Hormonları ve Karaciğer Enzimleri Üzerine Etkisi* (Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Sağlık Bilimleri Anabilim Dalı, Erzurum.
- Kenney, W. L., Wilmore, J. H., and Costill, D. L.** (2011). *Physiology of Sport and Exercise*. (5nd Ed.). Champaign: Human Kinetics.
- Kephart, W. C., Mumford, P. W., McCloskey, A. E., Holland, A. M., Shake, J. J., Mobley, C. B., ... and Moon, J. R.** (2016). Post-exercise branched chain amino acid supplementation does not affect recovery markers following three consecutive high intensity resistance training bouts compared to carbohydrate supplementation. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 13(1), 30.
- Khan, M. A., Moiz, J. A., Raza, S., Verma, S., MY, S., Anwer, S., and Alghadir, A.** (2016). Physical and balance performance following exercise induced muscle damage in male soccer players. *Journal of physical therapy science*, 28(10), 2942-2949.
- Khodaei, K., Hamedinia, M., Hosseini, K. S., and Damavandi, M.** (2016). The effect of six weeks plyometric training with nonlinear periodization on hormonal changes, muscle hypertrophy and leg muscles elastic property in male athletes (nonlinear periodization of plyometric training and hormonal changes). *Sport Physiology*, 8(31), 45-62.
- Kıyıcı F.** (2009). *Sıcak Ortamda Yapılan İki Farklı Dayanıklılık Antrenmanının Bazı Fiziksel, Fizyolojik ve Kan Parametreleri Üzerine Etkileri* (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Ankara.
- Kibele, A., Classen, C., Muehlbauer, T., Granacher, U., and Behm, D. G.** (2014). Metastability in plyometric training on unstable surfaces: a pilot study. *BMC sports science, medicine and rehabilitation*, 6(1), 30.
- Kibele, A., Classen, C., Muehlbauer, T., Granacher, U., and Behm, D. G.** (2020). Metastability in plyometric training on unstable surfaces.

- Klentrou, P., Giannopoulou, A., McKinlay, B. J., Wallace, P., Muir, C., Falk, B., and Mack, D.** (2016). Salivary cortisol and testosterone responses to resistance and plyometric exercise in 12-to 14-year-old boys. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 41(7), 714-718.
- Kocaağa T.** (2014). *Egzersize bağlı kas hasarının denge performansına etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Bolu.
- Komi, P. V., and Bosco, C.** (1978). Muscles by men and women. *Medicine and Science Sports*, 10, 261-265.
- Kopchick, J. J., Parkinson, C., Stevens, E. C., and Trainer, P. J.** (2002). Growth hormone receptor antagonists: discovery, development, and use in patients with acromegaly. *Endocrine reviews*, 23(5), 623-646.
- Koutedakis, Y., Raafat, A., Sharp, N. C., Rosmarin, M. N., Beard, M. J., and Robbins, S. W.** (1993). Serum enzyme activities in individuals with different levels of physical fitness. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 33(3), 252-257.
- Koz, M., Ersöz, G., ve Gelir, E.** (2003). *Fizyoloji Ders Kitabı*. Ankara: Nobel.
- Kraemer, W. J.** (1988). Endocrine responses to resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exercise* 20(5), 152-157.
- Kraemer, W. J., Dziados, J. E., Marchitelli, L. J., Gordon, S. E., Harman, E. A., Mello, R., ... and Triplett, N. T.** (1993). Effects of different heavy-resistance exercise protocols on plasma beta-endorphin concentrations. *Journal of Applied Physiology*, 74(1), 450-459.
- Kraemer, W. J., Gordon, S. E., Fleck, S. J., Marchitelli, L. J., Mello, R., Dziados, J. E., ... and Fry, A. C.** (1991). Endogenous anabolic hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise in males and females. *International journal of sports medicine*, 12(02), 228-235.
- Kraemer, W. J., and Rogol, A. D. (Ed.).** (2006). *The Endocrine System in Sports and Exercise* (s.319-338). Malden, MA: Blackwell Publishing.
- Kvorning, T., Andersen, M., Brixen, K., and Madsen, K.** (2006). Suppression of endogenous testosterone production attenuates the response to strength training: a randomized, placebo-controlled, and blinded intervention study. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 291(6), E1325-E1332.
- LaStayo, P. C., Woolf, J. M., Lewek, M. D., Snyder-Mackler, L., Reich, T., and Lindstedt, S. L.** (2003). Eccentric muscle contractions: their contribution to injury, prevention, rehabilitation, and sport. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 33(10), 557-571.
- Lauritzen, F., Paulsen, G., Raastad, T., Bergersen, L. H., and Owe, S. G.** (2009). Gross ultrastructural changes and necrotic fiber segments in elbow flexor muscles after maximal voluntary eccentric action in humans. *Journal of Applied Physiology*, 107(6), 1923-1934.

- Lavender, A. P., and Nosaka, K.** (2006). Comparison between old and young men for changes in markers of muscle damage following voluntary eccentric exercise of the elbow flexors. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 31(3), 218-225.
- Lee, H. M., Oh, S., and Kwon, J. W.** (2020). Effect of Plyometric versus Ankle Stability Exercises on Lower Limb Biomechanics in Taekwondo Demonstration Athletes with Functional Ankle Instability. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(10), 3665.
- Lee, L. K., Kim, J. H., Kim, M. Y., Lee, J. U., Yang, S. M., Jeon, H. J., ... and Lee, T. H.** (2014). A pilot study on pain and the upregulation of myoglobin through low-frequency and high-amplitude electrical stimulation-induced muscle contraction. *Journal of physical therapy science*, 26(7), 985-988.
- Lee, S. L., Chen, C. S., Shiang, T. Y., Chang, M. S., Lo, H. I., and Hsu, M. C.** (2007). Passive Repetitive Isokinetic Training Compared with Resistance Training: Effects on Performance and Hormones in Untrained Men. *Journal of Physical Education & Recreation (10287418)*, 13(1).
- Lehnert, M., Hůlka, K., Malý, T., Fohler, J., and Zahálka, F.** (2013). The effects of a 6 week plyometric training programme on explosive strength and agility in professional basketball players. *Acta Gymnica*, 43(4), 7-15.
- López-Sánchez, G. F., Sgroi, M., D'Ottavio, S., Díaz-Suárez, A., González-Villora, S., Veronese, N., and Smith, L.** (2019). Body composition in children and adolescents residing in Southern Europe: prevalence of overweight and obesity according to different international references. *Frontiers in physiology*, 10, 130.
- Loturco, I., Abad, C. C. C., Nakamura, F. Y., Ramos, S. P., Kobal, R., Gil, S., ... and Tricoli, V.** (2016). Effects of far infrared rays emitting clothing on recovery after an intense plyometric exercise bout applied to elite soccer players: a randomized double-blind placebo-controlled trial. *Biology of Sport*, 33(3), 277.
- Löffler G, Petrides PE.** (1988). *Physiologische Chemie*. Springer Verlag, Berlin. 698-707.
- Lucía, A., Diaz, B., Hoyos, J., Fernandez, C., Villa, G., Bandres, F., and Chicharro, J. L.** (2001). Hormone levels of world class cyclists during the Tour of Spain stage race. *British Journal of Sports Medicine*, 35(6), 424-430.
- Luebbers, P. E., Potteiger, J. A., Hulver, M. W., Thyfault, J. P., Carper, M. J., and Lockwood, R. H.** (2003). Effects of plyometric training and recovery on vertical jump performance and anaerobic power. *The Journal of strength & conditioning research*, 17(4), 704-709.
- Macaluso, F., Isaacs, A. W., & Myburgh, K. H.** (2012). Preferential type II muscle fiber damage from plyometric exercise. *Journal of athletic training*, 47(4), 414-420.
- Macintyre, J. G.** (1987). Growth hormone and athletes. *Sports Medicine*, 4(2), 129-142.
- Makaruk, H., and Sacewicz, T.** (2010). Effects of plyometric training on maximal power output and jumping ability. *Human movement*, 11(1), 17-22.

- Makaruk, H., Winchester, J. B., Sadowski, J., Czaplicki, A., and Sacewicz, T.** (2011). Effects of unilateral and bilateral plyometric training on power and jumping ability in women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(12), 3311-3318.
- Makaruk, H., Starzak, M., Suchecki, B., Czaplicki, M., and Stojiljković, N.** (2020). The Effects of Assisted and Resisted Plyometric Training Programs on Vertical Jump Performance in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Sports Science & Medicine*, 19(2), 347.
- Mancini, T., Casanueva, F. F., and Giustina, A.** (2008). Hyperprolactinemia and prolactinomas. *Endocrinology and metabolism clinics of North America*, 37(1), 67-99.
- Marginson, V., Rowlands, A. V., Gleeson, N. P., and Eston, R. G.** (2005). Comparison of the symptoms of exercise-induced muscle damage after an initial and repeated bout of plyometric exercise in men and boys. *Journal of Applied physiology*, 99(3), 1174-1181.
- Markovic, G.** (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British journal of sports medicine*, 41(6), 349-355.
- Markovic, G., and Mikulic, P.** (2010). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine*, 40(10), 859-895.
- Martel, G., Harmer, M., Logan, J., and Parker, C.** (2005). Aquatic plyometric training increases vertical jump in female volleyball players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(10), 1814-1819.
- Marques, M. A. C., and González-Badillo, J. J.** (2006). In-season resistance training and detraining in professional team handball players. *Journal of strength and conditioning research*, 20(3), 563.
- Matavulj, D., Kukolj, M., Ugarkovic, D., Tihanyi, J., and Jaric, S.** (2001). Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41(2), 159-164.
- Matsumoto, K., Koba, T., Hamada, K., Tsujimoto, H., and Mitsuzono, R.** (2009). Branched-chain amino acid supplementation increases the lactate threshold during an incremental exercise test in trained individuals. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 55(1), 52-58.
- Matwejew L.** (2004). Antrenman Dönemlemesi. Ankara: Bağırhan Yayinevi.
- Mero, A., Komi, P. V., Kyllönen, A., Pullinen, T., and Pakarinen, A.** (1992). Acute EMG, force and hormonal responses in male athletes to four strength exercise units. *Journal of Biomechanics*, 25(7), 752.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., and Katch, V. L.** (1981). Exercise Physiology, Energy, Nutrition and Human Performance, Philadelphia: Lea and Febiger, 249-262
- McArdle, W. D., Katch, F. I., and Katch, V. L.** (1991). Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance (3rd Ed.). Philadelphia: Lea and Febiger.
- McLaughlin DP., Stamford JA., and White DA.** (2007). Endokrin sistem, insan fizyolojisi, Ed: Aktümsek A. (1. Baskı), Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, 333-372.

- McNeely, E., and Sandler, D.** (2006). *Power Plyometrics: The Complete Program* (1nd Ed.). UK: Meyer and Meyer Verlag.
- Meszler, B., and Váczi, M.** (2019). Effects of short-term in-season plyometric training in adolescent female basketball players. *Physiology International*, 106(2), 168-179.
- Miller, M. G., Herniman, J. J., Ricard, M. D., Cheatham, C. C., and Michael, T. J.** (2006). The effects of a 6-week plyometric training program on agility. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5(3), 459.
- Mirzaei, B., Asghar Norasteh, A., Saez de Villarreal, E., and Asadi, A.** (2014). Effects of six weeks of depth jump vs. countermovement jump training on sand on muscle soreness and performance. *Kinesiology: International journal of fundamental and applied kinesiology*, 46(1), 97-108.
- Miyama, M., and Nosaka, K.** (2004). Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. *Journal of Strength and Conditioning research*, 18(2), 206-211.
- Murray R.K., Graner D.K., Mayes P.A., and Rodwel V.W.** (1998). Harper'in Biyokimyası (24. Baskı), İstanbul; Barış Kitabevi, 24-68.
- Murray B., and Kenney Larry W.** (2017). *Egzersiz Fizyolojisi Uygulama Kılavuzu*. Ankara: Spor Yayınevi ve Kitabevi.
- Nakamura, D., Suzuki, T., Yasumatsu, M., and Akimoto, T.** (2012). Moderate running and plyometric training during off-season did not show a significant difference on soccer-related high-intensity performances compared with no-training controls. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3392-3397.
- Nathwani, R. A., Pais, S., Reynolds, T. B., and Kaplowitz, N.** (2005). Serum alanine aminotransferase in skeletal muscle diseases. *Hepatology*, 41(2), 380-382.
- Negra, Y., Chaabene, H., Sammoud, S., Bouguezzi, R., Abbes, M. A., Hachana, Y., and Granacher, U.** (2017). Effects of plyometric training on physical fitness in prepuberal soccer athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 38(05), 370-377.
- Nelson, J. K.** (1979). *Measurement of Physical Performance*. Minnesota, Burgess Publishing Company.
- Neufer, P. D., Costill, D. L., Fielding, R. A., Flynn, M. G., and Kirwan, J. P.** (1987). Effect of reduced training on muscular strength and endurance in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(5), 486-490.
- Newham, D. J., Jones, D. A., and Edwards, R. H. T.** (1986). Plasma creatine kinase changes after eccentric and concentric contractions. *Muscle and Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, 9(1), 59-63.
- Nie, J., Tong, T. K., George, K., Fu, F. H., Lin, H., and Shi, Q.** (2011). Resting and post-exercise serum biomarkers of cardiac and skeletal muscle damage in adolescent runners. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 21(5), 625-629.

- Nosaka, K., and Clarkson, P. M.** (1997). Influence of previous concentric exercise on eccentric exercise-induced muscle damage. *Journal of Sports Sciences*, 15(5), 477-483.
- Nosaka, K., Lavender, A., Newton, M., and Sacco, P.** (2003). Muscle damage in resistance training. *International Journal of Sport and Health Science*, 1(1), 1-8.
- Ozen, G., Atar, O., and Koc, H.** (2020). The Effects of A 6-Week Plyometric Training Programme on Sand Versus Wooden Parquet Surfaces on the Physical Performance Parameters of Well-Trained Young Basketball Players. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 9(1), 27.
- Özgüden T., ve Yıldız B.** (1998). *Anatomi-fizyoloji*. Bursa: Ezgi Kitabevi Yayınları, 87.
- Paschalis, V., Koutedakis, Y., Baltzopoulos, V., Mougios, V., Jamurtas, A. Z., and Theoharis, V.** (2005). The effects of muscle damage on running economy in healthy males. *International journal of sports medicine*, 26(10), 827-831.
- Plisky, P. J., Gorman, P. P., Butler, R. J., Kiesel, K. B., Underwood, F. B., and Elkins, B.** (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 4(2), 92.
- Pilz-Burstein, R., Ashkenazi, Y., Yaakovovitz, Y., Cohen, Y., Zigel, L., Nemet, D., ... and Eliakim, A.** (2010). Hormonal response to Taekwondo fighting simulation in elite adolescent athletes. *European journal of applied physiology*, 110(6), 1283-1290.
- Pimenta, E. M., Coelho, D. B., Cruz, I. R., Morandi, R. F., Veneroso, C. E., de Azambuja Pussieldi, G., ... and Fernández, J. A. D. P.** (2012). The ACTN3 genotype in soccer players in response to acute eccentric training. *European journal of applied physiology*, 112(4), 1495-1503.
- Ploeg, A. H., Miller, M. G., Holcomb, W. R., O'Donoghue, J., Berry, D., and Dibbet, T. J.** (2010). The effects of high volume aquatic plyometric training on vertical jump, muscle power, and torque. *International Journal of Aquatic Research and Education*, 4(1), 6.
- Plotnikov, E. Y., Chupyrkina, A. A., Pevzner, I. B., Isaev, N. K., and Zorov, D. B.** (2009). Myoglobin causes oxidative stress, increase of NO production and dysfunction of kidney's mitochondria. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*, 1792(8), 796-803.
- Porcari, J., Bryant, C., and Comana, F.** (2015). *Exercise Physiology*. Philadelphia: FA Davis Company.
- Powers M.** (2005). "Performance-Enhancing Drugs" in Joel Houglum, in Gary L. Harrelson, Deidre Leaver-Dunn, "Principles of Pharmacology for Athletic Trainers", SLACK Incorporated.
- Powers, S. K., and Howley, E. T.** (1996). *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance* (5nd Ed.). New York: McGraw-Hill.
- Preston, R. R., and Wilson, T. E.** (2014). *Fizyoloji: Lippincott görsel anlatımlı çalışma kitapları 5. Baskı*. Ankara: Nobel Tıp Kitabevleri.

- Proske, U., and Morgan, D. L.** (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *The Journal of Physiology*, 537(2), 333-345.
- Pullinen, T., Mero, A., MacDonald, E., Pakarinen, A., and Komi, P. V.** (1998). Plasma catecholamine and serum testosterone responses to four units of resistance exercise in young and adult male athletes. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 77(5), 413-420.
- Ra, S. G., Miyazaki, T., Ishikura, K., Nagayama, H., Komine, S., Nakata, Y., ... and Ohmori, H.** (2013). Combined effect of branched-chain amino acids and taurine supplementation on delayed onset muscle soreness and muscle damage in high-intensity eccentric exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 10(1), 1-11.
- Ramírez-Campillo, R., Andrade, D. C., and Izquierdo, M.** (2013). Effects of plyometric training volume and training surface on explosive strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(10), 2714-2722.
- Ramirez-Campillo, R., Andrade, D. C., Nikolaidis, P. T., Moran, J., Clemente, F. M., Chaabene, H., and Comfort, P.** (2020). Effects of Plyometric Jump Training on Vertical Jump Height of Volleyball Players: A Systematic Review with Meta-Analysis of Randomized-Controlled Trial. *Journal of Sports Science and Medicine*, 19(3), 489-499.
- Rebalka, I. A., and Hawke, T. J.** (2014). Potential biomarkers of skeletal muscle damage. *Biomarkers in Medicine*, 8(3), 375-378.
- Reilly, T., Cabri, J., and Araujo, D. (Eds.)**. (2005). Science and Football V: *The Proceedings of the Fifth World Congress on Sports Science and Football*. Routledge.
- Ross, A., and Hudson, J.** (1997). Efficacy of a Mini-Trampoline Program for Increasing the Vertical Jump. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.
- Roth, S. M., Martel, G. F., Ivey, F. M., Lemmer, J. T., Metter, E. J., Hurley, B. F., and Rogers, M. A.** (2000). High-volume, heavy-resistance strength training and muscle damage in young and older women. *Journal of Applied Physiology*, 88(3), 1112-1118.
- Rubal, B. J., and Moody, J. M.** (1991). Effects of respiration on size and function of the athletic heart. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 31(2), 257-264.
- Safarinejad, M. R., Azma, K., and Kolahi, A. A.** (2009). The effects of intensive, long-term treadmill running on reproductive hormones, hypothalamus-pituitary-testis axis, and semen quality: a randomized controlled study. *Journal of Endocrinology*, 200(3), 259.
- Saki, F., Madhosh, M., and Sedaghati, P.** (2019). The Effect of Selective Plyometric Training on the Lower Extremity Functional Performance Indexes of Female Athletes With Dynamic Knee Valgus. *Physical Treatments-Specific Physical Therapy Journal*, 9(1), 31-38.
- Sandler, D.** (2005). Sports Power. Human Kinetics.

- Santos, E. J., and Janeira, M. A.** (2011). The effects of plyometric training followed by detraining and reduced training periods on explosive strength in adolescent male basketball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(2), 441-452.
- Sayers, S. P., Harackiewicz, D. V., Harman, E. A., Frykman, P. N., and Rosenstein, M. T.** (1999). Cross-validation of three jump power equations. *Medicine and science in sports and exercise*, 31(4), 572-577.
- Sedaghati, P.** (2018). The effect of selective plyometric exercises using an unstable surface on the movement performance of basketball players. *Annals of applied sport science*, 6(3), 15-22.
- Schwane, J. A., Buckley, R. T., Dipaolo, D. P., Atkinson, M. A., and Shepherd, J. R.** (2000). Plasma creatine kinase responses of 18-to 30-yr-old African-American men to eccentric exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(2), 370-378.
- Serpek B, Yalçın S, Haliloglu S. (1995).** Konya Merinosu ve Akkaraman Koyunlarında Somatotrop Hattın Endokrinolojisi İle Plazma Somatotropin Ve Igf-1 Düzeylerinin Büyümeye Etkileri, TUBİTAK, Proje no: VHAG 968, 5-15.
- Shah, S.** (2012). Plyometric exercises. *International Journal of Health Sciences and Research*, 2(1), 115-126.
- Shaji, J., and Isha, S.** (2009). Comparative analysis of plyometric training program and dynamic stretching on vertical jump and agility in male collegiate basketball player. *Al Ame en J Med Sci*, 2(1), 36-46.
- Shimomura, Y., Inaguma, A., Watanabe, S., Yamamoto, Y., Muramatsu, Y., Bajotto, G., ... and Mawatari, K.** (2010). Branched-chain amino acid supplementation before squat exercise and delayed-onset muscle soreness. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 20(3), 236-244.
- Simith L. L., and Miles M. P.** (2000). "Exercise induce muscle injury and inflammation," *Exercise and Sport Science*, 163-410.
- Singh, A., Sakshi, G., and Singh, S. J.** (2014). Effect of plyometric training on sand versus grass on muscle soreness and selected sportspecific performance variables in hockey players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 9(1), 59-67.
- Sönmez, T. G.** (2002). Egzersiz ve Spor Fizyolojisi. Ankara: Ata Ofset Matbaacılık.
- Speranza, L., Grilli, A., Patruno, A., Franceschelli, S., Felzani, G., Pesce, M., ... and Felaco, M.** (2007). Plasmatic markers of muscular stress in isokinetic exercise. *Journal of biological regulators and homeostatic agents*, 21(1/2), 23.
- Sporri, D., Ditroilo, M., Pickering Rodriguez, E. C., Johnston, R. J., Sheehan, W. B., and Watsford, M. L.** (2018). The effect of water-based plyometric training on vertical stiffness and athletic performance. *PLoS One*, 13(12), e0208439.
- Spurrs, R. W., Murphy, A. J., and Watsford, M. L.** (2003). The effect of plyometric training on distance running performance. *European journal of applied physiology*, 89(1), 1-7.

- Staron, R. S., Karapondo, D. L., Kraemer, W. J., Fry, A. C., Gordon, S. E., Falkel, J. E., ... and Hikida, R. S.** (1994). Skeletal muscle adaptations during early phase of heavy-resistance training in men and women. *Journal of applied physiology*, 76(3), 1247-1255.
- Stemm, J. D., and Jacobson, B. H.** (2007). Comparison of land-and-aquatic-based plyometric training on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 568.
- Stupka, N., Tarnopolsky, M. A., Yardley, N. J., and Phillips, S. M.** (2001). Cellular adaptation to repeated eccentric exercise-induced muscle damage. *Journal of Applied Physiology*, 91(4), 1669-1678.
- Sysler, B. L., and Stull, G. A.** (1970). Muscular endurance retention as a function of length of detraining. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 41(1), 105-109.
- Şahin M.** (2015). *Elit Sporcularda Aerobik Egzersizin Kortizol, İnsülin ve Glukagon Hormon Seviyelerine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi)*. Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Konya: 12-4.
- Tahsin, İ., ve DAĞLIOĞLU, Ö.** (2018). The effect of the plyometric training program on sportive performance parameters in young soccer players. *Türk Spor ve Egzersiz Dergisi*, 20(3), 184-190.
- Thiebaud RS.** (2012). Exercise induced muscle damage: is it detrimental or beneficial? *Journal of Trainology*, 1, 36-44.
- Thomas, D. W.** (1988). Plyometrics—more than the stretch reflex. *Strength and Conditioning Journal*, 10(5), 49-51.
- Tiidus, P. M.** (2008). *Skeletal muscle damage and repair*. Human Kinetics.
- Tiftik A.** (1998). *Biyokimya*. Konya: Selçuk Üniversitesi Veteriner Yayınevi.
- Tofas, T., Jamurtas, A. Z., Fatouros, I., Nikolaidis, M. G., Koutedakis, Y., Sinouris, E. A., ... and Theocharis, D. A.** (2008). Plyometric exercise increases serum indices of muscle damage and collagen breakdown. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 490-496.
- Totsuka, M., Nakaji, S., Suzuki, K., Sugawara, K., and Sato, K.** (2002). Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 93(4), 1280-1286.
- Turgut, E., Colakoglu, F. F., Serbes, P., Akarcesme, C., and Baltaci, G.** (2017). Effects of 12-week in-season low-intensity plyometric training on dynamic balance of pre-pubertal female volleyball players. *Turkish Journal of Sport and Exercise*, 19(1), 24-30.
- Twist, C., and Eston, R.** (2005). The effects of exercise-induced muscle damage on maximal intensity intermittent exercise performance. *European journal of applied physiology*, 94(5-6), 652-658.
- Ünal, M.** (2001). Aerobik ve anaerobik akut egzersizlerin immun parametreler üzerindeki etkileri. *İstanbul Tıp Fakültesi Dergisi*, 64(3).

- Vácz, M., Nagy, S. A., Kőszegi, T., Ambrus, M., Bogner, P., Perlaki, G., ... and Hortobágyi, T.** (2014). Mechanical, hormonal, and hypertrophic adaptations to 10 weeks of eccentric and stretch-shortening cycle exercise training in old males. *Experimental gerontology*, 58, 69-77.
- Van Roie, E., Walker, S., Van Driessche, S., Delabastita, T., Vanwanseele, B., and Delecluse, C.** (2020). An age-adapted plyometric exercise program improves dynamic strength, jump performance and functional capacity in older men either similarly or more than traditional resistance training. *PloS one*, 15(8), e0237921.
- Vander, A. J., Sherman, H., and Luciano, D. S.** (1990). Control of Body Movement. Human Physiology: The Mechanisms of Body Function (5nd Ed.). New York: McGraw-Hill Publishing Company.
- Veldhuis, J. D.** (2000). Recent neuroendocrine facets of male reproductive aging. *Experimental gerontology*, 35(9-10), 1281-1308.
- Voight, M. L., and Wieder, D. L.** (1991). Comparative reflex response times of vastus medialis obliquus and vastus lateralis in normal subjects and subjects with extensor mechanism dysfunction: an electromyographic study. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(2), 131-137.
- Volek, J. S., Kraemer, W. J., Bush, J. A., Incledon, T., and Boetes, M.** (1997). Testosterone and cortisol in relationship to dietary nutrients and resistance exercise. *Journal of Applied Physiology*.
- Waldron, M., Whelan, K., Jeffries, O., Burt, D., Howe, L., and Patterson, S. D.** (2017). The effects of acute branched-chain amino acid supplementation on recovery from a single bout of hypertrophy exercise in resistance-trained athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 42(6), 630-636.
- Weiss, L. W., Cureton, K. J., and Thompson, F. N.** (1983). Comparison of serum testosterone and androstenedione responses to weight lifting in men and women. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 50(3), 413-419.
- Who.** (1985). Energy and protein requirements, Geneva: *Technical Report Series World Health Organization*, 724.
- Wilmore, J. H., and Costill, D. L.** (1999). Physiology of Sport and Exercise. 2 nd. Champaign. *Human Kinetics*, 310-41.
- Wolfgang H.** (1985). Sports Medicine, İstanbul: Arkadaş Tıp Kitapları Yayını.
- Yücel, A.E.** (2004). C-Reaktif Protein (CRP) ve Diğer Akut Faz Proteinlerinin Klinik Kullanımı. *Türkiye Tıp Dergisi*, 11(1), 42-52.
- Zubac, D., Paravlić, A., Koren, K., Felicita, U., and Šimunič, B.** (2019). Plyometric exercise improves jumping performance and skeletal muscle contractile properties in seniors. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 19(1), 38.
- Zubac, D., and Šimunic, B.** (2017). Skeletal muscle contraction time and tone decrease after 8 weeks of plyometric training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(6), 1610-1619.

EKLER

EK 1: Etik Kurul Onayı



T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

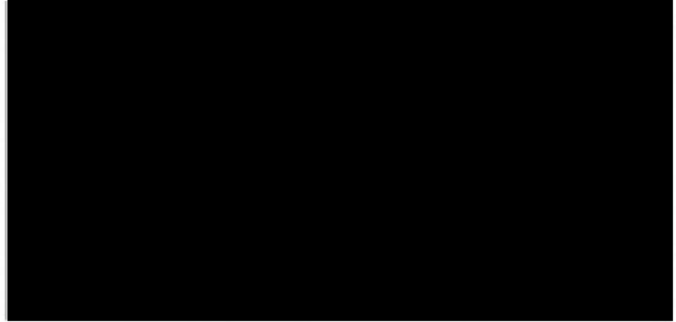
Sayı: B.30.2.ODM.0.20.08/298

29.03.2019

Sayın Doç. Dr. Erkan DEMİRKAN

Etik Kurulumuza sunmuş olduğunuz **Trampolin ve mat zeminde uygulanan pliometrik egzersizlerin erkek bireylerde kas hasarı, dikey sıçrama ve denge üzerine etkileri** başlıklı OMÜ KAEK 2019/292 Karar nolu Biyokimya çalışması nitelikli araştırma projeniz amaç, gerekçe, yaklaşım ve yöntemle ilgili açıklamaları, Klinik Araştırmalar Etik kurulu yönergesine göre 28.03.2019 tarihli Etik Kurulumuzda incelenmiş etik açıdan uygun bulunmuştur. Ancak araştırma bütçesinin maddi desteği henüz sağlanmadığından projeye bütçe desteği sağlanıp, tarafımıza bildirilmesinden sonra başlanmasına oy birliği ile karar verilmiştir.

Bilgilerinize arz/rica ederim.

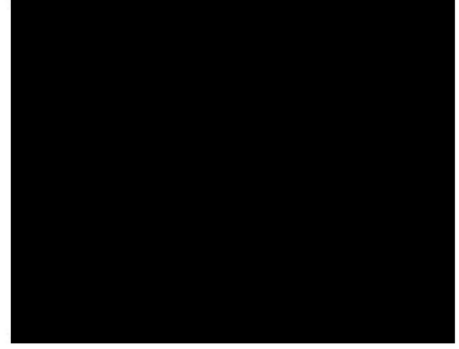


EK 2: Laboratuvar Kullanım İzni

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU
BAŞKANLIĞINA

"Trampolin ve Mat Zeminde Uygulanan Pilometrik Egzersizlerin Erkek Bireylerde Kas Hasarı, Dikey Sıçrama ve Denge Üzerine Etkileri" başlıklı projenin öngörülen biyokimyasal çalışmalarını bölümümüz Biyokimya ve Moleküler Biyoloji Araştırma Laboratuvarında yürütülecektir.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.



EK 3: Salon Kullanım İzni



T.C.
HİTİT ÜNİVERSİTESİ
Spor Bilimleri Fakültesi Dekanlığı

Sayı :36140808-929-E.8432
Konu : Öğr.Gör.Burak GÜNDOĞAN

08.02.2019

Sayın Öğr. Gör. Burak GÜNDOĞAN

İlgi : Öğr. Gör.Burak GÜNDOĞAN'ın 06.02.2019 tarihli başvurusu.

İlgide kayıtlı dilekçenize istinaden, Fakültemiz bünyesindeki Prof. Dr. Kemal TAMER Cimnastik Salonu ve Performans laboratuvarım kullanma talebiniz uygun görülmüştür..
Gereğini bilgilerinize rica ederim.

e-imza ıdır

Prof. Dr. Faruk YAMANER
Dekan V.

Not: 5070 sayılı elektronik imza kanunu gereği bu belge elektronik imza ile imzalanmıştır.

Hitit Üniversitesi Kuzey Kampüsü Çevre Yolu Bulvarı 19030
Tel: 0(364) 219 37 00 Faks: 0(364) 219 37 70

Bilgi için: Murat GÜLEN
Bilgisayar İşletmeni

EK 4: Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

HASTA BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU ÖRNEĞİ *

ARAŞTIRMANIN ADI (ÇALIŞMANIN AÇIK ADI): Trampolin ve mat zeminde uygulanan pliometrik egzersizlerin erkek bireylerde kas hasarı, dikey sıçrama ve denge üzerine etkileri

Gönüllünün Baş Harfleri << >>

Bir araştırma çalışmasına katılmanız istenmektedir. Katılmak isteyip istemediğinize karar vermeden önce araştırmanın neden yapıldığını bilgilerinizin nasıl kullanılacağına ilişkin çalışmanın neleri içerdiğini ve olası yararlarını risklerini ve rahatsızlık verebilecek konuları anlamanız önemlidir. Lütfen aşağıdaki bilgileri dikkatlice okumak için zaman ayırınız ve eğer istiyorsanız özel veya aile doktorunuzla konuyu değerlendiriniz. Eğer bir başka çalışmada da yer alıyorsanız bu çalışmada yer alamazsınız.

BU ÇALIŞMAYA KATILMAK ZORUNDAMIYIM?

Çalışmaya katılıp katılmama kararı tamamen size aittir. Eğer çalışmaya katılmaya karar verirsiniz imzalamanız için size bu Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu verilecektir. Katılmaya karar verirsiniz, çalışmadan herhangi bir zamanda ayrılmakta özgürsünüz. Bu durum sizin aldığınız tedavinin standardını etkilemeyecektir. Eğer isterseniz, bu klinik çalışmaya katılımınızla ilgili olarak hekiminiz / aile doktorunuz bilgilendirilecektir. Ayrıca destekleyici firma çalışmayı sonlandırmaya karar verirse bu durumda da çalışmadan çıkartılacaksınız.

ÇALIŞMANIN KONUSU VE AMACI NEDİR? Açıklayınız

Sıçrama birçok spor aktivitesinin önemli bir performans bileşenidir. Sıçrama performansını arttırmak için kullanılan antrenman yöntemlerinden biri de pliometrik egzersizlerdir. Bu çalışmanın amacı trampolin ve mat zemin üzerinde uygulanan 8 haftalık pliometrik egzersiz programının dikey sıçrama ve dinamik denge performansı, kan örneklerinden elde edilen serumlarda CK enzim aktivitesi, serumda testosteron konsantrasyonları, serum kortizol seviyesi üzerine etkilerini incelemektir. Ayrıca bir diğer amacı da egzersiz periyodundan sonra 2 haftalık antrenmansızlığın performans üzerine etkilerini incelemektir.

ÇALIŞMA İŞLEMLERİ:

Yapılacak olan bu çalışmada katılımcılara trampolin ve mat zemin üzerinde 8 hafta boyunca haftada iki gün olmak üzere pliometrik egzersizler yaptırılacaktır. Katılımcıların egzersiz öncesi ve sonrası vücut kompozisyonu ölçümleri, dikey sıçrama ve denge performans ölçümleri gerçekleştirilecektir. Ayrıca egzersiz öncesi ve sonrası katılımcılardan kan örnekleri alınarak analizleri yapılacaktır.

BENİM NE YAPMAM GEREKİYOR?

Yapılacak ölçümler ve egzersizler için size verilen gün ve saatlerde belirtilen yerde hazır olmalısınız. Tüm ölçümler boyunca tüm işlemlere uymaya istekli olmalısınız. Ölçümlerden önce veya ölçümler sırasında aldığımız başka herhangi bir tıbbi tedaviyi de sorumlu araştırmacıya söylemeniz önemlidir. Tüm katılımcılar performans ölçümlerinden en az 2 saat önce kahvaltı yaparak gelmelidirler. Ayrıca performans testleri öncesi en az 24 saat boyunca alkol, kafein ve herhangi bir ilaç tüketmemiş olmaları ve egzersiz yapmamış olmaları gerekmektedir. Kan örnekleri, bir gece açlıktan sonra alınacağı için tüm gece boyunca ve sabah kahvaltı yapmamanız gerekmektedir. kt0 (pliometrik egzersizden önce kan testi, istirahat) ve kt1'den (sekiz haftalık pliometrik egzersizlerden sonra kan testi) önceki 120 saat içinde egzersiz yapmamanız gerekmektedir.

ÇALIŞMAYA KATILMAMIN NE GİBİ OLASI YAN ETKİLERİ, RİSKLERİ VE RAHATSIZLIKLARI VARDIR?

Bu çalışmaya katılmanız sonucunda ilk egzersiz sonrası birkaç günlük kas ağrısı yaşayabilirsiniz.

GEBELİK VE DOĞUM KONTROLÜ

Katılımcılar erkek bireylerden oluşmaktadır.

ÇALIŞMAYA KATILMANIN OLASI YARARLARI NELERDİR? (Varsa açıklayınız)

Bu çalışma ile yapılacak olan pliometik egzersizlerin hangi zeminde yapılmasının daha yararlı olabileceği, egzersiz sonrası alınacak kan örneklerinin sonuçları neticesinde hangi zeminde yapılan egzersizlerin daha etkili olabileceği, antrenmansızlık sonrası performans üzerinde ortaya çıkacak sonuçlar doğrultusunda hangi zeminde yapılan egzersizlerin daha uzun süre performansı etkileyebileceği belirlenerek literatüre katkı sağlanırken, diğer yandan da spor bilimci, antrenör ve sporcuların antrenman programlarını doğru bir şekilde düzenlemelerine yardımcı olacağı düşünülmektedir.

GÖNÜLLÜ KATILIM

Bu çalışmaya katılma kararımı tamamen gönüllü olarak veriyorum. Bu çalışmaya katılmayı reddedebileceğim veya katıldıktan sonra istediğim zaman, bu tedavi kurumunda göreceğim bakım ve tedaviler etkilenmeksizin ve hiçbir sorumluluk almadan ayrılabileceğim bilincindeyim. Çalışmadan her hangi bir zamanda ayrılırsam, ayrılma nedenlerimi, ayrılışımın sonuçlarını ve izleyen dönemde alacağım tedavileri sorumlu araştırmacı ile tartışacağım.

ÇALIŞMAYA KATILMAMIN MALİYETİ NEDİR?

Sorumlu araştırmacı ziyaretleri ve çalışmayla ilgili olan tüm laboratuvar testleri çalışma destekleyici tarafından karşılanacak ve size veya bağlı bulunduğunuz özel sigorta veya resmi sosyal güvenlik kurumuna ödetilmeyecektir. Herhangi bir yan etki veya fiziksel zarar gelişirse hemen sorumlu araştırmacıyı gereken tıbbi tedavinin uygulanabilmesi için bilgilendiriniz.

KİŞİSEL BİLGİLERİM NASIL KULLANILACAK?

Bu formu imzalararak sorumlu araştırmacıya çalışma için sizin kişisel bilgilerinizi (“Çalışma Verileri”) toplamalarına ve kullanmalarına onay vermiş olacaksınız. Bu durum doğum tarihiniz, cinsiyetiniz, etnik kökeniniz ayrıca çalışma verilerinizin kullanımı ile ilgili verdiğiniz onayın herhangi bir belirlenmiş birim tarihi yoktur, ancak sorumlu araştırmacıya haberdar ederek bu onayınızdan herhangi bir zamanda vazgeçebilirsiniz.

Sorumlu araştırmacı çalışma verilerinizi çalışma için kullanacaktır. Çalışmanın sonuçları bilimsel yayınlarda yayınlanabilir, ancak sizin kimlik bilgileriniz bu yayınlarda açıklanmayacaktır. Sorumlu araştırmacıdan toplanan çalışma verileriniz hakkında bilgi isteme hakkına sahipsiniz. Bu formu imzalararak, çalışma verilerinizin bu formda tanımlandığı şekilde kullanımına onay vermekteyim.

ARAŞTIRMA SÜRESİNCE 24 SAAT ULAŞILABİLECEK KİŞİLER:

Ad, soyad ve telefon numaraları

Erkan DEMİRKAN

Burak GÜNDOĞAN

Erbil Murat AYDIN

ÇALIŞMADAN AYRILMAMI GEREKTİRECEK DURUMLAR: Varsa açıklayınız

Çalışmayı etkileyebilecek herhangi bir sağlık sorunu yaşamanız durumunda çalışmadan ayrılmanız gerekmektedir.

YENİ BİLGİLER ÇALIŞMADAKİ ROLÜMÜ NASIL ETKİLEYEBİLİR

Çalışma sürerken ortaya çıkmış olan bütün yeni bilgiler bana derhal iletilecektir.

Çalışmaya Katılma Onayı

Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formundaki tüm açıklamaları okudum. Bana, yukarıda konusu ve amacı belirtilen araştırma ile ilgili yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen sorumlu araştırmacı tarafından yapıldı. Araştırmaya gönüllü olarak katıldığımı, istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabilceğimi ve kendi isteğime bakılmaksızın araştırmacı tarafından araştırmaya dışı bırakılabileceğimi biliyorum.

Söz konusu araştırmaya, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi rızamla katılmayı kabul ediyorum. Sorumlu araştırmacı saklamam için bu belgenin bir kopyasını çalışma sırasında dikkat edeceğim noktaları da içerecek şekilde bana teslim etmiştir.

Gönüllünün Adı / Soyadı / İmzası / Tarih

Açıklamaları Yapan Kişinin Adı / Soyadı / İmzası / Tarih

Gerekliyse Olur İşlemine Tanık Olan Kişinin Adı / Soyadı / İmzası / Tarih

Gerekliyse Yasal Temsilcinin Adı / Soyadı / İmzası / Tarih

*** Açıklamalar katılımcının anlayabileceği açıklıkta ve teknik terimlerden uzak bir şekilde belirtilmelidir.**

BİYOLOJİK MATERYAL İLE YAPILACAK ÇALIŞMALARDA HASTALARDAN/ GÖNÜLLÜLERDEN BİLGİLENDİRİLMİŞ OLUR FORMU ALINIRKEN AŞAĞIDAKİ HUSUSLARA DİKKAT EDİLMELİDİR.

A. Hastalardan/gönüllülerden herhangi bir çalışma için alınan her türlü “Biyolojik materyal”in (*kan, diğer vücut sıvıları vd.*) başka bir çalışmada kullanılabilmesi için, BGOF ile birlikte tabakalandırılmış bilgilendirilmiş gönüllü olur formu aşağıda belirtildiği şekilde hazırlanmalıdır.

Örneklerin gelecekteki kullanımı: *Lütfen işaretleyiniz.*

İleride yapılması planlanan tüm araştırmalarda kullanılmasına izin veriyorum.

Sadece bahsi geçen çalışmada kullanılmasına izin veriyorum.

Hiçbir koşulda kullanılmasına izin vermiyorum (*Bu kutuyu seçmem durumunda, bu çalışmaya katılmayacağımı anlıyorum*).

B. Genetik çalışmalarda aşağıda belirtilen şekilde “tabakalandırılmış olur” alınmalıdır:

Tarafınızdan alınan örneğin saklanması ve ileride yapılacak diğer çalışmalarda kullanımı ancak sizin iznimize tabidir. Bu örnekler uzun yıllar isminiz (*kimlik bilgileriniz*) korunmak ya da yok edilmek kaydı ile saklanabilir. Lütfen aşağıdaki seçeneklerden size uygun olan bir tanesini işaretleyiniz.

Tarafımdan alınmış kodlanmış* örneğin yalnızca önerilen çalışma için kullanımını onaylıyorum; ileride yapılması olası diğer çalışmalar için onay vermiyorum.

Tarafımdan alınan kodlanmış örneğin yalnızca önerilen çalışma için kullanımını onaylıyorum; ileri çalışmalar için tekrar bilgilendirilmek ve yeni onay vermek istiyorum.

Tarafımdan alınan kodlanmış örneğin, araştırma konusuyla bağlantılı tüm çalışmalarda kullanımını onaylıyorum, ancak farklı çalışmalar için tekrar bilgilendirilmek ve yeni onay vermek istiyorum.

Tarafımdan alınan kodlanmış örneğin önerilen çalışma için kullanımını onaylıyorum ve gelecekte de her türlü genetik çalışmada anonim (kimliğim ile bağlantısız) olarak kullanılmasını onaylıyorum.

**Kodlanmış örnek*: Sizden alınan örneğe bir kod numarası verilir. Kod numarasını yalnızca araştırmacı bilir ve sizin kimlik bilgilerinize yalnızca araştırmacı ulaşabilir. Böylece kimlik bilgileriniz gizli tutulmuş olur.

C. Genetik araştırmalarda sağlıklı gönüllülere gereksinim duyulduğunda, sağlıklı gönüllülerden “olur” alma gereği doğmaktadır. Bu durumda “sağlıklı gönüllü olur formları”nın, hastalarinkilerden farklı olarak hazırlanması uygun olacaktır. Bu kişilere, kendilerinden elde edilen verilerin sadece hasta grubu ile karşılaştırmak için kullanılabacağı, genetik materyal olması nedeni ile karşılaşılabilecekleri risklerin neler olduğu belirtilmeli ve anonim olmak kaydıyla DNA örneklerinin daha sonra da başka çalışmalarda kontrol grubu olarak kullanıp kullanılmayacağıının sorulması gerekmektedir.

****Yukarıda belirtildiği şekilde “tabakalandırılmış olur” alınmayan/ ilerideki çalışmalarda kullanım için onay verilmeyen her türlü biyolojik materyalin, ileride yapılacak çalışmalarda kullanılması mümkün değildir.**

EK 5: Veri Toplama Formu

Ad Soyad:

Doğum Tarihi:

	1.ÖLÇÜM	2.ÖLÇÜM
BOY (cm)		
VA (kg)		
YAŞ (yıl)		
VVY		

DENGE	1.ÖLÇÜM	2.ÖLÇÜM	3.ÖLÇÜM	1.ÖLÇÜM	2.ÖLÇÜM	3.ÖLÇÜM
Y Denge Testi (cm)	Sağ Antreior	Sağ Antreior	Sağ Antreior	Sağ Antreior	Sağ Antreior	Sağ Antreior
	Sağ Posteromedial	Sağ Posteromedial	Sağ Posteromedial	Sağ Posteromedial	Sağ Posteromedial	Sağ Posteromedial
	Sağ Posterolateral	Sağ Posterolateral	Sağ Posterolateral	Sağ Posterolateral	Sağ Posterolateral	Sağ Posterolateral
Soğ Bacak Uzunluğu (cm)	Sol Antreior	Sol Antreior	Sol Antreior	Sol Antreior	Sol Antreior	Sol Antreior
Sağ Bacak Uzunluğu (cm)	Sol Posteromedial	Sol Posteromedial	Sol Posteromedial	Sol Posteromedial	Sol Posteromedial	Sol Posteromedial
	Sol Posterolateral	Sol Posterolateral	Sol Posterolateral	Sol Posterolateral	Sol Posterolateral	Sol Posterolateral

	1.ÖLÇÜM	2.ÖLÇÜM	3.ÖLÇÜM	1.ÖLÇÜM	2.ÖLÇÜM	3.ÖLÇÜM
Dikçeç Süpürme						

ÖZGEÇMİŞ

Adı – Soyadı : Burak GÜNDOĞAN

Doğum yeri ve tarihi : [REDACTED]

İletişim adresi : [REDACTED]

Öğrenim Durumu

Lisans : [REDACTED]

Yüksek lisans : [REDACTED]

Doktora : [REDACTED]

Mesleki Deneyimi

- 2010-2013 Araştırma Görevlisi. Aksaray Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu. Antrenörlük Eğitimi Bölümü
- 2013-2017 Öğretim Görevlisi. Hitit Üniversitesi. Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu. Antrenörlük Eğitimi Bölümü. Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalı
- 2017- Öğretim Görevlisi. Hitit Üniversitesi. Spor Bilimleri Fakültesi. Antrenörlük Eğitimi Bölümü. Hareket ve Antrenman Anabilim Dalı.

Bilimsel Çalışma Alanları- Yayınları:

A. Ulusal ya da Uluslararası Makale

A.1 Gündoğan, B., Demirkan, E., Aydın, E. M., Turgut, A. The Effects of Different Gymnastics Trainings on Body Composition and Some Performance Components in Adult Male Non-Gymnasts, Science of Gymnastics Journal, 2020. (ESCI), 12(3), 345-356.

B. Ulusal ya da Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

B.1 Gündoğan, B., Demirkan, E., Aydın, E. M., Turgut, A. The Effects of Different Gymnastics Training on Body Composition and Some Performance Components, II. World Congress of Sport Sciences Researches, 2019. (Özet Bildiri/Sözlü Sunum)

B.2 Gündoğan, B., Kabadayı, M., Özkamçı, H., Yamaner, F. Determination of The Relationship Between The Optimal Platform Height of A Depth Jump and Anaerobik Power, 15th International Sport Sciences Congress, 2017, 1235-1236. (Özet Bildiri/Poster Sunum)

B.3 Hüseyin, Ö., Diker, G., Zileli, R., Gündoğan, B., Türeğün, E. Comparison of Some Aerobic Endurance Test in Young Soccer Players, IV. International Congress on Research in Sports Sciences, 2015, 115-115 (Özet Bildiri/Poster Sunum)

Bilimsel Etkinlikleri

Aldığı Burslar, Ödüller, Projeleri

Hitit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Birimi 19004-Lisansüstü Tez Projesi (Doktora). Proje no: SBF19004.19.001 2019

TÜBİTAK 4004 Doğa Eğitimi ve Bilim Okulları Programları- Hitit Üniversitesi Çocuk Akademisi (Eğitmen) 24/06 - 05/07/2019

TÜBİTAK 4004 Doğa Eğitimi ve Bilim Okulları Programları- Hitit Üniversitesi Çocuk Akademisi (Eğitmen) 18-29/06/2018

Diğer Bilgiler

Beden Eğitimi ve Spor Eğitimi Bölümü Müfredatı ve Giriş Sınavları Sempozyumu Organizasyon Komite Üyesi 25-27/04/2014

Türkiye Cimnastik Federasyonu Artistik Cimnastik IV. Kademe Baş Antrenör 2016

