

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI ZEMİNLERDE YAPILAN
PLİYOMETRİK SIÇRAMALAR SIRASINDAKİ
BİYOMEKANİK PARAMETRELERİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

FIRAT ÖZDALYAN

EGZERSİZ FİZYOLOJİSİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

İZMİR-2016

TEZ KODU: DEU.HSI.MSc-2010970020

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI ZEMİNLERDE YAPILAN
PLİYOMETRİK SIÇRAMALAR SIRASINDAKİ
BİYOMEKANİK PARAMETRELERİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

EGZERSİZ FİZYOLOJİSİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

FIRAT ÖZDALYAN

Danışman Öğretim Üyesi: Prof. Dr. Berkant Muammer KAYATEKİN

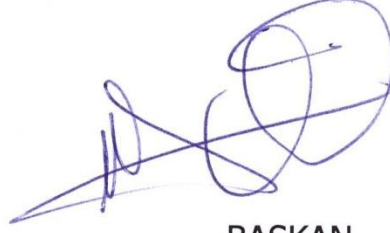
TEZ KODU: DEU.HSI.MSc-2010970020

Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoloji Anabilim Dalı,
Egzersiz Fizyolojisi Yüksek Lisans programı öğrencisi Fırat ÖZDALYAN

**'FARKLI ZEMİNLERDE YAPILAN PLİYOMETRİK SIÇRAMALAR
SIRASINDAKİ BİYOMEKANİK PARAMETRELERİN**

KARŞILAŞTIRILMASI ' konulu Yüksek Lisans tezini 28.03.2016

tarihinde başarılı olarak tamamlamıştır.



BAŞKAN

Prof. Dr. Berkant Muammer KAYATEKİN

Dokuz Eylül Üniversitesi
Tıp Fakültesi Fizyoloji AD



ÜYE

Prof. Dr. Osman AÇIKGÖZ

Dokuz Eylül Üniversitesi
Tıp Fakültesi Fizyoloji AD



ÜYE

Prof. Dr. Özkan TÜTÜNCÜ

Dokuz Eylül Üniversitesi
Spor Bilimleri ve Teknolojisi YO

YEDEK ÜYE

Yrd. Doç. Dr. Oğuz YÜKSEL

Dokuz Eylül Üniversitesi
Tıp Fakültesi Spor Hekimliği AD

YEDEK ÜYE

Prof. Dr. Mustafa Can KOŞAY

Dokuz Eylül Üniversitesi
Tıp Fak. Ortopedi ve Travmatoloji AD

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
TABLO DİZİNİ	iv
ŞEKİL DİZİNİ	v
KISALTMALAR	vi
TEŞEKKÜR	viii
ÖZET	1
ABSTRACT.....	3

1. GİRİŞ VE AMAÇ	5
------------------------	---

2. GENEL BİLGİLER	7
-------------------------	---

2.1. Basketbolun tanımı ve fizyolojisi	7
2.1.1. Basketbol oyununun tanımı	7
2.1.2. Basketbol saha ve donanımı	7
2.1.3. Basketbol için fiziksel uygunluk.....	8
2.1.4. Basketbolda enerji sistemleri	8
2.2. Kas fizyolojisi	8
2.2.1. Kas çeşitleri.....	9
2.2.1.1. Düz kaslar	9
2.2.1.2. Kalp kası	9
2.2.1.3. İskelet kası.....	9
2.2.1.3.1. Sarkolemma	10
2.2.1.3.2. Sarkoplazma	10
2.2.1.3.3. Miyofibriller ve miyofilamentler	10
2.2.1.3.3.1. Sarkomer	11
2.2.1.3.3.2. Miyozin filamentleri.....	12
2.2.1.3.3.3. Aktin filamentleri	12
2.2.1.3.3.4. Titin filamentleri	13
2.2.1.3.4. Sarkoplazmik retikulum ve T-tübülleri	13

2.2.2. İskelet kası kasılması	14
2.2.2.1. Motor ünite	14
2.2.2.2. Sinir-kas kavşağı.....	15
2.2.2.3. Sarkolemma uyarılması	15
2.2.2.4. Uyarılma-kasılma eşleşmesi	15
2.2.2.5. Kayan filamentler mekanizması.....	16
2.2.3. İskelet kası kasılma tipleri	17
2.2.3.1. İzometrik kasılma	17
2.2.3.2. İzotonik kasılma	18
2.2.3.2.1. Konsantrik kasılma.....	18
2.2.3.2.2. Ekzantrik kasılma.....	18
2.2.3.3. İzokinetik kasılma	18
2.3. Pliyometrik antrenmanlar	19
2.3.1. Uzama kılma döngüsü	19
2.3.2. Kas gerim refleksi	20
2.3.3. Seri elastik bileşenler	20
3. GEREÇ VE YÖNTEM	21
3.1. Araştırmanın tipi	29
3.2. Araştırmanın yeri ve zamanı	29
3.3. Araştırmanın evreni ve örnekleme	29
3.4. Çalışma materyali	31
3.5. Araştırmanın değişkenleri.....	32
3.6. Veri toplama araçları	32
3.7. Araştırma planı ve takvimi.....	32
3.8. Verilerin değerlendirilmesi	33
3.9. Araştırmanın sınırlılıkları	33
3.10. Etik Kurul Onayı	33
4. BULGULAR	34

5. TARTIŞMA	39
5.1. Antropometri.....	39
5.2. Diz eklem açısı	40
5.3. Tepkime kuvveti ve yüklenme hızı	41
5.4. Diz eklem açısı ile tepkime kuvveti ilişkisi	43
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	44
7. KAYNAKLAR.....	45
8. EKLER	49
8. EK 1. Bilgilendirilmiş gönüllü olur formu	49
8. EK 2. Olgu rapor / veri kayıt formu örneği	50
8. EK 3. Etik kurul raporu	51
8. EK 4. Arbis formatında özgeçmiş ve yayın listesi.....	52

TABLO DİZİNİ

Sayfa No

Tablo1. Sporcuların antropometrik özellikleri.....	34
Tablo 2. FSR ile elde edilen verilerin ortalamalarının karşılaştırılması.....	35
Tablo 3. Derinlik sıçraması sırasında diz eklem açısı ortalamalarının karşılaştırılması.	37



ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Sarkomer yapısı	11
Şekil 2. Çapraz köprü bağlanma şeması.....	13
Şekil 3. Ön çalışma sırasında elde edilen görüntü	21
Şekil 4. <i>Interlink</i> firmasının FSR kılavuzundan alınan FSR'ye ait şematik gösterim..	22
Şekil 5. Örnek FSR doğrusallık grafiği	23
Şekil 6. FSR bağlantı şematiği	24
Şekil 7. <i>Neopren</i> bandın içinde ayakkabı altına sabitlenmiş FSR.....	25
Şekil 8. Trambolinin esnekliğini test etmek için araştırmacılar tarafından geliştirilen düzenek.....	26
Şekil 9. Boy ölçümü için uygulanan yöntem	27
Şekil 10. Derinlik sıçraması	28
Şekil 11. Diz eklem açısı ortalamalarının grafiği	38

KISALTMALAR

FSR	<i>Force Sensing Resistor</i> – Kuvvet Sensörü
ATP	Adenozin Trifosfat
μm	Mikrometre
nm	Nanometre
ATPaz	Adenozin Trifosfataz
ADP	Adenozin Difosfat
P_i	İnorganik Fosfat
ACh	Asetilkolin
A	Aktin
M	Miyozin
KLT	<i>Kanade–Lucas–Tomasi</i>
lbs	Libre – <i>Pound</i>
N	Newton
k Ω	Kiloohm
ADC	<i>Analog Digital Converter</i> – Analog Dijital Dönüştürücü
Hz	Hertz
V	Volt
V_{out}	<i>Voltage Output</i> - Çıkış Voltajı
V_T	<i>Threshold Voltage</i> – Eşik Voltaj
R_F	Referans Direnç
R_S	Sensör Direnci
GND	<i>Ground Line</i> – Toprak Hattı
TBL	Türkiye Basketbol Ligi
TB2L	Türkiye Basketbol İkinci Ligi
TB3L	Türkiye Basketbol Üçüncü Ligi
EBBL	Erkekler Basketbol Bölgesel Ligi
IR	<i>Infrared</i> – Kızıl Ötesi
IMU	<i>Inertial Measurement Unit</i> – Atalet Ölçüm Sistemi

g	<i>Gravity</i> – Yerçekimi İvmesi
VA	Vücut Ağırlığı
VYO	Vücut Yağ Oranı
EMG	<i>Electromyography</i> – Elektromiyografi



TEŞEKKÜR

Bu çalışmam süresince benden bilimsel ve manevi desteğini esirgemeyen, ayrıca gösterdiği sabır ve hoşgörü için öncelikle değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Berkant Muammer KAYATEKİN'e, çalışmamın bütün aşamalarında benimle birlikte olup desteğini esirgemeyen Öğr. Gör. Dr. Hikmet GÜMÜŞ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim süresince verdikleri eğitim ile kendimi geliştirmemi sağlayan sayın hocalarım Prof. Dr. Osman AÇIKGÖZ'e, Prof. Dr. Cem Şeref BEDİZ'e, Prof. Dr. Amaç KIRAY'a, Prof. Dr. Hüseyin Gazanfer AKSAKOĞLU'na ve Prof. Dr. Belgin ÜNAL'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca yardım ve destekleri için Araş. Gör. Caner ÇETİNKAYA'ya, Araş. Gör. Sercin KOSOVA'ya, Öğr. Gör. Dr. Celal GENÇOĞLU'na ve Öğr. Gör. Dr. Mert TUNAR'a içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim süresince aldığım burs aracılığıyla bana destek olan TÜBİTAK'a, özveriyle tez çalışmama katılım gösteren sporcu kardeşlerime ve bu imkanı yaratan antrenör arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Son olarak da hep yanımda olan ve bana bunu hissettiren ailem ve arkadaşlarıma desteklerinden dolayı sonsuz teşekkürler.

FARKLI ZEMİNLERDE YAPILAN PLİYOMETRİK SIÇRAMALAR SIRASINDAKİ BİYOMEKANİK PARAMETRELERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Fırat ÖZDALYAN, Fizyoloji Ana Bilim Dalı, Spor Fizyolojisi Bilim Dalı,
firat.ozdalyan@deu.edu.tr

ÖZET

Amaç: Bu araştırmanın amacı düz zeminde ve mini trambolinde yapılan derinlik sıçramalarının biyomekanik parametrelerinin karşılaştırılmasıdır. Mini trambolinde yapılan derinlik sıçraması sırasında maruz kalınan tepkime kuvveti ve yüklenme hızının düz zemine göre daha az olduğu hipotezinin incelenmesidir.

Yöntem: Çalışmaya Türkiye basketbol liglerinde oynayan 34 yetişkin erkek sporcu katıldı. Katılımcıların boy uzunlukları, vücut ağırlıkları ve vücut yağ oranları ölçüldü. Ölçümler sonrasında sporculara 10 dakikalık bir ısınma programı uygulandı. Ardından katılımcıların sol diz, sol ayak bileği ile sol kalça eklemlerine aktif işaretler yerleştirildi ve sol ayakkabılarının altına kuvvet sensörü (FSR) yerleştirildi. Katılımcılar önce düz zeminde ardından mini trambolinde 60 cm yükseklikten derinlik sıçraması gerçekleştirdiler. Sıçramalar kamera ile kayıt altına alınırken bu sıçramaların FSR verileri de kaydedildi. Kameradan elde edilen verilerin analiziyle diz eklem açıları (açının minimum olduğu "frame" ile bu "frame"den önceki ve sonraki beşer "frame"); FSR'den elde edilen verilerin analiziyle ise tepkime kuvvetleri ve yüklenme hızları elde edildi. Ardından bu veriler bağımlı gruplarda T testi ile karşılaştırıldı.

Bulgular: Maksimum tepkime kuvveti ve yüklenme hızı ortalamaları düz zeminde daha yüksek bulundu ($p<0.001$). Zemine temas anından tepkime kuvvetinin maksimuma çıktığı süre ortalamaları düz zeminde daha kısa olarak gözlemlendi ($p<0.001$). Diz eklem açısının minimum olduğu "frame" ve bu "frame"den bir önceki ile bir sonraki "frame"ler sırasındaki diz eklem açılarının ortalamalarının iki zemin için

benzer olduğu gözlemlendi. Ancak geri kalan sekiz “frame”deki diz eklem aç ortalamları düz zeminde daha küçük bulundu ($p<0.05$).

Sonuç: Derinlik sıçraması sırasında diz ekleminin düz zeminde mini tramboline göre daha çok büküldüğü bulundu. Mini trambolinde yapılan derinlik sıçraması sırasındaki tepkime kuvveti ve yüklenme hız ı daha düşük olduğundan, mini trambolin pliyometrik antrenmanlar sırasında riski azaltan bir aparat olarak kullanılabilir.

Anahtar Sözcükler: Pliyometrik, Mini trambolin, Yüklenme hız ı, Tepkime kuvveti, Hareket analizi, Derinlik sıçraması, FSR, Diz eklem aç ısı



COMPARING THE BIOMECHANIC PARAMETERS DURING PLIOMETRIC JUMPS ON DIFFERENT SURFACES

**Fırat ÖZDALYAN, Department of Physiology, Sports Physiology,
firat.ozdalyan@deu.edu.tr**

ABSTRACT

Objective: The aim of this study is to compare biomechanic parameters of depth jumps on mini trampoline and noncompliant surface. In addition, to examine the hypothesis of reaction forces and loading rates are greater on mini trampoline compared to noncompliant surface during a depth jump.

Method: Thirty-four male adults, who were playing in Turkish basketball leagues, participated in the study. Participants' heights, body weights and body fat percentages were measured. After the measurements, athletes warmed up for 10 minutes. Then, active markers were placed to the participants' left knee, ankle and hip joints. Also a force sensing resistor (FSR) was placed under the participants' left shoes. First, participants performed 60 cm depth jumps on noncompliant surface, then on mini trampoline. The depth jumps were recorded by a camera while FSR data were being collected. The knee angles (the frame which the angle was minimum, also the five frames each before and after that) were calculated by the analysis of the camera recordings. Also, reaction forces and loading rates were measured by the analysis of the FSR data. Data were compared with paired samples T-test.

Results: Means of maximum reaction forces and loading rates were greater on noncompliant surface ($p<0.001$). Mean time, between the first contact moment to the surface and the moment when the reaction force was maximum, was shorter on noncompliant surface ($p<0.001$). Mean knee angles during three frames (when the knee angle was minimum, one frame each before and frame after the minimum)

were similar on both surfaces. However, mean knee angles during the rest of the eight frames were less on noncompliant surface ($p<0.05$).

Conclusion: This study indicates that during a depth jump, knee joint bends more on noncompliant surface compared to on mini trampoline. Since the reaction forces and loading rates are less on mini trampoline during a depth jump, mini trampoline can be used as an equipment which can reduce the risks of pliometric trainings.

Key Words: Pliometric, Mini trampoline, Loading rate, Reaction force, Motion analysis, Depth jump, FSR, Knee joint angle

1. GİRİŞ VE AMAC

Günümüzde basketbol en popüler spor dallarından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Basketbol çok yönlü bir takım sporudur ve başarılı olmak için anaerobik kapasitenin de gelişmiş olması gerekmektedir (1, 2). Basketbol oyununda topa sahip olmak, savunma yapmak ve sayı üretmek için gerek duyulan patlayıcı kuvvet yeteneği gün geçtikçe daha önemli bir hale gelmektedir. Dikey sıçrama performansı patlayıcı kuvvetin bir göstergesi olmasının yanı sıra basketbol için gerekli olan temel hareketlerden biridir (3). Ayrıca dikey sıçrama performansı basketbolcuların oyunda kalma süresiyle de oldukça ilişkilidir (2).

Antrenör ve spor bilimciler 1960'lı yıllardan beri uzama kısılma döngüsü (*stretch-shortening cycle*) sırasında iskelet kasındaki elastik enerjinin depolanmasını ve tekrar kullanılmasını geliştirmek için antrenman yöntemleri araştırmaktadırlar. Uzama kısılma döngüsü sırasında pozitif iş üretimi kapasitesindeki değişimi etkileyen çeşitli faktörler vardır. Bunların en önemlisi ekzantrik fazın şiddeti, hızı ve ekzantrik ile konsantrik fazların arasındaki geçiş zamanıdır (4). Bu faktörlerin iyileşmesi ve dikey sıçramanın gelişmesinde plyometrik antrenmanların etkili olduğu görülmektedir (1, 5).

Avantajlarının yanı sıra plyometrik antrenmanlar dinamik doğasından dolayı sakatlıklara sebep olabilir. Örneğin derinlik sıçramasının (*depth jump*) yere iniş fazında yer tepkime kuvveti vücut kütlelerinin üç, dört katına çıkar (5). Ayrıca yüklenme hızı (vücuda etki eden kuvvetlerin hızı) da sakatlık riskini artıran etkenlerdendir (6).

Bugüne kadar farklı zeminlerde yapılan plyometrik egzersizlerin performans gelişimi üzerine etkileri farklı çalışmalarda araştırılmıştır. Ancak mini trampolinde yapılan plyometrik egzersizlerde ortaya çıkan tepkime kuvvetini ölçmeye yönelik yapılan bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Elastik yüzeyin bir miktar enerji absorbe etmesi nedeniyle plyometrik egzersiz yaparken mini trampolin kullanılması iniş sırasında vücudun karşı karşıya kaldığı tepkime kuvveti ile düz zemine iniş sırasında vücudun karşı karşıya kaldığı tepkime

kuvveti arasında farklılık yaratabilir (5). Aynı farklılık yüklenme hızı için de beklenebilir. Pliyometrik egzersizlerindeki tepkime kuvveti ve yüklenme hızı ile ilgili bu farklılık pliometrik antrenmanların dinamik doğasından dolayı oluşabilecek sakatlık risklerini de önleyebilir veya azaltabilir.

Ayrıca yeni geliştirilmiş olan yöntem; sadece sabit zeminde, kısıtlı alanda ve önceden planlanmış hareketler sırasında ölçüm yapabilen güç platformu yerine kullanılabilir. Bu sayede düz olmayan zeminlerde, önceden planlanmamış, geniş alanlarda gerçekleştirilen veya sıklık olmayan egzersizler sırasında çalışmalar yapılabilir.

Bu araştırmanın amacı mini trambolinde ve düz zeminde yapılan derinlik sıçramalarının biyomekanik parametrelerinin karşılaştırılmasıdır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Basketbolun Tanımı ve Fizyolojisi

2.1.1. Basketbol Oyununun Tanımı

Basketbol, bir takımın en fazla 12 sporcudan oluştuğu ve takımların oyunda beşer oyuncuyla mücadele ettiği bir salon sporudur. Oyun, on dakikalık dört periyottan oluşur ve top oyunda değilken süre durdurulur. Her takımın birinci devre (birinci ve ikinci periyot) sırasında, herhangi bir zamanda iki, ikinci devre (üçüncü ve dördüncü periyot) sırasında, en az bir tanesi maçın son iki dakikasından önce olmak koşuluyla herhangi bir zamanda üç ve her uzatma periyodu sırasında, bir mola hakkı vardır. Her mola bir dakika sürer. Maç boyunca sınırsız sayıda oyuncu değişimi yapılabilir. Bir takım oyun sahasında, canlı bir topun kontrolünü elde ederse, bu takım 24 saniye içinde şut atmaya çalışmalıdır. Yirmi dört saniye kuralı ihlalinde top diğer takıma verilir.

Her takımın amacı, rakibin sepetine sayı yapmak ve diğer takımın sayı yapmasını engellemektir. Eğer dördüncü periyodun sonunda skorda eşitlik varsa, oyun beraberlik bozulana kadar beş dakikalık uzatma periyotlarıyla devam eder. Oyun, hakemler, masa görevlileri ve varsa, teknik komiser tarafından kontrol edilir. Oyun süresinin sonunda daha fazla sayı yapmış olan takım, maçın galibi olur (7).

2.1.2. Basketbol Saha ve Donanımı

Oyun sahası engel bulunmayacak şekilde düz, sert yüzeyli, engellerden uzak, sınır çizgisinin iç kenarından ölçüldüğünde 28 m uzunluğunda, 15 m genişliğindedir. Tüm çizgiler beyaz renkte, beş cm genişliğinde ve açıkça görülebilir şekildedir. Oyun sahası, dip çizgileri ve kenar çizgilerini içeren sınır çizgisiyle sınırlıdır. Bu çizgiler oyun sahasının parçası değildir (7).

Her çemberin üst kenarı yatay konumda yerden 3050 mm ($\pm$ maksimum altı mm) yüksekliktedir (8).

2.1.3. Basketbol İçin Fiziksel Uygunluk

Basketbolda teknik beceriler bir sporcunun başarısını şüphesiz ki olumlu yönde etkileyen en önemli faktörlerdendir. Ancak sporcunun st düzeydeki teknik becerilerini etkili bir biçimde kullanabilmesi sporcunun kondisyonel yetilerine bağlıdır. Fiziksel uygunluğu zayıf olan bir sporcunun basketbol oyununda başarılı olması oldukça zordur.

Başarılı bir basketbolcunun en önemli fiziksel uygunluk ögeleri dolaşım-solunum sistemi, kas gücü, kas dayanıklılığı, esneklik ve vücut kompozisyonudur (9).

2.1.4. Basketbolda Enerji Sistemleri

Basketbol aerobik enerjinin kullanıldığı uzun süreli, düşük şiddetli eforlardan çok anaerobik sistemin kullanıldığı tekrarlayan kısa süreli, yüksek şiddetli eforlar içeren bir oyundur (10).

Basketbol oyununda ihtiyaç duyulan enerjinin %80'i anaerobik yollardan elde edilirken yalnızca %20'si aerobik yollardan elde edilir. Bu oran birçok etkene bağlı olarak değişebilmektedir ancak basketbol oyunuyla ilgili genel olarak kabul görmüş olan düşünce bu oyunda ağırlıklı olarak anaerobik yollardan enerji retildiğidir. rnek vermek gerekirse, bir basketbolcunun ma sırasındaki hareketleri analiz edildiğinde yüklenme ve dinlenme sürelerinin bire bir veya daha az olduğu gerçeğine ulaşılır. Ma içerisinde herhangi bir hareketin olmadığı süreler, verilen mola araları ve devre/periyot araları gibi aerobik sisteme bağlı dinlenme süreçleri sırasında adenosin trifosfat (ATP) tekrar depolanır (9).

2.2. Kas Fizyolojisi

Kas hücreleri kuvvet ve hareket oluşturmak için kimyasal enerjiyi baskın bir şekilde kullanabilmektedirler. Vücut ağırlığının %40-45'ini oluşturan kaslar kimyasal enerjiyi kullanarak kasılıp ve gevşeyebilirler. Bu kasılıp gevşemelerle birlikte kuvvet üretir ve hareket meydana getirirler. Kas dokusu özelliklerine göre organizmada üç ayrı tre ayrılır: iskelet kası, düz kas ve kalp kası (11, 12).

2.2.1. Kas eşitleri

2.2.1.1. Düz Kaslar

Düz kaslar bağırsak, kan damarları, mide gibi organlarda bulunurlar. Düz kaslarda bulunan aktin ve miyozin filamentleri rastgele bir dağılım gösterirler. Bu nedenle mikroskop altında düz kaslar çizgili bir görünüme sahip değildirler. Düz kaslar istemli kasılma göstermezler. Bu kasların kontrolü otonom sinir sistemi, otokrin/parakrin maddeler, hormonlar ve diğer kimyasal maddeler tarafından sağlanır (11, 12).

2.2.1.2. Kalp Kası

Sadece kalpte bulunan bu kasın kasılması ile kan damarlarda hareket edip dolaşım sistemi boyunca ilerler. Bu kas yapısal olarak düz kasa benzemez ve mikroskop altında çizgili bir görüntüye sahiptir. Yapısı düz kasa benzememesine karşın kalp kasının kasılması düz kasta olduğu gibi otonom sinir sistemi, otokrin/parakrin maddeler ve hormonlar ile düzenlenir (11, 12).

2.2.1.3. İskelet Kası

Vücudun hareketi iskelet kasları tarafından sağlanır. İskelet kası hücrelerinden oluşan bu kasın diğer bir adı çizgili kaktır (13).

Düz kasın aksine iskelet kasında aktin ve miyozin filamentleri bir düzen içerisinde. Bu düzenli dizilimden dolayı iskelet kası mikroskop altında çizgili bir görünüme sahiptir. İskelet kasına çizgili kas da denmesinin nedeni budur. İskelet kasları istemli olarak, somatik sinir sistemi ile uyarılarak kasılırlar ve böylece hareket gerçekleşir (12).

Kas hücrelerine lif de denmektedir. Liflerin boyu 1 mm-30 cm, eni ise 10-100 mikrometre arasındadır. Lifin üzeri endomisyum adı verilen bir kılıf ile sarılıdır. Yüz elli civarı lif birlikte lif demetlerini oluşturur. Lif demetlerinin diğer bir adı *fasiculustur*. Lif demetlerinin de üzerini saran bir kılıf vardır ve bu dokuya perimisyum denir. Son

olarak lif demetlerinin bir araya gelmesiyle çizgili kas dokusu meydana gelir ve kas dokunun etrafı epimisyum (fibroz bağ doku) adı verilen doku ile sarılıdır (12, 14).

2.2.1.3.1. Sarkolemma

Kas liflerinde endomisyumun iç tarafında ona yapışık çizgili kas hücre zarı bulunur. Bu zara sarkolemma adı verilir ve ince elastik liflerden yapıldır. Çizgili kas hücre plazmasına sarkoplazma denir ve sarkolemma sarkoplazmayı çevreler (14, 15).

2.2.1.3.2. Sarkoplazma

Hücresinin içi nükleus ve sitoplazma (nükleus dışındaki bölge) olarak iki bölgeye ayrılır. Sitoplazma ise hücre organelleri ve sitozol (bu organelleri çeviren sıvı) olarak ikiye ayrılır (11). Kas hücresinin sitoplazmasına ise sarkoplazma adı verilir. Sarkoplazma içerisinde mitokondria ve sarkoplazmik retikulum gibi diğer hücre organelleri; potasyum, magnezyum, sodyum, kalsiyum gibi elektrolitler; myoglobin, yağ, glikojen, ATP, fosfokreatin, fosfolipid, çeşitli enzimler gibi organik maddeler bulunur. Bunların dışında lifleri oluşturan çok sayıda miyofibril de sarkoplazma içerisinde asılı halde bulunmaktadır (14, 15).

2.2.1.3.3. Miyofibriller ve Miyofilamentler

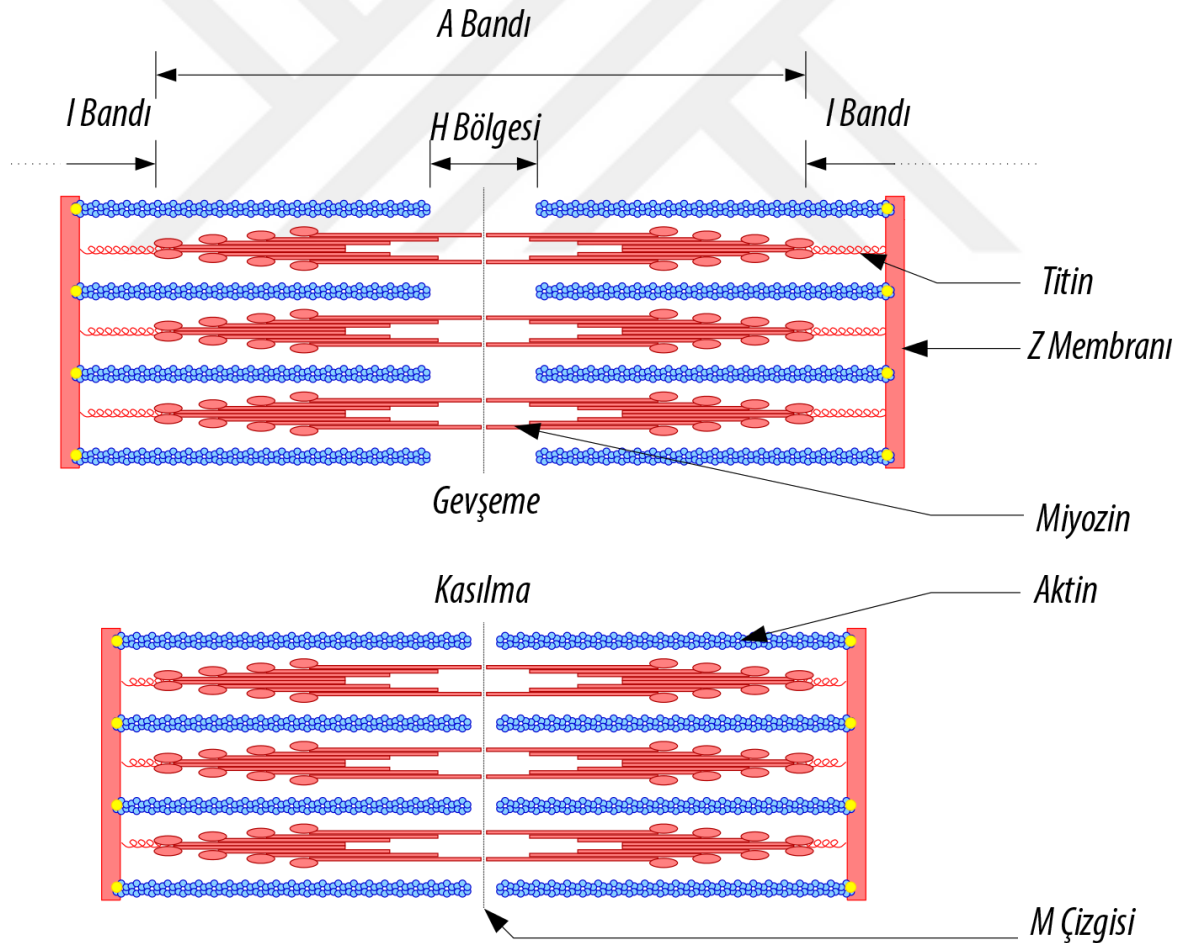
Miyofibriller kasılmada görev alan birimlerdir ve sarkomer adı verilen bölümlere ayrılırlar (12).

Bir, iki mikrometre (μm) çapındaki miyofibrillerde protein yapıda olan çok sayıda miyofilament bulunur. Miyofibril içindeki ince ve kalın miyofilamentlerin belli bir düzene göre sıralanması sonucu iskelet kasları mikroskop altında çizgili görünüm elde eder. İnce filamentler aktin, kalın filamentler ise miyozin filamentleri olarak adlandırılırlar (11, 14, 16). Her bir miyofibril yan yana uzanan 1500 kadar miyozin filamenti ve bunun iki misli, 3000 kadar, aktin filamentinden oluşur (15, 16).

2.2.1.3.3.1. Sarkomer

İskelet kasındaki esas kasılma ünitesine sarkomer adı verilmektedir ve bir kas lifindeki kasılmayı değerlendirmek için bir sarkomeri değerlendirmek yeterlidir.

Sarkomer 1.6-2 μm uzunluğundadır ve kasılma işini yapan en küçük fonksiyonel birimdir ve ışık mikroskobu altında koyu görünen bantlara A bandı denir. Işık mikroskobu altında açık görünen banda ise I bandı denir. A bantlarının ortası H bölgesi olarak adlandırılır ve daha az koyudur. H bölgesinin ortasında M çizgisi adı verilen ince ve koyu renkli bant bulunmaktadır. I bandının da ortasında Z membranı adı verilen koyu ve dar bir çizgi bulunur. İki Z membranı arasındaki bölüm sarkomer adını alır (11, 12, 14, 15). Sarkomerin yapısı Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Sarkomer yapısı (17)

2.2.1.3.3.2. Miyozin Filamenti

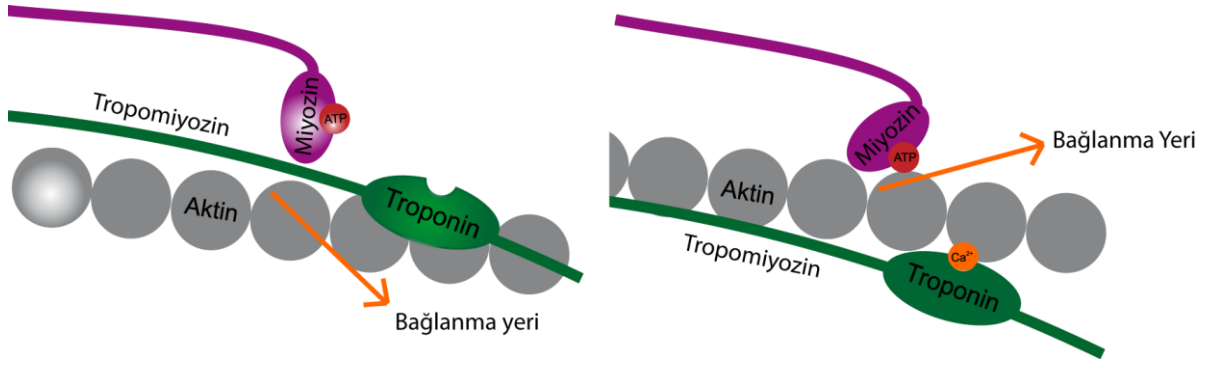
Miyozin filamentleri birçok miyozin molekülünün bir araya gelmesiyle oluşmuş ve kas kasılmasından sorumlu olan büyük proteinlerdir (16). Miyozin filamenti 15 nanometre (nm) kalınlığındadır. Miyozin filamentlerinin alt alta geldikleri bant A bandıdır. A bandında miyozin filamentleri arasına girmiş aktin filamentlerinin uçları da bulunur. H bölgesinde ise aktin filamentleri bulunmaz, sadece miyozin filamentleri bulunur. M çizgisi ise yan yana yerleşmiş olan miyozin filamentlerini orta bölgelerinden birbirine bağlayan proteinlere karşılık gelir (11, 15).

Miyozin filamentlerinin orta bölgeleri dışında kalan yüzeyinden çıkan ve aktin filamentlerine doğru giden çıkıntılara çapraz köprü adı verilir. Çapraz köprüler kas kasılmasında önemli rol oynarlar. Çapraz köprünün miyozine bağlı bir menteşe kısmı, aktine bağlı bir de baş kısmı vardır. Çapraz köprülerin başlarında miyozin adenozin trifosfataz (ATPaz) enzimi yer alır ve bu enzim ATP'yi parçalayarak adenozin difosfat (ADP) + İnorganik Fosfat (P_i) + Enerji oluşturur (12, 14, 15).

2.2.1.3.3.3. Aktin Filamenti

Aktin filamentleri aktin, troponin ve tropomiyozin olmak üzere üç farklı proteinden oluşur (16). Aktin filamenti altı nm kalınlığındadır (15). Bu filamentlerin yapısındaki troponin ve tropomiyozin kas kasılmanın kontrolünde önemli rol oynar. Bir tropomiyozin molekülü yedi aktin molekülü boyunca uzanır ve troponin ise tropomiyozinin ucunda bulunur (11, 16).

Dinlenme sırasında tropomiyozin ince filament boyunca bir ip gibi uzanarak aktin molekülündeki çapraz köprü bağlanma yerlerini kapatır. Böylece çapraz köprüler aktindeki bağlanma yerlerine temas etmediği için bağlanamaz. Tropomiyozinin bu pozisyonunu tropomiyozine bağlı olan troponin belirler. Sitozoldeki kalsiyum miktarı arttığında troponine kalsiyum bağlanır ve troponinin şeklinde bir değişim meydana gelir. Bu değişiklik tropomiyozini hareket ettirerek aktin üzerindeki çapraz köprü bağlanma yerlerinin açığa çıkmasına neden olur ve çapraz köprü aktine bağlanır (Şekil 2). Kalsiyumun troponinden ayrılması ise tropomiyozinin tekrar eski yerine dönmelerini sağlar ve çapraz köprü bağlanma yerleri yine kapalı hale gelir (11, 18).



Şekil 2. Çapraz köprü bağlanma şeması (19)

Aktin filamentleri Z membranına bağlıdır ve Z membranından her iki tarafa doğru miyozin filamentleri arasına doğru çıkarlar. Aktin filamentlerinin uçları A bandında bulunurken geri kalan kısmı ise I bandında bulunur. I bandında miyozin filamentleri bulunmaz, sadece aktin filamentleri bulunur (11, 15).

2.2.1.3.3.4. Titin Filamenti

Elastik protein olan titinden oluşan filamentler Z membranından M çizgisine uzanır ve hem M çizgisi proteinlerine, hem de miyozin filamentlerine bağlanır. Bu filamentler kalın filamentlerin arasındaki M çizgisi bağlantısıyla beraber miyozin filamentlerinin sarkomerin ortasında düzenli dizilimini sürdürmesini sağlar (11).

2.2.1.3.4. Sarkoplazmik Retikulum ve T-Tübülleri

Sarkoplazma içerisinde yer alan organellerden birisi olan sarkoplazmik retikulum kas kasılmasında önemli rol oynayan özel bir yapıya sahiptir ve her miyofibrilin etrafını saran bir tübül sistemidir. Sarkoplazmik retikulum miyofibrillere paralel uzanan longitudinal tübüllerden ve her segmentin iki ucunda bulunan lateral keseler adı verilen genişlemiş bölgelerden oluşur. Bu lateral keseler kas kasılmasında önemli rol oynayan bir katyon olan kalsiyumu depo eder ve salıverir (11, 12, 14, 15).

Sarkolemmalar içe doğru bükülerek membranlar seti halinde kas fibrillerinin bir tarafından öbür tarafına doğru transvers olarak ilerleyen tübüler bir sistem oluştururlar. Bu transvers tübüllere T-tübülleri denir. Sarkoplazmik retikulum

miyofibrillere paralel seyredirken T-tübülleri miyofibrillere dik dik seyrederekler (15). Lateral keseler T-tübüllerle her iki yanda komşuluk yaparlar ve bu iki yapı birbiriyle çok yakın bağlantı halindedirler. Aksiyon potansiyeli sarkolemanın bir yerinde bir kere başladığında, kas lifinin bütün yüzeyine ve T-tübülleri yoluyla da lifin içine iletilir. Özel bir mekanizma T-tübüllerindeki aksiyon potansiyeli ile sarkoplazmik retikulumdan kalsiyum salınmasını eşleştirir. Kalsiyum salınması ise kas kasılmasına neden olur (11, 12, 14).

2.2.2. İskelet Kası Kasılması

İskelet kasında kasılmanın başlaması için aksiyon potansiyeline ihtiyaç vardır. Aksiyon potansiyeli ise sinir liflerinin uyarılmasıyla gerçekleşir (11).

2.2.2.1. Motor ünite

Motor nöronlar iskelet kas liflerini uyaran sinir hücreleridir. Bu hücrelerin gövdeleri beyin sapında veya omurilikteyken aksonları kas liflerine uzanır. Motor nöronların aksonlarının miyelinli olması aksiyon potansiyelinin çok hızlı bir şekilde iskelet kas liflerine iletilmesini sağlar (11).

Kasa ulaşan motor nöron aksonu birçok dala ayrılır ve her dal kontrol ettiği tek bir kas lifi ile bağlantı yaparken, bir motor nöron birçok kas lifini uyarır. Bir motor nöron ile bu motor nöronun uyardığı kas liflerinin hepsine birden bir motor ünite adı verilir. Bir motor ünitenin kas lifleri aynı kasın içinde dağınık bir şekilde bulunurlar ve komşu değildirler. Bu lifler aynı tip fibrillerdir (tip I veya tip II) ve hepsi motor nöronda aksiyon potansiyeli oluştuğunda aynı şekilde yanıt verip aynı zamanda kısalırlar (11, 14, 15).

Bazı motor ünitelerde iki veya üç kas fibrili bulunurken, bazı motor ünitelerde birkaç yüz kas fibrili bulunmaktadır. Hassas kontrol gerektiren ve hızlı reaksiyon gösteren küçük kaslardaki motor ünitelerde genellikle birkaç kas fibrili bulunur (16). Bir kasta yavaş kasılan fibrillere sahip motor üniteler ve hızlı kasılan fibrillere sahip motor üniteler karmaşık bir şekilde bir arada bulunurlar (14, 15).

2.2.2.2. Sinir-Kas Kavşağı

Motor nöronun aksonunun lif yüzeyine yakın kısımlarında miyelin kılıf bulunmaz. Miyelinsiz akson ucu birçok dala ayrılır ve her dal kas lifinin yüzeyindeki oluklara uzanır. Bu girintilere gömülmüş akson uçlarındaki veziküllerde asetilkolin (ACh) adı verilen nörotransmitterler bulunur. Sarkolemmmanın akson ucun altında kalan bölgesine motor son plak denir. Akson ucunun motor son plak üzerinde sonlanmasıyla oluşmuş bağlantıya ise sinir-kas kavşağı denir (11, 12).

2.2.2.3. Sarkolemma Uyarılması

Akson ucuna ulaşan aksiyon potansiyeli sonucu, aksonun uç kısmındaki voltaja duyarlı kalsiyum kanalları açılır. Hücre dışı sıvıda bulunan kalsiyum iyonları açılan bu kanallardan akson ucunun içine difüze olur. Akson ucuna giren kalsiyum iyonları veziküllerin içinde bulunan asetilkolinin sinir-kas kavşağına salınmasına neden olur (11, 12, 15, 18).

Sinir-kas kavşağındaki ACh motor son plakta bulunan reseptörlere bağlanır ve böylelikle iyon kanalları açılır. Açılan iyon kanallarından hem sodyum hem de potasyum iyonları geçebilir. Potasyum iyonları hücre dışına doğru hareket etme eğilimindeyken sodyum iyonları hücre içine doğru hareket etme eğilimindedir. Sodyumun hücre içine olan hareketi potasyumun hücre dışına olan hareketinden daha fazla olur ve bunun sonucunda ise motor son plakta son plak potansiyeli denilen bir lokal potansiyel oluşur. Bu lokal potansiyel sonucu plazma membranında aksiyon potansiyeli başlar. Yeni oluşan aksiyon potansiyeli kas lifinin yüzeyine ve oradan da T-tübüllerine doğru yayılır (11, 15).

2.2.2.4. Uyarılma-Kasılma Eşleşmesi

T-tübülleri ile sarkoplazmik retikulumun lateral keseleri birbirine çok yakındır ve aralarında önemli bir ilişki vardır. Aksiyon potansiyeli aynı sarkolemmada olduğu gibi T-tübüllerinde de yayılabilir. Aksiyon potansiyeli ile uyarılan T-tübülleri özel bir mekanizma ile sarkoplazmik retikulumdan kalsiyum salıverilmesine sebep olur (11).

Dinlenim sırasında sitozoldeki serbest kalsiyum iyonu çok düşüktür. Bu nedenle tropomiyozinin kasılmayı önleyici etkisini ortadan kaldırmaya yetecek kadar kalsiyum iyonu troponinlere bağlı değildir. Ancak T-tübüllerinin uyarılmasıyla sarkoplazmik retikulumdan kalsiyum saliverilmesi 500 kat artar. Bunun sonucunda kalsiyum iyonları yeterli sayıda troponine bağlanarak tropomiyozinin önleyici etkisini ortadan kaldırır ve kasılma başlar (11, 12).

Aksiyon potansiyelinin sonlanmasıyla sarkoplazmik retikulumdan kalsiyum saliverilmesi dinlenim düzeyine inerken, sarkoplazmik retikulumun membranında bulunan kalsiyum ATPaz proteinleri kalsiyumun sitozolden tekrar sarkoplazmik retikuluma aktif taşıma yoluyla pompalanmasını sağlarlar. Bunun sonucunda sitozoldeki kalsiyum düzeyi tekrar dinlenim seviyesine iner. Sitozoldeki kalsiyum düzeyi düştüğünde kalsiyum troponinden ayrılır ve tropomiyozinin kasılma önleyici etkisi tekrar aktif hale gelir. Böylece kasılma sona erer (11, 15).

2.2.2.5. Kayan Filamentler Mekanizması

İskelet kas kasılmasında kas lifi kısalır. Bu kısalma sırasında kısalan filamentlerin boyu değil sarkomerin boyudur. Kasılma sırasında çapraz köprüler bir kürek gibi hareket eder ve aktin filamentini miyozin filamentleri üzerinde kaydırarak sarkomerin ortasına doğru çeker. Z membranına bağlı aktin filamentlerinin birbirine yaklaşmasıyla Z membranları da birbirine yaklaşır ve böylece sarkomerin boyu kısalmış olur. Bu kayma hareketinden dolayı söz konusu mekanizmaya kayan filamentler mekanizması denmektedir (11, 12, 15, 18).

Aktin (A) moleküllerinde çapraz köprüler için bağlanma bölgesi bulunur. Miyozin (M) moleküllerinde ise her birinde ikişer bağlanma yeri olan iki globuler baş vardır. Bu bağlanma bölgelerinden birisi ATP, diğeri ise aktin bağlanma bölgeleridir ve ATP bağlanma bölgeleri aynı zamanda ATPaz görevi de görmektedir. Miyozindeki bu ATP bağlanma bölgeleri bağlanan ATP'yi hidrolize ederek kasılma için gerekli enerjiyi sağlar. Bu yolla enerjilenen globuler baş dinlenim sırasında aktine bağlanmaya hazır şekilde kasılmanın başlamasını bekler (11, 18).

Kasılma sırasında çapraz köprüler birbirinden bağımsız olarak hareket eder. Bir çapraz köprünün kasılma sırasında tekrarlayarak yaptığı hareketlere çapraz köprü döngüsü denir.

Sitozoldeki kalsiyum konsantrasyonunun artmasıyla döngü başlar. Kalsiyum troponine bağlanır ve aktindeki çapraz köprü bağlama bölgeleri açılır. Bu olayla birlikte enerjili bir şekilde ince filamente bağlanmaya hazır olarak bekleyen çapraz köprüler aktine bağlanır.

Çapraz köprünün aktine bağlanmasıyla depolanmış enerji kullanılır ve güç vuruşu adı verilen hareket gerçekleşir. Çapraz köprünün bu hareketiyle aktin sarkomer merkezine doğru çekilirken P_i ve ADP miyozinden ayrılır.

Güç vuruşu sırasında aktin ve globuler baş arasındaki bağ oldukça kuvvetli bir hal alır ve döngünün devam edebilmesi için bu bağın koparılması gerekir. Bir ATP molekülünün globuler başa bağlanmasıyla bu bağ kopar ve ATP miyozine bağlı kalır.

Bu bağın kopmasından sonra ATPaz enzimi ATP'yi hidrolize eder ve globuler baş tekrar kasılmaya hazır şekilde enerjili hale gelir. Hidrolizle açığa çıkan ADP ve P_i ise güç vuruşuna kadar miyozine bağlı halde kalır. Böylece döngü başlangıç haline geri dönmüş olur (11, 18).

2.2.3. İskelet Kası Kasılma Tipleri

Egzersiz fizyolojisi açısından kas kasılma tipleri statik ve dinamik olarak yorumlanabilir. İzometrik kasılma bir statik kasılma örneği iken izokinetik ve izotonik kasılmalar ise birer dinamik kasılma örnekleridir. İzotonik kasılmalar ise konsantrik ve ekzantrik olarak iki alt gruba ayrılır (12, 15, 18).

2.2.3.1. İzometrik Kasılma

İzo sabit anlamına gelirken, metrik ise boy birimini tanımlar. Bu kasılma çeşidi statik bir kasılma olup kasın tonusu artarken uzunluğu değişmez. Bu kasılma çeşidi sırasında bir hareket meydana gelmez, bu nedenle fizik kanunlarına göre mekanik bir iş yapılmamış kabul edilir. Bir ağırlığın dirsek eklemimizi hareket ettirmeden taşınması izometrik kasılmaya örnek gösterilebilir (12, 15, 18).

2.2.3.2. İzotonik Kasılma

İzo sabit anlamına gelirken, tonik ise gerilimi ifade eder. Bu kasılmalar kas gerilimi sabit kalırken kas boyunun değiştiği dinamik kasılma çeşitleridir. Bu kasılma çeşidi ile bir hareket meydana gelir ve mekanik olarak bir iş yapılmış olur. İzotonik kasılmalar konsantrik ve ekzantrik olarak iki alt gruba ayrılır (12, 18).

2.2.3.2.1. Konsantrik Kasılma

Dinamik bir kasılma şekli olan konsantrik kasılma sırasında kasın boyu kısalır. Bu kasılma sırasında pozitif mekanik bir iş yapılır. Bir ağırlığın dirsek eklemine fleksiyon yaptırılarak yukarı kaldırılması biceps brachii kasının konsantrik kasılmasına örnek gösterilebilir (12, 15, 18).

2.2.3.2.2. Ekzantrik Kasılma

Yine bir dinamik kasılma çeşidi olan ekzantrik kasılma sırasında konsantrik kasılmanın tam tersi olarak kasın boyu uzar. Bu kasılma sırasında negatif iş yapılmış olur. Bir ağırlığın dirsek eklemine ekstansiyon yaptırılarak aşağı indirilmesi biceps brachii kasının ekzantrik kasılmasına örnek gösterilebilir (12, 15, 18).

2.2.3.3. İzokinetik Kasılma

İzo sabit, kinetik ise hareket anlamını taşır. Bu kasılma çeşidi için laboratuvar ortamında izokinetik dinamometre gibi özel cihazlara ihtiyaç duyulur. Bu cihazlarda hareket sabit bir açısal hıza ayarlanır ve bu şekilde hareketin tüm açılarında hız aynı kalmaktadır. Hareket sırasında kişiden devamlı olarak maksimum kuvvet ortaya koyması istenir. Cihaz ise bu kuvvete karşı her açıda farklı bir direnç uygulayarak hareketin açısal hızını ayarlanan değerde sabit tutar. Bir antrenman tekniği olarak da kullanılan izokinetik kasılmalar kas kuvvetini ve dayanıklılığını geliştirmek için en iyi yöntemlerden biridir (12, 15, 18).

2.3. Pliyometrik Antrenmanlar

Pliyometrik antrenmanlar patlayıcı gücü geliştirmek için kullanılan bir yöntemdir. Pliyometrik antrenmanlar, performansı geliştirici etkisi keşfedildiğinden beri antrenörler ve sporcular tarafından antrenman programlarında kullanılmaktadır. Pliyometrik antrenmanlar özellikle çabuk kuvvetin ve sıçrama yeteneğinin ön planda olduğu branşlarda oldukça faydalıdır (20, 21, 22).

Bir pliometrik egzersiz olarak alt ekstremitenin patlayıcı gücünü geliştirmek için kullanılan derinlik sıçraması örnek gösterilebilir. Derinlik sıçraması yapılırken birey bir yükseklikten kendini yere bırakır ve yere temasla birlikte derhal en yükseğe sıçar. Derinlik sıçraması sırasında yerle temasla birlikte diz ve kalça eklemleri fleksiyona uğrar. Bu fleksiyon sırasında diz ve kalça ekstansörleri hızlı bir şekilde ekzantrik olarak kasılır ve düşüş amortize edilir. Amortizasyonun hemen ardından söz konusu kaslar bu sefer hızlı bir konsantrik kasılma gösterir ve sıçrama gerçekleşmiş olur (21, 22).

Derinlik sıçramasında olduğu gibi çoğu hareket şekli ekzantrik bir kasılmayı takip eden konsantrik bir kasılmayı kapsar. Kaslarda meydana gelen bu döngüye uzama kısılma döngüsü denir (21, 22).

2.3.1. Uzama Kısılma Döngüsü

Ekzantrik ve konsantrik kas kasılmaları genellikle karmaşık hareketler sırasında eş zamanlı bir şekilde meydana gelir. Ekzantrik ve konsantrik kasılmaların iç içe olduğu bu sürece uzama kısılma döngüsü adı verilir (20).

Uzama kısılma döngüsü üç fazdan oluşur. Bunlardan ilki ekzantrik fazdır ve bu sırada kas ekzantrik olarak kasılır. İkinci faz ise amortizasyon fazıdır ve bu süreçte ekzantrik fazdan konsantrik faza geçiş gerçekleşir. Üçüncü ve son faz ise konsantrik kasılmanın gerçekleştiği konsantrik fazdır. Eğer amortizasyon fazı yeteri kadar kısa sürmüştür ise konsantrik faz sırasında güçlü bir kasılma gerçekleşir.

Konsantrik faz sırasında ortaya çıkan kas gücündeki artış mekanik ve nörofizyolojik olarak iki model ile açıklanabilir. İki modelin de kas gücü artışına katkısı

bulunmaktadır. Bu modellerden bir tanesi kas gerim refleksi, diğeri ise seri elastik bileşenlerin depoladığı elastik enerjidir (20, 22).

2.3.2. Kas Gerim Refleksi

Bu refleks myotatik refleks olarak da bilinir. İskelet kaslarının içerisinde kasın boyu ile boyundaki değişiklikleri algılayan ve kas içiği adı verilen reseptörler bulunur. Kasın boyu uzadıkça, kas içiğinde de uzama meydana gelir ve bunun sonucunda reseptörde aksiyon potansiyeli frekansı artar. Pliyometrik egzersizde ekzantrik faz sırasında boyu uzayan kasın kas içiği uyarılmış olur ve bu uyarılma sonucu söz konusu kas kasılırken, antagonist kas ise inhibe edilir.

Derinlik sıçraması sırasında quadriceps femoris kasını örnek verirken kasın boyunun uzaması sonucu kas içiğinin aksiyon potansiyeli frekansı artar. Bu frekans artışı sonucu quadriceps femoris kası kasılırken hamstring kasları ise inhibe edilerek gevşer. Bu süreç derinlik sıçraması sırasında gastrocnemius gibi sıçramada rol alan diğer kaslar için de gerçekleşir. Böylece kas gerim refleksi sonucu daha güçlü bir sıçrama meydana gelir (11, 20, 21, 22).

2.3.3. Seri Elastik Bileşenler

İskelet kaslarında bulunan seri elastik bileşenler gerilim ile aktive olur. Tendonlar (yapısında ana protein olarak bulunan kollajen sarmal bir yapıya sahiptir), kas fibrillerinin tendona tutunduğu sarkolemmal uçlar ve kaslardaki çapraz köprülerin esnek miyozin başları seri elastik bileşenler olarak sayılabilir.

Kas ve tendon yapılar ekzantrik faz sırasında hızlı bir şekilde gerildiğinde, seri elastik bileşenler bir yay gibi davranır ve bu bileşenlerin boyu uzar. Bu durum ise seri elastik bileşenlerde elastik enerjinin depolanmasına neden olur. Seri elastik bileşenler bu enerjiyi konsantrik iş için kullanırlar ve daha güçlü bir sıçrayış gerçekleşir. Eğer amortizasyon fazı çok yavaş olursa kas depoladığı elastik enerjiyi konsantrik iş için kullanamaz ve genelde ısı olarak dağıtır. Bunun aksine ekzantrik kasılma ile konsantrik kasılma arasındaki süre ne kadar kısa olursa elde edilen konsantrik iş de o kadar artar (16, 20, 22).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Farklı zeminlerde yapılan derinlik sıçraması sırasında elde edilen biyomekanik parametreleri değerlendirmek için iki farklı yöntem kullanıldı.

İlk yöntem; video görüntüleri üzerinden hareket yakalama ile işaretlenmiş noktalar takip edilerek bilgisayar ortamında kişinin hareketlerinin bir modelinin oluşturulmasıdır. Bu yöntem ile diz ekleminin açısı değişimi hesaplanmıştır (23).

Hareket analizi için kolay erişilebilir bir kamera olan *GoPro Hero3* kamerası kullanıldı. Kamera ile 1280x720 piksel çözünürlüğünde 50 "frame"/sn olarak görüntü kaydı yapıldı. Görüntü analizi sırasında işaret noktalarının takibi oldukça zor ve hataya açık bir yöntemdir. Aktif işaret noktaları 850 nm *infrared* (kızıl ötesi) led kullanılarak oluşturuldu. Noktaların takibi sırasında oluşabilecek sorunların giderilmesi amacıyla kamera üzerinde bazı değişiklikler yapılarak kamera sadece kızılötesi ışığa duyarlı hale getirildi. Bu şekilde araştırmacılar tarafından hazırlanan aktif işaret noktalarının bilgisayar ortamında işlenmesi işlemi kolaylaştırıldı. Ön çalışma sırasında elde edilen görüntü Şekil 3'te görülmektedir.

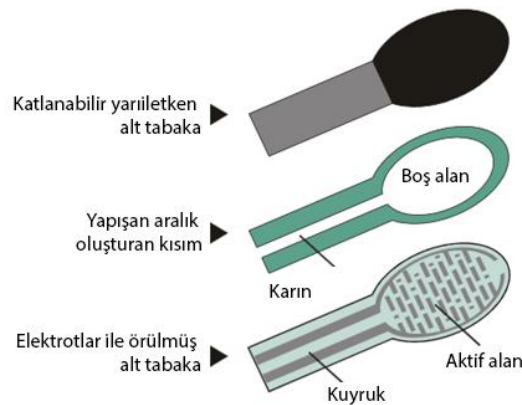


Şekil 3. Ön çalışma sırasında elde edilen görüntü

Görüntüler dışarıdan güneş ışığı almayan izole bir odada sabit bir ışık altında kaydedildi. Alınan görüntüler bilgisayara aktarıldıktan sonra araştırmacılar tarafından *Matlab* ortamında geliştirilen yazılım ile analiz edildi. İlk olarak görüntülerde oluşan lens bozulma ve çarpıklaşmasını düzeltmek için kalibrasyon işlemi uygulandı ve bundan sonra elde edilen kalibrasyon matrisi ile tüm görüntüler düzeltildi. Kalibrasyon işlemi için Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü'nün görüntü işleme grubu tarafından geliştirilen kalibrasyon kütüphanesi kullanıldı (24). Sonrasında görüntüler üzerinde eşik değer kullanılarak segmente edildi ve görüntüler ikili veri formatına dönüştürüldü. Ardından işaret noktalarının bulunması ve takibi için *Kanade-Lucas-Tomasi* (KLT) algoritması kullanıldı (25, 26, 27).

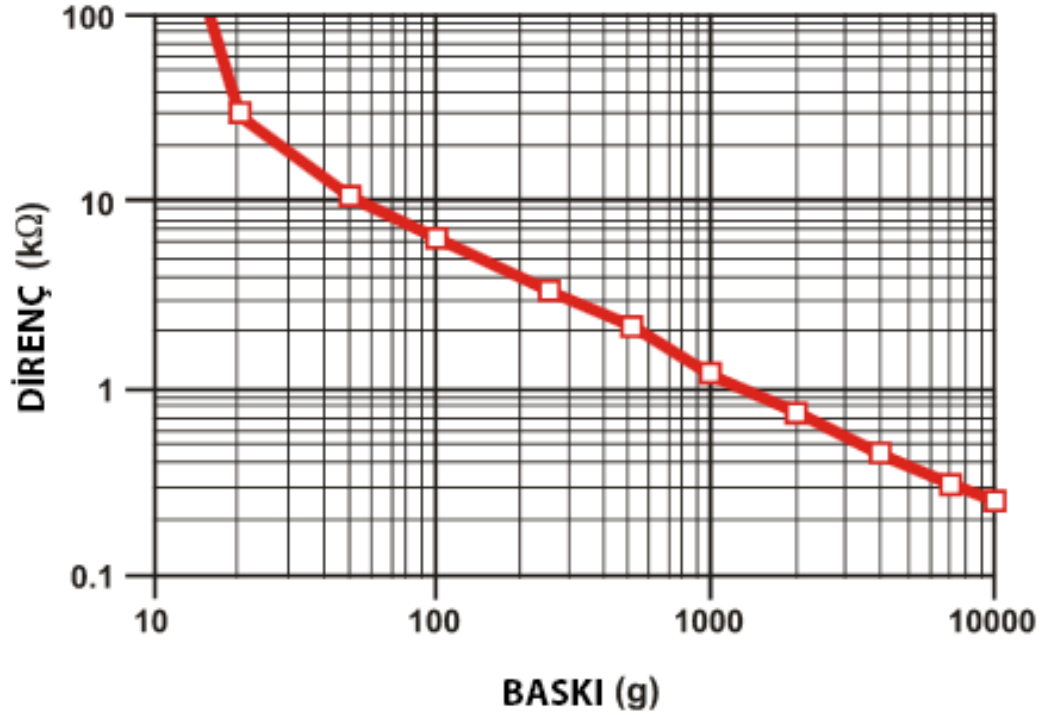
Noktaların sistem tarafından otomatik olarak takibi sonrasında tüm görüntüler araştırmacılar tarafından tekrar kontrol edildi ve bu şekilde sistem tarafından oluşabilecek hatalı işaretleme işlemleri engellendi. Bu şekilde kişi üzerinde işaretlenmiş üç noktaya ait konum bilgileri bilgisayar ortamına aktarıldı. Bu noktaların bulunmasından sonra ters trigonometrik fonksiyonlar kullanılarak diz ekleminin açısı tespit edildi.

Diğer bir yöntem de katılımcının ayakkabısının altına kuvvet algılayan bir elektriksel direnç sensörünün (*Force Sensing Resistor*, FSR) yerleştirilmesidir. Söz konusu sensörün şematik gösterimi Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. *Interlink* firmasının FSR kılavuzundan alınan FSR'ye ait şematik gösterim (28)

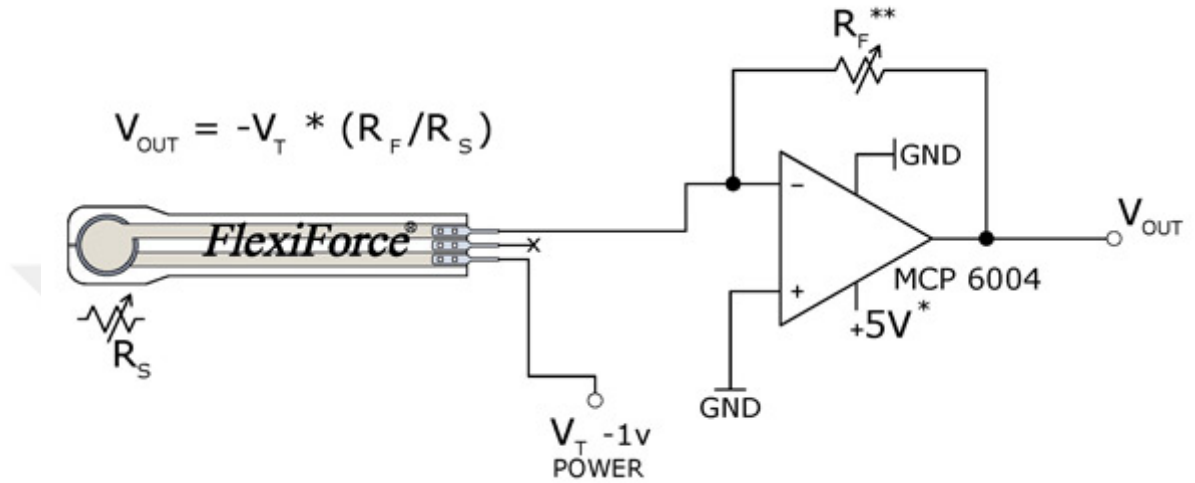
Bu sensör, üzerine uygulanan kuvvet ile elektriksel direnci değişen bir sensördür ve bu şekilde üzerine uygulanan kuvvetin tahmin edilmesine olanak sağlamaktadır. FSR ile elde edilen veriler doğrusal bir karakterde değildir. Bu nedenle sistem kalibrasyonu sırasında doğrusal olmayan haritalama (*nonlinear mapping*) yöntemi ile elde edilen verilerin doğrusal çıktı verebilmesi için dönüşüm uygulanmıştır. Araştırma sırasında FSR olarak *Tekscan* firmasının *FlexiForce A201* modeli kullanıldı (29). Kullanılan model 100 pound (lbs) yani 445 newton (N) algılama kapasitesine sahiptir. FSR $\pm\%3$ doğrusallık değerine ve $\pm\%2.5$ tekrar edilebilirlik düzeyine sahiptir. FSR'nin doğrusallık grafiği Şekil 5'te görülmektedir.



Şekil 5. Örnek FSR doğrusallık grafiği (28)

*kΩ: kiloohm.

FSR'nin mikroişlemciye (Atmel ATmega2560) bağlanması sırasında firma tarafından sağlanan referans devre tasarımı kullanıldı, sonrasında veriler 10bit analog dijital dönüştürücü (ADC) ve 1000 hertz (Hz) örnekleme hızı ile dijital hale getirildi. FSR bağlantı şematiği Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6. FSR bağlantı şematiği (29)

*V: Volt, V_{out} : Çıkış Voltajı, V_T : Eşik Voltajı, R_F : Referans Direnç, R_S : Sensör Direnci, GND: Toprak Hattı.

Öncelikle FSR sistemi araştırmacılar tarafından oluşturulan *neopren* bir bant içine yerleştirildi (Şekil 7). Bu bant sayesinde sistemin ayakkabı altına yerleştirildiğinde korunması ve sabitlenmesi sağlandı. Ancak bu banttı dolay FSR'nin direkt olarak yer ile teması engellenmiş oldu. Fakat katılımcılar sistemi giydikten sonra sıçramaları ardışık olarak yaptıklarından her iki zeminde de aynı koşullar altında derinlik sıçraması yapmış oldular. Bu nedenle her iki zemindeki verilerin birbirleriyle karşılaştırılması mümkün olmuştur. Düzenek elde edilen maksimum direnç değerine karşın beş V üretecek şekilde tasarlandı. On bit ADC ile bu değer 1024 çözünürlükte (Beş V/1024 birim şeklinde) elde edildi. Ardından elde edilen veri N değerine dönüştürüldü.



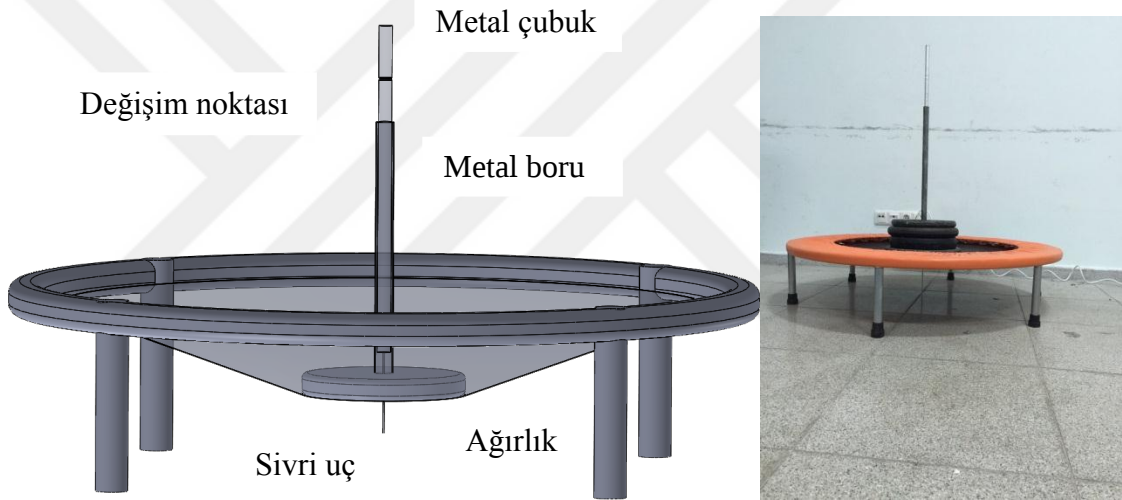
Şekil 7. *Neopren* bandın içinde ayakkabı altına sabitlenmiş FSR

Veriler bilgisayara aktarıldıktan sonra *Matlab* ortamında verilerin analizi için bir yazılım geliştirildi. Bu yazılım sayesinde okunan değerlerin zamana göre değişim eğrisi çizildi ve bu eğri üzerinden değerlerin sıfır olduğu an ile maksimuma ulaştığı an arasındaki süre ölçüldü. Maksimum değer bu süreye bölünmesiyle yüklenme hızı hesaplandı (6, 30).

Çalışmada kullanılan trampolinin esnekliğinin ölçümler yapıldıkça değişebileceği öngörüldü. Bu nedenle ölçümler süresince trampolinin esnekliğini test etmek için araştırmacılar tarafından bir yöntem geliştirildi.

Çalışmaya başlamadan önce trampolinin merkezine toplam 41.2 kg ağırlık konuldu ve trampolinin bu ağırlık altında beş cm esnediği gözlemlendi. Bu esneme payına göre %10 yani 0.5 cm'e ulaşan bir değişim olursa çalışmaya yeni bir trampolin ile devam edilmesi planlandı. Söz konusu ağırlık altında trampolinin esneme payını ölçmek için Şekil 8'de görüldüğü gibi bir düzenek tasarlandı. Öncelikle metal bir boru alındı ve bu borunun içerisinden boşluk kalmadan kolayca geçecek kalınlıkta bir metal çubuk üretildi. Üretilen metal çubuğun son 17 cm'lik kısmı mümkün olduğunca inceltildi ve en ucu ise sivri hale getirildi. Trampolinin tam merkezine bu çubuğun sivri ucuyla bir delik açıldı.

Trambolinin esneme payını ölçmek için öncelikle trambolin düz bir zemine konuldu. Ardından şekilde görüldüğü gibi metal çubuğun ince ucu delikten geçirildi, üzerine metal boru geçirildi ve bu borunun bir ucu tramboline değene kadar aşağı indirildi. Ortası boş ağırlıklar şekilde görüldüğü gibi trambolinin üzerine, çubuk ve boru ağırlıkların ortasından geçecek şekilde yerleştirildi. Metal çubuk sivri ucu yere değene kadar aşağı indirildi ve borunun içindeki çubuğun borudan görünen en alt noktası işaretlendi. Sonrasında bu işaretin 0.5 cm altı işaretlenerek trambolinin değişmesi için gereken maksimum değer işaretlendi. Deneyler süresince her beş katılımcıda bir yapılan esneklik ölçümlerinde 0.5 cm'ye ulaşan bir değişim gözlenmediği için çalışma tek trambolin kullanılarak tamamlandı.



Şekil 8. Trambolinin esnekliğini test etmek için araştırmacılar tarafından geliştirilen düzenek

İşleyiş Prosedürü

1. Görüntü kaydı için kamera, derinlik sıçramasının yapılacağı yükseklik ve mini trambolin düzeneği hazırlandı. Laboratuvara güneş ışığı girişi engellendi. Kamera katılımcıların sol yan tarafından kayıt yapacak şekilde yerleştirildi.

2. Katılımcılara çalışma hakkında bilgi verilip, testler ve ölçümler yapılmadan önce bu çalışmaya katılabilmeleri için gönüllü olur formları (Bkz. EK 1) imzalatılıp veri kayıt formları (Bkz. EK 2) için gerekli bilgiler toplandı.

3. Katılımcıların boyları ayakkabısız olarak, şort ve tişört ile araştırmacılar tarafından hazırlanan düzende ölçölüp kaydedildi. Bu işlem için laboratuvarında bulunan elektronik boy ölçer 200 cm ile sınırlı olduğundan bu cihaz ölçümler sırasında kullanılmadı. Bu nedenle bütün ölçümler duvara yapıştırılan mezura kullanılarak yapıldı. El ile boy ölçümü yapılırken hata yapılmaması için açısı 90° olan "L" şeklinde bir aparat yapıldı ve bu aparatın bir tarafı duvara yaslanarak ve diğer tarafı da katılımcının kafasının üzerine dokundurularak Şekil 9'da gösterildiği gibi boy ölçümü yapıldı.



Şekil 9. Boy ölçümü için uygulanan yöntem

4. Katılımcıların ağırlıkları ve vücut yağ oranları ayakkabısız olarak, şort ve tişört ile *Biospace Inbody 720* Biyoempedans analiz cihazında ölçüldü.

5. Katılımcılara test öncesinde beş dakikalık jog temposunda koşunun ardından beş dakika açma germe egzersizleri içeren 10 dakikalık standart bir ısınma programı uygulandı.

6. Katılımcıların sol dizine üzerinde aktif işaret bulunan dizlik takıldı ve aktif işaret sol diz (*Epicondylus lateralis*) eklemine gelecek şekilde dizlik yerleştirildi.

7. Kamera kaydında görünecek şekilde katılımcıların sol diz eklemlerinde olduğu gibi sol ayak bilek (*Malleolus lateralis*) ve sol kalça (*Trochanter major*) eklemlerine de aktif işaretler yerleştirildi.

8. Katılımcıların sol ayakbabinin altına FSR yerleştirildi.

9. Katılımcılara laboratuvar ortamında önce düz zeminde sonra mini trampolinde derinlik sıçraması yaptırıldı. Katılımcılardan yerden 60 cm yükseklikte eller belde ayaklar omuz genişliğinde açık dizler düz bir şekilde durarak sol ayaklarını öne doğru uzatmaları istendi. Katılımcılar sıçramadan sadece kendini yere bırakarak iki ayağı aynı anda zemine temas edecek şekilde yere düşer düşmez en yüksek seviyeye sıçrayıp tekrar yere indiler (5). Katılımcılar alıştırma olması için önce iki defa derinlik sıçraması yaptı ve üçüncü sıçramada veri kaydedildi. Her sıçrama arasında 30 saniyelik dinlenme süresi verildi. Ardından aynı prosedür mini trampolin için de uygulandı. Prosedür mini trampolin için uygulanırken trampolinden 60 cm yükseklikten uygulanması için hazırlanan ikinci bir basamaktan derinlik sıçraması gerçekleştirildi (Şekil 10). Her iki zeminde yapılan derinlik sıçramaları kameraya aynı mesafe ve açıdan yapıldı.



Şekil 10. Derinlik sıçraması

10. Kamera ve kuvvet sensörü ile toplanan veriler bilgisayar ortamında analiz edildi.

3.1. Araştırmanın Tipi

Araştırma bağımlı grupta deneysel tipte bir çalışmadır.

3.2. Araştırmanın Yeri ve Zamanı

Araştırma, 2012 Mart ayında literatür taraması ve ölçüm sistemlerinin tasarlanması süreci ile başladı. Ölçümler 2014 Ağustos ile 2014 Ekim ayları arasında, Dokuz Eylül Üniversitesi Fizyoloji Anabilim Dalı Laboratuvarı ve Dokuz Eylül Üniversitesi İnciraltı Yerleşkesi Spor Salonunda yapıldı. Araştırma 2016 Mart ayında yapılan tez sunumu ile bitirildi.

3.3. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

Araştırma için katılımcı sayısı belirlenirken etki büyüklüğü 0.5 olan, 0.05 anlamlılık derecesinde ve gücü 0.8 olan bağımlı gruplarda T testi için gerekli olan minimum katılımcı sayısı R istatistik yazılımı kullanılarak hesaplandı. Bu hesaplama sonucunda katılımcı sayısı en az 34 erkek ve en az 34 kadın olarak belirlendi. Araştırmaya dahil olma kriterleri ise katılımcıların 2014-2015 basketbol sezonunda İzmir ilinde profesyonel düzeyde basketbol oynuyor olması, 18-29 yaş aralığında olması, son üç ayda alt ekstremitte sakatlığı geçirmemiş olması ve ölçümlerden bir gün önce zorlayıcı egzersiz yapmamış olması olarak belirlendi.

Hedeflenen katılımcı sayısına ulaşmak için 2014-2015 basketbol sezonunda İzmir ilinde profesyonel liglere katılan takımlar belirlendi ve öncelik üst ligdeki takımlara verildi. Bu öncelik göz önünde bulundurularak sistematik örnekleme yöntemiyle üç kadın ve üç erkek takımı belirlenerek takımların sorumlularıyla iletişime geçildi (31). Takım sorumlularının izin verdiği takımlarda araştırmaya dahil olma kriterlerini karşılayan sporcularla iletişime geçildi ve gönüllü olarak katılımı kabul eden sporcular çalışmaya alındı. Bu işlemlerin sonucunda hedeflenen sayıya ulaşılmaz ise aynı yöntemle belirlenecek yeni bir takım ile iletişime geçildi. Bu prosedüre katılımcı sayısı en az 34 erkek ve 34 kadına ulaşana kadar veya bütün takımlarla iletişime geçilene kadar devam edildi.

Söz konusu basketbol sezonunda İzmir ilinde profesyonel liglere katılan kadın takımı sayısı üç olduğu için bu takımlarla (İzmir Büyükşehir Belediyesi Gençlik ve Spor Kulübü, Urla Belediyesi Gençlik Spor Kulübü ve Urla Eda Spor Kulübü) doğrudan

iletişime geçildi ancak takım sorumluları sporcularının araştırmaya katılmasına izin vermediği için çalışma kadınlar üzerinde yapılamadı.

Yukarıda açıklanan prosedür doğrultusunda erkek takımları belirlenirken öncelik en üst lig olan Türkiye Basketbol Ligi'ne (TBL) verildi. Söz konusu basketbol sezonunda TBL'de mücadele eden tek İzmir takımı olduğu için sistematik örnekleme yöntemi kullanılmadı ve doğrudan bu takımla (Pınar Karşıyaka Spor Kulübü) iletişime geçildi. Ancak kulüp yetkilisi sporcuların araştırmaya katılmasına izin vermedi.

TBL'nin ardından takım belirlenirken öncelik TBL'nin bir alt ligi olan Türkiye Basketbol İkinci Ligi'ne (TB2L) verildi. Söz konusu basketbol sezonunda TB2L'de mücadele eden üç İzmir takımı olduğu ve ilk etapta ulaşmaya çalıştığımız takım sayısı da üç olduğu için yine sistematik örnekleme yöntemi kullanılmadı ve doğrudan bu üç takımla (Gelişim Koleji Spor Kulübü, Orkide Gediz Üniversitesi Gençlik ve Spor Kulübü ve Socar Spor Kulübü) iletişime geçildi. Ancak bu üç takımdan sadece bir kulüp yetkilisi (Socar Spor Kulübü) sporcularının araştırmaya katılmasına izin verdi. Bu takımın sporcularıyla görüşüldüğünde üç basketbolcu araştırmaya gönüllü olarak katılmayı kabul etti.

Takım belirlemek için TB2L'nin bir alt ligi olan Türkiye Basketbol Üçüncü Ligi'ndeki (TB3L) takımlara geçildi. Bu lige 2014-2015 basketbol sezonunda İzmir'den katılan iki takımla (Bostanlıspor Gençlik Spor Kulübü ve İzmir Büyükşehir Belediyesi Gençlik ve Spor Kulübü) iletişime geçildi. Bu takımlardan sadece Bostanlıspor Gençlik ve Spor Kulübü'nün yetkilisi sporcularının araştırmaya katılmasına izin verdi. Bu takımın sporcularıyla görüşüldüğünde sadece dört basketbolcu araştırmaya gönüllü olarak katılmayı kabul etti. Bu süreçte TB3L'de mücadele edip Aydın ilini temsil eden Kuşadası Gençlik Spor Kulübü takımının yetkilisi ve bütün sporcuları araştırmaya gönüllü olarak katılmak istediklerini bildirdiler. Kuşadası Gençlik Spor Kulübü takımı sporcuları, antrenörü ve antrenman yaptıkları yer itibari ile tamamen İzmir'de faaliyetlerini yürüten bir TB3L takımı olduğundan araştırmaya alındı. Bu takımdan 12 sporcu araştırmaya gönüllü olarak katıldı. Bu noktada araştırmaya katılan erkek takım sayısı üçe ulaştı ancak katılımcı sayısı 19 ile 34'ün altında kaldığından yeni bir takım ile iletişime geçildi.

İletişime geçilecek yeni takımı belirlemek için TB3L'nin bir alt ligi olan Erkekler Basketbol Bölgesel Ligi'ndeki (EBBL) takımlara geçildi. Bu lige 2014-2015 basketbol sezonunda İzmir'den katılan yedi takım (Bornova Belediyespor Kulübü, Bayraklı Belediyesi Gençlik ve Spor Kulübü, Altay Spor Kulübü, Pınar Karşıyaka Gelişim Spor Kulübü, Bossan Spor Kulübü, Buca Belediye Spor Kulübü ve İzmir Üniversitesi Spor Kulübü) bulunduğu için sistematik örnekleme yöntemi ile bir takım seçilerek iletişime geçildi. İlk olarak Pınar Karşıyaka Gelişim Spor Kulübü takımı ile iletişime geçildi ancak bu takımın kadrosundaki sporcular 18 yaşından daha genç oldukları için başka bir takım ile iletişime geçildi. Söz konusu durum sırasıyla Buca Belediye Spor Kulübü, Bayraklı Belediyesi Gençlik ve Spor Kulübü ve Bornova Belediyespor Kulübü takımlarıyla da yaşandı ve bu dört takımdan hiçbir sporcu çalışmaya alınamadı. Ardından Altay Spor Kulübü ile iletişime geçildi. Bu takımın sorumlusu sporcularının çalışmaya katılmasını kabul etti ve bu takımdan çalışmaya dahil olma kriterlerini taşıyan dört sporcu gönüllü olarak çalışmaya katıldı. Bu sayede katılımcı sayısı 23'e yükselmiş oldu. Sonrasında Bossan Spor Kulübü takımının yetkilisi sporcularının çalışmaya katılımını kabul etti ancak bu takımdan çalışmaya dahil olma kriterlerini taşıyan sadece bir sporcu gönüllü olarak çalışmaya katıldı. Böylelikle katılımcı sayısı 24'e ulaştı ve 34 sayısına ulaşmak için İzmir ilindeki profesyonel basketbol takımlarından geri kalan son takım ile yani İzmir Üniversitesi Spor Kulübü takımı ile iletişime geçildi. Bu takımın yetkilisi sporcularının çalışmaya katılımını kabul etti. Bu takımdan çalışmaya dahil olma kriterlerini taşıyan 10 sporcu gönüllü olarak çalışmaya katıldı ve böylelikle katılımcı sayısı 34'e yükseldi. Böylelikle hedeflenen en az katılımcı sayısına erişilmiş oldu.

3.4. Çalışma Materyali

- Mini trambolin *Rave/RV 451 40"* (Türkiye, 2013)
- Bioelektrik empedans analizörü (*Biospace Inbody 720* Biyoempedans Vücut Kompozisyonu Analizörü, Kore,)
- *GoPro Hero3* yüksek çözünürlüklü ve yüksek hızlı video kamera (ABD)
- Kuvvet sensörü *Tekscan FlexiForce A201* (ABD)
- *Mathworks Matlab* yazılımı (ABD)

- Yüksekliği yerden 60 cm ve 80 cm olan basamak (Türkiye, 2014)
- İşaret IR (*Infrared* – Kızılötesi) 850 nm (Türkiye, 2014)

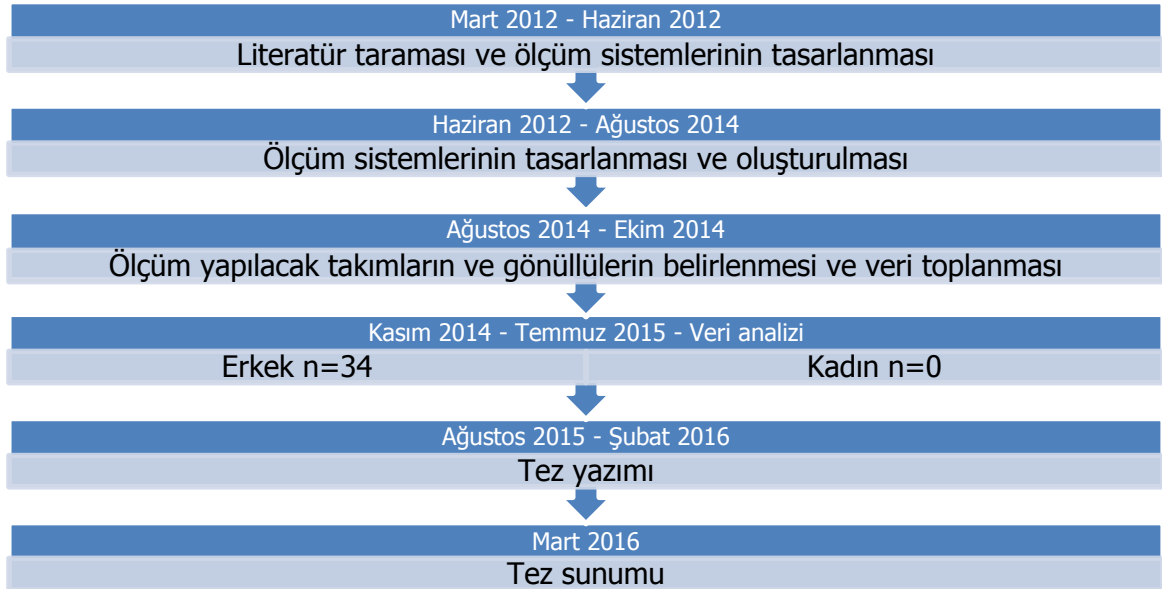
3.5. Araştırmanın Değişkenleri

Araştırmanın bağımsız değişkeni pliyometrik egzersizin yapıldığı yüzeylerdir (mini trambolin ve düz zemin). Araştırmanın bağımlı değişkenleri ise pliyometrik egzersizin yere iniş evresinde vücudun karşı karşıya kaldığı tepkime kuvveti, yüklenme hızı ve diz ekleminin açısı değişimidir.

3.6. Veri Toplama Araçları

Araştırmanın veri toplama araçları veri kayıt formları, duvara yapıştırılan mezura, vücut kompozisyonu analizörü, kuvvet sensörü ve video kameradır.

3.7. Araştırma Planı ve Takvimi



3.8. Verilerin Değerlendirilmesi

Veriler SPSS yazılımı ile değerlendirildi. Mini trambolinde ve düz zeminde yapılan pliyometrik sıçramalar sırasında elde edilen veriler bağımlı gruplarda T testi ile analiz edildi.

Bağımlı gruplarda T testi ile analiz edilen veriler;

1. FSR ile elde edilen en büyük değerlerin ortalamaları,
2. FSR ile elde edilen en büyük değerin bu değere ulaşılan zamana bölümü ile hesaplanan yüklenme hızlarının ortalamaları,
3. Ulaşılan en küçük diz eklem açısının ve bu açının bulunduğu "frame"den beş önceki ile beş sonraki "frame"lerdeki diz eklem açılarının ortalamalarıdır.

3.9. Araştırmanın Sınırlılıkları

- Kullanılan kuvvet sensörünün 100 lbs yani 445 N ile limitli olması, ayak tabanından küçük olması ve *neopren* bandın içinde olması nedeniyle ayak tabanının tamamına uygulanan kuvvet değeri ölçülemedi.
- Kullanılan atalet ölçüm sisteminin (IMU) ölçebildiği ivme değerinin iki *gravity* (g) yani iki yerçekimi ivmesi ile sınırlı olması ve bu değer ölçümler sırasında maksimum tibial ivme değerinin altında kalması nedeniyle tibial ivme ile elde edilen veriler çalışmadan çıkarıldı.

3.10. Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu 24.07.2014 tarih ve 638-GOA protokol numaralı 2014/25-34 karar numaralı onayıyla yapılmıştır (Bkz. EK 3). Ayrıca çalışma öncesinde katılımcılar yazılı ve sözlü olarak bilgilendirilmiş ve katılımcıların yazılı onamları alınmıştır.

4. BULGULAR

Çalışmaya katılan bütün sporcuların antropometrik ölçümlerinin ortalamaları Tablo 1’de görülmektedir.

Tablo1. Sporcuların antropometrik özellikleri (ortalama $\pm$ standart sapma)

N	Yaş (yıl)	Boy (cm)	VA (kg)	VYO (%)	Spor Yaşı (yıl)
34	20,09 $\pm$ 2,0	191,06 $\pm$ 9,6	89,40 $\pm$ 13,2	13,86 $\pm$ 4,2	10,91 $\pm$ 3,0

VA: Vücut ağırlığı, VYO: Vücut yağ oranı.

Katılımcıların düz zemin ve mini trambolinde yaptıkları derinlik sıçramaları sırasında kuvvet sensörü ile elde edilen en büyük değer, bu değer maksimuma ulaştığı süre ve yüklenme hızı ile ilgili veriler Tablo 2’de görülmektedir. Verilere göre söz konusu üç değerde de iki zemin arasında anlamlı fark bulunmaktadır. Farklı zeminlerde yapılan derinlik sıçraması sırasında FSR ile elde edilen en büyük değerler bağımlı grupta T testi ile analiz edilmiştir. Mini trambolinde elde edilen değerler (M=311.91N, SD=73.5) ile düz zeminde elde edilen değerler (M=397.84N, SD=62.4) arasında anlamlı fark vardır ve düz zeminde elde edilen değer daha fazladır; t (33)=-6.939, p < 0.001. İki zeminde yapılan derinlik sıçraması sırasında FSR ile elde edilen değerlerin en büyük değere ulaşma süreleri de bağımlı grupta T testi ile analiz edilmiştir. Mini trambolinde ölçülen süreler (M=238.94ms, SD=96.8) ile düz zeminde ölçülen değerler (M=150.50ms, SD=64.5) arasında anlamlı fark vardır ve düz zeminde ölçülen değer daha kısadır; t (33)=-5.948, p < 0.001. Derinlik sıçraması sırasında FSR ile elde edilen en büyük değer, bu değere ulaştığı süreye bölünmesiyle yüklenme hızı hesaplanmıştır ve iki farklı zemindeki yüklenme hızlarının analizi için yine bağımlı grupta T testi uygulanmıştır. Mini trambolinde hesaplanan yüklenme hızları (M=1.481N/ms, SD=0.6) ile düz zeminde hesaplanan yüklenme

hızları ($M=3.207\text{N/ms}$, $SD=1.6$) arasında anlamlı fark vardır ve düz zeminde hesaplanan yüklenme hızı daha yüksektir; $t(33)=-6.442$, $p < 0.001$.

Tablo 2. FSR ile elde edilen verilerin ortalamalarının karşılaştırılması (ortalama $\pm$ standart sapma)

Zemin	FSR Maksimum (N)	FSR Zaman (ms)	Yüklenme Hızı (N/ms)
Düz Zemin	397,84 $\pm$ 62,4*	150,50 $\pm$ 64,5*	3,207 $\pm$ 1,6*
Mini Trambolin	311,91 $\pm$ 73,5	238,94 $\pm$ 96,8	1,481 $\pm$ 0,6

FSR Maksimum: Maksimum tepkime kuvveti, FSR Zaman: Yere temastan itibaren tepkime kuvvetinin maksimuma ulaşma süresi, Yüklenme Hızı: FSR maksimumun FSR zamana bölümüyle elde edilen yüklenme hızı.

*** Mini trambolinde yapılan derinlik sıçraması ile anlamlı fark vardır. ($p<0.001$)**

Katılımcıların düz zemindeki derinlik sıçramaları ve mini trambolindeki derinlik sıçramaları sırasındaki diz eklem açılarının en küçük değerlerinin ortalaması ve bu değerden beş "frame" önceki ile beş "frame" sonraki açı değerlerinin ortalamalarının karşılaştırması Tablo 3'te ve Şekil 11'de görülmektedir. Bu açıların iki farklı zeminde elde edilen değerleri bağımlı grupta T testi ile karşılaştırılmıştır. Diz eklem açısının minimum olduğu "frame" için düz zemin ($M=104.59^\circ$, $SD=16.0$) ve mini trambolin ($M=110.92^\circ$, $SD=21.1$) arasında anlamlı fark bulunmamıştır; $t(33)=-1.726$, $p = 0.094$. Diz eklem açısının minimum olduğundan bir önceki "frame" için düz zemin ($M=105.74^\circ$, $SD=16.4$) ve mini trambolin ($M=112.41^\circ$, $SD=21.0$) arasında anlamlı fark bulunmamıştır; $t(33)=-1.840$, $p = 0.075$. Diz eklem açısının minimum olduğundan bir sonraki "frame" için düz zemin ($M=105.40^\circ$, $SD=16.0$) ve mini trambolin ($M=112.23^\circ$, $SD=21.2$) arasında anlamlı fark bulunmamıştır; $t(33)=-1.866$, $p = 0.071$. Bu üç "frame" dışındaki bütün "frame"lerde iki zemin arasında diz eklem açısı yönünden anlamlı fark bulunmuştur.

Diz eklem açısının minimum olduğundan beş önceki "frame" için düz zemin ($M=121.95^{\circ}$, $SD=22.5$) ve mini trambolin ($M=140.37^{\circ}$, $SD=16.4$) arasında anlamlı fark vardır ve düz zeminde diz eklem açısı daha küçüktür; $t(33)=-5.137$, $p < 0.001$. Diz eklem açısının minimum olduğundan dört önceki "frame" için düz zemin ($M=116.16^{\circ}$, $SD=21.3$) ve mini trambolin ($M=131.96^{\circ}$, $SD=18.7$) arasında anlamlı fark vardır ve düz zeminde diz eklem açısı daha küçüktür; $t(33)=-4.263$, $p < 0.001$. Diz eklem açısının minimum olduğundan üç önceki "frame" için düz zemin ($M=111.57^{\circ}$, $SD=19.1$) ve mini trambolin ($M=123.71^{\circ}$, $SD=20.2$) arasında anlamlı fark vardır ve düz zeminde diz eklem açısı daha küçüktür; $t(33)=-3.342$, $p = 0.002$. Diz eklem açısının minimum olduğundan iki önceki "frame" için düz zemin ($M=108.48^{\circ}$, $SD=17.9$) ve mini trambolin ($M=116.67^{\circ}$, $SD=20.7$) arasında anlamlı fark vardır ve düz zeminde diz eklem açısı daha küçüktür; $t(33)=-2.259$, $p = 0.031$. Diz eklem açısının minimum olduğundan iki sonraki "frame" için düz zemin ($M=107.13^{\circ}$, $SD=15.9$) ve mini trambolin ($M=115.44^{\circ}$, $SD=21.3$) arasında anlamlı fark vardır ve düz zeminde diz eklem açısı daha küçüktür; $t(33)=-2.301$, $p = 0.028$. Diz eklem açısının minimum olduğundan üç sonraki "frame" için düz zemin ($M=109.89^{\circ}$, $SD=16.0$) ve mini trambolin ($M=119.72^{\circ}$, $SD=22.0$) arasında anlamlı fark vardır ve düz zeminde diz eklem açısı daha küçüktür; $t(33)=-2.695$, $p = 0.011$. Diz eklem açısının minimum olduğundan dört sonraki "frame" için düz zemin ($M=113.79^{\circ}$, $SD=16.6$) ve mini trambolin ($M=125.07^{\circ}$, $SD=23.3$) arasında anlamlı fark vardır ve düz zeminde diz eklem açısı daha küçüktür; $t(33)=-2.995$, $p = 0.005$. Diz eklem açısının minimum olduğundan beş sonraki "frame" için düz zemin ($M=119.36^{\circ}$, $SD=18.2$) ve mini trambolin ($M=130.86^{\circ}$, $SD=25.1$) arasında anlamlı fark vardır ve düz zeminde diz eklem açısı daha küçüktür; $t(33)=-2.909$, $p = 0.006$.

Tablo 3. Derinlik sıçraması sırasında diz eklem açısı ortalamalarının karşılaştırılması (ortalama $\pm$ standart sapma)

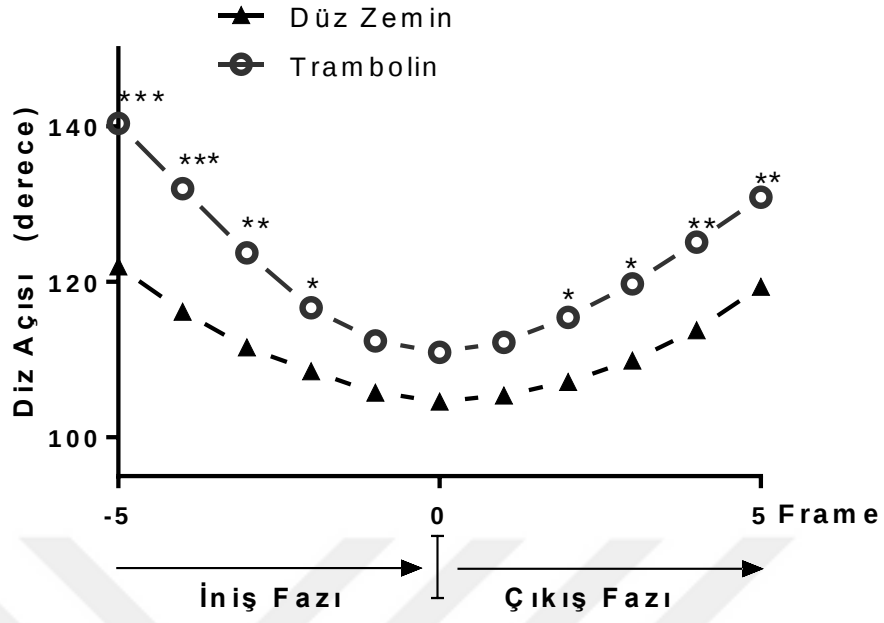
"Frame" (#)	Düz Zemin (°)	Mini Trambolin (°)
- 5	121.95 $\pm$ 22.5	140.37 $\pm$ 16.4***
- 4	116.16 $\pm$ 21.3	131.96 $\pm$ 18.7***
- 3	111.57 $\pm$ 19.1	123.71 $\pm$ 20.2**
- 2	108.48 $\pm$ 17.9	116.67 $\pm$ 20.7*
- 1	105.74 $\pm$ 16.4	112.41 $\pm$ 21.0
0	104.59 $\pm$ 16.0	110.92 $\pm$ 21.1
+ 1	105.40 $\pm$ 16.0	112.23 $\pm$ 21.2
+ 2	107.13 $\pm$ 15.9	115.44 $\pm$ 21.3*
+ 3	109.89 $\pm$ 16.0	119.72 $\pm$ 22.0*
+ 4	113.79 $\pm$ 16.6	125.07 $\pm$ 23.3**
+ 5	119.36 $\pm$ 18.2	130.86 $\pm$ 25.1**

#: 0, diz eklem açısının minimum olduğu "frame"i ifade etmektedir. Eksi (-) ile işaretlenmiş "frame"ler iniş fazındaki, yani diz eklem açısı minimum olmadan önceki "frame"leri ifade etmektedir. Artı (+) ile işaretlenmiş olan "frame"ler çıkış fazındaki, yani diz eklem açısı minimum olduktan sonraki "frame"leri ifade etmektedir. 1 ile numaralanmış "frame"ler minimum diz eklem açısına en yakın olan "frame"leri ifade ederken 5 olan "frame"ler ise minimum diz eklem açısına en uzak olan "frame"leri ifade etmektedir.

*** Düz zeminde yapılan derinlik sıçraması ile anlamlı fark vardır. ($p<0.05$)**

**** Düz zeminde yapılan derinlik sıçraması ile anlamlı fark vardır. ($p<0.01$)**

***** Düz zeminde yapılan derinlik sıçraması ile anlamlı fark vardır. ($p<0.001$)**



Şekil 11. Diz eklem açısı ortalamalarının grafiği

- * Düz zeminde yapılan derinlik sıçraması ile anlamlı fark vardır. ($p < 0.05$)
- ** Düz zeminde yapılan derinlik sıçraması ile anlamlı fark vardır. ($p < 0.01$)
- *** Düz zeminde yapılan derinlik sıçraması ile anlamlı fark vardır. ($p < 0.001$)

5. TARTIŞMA

Pliyo­metrik sıçramaların düz olmayan aparatlarda yapılması ve etkileri konusunda literatürde kısıtlı sayıda araştırma bulunmaktadır (5, 32, 33). Pliyo­metrik sıçramalar sırasında farklı zeminlerin neden olduğu biyo­mekanik parametre farklılıkları ve pliyo­metrik sıçramaların olası zararlı etkilerini azaltmak için farklı zemin arayışları hala güncel bir araştırma konusudur (33).

Bu çalışmada performansa katkısı olan mini trambolinde yapılan pliyo­metrik sıçramaların biyo­mekanik parametreleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca mini trambolinde yapılan pliyo­metrik sıçramalar sırasında sakatlık riskinin erkekler için daha az olduğu ve böylece mini trambolinde yapılan pliyo­metrik sıçramaların erkekler için daha güvenli bir antrenman yöntemi olarak kullanılabileceği gösterilmiştir.

5. 1. Antropometri

Bu çalışmada yer alan yetişkin erkek basketbolcular EBBL, TB3L ve TB2L’de oynamaktadır. Katılımcılar ortalama $10,91 \pm 3,0$ yıldır aktif olarak spor yapmaktadırlar. Katılımcıların boy uzunluk ortalamaları $191,06 \pm 9,6$ cm’dir. Bu değerler önceki çalışmalarda ölçülen verilerle benzerlik göstermektedir. Pamuk ve ark. (34), TB2L’den 20 yetişkin basketbolcunun boylarını $195,10 \pm 0,076$ cm ve EBBL’den 20 yetişkin basketbolcunun boylarını $190,85 \pm 0,086$ cm ölçmüşlerdir. Kuru ve ark. (35), TB2L’den 12 yetişkin erkek basketbolcunun boylarını $191,8 \pm 6,99$ cm ölçmüşlerdir. Şen ve ark. (36), deplasmanlı erkekler basketbol liginde oynayan 15 yetişkin sporcunun boylarını $187 \pm 0,88$ cm ölçmüşlerdir.

Çalışmada yer alan yetişkin erkek basketbolcuların vücut ağırlık ortalamaları $89,40 \pm 13,2$ kg olarak saptandı. Bu değerler önceki çalışmalarda ölçülen verilerle benzerlik göstermektedir. Pamuk ve ark. (34), çalışmalarındaki yetişkin erkek basketbolcuların vücut ağırlıklarını gruplara göre sırayla $91,75 \pm 12,993$ kg ve $84,45 \pm 9,725$ kg ölçmüşlerdir. Kuru ve ark. (35), çalışmalarındaki yetişkin erkek basketbolcuların vücut ağırlıklarını $88,6 \pm 9,87$ kg bulmuşlardır. Şen ve ark. (36), çalışmalarındaki yetişkin erkek basketbolcuların vücut ağırlıklarını $79,2 \pm 9,04$ kg saptamışlardır.

Bu çalışmada yer alan yetişkin erkek basketbolcuların vücut yağ oranı ortalamaları $13,86 \pm 4,2$ olarak saptandı. Bu değerler önceki çalışmalarda bulunan verilerle benzerlik göstermektedir. Pamuk ve ark. (34), çalışmalarındaki yetişkin erkek basketbolcuların vücut yağ yüzdelerini gruplara göre sırayla $12,489 \pm 6,388$ ve $13,082 \pm 5,401$ bulmuşlardır. Kuru ve ark. (35), çalışmalarındaki yetişkin erkek basketbolcuların vücut yağ yüzdelerini $14,34 \pm 2,92$ olarak ölçmüşlerdir. Küçük ve ark. (37) en az beş yıl EBBL'de mücadele eden 36 yetişkin erkek basketbolcunun vücut yağ yüzdesini pivot, gard ve forvet mevkilerine göre sırasıyla $11,53 \pm 3,09$, $9,59 \pm 2,29$ ve $10,94 \pm 2,23$ olarak ölçmüşlerdir. Ancak, Pamuk ve ark. (34)'nın ile Kuru ve ark. (35)'nin çalışmalarında vücut yağ yüzdesi deri altı kıvrım kalınlığı ölçülerek, *Sloan* ve *Weir'in* erkekler için geliştirdiği formül ile % olarak hesaplanırken, bizim çalışmamızda biyoempedans yöntemi kullanılmıştır.

Bu çalışmadaki antropometrik verilerin bundan önceki çalışmalarla uyumlu olduğu söylenebilir.

5.2. Diz Eklem Açısı

Mini trambolinde yapılan derinlik sıçraması sırasındaki diz eklem açısı ile ilgili çalışma sayısı kısıtlıdır. Bu çalışmada mini trambolinde ve düz zeminde yapılan derinlik sıçraması sırasında diz eklem açısının minimum olduğu, minimumdan bir önceki ve bir sonraki "frame"lerde iki zemin arasında diz eklem açısı yönünden anlamlı fark bulunmazken diğer bütün "frame"lerde iki zemin arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0.05$). *Crowther* ve ark. (5), 20 erkek üniversite öğrencisi ile yaptıkları çalışmada mini trambolinde ve düz zeminde yapılan derinlik sıçraması sırasında diz eklem açısının minimum olduğu, minimumdan dokuz önceki ve dokuz sonraki "frame"lerin hepsinde iki zemin arasında diz eklem açısı yönünden anlamlı fark bulmuşlardır. Her iki çalışmada da bulunan anlamlılıklar diz eklem açılarının mini trambolinde daha büyük olduğu yönündedir.

Bu çalışmada *Crowther* ve ark. (5)'nin yaptığı çalışmadan farklı olarak sadece minimum diz eklem açısı anında ve ondan bir önceki ile bir sonraki "frame"lerde iki zemin arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Bunun nedeni söz konusu çalışmalarda

kullanılan mini trambolinlerin esnekliğinin farklı olması olabilir çünkü bu çalışmada *Ravel* marka RV 451 model mini trambolin kullanıldı, *Crowther* ve ark.'nın çalışmasında ise *Reebok* marka RE10038 *Rebounder* model mini trambolin kullanılmıştır.

Söz konusu iki farklı marka ve modeldeki mini trambolinlerin arasında fark olup olmadığı ise bilinmemektedir. Bu iki farklı mini trambolinin esneklikleri arasında fark olup olmadığı başka bir çalışmada araştırılıp sonraki çalışmalarda mini trambolin seçimi bu verilere göre yapılabilir.

Prieske ve ark. (33) sağlıklı ve fiziksel olarak aktif olan 14 erkek ve 14 kadın ile yaptıkları bir çalışmada, düz zeminde yapılan derinlik sıçramasının biyomekanik verilerini denge pedi üzerinde yapılan bir derinlik sıçramasının biyomekanik verileri ile karşılaştırmışlardır. Söz konusu çalışmada derinlik sıçraması sırasında diz eklem açısının minimum değerleri karşılaştırıldığında düz zemindeki diz eklem açısı düz olmayan zemindeki diz eklem açısından daha küçük bulunmuştur. *Prieske* ve ark. (33) bu çalışmada ölçülen minimum değerlerin önceki ve sonraki değerlerini karşılaştırmamışlardır.

Bu çalışmada mini trambolin ve düz zemin arasındaki diz eklem açısının minimum değerinde anlamlı fark bulunmadı ancak minimum değerlerden iki önceki ve iki sonraki "frame"lerden itibaren anlamlı fark bulundu. *Prieske* ve ark. (33) bu değerleri karşılaştırmamışlardır. Ancak söz konusu iki çalışmada da bulunan anlamlı farklar düz zemindeki diz eklem açısının düz olmayan zemindeki diz eklem açısından küçük olduğu yönünde benzerdir.

5.3. Tepkime Kuvveti ve Yüklenme Hızı

Düz zeminde yapılan derinlik sıçraması sırasında yer tepkime kuvvetleri ve yüklenme hızları güç platformu ile birçok çalışmada ölçülmüştür. Bu çalışmada ise ayağın altına yerleştirilen kuvvet sensörü ile bu veriler elde edilmiştir.

Mini trambolinde yapılan derinlik sıçraması sırasında tepkime kuvveti ölçümü yapılmış veya yüklenme hızı hesaplanmış bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışmada ise mini trambolinde yapılan derinlik sıçraması sırasında tepkime kuvvetleri,

kuvvet sensörüyle ölçülmüş ayrıca kuvvet sensörüyle elde edilen verilerle birlikte yüklenme hızları da hesaplanmıştır.

Kuvvet sensörüyle elde edilen maksimum tepkime kuvveti veri ortalamaları düz zeminde $397,84 \pm 62,4$ N ölçülürken mini trampolinde ise $311,91 \pm 73,5$ N ölçüldü. Zemine ilk temas ile tepkime kuvvetinin maksimuma çıkması arasında geçen zaman iki yüzey için farklıdır. Hem aradaki zaman farkı hem de maksimum tepkime kuvvetleri arasındaki fark yüklenme hızını oldukça etkilemektedir. Kuvvet sensörüyle elde edilen verilerin zamana bölümü ile elde edilen yüklenme hızı ortalamaları ise düz zeminde $3,207 \pm 1,6$ N/ms ölçülürken mini trampolinde ise $1,481 \pm 0,6$ N/ms ölçülmüştür. Hem maksimum tepkime kuvveti açısından hem de yüklenme hızı açısından iki zemin arasında anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0.001$).

Puddle ve ark. (6) çalışmalarında farklı yere iniş teknikleri sırasında vücudun karşı karşıya kaldığı yer tepkime kuvvetlerini ve yüklenme hızlarını karşılaştırmışlardır. Bu çalışma sonucunda vücudun daha düşük yer tepkime kuvveti ve daha düşük yüklenme hızıyla karşı karşıya kaldığı tekniğin sakatlıklara karşı daha güvenli olduğunu düşünmüşlerdir. *Puddle* ve ark. (6)'nın çalışmasının ışığında bu çalışmadaki bulgulara bakıldığında ise mini trampolinde yapılan derinlik sıçramasının düz zeminde yapılan derinlik sıçramasına göre sakatlık riskini azaltabileceği söylenebilir.

Yine *Prieske* ve ark. (33) düz zeminde yapılan derinlik sıçraması ile denge pedinde yapılan derinlik sıçraması sırasındaki maksimum yer tepkime kuvvetlerini güç platformu ile karşılaştırmışlardır. Bunun sonucunda düz zemindeki maksimum yer tepkime kuvvetini daha düşük olarak saptamışlardır.

Bizim çalışmamızda ise düz zemindeki maksimum tepkime kuvveti daha yüksek bulundu. Bunun nedeni mini trampolin ve denge pedinin arasındaki yapı ve esneklik farkı olabilir. Diğer bir ihtimal ise ayağın altına yerleştirilen kuvvet sensörü aracılığıyla yapılan ölçüm yöntemi ile güç platformu aracılığıyla yapılan ölçüm yöntemi arasındaki farklılıklar olabilir. Başka bir olasılık ise bu çalışmada ölçüm için kullanılan cihaz ayakkabı ile zemin (mini trampolin) arasındayken *Prieske* ve ark. (33)'nin çalışmasında ise söz konusu cihazın iki zemin (yer ve denge pedi) arasında olması da olabilir.

Prieske ve ark. (33)'nın çalışmasında olduğu gibi denge pedi ve düz zeminde yapılan derinlik sıçramalarının yer tepkime kuvveti açısından karşılaştırılmasıyla ilgili bir çalışma FSR kullanılarak yapılan tepkime kuvveti ölçüm yöntemiyle tekrar edilebilir ve bu farkın nedeni daha net bir şekilde anlaşılabilir.

5.4. Diz Eklem Açısı ile Tepkime Kuvveti İlişkisi

Prieske ve ark. (33) düz olmayan zeminde yapılan derinlik sıçraması sırasında daha az diz fleksiyonunun gerçekleştiğini ortaya koymuşlardır. Buna bağlı olarak da daha az diz fleksiyonunun daha büyük bir tepkime kuvvetine neden olduğunu ileri sürmüşlerdir.

Hem bizim hem de *Prieske* ve ark. (33)'nın çalışmasında da benzer şekilde düz olmayan zeminde yapılan derinlik sıçraması sırasında daha az diz fleksiyonu gözlemlenmiştir. Ancak bizim çalışmamızda ise *Prieske* ve ark. (33)'nın bulgularının aksine düz olmayan zeminde düz zemine göre daha küçük bir tepkime kuvveti gözlemlenmiştir.

Bu farkın nedeni düz olmayan zeminler (denge pedi ve mini trambolin) arasındaki farklar, tepkime kuvvetinin ölçüm yöntemleri (FSR ve güç platformu) arasındaki farklar ve tepkime kuvvetini ölçen cihazların bulunduğu yerler (ayakkabı ile mini trambolin arasında ve denge pedi ile yer arasında) arasındaki farklar olabilir. Bu nedenlerden hangisinin geçerli olduğunu bulmak için güç platformu ve kuvvet sensörü yöntemlerinin bir arada değerlendirildiği bir çalışma planlanabilir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada düz zemin ve mini trambolinde yapılan derinlik sıçramaları arasındaki biyomekanik farklılıklar araştırılmıştır. Bu çalışmanın en önemli bulgusu mini trambolinde yapılan derinlik sıçraması sırasında yüklenme hızının daha düşük bulunmasıdır. Düşük yüklenme hızı sakatlık riskini azaltacağı için plyometrik antrenmanlar sırasında mini trambolin riski azaltan bir aparat olarak kullanılabilir.

Ayrıca derinlik sıçraması gibi plyometrik antrenmanlar büyüme plağına çok yük bindirebileceği için ergenliğe girmemiş çocuklara uygulanması risklidir (20). Çünkü çocuklarda büyüme plağına uygulanan aşırı stres sonucu büyüme bozuklukları ortaya çıkabilir (38). Daha düşük yüklenme hızı ve tepkime kuvvetine sebep olan mini trambolinin kullanımı çocuklarda plyometrik antrenmanların riskini azaltabilir.

İleride çocuklarda mini trambolin kullanılarak yapılan plyometrik antrenmanlarla ilgili çalışmalar sonucu bu antrenman yöntemi çocuklarda sağlıklı bir şekilde kullanılmaya başlanabilir.

Bu çalışmanın yöntemindeki yenilik ise mini trambolinde yapılan derinlik sıçraması sırasında tepkime kuvveti ölçümü yapılmış ve yüklenme hızı hesaplanmış olmasıdır. Bu ölçüm yöntemi ile düz ve sert olmayan zeminlerde de tepkime kuvveti ve yüklenme hızı gibi biyomekanik parametreler ölçülebilmektedir. Yöntemin geliştirilmesi halinde ise yer tepkime kuvveti laboratuvar dışında da ölçülebilir; farklı esneklik ve şekillerdeki zeminlerde, hatta hareketlerin öngörülemediği durumlar (müsabaka gibi) sırasında da tepkime kuvveti ölçümü yapıp daha yenilikçi çalışmalar planlanabilir.

Ayrıca kadınlar, daha üst seviye liglerden basketbolcular ve başka branşlardan (voleybol, hentbol, vb.) katılımcılar çalışmaya dahil edilerek araştırmanın tekrar edilmesi, sonuçların evreni daha iyi yansıtabilmesi açısından faydalı olabilir. Çalışmanın yöntem kısmına ise elektromiyografi (EMG) kaydı ve tibial ivme ölçümü eklenerek farklı verilerle de değerlendirmeler yapılabilir. Son olarak her katılımcının aynı marka ve model ayakkabı giymesi sağlanarak çalışmanın standardizasyonu daha iyi sağlanabilir.

7. KAYNAKLAR

- 1.** Khalifa R, Aouadi R, Hermassi S, Chelly MS ve ark. Effects of a plyometric training program with and without added load on jumping ability in basketball players. J Strength Cond Res 2010;24: 2955-61.
- 2.** Hoffman JR, Tenenbaum G, Maresh CM, Kreamer WJ. Relationship between athletic performance tests and playing time in elite college basketball players. J Strength Cond Res 1996;10(2): 67-71.
- 3.** Ziv G, Lidor R. Vertical jump in female and male basketball players-a review of observational and experimental studies. J Sci Med Sport 2010;13: 332-9.
- 4.** Moura NA, Paula Moura TF. Training principles for jumpers: implications for special strength development. New studies in athletics 2001; 16:4; 51-61.
- 5.** Crowther RG, Spinks WL, Leicht AS, Spinks CD. Kinematic responses to plyometric exercises conducted on compliant and noncompliant surfaces. J Strength Cond Res 2007;21(2): 460-5.
- 6.** Puddle DL, Maulder PS. Ground reaction forces and landing rates associated with parkour and traditional drop landing techniques. J Sports Sci Med, 2013; 12: 122-9.
- 7.** FIBA Genel Kurulu. Basketbol resmi kuralları 2014. 01.11.2014. URL: <http://www.tbf.org.tr/docs/default-source/tbf/basketbol-oyun-kurallari/basketbol-oyun-kurallari-2014.pdf?sfvrsn=4>.
- 8.** FIBA Genel Kurulu. Resmi basketbol kuralları 2014 basketbol donanımı. 01.11.2014. URL: <http://www.tbf.org.tr/docs/default-source/tbf/basketbol-oyun-kurallari/basketbol-donanimi-2014.pdf?sfvrsn=6>.
- 9.** Dündar U. Basketbolda kondisyon. İkinci Baskı. Ankara, Nobel Yayın Dağıtım, 2004; 1-4.

- 10.** National Basketball Conditioning Coaches Association. NBA power conditioning. ABD 1997; 46.
- 11.** Widmaire EP, Raff H, Strang KT. Vander insan fizyolojisi (Çeviri Editörü: Demirgören S). Onuncu Basımdan Çeviri. İzmir, İzmir Güven Kitabevi, 2010; 279-331.
- 12.** Günay M. Egzersiz fizyolojisi. Ankara, Bağırhan Yayınevi, 1998; 69-83.
- 13.** Yıldırım M. İnsan anatomisi. Altıncı Baskı. İstanbul, Nobel, 2004; 74.
- 14.** E Ergen, Demirel H, Güner R, Turnagöl H, Başoğlu S, Zergeroğlu AM, Ülkar B, Hazır T. İskelet kasları ve egzersiz. In: Ergen E, editor. Egzersiz fizyolojisi ders kitabı. 2. baskı. Ankara: Nobel; 2007.
- 15.** Akgün N. Egzersiz ve spor fizyolojisi. Altıncı Baskı. Bornova-İZMİR, Ege Üniversitesi Basımevi, 1996.
- 16.** Guyton AC, Hall JE. Tıbbi fizyoloji (Çeviri Editörü: Çavuşoğlu H, Yeğen B, Aydın Z, Alican İ). Onuncu edisyon. Nobel Tıp Kitabevleri, 2001; 67-76.
- 17.** Wikimedia Commons. File:Sarcomere FR.svg. 22.02.2016. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sarcomere_FR.svg.
- 18.** Ergen E, Ülkar B. Hareketin Kontrolü. In: Ergen E, editor. Egzersiz fizyolojisi ders kitabı. 2. baskı. Ankara: Nobel; 2007.
- 19.** Wikimedia Commons. File:Muscle contraction.svg. 26.02.2016. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Muscle_Contraction.svg.
- 20.** Radcliffe JC, Farentinos RC. High-powered plyometrics. Birinci Baskı. ABD, Human Kinetics, 1999; 11-12.
- 21.** Muratlı S, Şahin G, Kalyoncu O. Antrenman ve müsabaka. Birinci Baskı. İstanbul, Yayılım Yayıncılık, 2005; 265-270.
- 22.** Boreham G. The physiology of sprint and power training. In: Whyte G, editor. Advances in sport and exercise science series: The physiology of training. Birinci baskı. Birleşik Krallık: Elsevier; 2006. p. 117-32.
- 23.** Bisseling RW, Hof AL. Handling of impact forces in inverse dynamics. J Biomech 2006;39(13): 2438-44.
- 24.** Boguet J. Camera calibration toolbox for matlab. 14.05.2012. URL: http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc/.

- 25.** Birchfield S. KLT: An implementation of the Kanade-Lucas-Tomasi feature tracker. 17.05.2012. URL: <http://www.ces.clemson.edu/~stb/klf/>.
- 26.** Lucas BD, Kanade T. An iterative image registration technique with an application to stereo vision. 7th International Joint Conference on Artificial Intelligence, 1981; 674-9.
- 27.** Tomasi C, Kanade T. Detection and tracking of point features. Technical Report CMU-CS-91-132, 1991; 1-20.
- 28.** Interlink Electronics. FSR integration guide and evaluation parts catalog with suggested electrical interfaces. ABD; 5.
- 29.** Tekscan. FlexiForce A201 sensor datasheet. ABD.
- 30.** Nikonavas A, Harrison AJ, Hoult S, Sammut D. The application of force-sensing resistor sensors for measuring forces developed by the human hand. Proc Inst Mech Eng H 2004;218(H2): 121-6.
- 31.** Aksakoğlu G. Sağlıkta araştırma ve çözümleme. İkinci Yazım. İzmir, D.E.Ü. Rektörlük Basımevi, 2006; 110-1.
- 32.** Ross AL, Hudson JL. Efficacy of a mini-trampoline program for improving the vertical jump. 15 International Symposium on Biomechanics in Sports 1997: 63-9.
- 33.** Prieske O, Muehlbauer T, Krueger T, Kibele A ve ark. Sex-specific effects of surface instability on drop jump and landing biomechanics. Int J Sports Med 2015;36: 75-81.
- 34.** Pamuk Ö, Kaplan T, Taşkın H, Erkmén N. Basketbolcularda bazı fiziksel ve fizyolojik parametrelerin farklı liglere göre incelenmesi. Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi 2008;VI(3): 141-4.
- 35.** Kuru C, Savaş S. Üst düzey basketbolcuların hazırlık dönemi süresince bazı fiziksel ve fizyolojik parametrelerinin incelenmesi. CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi 2009;4(2): 67-74.
- 36.** Şen C, Durgun B, Kozanoğlu ME. Deplasmanlı ligde basketbol oynayan sporcuların üst ekstremité morfolojik özelliklerinin mevkilere göre değerlendirilmesi. Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi 2007;V: 135-8.

- 37.** K     H, Doğan E, Ta mektepligil MY. Basketbolcuların pozisyonlara g  re performansla ilgili fiziksel uygunluklarının kar ıla tırılması. KA  Sosyal Bilimler Enstit   Dergisi 2014;13: 65-71.
- 38.** Caine D, DiFiori J, Maffulli N. Physeal injuries in children's and youth sports: Reasons for concern? Br J Sports Med 2006;40: 749-60.



8. EKLER

8. EK 1. Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

LÜTFEN DİKKATLİCE OKUYUNUZ !!!

"Farklı zeminlerde yapılan pliyometrik sıçramalar sırasındaki biyomekanik parametrelerin karşılaştırılması." isimli çalışmaya katılmak üzere davet edilmiş bulunmaktasınız. Bu çalışmada yer almayı kabul etmeden önce çalışmanın ne amaçla yapılmak istendiğini anlamanız ve kararınızı bu bilgilendirme sonrası özgürce vermeniz gerekmektedir. Size özel hazırlanmış bu bilgilendirmeyi lütfen dikkatlice okuyunuz, sorularınıza açık yanıtlar isteyiniz.

- Bu araştırmanın amacı mini trambolinde ve düz zeminde yapılan derinlik sıçramalarının biyomekanik parametrelerinin karşılaştırılmasıdır.
- Bu araştırma yaklaşık 45 dakika zamanınızı alacaktır.
- Bu araştırma boyunca boy ölçümünüz yapıp vücut kompozisyonunuz belirlenecektir. Sonrasında ise 10 dakikalık bir ısınma protokolünün ardından vücudunuza ölçüm için gerekli cihazlar yerleştirilip 3 tanesi mini trambolinde olmak üzere toplam 6 adet derinlik sıçraması yapmanız istenecektir.
- Çalışma sırasında beklenen bir risk bulunmamaktadır.
- Size ait tüm bilgiler yalnızca araştırma amaçlı kullanılacaktır.
- Çalışmayla ilgili sorularınız var ise bu formu imzalamadan önce sorunuz.
- Bu çalışmada yer almak tamamen sizin isteğinize bağlıdır. Araştırmada yer almayı reddedebilir veya herhangi bir aşamada araştırmadan ayrılabilirsiniz.
- Araştırma öncesinde, sırasında, sonrasında aklınıza takılan her soru için yanınızda bulunacak araştırma sorumlusu Araş.Gör.Fırat ÖZDALYAN'a danışabilirsiniz. (GSM: 0536 472 92 85)

GÖNÜLLÜNÜN			İMZASI
ADI & SOYADI			
ADRESİ			
TEL.		TARİH	
ARAŞTIRMACININ			İMZASI
ADI & SOYADI	Fırat ÖZDALYAN		
ADRESİ	Dokuz Eylül Üniversitesi Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu İnciraltı/İzmir		
TEL.	02324129725	TARİH	
TANIKLIK EDENİN			İMZASI
ADI & SOYADI			
ADRESİ			
TEL.		TARİH	

8. EK 2. Olgu Rapor / Veri Kayıt Formu Örneği

Olgu Rapor / Veri Kayıt Formu Örneği

ADI SOYADI			
DOĞUM TARİHİ			
BOY UZUNLUĞU			
VÜCUT AĞIRLIĞI			
VÜCUT YAĞ YÜZDESİ			
SPOR YAŞI			
	ERKEK:	KADIN:	
	1.SIÇRAMA	2.SIÇRAMA	3.SIÇRAMA
DÜZ ZEMİN			
MİNİ TRAMBOLİN			

8. EK 3. Etik Kurul Raporu

KARAR BİLGİLERİ	Karar No:2012/25-34	Tarih: 24.07.2014			
	Prof.Dr.B.Muammer KAYATEKİN'in sorumlusu Fırat ÖZDALYAN'ın proje yürütücüsü olduğu "Farklı Zeminlerde Yapılan Pliometrik Sıçramalar Sırasındaki Biyomekanik Parametrelerin Karşılaştırılması" isimli klinik araştırmaya ait 15.07.2014 tarihli araştırıcı dilekçesine ilişkin olarak: -Araştırma yönteminde yapılan değişiklikler ve Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formuna yansımış olan değişiklikler ile ilgili belgeler incelenerek bilgi edinilmiş ve uygun bulunmuştur.				
ETİK KURUL BİLGİLERİ					
ÇALIŞMA ESASI	Dokuz Eylül Üniversitesi Girişimsel Olmayan Araştırmalar Etik Kurulu İşleyiş Yönergesi İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu				
ETİK KURUL ÜYELERİ					
Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsi yet	Araştırma ile ilişkili mi?	İmza
Prof.Dr.Banu ÖNVURAL (Başkan)	Tıbbi Biyokimya	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı	Kadın	E ☐ H ☒	
Prof.Dr.Ş.Reyhan UÇKU (Başkan Yardımcısı)	Halk Sağlığı	DEU Tıp Fakültesi Halk Sağlığı A.D.	Kadın	E ☐ H ☒	
Prof.Dr.Nejat SARIOSMANOĞLU	Kalp Damar Cerrahisi	DEU Tıp Fakültesi Kalp Damar Cerrahisi Anabilim Dalı	Erkek	E ☐ H ☒	
Prof.Dr.Ece BÖBER	Pediyatrik Endokrinoloji	DEU Tıp Fakültesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı	Kadın	E ☐ H ☒	katlanmadı
Prof.Dr.Hüseyin BASKIN	Tıbbi Mikrobiyoloji	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı	Erkek	E ☐ H ☒	
Prof.Dr.Vesile ÖZTÜRK	Nöroloji	DEU Tıp Fakültesi Nöroloji Anabilim Dalı	Kadın	E ☐ H ☒	katlanmadı
Prof.Dr.Bilgin CÖMERT	İç Hastalıkları (Yoğun Bakım B.D)	DEU Tıp Fakültesi İç Hastalıkları Anabilim Dalı	Erkek	E ☐ H ☒	
Prof.Dr.Mukaddes GÜNELİ	Tıbbi Farmakoloji	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Farmakoloji Anabilim Dalı	Kadın	E ☐ H ☒	katlanmadı
Prof.Dr.Ayşe Aydan ÖZKÜTÜK	Tıbbi Mikrobiyoloji	DEU Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Anabilim Dalı	Kadın	E ☐ H ☒	
Prof.Dr.Nihal GELECEK	Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon	DEU Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksek Okulu	Kadın	E ☐ H ☒	katlanmadı
Prof.Dr.Işıl TEKMEK	Histoloji ve Embriyoloji	DEU Tıp Fakültesi Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı	Kadın	E ☐ H ☒	
Doç.Dr.Müge KIRAY	Fizyoloji	DEU Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı	Kadın	E ☐ H ☒	
Doç.Dr.Şeyda Seren İNTEPELER	Hemşirelik Yönetimi	DEU Hemşirelik Fakültesi Hemşirelik Yönetimi A.D	Kadın	E ☐ H ☒	
Uzm.Dr.Ahmet Can BİLGİN	Hukuk	DEU Tıp Tarihi ve Etik A.D	Erkek	E ☐ H ☒	
Mehmet Erhan ÖZKUL	Sağlık mensubu olmayan üye	D.E.U Tıp Fakültesi İdari Mali İşler	Erkek	E ☐ H ☒	

8. EK 4. Arbis Formatında Özgeçmiş ve Yayın Listesi

ÖZGEÇMİŞ

Araştırma Görevlisi FIRAT ÖZDALYAN

TC Kimlik No / Pasaport No:	34678783354
Doğum Yılı:	1985
Yazışma Adresi :	Dokuz Eylül Üniversitesi Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu, Balçova 35340 İzmir/Türkiye
Telefon :	232-4129725
e-posta :	firat.ozdalyan@deu.edu.tr

EĞİTİM BİLGİLERİ

Ülke	Üniversite	Fakülte/Enstitü	Öğrenim Alanı	Derece	Mezuniyet Yılı
Türkiye	Ege Üniversitesi	BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR Y.O.	BEDEN EĞİTİMİ ÖĞRETMENLİĞİ	Lisans	2009

AKADEMİK/MESLEKTE DENEYİM

Kurum/Kuruluş	Ülke	Şehir	Bölüm/Birim	Görev Türü	Görev Dönemi
Dokuz Eylül Üniversitesi	Türkiye	İzmir	BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR	Araştırma Görevlisi	2012-

UZMANLIK ALANLARI

Uzmanlık Alanları

PROJE DENEYİMİ

Proje Adı	Kurum	Bütçe	Tarih	Görev	Proje Türü
II. Rekreasyon Terapisi Kampı	Balçova Belediyesi	0	14.07.2014- 18.07.2014	Araştırmacı/Uzman	Ulusal
Özel Öğrencilere Yönelik Rekreasyon Terapisi Kampı	Balçova Belediyesi	0	15.07.2013- 19.07.2013	Araştırmacı/Uzman	Ulusal

DİĞER AKADEMİK FAALİYETLER

Son Bir Yılda Uluslararası İndekslere Kayıtlı Makale/Derleme İçin Yapılan Danışmanlık Sayısı			
Son Bir Yılda Projeler İçin Yapılan Danışmanlık Sayısı			
Yayınlara Alınan Toplam Atıf Sayısı			
Danışmanlık Yapılan Öğrenci Sayısı		Tamamlanan	Devam Eden
	Yüksek Lisans		
	Doktora		
	Uzmanlık		
Diğer Faaliyetler (Eser/görev/faaliyet/sorumluluk/olay/üyelik vb.)			

ÖDÜLLER

Ödülün Adı	Alındığı Kuruluş	Yılı
-------------------	-------------------------	-------------

YAYINLARI**SCI, SSCI, AHCI indekslerine giren dergilerde yayınlanan makaleler**

--

Diğer dergilerde yayınlanan makaleler

--

Hakemli konferans/sempozyumların bildiri kitaplarında yer alan yayınlar

Bisikletle ultra dayanıklılık denemesi: Olgu sunumu, 12. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi, 2012

Diğer yayınlar

--