



T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**GENÇ FUTBOLCULARDA FARKLI NÖROMÜSKULER  
ISINMA PROTOKOLLERİ SONRASINDA YAPILAN  
AKTİF SIÇRAMA PERFORMANSININ BİYOMEKANİK  
PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİSİ**

**ANTRENMAN ve HAREKET ANABİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ**

**ÖZLEM KÖKLÜ**

**Haziran 2021  
Denizli**

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

**GENÇ FUTBOLCULARDA FARKLI NÖROMÜSKÜLER ISINMA  
PROTOKOLLERİ SONRASINDA YAPILAN AKTİF SIÇRAMA  
PERFORMANSININ BİYOMEKANİK PARAMETRELER ÜZERİNE  
ETKİSİ**

**ANTRENMAN ve HAREKET ANABİLİM DALI  
DOKTORA TEZİ**

**ARŞ. GÖR. ÖZLEM KÖKLÜ**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ahmet ALPTEKİN**

**Denizli, 2021**

## DOKTORA TEZLERİ İÇİN YAYIN BEYANI

Pamukkale Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği Uygulama Esasları Yönergesi Madde 24-(2) “Sağlık Bilimleri Enstitüsü Doktora öğrencileri için: Doktora tez savunma sınavından önce, doktora bilim alanında kendisinin yazar olduğu uluslararası atıf indeksleri kapsamında yer alan bir dergide basılmış ya da basılmak üzere kesin kabulü yapılmış en az bir makalesi olan öğrenciler tez savunma sınavına alınır. Yüksek lisans tezinin yayın haline getirilmiş olması bu kapsamda değerlendirilmez. Bu ek koşulu yerine getirmeyen öğrenciler, tez savunma sınavına alınmazlar” gereğince yapılan yayın aşağıdadır (Tam metin ekte sunulmuştur):

**Ek-1:** KÖKLÜ Yusuf, **KÖKLÜ Özlem**, IŞIKDEMİR Erhan, ALEMDAROĞLU Utku, (2020) Effect of Varying Recovery Duration on Postactivation Potentiation of Explosive Jump and Short Sprint in Elite Young Soccer Players, **Journal of Strength and Conditioning Research** 0(00)/1–6 doi: 10.1519/JSC.0000000000003435 (February 14, 2020 Ahead of print)

**DOKTORA TEZİ ONAY FORMU**

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırılmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğini beyan ederim.

Öğrenci Adı Soyadı: Özlem KÖKLÜ

İmza

## ÖZET

### GENÇ FUTBOLCULARDA FARKLI NÖROMÜSKULER ISINMA PROTOKOLLERİ SONRASINDA YAPILAN AKTİF SIÇRAMA PERFORMANSININ BİYOMEKANİK PARAMETRELER ÜZERİNE ETKİSİ

Özlem KÖKLÜ

Doktora Tezi, Antrenman ve Hareket ABD  
Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Ahmet ALPTEKİN

Haziran 2021, 90 Sayfa

Bu çalışmanın amacı günümüzde bir antrenman yöntemi olarak da kullanılan bütünleştirilmiş nöromüskuler ısınma protokolleri (PEP, FIFA 11+ ve HarmoKnee) ve dinamik ısınma protokolü arasındaki farklılıkların biyomekanik parametreler açısından incelenmesidir. Çalışmaya elit U16 ligi kategorisinde, Yukatel Denizlispor takımında lisanslı olarak spor yapan 19 erkek futbolcu (Yaş:  $15,05 \pm 0,05$  yıl; Boy uzunluğu:  $173,39 \pm 4,64$  cm; Vücut ağırlığı:  $62,89 \pm 5,34$  kg) gönüllü olarak katılmıştır. Sporcular ölçümlere başlamadan önce ısınma protokollerine göre rastgele 4 gruba ayrılmışlardır. Her bir sporcu tüm ısınma protokolü gruplarında yer almıştır. Çalışma iki kısımda gerçekleştirilmiş. Birinci kısımda, çalışmanın ilk günü, sporculara uygulanacak ısınma protokolleri detaylı olarak anlatılmıştır. Daha sonra sporculara antropometrik ölçümler ve maksimal istemli kasılma testi yapılmıştır. Çalışmanın ikinci kısımda ise her bir ısınmanın protokolünden hemen sonra sporculara sensör ve işaretçileri yerleştirilmiş ve sporculardan kuvvet platformu üzerinde iki aktif sıçrama performansı yapmaları istenmiştir. Sıçramalar sırasında sporculardan EMG, kinematik ve kinetik veriler toplanmıştır. Yapılan istatistik analiz sonucunda FIFA 11+ ısınma protokolünden sonra yapılan sıçramaya ait sıçrama yüksekliği, kuvvet değerleri ve EMG verilerinin diğer tüm ısınma protokollerinden istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0,01$ ). Bununla birlikte, FIFA 11+ ısınma programı sonrasında fleksiyon sonu-ekstansiyonu evresi geçiş süresi dinamik ısınma programı fleksiyon sonu-ekstansiyon başlangıcı evresi geçiş süresinden daha kısa olduğu bulunmuştur ( $p = 0,07$ ). Sonuç olarak gerek performans gerekse de biyomekanik ve nöromüskuler çıktılar açısından daha yüksek sıçrama performansı elde etmek için dinamik ısınma yerine PEP, Harmoknee veya FIFA 11+ yaralanma önleyici ısınma programlarından biri tercih edileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte PEP, Harmoknee ve FIFA 11+ ısınmaları içerisinde daha yüksek performans ve kas aktivasyon çıktılarına ulaşılan FIFA 11+ ısınma protokolünün tercih edilmesi tavsiye edilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** EMG, Hareket Analizi, FIFA 11+, Nöromüskuler Isınma, Yaralanma Önleme

**Bu çalışma, PAÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: 2019SABE026).**

**ABSTRACT****THE ACUTE EFFECTS OF DIFFERENT NEUROMUSCULAR WARM-UP PROTOCOLS ON BIOMECHANICAL PARAMETERS OF COUNTER MOVEMENT JUMP IN YOUNG IN YOUNG SOCCER PLAYERS**

KÖKLÜ, Özlem

PhD Thesis in Training and Movement

Supervisor: Doç. Dr. Ahmet ALPTEKİN (MsC, PhD)

June 2021, 90 Pages

The aim of this study is to examine the differences between the integrated neuromuscular warm-up protocols (PEP, FIFA 11+ and Harmoknee) and dynamic warm-up protocols which are also used as a training method in terms of biomechanical parameters. Nineteen football players in the elite U16 league category who were licensed in Yukatel Denizlispor team (age:  $15.05 \pm 0.05$  years; height:  $173.39 \pm 4.64$  cm; body weight:  $62.89 \pm 5.34$  kg) participated voluntarily. Before the measurements started, the athletes were randomly divided into 4 groups according to the warm-up protocols. Each athlete took part in all warm-up protocol groups. The study was carried out in two parts. In the first part, the first day of the study, application of the warm-up protocols was explained in detail. Following, anthropometric measurements and maximal voluntary contraction tests were performed. In the second part of the study, sensors and markers were placed on the athletes and the athletes were asked to perform two active jump performances on the force platform immediately after completion of each warm-up protocol. Electromyographic, kinematic and kinetic data were collected during the jump performances. According to the obtained results of the evaluated parameters, there was statistical differences in the parameters of jump height, knee angle, angular velocity of lower and upper leg, maximal ground reaction force. FIFA 11+ warm-up protocol was statistically significantly different than all other warming protocols ( $p < 0.01$ ). And also, after the FIFA 11+ warm-up program, the transition time of the end-flexion-extension phase was found to be shorter than the transition time of the dynamic warm-up program end-flexion-extension phase ( $p = 0.07$ ). As a result, it can be suggested to the coaches to prefer one of the PEP, Harmoknee or FIFA 11+ neuromuscular warm-up programs instead of dynamic warm-up in order to achieve higher jump performance and also better biomechanical and neuromuscular output. However, it is recommended to choose the FIFA 11+ warm-up protocol, which achieves higher performance and muscle activation outputs among PEP, Harmoknee and FIFA 11+ warm-up.

**Key Words:** EMG, Motion Analysis, FIFA 11+, Neuromuscular Warm-up, Injury Prevention

**This study was supported by Pamukkale University Scientific Research Projects Coordination Unit through (Project numbers: 2019SABE026).**

## TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın her aşamasında desteğini benden esirgemeyen, beni cesaretlendiren ve fikirleriyle yönlendiren danışmanım Doç. Dr. Ahmet Alptekin'e,

Doktora Tez İzleme Komitesi üyelerinden Selçuk Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi öğretim üyesi Prof. Dr. Erbil Harbili ve Pamukkale Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi öğretim üyesi Prof. Dr. Bilal Utku Alemdaroğlu'na,

Pamukkale Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi'nde yaptığım çalışmada kullandığım test düzeneğinin hazırlanmasında, ısınma protokollerinin uygulanmasında ve verilerin toplanmasında yardımcı olan Naciye Toprak, Harun Türkdöğün, Murat Çelik, Adem Yıldız, Aykut Erbey, Arş. Gör. Dr. Sinan Yıldırım ve Arş. Gör. Alper Yıldız'a,

Tez çalışmam kapsamında yaptığım testlere katılan Yukatel Denizlispor U-16 takımı oyuncularına,

Doktora sürecindeki tüm sıkıntılı dönemlerimde yanımda olan, pozitif enerjileri ile beni motive eden ve her konuda destek olan canım dostlarım Doç. Dr. Şeyma Ay Arçın ve Adile Yaren'e,

En zor zamanlarımızda birbirimizin yanında olduğumuz, birbirimize omuz verdiğimiz, sıkıntılarımızı anlayıp hafiflettiğimiz, üç evladımız ve varlığı beni hep daha iyi yapmaya teşvik ettiği için sevgili eşim Yusuf'a en için teşekkürlerimi sunarım.

Ve son olarak, bu tez "kendine ait bir oda"da yazıldı. Bu odanın duvarlarını sabrı, sevgisi, güveni ve desteği ile annem Işık, teyzem Ufuk ve kız kardeşim Ayşegül ördü. Hayatımın en önemli bu üç kadınından annem ve teyzem bu odada bana sabretmenin erdemini, kız kardeşim de pes etmeden çalışmayı, başarının dikenli bir yol olduğunu öğretti. Dilerim ki kızım Ayşenaz gelecekte yapacakları ile onun için hazırladığımız "kendine ait oda"sında mutluluk içinde nice başarılarla kavuşsun.

Hepinize minnettarım.



## İÇİNDEKİLER

DOKTORA TEZLERİ İÇİN YAYIN BEYANI .....	iii
DOKTORA TEZİ ONAY FORMU .....	iv
ÖZET .....	vi
ABSTRACT .....	vii
TEŞEKKÜR .....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
TABLolar DİZİNİ .....	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xii
RESİMLER DİZİNİ .....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xiv
1.GİRİŞ .....	1
1.1. Araştırmanın Amacı .....	3
1.2.Araştırmanın Problemi .....	3
1.3.Alt problemler .....	4
1.4.Araştırmanın Önemi.....	4
1.4.Araştırmanın Varsayımları .....	5
1.6.Araştırmanın Sınırlılıkları .....	5
2.KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMASI .....	6
2.1.Futbol .....	6
2.2.Spor Yaralanmaları.....	7
2.3.Diz Eklemi.....	8
2.3.1. Diz eklemine oluşturan kemikler.....	9
2.3.2. Diz eklemine çevreleyen kasları .....	9
2.3.3. Diz eklemi bağları .....	10
2.4.Ön Çapraz Bağ.....	10
2.4.1.Ön çapraz bağ anatomisi .....	10
2.4.2.Ön çapraz bağ biyomekaniği.....	11
2.4.3.Ön Çapraz Bağ Yaralanma Mekanizmaları .....	12
2.4.4.Ön Çapraz Bağ Yaralanma Risk Faktörleri.....	12
2.4.5.Yaralanma mekanizmalarında nöromusküler risk faktörleri .....	15
2.5.Kas Kasılması ve Kasılma Çeşitleri.....	17
2.5.1.İzometrik kasılma .....	17
2.5.2.İzotonik kasılma .....	17
2.5.3.İzokinetik kasılma.....	18
2.6.Gerilme Kısılma Döngüsü .....	18

2.7.Yüzeyel Elektromiyografi .....	20
2.8.Nöromuskuler Antrenman .....	22
2.9.Nöromuskuler Antrenman Çeşitleri .....	22
2.10.Nöromuskuler Antrenman Biyomekanik Çıktıları .....	23
2.11.Araştırmanın Hipotezleri .....	24
3. GEREÇ VE YÖNTEM .....	26
3.1.Araştırma Grubu .....	26
3.2.Veriler Toplama Araçları .....	26
3.2.1.Boy ve vücut ağırlığı ölçümleri .....	26
3.2.2.İzokinetik test ve değerlendirme sistemi .....	27
3.2.3.Hareket analizi sistemi .....	27
3.2.4.Elektromiyografi (EMG) ölçüm cihazı .....	28
3.2.5.Kuvvet platformu .....	29
3.3.Verilerin Toplanması .....	29
3.3.1.Boy ve vücut ağırlığı ölçümleri .....	31
3.3.2.Maksimal istemli kasılma ölçümü .....	31
3.3.2.1.Uygulanan ısınma protokolleri .....	32
3.3.4.Hareket analizi sistemi .....	38
3.3.5.Kuvvet platformu .....	40
3.3.6.Sistemlerin Eşzamanlılığı (Senkronizasyon) .....	42
3.4.Verilerin Analizi .....	43
3.4.1.EMG verisinin analizi.....	43
3.4.2.Hareket analizi ve kuvvet verisinin analizi .....	44
3.5.İstatistiksel Analiz .....	44
4. BULGULAR .....	45
5. TARTIŞMA .....	53
5.1.Kinematik Analizler .....	54
5.2.Kinetik Analizler .....	57
5.3.Elektromiyografik Analizler.....	59
6.SONUÇ .....	61
7.KAYNAKLAR .....	62
8. ÖZGEÇMİŞ .....	68
9. EKLER	

## TABLOLAR DİZİNİ

<b>Tablo 2.1.</b> Değiştirilemez yaralanma risk faktörleri .....	13
<b>Tablo 2.2.</b> Değiştirilebilir yaralanma risk faktörleri.....	14
<b>Tablo 3.1.</b> alışmaya katılan futbolcuların demografik özellikleri.....	26
<b>Tablo 3.2.</b> Rastgele gruplara ayrılan katılımcılar için uygulanacak nöromüsküler ısınma protokolleri.....	30
<b>Tablo 3.3.</b> Harmoknee ısınma protokolü.....	33
<b>Tablo 3.4.</b> PEP ısınma protokolü.....	34
<b>Tablo 3.5.</b> FIFA 11+ ısınma protokolü.....	35
<b>Tablo 3.6.</b> Dinamik ısınma protokolü.....	36
<b>Tablo 3.7.</b> Ölçümlerin alınacağı kaslara elektrotların yerleşimi.....	38
<b>Tablo 3.8.</b> Sporcuların üzerine yerleştirilen yansıtıcı işaretlerin yerleri ve tanımlamaları.....	39
<b>Tablo 4.1.</b> Isınma türlerine göre aktif sıçrama yükseklik değerleri.....	45
<b>Tablo 4.2.</b> Isınma protokollerine göre fleksiyon evresisonundan ekstansiyon evresinin başlangıcına kadar geçen süreler.....	46
<b>Tablo 4.3.</b> Evrelere göre maksimum yer tepki kuvvet değerlerinin karşılaştırılması. ...	46
<b>Tablo 4.4.</b> Aktif sıçrama sırasında sporcuların ST kasına ait EMG verisinin evrelere göre maksimal istemli kasılma yüzdeleri ve ısınma türlerine göre karşılaştırması .....	47
<b>Tablo 4.5.</b> Aktif sıçrama sırasında sporcuların VL kasına ait EMG verilerinin evrelere göre maksimal istemli kasılma yüzdeleri ve ısınma türlerine göre karşılaştırması.....	49
<b>Tablo 4.6.</b> Evrelere göre diz açđ değerlerinin ısınma türlerine göre karşılaştırılması ...	50
<b>Tablo 4.7.</b> Evrelere göre alt bacak açđsal hız değerlerinin ısınma türlerine göre karşılaştırılması.....	51
<b>Tablo 4.8.</b> Evrelere Göre Üst Bacak Açđsal Hız Değerlerinin Isınma Türlerine Göre Karşılaştırılması .....	52

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 3.1.</b> Ölçüm protokolü. ....	31
<b>Şekil 3.2.</b> (a) Kuvvet platformu lokal koordinat sistemi, (b) yük ölçerlerin konum değerleri. ....	41

## RESİMLER DİZİNİ

<b>Resim 2.1.</b> Spor branşlarında meydana gelen ÖÇB yaralanma yüzdeleri .....	8
<b>Resim 2.2.</b> Yaralanmaların oluşma yeri ve yaralanma şekli yüzdeleri.....	8
<b>Resim 2.3.</b> Diz anatomisi.....	11
<b>Resim 3.1.</b> Portatif stadiometre (SECA 284, GmbH- Almanya).....	27
<b>Resim 3.2.</b> İzometrik Test ve Değerlendirme Sistemi (Cybex, Humac Norm 770, A.B.D.).....	27
<b>Resim 3.3.</b> a) Miquis M3 Kamera, b) Senkronizasyon ünitesi, c) Kalibrasyon kiti ve çubuğu.....	28
<b>Resim 3.4.</b> EMG ölçüm cihazı (Delsys Trigno, A.B.D.).....	28
<b>Resim 3.5.</b> Kuvvet platformu (FP 4060-10, BERTEC, A.B.D.).....	29
<b>Resim 3.6.</b> Kuvvet platformu Bağlantıları .....	29
<b>Resim 3.7.</b> Maksimal istemli kasılma testi. ....	32
<b>Resim 3.8.</b> Aktif sıçrama testi.....	36
<b>Resim 3.9.</b> Qualisys Track Manager programı ara yüzü.....	38
<b>Resim 3.10.</b> Anatomik noktalara yerleştirilen işaretçiler.....	39
<b>Resim 3.11.</b> Ölçüm düzeneğinin görüntüsü.....	40
<b>Resim 3.12.</b> Kuvvet verisine göre belirlenen sıçrama evreleri.....	42
<b>Resim 3.13.</b> Qualisys kamera senkronizasyon ünitesi.....	42

**SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

<b>BNA:</b>	Bütünleşmiş Nöromusküler Antrenmanlar
<b>PEP:</b>	Sakatlık Önleme ve Performans Artımı Programı (Prevent Injury and Enhance Performance Program)
<b>FIFA:</b>	Fédération Internationale de Football Association
<b>VL:</b>	Vastus Lateralis
<b>ST:</b>	Semitendinosus
<b>ÖÇB:</b>	Ön Çapraz Bağ
<b>AÇB:</b>	Arka Çapraz Bağ
<b>QTM:</b>	Qualisys Track Manager
<b>EMG:</b>	Elektromiyografi
<b>GKD:</b>	Gerilme Kısalma Döngüsü
<b>F<sub>Fleksiyonsonu</sub>:</b>	Fleksiyon Sonu Evresi
<b>F<sub>Ekstansiyonsonu</sub>:</b>	Ekstansiyon Sonu Evresi
<b>F<sub>MaksimumKuvvet</sub>:</b>	Maksimum Kuvvetin Uygulandığı Evre
<b>MIK:</b>	Maksimal İstemli Kasılma
<b>Newton:</b>	Kuvvet
<b>Derece/saniye (°/s):</b>	Açısal Hız
<b>Derece (°):</b>	Diz Açısı

## 1. GİRİŞ

Futbol, dünya çapında yaklaşık 300 milyon kayıtlı sporcunun olduğu hem erkek hem de kadınlar arasında en yaygın sporlardan biridir. Her geçen yıl sporcu katılımcı sayısı artmakta ve bu artış fiziksel ve psikolojik sağlık durumlarında iyileşme, sporcuların genel olarak kendilerini daha iyi hissetmesi ve sistemik hastalıkların engellenmesi gibi birçok olumlu etkiyi de beraberinde getirmektedir. Bunun yanı sıra futbola katılımı ile oluşabilecek yaralanma riskleri ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve detaylı şekilde açıklanmıştır (Hägglund vd 2013, Schmikli vd 2011). Araştırmacılar son 20 yıldır, futbol yaralanmaları ve meydana gelme sebeplerini daha iyi anlamak ve yaralanma sıklığının nasıl azaltılabileceği konusunda çalışmaktadırlar (Van Beijsterveldt vd 2013).

Sporun doğası gereği sporcuların faaliyet gösterdikleri branşlarda sıklıkla yaralanma ve sakatlıklara maruz kaldıkları bilinmektedir. Dünya genelinde en fazla ilgi gören ve sporcu sayısına sahip futbol branşında da sakatlıklar oldukça yaygındır. Sadece Amerika Birleşik Devletleri'nde 5-24 yaş arası futbol oyuncularında 4,5 milyon civarında spor yaralanması raporlanmış ve bu yaralanmalarının üçte ikisinin alt üye kaynaklı yaralanmalar olduğu belirtilmiştir. Amerikan Tüketici Ürün Güvenliği Komisyonu'nun raporunda yaklaşık 187.000 spor yaralanması bildirilmiş ve bu yaralanmaların %80'inin 24 yaş altı bireylerde meydana geldiği belirtilmiştir. Futbol yaralanmalarının sıklığı ile ilgili çalışmalar, farklı yaş gruplarında, erkek ve kadın rekreasyonel, amatör ve profesyonel futbolcularda yapılmaktadır. Amerikan Ulusal Üniversite Sporcu Birliği (NCAA), futbol yaralanmalarının oyun düzeyi, oyuncu mevkii, zemin çeşidi, yaralanma zamanı ve cinsiyetten bağımsız olduğunu açıklamıştır. NCAA'de erkek sporcularda yaralanma oranı 0,0188, kadın sporcularda ise 0,0164

olduğu rapor edilmiştir. Bu raporda, futbol diğer tüm branşlardan daha fazla yaralanmanın gerçekleştiği spor branşı olarak öne çıkmıştır (<https://www.cpsc.gov/Research--Statistics/NEISS-Injury-Data>).

Spor yaralanma sayılarındaki artışa neden olan faktörler incelendiğinde; genel anlamda spora katılım özelde ise sedanter orta yaş grubunda düzenli egzersize başlama sayındaki artışa karşın bu bireylerin uygun antrenman metotları ile ilgili yetersiz bilgi sahibi olması, spor branşları çeşitliliğinde artış, sporun ekonomiye olumlu etkisi sebebiyle spor yapma imkanlarına ulaşmanın kolaylaşması, performans düzeyi ve antrenman saatlerinin artması, antrenman bilimlerinde bilimsel verilerin artışına ve kolay

ulaşılabilirliğine rağmen yetersiz antrenör ve antrenman metotları karşımıza çıkmaktadır (Bahr ve Holme 2003).

Sporde yaralanma mekanizmaları ve risk faktörlerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılması, yaralanma önleme programlarının geliştirilmesine yönelik en önemli adımlardan biridir. Yaralanma risk faktörleri incelendiğinde; çevresel, anatomik, hormonal, genetik ve biyomekanik / nöromusküler faktörler olarak gruplanabilir. Çevresel, anatomik, hormonal ve genetik risk faktörleri pratik açıdan değiştirilemez risk faktörleri olarak kabul edilir. Değiştirilebilir risk faktörleri, bir insan müdahalesi tarafından değiştirilebilecek ya da etkilenebilecekleri düşünülen faktörlerdir. Bu nedenle, değiştirilebilir yaralanma risk faktörleri esas olarak biyomekanik ve nöromusküler özelliklerle ilişkili değişkenlerdir (Fernandez vd 2007).

Alt üye yaralanmaları en sık görülen yaralanmalardır. Amerika Birleşik Devletleri'nde, %70'inin sportif aktiviteler sırasında meydana gelen alt üye yaralanma sayısının yıllık yaklaşık 200.000 civarında olduğu rapor edilmiştir (Burkhart vd 2008a). Temassız yaralanmalar tüm yaralanmaların %70-84'ünü oluşturmakta ve bu yaralanmalar sıçrama sonrası düşüş, ani durma, dönme ve yön değiştirme hareketleri içeren sporlarda daha fazla görülmektedir (Burkhart vd 2008b).Yapılan çalışmalar spor yaralanmalarının, değiştirilebilir risk faktörlerin geliştirilmesi ile azaltılabileceğini göstermiştir (Yoo vd 2010). Bütünleşmiş Nöromusküler Antrenmanlar (BNA) olarak tanımlanan; spor yaralanmalarının azaltılmasına yönelik yapılan biyomekanik ve nöromusküler antrenmanlar (Integrative Neuromuscular Training, INT) dinamik stabilizasyon, hız/çabukluk, yorgunluğa dayanıklılık, koordinasyon, kuvvet ve pliometrik bileşenleri ile öncelikli olarak temel hareket yeterliliğinin, ardından spor branşına özgü doğru hareket formlarının kazandırılmasının amaçlandığı antrenmanlardır (Chappell vd 2007).

1990'lı yılların başlarından beri, spor yaralanmalarının azaltılmasına yönelik yapılan BNA'lar yapılmaktadır. Bu antrenmanlar genellikle pliometrik egzersizler, denge



egzersizleri veya hem pliometrik hem de denge egzersizlerinden oluşan izole antrenmanlar şeklinde yapılmaktadır. Son yıllarda yapılan araştırmalarla nöromüsküler antrenmanlar dinamik stabilizasyon, koordinasyon, kuvvet, pliometrik, hız/çabukluk ve yorgunluğa dayanıklılık bileşenlerini içeren daha kapsamlı antrenmanlar haline gelmiş ve spor sakatlıklarından korunma amacıyla antrenman programlarında ve/veya performans öncesi ısınma bölümlerinde yer almaktadır (Louw vd 2008). Bu sebeple kronik etkilerinin incelenmesi kadar akut etkilerinin de incelenmesi fonksiyonel önemi nedeniyle son yıllarda araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Çoklu bileşenlerden oluşan BNA programları, farklı kapsam, süre, sıklık ve yoğunluklarla uygulanmaktadır. Literatürde “Dinamik Nöromüsküler Analiz Antrenmanı (Dynamic Neuromuscular Analysis (DNA) Training)”, “Sakatlık Önleme ve Performans Artımı Programı (Prevent Injury and Enhance Performance Program (PEP)), “Fédération Internationale de Football Association” (FIFA)11+; (FIFA 11+)), HarmoKnee gibi özelleşmiş antrenman protokolleri uygulanmakta ve verilen cevaplar araştırılmaktadır (Mandelbaum vd 2005, Hewett vd 2007, Ayala vd 2017). Biyomekaniksel ve nöromüsküler etkilerin incelenmesi özellikle nöromüsküler antrenmanların yalnızca performans değil mekanik çıktılarının da gözlemlenebilmesi açısından önemlidir.

### 1.1. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, günümüzde bir antrenman yöntemi olarak da kullanılan bütünleştirilmiş nöromüsküler ısınma protokolleri (PEP, FIFA 11+ ve HarmoKnee) ve dinamik ısınma protokolü arasındaki farklılıkların biyomekanik parametreler açısından incelenmesidir. Bu amaçla sporcuların nöromüsküler ısınma protokolleri ve dinamik ısınma protokolü sonrasında `gerçekleştirdikleri aktif sıçrama performansları sırasında; üst bacağıın fleksiyon ve ekstansiyon hareketinde rol oynayan kasların ((Vastus Lateralis (VL) ve Semitendinosus (ST)) kassal aktivasyon parametreleri; diz fleksiyon açısı, sıçrama yüksekliğini içeren kinematik parametreler ve yer tepki kuvvetlerini içeren kinetik parametreler incelenmiştir.

### 1.2. Araştırmanın Problemi

Bütünleştirilmiş nöromüsküler ısınma protokolleri (PEP, FIFA 11+ ve HarmoKnee) ile dinamik ısınma protokolü sonrasında gerçekleştirilen aktif sıçrama performansları arasında biyomekanik parametreler açısından fark var mıdır?

### 1.3. Alt problemler

- Sporcuların bütünleştirilmiş nöromuskuler ısınma protokolleri (PEP, FIFA 11+ ve HarmoKnee) ve dinamik ısınma protokolü sonrasında gerçekleştirilen aktif sıçrama performansında sıçrama yükseklikleri arasında fark var mıdır?
- Bütünleştirilmiş nöromuskuler ısınma protokolleri (PEP, FIFA 11+ ve HarmoKnee) ve dinamik ısınma protokolü sonrasında gerçekleştirilen aktif sıçrama performansında tüm hareket boyunca kas aktivasyonları arasında fark var mıdır?
- Bütünleştirilmiş nöromuskuler ısınma protokolleri (PEP, FIFA 11+ ve HarmoKnee) ve dinamik ısınma protokolü sonrasında gerçekleştirilen aktif sıçrama performansında tüm hareket boyunca diz açısı değerleri arasında fark var mıdır?
- Bütünleştirilmiş nöromuskuler ısınma protokolleri (PEP, FIFA 11+ ve HarmoKnee) ve dinamik ısınma protokolü sonrasında gerçekleştirilen aktif sıçrama performansında kas aktivasyonları açısından evreler arasında (fleksiyon, ekstansiyon ve maksimum kuvvet evreleri) fark var mıdır?
- Bütünleştirilmiş nöromuskuler ısınma protokolleri (PEP, FIFA 11+ ve HarmoKnee) ve dinamik ısınma protokolü sonrasında gerçekleştirilen aktif sıçrama performansında diz açısı değerleri açısından evreler arasında (fleksiyon, ekstansiyon ve maksimum kuvvet evreleri) fark var mıdır?
- Bütünleştirilmiş nöromuskuler ısınma protokolleri (PEP, FIFA 11+ ve HarmoKnee) ve dinamik ısınma protokolü sonrasında gerçekleştirilen aktif sıçrama performansında üyelerin açısız hız parametreleri açısından evreler arasında (fleksiyon, ekstansiyon ve maksimum kuvvet evreleri) fark var mıdır?
- Bütünleştirilmiş nöromuskuler ısınma protokolleri (PEP, FIFA 11+ ve HarmoKnee) ile dinamik ısınma protokolü sonrasında gerçekleştirilen aktif sıçrama performansında yer tepki kuvvet değerleri açısından evreler arasında (fleksiyon, ekstansiyon ve maksimum kuvvet evreleri) fark var mıdır?

### 1.4. Araştırmanın Önemi

Sportif performans sırasında meydana gelen spor yaralanmalarının önlenmesi için koruyucu programların geliştirilmesi ve düzenli bir şekilde uygulanması yaralanmaları önlemek amacıyla atılacak önemli adımlardandır. Bu sebeple spora özgü

geliştirilen ve nöromüsküler ısınma olarak literatüre giren koruyucu programlar bulunmaktadır. Bu özel ısınmalar antrenmanlarda ısınma bölümünde veya ayrı bir bölüm olarak uygulanmaktadır. Literatür taramasında, nöromüsküler ısınmaların etkilerini inceleyen çalışmaların genellikle yaralanma sıklığını veya fiziksel performans parametrelerinin değerlendirildiği kronik çalışmalar olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra nöromüsküler ısınma çalışmalarının birçoğu iki nöromüsküler ısınmanın etkilerini karşılaştırmaktadır. Bu sebeple 3 farklı nöromüsküler ısınmanın akut biyomekanik ve nöromüsküler etkilerinin sıçrama performansı üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi spor bilimleri açısından önemli olacağı düşünülmektedir.

### **1.5. Araştırmanın Varsayımları**

Araştırma kapsamında yapılan ölçümler ile müsabaka sırasında sporcuların maksimal performanslarını gösterdiği varsayılmıştır.

### **1.6. Araştırmanın Sınırlılıkları**

Araştırma Elit U16 ligi kategorisinde Yukatel Denizlispor Takımında lisanslı olarak spor yapan 19 erkek futbolcu ile sınırlıdır.

## 2. KURAMSAL BİLGİLER VE LİTERATÜR TARAMASI

### 2.1. Futbol

Futbol, oyun yapısı içerisinde sıçramalar, vuruşlar, ikili mücadeleler, dönüşler, yön değiştirmeli koşular, farklı tempolarda koşular, yana kaymalar içeren anaerobik bir spordur. Birçok karmaşık hareketi içermesi sebebiyle performans etkilen faktörler çeşitlilik göstermektedir.

Bir futbol müsabakasında sporcuların gerçekleştirdikleri hareketlerin yüzdelik dağılımları aşağıdaki gibidir (Bloomfield vd 2007);

- Durma (%) 4,6 ±3,2
- Yürüme (%) 14,2 ±4,3
- Jog (%) 28,1 ±9,6
- Koşu (%) 11,1 ±6,8
- Sprint (%) 4,8±3,2
- Sıçrama (%) 9,9 ±4,7
- Yön Değiştirme (%)9,3 ±2,6
- Diğer (%) 18,1 ±7,8

Performansı etkileyen sebepler arasında oyuncuların teknik ve taktik beceri düzeyleri, mücadele ettikleri lig seviyesi, takım içerisindeki mevkiileri, antrenman düzeyleri ve yaşları yer almaktadır. Tüm bu etkenlerin yanı sıra sporcuların enerji ihtiyaçlarının bulundurulması ve futbola özgü fizyolojik ihtiyaçların bilinmesi, antrenman programlarının belirlenmesinde ve spor yaralanmalarının azaltılmasında antrenörlere yol gösterici olmaktadır.

Dünya çapında değerlendirildiğinde spora katılımın en fazla olduğu ve bu doğrultuda spor yaralanmalarının da en fazla meydana geldiği spor branşıdır. Bu sebeple futbolda spor yaralanmalarının önlenmesine yönelik birçok çalışma yapılmaktadır. Futbolda çok fazla yaralanma görülmesinin sebebi, içerisinde kısa koşular, ani hızlanmalar ve yavaşlamalar, dönüşler, sıçramalar ile temaslı ve temassız birçok farklı karmaşık hareketi içeriyor olmasıdır. Futbolda en sık ve en fazla çeşitlilikte

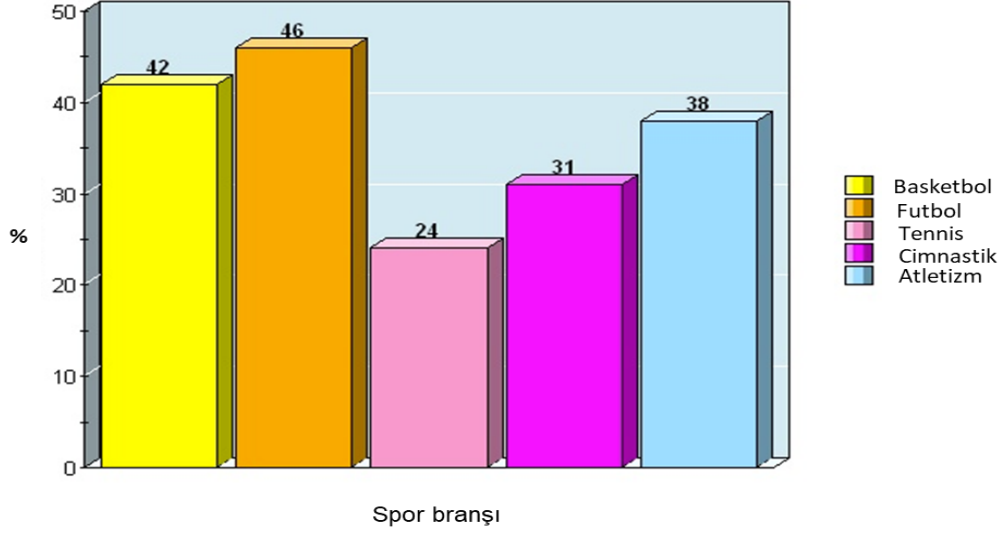
meydana gelen spor yaralanmaları ise alt ekstremitede özellikle de ön çapraz bağda (ÖÇB) gözlenmektedir (Hammes vd 2015). Spor yaralanmalarının sporcu ve kulüplere yarattığı finansal yük ve spora dönüş süresinin uzun olması sebebiyle spor yaralanmalarının önlenmesi oldukça önemlidir.

## 2.2. Spor Yaralanmaları

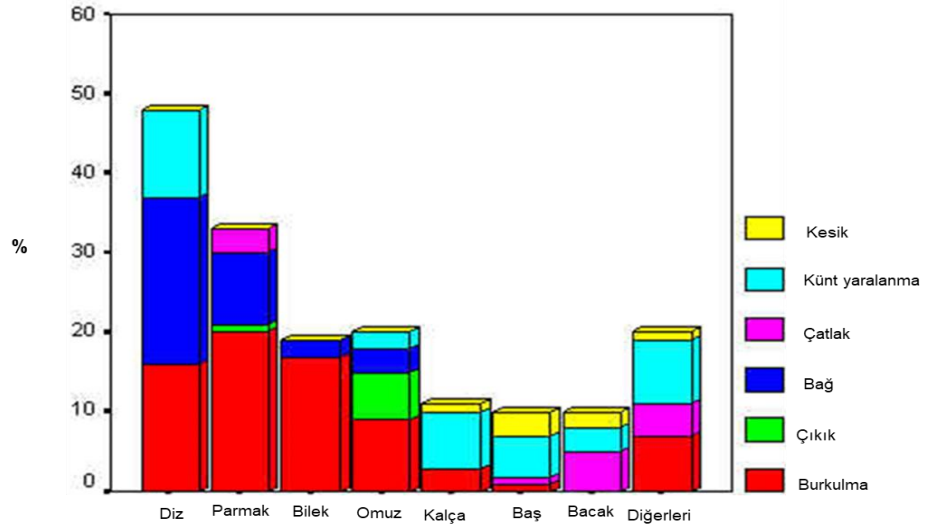
Spor yaralanması fiziksel aktivite sırasında vücudun çalışmasını engelleyen ve vücudun iyileşmesini sağlamak için bir iyileşme süresi gerektiren herhangi bir stres şeklidir. Yaralanmalar genellikle kas-iskelet sistemini (kemik, kas, tendon ve kıkırdak) etkiler ve ağrı, şişlik, hassasiyet ve etkilenen bölgeye ağırlık verememe ya da kullanamama ile sonuçlanır (Peters, 2019).

Spor yaralanmaları, sportif aktiviteler sırasında meydana gelen ve genellikle geçici olarak belirli bir kas veya kas grubunun aktivasyon yeteneğinin kaybına sebep olan yaralanmalardır. Etkilenen bölgenin korunabilmesi için oluşan refleks inhibisyonu veya ağrı sebebiyle sporcu hareketlerinin bozulmasına sebep olur. Karmaşık hareket kalıpları, spora özgü aktiviteler ve fonksiyonel hareketlerde kas inhibisyonuna bağlı olarak meydana gelen bozulmalar, performansı düşürür ve tekrar yaralanma riskini artırır. Spor yaralanmaları sporun kaçınılmaz bir sonucu gibi düşünülmeyle birlikte, diğer tüm travma ve yaralanmalar gibi spor yaralanmalarının da önlenmesi mümkündür. Yaralanma mekanizmaları ve risk faktörlerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılması etkili önleme programlarının geliştirilmesine yönelik en önemli adımlardan biridir.

Yapılan çalışmalarda tüm yaralanmalar içerisinde %50' ye yakınının ÖÇB yaralanması olduğu ve bu yaralanmaların çoğunlukla futbolcularda meydana geldiği belirtilmiştir (Resim 2.1, 2.2) (Burkhart vd 2008, Montalvo vd 2019). Bu sebeple ÖÇB anatomisinin öğrenilmesi ve yaralanmalarının önlenmesi oldukça önemlidir.



**Resim 2.1.** Spor branşlarında meydana gelen ÖÇB yaralanma yüzdeleri



**Resim 2.2.** Yaralanmaların oluşma yeri ve yaralanma şekli yüzdeleri

### 2.3. Diz Eklemi

Diz eklemi sagittal düzlemde fleksiyon ve ekstansiyon, frontal düzlemde varus ve valgus, horizontal düzlemde internal ve ekstal rotasyon yapabilen, menteşe tipi bir eklemdir. Diz eklemine oluşturan kemik yapılar femur, tibia ve patelladır. İki ana eklemden oluşur; Tibiofemoral ve patellafemoral eklemler. Tibiofemoral eklem vücut ağırlığını taşıırken patellafemoral eklem ise dize binen kuvvetlerin diğer eklemlere

aktarımını sağlar. Bu eklemler 0-180° arasında hareket açısına sahiptir ve eklem stabilitesi sağlarlar.

Diz eklemine oluşturan ligament ve kıkırdak yapılar ise eklemi desteklemektedirler. Bu yapılar arasında yer alan ön çapraz bağ (ÖÇB) dengeleyicilerden biridir. En önemli görevi düşük fleksiyon açılarında femurun tibianın önüne kaçmasını engellemektir. Arka çapraz bağ (AÇB), ÖÇB ile birlikte aynı görevi yapmakta ve arkaya kaçmasını önlemektedir. Kollateral, medial ve lateral bağlar ise dizin frontal düzlemde dengede kalmasından, valgus ve varus hareketleri için gerekli kuvvetin sağlanmasında görev alırlar. Dizdeki dokular ana dengeleyici rolü oynarken diz eklemi etrafındaki kaslar ise hareketler sırasında eklemde kalmasını sağlarlar. Yapısal özelliği nedeniyle vücutta yaralanmalara en açık olan diz eklemine en sık görülen yaralanma ÖÇB yaralanmalarıdır.

### **2.3.1. Diz eklemine oluşturan kemikler**

Diz, proksimalde femur, distalde tibia ve patella kemiklerinin birleşiminden oluşur. Kalçayı dize bağlayan vücudumuzun en uzun kemiğidir. Femurun distal ucunda lateral ve medial kondiller vardır. Lateral ve medial kondiller, kollateral bağların yapışma noktalarını oluşturur. Büyük bir interkondiller çentik, lateral ve medial kondilleri birbirinden ayırarak çapraz bağlar için bir geçit oluşturur. Femur başı yük iletimini sağlarken çeşitli yönlerde harekete izin verir, eklem stabilitesinin de korunmasını sağlar.

Tibia ayak bileği ile bacak kaslarını destekleyen bir kemiktir. Bacağın dış kısmında bulunan fibula tibiayaya paralel olarak uzanmaktadır. Tibianın en önemli görevi ağırlığı diz boyunca ayak bileğine aktarmaktır. Patella kuadriseps tendonuna gömülü, üçgenimsi ve vücuttaki en büyük sesamoid kemiktir, arka yüzeyi eklem kıkırdağı ile kaplıdır. Uyluk kemiğinin kondilleri arasında troklea adı verilen sığ bir oluk üzerinde kayarak hareket eder. Dizin eklemine korur. Ön uyluk kaslarındaki gerilimi aşağıya ileterek dizin hareketini sağlar.

### **2.3.2. Diz eklemine çevreleyen kasları**

Diz eklemine hareketin oluşmasını sağlayan kaslar, bacak ve uyluk bölgesinde bulunurlar. Diz eklemine temel hareketleri fleksiyon ve ekstansiyondur ancak diz fleksiyonda iken bir miktar içe ve dışa rotasyon da yapabilir. Diz ekstansiyonu 0° olarak kabul edilir ve temel diz ekstansörü kası kuadriseps femoristir. Kuadriseps femoris

kası 4 başlı bir kastır. Quadriceps femoris, rectus femoris, vastus medialis ve vastus lateralistir (VL) kaslarından oluşur.

Dizin fleksiyon yapmasını sağlayan temel kas grubu ise hamstring kaslarıdır. Bu kaslar biceps femoris (BF), Semitendinosus (ST) ve semimembranosus (SM). Diz eklemi 130-140°'lik fleksiyon yapabilir. Rotasyon hareketi ise oldukça sınırlı açılarda gerçekleşebilir. 90° diz fleksiyon açısında, 30-40° dış rotasyon hareketi yapabilirken 10° diz fleksiyon açısında 5°'lik rotasyon yapabilir. Dış rotasyon yaptıran kaslar, biceps femoris, tensor fasya lata ve gracilistir. İç rotasyon hareketi yaptıran kaslar ise popliteus, semitendinosus, semimembranosus, sartorius, gracilistir.

### 2.3.3. Diz eklemi bağları

Diz eklemine stabilitesini sağlayan 4 önemli bağ vardır. Bunlar; ÖÇB, AÇB, iç yan ve dış yan bağlardır. Diz eklemi bağları femur ve tibia'yı birbirine bağlayarak dizin öne-arkaya ve yanlara kaymasını engelleyerek diz stabilitesini sağlarlar.

ÖÇB, femurun uzun eksenine ile 25°'lik bir açı yapar. Dizin öne kaymasını birincil olarak önlemekle birlikte, yanlara kayma ve rotasyonel hareketlerde ikincil rol üstlenmektedir. Biyomekanik açıdan dizde öne doğru çekmeye karşı koyan kuvvetlerin %90'ını sağlar. Günlük aktivitelerde ÖÇB'a etki eden kuvvetler 285-400 N aralığındadır. ÖÇB tibianın femura göre öne doğru hareketi esnasında eklem içinde oluşan kuvvetin %75-85'ini karşılar ve 30°'lik fleksiyonda tibianın femur üzerinde 5-8 mm öne kaymasına izin verir. AÇB, tibianın posteriora doğru olan hareketini sınırlar ve dizin aşırı hiperfleksiyonunu engeller. Dizde yer alan çapraz bağlar eklem merkezindedir ve X harfi gibi birbirlerine eğik olarak çapraz durumdadırlar.

## 2.4. Ön Çapraz Bağ

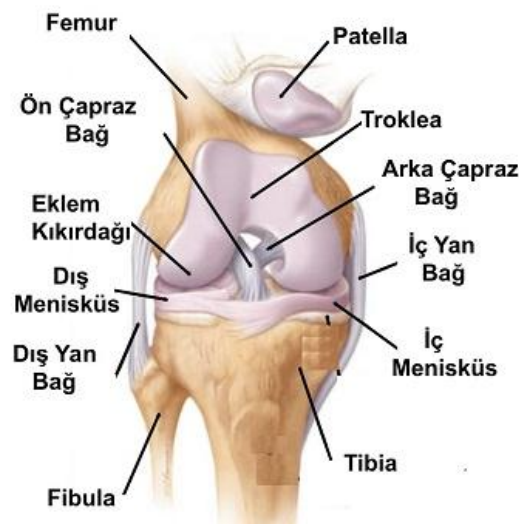
Ön çapraz bağ diz eklemine bulunan iki çapraz bağdan biridir. ÖÇB'ın temel görevi tibianın femur üzerinde öne doğru kaymasını kontrol etmektir. Bununla birlikte dizde dönme etkisi yaratan kuvvetleri de kontrol ederek stabilizasyonu sağlar.

### 2.4.1. Ön çapraz bağ anatomisi

ÖÇB femur ve tibia arasında uzanan intraartiküler, fakat sinovyal kılıfı içinde ekstrasinovyal, yaklaşık 35 mm uzunluğunda ve 10 mm kalınlığında kollajen bir bağdır. Çoklu longitudinal liflerden oluşan ÖÇB proksimalde lateral femur kondili medialine, distalde ise anterior tibia platosuna yapışır. ÖÇB lifleri femurdan tibia'ya doğru arka çapraz bağın önünde ve bu bağı çaprazlayarak posterosuperiordan anteroinferiora ve



lateralden mediale doğru seyrederek (Resim 2.3). ÖÇB femoral yapıya yerinden yaklaşık 10 mm sonra yelpaze şeklinde açılmaya başlar. Femura yapışma yerinden değişik plan ve boyuttaki tibiaya yapışma yerine bu açılma ve dönme sayesinde uyum gösterir. Fleksiyon hareketi sırasında antero-medial bant gergin, postero-medial bant ise gevşektir. Ekstansiyon hareketi sırasında ise tam tersi olur. ÖÇB'nin birincil görevi dizin öne kaymasını önlemektir fakat aynı zamanda yanlara kayma ve rotasyonel hareketlerde de ikincil rol üstlenmektedir. Günlük aktivitelerde ÖÇB'ye etki eden kuvvetler 285-400 N aralığındadır. ÖÇB tibia'nın femura göre öne doğru hareketi esnasında eklem içinde oluşan kuvvetin %75-85'ini karşılar ve 30°'lik fleksiyonda tibia'nın femur üzerinde 5-8 mm öne kaymasına izin verir.



**Resim 2.3.** Diz anatomisi

#### 2.4.2. Ön çapraz bağ biyomekaniği

ÖÇB tibia'nın öne doğru kaymasına engel olur ancak medial ve lateral eklem aralığında ikincil stabilizatördür. Yan bağlarda kopma olursa çapraz bağ grubu ligamentleri birincil stabilizatör haline gelir. Diz fleksiyon açısı 30°den küçük olduğunda, anterior yönlü kesme kuvveti etkisi oluşur. Anterior yönlü kesme kuvveti, diz fleksiyon açısının 70°den büyük olduğu durumlara kıyasla tam ekstansiyona yaklaştıkça büyür. Diz tam ekstansiyona yakın olduğunda ÖÇB gerim kuvveti artar, hiperekstansiyonda ise pik yapar. Tibia anterior kuvveti; kuadriseps, hamstring ve gastrokinemius gibi kas kasılmalarından etkilenir. ÖÇB, tibiaya anterior yönlü kuvvet uygulandığında gerilir ve anterior tibiafemoral kesme kuvvetini kısıtlar. ÖÇB tam ekstansiyona yaklaştıkça gerim kuvveti ve kopma riski büyür. Kuadriseps kasılması anterior yönlü kuvvet üreten en önemli nedenlerden biridir (Salmon vd 2005). Kuadriseps kasılması, anterior tibial translasyonun yanı sıra diz eksternal rotasyonu ve valgus momenti yaratarak birden

fazla düzlemde ÖÇB gerimini artırır. ÖÇB gerim kuvveti kuadriseps kasılması ile artarken hamstring kasılması azaltıcı etki yapar. Diz fleksiyon açısı büyüdükçe hamstring koruyucu etkisi artar. Sagital düzlemdeki en büyük risk faktörü dizin tam ekstansiyona yaklaştığı küçük fleksiyon açılarında tibia üzerinde oluşan büyük kuadriseps kasılma kuvvetidir. Hamstring, kuadriseps, gastrocnemius kas kasılmaları tibiaya etkileyen anterior kesme kuvveti oluştur ve bu kuvvetler diz fleksiyon açısı küçüldükçe büyür, hiperekstansiyonda zirve yapar (Lloyd vd 2005).

### 2.4.3. Ön Çapraz Bağ Yaralanma Mekanizmaları

ÖÇB yaralanmaları temaslı ve temassız olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilir. Temaslı yaralanmalar, fiziksel olarak temas oluşan durumlarda, sporcuların maç veya antrenman sırasında birbirleri veya nesne tarafından darbeye maruz kalması le meydana gelmektedir. Temassız yaralanmaları ise herhangi bir temas olmaksızın sporcunun performans sırasında yaralanmasıdır. Temassız yaralanmalar sıklıkla ani yön değiştirme, yana kayma, sıçrama sonrası yere düşüş hareketleri sırasında meydana gelir. Bunların yanı sıra yaralanmalarda dizde valgus/varus, tibial internal/eksternal rotasyon momentleri ve anterior yönlü yer tepki kuvvetlerinin sebep olduğu bilinmektedir. Temassız yaralanmalar tüm ÖÇB yaralanmalarının neredeyse %30'unu oluşturmaktadır. Temassız yaralanmaların oranının bu kadar yüksek olması araştırmacıları ÖÇB yaralanmalarının oluşma sebeplerini, risk faktörlerini ve koruyucu antrenman programlarının geliştirilmesi için araştırma yapmaya yönlendirmiştir.

### 2.4.4.Ön Çapraz Bağ Yaralanma Risk Faktörleri

ÖÇB yaralanmaları risk faktörleri incelendiğinde dışsal ve içsel risk faktörleri olarak iki ana başlık altında toplanmaktadır. Dışsal ve içsel faktörler; dışsal faktörler çevresel durumları belirtirken içsel faktörler ise anatomik, gelişimsel ve hormonal, biyomekanik ve nöromüskuler durumları içerir. Sporcunun kalıtsal olarak taşıdığı özellikleri ifade eden anatomik ve hormonal risk faktörleri değiştirilemez kabul edilirken doğru hareket kalıplarının öğrenilmesi ile düzeltilebilen özellikleri içermesi sebebiyle biyomekanik ve nöromüskuler risk faktörleri değiştirilebilir kabul edilmektedir (Tablo 2.2.)

#### Dışsal faktörler

Dışsal faktörler sporcudan bağımsızdır. Hava durumu (aşırı yağış, nemli hava, kar vb.), performansın gerçekleştiği zemin (çim, yapay çim, beton, toprak saha, sporsalonu vb.), sporcunun giydiği ayakkabı gibi çevresel faktörlerdir (Griffin vd 2000).

Örneğin kötü bir sahada ayakların beklenmeyen ani hareketleri kas aktivasyon modelini değiştirir ve ÖÇB yaralanmalarının oluşmasına daha fazla sebep olabilir. Sentetik çim sahalarda ve salonda ise, ayakkabı yüzeyin sürtünmeyi azaltması nedeniyle yaralanmalarda artış görülür. Hafif nemli zeminlerin ise en az riskli olduğu bilinmektedir (Olsen vd 2003).

### İçsel faktörler

İçsel faktörler sporcu ile ilgili faktörlerdir. Değiştirilebilir ve değiştirilemez risk faktörleri olarak iki grupta incelenir. Değiştirilemez risk faktörleri cinsiyet ve buna bağlı hormonal durumlar ile bağ ve eklem yapılarının anatomik özellikleri ile ilgili olduğundan iyileştirme yapılamaz olarak kabul edilmiştir.

**Tablo 2.1.** Değiştirilemez yaralanma risk faktörleri

	<b>Değiştirilemez Yaralanma Risk Faktörleri</b>	<b>Potansiyel İyileştirme Yöntemi</b>
<b>Anatomik</b>	Vücut Kütle İndeksi (BMI)	Vücut kütlesinin kontrol ve gözlemi
	Femoral Çentik İndeksi (ÖÇB ebatı)	Diğer risk faktörlerini iyileştirmeye yönelik nöromusküler antrenman
	Diz eğriliği	Dinamik diz fleksiyonunu iyileştirmeye yönelik nöromusküler antrenman
	Genel Eklem Laksitesi	Eklem sertliğini iyileştirmeye yönelik nöromusküler antrenman
	Aile Geçmişi	Diğer risk faktörlerini iyileştirmeye yönelik nöromusküler antrenman
	Önceki yaralanma Öyküleri	Yaralanma sonrası tam iyileştirme ve yaralanma oluşmadan önce nöromusküler antrenman
<b>Hormonal ve Genetik</b>	Cinsiyet, kadın	
	Ergenlik ve ergenlik sonrası gelişim evreleri	Ergenlik öncesi dönemde nöromusküler antrenman
	Ovülasyon öncesi menstürel döngü	Kadınlarda oral kontraseptif alımı
	ÖÇB gerilim kuvveti	Diğer risk faktörlerini azaltmaya yönelik nöromusküler antrenman
	Hormon salınım miktarı	Diğer risk faktörlerini azaltmaya yönelik nöromusküler antrenman

Diğer yandan, literatürde değiştirilebilir risk faktörleri riskin oluşumunu engelleme ve iyileştirme yapılabilir faktörler olarak kabul edilmiştir. Biyomekaniksel ve nöromusküler başlıkları altında incelenmektedir.

**Tablo 2.2.** Değiştirilebilir yaralanma risk faktörleri.

	<b>Değiştirilebilir Yaralanma Risk Faktörleri</b>	<b>Potansiyel İyileştirme Yöntemi</b>
<b>Biyomekaniksel</b>	Diz abduksiyonu	Koronal düzlem yüklenmelerini geliştirici nöromüsküler antrenman
	Anterior tibial kayma	Dinamik diz fleksiyonunu iyileştirmeye yönelik nöromüsküler antrenman
	Lateral gövde hareketi	Gövde kuvvetini iyileştirmeye yönelik nöromüsküler antrenman
	Tibial rotasyon	Transvers düzlemdeki hareketlerin kontrolüne ve sagittal düzlemde yavaşlatıcı hareketlerin etkisine yönelik nöromüsküler antrenman
	Yorgunluk	Kuvvet ve dayanıklılık antrenmanı
<b>Nöromüsküler</b>	Dinamik kas kontrolü	Denge ve stabilizasyon geliştirmeye yönelik nöromüsküler antrenman
	Değiştirilmiş kas aktivasyonları	Pliometrik hareketler içeren nöromüsküler antrenman
	Yetersiz kas sertliği	Kuvvet geliştirmeye yönelik nöromüsküler antrenman

#### **2.4.4.1. Biyomekaniksel risk faktörleri**

Yaralanma mekanizmalarının ve risk faktörlerinin anlaşılması ve etkin sakatlık önleyici programların oluşturulabilmesi için hareketlerin biyomekanik özelliklerinin anlaşılması gereklidir. Kalça fleksiyonu, adduksiyonu, internal rotasyonu, diz valgus, diz ekstansiyon ve eksternal rotasyonu ÖÇB yaralanmaları sebeplerindedir. Biyomekanik çalışmalar kadavralarla, ameliyat sırasında görüntülüne teknikleri ile hareket analizi sistemleri ve analitik modelleme yöntemleri ile yapılmaktadır. ÖÇB yaralanma risk faktörleri 3 düzlemde tanımlanmıştır.

#### **Sagittal düzlem**

Sagittal düzlemde gövde, kalça, diz ve bilek eklemleri fleksiyon-ekstansiyon açıları sportif hareketler sırasında birçok çalışmada incelenmiştir. Düşme (yere konma) sırasında artan gövde fleksiyon açısı, kalça ve diz fleksiyon açılarını da artırır ancak transvers veya frontal düzlem kinematiklerini etkilemez (Blackburn vd 2009) Düşme yüksekliği arttıkça diz ve gövde fleksiyon açısı artar, pik dikey yer tepki kuvveti (DYTK) ve posterior yer tepki kuvveti artar (PYTK). Yataydaki düşme mesafesinde artış ise PYTK ile bilek plantar, kalça fleksiyon ve gövde fleksiyon açılarında artışa sebep olur. Alt ekstremitte kas ko-kontraksiyonları düşme sırasında meydana gelen farklı fleksiyon açılarına bağlı olarak değişir. Diz fleksiyon açısı arttıkça daha düşük DYTK oluşur.

Düşük diz fleksiyon açısı, ÖÇB elevasyon açısı, hamstring insersiyon açısı ve patellar-tendon tibial shaft açısı ile açıklanabilir. Diz ekstansiyona yakinken, ÖÇB elevasyon açısı artar ve baş tibial plato hattına daha diktir, diz fleksiyonu 90°'yi geçtiğinde ÖÇB tibial platoya paralel olur (Yu vd 2007). ÖÇB oryantasyonundaki bu değişiklik bağda yaralanma oluşmadan elastik deformasyonu sağlar. En genelde, ÖÇB yapısal özellikleri boylamsal yüklenmelerde maksimize, kayma durumlarında ise minimize olur (Schelling ve Torres 2016).

### Koronal düzlem

Koronal düzlemde gerçekleşen hareketlerin ÖÇB biyomekaniğini araştıran çalışmalar genellikle beklenen ve beklenmeyen durumlarda test protokollerini uygulamışlardır. Düşme sırasında oluşan kalça açıları da dize binen yükü etkilenen önemli parametrelerden biridir. Kalça abduksiyon momentinin artması dizdeki valgus stresini artırmaktadır ancak tek başına kalça abduksiyonu ÖÇB yaralanma risk faktörü değildir. Kalça abduksiyon açısı ve diz momenti en fazla beklenen veya beklenmeyen bir hareket olmasından etkilenir. Kalça abduksiyon açısı beklenmeyen durumlarda, beklenen durumlara göre 4°-7.8° daha düşüktür (Schelling ve Torres 2016).

### Transvers düzlem

ÖÇB risk faktörleri açısından, kalça biyomekaniksel bulguları incelendiğinde, artan internal rotasyon ve düşük gluteal aktiviteye ait veriler sunan çalışmalar yoğunluktadır. Beklenmeyen yana kayma durumlarında kalça ve diz internal rotasyon açıları artış göstermektedir. Transvers düzlem diz biyomekanikleri performans tipine ve karar verme mekanizmalarına bağlıdır. Yana kayma durumlarında, normal koşma performansına göre varus/valgus ve internal/eksternal momentleri önemli ölçüde büyüktür (Zebis vd 2016).

#### **2.4.4.2. Yaralanma mekanizmalarında nöromüsküler risk faktörleri**

ÖÇB yaralanmaları tibiofemoral eklem stabilitesinin bozulması sonucu gerçekleşir. Statik stabilitenin sağlanmasında biyomekanik çıktılar, dinamik stabilitenin sağlanmasında ise; kas kuvveti ve kas aktivasyonları gibi nöromüsküler çıktılar rol oynar. Proprioepsiyondaki bozulma; postüral salınımın artmasına ve dengenin bozulmasına yol açarak yaralanma riskini artırır (Dargo vd 2017).

### Propriosepsiyon

Propriosepsiyon, pozisyon duyusunun statik ve dinamik yönlerini kapsar. Statik duyu bir vücut parçasının diğerine göre bilinçli oryantasyonunu verir. Dinamik duyu bir hareketin yönü ve hızıyla ilgili nöromüsküler sistem geribildirimini sağlar. Böylece propriosepsiyon hem afferent girdi hem de efferent sinyalleri içeren, statik ve dinamik aktiviteler sırasında vücut stabilite ve oryantasyonunu sürdürülebilir kılan karmaşık bir nöromüsküler süreç olarak düşünülebilir (Dargo vd 2017). Propriosepsiyonun bilinçli (istemli) ve bilinçsiz (refleks başlangıçlı) olmak üzere iki düzeyi vardır. Bilinçli propriosepsiyon; spor, aktivite ve mesleki görevlerde uygun eklem fonksiyonunu etkin kılar. Bilinçsiz propriosepsiyon ise kas fonksiyonunu ayarlar ve kas reseptörleri yoluyla eklemlerin refleks stabilizasyonunu başlatır (Relph vd 2014). Çapraz bağlar mekanik stabilizasyonu sağlamakla birlikte mekanoreseptörleri sayesinde propriosepsiyon duyusunun sağlanmasında önemli rol alır. ÖÇB gerekli afferent girdiyi düzenlemektedir. ÖÇB ameliyatı sonrası yapılan histolojik çalışmalar ÖÇB greft dokusunda mekanoreseptörlerin ameliyat sonrasında, öncesine göre yeniden çoğaldığını göstermiştir. Bu nedenle motor kontrolü arttıran egzersizler ÖÇB onarımı sonrasında önemli yer tutarlar (Salahzadeh vd 2013).

### Kasal özellikler

Sıçrama ve yan kayma gibi hareketler sırasında hamstring ve kuadriseps kaslarını ve aktivasyonlarını inceleyen çalışmalar, hamstring-kuadriseps aktivasyon ve kuvvet oranları arasında dengesizlikler olduğunda yaralanma riskinin arttığını bulmuşlardır (Olsen vd 2004; Zebis vd2016). Hamstring ve kuadriseps kasları aktif şekilde çalıştıklarında, hamstring kası, kuadrisepsin tibiaya karşı uyguladığı anterior kesme kuvvetine karşı posterior bir kesme kuvveti uygulayarak ÖÇB'ı korur, bu sebeple hamstring gücünde veya aktivasyonunda bir azalma olduğunda ÖÇB yaralanma riski artar (Dai vd 2014). Fakat biyomekanik risk faktörleri gibi nöromüsküler risk faktörlerini oluşturan sebepler, ÖÇB yaralanmalarını önleyici nöromüsküler programlar ile iyileştirilebilirler.

## 2.5. Kas Kasılması ve Kasılma Çeşitleri

Kaslar, çekme güçleri, esnekliğiyle birlikte artan elastik bantlara benzetilebilir. Ne var ki, lastik bantlardan farklı olarak kas, kasılabilen liflerden oluşur. Kasın esneklik özelliği, paralel elastik elemanlar ve seri elastik elemanlar olmak üzere iki kavramsal bileşeni içerecek şekilde tanımlanır. Kas zarındaki paralel elastik eleman sayesinde, kas zarı, kas pasif olarak gerildiği zaman dirençli gerilim sağlar. Tendonlarda ise, seri elastik eleman hâkimdir. Aktif kas gerildiği zaman, tendon elastik enerjiyi depolayacak şekilde etki gösterir. Paralel ve seri elemanlardan başka kasın bir de kasılğan elemanı vardır ve kasın kuvvet geliştirme yöntemlerini ifade eder. Bu üç elemanın katkısıyla, gerilmenin hemen ardına gelen kasılma ile oluşturulan kombine bir harekette kas kuvveti artmaktadır. Kas kasılmaları farklı hareket gereksinimlerine, eklem yapılarının farklılıklarına ve hareketin özgünlüğüne göre değişik şekillerde oluşabilir. Bunlar; İzometrik, İzotonik (konsantrik-eksantrik), İzokinetik, Oksotonik ve Tetanik kasılmalarıdır.

### 2.5.1. İzometrik kasılma

Kasın boyunun sabit kaldığı ancak kas geriminin arttığı kasılma tipidir. Bu kasılma çeşidinde de dışarıdan gelen direnç kasın içerisinde üretilen kuvvetten fazla olduğundan eklem açısı ve kas boyunda değişiklik olmadan kastaki gerilim artar (Fox vd 1999).

### 2.5.2 İzotonik kasılma

İzotonik kasılmalar iki şekilde meydana gelir. Bunlar konsantrik ve eksantrik kasılmalarıdır.

**Konsantrik Kasılma:** Kas kasılması sırasında kastaki gerim sabittir ancak kas boyu kısalır. Konsantrik kasılma, dinamik kasılma olarak da adlandırılır. Kasların genel hareket yapısı gereğince konsantrik ve izometrik kasılmalar ard arda ve aynı anda yapılmasıyla oluşur. Bu şekilde hem kas gerimi hem de boyu değişir, literatürde bu kasılma çeşidi oksotonik kasılma olarak adlandırılır.

**Eksantrik Kasılma:** Bu kasılma türünde kasın gerimi artarken aynı zamanda kas boyu da uzar. Oluşan net kuvvet kasın ürettiği kuvvetten daha fazladır.

### 2.5.3. İzokinetik kasılma

İzokinetik kasılmada, eklem hızı sabittir ancak eklem açıları ve açısal hızlarında farklılıklar olabilir. Bu yüzden farklı açı ve/veya açısal hızlarda oluşan izokinetik kasılmalarda kasın ürettiği kuvvet miktarı değişebilir. Sabit açısal hızda gerçekleşen bu kasılma çeşidinin meydana gelebilmesi için izokinetik dinamometrelere gereksinim vardır.

### 2.6. Gerilme Kısılma Döngüsü

Kasal egzersizler izometrik, konsantrik veya eksantrik kasılmaları içerebilmektedir. Bazı dış kuvvetler tarafından; örneğin yerçekimi ile kasın boyu hareket sırasında uzayabilmektedir. Bu hareketler sırasında kas ön gerilmeyle eksantrik olarak hareket eder ve bunu kasılmanın olduğu konsantrik bir hareket izler. Eksantrik ve konsantrik hareketlerin kombinasyonu ile doğal bir hareket formu oluşur. Buna stretch-shortening cycle (gerilme-kısılma döngüsü GKD) adı verilir. GKD'nün önemi son hareketin (konsantrik fazın) daha güçlü bir şekilde meydana gelmesini sağlamasından kaynaklanmaktadır (Bosco vd 1982, Aura ve Komi 1986, Hakkinen vd 1986, Oksanen vd 1990, Enoka 1994, Hunter 1994).

GKD şeklinde oluşan kas fonksiyonu, izometrik, eksantrik ve konsantrik kasılma şekline göre oldukça farklıdır. GKD'de eksantrik ve konsantrik bölümler kassal işin bir parçası olup birbirini takip ederler ve eksantrik faz sırasındaki kasın performansı konsantrik kasılma fazını etkilemektedir. Bu etkiler kasın elastik bileşeninden olduğu kadar sinirsel girdiden de etkilenmesi beklenir (Hunter 1994).

Eksantrik kasılmada, kas kasılması sırasında gerilimi artarken, konsantrik kasılmanın aksine kasın boyunda uzama meydana gelir. Negatif bir mekanik iş yapılı (Fox vd 1999). Yani çapraz köprülerde meydana gelen gerilim karşılaştığı dirençten az ise eksantrik kasılma oluşur (Hunter 1994).

Konsantrik kasılmada, kas kasılması sırasında kasın gerilimi sabit kalırken kasın boyu kısalır. Kasılma ile hareket gerçekleşir ve mekanik bir iş yapılı. Konsantrik kasılma sırasında verim; kas fibrillerinin başlangıç uzunluğuna, kasların kemiklerle yaptığı çekme açısına ve kısılma hızına bağlıdır (Fox vd 1999). Başka bir deyişle, bir kasın çapraz köprülerinde meydana gelen toplam gerilim, karşılaştığı direncin üstesinden gelebiliyorsa konsantrik kasılma oluşur (Hunter 1994).

İskelet kaslarında GKD, normal ve yorgun kasları incelemek için eşsiz olanaklar sağlar. Buckle transducer teknikler ve optik fiber teknikler kullanarak yapılan in vivo



kuvvet ölçüm sistemlerinde pür konsentrik bir hareket karşılaştırıldığında; yorgunluğa ulaşmayan bir GKD egzersizinde verilen kısıalma hızında, kuvvetin artırılmasıyla performansta gözle görülür bir artma meydana geldi. Bu olayın karakteristiği, döngünün konsentrik fazında çok düşük bir EMG aktivitesi gözlenmesinin yanında kısa-gecikme gerilme refleksi bileşenlerinin bu olaya belirgin bir katkısının olmasıdır. Bu gerilme refleksi, koşu ve atlama gibi spor branşlarında GKD hareketlerinde geçiş fazı (gerilme-kısıalma) boyunca kuvvet gelişimi için anlamlı bir katkıdır. Gerilme refleksi bileşenlerinin genliği, yorgunluk düzeyi ve artan gerilme yüküne bağlı olarak değişebilir. İlimli GKD yorgunluğu az bir potansiyelizasyona neden olabilir, tüketici GKD yorgunluğunda aynı refleksi katkı önemli oranda azalabilir. GKD yorgunluğu, önlenemez kas yaralanması çalışmaları için ve kas mekaniği, eklem ve kas sertliğinin birbirleriyle nasıl etkileşimde olduğunu açıklayan yararlı bir metottür. Sonuçtaki kısalmış gerilme refleksi duyarlılığı ve kas sertliği kuvvet potansiyelizasyon mekanizmalarını kötüleştirir. Bu süreçlerin iyileştirilmesi uzun sürelidir ve bimodal bir iyileşme süreci takip eder. Tüketici GKD egzersiz devresinin bir sonucu olarak sarkomerdeki yapısal proteinlerde direk olarak mekaniksel rahatsızlıklar meydana gelebilir (Komi 2000).

GKD ile normal ve yorulmuş kas fonksiyonlarını araştırmada iki önemli nokta vardır.

- 1- Aktivasyon öncesi
- 2- Verilen bir hareketin fonksiyonel fazından önce oluşan kasın değişken aktivasyonu. (Örneğin koşu boyunca bacak ekstansör kaslarının yerle olan kontağı).

Tüm vücut hareketlerinde farklı eklemleri kontrol eden kaslar kısılmadan önce uzamaktadır. Örneğin sıçrama hareketi vücudun aşağıya doğru eğilmesiyle başlar ve arkasından yukarı yönlü hareket takip eder. Aktif sıçrama hareketi incelendiğinde, bu hareketin GKD'nü de içeren dört evreden meydana geldiğini söyleyebiliriz. İlk evrede vücut segmentleri aşağı yönlü çöküş hareketini gerçekleştirirken Vastus Lateralis, Vastus Medialis gibi diz ekstansörü kasları alt ekstremitte fleksiyonunu kontrol etmek için bu ilk evre boyunca ekstantrik kasılırlar, hemen ardından 2. evrede yukarı yönlü hareket başlar, fleksiyondan ekstansiyona geçilen bu evrede ise kaslar konsantrik olarak kasılırlar. Birbirini takip eden bu iki evre GKD'dür. Bu evrede kuvvet artışı meydana gelmesiyle sıçrama yüksekliğinin doğru orantılı olarak artması beklenir. Aktif sıçramada 3. evre sıçrama sonrası ayakların yerle temas ettiği maksimum kuvvete ulaşıldığı evredir. Son olarak, 4. evre olan amortizasyon evresi ise sıçrama sonrası yeniden dengenin sağlandığı ve stabil duruma dönülen evredir.

Sıçramada ayaklar yerden erken kesiliyorsa alt ekstremitte kaslarının kassal aktivasyonlarının düşük olduğu söylenebilir. Maksimum kuvvetin olduğu ayakların yerle temasından hemen önce kalça ve diz ekstansörleri ve ayak bileği fleksörlerinde kassal aktivasyonda artış beklenmektedir. Artan kassal aktivasyon, kasların harekete dahil olmasını ve eksantrik kasılmanın oluşmasını sağlayarak yerle temasta meydana gelen yüksek yer tepki kuvvetine karşı hazırlanmasını sağlar. Bu önleyici şiddetli kas aktivasyonu, kas-tendon kompleksinde uzama ve gerilme değişimlerine duyarlı gerilme-refleks sistemleriyle etkin olarak denetlenebilir. Son zamanlarda elde edilen gerilme ve refleks potansiyelizasyon verilerinde gerilme için çapraz köprü güç dayanıklılığı, çapraz köprü bağlanmasının erken dönemi sırasında önemli etkileşimin gösterildiği kısa range elastik sertlik kavramıyla tam bir anlaşma vardır. Bu yüzden hızlı refleks-induced (eyleme geçirme) çapraz bağ düzenlemesi, gerilme sırasındaki kuvvet geriliminde önemli bir rol oynar.

Bunların sonucunda gerilme reflekslerinin, koşma ve sıçrama gibi aktivitelerde yere değme (touch-down) fazında, kuvvet gelişimine katılmada ve GKD'nde önemli bir rol oynadığı söylenebilir (Komi 2000).

## 2.7. Yüzeysel Elektromiyografi

Elektromiyografi (EMG), kassal yapıya ait hücre içi fizyolojik değişimler sonucu ortaya çıkan sinyalleri voltaj olarak kaydeden deneysel bir yöntemdir. Yüzeysel elektromiyografi (sEMG) de ise bu sinyaller noninvaziv olarak deri yüzeyinden kaydedilir. Yüzeysel EMG, spor bilimlerinde, spora özgü hareketlerin analizi, yürüş analizi, postür analizi alanlarında kas fonksiyonları ile ilgili bilgi edinmemizi sağlar.

Kas hareketleri, sinir sisteminin motor cevaplarıdır. Bu sebeple kasın aktif olup olmadığı, aktivite düzeyi, hareketin hangi evresinde ne kadar aktif veya pasif olduğu, kasın yorgunluk durumunu EMG analizleri ile belirlenebilmektedir. Bu parametrelerin değerlendirilmesi sportif performansın geliştirilmesi açısından önemlidir (Balestra vd 2001).

Yüzeysel EMG sinyali ve kuvvet üretimi arasında doğrusal bir korelasyon olmamasına rağmen kasın kuvvetinde meydana gelen artışın EMG sinyallerinde de artışa neden olacağı düşünülür (Blazevich vd 2008).

EMG sinyali kaydedilirken sinyalin doğruluğunu etkileyen en önemli unsurlardan biri, sinyal/gürültü oranıdır. Yani EMG sinyalindeki enerjinin gürültü enerjisine oranıdır

Gürültü, genellikle sEMG sinyallerindeki istenmeyen elektriksel sinyal olarak tanımlanır. Gürültüye neden olabilecek kaynaklar aşağıdaki gibidir;

- Deri ve elektrotlar arasında kalan elektrostatik alan,
- Elektrot çeşidi ve yerleşimi,
- Güç kaynakları, lambalar, televizyon vb. elektronik cihazlar,

Yüzeysel EMG sinyalinin doğru bir şekilde ölçülebilmesi için ölçüm öncesi olası gürültü kaynaklarını gözden geçirmek ve aşağıda belirtilen aşamalara dikkat etmek gerekmektedir.

- Deri yüzeyinin ölçüm için hazırlanması,
- Uygun elektrot seçimi ve ölçüm alınacak kasa göre doğru yerleşim yapılması,
- Amplifikatörün giriş empedansının uygun seçilmesi,
- Maksimal istemli kasılma (MİK) ölçümünün uygun eklem açısında yapılması (Reaz vd 2006).

Titiz bir hazırlık aşamasın sonrasında toplanan, üzerinde herhangi bir işlem yapılmamış EMG sinyaline ham veri denir. Ham veriler içerisinde gürültü barındırabilirler, bu sebeple toplanan verilerin gürültüden ayıklanarak analiz edilmesi gerekmektedir. EMG verisinin analizinde aşağıdaki basamakların uygulanması tavsiye edilmektedir;

- Kesit alma: Toplanan EMG sinyalinin belli bir kısmının analiz edilmesidir.
- Rektifikasyon: EMG sinyali pozitif ve negatif sinyalleri içerir. Bu işlemle sinyalin mutlak değeri alınarak veya negatif kısımları atılarak yalnızca pozitif kısımları analize dâhil edilir.
- İntegrasyon: Elde edilen EMG verilerinin ortalamasının alınması işlemine denir. İki rektifikasyon çeşidi vardır ancak en yaygın kullanılanı, tüm veriyi değerlendirmesi sebebiyle lineer zarf yöntemidir, diğer yöntem belirli bir kısım veriyi değerlendirmek için kullanılır.
- Normalizasyon: Ölçüm alınan grup içerisinde kas aktivasyonlarının karşılaştırılabilmesi için kullanılan yöntemlerdendir. Maksimal istemli kasılma en sık kullanılan normalizasyon yöntemidir. Bu yöntemle katılımcının yapılan hareketi maksimal istemli kasılmasının yüzde kaçını yaptığını belirlenir (Merlettive Parker 2004).

## 2.8. Nöromüskuler Antrenman

Hem afferent sinyaller hem de dinamik eklem kontrolünden sorumlu merkezi mekanizmaların uyarılmasıyla bilinçsiz motor yanıtlarını artıran denge, kuvvet, pliometrik, çabukluk ve spora özgü egzersizlerden oluşan bir ısınma olarak tanımlanabilir. Nöromüskuler antrenmanlar;

- Sinir sisteminin hızlı ve optimal kas uyarı kalıplarının gelişmesini sağlamak,
- Dinamik eklem stabilitesini arttırmak,
- Eklemlere binen yük miktarını azaltmak,
- Hareket kalıplarını yeniden öğretmek için tasarlanmıştır (Fullam vd 2007).

Nöromüskuler antrenmanların sinir sistemi ve iskelet-kas sistemi arasındaki bağlantıyı geliştirdiği ve içeriği sebebiyle birden fazla özelliğin gelişimini sağladığı ve bu sayede yaralanmaların azaldığı çalışmalarla kanıtlanmıştır (Pasanen vd 2009, Grooms vd 2013).

Nöromüskuler antrenmanlar, ayrı bir antrenman olarak veya antrenmanın ısınma bölümü olarak planlanabilirler. Yaralanma risk faktörlerini oluşturan sebeplerin iyileştirilmesine yönelik farklı BNA'lar geliştirilmiştir (Grooms vd 2013).

## 2.9. Nöromüskuler Antrenman Çeşitleri

Spor yaralanmalarının önlenmesinde antrenman veya performans öncesi ısınma bölümünün etkinliği en önemli faktörlerden biridir. Yaralanma önleyici çalışmalarla ısınma bölümü yıllar içerisinde geleneksel olarak yapılan ısınmalardan farklılaşmış, yaralanma iç ve dış faktörleri göz önünde bulundurularak birçok farklı motorik özelliğin gelişimini amaçlayan çok yönlü programlar haline gelmiştir. FIFA tarafından geliştirilen FIFA 11+ programı en yaygın kullanılan BNA'lardan biridir (Bizzini ve Impellizzeri 2013). Bir diğer yaralanma önleyici program olan HarmoKnee FIFA 11+ futbolcular için tasarlanmış alt ekstremiteye yönelik birçok egzersizden oluşur (Daneshjoo vd 2013). Yaralanmaları Önleme ve Performansı İyileştirme Programı (PEP) futbolcuların yanı sıra basketbolcularında programlarında dâhil ettiği yaralanma önleyici programlardandır (Mandelbaum vd 2005).

## 2.10. Nöromüsküler Antrenman Biyomekanik Çıktıları

Myer ve arkadaşları (2005) 41 kadın sporcu ile yaptığı çalışmada, sporcular 6 hafta süren BNA programına devam etmişlerdir.

Sporcuların performans ve biyomekanik parametreleri değerlendirilmiştir. Antrenman sonrasında INT grubundaki sporcuların 1 tekrar maksimum skuat değerinde %92, bench press te %20 artış, sağ ayak atlama mesafesinde yaklaşık 10.39 cm, sol ayak atlama mesafesinde 8,53 cm, dikey sıçramalarında yaklaşık 4 cm artış, 10 m sprint süresinde 0,07 s düşüş gözlenmiştir. Diğer yandan, sağ bacak diz fleksiyon-ekstansiyon hareket açıklığı 71,6°'den 76,9°'ye, sol bacakta 71.3°'den 77.3°'ye çıkmış, diz valgusunda %28, varusunda %38'lik bir azalma gözlenmiştir. Kontrol grubu katılımcılarının hiçbir parametresinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir.

Huang vd 2014 yılında, 30 sporcu ile yaptığı çalışmada, sporcular pliometrik egzersiz, pliometrik ve denge egzersizi, kontrol grubu olmak üzere 3 gruba rastgele olarak ayrılmışlar ve 6 hafta süren antrenmanlar sonrasında tek ayak gözler açık-kapalı denge ile medial-lateral tek ayak düşme sırasında kinematik parametreleri açısından elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Kontrol, pliometrik, pliometrik ve denge egzersizi gruplarında postürel salınımda azalma gözlenmiş ancak pliometrik ile pliometrik ve denge gruplarında gözlenen kalça ve diz fleksiyon açılarındaki artış ile kalça ve bilek internal eksternal rotasyonda gözlenen azalma kontrol grubunda gözlenmemiştir.

Greska vd (2012) yaptığı çalışmada, 12 kadın futbolcu kuvvet testleri sonuçlarına göre 3 gruba ayrılmış ve her bir grup kendileri için hazırlanan INT programına 10 hafta boyunca devam etmişlerdir. Katılımcılar izokinetik kuvvet (oturarak/ayakta) ve sıçrama testi ile değerlendirilmişlerdir. Sıçramalar, futbola özgü yana kayma ve durarak sıçrama olacak şekilde, rastgele olarak, 6m uzaklığa yerleştirilen kuvvet platformları üzerine en az 3.3 m/s hıza ulaştıklarında gerçekleştirilmiştir. Kuvvet parametreleri bilateral olarak ölçülmüş ve 3 grupta yer alan sporcularda da sol bacak kuvvet değerlerinde anlamlı artış gözlenmiştir. Durarak sıçrama performansları ilk temas, pik diz fleksiyon açısı ve son temasta değerlendirilmiştir. İlk temas anında kalça abduksiyon ve diz fleksiyon açıları istatistiksel olarak anlamlı şekilde artmış, pik diz fleksiyon fazında yalnızca kalça abduksiyon açısı 3.78°'lik artış ile istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik göstermiştir.

Diz fleksiyon açısındaki 3°'lik artış azalma istatistiksel olarak anlamlı olmasa da antrenman sonrası iyileşme göstermiştir. Son temas anında maksimum diz ekstansiyon momentinde %18'lik bir artış ( $p<0.05$ ) ve diz abdüksiyon momentinde ise azalma gözlenmiştir ( $p>0.05$ ).

30 kadın basketbol ve futbol oyuncusunun 6 haftalık INT antrenmanına katılımı ile gerçekleşen başka bir çalışmada, sporcuların dikey sıçrama, hop testi, drop jump ve stop jump performansları 3 boyutlu hareket analizi sistemi ve kuvvet platformundan elde edilen verilerle BNA öncesi ve sonrası değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler stop jump duruş fazında dinamik diz valgus momentinin azaldığını ( $p=0,04$ ), drop jump duruş fazında başlangıç diz fleksiyon ( $p=0,03$ ) ve maksimum diz fleksiyon açılarının ( $p=0,006$ ) arttığını göstermiştir. Ayrıca sporcuların dikey sıçrama, sağ-sol ayak dikey sıçrama performanslarında da iyileşme gözlenmiştir ( $p<0,01$ )(Chappell vd 2008).

Leporace vd 2013 yılında yapmış olduğu bir diğer çalışmada, 6 haftalık yaralanma önleyici antrenmanın sıçrama performansları ve alt ekstremitte kinematığı üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışmaya 15 erkek voleybolcu katılmış, pliometrik, denge ve gövde stabilizasyonu egzersizlerinden oluşan programa 6 hafta boyunca haftada 3 kez devam etmişlerdir. Bilateral (tek ayak ve çift ayak) dikey sıçrama testi ile diz kinematik parametreleri ölçülerek değerlendirme yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre BNA'nın sıçrama performansları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı rapor edilmiştir (tek ayak sıçrama 2.7cm ön-son test farkı, çift ayak 3.5cm ön-son test farkı).

Biyomekaniksel risk faktörlerini iyileştirmek için bu faktörlerin anlaşılması çalışmaların planlanmasında en temel unsurdur. Bu sebeple sportif performansı taklit eden çalışmalar daha somut çıktılar sunmaktadır. Elde edilen bulgular incelendiğinde, ÖÇB yaralanmaları oluşum mekanizması açısından bağ kuvvetini aşan fiziksel yüklerin sebep olduğu, nöromüsküler ve biyomekanik bozulmalara sebep olan bir yaralanma şeklidir. Bu sebeple en temelde istenen bağı binen yükleri azaltmaktır(Agel vd 2005). Nöromüsküler antrenmanlar ile ekleme binen yükler azaltılarak, doğru hareket formlarının öğretilmesi, kasların dize binen yüklere verdiği cevapların iyileştirilmesi sağlanarak temassız yaralanma potansiyeli en aza indirgenebilir (Myer vd 2013).

## 2.11. Araştırmanın Hipotezleri

- Sporcuların bütünleştirilmiş nöromüsküler ısınma protokolleri (PEP, FIFA 11+ ve HarmoKnee) ve dinamik ısınma protokolü sonrasında gerçekleştirilen aktif sıçrama performansında sıçrama yükseklikleri arasında fark vardır.

- Bütünleştirilmiş nöromüsküler ısınma protokolleri (PEP, FIFA 11+ ve HarmoKnee) ve dinamik ısınma protokolü sonrasında gerçekleştirilen aktif sıçrama performansında tüm hareket boyunca kas aktivasyonları arasında fark vardır.
- Bütünleştirilmiş nöromüsküler ısınma protokolleri (PEP, FIFA 11+ ve HarmoKnee) ve dinamik ısınma protokolü sonrasında gerçekleştirilen aktif sıçrama performansında tüm hareket boyunca diz açısı değerleri arasında fark vardır.
- Bütünleştirilmiş nöromüsküler ısınma protokolleri (PEP, FIFA 11+ ve HarmoKnee) ve dinamik ısınma protokolü sonrasında gerçekleştirilen aktif sıçrama performansında kas aktivasyonları açısından evreler arasında (fleksiyon, ekstansiyon ve maksimum kuvvet evreleri) fark vardır.
- Bütünleştirilmiş nöromüsküler ısınma protokolleri (PEP, FIFA 11+ ve HarmoKnee) ve dinamik ısınma protokolü sonrasında gerçekleştirilen aktif sıçrama performansında diz açısı değerleri açısından evreler arasında (fleksiyon, ekstansiyon ve maksimum kuvvet evreleri) fark vardır.
- Bütünleştirilmiş nöromüsküler ısınma protokolleri (PEP, FIFA 11+ ve HarmoKnee) ve dinamik ısınma protokolü sonrasında gerçekleştirilen aktif sıçrama performansında üyelerin açısal hız parametreleri açısından evreler arasında (fleksiyon, ekstansiyon ve maksimum kuvvet evreleri) fark vardır.
- Bütünleştirilmiş nöromüsküler ısınma protokolleri (PEP, FIFA 11+ ve HarmoKnee) ile dinamik ısınma protokolü sonrasında gerçekleştirilen aktif sıçrama performansında yer tepki kuvvet değerleri açısından evreler arasında (fleksiyon, ekstansiyon ve maksimum kuvvet evreleri) fark vardır.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEMİ

#### 3.1. Araştırma Grubu

Çalışmaya elit U16 ligi kategorisinde Yukatel Denizlispor takımında lisanslı olarak spor yapan 19 erkek futbolcu gönüllü olarak katılmıştır (Tablo 3.1.). Sporcuların son 1 yıl içinde alt ekstremiteye ait sakatlık ya da hastalık geçmişlerinin bulunmaması ön şartı aranmıştır. Çalışma Helsinki Deklarasyonu'na uygun şekilde hazırlanmış ve Pamukkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan etik kurul izni alınmıştır (24.11.2020 tarih ve 22 sayılı kurul kararı, 2019SABE026). Çalışmaya katılmayı kabul etmiş tüm sporcuların ailelerine çalışmanın içeriği ile ilgili bilgi aktaran onam formu okutulup imzalatılmıştır.

**Tablo 3.1.** Çalışmaya katılan futbolcuların demografik özellikleri.

(n = 19)	Ortalama	Standart sapma
Yaş (yıl)	15.05	0.05
Boy (cm)	173.39	4.64
Vücut Ağırlığı (kg)	62.89	5.34

#### 3.2. Veri Toplama Araçları

##### 3.2.1. Boy ve vücut ağırlığı ölçümleri

Çalışmaya katılan sporcuların boy uzunlukları hassasiyeti  $\pm 0,001$  m ve vücut ağırlıkları hassasiyeti  $\pm 0,05$  kg olan stadiometre (SECA 284, GmbH-Almanya) ile ölçülmüştür. Tüm ölçümler aynı araştırmacı tarafından yapılmıştır. (Resim 3.1).





**Resim 3.1.** Portatif stadiometre (SECA 284, Gmbh- Almanya).

### 3.2.2. İzometrik test ve değerlendirme sistemi

Çalışmaya katılan futbolcuların alt ekstremite (diz) maksimal istemli kasılmalarının ölçümleri, izometrik test cihazı (Cybex, Humac Norm 770 A.B.D.) ile gerçekleştirilmiştir. Testle ilgili ön bilgi verildikten sonra, bireyler ölçüm yapılacak olan cihazına tek tek alınarak antropometrik veriler girilmiş ve cihazın ayarlamaları her sporcuya özel olarak yapılmıştır (Resim 3.2.).



**Resim 3.2.** İzometrik Test ve Değerlendirme Sistemi (Cybex, Humac Norm 770, A.B.D.).

### 3.2.3. Hareket analizi sistemi

Sporcuların sıçrama performanslarının 3 boyutlu analizleri için Qualisys Hareket Analizi Sistemi (QTM 10.6, İsveç) hareket analiz sistemi kullanıldı.

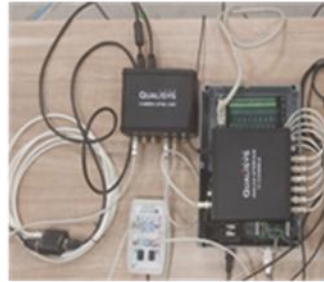
Analiz sistemi aşağıdaki araçlardan oluşmaktadır.

1. 5 adet yüksek hızlı kamera (240 kare/s, Qualisys MIQUS M3, İsveç) (Resim 3.3.a).

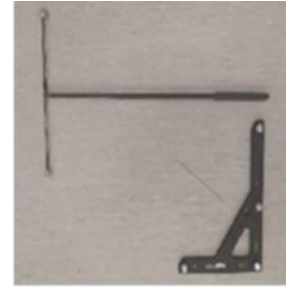
2. Senkronizasyon Ünitesi (Resim 3.3.b).
  - a) Delsys trigger modülü (Delsys Inc., A.B.D.).
  - b) Qualisys Miqus kamera senkronizasyon ünitesi (Qualisys Inc., İsveç)
  - c) 16 kanallı Qualisys analog veri toplama ünitesi (Qualisys Inc., İsveç)
3. Kalibrasyon kiti ve T çubuğu (300 mm) (Resim 3.3.c).
4. Eklemlere yerleştirilen yansıtıcı işaretçiler
5. İş istasyonu bilgisayar



a) Miqus M3



b) Senkronizasyon ünitesi



c) Kalibrasyon kiti ve çubuğu

**Resim 3.3.** a) Miqus M3 Kamera, b) Senkronizasyon ünitesi, c) Kalibrasyon kiti ve çubuğu.

### 3.2.4. Elektromiyografi (EMG) ölçüm cihazı

Kaslardan gelen sinyallerin ölçümü için 4 kanallı markalı EMG cihazı (Delsys Trigno, A.B.D.) kullanılmıştır (Resim 3.4.). EMG amplifikatörünün kazancı, frekans bandı, maksimum intraelektrot empedans ve ortak gürültüden kurtulma oranı (CMMR) sırasıyla 1000 Hz, 20–500 Hz, 6 kOhm ve 80 dB'dir. EMG sinyallerinin örnekleme hızı ve analog-dijital çeviricinin bit hızı sırasıyla 1000 Hz ve 16 bit olarak yapılmıştır.



**Resim 3.4.** EMG ölçüm cihazı (Delsys Trigno, A.B.D.).

### 3.2.5. Kuvvet platformu

Kuvvet platformu ölçüm sistemi, analog veriyi dijital veriye dönüştüren 16-bit analog sayısal dönüştürücü (AD, Advantech, A.B.D.), analog güçlendiriciden (AM6504, A.B.D.) ve bilgisayardan (Resim 3.5,3.6) oluşmaktadır.

Aktif sıçrama performansında, sporcu platform üzerinde hareketsizken sporcunun vücut ağırlığından ve sıçrama hareketinden kaynaklı yere uyguladığı kuvvete eşit fakat zıt yönlü bir tepki kuvveti oluşacaktır. Yerine uyguladığı bu kuvvet yer tepki kuvveti (YTK) olarak isimlendirilir. Yer tepki kuvvetinin ölçümü 0.40 m x 0.60 m x 0.10 m ebatlarındaki kuvvet platformuyla (FP 4060-10, BERTEC, A.B.D.) gerçekleştirilmiştir.



**Resim 3.5.** Kuvvet platformu (FP 4060-10, BERTEC, A.B.D.).

**Resim 3.6.** Kuvvet platformu Bağlantıları

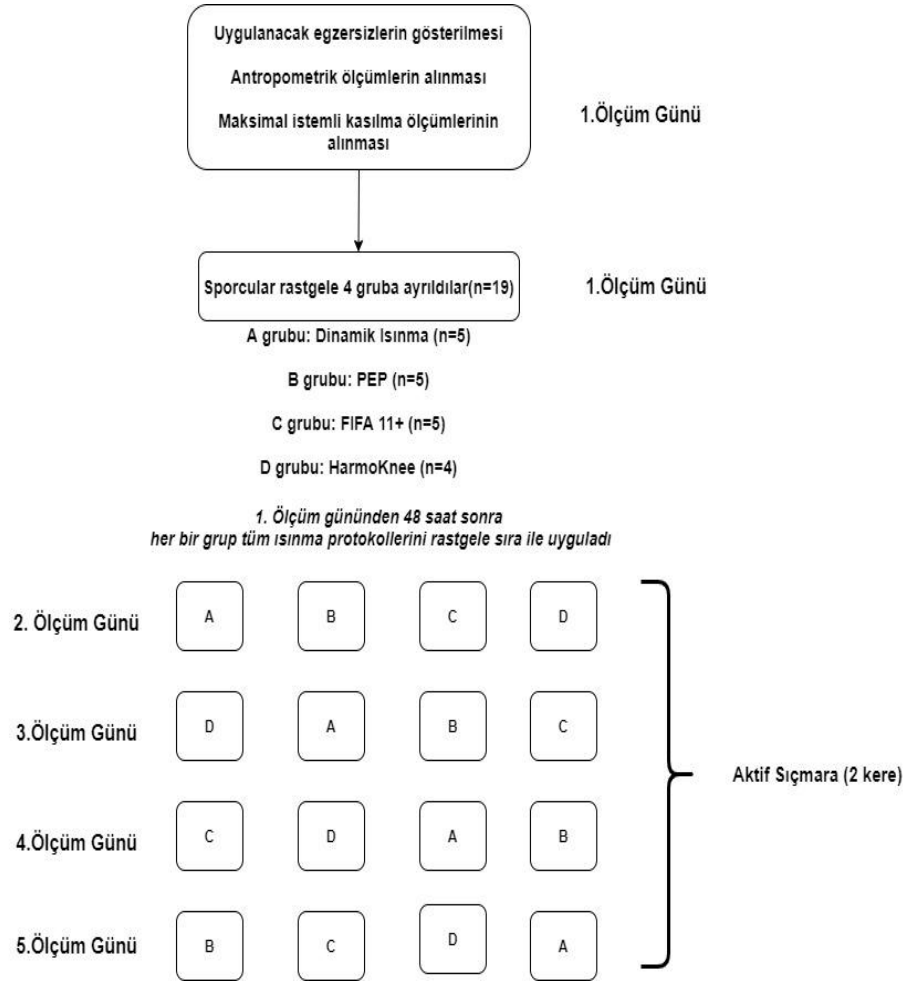
### 3.3. Verilerin Toplanması

Çalışma iki kısımda gerçekleştirilmiş ve 5 gün sürmüştür. Ölçümler PAÜ Spor Bilimleri Fakültesi spor salonu ve performans laboratuvarı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sporcular ölçümlere başlamadan önce ısınma protokollerine göre oluşturulmuş 4 gruba rastgele olarak ayrılmışlardır. Her bir sporcu tüm ısınma protokolü gruplarında yer almıştır (Tablo 3.2). Her bir ısınma protokolü çalışma boyunca aynı çalıştırıcılar tarafından uygulanmıştır. Birinci kısımda, çalışmanın ilk günü, sporculara uygulanacak ısınma protokolleri detaylı olarak anlatılmış, hareketler gösterilmiş ve varsa çalışmayla ilgili soruları yanıtlanmasını takiben antropometrik ölçümlerinin alınması ve MİK'nın tespiti ile bu bölüm sona ermiştir. İkinci kısım ise her

bir ısınmanın hemen sonrasında gerçekleştirilen sıçrama performans ölçümlerinin yapıldığı aşamadır ve 4 gün sürmüştür. Bu kısımda laboratuvara gelen sporcu öncelikle ısınmanın ardından alınacak ölçümler için hazırlanmış ardında ısınmasını yapmak üzere basketbol sahasına geçmiştir. Bu hazırlık aşamasında kinematik verilerin toplanması için gerekli olan yansıtıcı işaretçiler ve kas aktivasyon verisinin toplanması için gerekli olan EMG sensörlerinin yerleştirileceği yerler belirlenerek çift taraflı bant yapıştırılarak işaretlenmiştir. Isınmasını tamamlayan sporcu performans laboratuvarına gelerek sensör ve işaretçileri yerleştirilmiş ve kuvvet platformu üzerinde sıçrama performansı için hazır hale getirilmiştir. Sporculardan iki aktif sıçrama performansı yapmaları istenmiştir. Sıçramalara ait EMG, kinematik ve kinetik verileri toplanmış, dominant ekstremiteye ait veriler analizlerde kullanılmıştır (Şekil 3.1). Birinci kısım ve ikinci kısım arasında 48 saat ara verilmiştir.

**Tablo 3.2.** Rastgele gruplara ayrılan katılımcılar için uygulanacak nöromüsküler ısınma protokolleri.

	1. Grup (n=5)	2. Grup (n=5)	3. Grup (n=5)	4. Grup (n=4)
1. Ölçüm	Dinamik Isınma	PEP	HarmoKnee	FIFA 11+
2. Ölçüm	PEP	HarmoKnee	FIFA 11+	Dinamik Isınma
3. Ölçüm	HarmoKnee	FIFA 11+	Dinamik Isınma	PEP
4. Ölçüm	FIFA 11+	Dinamik Isınma	PEP	HarmoKnee



Şekil 3.1. Ölçüm protokolü.



### 3.3.1. Boy ve vücut ağırlığı ölçümleri

Deneklerin boy uzunlukları anatomik duruşta, ayakları çıplak, ayak topukları, kalça, sırt ve başın arka kısmı stadiometrenin arka kısmına temas edecek şekilde alınmış ve değerler metre olarak kaydedilmiştir. Deneklerin vücut ağırlıkları anatomik duruş pozisyonunda ayakları çıplak ve üzerlerinde sadece şort varken ölçüm alınmış ve değerler kilogram (kg) olarak kaydedilmiştir.

### 3.3.2. Maksimal istemli kasılma ölçümü

Vastus Lateralis (VL) ve Semitendinosus (ST) kaslarının izometrik maksimal istemli kasılmaları (MİK) EMG ile belirlenmiştir. Sporcuların her bir ısınma sonrasındaki sıçrama performanslarında ölçülen kas aktivitelerini standart hale getirmek ve biyolojik olarak anlamlı veri sağlayabilmek amacıyla belirlenen kasların sıçrama sırasındaki kas aktivasyonları maksimal istemli kasılma sırasındaki kas aktivasyonları baz alınarak

normalize edilmiştir. Sporcular, 5 dakika süreyle düşük tempolu koşu ile ısındıktan sonra ölçüm için izokinetik test cihazına (Cybex, Humac Norm 770, A.B.D.) alınmıştır. Test, oturma pozisyonunda, sporcular gövde ve uyluk bantlarıyla koltuğa sabitlenmiş şekilde gerçekleştirilmiştir. Ayrıca test sırasında koltuğun iki tarafında yer alan kolları tutularak kolların serbestliği engellenmiş ve koltuktan destek almaları sağlanmıştır. Maksimal izometrik diz ekstansiyon ve fleksiyon kuvvetleri hamstring için  $60^{\circ}$  diz ekstansiyonunda ve kuadriseps için  $30^{\circ}$  diz fleksiyonunda (tam ekstansiyon  $0^{\circ}$  olarak kabul edildiğinde) 5 s süresince ölçülmüştür (Resim 3.7). Test esnasında daha yüksek performans sergileyebilmeleri açısından sporcular sözel olarak cesaretlendirici ifadelerle desteklenmiştir. İzometrik kasılmalar sırasında VL ve ST kaslarına yapıştırılan EMG elektrotları ile kasılma boyunca kas aktivasyonu verisi toplanmıştır. Sıçramalardan önce, VL ve ST kas gruplarından sEMG temeline dayanan maksimum istemli kasılmaları belirlenmiştir. EMG amplitüdüleri MİK' e göre normalize edilmiş yani, MİK'in yüzdesi (%100) olarak ifade edilmiştir (Clarys vd 2000). Normalize edilen bu sEMG değerleri kullanılarak sporcuların gerçekleştirdikleri sıçramalardan yüksek olanlarının ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır.

Kas Grubu	Pozisyon	Açıklama
Quadriseps		Sporcu diz ekleminde $60^{\circ}$ 'lik ekstansiyonda oturur durumdadır.
Hamstring		Sporcu yüz üstü yatar durumda ve kalça sabittir. Diz ekleminde $30^{\circ}$ 'lik fleksiyon durumundadır.

Resim 3.7. Maksimal istemli kasılma testi.

### 3.3.3. Uygulanan ısınma protokolleri

Çalışmada 4 farklı ısınma ısınma protokolü uygulanmıştır. Bu ısınma protokolleri; dinamik ısınma, PEP, FIFA 11+ ve Harkmoknee nöromuskuler ısınmalarıdır.

Harmoknee ısınma protokolü

5 ana bölümden oluşan Harmoknee ısınma protokolü, ısınma, kas aktivasyonu, denge, çabukluk ve gövdenin stabilite özelliklerine yönelik hareketler içerir. Düzenli olarak antrenman öncesinde ısınma olarak veya antrenmana ek olarak uygulanabilir (Tablo 3.3.). Toplam ısınma süresi ortalama 20 ila 25 dakika arasındadır (Kiani vd 2010).

**Tablo 3.3.** Harmoknee ısınma protokolü.

<b>Egzersiz</b>	<b>Süre/Tekrar</b>
Isınma (1. Bölüm)	10 dk
Hafif tempolu koşu	4 dk
Ayak parmak uçları üzerinde geriye hafif koşu	1 dk
Diz çekerek koşu	30 s
Defansif baskı tekniği	30 s
Teke tek	2 dk
Kas Aktivasyonu (2. Bölüm)	2 dk
Kalf	Her bacak için 4 s
Kuadriseps	Her bacak için 4 s
Hamstring	Her bacak için 4 s
Kalça fleksör kaslar	Her bacak için 4 s
Kasık kasları	Her bacak için 4 s
Kalça ve alt grup arka kasları	Her bacak için 4 s
Denge (3. Bölüm)	2 dk
İleriye ve arkaya çift ayak sıçrama	30 s
Yana doğru tek ayak sıçrama	30 s
İleriye ve geriye doğru tek ayak sıçrama	30 s
İki ayak toplu/topsuz sıçrama	30 s
Kuvvet (4. Bölüm)	4 dk (Her bir egzersiz için 1 dk)
Yürüyerek lunge	Her bacak için 15 tekrar
Hamstring curl	12 tekrar
Tek diz ayak parmağı çekiş	12 tekrar
Kor Bölge Stabilizasyonu (5. Bölüm)	4 dk (Her bir egzersiz için 1 dk)
Sit ups (eller öne doğru uzanmış mekik hareketi)	2 set x 12 tekrar
Dirsek ve parmaklar üzerinde plank	2 set x 20 s
Köprü	2 set x 12 tekrar

### PEP ısınma protokolü

PEP ısınma protokolü alt ekstremite yaralanmalarını önlemek amacıyla 2000 yılında geliştirilmiştir. Kas aktivasyonu, denge ve gövdenin stabilite özelliklerine yönelik hareketler içeren PEP, beş ana bölümden oluşur yaklaşık 20 dk. sürmektedir (Tablo 4.5.). Programın odaklandığı temel konu sporcuları yaralanmalardan korunma stratejileri konusunda eğitmektir. PEP ısınma programındaki egzersizlerin birçoğu standart bir futbol antrenmanının parçasıdır. Fakat PEP uygulamasında, antrenmanlardan farklı olarak hareket kalıplarının doğru yapılması hedeflenmektedir (Maldelbaum vd 2005).

**Tablo 3.4.** PEP ısınma protokolü.

<b>Egzersiz</b>	<b>Süre/Tekrar</b>
<b>Isınma (1. Bölüm)</b>	
İki koni arası koşu	45.5 m
Geri geri koşu	45.5 m
Mekik koşusu	45.5 m
<b>Esneklik (2. Bölüm)</b>	
Kalf germe	2 set x 30 s
Kuadriseps germe	2 set x 30 s
Hamstring germe	2 set x 30 s
İç bacak germe	2 set x 30 s
Kalça germe	2 set x 30 s
<b>Kuvvetlendirme (3. Bölüm)</b>	
Yürüyerek lunge	2 set x 18 m
Rus hamstring	3 set x 10 tekrar
Ayak parmak ucunda yükselme	Her bir ayak için 30s
<b>Pliometrik (4. Bölüm)</b>	
Koni üzerinden yana doğru sıçrama	20 tekrar
Koni üzerinden öne arkaya doğru sıçrama	20 tekrar
Koni üzerindeki ayak üzerinde öne arkaya doğru sıçrama	20 tekrar
Dikey sıçrama	20 tekrar
Kollar ve bacaklar yana açılarak sıçrama	20 tekrar
<b>Çabukluk (5. Bölüm)</b>	
Öne geriye koşular	35 m
Diagonal koşular	35 m
Sıçramalı koşular	40 m

### FIFA 11+ ısınma protokolü

FIFA 11+ ısınma programı 2007 yılında bir grup araştırmacı tarafından futbola özel olarak geliştirilmiştir. Dinamik bir yaralanma önleyici ısınma programı olan FIFA



11+, futbolda yaralanma sıklığını azaltmak amacıyla geliştirilen programın diğer yaralanma önleyici ısınma programlarından farkı bir ekleme veya bağına özel değil (ÖÇB vb.) bütünsel olarak tüm vücut eklemlerine yönelik hareketler içermesidir. Program alt ekstremite proksimal segmentlerinin ve gövde bölgesinin kontrolün önem vermektedir. Programın geliştiricileri gövde, kor ve kalça bölgesine yönelik hareketlerle alt ekstremite yaralanmalarının azaltılabileceğini ön görmüşlerdir.

FIFA 11+, üç bölümden ve 15 egzersizde oluşan üç farklı zorluk düzeyine sahip ısınma protokolüdür. Birinci bölüm koşulardan, ikinci bölüm güç, denge ve kor bölgesi stabilizasyonunu geliştirmeye yönelik hareketlerden, üçüncü bölüm ise çeşitli sprintlerden oluşmaktadır (Tablo 3.5). Toplam ısınma süresi 25 dk'dır (<https://www.fifamedicalnetwork.com/lessons/prevention-fifa-11>). Çalışmamızda ikinci zorluk seviyesi uygulanmıştır.

**Tablo 3.5.** FIFA 11+ ısınma protokolü.

Egzersiz	Süre
Koşu egzersizleri (1. Bölüm)	8 dk
Düz koşu	2 set x 30 m
Kalça dışarı çekme	2 set x 30 m
Kalça içeri çekme	2 set x 30 m
Eşli dönüş	2 set x 30 m
Eşli omuz teması	2 set x 30 m
İleri geri hızlanma (5 m'lik mesafede)	2 set x 30 m
Güç-Pliometrik-Denge (2. Bölüm)	10 dk
Yüz üstü uzanış bacak yukarı kaldırma	3 set x 40 s
Yana uzanarak kalça indirip kaldırma	3 set x 20 tekrar
Hamstring hareketi (orta düzey)	1 set x 7 tekrar
Tek ayak durarak eşe top atma	2 set x 30 s (her bir bacak için)
Yürüyerek lunge	2 set x 10 tekrar (her bir bacak için)
Yana doğru sıçrama	2 set x 15 tekrar (~30 s)
Koşu egzersizleri (3. Bölüm)	2 dk
Saha boyunca koşu	2 set x 30 m
Saha boyunca sıçramalı koşu	2 set x 30 m
Hızlanıp yavaşlamalı koşu	2 set x 5 tekrar (Maksimum kalp atışının %80-90'ında)

### Dinamik ısınma protokolü

Çalışmada uygulanan dinamik ısınma programı Tablo 3.7' da verilmiştir. Setler arası 30 s, hareketler arasında ise 15 s dinlenme verilmiştir. Toplam ısınma süresi 20dk.'dır (Ayala vd 2017).

**Tablo 3.6.** Dinamik ısınma protokolü.

Egzersiz	Süre
Yüksek diz çekme koşusu	3 set x 20 m
Topukla kalçaya vuruş	3 set x 20 m
Hamstring germe	1 set x 10 tekrar (Her bir bacak için)
Kuadriseps germe	1 set x 10 tekrar (Her bir bacak için)
Öne geriye kol döndürme	1 set x 10 tekrar (Her bir kol için)
Öne hızlı küçük adım çekme	3 set x 20 m
Yana hızlı küçük adım çekme	3 set x 20 m
Yana adımlama	3 set x 20 m
Yana doğru skuat yürüyüşü	1 set x 20 tekrar (Her bir bacak için)
Düz koşu	2 set x 20 m
Aktif sıçrama ardından sprint	2 set x 5 m
Sprint ardından aktif sıçrama	2 set x 5 m

### Aktif sıçrama testi

Sporcular, aktif sıçrama performanslarını kuvvet platformunun üzerinde önceden belirlenen köşegenlerin kesişme noktası bacaklarının tam ortasında ve eller belde olacak şekilde aktif sıçrama yapmışlardır. Sıçrama performansı iki kez tekrar ettirilmiş daha yüksek olan değer analizlerde kullanılmıştır (Resim 3.8).

**Resim 3.8.** Aktif sıçrama testi.

Sıçrama testi sırasında her sporcunun; diz fleksörü için Vastus Lateralis (VL) ve diz ekstansörü için Semitendinosus (ST) kaslarının aktiviteleri ölçülmüştür (Resim 3.9). Yüzeysel EMG sinyalinin doğru şekilde ölçülebilmesi için deri yüzeyinin hazırlanması ve elektrotların doğru ve düzgün yerleştirilmesiyle mümkündür. Deri yüzeyinin hazırlanmasındaki en önemli nedenlerin başında elektrotların sabitlenmesi ve düşük deri empedansının oluşmasını sağlamak gelir. Elektrot yerleşiminden önce deri yüzeyinin hazırlanması için aşağıdaki basamaklar takip edilmiştir;

- Kılların temizlenmesi: Kuru deri üzerindeki kıllar jilet yardımıyla temizlenmiştir. Böylece elektrotların daha iyi yapışması sağlamak için nemli ve terli ortamın oluşması engellenmiş, kastan gelen elektriksel aktivitenin uygun kaydedilmesi sağlanmıştır.

- Ölü derinin temizlenmesi: Ölü derinin temizlenmesi için yumuşak tekstil ürünleri kullanılmış deri yüzeyine zarar vermeden ölü deri kaldırılmıştır. Ardından alkolle deri yüzeyi silinmiş kir, ter ve ölü deri temizlenmiştir. (Konrad, 2005).

- Elektrot yerleşimi: Elektrot yerleşimi kastan gelen iletinin en uygun şekilde bilgisayar ortamına aktarılmasında oldukça önemlidir. Tüm sporcularda elektrot yerleşimi aynı nokta üzerinde yapılmaya çalışılmış, elektrot yerleşimi aynı araştırmacılar tarafından yapılmıştır. Sporcuların dominant bacaklarında test edilecek iki kasa Gullet ve diğerleri (2009) (Tablo 3.7) tarafından geliştirilmiş prosedüre uygun olarak yüzeysel elektrotlar (41x20x5 mm ve D.E-2.3, Delsys Inc., Boston MA 1x10 mm %99.9 Ag iletken) yerleştirilmiştir.

Elektrotlar yerleştirilirken aşağıda belirtilen noktalara dikkat edilmiştir:

- Elektrotlar motor nokta ve tendon bağlantıları arasına ya da iki motor nokta arasına yerleştirilmiştir.

- Elektrotun uzunlamasına olan eksenine ise kas fibrillerine paralel olacak şekilde yerleştirilmiştir (DeLuca, 1997).

Amplifikatör bant genişliği 20 ile 500 Hz arasında, giriş voltajı 0.8 A'da 9 VDC ve CMMR 80 dB olarak ayarlanmıştır. Veri kaydı 1000 Hz kayıt aralığında, bilgisayara kayıt edilmiştir.



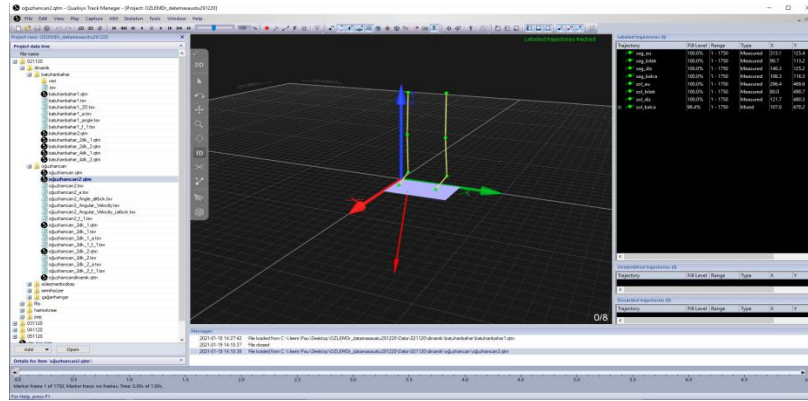
**Resim 3.9.** EMG elektrot yerleşimi.

**Tablo 3.7.** Ölçümlerin alınacağı kaslara elektrotların yerleşimi.

Ölçüm Alınan Kas Grubu	Elektrot Yeri
Vastus Lateralis	Uyluğun lateral kısmından greater trochanter'e üçte ikilik mesafede
Semitendinosus	Kalçanın posterior kısmında bulunan ischial tuberosity ve femurun medial kondül kısmına yarı mesafede

### 3.3.4. Hareket analizi sistemi

Araştırmanın üç boyutlu kinematik analizleri, Qualisys Hareket Analiz Sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Sporcuların sıçrama görüntüleri Qualisys Track Manager programı (Resim 3.9.) ile kaydedilmiş, anatomik noktalara yerleştirilen işaretçiler sayısallaştırılmıştır.

**Resim 3.9.** Qualisys Track Manager programı ara yüzü.

Qualisys, eklemlere yerleştirilen yansıtıcı işaretçilerle vücut hareketlerinin üç boyutlu kaydı için tasarlanmış bir kamera sistemidir. Bu sistemin benzer özellikteki sistemlerden farkı ve avantajı yansıtıcı işaretçilerin koordinatlarını kaydetmesidir. Böylelikle araştırmacı tarafından işaretleme yapılan, hata payı daha yüksek olan sistemlerden çok daha güvenilirdir. (Malý vd. 2014). Qualisys 2.12 Track Manager (QTM) programı, veri toplama ve işleme aşamalarının yapılmasını sağlar. Biyomekanik analizlerde kullanılan birçok kuvvet platformu (Kistler, Bertec) ve EMG (Delsys, Noraxon ve Mega) cihazını destekleyen QTM yazılım programı açık ve kapalı alanlarda, su altında kullanılabilir (Qualisys Track Manager 2020). Desteklediği cihazlar QTM sistemi içerisinde entegreye hazır haldedir. Aynı zamanda 16 kanallı Analog-Dijital (A/D) ara yüze sahip olan program sayesinde herhangi bir sinyal hareket verisi ile eş zamanlı olarak elde edilebilir (Qualisys Track Manager 2020).

Sporcuların sıçrama görüntüleri 5 adet yüksek hızlı kamera ile (Miqus M3) 240 Hz. örneklem frekansında kaydedilmiştir. Ölçüm alanının kalibrasyonu Wand

kalibrasyon metodu ile dinamik olarak gerçekleştirilmiştir. Wand kalibrasyonu kuvvet platformunun üzerine, L şeklinde üzerinde işaretçiler olan kalibrasyon kiti yerleştirilmiş ve referans olarak bu kit üzerindeki işaretçiler alınmıştır. Kalibre edilecek alanın orijini belirlendikten sonra, T şeklinde, 30 cm uzunluğunda kalibrasyon çubuğu ile tüm kameraların görebileceği doğrusal ve dairesel hareketlerle 45 s boyunca olabildiğince fazla alan taranmıştır.

Bu araştırmada sporcuların her birinin değerlendirmeye alınan sağ veya sol vücut üyeleri üzerindeki anatomik noktalarına, yansıtıcı özelliğine sahip olan 12.5 mm çapındaki yüksek kaliteli süper-küresel işaretçiler sporcuların hareketlerinde kısıtlamayacak şekilde çift taraflı bant yardımıyla yapıştırılmıştır. İşaretçilerin doğru noktaya yapıştırılabilmeleri ve sabitlenebilmesi için sporculardan tayt giymeleri istenmiştir. Tablo 3.10'da sporcuların üzerine yerleştirilen yansıtıcı işaretlerin yerleri ve tanımlamaları verilmiştir.

Trajectory	Fill Level	Range	Type	X	Y	Z	Residual
sag_au	100.0%	1 - 1250	Measured	302.6	146.8	56.8	2.74
sag_bilek	100.0%	1 - 1250	Measured	96.8	115.8	83.9	2.99
sag_diz	100.0%	1 - 1250	Measured	133.8	118.9	531.7	2.77
sag_kalca	100.0%	1 - 1250	Measured	114.1	117.6	938.5	0.25
sol_au	100.0%	1 - 1250	Measured	296.1	478.2	60.1	2.44
sol_bilek	100.0%	1 - 1250	Measured	87.7	469.2	83.0	2.07
sol_diz	100.0%	1 - 1250	Measured	109.8	486.8	530.6	1.02
sol_kalca	100.0%	1 - 1250	Measured	107.5	470.7	947.4	2.51

**Resim 3.10.** Anatomik noktalara yerleştirilen işaretçiler.

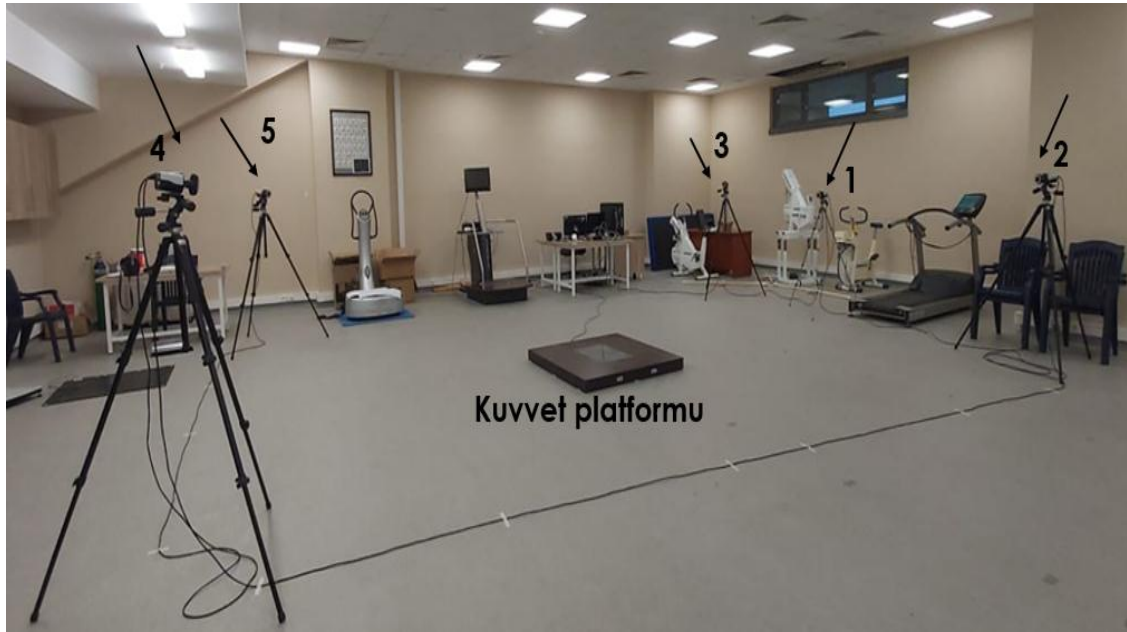
**Tablo 3.8.** Sporcuların üzerine yerleştirilen yansıtıcı işaretlerin yerleri ve tanımlamaları.

Anatomik noktalar	Tanımlama
Sol-sağ ayakucu	Metatarsal-phalangeal ekleme
Sol-sağ ayak bileği	Lateral malleole
Sol-sağ diz eklemi	Femurun lateral epikondilerine
Sol-sağ kalça eklemi	Femurun büyük trokanterine

Bir numaralı kamera, sporcunun tam karşısında olacak şekilde, iki ve üç numaralı kameralar aynı tarafta sıçrama ekseninin sağ ve solunda sıçrama eksenine 45°'lik açı oluşturacak şekilde, dört ve beş numaralı kameralar ise sporcunun arkasında kalacak ve sıçrama eksenine 45°'lik açı oluşturacak şekilde yerleştirilmiştir (Resim

3.11.) 5 farklı kameranın çektiği görüntüler QTM kamera senkronizasyon ünitesiyle eşzamanlı olarak toplanmıştır.

Sporculardan ısınma performanslarının hemen ardından işaretçi ve elektrotlar yerleştirilince kuvvet platformu üzerinde iki aktif sıçrama yapmaları istenmiş ve kameralar aracılığıyla performansları kaydedilmiştir. Tüm ölçümlerin bitmesinin ardından kaydedilen görüntülerden daha yüksek sıçrama yüksekliğine ait olan görüntü üç boyutlu analiz için bilgisayar programında hazırlanmış ve beş kamera için aynı sporcuya ait olan beş farklı alandan çekilmiş olan görüntüler çağırılarak yansıtıcılar tanıtılıp kayıp alanlar doldurulmuştur.

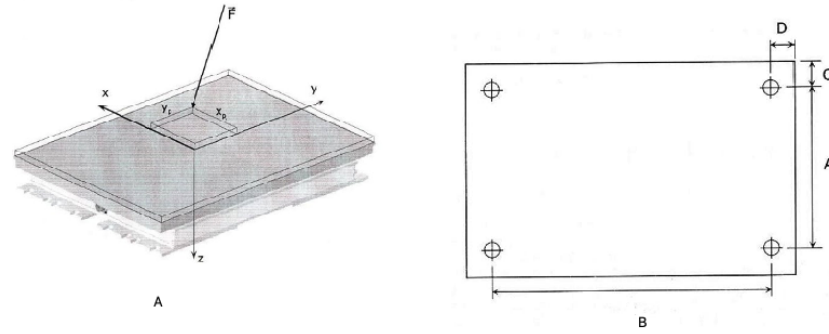


**Resim 3.11.** Ölçüm düzeneğinin görüntüsü.

### 3.3.5. Kuvvet platformu

Araştırmanın kinetik parametrelerin ölçümü, örneklem hızı 1000 Hz olan kuvvet platformu ile gerçekleştirilmiştir (FP 4060-10, BERTEC, A.B.D.). Kuvvet platformunu lokal koordinat sistemi Şekil 3.2.a'da gösterilmiştir. Yer tepki kuvvetleri platformun her bir köşesinde bulunan yük ölçerler ile ölçülmektedir. Kuvvet platformu içindeki konumları ise  $A = 0.342$  m,  $B = 0.552$  m,  $C = 0.029$  m,  $D = 0.024$  m'dir.

Yük ölçerler yatay ve derinlik eksenlerinde maksimum 5 kN, dikey ekseninde ise maksimum 10 kN ölçüm yapmaktadır. Her bir ölçümde yatay ( $F_x$ ), derinlik ( $F_y$ ) ve dikey ( $F_z$ ) eksenlerine ait birer kuvvet değeri elde edilmektedir (Şekil 3.2.b.).

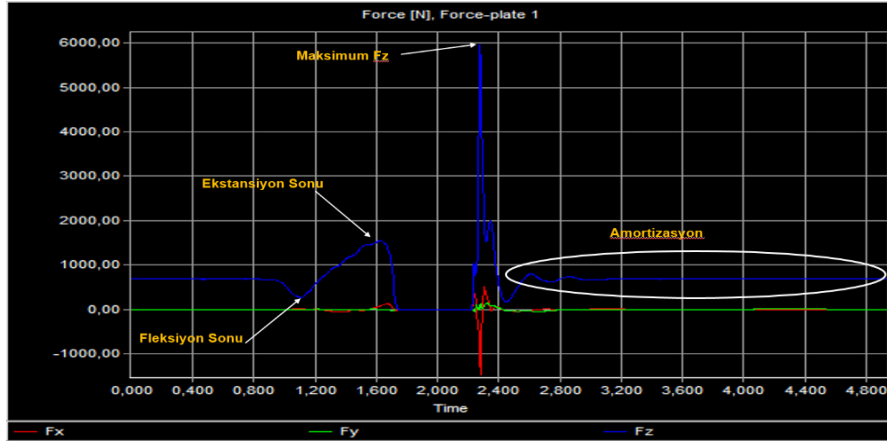


**Şekil 3.2.** (a) Kuvvet platformu lokal koordinat sistemi, (b) yük ölçerlerin konum değerleri.

Literatürde sıçrama ile ilgili yapılan çalışmalar sıçrama performansının kendi içinde farklı evrelere ayrılarak incelendiği görülmüştür (McMahon vd 2018, Sole vd 2018, Cormie vd 2009). Bu çalışmada sıçrama performansı, sporcuların yere uyguladıkları kuvvete göre 3 evreye ayrılarak incelenmiştir.

- 1- Fleksiyon Sonu Evresi (sıçramaya başlama-gerilme): Hareketin başladıktan diz açısının en küçük değere ulaşmaya kadar geçen süre,
- 2- Ekstansiyon Sonu Evresi (Sıçramaya hazırlık-kısalma): Diz açısının en küçük değerine ulaşmasından sonra sporcunun ayakları yerden ayrılmadan önce son ana geçen süre,
- 3- Maksimum Dikey Kuvvetin Uygulandığı Evre: Sıçrama sonrası yere düşüşte ayak parmak ucunun yerle temas ettiği maksimum kuvvetin uygulandığı an. (Resim 3.12.)

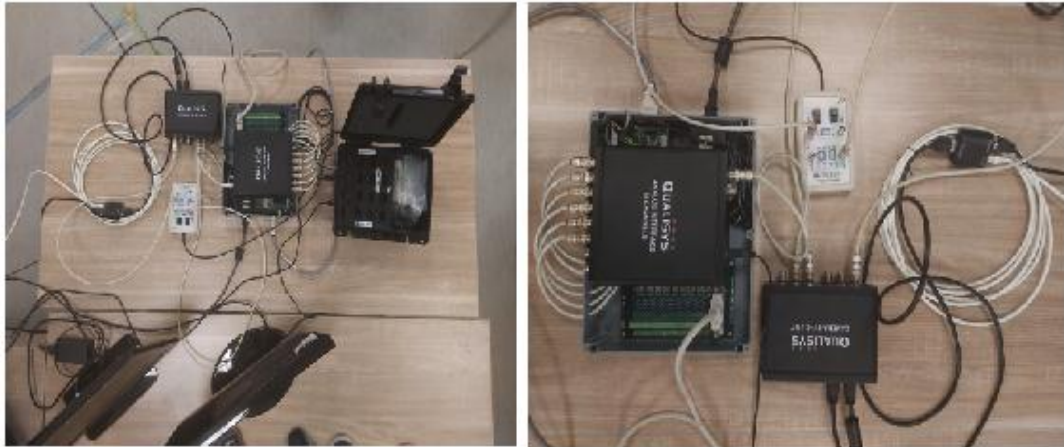
Fleksiyon Sonu, Ekstansiyon Sonu ve Maksimum Dikey Kuvvet evrelerinin tümünde, bu evrelerin son anındaki veriler kullanılmıştır.



**Resim 3.12.** Kuvvet verisine göre belirlenen sıçrama evreleri.

### 3.3.6. Sistemlerin Eşzamanlılığı (Senkronizasyon)

Sıçrama performansına ait hareket analizi, kuvvet platformu ve EMG verileri 5 s süresince eşzamanlı olarak toplanmıştır. Üç sistemin senkronizasyonu Qualisys kamera senkronizasyon ünitesi ile sağlanmıştır (Resim 3.13.). Senkronizasyon sinyali Delsys trigger modülünden eksternal olarak verilmiştir. QTM yazılımı kuvvet platformu ve EMG cihazlarını desteklediğinden tüm veriler aynı anda ara yüzde toplanıp, kaydedilmiştir.



**Resim 3.13.** Qualisys kamera senkronizasyon ünitesi



### 3.4. Verilerin Analizi

#### 3.4.1. EMG verisinin analizi

Dört kanallı Delsys Trigno (Delsys Inc. Boston, MA, USA) ve EMG Works Acquisition 4.0.5 yazılımı kullanılarak toplanan veriler, EMG Works Analysis 4.0 yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. EMG kayıtları 5 s süresince alınmıştır. Bu zaman periyodu sporcunun kuvvet platformu üzerinde ayakta duruşundan başlayarak sıçramanın tamamlanmasına kadar olan fleksiyon sonu fazı, ekstansiyon sonu fazı ve maksimum  $F_z$  evrelerini içermektedir. Toplanan veri kinetik veriye göre belirlenen fazlara göre evrelere ayrılarak analiz edilmiştir.

##### *Filtreleme*

Ham EMG verisi 2. derece Butterworth filtresi kullanarak filtrelenmiş ve bant genişliği, Passband: 3, Response: Band pass, Corner F1: 10 Hz, Corner F2: 500 Hz olarak hesaplanmıştır.

##### *Rektifikasyon (Tam dalga rektifikasyonu)*

EMG verisine ait sinyalin sadece pozitif kısımlarının değerlendirilmesi rektifikasyon işlemi olarak tanımlanmaktadır. Bu işlem iki şekilde yapılabilir; bunlardan ilki sinyalin sadece negatif kısımlarının çıkarılması (yarım dalga rektifikasyon) ikincisi ise sinyalin tamamının mutlak değeri alınmasıdır (tam dalga rektifikasyon). Bu çalışmada tam dalga rektifikasyonu sinyalin tamamının mutlak değeri alınmıştır (Gerleman ve Cook, 1992).

##### *İntegrasyon (Lineer zarf)*

Verilerin ortalamasının alınması işlemine integrasyon denir. Bu çalışmada integrasyon işlemi Kare Köklerin Ortalaması (Root Mean Square (RMS)) yöntemi ile yapılmıştır (Window length: 0.100, Window overlap: 0.08, Remove offset.)

##### *Normalizasyon*

Bu çalışmada normalizasyon işlemi maksimal istemli kasılmalar (MİK) alınarak yapılmıştır. MİK ölçümü ile aktivasyon düzeyi değerlendirilmek istenen kasın MİK değerinin % kaçı ile hareket ettiği belirlenebilmektedir (Leveau, B., ve Andersson, G. 1992).

### 3.4.2. Hareket analizi ve kuvvet verisinin analizi

Bu çalışmada hareket analizi ve kuvvet verileri Qualisys 2.12 Track Manager programı ile kaydedilmiştir. Sporcuların sıçrama hareketi için anatomik noktalara yerleştirilen işaretçilerin sayısallaştırılması sonucu zaman bağılı konum verileri elde edilmiştir. Elde edilen kinematik verilerden sıçrama yüksekliği, maksimum kuvvet, diz eklem açısı, alt bacak ve üst bacak açısal hızları hesaplanmıştır. Hareket analizi ve kuvvet verisinin filtrelemesi alçak geçiren Butterworth filterisi ile yapılmıştır.

### 3.5. İstatistiksel Analiz

Çalışmaya katılan tüm sporculardan toplanan verilere ait ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada dört ısınma programına ait performans değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olup olmadığı " Tekrarlı Ölçümlerde Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) "kullanılarak belirlenmiştir. ANOVA istatistiği yapılmadan önce parametrik varsayımların yerine getirilip getirilmediği Basıklık-Çarpıklık değerleri hesaplanarak incelenmiştir. Basıklık-Çarpıklık değerleri tüm değişkenler için  $\pm 2$  olarak kabul edilmiştir (Schutz ve Gessaroli, 1993). Tekrarlı Ölçümlerde Varyans Analizi testi sonucunda ısınma programları arasında fark gözlemlendiği durumlarda farkın hangi ısınma programından ya da programlarından kaynaklandığına Bonferroni Post-Hoc düzeltmesi ile 0,05 anlamlılık düzeyi kullanılarak incelenmiştir. Bununla birlikte, etki büyüklükleri (Effect sizes( $\eta^2$ )) hesaplanmış ve etki büyüklüğü değeri 0.20-0.49 (küçük) , 0.50-0.79 (orta) ve 0,80 ve üzeri büyük olarak kabul edilmiştir (Cohen, 1988).

#### 4. BULGULAR

Sporcuların hareket analizlerinden elde edilen üç boyutlu kinematik verileri, kuvvet platformundan elde edilen üç boyutlu kuvvet verileri, kas aktivasyon verileri ve bu verilerin istatistiksel tanımlamaları ve karşılaştırmaları tablolar halinde verilmiştir. Çalışmaya katılan sporcuların ısınma türlerine göre sıçrama yüksekliği değerleri Tablo 4.1.'de verilmiştir. Çalışmaya katılan sporcular, en yüksek sıçrama yüksekliğine FIFA 11+ ısınma sonrası ulaşırken (35,95 cm), en düşük sıçrama yüksekliğine PEP ısınma sonrasında ulaşmışlardır (32.65 cm).

**Tablo 4.1.** Isınma türlerine göre aktif sıçrama yükseklik değerleri.

	n = 19	Sıçrama Yüksekliği (cm)	Standart sapma	F	p	$\eta^2$
<b>Isınma Protokolleri</b>	Dinamik	32,73 <sup>2</sup>	3,62	5,208	0,011	0,494
	FIFA 11+	35,95	2,49			
	Harmoknee	33,20 <sup>2</sup>	3,19			
	PEP	32,65 <sup>2</sup>	3,42			

\* FIFA 11+ ile anlamlı fark,  $p < 0,05$

Tekrarlı ölçümlerde varyans analizi sonuçlarına göre farklı ısınma protokollerinde sıçrama yüksekliği değerleri arasında anlamlı fark olduğu bulunmuştur (Tablo 2) ( $F = 5,208$ ;  $p = 0,011$ ;  $\eta^2 = 0,211$ ). Bu farkın hangi ısınma protokolleri arasında olduğunu anlamak için yapılan Bonferroni analizine göre FIFA 11+ ısınma protokolünden sonra yapılan sıçramaya ait sıçrama yüksekliğinin diğer tüm ısınma protokollerinden anlamlı olarak farklı olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0,011$ ). Ayrıca analize ilişkin  $\eta^2$  değeri 0,21 olarak hesaplanmıştır.

Sporcuların her bir ısınma protokolünde fleksiyon sonu evresinden ekstansiyon evresine geçiş süreleri Tablo 4.2'de verilmiştir. Fleksiyon sonu evresinin sonu ile ekstansiyon evresinin başlangıcı arasında geçen süre diz açısının sabit kaldığı süredir. Sporcularda en hızlı geçiş süresine FIFA 11+ ısınma protokolünde ulaşırken, en yavaş geçiş süresine ise dinamik ısınma protokolü sonrasında ulaşmışlardır.

**Tablo 4.2.** Isınma protokollerine göre fleksiyon evresisonundan ekstansiyon evresinin başlangıcına kadar geçen süreler.

	Dinamik	FIFA 11+	PEP	Harmoknee	F	p	$\eta^2$
<b>Fleksiyon sonu- Ekstansiyon başlangıcı geçiş süresi (ms)</b>	0,21 ±0,28	0,18 ± 0,26*	0,20 ± 0,30	0,20 ± 0,05	4,965	0,04	0,216

\* Dinamik ısınma ile anlamlı fark,  $p < 0,05$ .

Tekrarlı ölçümlerde varyans analizi sonuçlarına göre farklı ısınma protokollerinde fleksiyon evresi sonundan ekstansiyon evresinin başlangıcına kadar geçen süreler arasında anlamlı fark olduğu bulunmuştur ( $F = 4,965$ ;  $p = 0,04$ ;  $\eta^2 = 0,216$ ) Bu farkın hangi ısınma protokolleri arasında olduğunu anlamak için yapılan Bonferroni analizine göre, FIFA 11+ ısınma programı sonrasında fleksiyon sonu-ekstansiyonu evresi geçiş süresinin dinamik ısınma programı fleksiyon sonu-ekstansiyonu evresi geçiş süresinden istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha kısa olduğu bulunmuştur.

Çalışmaya katılan sporcuların ısınma türlerine ait evrelere göre maksimum yer kuvvet değerleri Tablo 4.3.'de verilmiştir. Çalışmaya katılan sporcular fleksiyon sonu, ekstansiyon sonu ve maksimum kuvvet evrelerinin her birinde en yüksek kuvvet değerine FIFA 11+ ısınma sonrasında ulaşırken ( $F_{\text{FleksiyonSonu}} = 530,936$  N;  $F_{\text{EkstansiyonSonu}} = 1945,02$  N;  $F_{\text{Maksimum}} = 3974,66$  N); en düşük maksimum kuvvet değerine ise dinamik ısınma sonrasında ulaşmışlardır ( $F_{\text{FleksiyonSonu}} = 241,74$  N;  $F_{\text{EkstansiyonSonu}} = 1281,70$  N;  $F_{\text{Maksimum}} = 2451,52$  N).

**Tablo 4.3.** Evrelere göre maksimum yer tepki kuvvet değerlerinin karşılaştırılması.

Evreler	n = 19	Kuvvet (N)	Standart sapma	F	p	$\eta^2$
<b>Fleksiyon Sonu</b>	Dinamik	241,74 <sup>2</sup>	72,280	23,210	0,001	0,563
	FIFA 11+	530,94	166,46			
	Harmoknee	164,97 <sup>2</sup>	164,97			
	PEP	240,84 <sup>2</sup>	92,758			
<b>Ekstansiyon Sonu</b>	Dinamik	1281,70 <sup>2</sup>	190,35	21,032	0,001	0,539
	FIFA 11+	1945,02	415,90			
	Harmoknee	1454,01 <sup>2</sup>	285,19			
	PEP	1372,81 <sup>2</sup>	194,62			
<b>F<sub>Maksimum</sub></b>	Dinamik	2451,52 <sup>234</sup>	492,67	37,903	0,001	0,678
	FIFA 11+	3974,66 <sup>34</sup>	302,84			
	Harmoknee	3422,26 <sup>4</sup>	456,18			
	PEP	2993,42	523,60			

<sup>2</sup> FIFA 11+ ile anlamlı fark, <sup>3</sup> Harmoknee ile anlamlı fark, <sup>4</sup> PEP ile anlamlı fark,  $p < 0,05$

Tablo 4.3.'de gösterildiği üzere tekrarlı ölçümlerde varyans analizi sonuçlarına göre farklı ısınma protokollerinde evreler arasında maksimum kuvvet değerleri arasında anlamlı fark bulunmuştur ( $F_{\text{FleksiyonSonu}} = 23,210$ ,  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,563$ ;  $F_{\text{EkstansiyonSonu}} = 21,032$ ;  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,539$ ;  $F_{\text{Maksimum}} = 37,903$ ;  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,678$ ). Bu farkın hangi ısınma protokolleri arasında olduğunu anlamak için yapılan Bonferroni analizine göre tüm ısınma protokollerinin birbirinden istatistiksel olarak anlamlı farklı olduğu tespit edilmiştir ( $p=0,001$ ).

Çalışmaya katılan sporcuların ST kası aktivasyonları ısınma türlerine ait evrelere göre ve tüm performans süresince ortalama olarak %MİK'ları değerlendirilmeleri Tablo 4.5.'de verilmiştir. Çalışmaya katılan sporcular ortalama, fleksiyon sonu, ekstansiyon sonu ve maksimum kuvvet evrelerinin her birinde en yüksek %MİK değerine FIFA 11+ ısınma sonrasında ulaşırken ( $F_{\text{OrtalamaEMG}} = \%63,89$ ;  $F_{\text{FleksiyonSonu}} = \%54,82$ ;  $F_{\text{EkstansiyonSonu}} = \%66,33$ ;  $F_{\text{Maksimum}} = \%73,90$ ); en düşük %MİK değerlerine ise dinamik ısınma sonrasında ulaşmışlardır ( $F_{\text{OrtalamaEMG}} = \%32,05$ ;  $F_{\text{FleksiyonSonu}} = \%26,24$ ;  $F_{\text{EkstansiyonSonu}} = \%33,96$ ;  $F_{\text{Maksimum}} = \%40,89$ ).

**Tablo 4.4.** Aktif sıçrama sırasında sporcuların ST kasına ait EMG verisinin evrelere göre maksimal istemli kasılma yüzdeleri ve ısınma türlerine göre karşılaştırması

Evreler	n = 19	%MİK	Standart sapma	F	p	$\eta^2$
<b>Ortalama EMG</b>	Dinamik	32,05 <sup>2,3,4</sup>	7,21	93,62	0,001	0,839
	FIFA 11+	63,89	8,83			
	Harmoknee	54,98 <sup>2</sup>	7,82			
	PEP	54,77 <sup>2</sup>	7,67			
<b>Fleksiyon Sonu</b>	Dinamik	26,24 <sup>2,3,4</sup>	4,98	98,397	0,001	0,845
	FIFA 11+	54,82	10,01			
	Harmoknee	45,96 <sup>2,4</sup>	9,34			
	PEP	50,46	7,63			
<b>Ekstansiyon Sonu</b>	Dinamik	33,96 <sup>2,3,4</sup>	7,85	60,774	0,001	0,771
	FIFA 11+	66,33 <sup>3</sup>	11,56			
	Harmoknee	59,44	10,82			
	PEP	56,39	8,39			
<b>F<sub>maksimum</sub></b>	Dinamik	40,89 <sup>2,3,4</sup>	7,21	58,735	0,001	0,765
	FIFA 11+	73,90	13,27			
	Harmoknee	64,64 <sup>2</sup>	11,4			
	PEP	63,14 <sup>2</sup>	9,11			

<sup>2</sup> FIFA 11+ ile anlamlı fark, <sup>3</sup>Harmoknee ile anlamlı fark, <sup>4</sup>PEP ile anlamlı fark,  $p<0,05$ .

Tablo 4.4.'de tekrarlı ölçümlerde varyans analizi sonuçlarına göre farklı ısınma protokollerinde tüm evreler arasında ST kasına ait EMG verileri arasında anlamlı fark bulunmuştur ( $F_{OrtalamaEMG} = 93,62$ ,  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,839$ ;  $F_{FleksiyonSonu} = 98,397$ ,  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,845$ ;  $F_{EkstansiyonSonu} = 60,774$ ;  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,771$ ;  $F_{Maksimum} = 58,735$ ,  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,765$ ).

Bonferroni analizine göre ST kası ortalama EMG verisinde FIFA 11+ ısınma protokolünün % MİK açısından Dinamik, Harmoknee ve PEP ısınma protokollerinden istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte ST kası ortalama EMG verisinde Harmoknee ve PEP ısınma protokollerinin % MİK açısından Dinamik ısınma protokolünden istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Bonferroni analizine göre ST kası fleksiyon sonu verisinde FIFA 11+, Harmoknee ve PEP ısınma protokolleri % MİK açısından Dinamik ısınma protokolünden istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte ST kası fleksiyon sonu verisinde PEP ve FIFA 11+ ısınma protokollerinin % MİK açısından Harmoknee ısınma protokolünden istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Bonferroni analizine göre ST kası ekstansiyon sonu verisinde FIFA 11+, Harmoknee ve PEP ısınma protokolleri % MİK açısından Dinamik ısınma protokolünden istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte ST kası fleksiyon sonu verisinde FIFA 11+ ısınma protokolü % MİK açısından Harmoknee ısınma protokolünden istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Bonferroni analizine göre ST kası  $F_{maksimum}$  verisinde FIFA 11+ ısınma protokolünün % MİK açısından Dinamik, Harmoknee ve PEP ısınma protokollerinden istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte ST kası  $F_{maksimum}$  verisinde Harmoknee ve PEP ısınma protokollerinin % MİK açısından Dinamik ısınma protokolünden istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Çalışmaya katılan sporcuların VL kası aktivasyonları ısınma türlerine ait evrelere göre ve tüm performans süresince ortalama olarak %MİK'ları değerlendirilmeleri Tablo 4.6.'da verilmiştir. Çalışmaya katılan sporcular ortalama, fleksiyon sonu, ekstansiyon sonu ve maksimum kuvvet evrelerinin her birinde en yüksek %MİK değerine FIFA 11+ ısınma sonrasında ulaşırken ( $F_{OrtalamaEMG} = \%92,70$ ;  $F_{FleksiyonSonu} = \%76,28$ ;  $F_{EkstansiyonSonu} = \%87,45$ ;  $F_{Maksimum} = \%105,75$ ) en düşük %MİK

değerlerine ise dinamik ısınma sonrasında ulaşmışlardır ( $F_{OrtalamaEMG} = \%43,27$ ;  $F_{FleksiyonSonu} = \%35,04$ ;  $F_{EkstansiyonSonu} = \%40,63$ ;  $F_{Maksimum} = \%50,83$ ).

**Tablo 4.5.** Aktif sıçrama sırasında sporcuların VL kasına ait EMG verilerinin evrelere göre maksimal istemli kasılma yüzdeleri ve ısınma türlerine göre karşılaştırması

Evreler	n = 19	%MİK	Standart sapma	F	p	$\eta^2$
<b>Ortalama EMG</b>	Dinamik	43,27 <sup>2,3,4</sup>	12,43	77,77	0,001	0,812
	FIFA 11+	92,70	9,45			
	Harmoknee	83,47 <sup>2</sup>	10,52			
	PEP	83,10 <sup>2</sup>	10,35			
<b>Fleksiyon Sonu</b>	Dinamik	35,04 <sup>2,3,4</sup>	15,76	48,94	0,001	0,731
	FIFA 11+	76,28	11,45			
	Harmoknee	69,02 <sup>2</sup>	10,65			
	PEP	69,39 <sup>2</sup>	11,25			
<b>Ekstansiyon Sonu</b>	Dinamik	40,63 <sup>2,3,4</sup>	13,86	84,42	0,001	0,821
	FIFA 11+	87,45	9,28			
	Harmoknee	80,45 <sup>2</sup>	10,61			
	PEP	77,77 <sup>2</sup>	10,24			
<b>F<sub>maksimum</sub></b>	Dinamik	50,83 <sup>2,3,4</sup>	14,96	70,20	0,001	0,796
	FIFA 11+	105,75	10,29			
	Harmoknee	92,37 <sup>2</sup>	11,01			
	PEP	90,94 <sup>2</sup>	11,11			

<sup>2</sup>FIFA 11+ ile anlamlı fark, <sup>3</sup>Harmoknee ile anlamlı fark, <sup>4</sup>PEP ile anlamlı fark, p<0,05

Tablo 4.5.'de tekrarlı ölçümlerde varyans analizi sonuçlarına göre farklı ısınma protokollerinde tüm evreler arasında VL kasına ait EMG verileri arasında anlamlı fark bulunmuştur ( $F_{OrtalamaEMG} = 77,77$ ,  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,812$ ;  $F_{FleksiyonSonu} = 48,94$ ,  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,731$ ;  $F_{EkstansiyonSonu} = 84,42$ ,  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,821$ ;  $F_{Maksimum} = 70,20$ ,  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,796$ ). Bonferroni analizine göre VL kası ortalama EMG, fleksiyon sonu, ekstansiyon sonu ve  $F_{maksimum}$  verilerinde FIFA 11+ ısınma protokolünün % MİK açısından Dinamik, Harmoknee ve PEP ısınma protokollerinden istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte VL kası ortalama EMG, fleksiyon sonu, ekstansiyon sonu ve  $F_{maksimum}$  verilerinde Harmoknee ve PEP ısınma protokollerinin % MİK açısından Dinamik ısınma protokolünden istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek olduğu bulunmuştur.

Çalışmaya katılan sporcuların ısınma türlerine ait diz açısı değerleri Tablo 4.6.'de verilmiştir. Çalışmaya katılan sporcular fleksiyon sonu, ekstansiyon sonu ve maksimum kuvvet evrelerinin her birinde en düşük açısı değerlerine FIFA 11+ ısınma sonrasında ulaşırken ( $F_{FleksiyonSonu} = 88,64^0$ ;  $F_{EkstansiyonSonu} = 129,70^0$ ;  $F_{maksimum} = 148,90^0$ ), diğer

ısınma türlerine göre en yüksek açı değerlerine ise dinamik ısınma sonrasında ulaşmışlardır ( $F_{\text{FleksiyonSonu}} = 104,21^0$  ;  $F_{\text{EkstansiyonSonu}} = 145,88^0$  ;  $F_{\text{maksimum}} = 135,08^0$  ).

**Tablo 4.6.** Evrelere göre diz açı değerlerinin ısınma türlerine göre karşılaştırılması

Evreler	n = 19	Ortalama (derece)	Standart sapma	F	p	$\eta^2$
<b>Fleksiyon Sonu</b>	Dinamik	104,21 <sup>2,3</sup>	9,72	10,42	0,001	0,37
	FIFA 11+	88,641	7,03			
	Harmoknee	99,85 <sup>2</sup>	15,21			
	PEP	107,33 <sup>2,3</sup>	12,25			
<b>Ekstansiyon Sonu</b>	Dinamik	145,88 <sup>2</sup>	13,31	14,78	0,001	0,45
	FIFA 11+	129,70	7,61			
	Harmoknee	140,86 <sup>2</sup>	11,48			
	PEP	146,22 <sup>2</sup>	9,30			
<b>F<sub>maksimum</sub></b>	Dinamik	135,08 <sup>2,3</sup>	11,31	12,60	0,001	0,41
	FIFA 11+	148,90	4,44			
	Harmoknee	143,76 <sup>2</sup>	5,32			
	PEP	135,83 <sup>2,3</sup>	9,26			

<sup>2</sup> FIFA 11+ ile anlamlı fark , <sup>3</sup> Harmoknee ile anlamlı fark,  $p < 0,05$

Isınma türlerine göre diz açılarının karşılaştırılması tekrarlı ölçümlerde varyans analizi ile test edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre farklı ısınma protokollerinde evreler arasında diz fleksiyon açı değerlerinin ısınma türlerine arasında anlamlı fark bulunmuştur ( $F_{\text{FleksiyonSonu}} = 10,42$ ,  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,37$ ;  $F_{\text{EkstansiyonSonu}} = 14,78$ ,  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,45$ ;  $F_{\text{maksimum}} = 12,60$ ,  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,41$ ). Bonferroni analizine göre sıçramanın fleksiyon sonu, ekstansiyon sonu ve  $F_{\text{maksimum}}$  evreleri FIFA 11+ ısınma protokolünde Dinamik, Harmoknee ve PEP ısınma protokollerinden istatistiksel olarak anlamlı daha düşük diz açı değerine ulaşıldığı bulunmuştur. Bununla birlikte fleksiyon sonu ve  $F_{\text{maksimum}}$  evreleri Harmoknee ısınma protokolünde Dinamik ve PEP ısınma protokollerinden istatistiksel olarak anlamlı daha düşük diz açı değerine ulaşıldığı bulunmuştur.

Çalışmaya katılan sporcuların ısınma türlerine ait evrelere göre alt bacak açılma hız değerleri Tablo 4.7.'de verilmiştir. Çalışmaya katılan sporcular fleksiyon sonu, ekstansiyon sonu ve maksimum kuvvet evrelerinin her birinde en yüksek alt bacak açılma hız değerlerine FIFA 11+ ısınma sonrasında ulaşırken ( $F_{\text{FleksiyonSonu}} = 76,27^0$  ;



$F_{\text{EkstansiyonSonu}} = 161,47^0$  ;  $F_{\text{maksimum}} = 237,57^0$  ), diğer ısınma türlerine göre en düşük alt bacak açılma hız değerlerine ise dinamik ısınma sonrasında ulaşmışlardır ( $F_{\text{FleksiyonSonu}} = 56,89^0$  ;  $F_{\text{EkstansiyonSonu}} = 66,13^0$  ;  $F_{\text{maksimum}} = 161,28^0$  ).

**Tablo 4.7.** Evrelere göre alt bacak açılma hız değerlerinin ısınma türlerine göre karşılaştırılması.

Evreler	n = 19	Ortalama (derece/s)	Standart sapma	F	p	$\eta^2$
<b>Fleksiyon Sonu</b>	Dinamik	56,89 <sup>2,3</sup>	4,01	36,30	0,001	0,67
	FIFA 11+	76,27	6,82			
	Harmoknee	68,35 <sup>2</sup>	7,38			
	PEP	59,35 <sup>2,3</sup>	6,98			
<b>Ekstansiyon Sonu</b>	Dinamik	66,13 <sup>2,3</sup>	17,96	67,55	0,001	0,79
	FIFA 11+	161,47	30,94			
	Harmoknee	113,36 <sup>2</sup>	29,59			
	PEP	64,96 <sup>2,3</sup>	19,01			
<b>F<sub>maksimum</sub></b>	Dinamik	161,28 <sup>2</sup>	36,99	11,44	0,001	0,39
	FIFA 11+	237,57	40,65			
	Harmoknee	202,17	54,51			
	PEP	177,74 <sup>2</sup>	37,71			

<sup>2</sup> FIFA 11+ ile anlamlı fark, <sup>3</sup> Harmoknee ile anlamlı fark,  $p < 0,05$

Tekrarlı ölçümlerde varyans analizi sonuçlarına göre farklı ısınma protokollerinde evreler arasında alt bacak açılma hız değerlerinin ısınma türleri arasında anlamlı fark bulunmuştur ( $F_{\text{FleksiyonSonu}} = 36,30$ ,  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,67$ ;  $F_{\text{EkstansiyonSonu}} = 67,55$ ,  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,79$ ;  $F_{\text{Maksimum}} = 11,44$ ,  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,39$ ). Bonferroni analizine göre sıçramanın fleksiyon sonu ve ekstansiyon sonu evreleri FIFA 11+ ısınma protokolünde Dinamik, Harmoknee ve PEP ısınma protokollerinden istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek alt bacak açılma hız değerine ulaşıldığı bulunmuştur. Bununla birlikte fleksiyon sonu ve ekstansiyon sonu evreleri Harmoknee ısınma protokolünde Dinamik ve PEP ısınma protokollerinden istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek alt bacak açılma hız değerine ulaşıldığı bulunmuştur. Ayrıca sıçramanın  $F_{\text{maksimum}}$  evresinde FIFA 11+ ısınma protokolünde Dinamik ve PEP ısınma protokollerinden istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek alt bacak açılma hız değerine ulaşıldığı bulunmuştur.

Çalışmaya katılan sporcuların ısınma türlerine ait evrelere göre üst bacak açılma hız değerleri Tablo 4.8.'de verilmiştir. Çalışmaya katılan sporcular fleksiyon sonu, ekstansiyon sonu ve maksimum kuvvet evrelerinin her birinde en yüksek üst bacak

açısal hız değerlerine FIFA 11+ ısınma sonrasında ulaşırken ( $F_{\text{FleksiyonSonu}} = -163,77^0$  ;  $F_{\text{EkstansiyonSonu}} = 258,86^0$  ;  $F_{\text{maksimum}} = -282,17^0$  ), diğer ısınma türlerine göre en düşük üst bacak açısal hız değerlerine ise dinamik ısınma sonrasında ulaşmışlardır ( $F_{\text{FleksiyonSonu}} = -115,14^0$  ;  $F_{\text{EkstansiyonSonu}} = 153,86^{2,3,4}$  ;  $F_{\text{maksimum}} = -152,32^0$  ).

**Tablo 4.8.** Evrelere Göre Üst Bacak Açısal Hız Değerlerinin Isınma Türlerine Göre Karşılaştırılması

Evreler	n = 19	Ortalama (derece/s)	Standart sapma	F	p	$\eta^2$
<b>Fleksiyon Sonu</b>	Dinamik	-115,14 <sup>2</sup>	14,763	10,42	0,001	0,37
	FIFA 11+	-163,77	25,66			
	Harmoknee	-128,77	53,86			
	PEP	-128,05 <sup>2</sup>	56,926			
<b>Ekstansiyon Sonu</b>	Dinamik	153,86 <sup>2,3,4</sup>	35,28	14,78	0,001	0,45
	FIFA 11+	258,86	41,01			
	Harmoknee	223,36 <sup>2</sup>	43,18			
	PEP	204,95 <sup>2</sup>	43,13			
<b>F<sub>maksimum</sub></b>	Dinamik	-152,32 <sup>2,3,4</sup>	24,68	84,31	0,001	0,82
	FIFA 11+	-282,17 <sup>3,4</sup>	39,83			
	Harmoknee	-231,36 <sup>4</sup>	11,83			
	PEP	-220,66	6,9			

<sup>2</sup>FIFA 11+ ile anlamlı fark, <sup>3</sup>Harmoknee ile anlamlı fark, <sup>4</sup>PEP ile anlamlı fark,  $p < 0,05$ ,

Tablo 4.8.'da tekrarlı ölçümlerde varyans analizi sonuçlarına göre farklı ısınma protokollerinde evreler arasında alt bacak açısal hız değerlerinin ısınma türleri arasında anlamlı fark bulunmuştur ( $F_{\text{FleksiyonSonu}} = 10,42$ ,  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,37$ ;  $F_{\text{EkstansiyonSonu}} = 14,78$ ,  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,45$ ;  $F_{\text{Maksimum}} = 84,31$ ,  $p=0,001$ ,  $\eta^2=0,82$ ).

Bonferroni analizine göre sıçramanın fleksiyon sonu evresinde FIFA 11+ ısınma protokolünde Dinamik ve PEP ısınma protokollerinden istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek üst bacak açısal hız değerine ulaşıldığı bulunmuştur. Bununla birlikte ekstansiyon sonu evresinde FIFA 11+ ısınma protokolünde Dinamik, Harmoknee ve PEP ısınma protokollerinden istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek üst bacak açısal hız değerine ulaşıldığı bulunmuştur. Ayrıca ekstansiyon sonu evresinde Harmoknee ısınma protokolünde Dinamik ısınma protokolünden istatistiksel olarak anlamlı daha yüksek üst bacak açısal hız değerine ulaşıldığı bulunmuştur. Son olarak sıçramanın  $F_{\text{maksimum}}$  evresinde tüm ısınma protokollerinin birbirlerinden istatistiksel olarak anlamlı farklı üst bacak açısal hız değerine ulaşıldığı bulunmuştur (FIFA 11+ > Harmoknee > PEP > Dinamik ısınma prokolü).

## 5. TARTIŞMA

Literatürde, nöromüsküler ısınmalarla ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, bu çalışmaların genellikle fiziksel performans parametrelerini ve yaralanma sıklığını nasıl etkilediğini araştırmak amacıyla yapıldığı görülmüştür (Daneshjoo vd 2013, Gee vd 2020, Morrow 2019). Bununla birlikte, spora özgü sıçrama, yana kayma, sprint vb. hareketlerin biyomekanik parametreleri ve kas aktivasyonlarını akut olarak nasıl etkilediğini araştıran sınırlı sayıda çalışmalar da bulunmaktadır (Avedesian vd 2018, Arundale vd 2018, Lim vd 2009). Kinetik, kinematik ve elektromiyografik verilerin 3 farklı nöromüsküler ısınmada nasıl değiştiğini ve bu 3 farklı ısınmanın futbol branşında geleneksel olarak sıklıkla yapılan dinamik ısınma ile bir arada incelenmediği, birden fazla nöromüsküler ısınmayı karşılaştıran akut çalışmaların ise yalnızca fiziksel performans parametrelerini değerlendirdiği belirlenmiştir (Ayala vd 2017). Ancak nöromüsküler ısınma programlarının sıçrama üzerindeki etkilerini, sıçramayı evrelere ayırarak inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Nöromüsküler ısınmalar arasındaki farkların fiziksel performans çıktıları ile incelenmesinin önemli olduğu kadar biyomekanik ve nöromüsküler çıktıların incelenmesi de önemlidir. Bu bağlamda aktif sıçrama yüksekliği, diz fleksiyon açısı, yer tepki kuvveti, açısız hızlar ve elektromiyografik incelemeler bütünsel olarak incelendiğinde, önemli bilgiler içerse de karmaşık süreçleri içeren sıçrama hareketinin kuvvet-zaman eğrisine göre evrelere ayrılarak incelenmesi tüm süreçlerin daha iyi kavranmasını sağlayacaktır.

Bu çalışma, dört farklı ısınma protokolü (PEP, FIFA 11+, HarmoKnee ve dinamik ısınma) arasındaki farklılıkları biyomekanik ve nöromüsküler parametreler açısından incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Isınma protokollerinin alt ekstremitedene gibi değişimlere neden olduğunu anlamak için ısınmaların hemen ardından gerçekleştirdikleri aktif sıçrama performansları üç boyutlu kinematik, kinetik analizler ve EMG yöntemleri kullanılarak incelenmiştir. Çalışmanın en önemli bulgusu dört farklı ısınma protokolü arasında sıçrama evrelerine göre biyomekanik ve nöromüsküler parametreler açısından anlamlı farklar olduğudur.

### 5.1. Kinematik Analizler

Bu çalışmada sporcuların FIFA 11+ ısınma sonrası ulaştıkları aktif sıçrama yüksekliğinin PEP, Harmoknee ve dinamik ısınmadan sonrası ulaştıkları sıçrama yüksekliğinden istatistiksel olarak daha fazla olduğu tespit edilmiştir ( $p < 0.001$ ) Literatürde yer alan bazı çalışmalar elde edilen bulguları desteklemektedir. 2015 yılında yaş ortalaması 18 yıl olan 12 erkek futbolcu ile yapılan 9 haftalık çalışmada, FIFA 11+ ısınma protokolünün katılımcıların dikey sıçrama performansı üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda katılımcıların dikey sıçrama performanslarının olumlu yönde etkilendiğini tespit edilmiştir (Silva vd 2015). Benzer şekilde, ortalama yaşı 12 yıl olan 23 erkek futbolcu ile yapılan bir çalışmada, futbolcular rastgele olarak FIFA 11+ ve kontrol grubu olarak iki gruba ayrılmışlardır. 4 hafta boyunca, haftada iki kez uygulanan çalışma protokolünde, deney grubu FIFA 11+ ısınma programını uygularken, kontrol grubu geleneksel ısınma programlarına devam etmişlerdir. Elde edilen veriler FIFA 11+ ısınma programını uygulayan grubun dikey sıçrama ve çeviklik değerlerinde artış olduğunu göstermiştir (Pomares-Noguera vd 2018). Daneshjoo vd.'nin 36 erkek elit futbolcu ile yaptığı çalışmada, sporcular 3 gruba ayrılarak FIFA 11+, Harmoknee ve dinamik ısınma programlarına katılmışlardır. 8 hafta, haftada 3 gün yapılan 24 ısınma seansı sonrasında FIFA 11+ ve Harmokee ısınma gruplarına dâhil olan sporcuların sıçrama yüksekliklerinin anlamlı olarak arttığı bulunmuştur. Grupların ön test ve son test sıçrama yüksekliklerinin karşılaştırılmasında, FIFA 11+ ( $p = 0.000$ ) ve Harmoknee grubunda ( $p = 0.002$ ) anlamlı artış gözlenirken dinamik ısınma grubundan fark gözlenmemiştir (Daneshjoo vd 2013). Bir başka çalışmada ise FIFA 11+ ısınma protokolünün fizyolojik ve performans yanıtlarını incelemişlerdir. Yaş ortalaması  $23,7 \pm 3,7$  yıl olan 81 erkek futbolcu katılmış ve rastgele olarak iki gruba ayrılmışlardır. Bir grup haftada 3 kez 9 hafta boyunca FIFA 11+ ısınmasını uygularken diğer grup dinamik ısınma programına devam etmiştir. Çalışma sonucunda deney grubunu oluşturan 42 katılımcı FIFA 11+ ısınma protokolünü uygularken, kontrol grubunu oluşturan 39 katılımcı ise rutin futbol ısınmalarını gerçekleştirmiştir. Elde edilen verilere göre sıçrama performansında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ( $p = 0,427$ ) (Implizzeri vd 2013). Ayaka vd.'nin 2016 yılında yaptığı bir diğer çalışmada, nöromuskuler ısınmalardan, FIFA 11+, Harmoknee ve dinamik ısınmaların akut etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmaya 16 amatör erkek futbolcu dâhil edilmiş ve rastgele şekilde gruplara ayrılmışlardır. Sıçrama yüksekliği, 10 m ve 20 m sprint süreleri, eklem hareket genişliği birçok performans parametresi değerlendirilen çalışmada, sıçrama performansında FIFA 11+, Harmoknee ve dinamik ısınma grubunda anlamlı değişiklik

bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Ancak bulgular incelendiğinde, geleneksel olarak uygulanan dinamik ısınma protokolün, FIFA 11+ ve Harmoknee ısınma programından daha yüksek sıçrama performansı gösterdiği gözlenmiştir. 19 yaş altı 24 erkek futbolcu ile yapılan bir çalışmada, futbolcular rastgele olarak FIFA 11+ ve dinamik ısınma gruplarına ayrılmış, 8 hafta boyunca, haftada 3 gün gruplar ısınma programlarını uygulamışlardır. Çalışmaya başlamadan önce, 8 hafta sonunda ve çalışmanın bitiminden 1 ay sonra en yüksek sıçrama yükseklikleri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgularda anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ( $p=0.076$ ). Ancak FIFA 11+ programını uygulayan grupta sıçrama yüksekliği 3,27 cm artarken dinamik ısınma grubunda yalnızca 0,41 cm artış gözlenmiştir (Akbari vd 2018). Bu çalışmada değerlendirilen bir diğer ısınma protokolü olan PEP ve Harmoknee ile ilgili literatürde yapılan çalışma sayısı diğer FIFA 11+ ve dinamik ısınma protokollerinden çok daha azdır. Yapılan sınırlı sayıda çalışmalardan biri Vescovi vd.'nin 2010 yılında 4 farklı takımında oynayan 58 kadın futbolcu ile yaptığı çalışmadır. Bu çalışmada takımlar kontrol ve PEP grubu olarak iki gruba ayrılmışlar, 12 hafta boyunca haftada 3 gün ısınma protokollerine devam etmişlerdir. Ölçümler, çalışma başında, 6. haftanın sonunda ve 12. haftanın sonunda yapılmıştır. Kontrol grubu sıçrama yüksekliğinde anlamlı bir fark bulunmazken, PEP grubunda ön test ve 12. hafta sonunda anlamlı artış gözlenmiştir ( $p=0.02$ ). FIFA 11+ ısınma programı sonrasında yapılan aktif sıçramada, sıçrama yüksekliğinin diğer ısınma programlarından daha yüksek olmasının sebebi performanstan hemen önce gerçekleştirilen izometrik egzersizlerin gerilme-kısalma döngüsü gibi nöromüsküler faktörleri artırması ile açıklanabileceği düşünülmektedir.

Çalışmada değerlendirilen bir diğer kinematik parametre ise diz açısıdır. Isınmalar sonrasında diz açısının karşılaştırılmasında aktif sıçrama hareketi üç evreye ayrılmıştır. Literatürde nöromüsküler ısınmalar sonrasında diz açısının evrelere ayrılarak karşılaştırıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmamızda elde edilen verilere göre dinamik ısınma, Harmoknee, PEP ve FIFA 11+ ısınma programlarının evreleri arasında istatistiksel farklılıklar bulunmuştur ( $p<0.001$ ). En düşük diz açısı FIFA 11+ ısınmasının ekstansiyon sonu evresinde ( $88.64^{\circ} \pm 7.61^{\circ}$ ), en yüksek diz açısı ise yine FIFA 11+ ısınması  $F_{\text{Maksimum}}$  evresinde ( $148.90^{\circ} \pm 4.44^{\circ}$ ) gözlenmiştir. Fleksiyon sonu, ekstansiyon sonu ve  $F_{\text{Maksimum}}$  evrelerinin her birinde en düşük diz açısı FIFA 11+ programı sonrasında yapılan aktif sıçramaya aittir. Bu çalışmaya benzer şekilde kadın futbolcularda yapılan bir çalışmada, sporcular 3 gruba ayrılmış ve 10 hafta boyunca nöromüsküler ısınma programlarına devam etmişlerdir. Çalışmaya başlamadan önce ve 10 haftanın sonunda kuvvet ve sıçrama parametreleri değerlendirilmiştir. Sıçrama performansları ilk temas, pik diz fleksiyon açısı ve son temas olarak üç evrede

incelenmiştir. İlk temas anında kalça abdüksiyon ve diz fleksiyon açıları anlamlı olarak artarken, pik diz fleksiyon fazında yalnızca kalça abdüksiyon açısında 3,78°'lik artış ile anlamlı bir değişiklik gözlenmiştir (Greska vd 2012). Bir diğer çalışmada, 30 futbolcu 6 hafta boyunca nöromuskuler ısınma programına devam etmişlerdir. Sporcuların sıçrama performansları biyomekanik olarak değerlendirilmiştir. Kuvvet platformu üzerinde gerçekleştirdikleri sıçrama performansları kinematik olarak incelenmiş ve maksimum diz fleksiyon açısını 6 hafta sonunda anlamlı olarak arttığı gözlenmiştir ( $p=0.006$ ) (Chappell vd 2008). FIFA 11+ ısınma programının biyomekanik olarak incelendiği ve bir futbol sezonu boyunca süren bir çalışmada, 69 erkek futbolcu kontrol ve FIFA 11+ grubu olarak iki gruba ayrılmışlardır. Sezona başlamadan önce, sezonun ortasında ve sonunda sıçrama performansında alt ekstremite açı ve moment parametrelerinin nasıl etkilendiği aktif sıçrama testi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen verilere göre her iki grupta dominant pik diz abdüksiyon açısında artış gözlenirken, diz abdüksiyon momentinde bir fark gözlenmemiştir ( $p>0,05$ ). Dominant bacak zirve kalça fleksiyon açısında anlamlı azalma ( $p=0,04$ ) gözlenirken zirve diz fleksiyon açısındaki artış anlamlı değildir (Silvers, 2017). Myer vd 2005 yılında kadın sporcularda PEP'in fiziksel performans ve alt ekstremite biyomekaniğine olan etkilerini inceledikleri çalışmada, maksimal sıçrama yüksekliği 39,9cm'den 43.2cm'ye ( $p<0.001$ ) yükselirken diz fleksiyon açısı sağ bacakta 71,9°'den 76.9°'ye, sol bacakta ise 71.3°'den 77.3°'ye yükselmiştir ( $p<0.001$ ).

Bu çalışmada elde edilen verilere göre fleksiyon sonunda yani sıçramaya başlarken diz açı değerinin küçük olması daha yüksek sıçrama yüksekliği ile ilişkilendirilebilir.

Bu çalışmada değerlendirilen bir diğer kinematik parametre ise alt bacak (ayak bileği-diz) ve üst bacak (diz-kalça) açısal hızlarıdır. Yapılan literatür taramasında nöromuskuler ısınma programlarının etkilerinin araştırıldığı çalışmalarda, açısal hız parametresinin izokinetik dinamometrede belirlenen açısal hızlarda kasın ürettiği kuvveti belirlemek için kullanıldığı belirlenmiştir. Ulaşılan bir çalışmada (Spano vd 2016), nöromuskuler ısınma sonrasında yapılan tek ayak üzerine düşme ve sıçrama performansında diz rotasyonunda bir değişim olup olmadığı araştırılmıştır. Katılımcılar nöromuskuler ısınma grubu ve kontrol grubu olarak iki gruba ayrılmışlar ve düşme performansları 250Hz hızında 12 adet infrared kamera ile kayıt altına alınmıştır. Sagital, frontal ve transvers düzlemlerde diz rotasyon açıları ve hızları dönüşüm formülleri ile hesaplanmıştır. Elde edilen verilere göre, nöromuskuler ısınma grubunda ısınma sonrasında diz açısal hızında ön ve son testler arasında anlamlı fark bulunmuştur ( $p=0,043$ ). Bu çalışmada en yüksek açısal hıza tüm evrelerde ve hem alt

bacak hem de üst bacak üyelerinde, FIFA 11+ ısınma programı sonrasında ulaşıldığı belirlenmiştir. Bir üyenin açısal hızının yüksek olması birim zamanda daha fazla açı taradığının gösterir ki, daha fazla açı taranıyorsa hareketin hızının daha yüksek olduğu söylenebilir (Harman vd 1990). FIFA 11+ ısınması sonrasında ekstansiyon sonu evresindeki açısal hız fleksiyon sonu evresinden daha yüksektir. Bu bağlamda sporcunun kendini daha yüksek bir hızla yukarı ittiği ve sıçrama yüksekliğinin daha fazla olacağı söylenebilir. FIFA 11+ ısınma sonrası sıçrama yüksekliği değerlerinin diğer ısınma programları sonrası değerlerinden yüksek olması açısal hızın yüksek olmasını desteklemektedir.

## 5.2. Kinetik Analizler

Çalışmada toplanan kuvvet verilerinden dikey yönde olan yer tepki kuvveti ( $F_z$ ) evrelere ayrılarak değerlendirilmiştir. Fleksiyon sonu, ekstansiyon sonu ve  $F_{\text{Maksimum}}$  evrelerinin her birinde FIFA 11+ ısınma programı sonrasında futbolcuların yere uyguladıkları kuvvet anlamlı olarak diğer ısınma protokollerinden yüksek bulunmuştur ( $p<0,01$ ). Literatürde nöromusküler ısınmalar sonrasında sıçrama performansı evrelere ayırarak  $F_{\text{Maksimum}}$  karşılaştırmasını yapan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Sıçrama performansı değerlendirilmelerinin yapıldığı çalışmalarda, araştırmacılar performansı farklı şekillerde evrelere bölerek inceleseler de en çok üzerinde durulan evre maksimum kuvvetin olduğu sıçrama sonrası yerle temas anıdır. Yerle ilk temas anının hemen öncesinde alt ekstremit eklemleri düşüşe hazırlanır ve enerjiyi absorbe ederek yaralanmaların önlemesini sağlar. Tonnard vd 1996, düşme sırasında yerle ilk temas anında  $F_z$ 'in vücut ağırlığının 2,3-7,1 katı arasında değişen oranlarda fazla olduğunu belirtmişlerdir. Genel anlamda, sıçrama yüksekliği arttıkça yer tepki kuvvetinin artacağı, bunun yanı sıra yer tepki kuvvetinin sıçramaya başlangıç pozisyonundan yani kalça, diz, bilek eklem açılarından etkilendiği söylenebilir (Hodgson, 2006). Literatürde sıçrama performansında yer tepki kuvvetlerinin incelendiği birçok çalışma mevcuttur. Kovac vd 2000 yaptığı çalışmada düşerek sıçrama ve aktif sıçrama performanslarındaki alt ekstremit kinematik ve kinetiklerinin nasıl değiştiğini incelemiştir. 10 erkek sporcunun katıldığı çalışmada dikey yer tepki kuvvetinin iki keskin pik yaptığını ve ilk pike yaklaşık 0,015s'de ulaştıklarını bulmuşlardır. İlk pikte ulaşılan dikey yer tepki kuvveti aktif sıçramada, düşerek sıçramada ulaşılan kuvvet değerinden yaklaşık 3,4 kat daha fazla yani kuvvet üretimi yaklaşık 3,8 fazla bulunmuştur. İki sıçrama performansı arasında pik kuvvetler açısından anlamlı farklılık olduğu belirtilmiştir ( $p<0,05$ ). Nöromusküler ısınmaların

kinetik parametreleri nasıl değiştirdiğini inceleyen çalışmalarda, genellikle belirlenen bir hareket sırasında yer tepki kuvveti, eklemlere etkiyen kuvvet eklemlerde oluşan moment değerleri ölçülmüştür. 32 kadın basketbolcu ile yapılan bir çalışmada, sporcular 6 hafta süresince modifiye edilmiş FIFA 11+ nöromüskuler ısınma programına devam etmişlerdir. Çalışmaya başlamadan önce ve sonra düşerek sıçrama ve aktif sıçrama performansı gerçekleştirmişler ve bu performanslar esnasında kalça, diz eklemlerine ait kinetik ve kinematik parametreler ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre düşerek sıçramada yalnızca diz ve kalça eklemi maksimum diz fleksiyon momentinde anlamlı azalma gözlenmiştir ( $p=0,04$ ). Aktif sıçrama performansında ise maksimum diz valgus değerleri anlamlı olarak azalmıştır ( $p=0,04$ ). Ölçülen diğer bir parametre ise maksimum yer tepki kuvvetidir. Ancak bu çalışmada, her iki sıçrama performansında da yer tepki kuvveti değerlerinde anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ( $p>0,05$ ). Sıçrama sonrası yere düşüşte, yüksek yer tepki kuvveti ve diz ekleminde yüksek valgus momenti temassız ön çapraz bağ yaralanmaları için belirleyici risk faktörlerindedir (Hewett vd 2005). B risk faktörleri açısından değerlendirildiğinde sıçrama sonrası daha kontrollü bir düşüş ve bununla birlikte daha düşük yer tepki kuvveti yaralanmaların önlenmesi açısından önemlidir. Ancak akut etki değerlendirmesi yapılan bu çalışmada, FIFA 11+ ısınması sonrası uygulanan yer tepki kuvvetinin tüm evrelerde daha yüksek olması, diz fleksiyon açısı ve sıçrama yüksekliği parametreleri ile değerlendirildiğinde sonuçlar birbirini desteklemektedir. Fleksiyonsonu evresindeki diz fleksiyon açısı ekstansiyonsonu evresinden daha küçük ancak aynı evredeki yer tepki kuvveti fleksiyon sonu evresinden daha yüksektir. Böylelikle sporcunun kendisini daha büyük bir kuvvetle yukarı ittiği ve sıçrama yüksekliğinin arttığı söylenebilir. Daha önce yapılan araştırmalarda da belirtildiği gibi sıçrama yüksekliğindeki değerlikler yer tepki kuvvetini etkiler. Ancak nöromüskuler ısınma programlarının düzenli olarak uygulanması ile doğru hareket kalıpları öğrenilerek sıçramada birincil görevi olan kas gruplarına kuvvetin doğru dağılımı ile daha kontrollü ve yumuşak bir düşme yapılabilir. Ancak kontrollü bir düşme gerçekleşmediğinde mekanik olarak beklenen, yerle ilk temas anında yer tepki kuvvetinin de sıçrama yüksekliği arttığıca orantılı olarak artmasıdır. Bu bağlamda FIFA 11+ ısınma programı sonrasında sporcuların daha büyük bir kuvvetle yere düşmeleri, daha düşük diz açısı ile sıçrama hareketini gerçekleştirmeleri ve daha yüksek sıçrama performanslarını FIFA 11+ ısınması sonrasında yapmış olmaları ile açıklanabilir.



### 5.3. Elektromiyografik Analizler

Kinetik ve elektromyografi çalışmalarında aktif sıçrama sırasında hamstring kasında ST ve kuadriseps kasında ise VL kaslarının en aktif kas grubu olduğu, kalça ve diz ekleminde en büyük torku oluşturduğu belirtilmektedir (Sun vd 2015, Schache vd 2011). Bu sebeple, bu çalışmada aktif sıçrama sırasında VL ve ST kas aktivasyonlarını değerlendirilmiştir. Çalışma bulgularına göre, sporcuların dinamik ısınma sonrası aktif sıçrama sırasındaki VL ve ST kas aktivasyon oranları %MİK'ya göre diğer tüm ısınma protokollerinden daha düşüktür. Bu doğrultuda antrenörlere daha yüksek kas aktivasyonuna ulaşmak için antrenman programlarının ısınma bölümünde dinamik ısınma yerine yaralanma önleyici nöromuskuler ısınma programlarından PEP, Harmoknee veya FIFA 11+'dan herhangi birini kullanmaları önerilebilir. Ayrıca, çalışmanın bir diğer bulgusu ise FIFA 11+ ısınması sonrasında yapılan sıçrama performansında VL ve ST kaslarının PEP ve Harmoknee ısınmalarına kıyasla daha yüksek kas aktivasyonlarına sahip olduğudur ( $p < 0,001$ ). Literatür incelemesinde, FIFA 11+, Harmoknee veya PEP nöromuskuler ısınma programlarının akut EMG cevabını inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Literatürde yer alan bazı çalışmalar, nöromuskuler ısınmaların sıçrama hareketi sırasında kas aktivasyonunu nasıl etkilediğini araştırmıştır. Çalışmamıza benzer olarak nöromuskuler ısınmanın VL ve ST kas aktivasyonlarına etkisinin araştırıldığı, 15-16 yaşları arasında 40 kadın basketbolcunun katılımı ile gerçekleşen bir çalışmada, sporcular rastgele olarak nöromuskuler antrenman grubu ve kontrol grubu olarak iki gruba ayrılmışlardır. Nöromuskuler ısınma grubunda yer alan sporcular haftada 3 gün, 12 hafta boyunca dinamik ısınma yerine yaralanma önleyici nöromuskuler ısınma programına devam etmişlerdir. Sporcuların çalışmaya başlamadan önce ve 12 haftanın sonunda yana kayma hareketi sırasında VL ve ST kas aktivasyon değerleri ölçülmüştür. Elde edilen verilere göre nöromuskuler ısınma grubundaki sporcuların kas aktivasyon verileri kontrol grubunda yer alan sporcuların kas aktivasyon değerlerinden anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ( $p < 0,001$ ) (Zebis vd 2016). 22 futbolcu ile yapılan bir çalışmada, sporcular FIFA 11+ ve dinamik ısınma grubu olarak iki gruba ayrılmışlardır. Her iki grubun statik denge, sıçrama ve vastus medialis ve rektus femoris kaslarına ait en yüksek istemli kasılma değerleri ön test ölçümleri alınmıştır. Isınmalar bittikten hemen sonra, 10 dk, 20 dk ve 30 dk sonra ölçümler tekrarlanmıştır. Elde edilen bulgulara göre FIFA 11+ ısınmasından hemen en yüksek istemli kasılma değerleri ön teste göre düşük bulunurken, 10 dk, 20 dk, 30 dk dinlenme sonrasında

arttığı gözlenmiştir. Ancak gruplar arası değerlendirmede anlamlı bir fark bulunmamıştır ( $p>0,005$ ) (Chen vd 2018).

Bu çalışmada, diğer çalışmalardan farklı olarak EMG verileri kinetik verilere göre fleksiyon sonu, ekstansiyonsonu ve  $F_{\text{Maksimum}}$  olacak şekilde evrelere ayrılarak incelenmiştir. Çalışma bulguları en yüksek kas aktivasyonlarının hem VL hem de ST kasları için evrelere göre değerlendirildiğinde, en yüksek aktivasyonlarına  $F_{\text{Maksimum}}$  evresinde ulaştığını göstermektedir. Bunun gerekçesi olarak sıçrama sonrası ayakların yerle temas ettiği ilk evrenin  $F_{\text{Maksimum}}$  evresi olduğu ve bu evredeki yüksek aktivasyonun kontrollü bir düşmeyi sağladığı söylenebilir. Bir diğer bulgu ise tüm evrelerde FIFA 11+ ısınma programı sonrasında VL ve ST kas gruplarına ait kas aktivasyonlarının diğer ısınma programlarından daha yüksek olduğudur ( $p<0,001$ ). Tüm evrelerde FIFA 11+ ısınma protokolünün daha yüksek kas aktivasyonu oluşturmasının gerekçesi sıçrama hareketinin hazırlık evresinden başlayarak düşüşe kadar geçen sürede kasların artan bir aktivasyon göstermesi ve yere düşme anı ile birlikte normal durumlarında dönmeye başlamasıdır. Yapılan çalışmalar yüksek kas aktivasyonunun, kas içi kontrol ve kaslar arası koordinasyonun yüksekliği ile ilişkili olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte kas aktivasyonunun yüksek olması kasların hazır bulunuşluğuna ve daha yüksek performans sergilemesine katkı sağlamaktadır.

Biyomekanik açıdan değerlendirildiğinde kinematik parametreler kinetik parametreleri etkilemektedir. Kas aktivasyonu ise hem kinetik hem de kinematik parametrelerini etkiler. Yapılan çalışma sonucunda FIFA 11+ ısınma programı sonrasında gerçekleştirilen sıçrama hareketinde sporcuların diğer ısınmalardan daha küçük diz fleksiyon açısı ile harekete başladığı, alt ve üst bacak açısal hızlarının daha yüksek olduğu ve  $F_{\text{max}}$  anında yer tepki kuvvetinin diğer ısınma programları arasında en yüksek değere ulaştığı görülmektedir. Diz açısının küçük olması ekzantrik evredeki (fleksiyon sonu evresi) kas gerim kuvvetinin daha yüksek olması ve konsantrik evreye (ekstansiyon sonu evresi) daha büyük bir kuvvet aktarılması ile açıklanabilir. Sporcu daha büyük bir kuvvetle kendini yukarı iter ve sıçrama yüksekliği de daha yüksek olur. Bu bağlamda, alt ve üst bacak açısal hızlarının daha yüksek olması ve fleksiyon sonu evresinden ekstansiyon sonu evresine geçiş süresinin daha kısa olması sebebiyle FIFA 11+ ısınma protokolü sonrasında sıçrama performansının daha hızlı gerçekleştiğini söyleyebiliriz. Kinetik ve kinematik parametrelerde elde ettiğimiz bu sonuçları VL ve ST kas aktivasyon değerlerinin de FIFA 11+ programı sonrasında diğer ısınmalardan daha yüksek olması ile açıklanabilir.

## 6. SONUÇ

Bu çalışma bulgularına göre, gerek performans gerekse de biyomekanik ve nöromüsküler çıktılar açısından hem yaralanmayı önlemede hem de akut daha yüksek sıçrama performansı elde etmek için geleneksel olarak uygulanan dinamik ısınma yerine PEP, Harmoknee veya FIFA 11+ yaralanma önleyici ısınma programlarından biri tercih edilebilir. Bununla birlikte PEP, Harmoknee ve FIFA 11+ ısınmaları içerisinde daha yüksek performans ve kas aktivasyon çıktılarına ulaşılan FIFA 11+ ısınma protokolünün tercih edilmesi tavsiye edilmektedir.

Bunun gerekçesi olarak birkaç farklı sebep gösterilebilir. Bunlardan biri, farklı egzersizlerin bir araya gelmesinden oluşan (bench, tek ayak denge, skuat, sıçramalar vb.) çok bileşenli bir ısınma programı olan FIFA 11+; kor bölge, kalça ve bacak kaslarının aktivasyonunun artmasını sağlayarak nöromüsküler kontrolü geliştirir. Bunun yanı sıra diğer nöromüsküler ısınma programlarından farklı olarak nordic hamstring curl ve pliometrik egzersizlerin dikey sıçrama performansını doğrudan ilişkili olduğu gerilme kısımla döngüsünün gelişmesinde etkili olduğu söylenebilir.

## 7. KAYNAKLAR

Agel, J., Arendt, E. A., Bershadsky, B. (2005). Anterior cruciate ligament injury in national collegiate athletic association basketball and soccer: a 13-year review. *The American journal of sports medicine*, 33(4), 524-531.

Akbari, H., Sahebozamani, M., Daneshjoo, A., & Amiri-Khorasani, M. (2018). Effect of the FIFA 11+ programme on vertical jump performance in elite male youth soccer players. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 7(2), 17.

Arundale, A. J., Silvers-Granelli, H. J., Marmon, A., Zarzycki, R., Dix, C., Snyder-Mackler, L. (2018). Changes in biomechanical knee injury risk factors across two collegiate soccer seasons using the 11+ prevention program. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(12), 2592-2603

Avedesian, J. M., Judge, L. W., Wang, H., & Dickin, D. C. (2018). The biomechanical effect of warm-up stretching strategies on landing mechanics in female volleyball athletes. *Sports biomechanics*.

Ayala, F., Calderón-López, A., Delgado-Gosálbez, J. C., Parra-Sánchez, S., Pomares-Noguera, C., Hernández-Sánchez, S., De Ste Croix, M. (2017). Acute effects of three neuromuscular warm-up strategies on several physical performance measures in football players. *PloS one*, 12(1).

Ayala, F., & De Ste Croix, M. B. (2017). Training effects of the FIFA 11+ and harmokneeon several neuromuscular parameters of physical performance measures. *Internationaljournal of sports medicine*, 38(4), 278-289.

Balestra, G., Frassinelli, S., Knaflitz, M., & Molinari, F. (2001). Time-frequency analysis of surface myoelectric signals during athletic movement. *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 20(6), 106-115.

Blackburn, J. T., & Padua, D. A. (2009). Sagittal-plane trunk position, landing forces, and quadriceps electromyographic activity. *Journal of athletic training*, 44(2), 174-179.

Blazevich, A. J., Horne, S., Cannavan, D., Coleman, D. R., & Aagaard, P. (2008). Effect of contraction mode of slow-speed resistance training on the maximum rate of force development in the human quadriceps. *Muscle & Nerve: Official Journal of the American Association of Electrodiagnostic Medicine*, 38(3), 1133-1046.

Bloomfield, J., Polman, R., & O'Donoghue, P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *Journal of sports science & medicine*, 6(1), 63.

Bizzini, M., Impellizzeri, F. M., Dvorak, J., Bortolan, L., Schena, F., Modena, R., Junge, A. (2013). Physiological and performance responses to the "FIFA 11+"(part 1): is it an appropriate warm-up?. *Journal of sports sciences*, 31(13), 1481-1490.

Bosco, C., Tihanyi, J., Komi, P.V., Fekete, G. & Apor, P. (1982). Store and recoil of elastic energy in slow and fast types of human skeletal muscles. *Acta Physiol Scand*. 116(4), 343-49.

Brown, C., Yu, B., Kirkendall, D., & Garrett, W. (2007). Effects of increased body mass index on lower extremity motion patterns in a stop-jump task. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical*, 37(2).

Burkhart, B., Ford, K. R., Myer, G. D., Heidt Jr, R. S., Hewett, T. E. (2008). Anterior cruciate ligament tear in an athlete: does increased heel loading contribute to ACL rupture?. *North American journal of sports physical therapy: NAJSPT*, 3(3), 141

Chappell, J. D., Creighton, R. A., Giuliani, C., Yu, B., & Garrett, W. E. (2007). Kinematics and electromyography of landing preparation in vertical stop-jump: risks for noncontact anterior cruciate ligament injury. *The American journal of sports medicine*, 35(2), 235-241.

Chen, Y., Lai, W, Hou, C., Chen, C., Chiu, Y., Bezerra P. (2018). Effect of post warm-up resting interval on static and dynamic balance, and maximal muscle strength followed by the FIFA 11+ and dynamic warm-up exercises. *The Journal of sports medicine and physical fitness*.

Cohen J. (1988) *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Hillsdale, NJ: Erlbaum Associates, pp. 567.

Clarys JP. (2000). Electromyography in sports and occupational settings: an update of its limits and possibilities. *Ergonomics*, 43,1750-62.

Cormie, P., McBride, J. M., & McCaulley, G. O. (2009). Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis of the countermovement jump: impact of training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 177-186.

Dai, B., Mao, D., Garrett, W. E., & Yu, B. (2014). Anterior cruciate ligament injuries in soccer: Loading mechanisms, risk factors, and prevention programs. *Journal of Sport and Health Science*, 3(4), 299-306.

Daneshjoo, A., Mokhtar, A. H., Rahnema, N., & Yusof, A. (2013). Effects of the 11+ and Harmoknee warm-up programs on physical performance measures in professional soccer players. *Journal of sports science & medicine*, 12(3), 489.

Dargo, L., Robinson, K. J., & Games, K. E. (2017). Prevention of knee and anterior cruciate ligament injuries through the use of neuromuscular and proprioceptive training: an evidence-based review. *Journal of athletic training*, 52(12), 1171-1172

De Luca C.J. (1997). The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of Applied Biomechanics*, 13,135- 63.

Dvorak, J. (2015). Efficacy of the FIFA 11+ injury prevention program in the collegiatemale soccer player. *The American journal of sports medicine*, 43(11), 2628-2637.

Fernandez, W. G., Yard, E. E., Comstock, R. D. (2007). Epidemiology of lower extremity injuries among US high school athletes. *Academic emergency medicine*, 14(7), 641-645.

Fox, E.L., Bowers, R.W. ve Foss, M.C. (1999). Beden Eğitimi ve Sporun Fizyolojik Temelleri. Çev:M. Cerit. Hakan Yaman (Eds). *Ankara: Bağırğan Yayınevi*.

Fullam, K., Caulfield, B., Coughlan, G. F., & Delahunt, E. (2014). Kinematic analysis of selected reach directions of the Star Excursion Balance Test compared with the Y-Balance Test. *Journal Of Sport Rehabilitation*, 23(1), 27-35.

Gee, T. I., Morrow, R. A., Stone, M. R., & Bishop, D. C. (2020). A neuromuscular training program enhances dynamic neuromuscular control and physical performance in court-sport athletes. *Translational Sports Medicine*, 3(1), 9-15.

Gerleman, D. G., ve Cook, T. M. (1992). Selected Topics in Surface Electromyography for Use in the Occupational Setting: Expert Perspectives-Chapter 4: Instrumentation. *US Department of Health and Human Services*.

Greska, E. K., Nelson Cortes, D., Van Lunen, B. L., & Oñate, J. A. (2012). A feedback inclusive neuromuscular training program alters frontal plane kinematics. *Journal Of Strength And Conditioning Research*, 26(6), 1609.

Griffin, L. Y., Agel, J., Albohm, M. J., Arendt, E. A., Dick, R. W., Garrett, W. E., Wojtys, E. M. (2000). Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 8(3), 141-150.

Grooms, D. R., Palmer, T., Onate, J. A., Myer, G. D., & Grindstaff, T. (2013). Soccer-specific warm-up and lower extremity injury rates in collegiate male soccer players. *Journal Of Athletic Training*, 48(6), 782-789.

Häggglund, M., Waldén, M., & Ekstrand, J. (2013). Risk factors for lower extremity muscle injury in professional soccer: the UEFA Injury Study. *The American journal of sports medicine*, 41(2), 327-335.

Hakkinen, K., Komi, P.V. & Kauhanen, H. (1986). Electromyographic and forceProduction characteristics of leg extensor muscle of elite weight lifters during isometric concentric and various SSC exercises. *Int J Sports Med*. 7(3), 144-51.

Hammes, D., Aus der Fünten, K., Kaiser, S., Frisen, E., Bizzini, M., & Meyer, T. (2015). Injury prevention in male veteran football players—a randomised controlled trial using “FIFA 11+”. *Journal of sports sciences*, 33(9), 873-881.

Harman, E. A., Rosenstein, M. T., Frykman, P. N., & ROsenStein, R. M. (1990). The effects of arms and countermovement on vertical jumping. *Med Sci Sports Exerc*, 22(6), 825-833.

Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., & Slauterbeck, J. R. (2007). Dynamic neuromuscular analysis training for preventing anterior cruciate ligament injury in female athletes. *Instructional Course Lectures*, 56, 397-406.

Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Heidt Jr, R. S., Colosimo, A. J., McLean, S. G., Succop, P. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. *The American Journal Of Sports Medicine*, 33(4), 492-501.

Hodgson, B. (2006). The effect of an injury prevention training program on selected kinetic and kinematic variables associated with landing from a vertical jump in women's collegiate soccer players. *Georgia State University*.

Hunter, G.R. (1994). Muscle physiology. Thomas R. Baechle (Eds). Essentials of Strength Training and Contitioning. (pp 6-9) Champaign: *Human Kinetics Books*.

Kiani, A., Hellquist, E., Ahlqvist, K., Gedeberg, R., Byberg, L. (2010). Prevention of soccer-related knee injuries in teenaged girls. *Archives Of Internal Medicine*, 170(1), 43-49.

Komi, P.V. (2000). SSC: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *JBiomech*. 33,1197-1206.

Leveau, B., & Andersson, G. (1992). Output forms: Data Analysis and Applications. Selected Topics in Surface Electromyography for Use in the Occupational Setting: Expert Perspectives. *National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)*, 70-95.

Lim, B. O., Lee, Y. S., Kim, J. G., An, K. O., Yoo, J., & Kwon, Y. H. (2009). Effects of sports injury prevention training on the biomechanical risk factors of anterior cruciate ligament injury in high school female basketball players. *The American Journal Of Sports Medicine*, 37(9), 1728-1734.

Lloyd, David G., Thomas S. Buchanan, and Thor F. Besier.(2005) "Neuromuscular biomechanical modeling to understand knee ligament loading." *Medicine and science in sports and exercise* 37.11: 1939-1947.

Louw, Q. A., Manilall, J., & Grimmer, K. A. (2008). Epidemiology of knee injuries among adolescents: a systematic review. *British journal of sports medicine*, 42(1), 2-10.

McMahon, J. J., Suchomel, T. J., Lake, J. P., & Comfort, P. (2018). Understanding the key phases of the countermovement jump force-time curve. *Strength & Conditioning Journal*, 40(4), 96-106.

Malý, P. ve Lopot, F. (2014). QUALISYS system applied to industrial testing. In *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 486, pp. 135-140). *Trans Tech Publications Ltd*.

Mandelbaum, B. R., Silvers, H. J., Watanabe, D. S., Knarr, J. F., Thomas, S. D., Griffin, L. Y., Garrett Jr, W. (2005). Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive

training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up. *The American journal of sports medicine*, 33(7), 1003-1010.

Merletti, R., ve Parker, P. J. (Eds.). (2004). *Electromyography: Physiology, Engineering, And Non-Invasive Applications* (Vol. 11). John Wiley & Sons.

Morrow, R. (2019). An 8 week neuromuscular training programme reduces the risk of ACL injury and increases athletic performance variables in female court sport athletes (Doctoral dissertation, *University of Lincoln*).

Myer, G. D., Ford, K. R., Palumbo, O. P., Hewett, T. E. (2005). Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 51-60.

Myer, G. D., Sugimoto, D., Thomas, S., Hewett, T. E. (2013). The influence of age on the effectiveness of neuromuscular training to reduce anterior cruciate ligament injury in female athletes: a meta-analysis. *The American Journal Of Sports Medicine*, 41(1), 203-215.

Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I., & Bahr, R. (2003). Relationship between floor type and risk of ACL injury in team handball. *Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports*, 13(5), 299-304.

Olsen, O. E., Myklebust, G., Engebretsen, L., & Bahr, R. (2004). Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *The American Journal Of Sports Medicine*, 32(4), 1002-1012.

Pasanen, K., Parkkari, J., Pasanen, M., & Kannus, P. (2009). Effect of a neuromuscular warm-up programme on muscle power, balance, speed and agility: a randomised controlled study. *British Journal Of Sports Medicine*, 43(13), 1073-1078.

Peters, M. (2019), *Everyday sports injuries*. DK Publishing (Dorling Kindersley).

Pomares-Noguera, C., Ayala, F., Robles-Palazón, F. J., Alomoto-Burneo, J. F., López-Valenciano, A., Elvira, J. L., De Ste Croix, M. (2018). Training effects of the FIFA 11+ kids on physical performance in youth football players: a randomized control trial. *Frontiers In Pediatrics*, 6, 40.

Qualisys Track Manager. Erişim: 21 Kasım 2020, <http://www.qualisys.com/software/qualisys-track-manager/>

Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S. M., Bravo, D. F., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *International journal of sports medicine*, 28(03), 228-235.

Reaz, M. B. I., Hussain, M. S., & Mohd-Yasin, F. (2006). Techniques of EMG signal analysis: detection, processing, classification and applications. *Biological Procedures Online*, 8(1), 11-35.

Relph N, Herrington L, Tyson S (2014) The effects of ACL injury on knee proprioception: a meta-analysis. *Physiotherapy* 100: 187-195.



Salahzadeh, Z., Maroufi, N., Salavati, M., Mortaza, N. (2013) The investigation of the proprioception in patients with patello femoral pain: using the sense of force accuracy. **Health MED**, 7 (2), 657-665.

Salmon, L., Russell, V., Musgrove, T., Pinczewski, L., & Refshauge, K. (2005). Incidence and risk factors for graft rupture and contralateral rupture after anterior cruciate ligament reconstruction. **Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery**, 21(8), 948-957.

Schmikli, S. L., De Vries, W. R., Inklaar, H., & Backx, F. J. (2011). Injury prevention target groups in soccer: injury characteristics and incidence rates in male junior and senior players. **Journal Of Science And Medicine In Sport**, 14(3), 199-203.

Schache, A. G., Blanch, P. D., Dorn, T. W., Brown, N. A., Rosemond, D., & Pandy, M. G. (2011). Effect of running speed on lower limb joint kinetics. **Med Sci Sports Exerc**, 43(7), 1260-1271. doi:10.1249/MSS.0b013e3182084929

Schelling, X., ve Torres-Ronda, L. (2016). An integrative approach to strength and neuromuscular power training for basketball. **Strength & Conditioning Journal**, 38(3), 72-80.

Silvers-Granelli, H. (2017). *Injury prevention in the athlete: investigation of the efficacy and the biomechanics of a neuromuscular training program in collegiate soccer players* (Doktora tezi, **University of Delaware**).

Sole, C. J., Mizuguchi, S., Sato, K., Moir, G. L., & Stone, M. H. (2018). Phase characteristics of the countermovement jump force-time curve: A comparison of athletes by jumping ability. **The Journal of Strength & Conditioning Research**, 32(4), 1155-1165.

Spanó, N. V., Mariano, F. P., Andrade, V. L. D., Bedo, B. L. D. S., Vieira, L. H. P., Santiago, P. R. P. (2016). Neuromuscular training effect on knee rotation during drop landing in women. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, 22(2), 92-96.

Sun, Y., Wei, S., Zhong, Y., Fu, W., Li, L., & Liu, Y. (2015). How joint torques affect hamstring injury risk in sprinting swing-stance transition. **Med Sci Sports Exerc**, 47(2), 373-380. doi:10.1249/mss.0000000000000404

Thonnard, J. L., Bragard, D., Willems, P. A., & Plaghki, L. (1996). Stability of the braced ankle: a biomechanical investigation. **The American Journal Of Sports Medicine**, 24(3), 356-361.

Van Beijsterveldt, A. M. C., van der Horst, N., van de Port, I. G., & Backx, F. J. (2013). How effective are exercise-based injury prevention programmes for soccer players?. **Sports Medicine**, 43(4), 257-265.

Vescovi, J. D., & VanHeest, J. L. (2010). Effects of an anterior cruciate ligament injury prevention program on performance in adolescent female soccer players. **Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports**, 20(3), 394-402.

Yoo, J. H., Lim, B. O., Ha, M., Lee, S. W., Oh, S. J., Lee, Y. S., & Kim, J. G. (2010). A meta-analysis of the effect of neuromuscular training on the prevention of the anterior cruciate ligament injury in female athletes. **Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy**, 18(6), 824-830.

Yu, B., & Garrett, W. E. (2007). Mechanisms of non-contact ACL injuries. *British journal of sports medicine*, 41(suppl 1), i47-i51.

Zebis, M. K., Andersen, L. L., Brandt, M., Myklebust, G., Bencke, J., Lauridsen, H. B., Aagaard, P. (2016). Effects of evidence-based prevention training on neuromuscular and biomechanical risk factors for ACL injury in adolescent female athletes: a randomised controlled trial. *British Journal Of Sports Medicine*, 50(9), 552-557.

## ÖZGEÇMİŞ

## **EKLER**

- Ek-1: Pamukkale Üniversitesi Etik Kurul Karar**
- Ek-2. Bilgilendirilmiş Veli Onam Formu**
- Ek-3. Resim Çekimi ve Kullanımı Yayın Hakkı Devir Sözleşmesi Formu**

## Ek-1. Pamukkale Üniversitesi Etik Kurul Kararı

Evrak Tarih ve Sayısı: 14.07.2021-E.77813



T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : E-60116787-020-77813  
Konu : Başvurunuz Hk.

Sayın Doç. Dr. Ahmet ALPTEKİN

İlgi : 05/07/2021 tarihli dilekçeniz. *10.125.1.62*  
*103*

İlgi dilekçe ile başvurmuş olduğunuz *26.07.2021* "**Genç Erkek Futbolcularda Farklı Isınma Protokollerinin Değiştirilebilir Yaralanma Risk Faktörleri Üzerine Akut Etkisi**" konulu çalışmanızdaki değişiklik talebiniz **13.07.2021 tarih ve 13 sayılı** kurul toplantımızda görüşülmüş olup,

Yapılan görüşmelerden sonra; söz konusu çalışmanızın adının "**Genç Futbolcularda Farklı Nöromuskuler Isınma Protokolleri Sonrasında Yapılan Aktif Sıçrama Performansının Biyomekanik Parametreler Üzerine Etkisi**" olarak değiştirilmesinde **ETİK AÇIDAN SAKINCA OLMADIGINA**, altı ayda bir çalışma hakkında Kurulumuza bilgi verilmesine oy birliği ile karar verilmiştir.

Bilgilerinizi rica ederim.

Prof. Dr. Tahir TURAN  
Başkan



## Ek-2. Bilgilendirilmiş Veli Onam Formu

### PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ ETİK KURULU BAŞKANLIĞINA

#### BİLGİLENDİRİLMİŞ ONAM FORMU

Bu araştırmada sporcuların nöromüsküler ısınma protokolleri ve dinamik ısınma protokolü sonrasında `gerçekleştirdikleri aktif sıçrama performansları sırasında; üst bacağın fleksiyon ve ekstansiyon hareketinde rol oynayan kasların ((Vastus Lateralis (VL) ve Semitendinosus (ST)) kassal aktivasyon parametreleri; diz fleksiyon açısı, sıçrama yüksekliğini içeren kinematik parametreler ve yer tepki kuvvetlerini içeren kinetik parametreler incelenecektir. Bu amaçla sporculardan aktif sıçrama testi yapmaları istenecektir. Çalışmanın yapılabilmesi için Pamukkale Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurul'dan yazılı izin alınacaktır.

Çalışmaya katılmanız ve doğru yanıtlar vermeniz araştırma sonuçlarının doğruluğunu etkileyecektir. Vereceğiniz cevaplar bu çalışma dışında hiçbir yerde kullanılmayacak ve gizli tutulacaktır. Bu çalışmaya katılmayı reddetme ve hiçbir neden göstermeksizin, istediğiniz zaman araştırmadan ayrılma hakkına sahipsiniz. Katılımınız için teşekkür ederiz.

**Gönüllünü:**  
**Adı Soyadı:**  
**İmza:**

**Gönüllü Velisinin/Vasisinin:**  
**Adı Soyadı:**  
**İmza**

**Bilgilendiren Araştırmacı**  
**Adı Soyadı:**  
Arş. Gör. Özlem Köklü  
**Adres:** Pamukkale Üniversitesi, Spor  
Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu  
**İletişim:** 05330182492  
**İmza:**

### **Ek-3. Resim Çekimi ve Kullanımı Yayın Hakkı Devir Sözleşmesi Formu**

#### **Resim Çekimi ve Kullanımı Yayın Hakkı Devir Sözleşmesi Formu**

Çalışma sırasında çekilmiş fotoğraflarımın gereği halinde, kimlik bilgilerim verilmeyecek şekilde GÖZLERİ AÇIK/KAPALI olarak bilimsel çalışmalar, tezler, eğitim faaliyetleri ve bilimsel yayınlar için kullanılmasına İZİN VERDİĞİMİ beyan ederim.

Akademik çalışmalarda yayınlanacak resimlerimin yazım ve yayın kurallarına uygun olarak hazırlanıp sunulmasından Proje yürütücüsü sorumludur (21/11/2020).

Gönüllü Adı Soyadı:

İzni veren kişi (Gönüllü / Hasta ya da velisi / vasisi)\*

Adı Soyadı:

İMZA:

PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ

Adı Soyadı: Doç. Dr. Ahmet Alptekin

İMZA:

\*NOT: Reşit olmayan bireyler adına aileleri tarafından imzalanacaktır.