



T.C.
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı
Beden Eğitimi ve Spor Öğretimi Doktora Programı

**FUTBOLDA FARKLI SAHA ZEMİNLERİNİN KAS HASARI
ÜZERİNE ETKİSİ**

Aydın KARABULAK
Doktora Tezi

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Cem Sinan ASLAN

Burdur, 2022

T.C.
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Eğitim Bilimleri Enstitüsü
Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı
Beden Eğitimi ve Spor Öğretimi Doktora Programı

**FUTBOLDA FARKLI SAHA ZEMİNLERİNİN KAS HASARI
ÜZERİNE ETKİSİ**

Aydın KARABULAK
Doktora Tezi

Tez Danışmanı
Doç. Dr. Cem Sinan ASLAN

Burdur, 2022

Bu çalışma Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından **0698-DR-21** nolu proje numarası ile desteklenmiştir.



MAKÜ EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA JÜRİ ONAY FORMU

Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 30.06.2020 tarih ve 344 / 1 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 01.07.2020 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Aydın KARABULAK'ın "Futbolda Farklı Saha Zeminlerinin Kas Hasarı Üzerine Etkisi" konulu tez çalışması Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı'nda DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

ÜYE (TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Cem Sinan ASLAN

ÜYE: Prof.Dr. Emrah ATAY

ÜYE: Doç. Dr. Sezgin KORKMAZ

ÜYE: Doç. Dr. Mahmut Alp

ÜYE: Doç. Dr. Gürhan SUNA

M.A.K.Ü Eğitim Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../.....
tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA / MÜHÜR

BİLDİRİM

Tez yazma sürecinde bilimsel ve etik ilkelere uyduğumu, yararlandığım tüm kaynakları kaynak gösterme ilkelerine uygun olarak kaynakçada belirttiğimi ve bu bölümler dışındaki tüm ifadelerin şahsıma ait olduğunu taahhüt edip, tezimin kaynak göstermek koşuluyla aşağıda belirttiğim şekilde fotokopi ile çoğaltılmasına izin veriyorum.

☒ [X] Tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

☐ [] Tezim sadece Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.

☐ [] Tezimin yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin tamamı her yerden erişime açılabilir.

Aydın KARABULAK

Tarih

İmza

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapılma aşamasında sporculardan kan alınması, kanların laboratuvara taşınması ve sporculara destek sağlanması konusunda Uzman Fatma AKSÖZ, Sema DAL ATİLLA'ya ve Serpil KARABULAK'a teşekkür ederim.

Çalışmanın sahade planlanması, tasarlanması ve antrenmanların yapılma aşamasında katkı veren Öğr. Gör. Abdullah ARISOY'a ve Öğr. Gör. Sinan GÖKBEL'e, saha görevlileri Abdullah ÇELİK ve Turan GÖL'e teşekkür ederim.

Antrenmanlara ve çalışmaları her aşamasına gönüllü olarak katılan Süleyman Demirel Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Spor Bilimleri Bölümü Futbol Uzmanlık Öğrencilerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmanın laboratuvar ortamında kanların analiz edilmesi ve saklanması konusunda yardımcı olan Süleyman Demirel Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Araştırma Uygulama Hastanesi Klinik Biyokimya Ana Bilim Dalı başkanı Prof. Dr. Duygu KUMBUL DOĞUÇ'a, Biolog Muammer DEMİRBAŞ'a, Hemşire Rabia ÇINAR'a ve Laboratuvarı çalışanlarına teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmanın en iyi şekilde ifade edilebilmesini sağlayan, istatistik değerlendirmesinde her türlü yardımı yapan danışmanım Doç.Dr. Cem Sinan ASLAN'a ve Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Temel Tıp Bilimleri Bölümü Biyoistatistik Ve Tıbbi Bilişim Anabilim Dalı Dr.Öğr. Üyesi Osman GÜRDAL'a teşekkür ederim.

Çalışmanın planlanmasında, hazırlanmasında, uygulanmasında, raporlandırılmasında desteklerini esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Cem Sinan ASLAN'a, teşekkür ederim.

0698-DR-21 numaralı ve "Futbolda Farklı Saha Zeminlerinin Kas Hasarı Üzerine Etkisi" adlı Projenin gerçekleşmesinde her türlü katkı sağlayan burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü Müdürlüğüne ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Bu yola çıktığımdan beri sevgi ve desteklerini esirgemeyen aileme, sevgili eşim Serpil, kızım Beliz ve oğlum Yolaç Ziya KARABULAK'a sonsuz teşekkür ederim.

Futbolda Farklı Saha Zeminlerinin Kas Hasarı Üzerine Etkisi (Doktora Tezi)

Aydın KARABULAK

ÖZ

Bu çalışmanın amacı, futbolda farklı saha zeminlerinin kas hasarı üzerine olan etkisinin incelenmesidir.

Bu çalışma, ortalama yaşları $21,63 \pm 1,11$ yıl, boyları $179,26 \pm 5,78$ cm, vücut ağırlığı $73,73 \pm 9,14$ kg ve antrenman yaşları $9,47 \pm 1,89$ yıl aralığında olan 19 aktif erkek futbolcu ile gerçekleştirilmiştir. Kas hasarının tespitinde, kreatin kinaz (CK), laktat dehidrogenaz (LDH), aspartat aminotransferaz (AST) ve troponin T (TnT) antrenman öncesi, antrenman sonrası, antrenmanın 24 ve 72 saat sonrası olmak üzere hem çim zeminde hem suni zeminde yapılan antrenmanlar sonucunda sporculardan toplamda sekiz kez kan alınarak saha zeminine bağlı antrenmanda oluşan kas hasarı değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda elde edilen verilerin normal dağılıp dağılmadığını belirlemek için yapılan Shapiro-Wilk normallik testine göre veriler normal dağılım göstermediğinden grupların karşılaştırılması için Non-Parametrik Friedman's testi kullanılmıştır. Çalışmada zaman faktörünün dört seviyesi ve zemin faktörünün iki seviyesi mevcuttur. Faktörlerin seviye ortalamaları farklılıklarının belirlenmesinde Bonferroni Post-Hoc testi kullanıldı. Bu nedenle iki farklı zeminde aynı zamanlarda alınan kan örneklerinin karşılaştırılması için Non-Parametrik Mann-Whitney U testi kullanılmıştır. Tüm istatistiksel hesaplamalar Windows için yazılmış SPSS 26 paket programı kullanılarak yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, LDH, AST, CK ve TnT seviyelerinde kendi içinde hem çim zeminde hem de suni zeminde zaman aralıklarında anlamlı bir farklılık gözlenmiştir ($p < 0.05$). Zeminler, zaman aralıkları içinde, birbirleriyle karşılaştırıldıklarında LDH bakımından 24 saat sonraki değerlerinde ve TnT için antrenman öncesi ve 72 saat sonraki değerlerinde anlamlı bir farklılık gözlenmişken ($p < 0.05$), diğer zamanlar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p > 0.05$).

Sonuç olarak; antrenmanlardan sonra futbolcularda kas hasarı meydana gelmekte fakat zemin değişkenine göre genelde anlamlı farkların oluşmadığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Futbol, Kas Hasarı, Saha Zeminleri.

Sayfa Adedi: 131

Danışman: Doç.Dr. Cem Sinan ASLAN

**The Effect of Different Field Grounds on Muscle Damage in Soccer
(Doctorate Thesis)**

Aydın KARABULAK

ABSTRACT

This study aims to inquire into the effect of different turf fields on muscle damage. This study was carried out with nineteen active male soccer players whose approximate age varies in 21.63 ± 1.11 years, 179.26 ± 5.78 cm in height, 73.73 ± 9.14 kg in weight and 9.47 ± 1.89 years in training. In the detection of the muscle damage; in which CK, LDH, AST and TnT were put into practice pre-training & post-training and 24 to 72 hours after the training, blood was drawn from the athletes eight times in total. The damage dependently resulted in by the training due to the ground was evaluated thanks to the exercises performed on both grass and artificial field. In regard to the measurements conducted, inasmuch as most of the data of normalcy tests did not present normal distribution in compliance with the Shapiro-Wilk test, Non-Parametric Friedman's test was implemented. There exist four levels of time and two levels of ground factor. Bonferroni Post-Hoc test was carried out to determine the differences in the levels of these factors. Wherefore, Non-Parametric 2 Independent Mann-Whitney (?) test was made for the comparison of blood samples taken at the same time in two different fields. The entire statistical calculations were carried off by SPSS 26 Software which was created for Windows.

According to the data gathered, both on grass and artificial fields, it has been observed a significant difference in the time intervals on the levels of LDH, AST, CK and TnT inter se. When the fields were compared to one another in regard to their time intervals, a significant difference was seen in the values of LDH after 24 hours & pre-training TnT values and 72 hours after-training values; on the other time intervals, per contra, there has not been a significant difference observed.

Consequently, soccer players have been experiencing muscle damage after training; however, the analysis of data indicated that any meaningful differences in muscle damage do not exist between natural grass and sentetic grounds.

Keywords: Fields, Muscle Damage, Soccer.

Page Number: 131

Supervisor: Doç.Dr. Cem Sinan ASLAN

İÇİNDEKİLER

BİLDİRİM	i
TEŞEKKÜR.....	ii
ABSTRACT.....	iv
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	viii
TABLolar DİZİNİ	x
BÖLÜM I.....	1
GİRİŞ	1
1.1. Problem Durumu	1
1.2. Problem Cümlesi	5
1.2.1. Alt Problemler	5
1.3. Araştırmanın Amacı	6
1.4. Araştırmanın Önemi	6
1.5. Sayıtlılar (Varsayımlar).....	6
1.6. Sınırlılıklar	7
BÖLÜM II.....	8
KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR	8
2.1. Kuramsal Çerçeve	8
2.1.1. Futbol.....	11
2.1.1.1. Futbolda Yaralanmalar.....	13
2.1.1.2. En Sık Görülen Futbol Yaralanmaları.	18
2.1.2. Kas Hasarı.....	20
2.1.2.1. Egzersiz Kaynaklı Kas Hasarı.	22
2.1.2.2. Kas Hasarının Nedenleri.	23
2.1.2.3. Kas Hasarının Göstergeleri.	26
2.1.2.3.1. Ağrı ve Şişlik.	27
2.1.2.3.2. Biyokimyasal Parametreler.	28
2.1.2.3.2.1. Kreatin Kinaz (CK).	29
2.1.2.3.2.2. Miyogloblin (myb).	31
2.1.2.3.2.3. Kreatin Kinaz-Miyodardial Band (ck-mb).....	32
2.1.2.3.2.4. Laktat (La).....	32
2.1.2.3.2.5. Laktat Dehidrogenaz (LDH).	33

2.1.2.3.2.6. Aspartat Transaminaz (AST) ve Alanin Aminotransferaz (ALT) Enzimleri.....	33
2.1.2.3.2.7. Troponin T (TnT).....	34
2.1.3. Kas Hasarının Değerlendirmesi.....	35
2.1.3.1. İskelet Kas Biyopsisi ve Manyetik Rezonans Görüntüleme Tekniği (MRI).	36
2.1.3.2. Kandaki Kas Enzim ve Proteinlerin Değerlendirilmesi.....	36
2.1.4. Kas Hasarının Önlenmesi.	37
2.1.5. Egzersize Bağlı Kas Hasarının Kas Fonksiyonu Üzerindeki Etkileri. ...	39
2.1.6. Egzersize Bağlı Kas Hasarının Nöromusküler Kontrol Üzerindeki Etkiler.	39
2.1.7. Saha Zeminleri	40
2.1.7.1. Doğal Çim Zeminler.	40
2.1.7.2. Suni Zeminler.	41
2.1.7.3. Hibrit Zeminler.	43
2.2. İlgili Araştırmalar.....	45
BÖLÜM III	51
YÖNTEM.....	51
3.1. Araştırmanın Modeli	51
3.2. Çalışma Grubu	51
3.3. Veri Toplama Araçları	52
3.2. Çalışma Grubu	51
3.3.1. Futbolculara Yaptırılacak Antrenman Programı.	53
3.3.2. Futbolculardan Kan Alınması.....	59
3.4. Veri Analizleri.....	62
BÖLÜM IV	63
BULGULAR VE YORUM.....	63
BÖLÜM V	75
SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	75
5.1. Sonuç ve Tartışma.....	75
5.2. Öneriler	81
KAYNAKLAR	83
EKLER.....	110

EK-1	111
ÖZGEÇMİŞ	114



KISALTMALAR

ALT: Alanin Aminotransferaz

AÖ: Antrenman Öncesi

AS: Antrenman Sonrası

AST: Aspartat Aminotransferaz

AT: Antrenman Grubu

ATP: Adenozin Tri Fosfat

AZD: Algılanan Zorluk Düzeyi

BCAA: Dallı Zincirli Amino Asit

CK: Kreatin Kinaz

CK-MB: Kreatin Kinaz Miyokardial Band

CRP: C. Reaktif protein

dk: Dakika

DOMS: Gecikmiş Kas Ağrısı (Delayed Onset Muscle Soreness)

ECIS: UEFA Elit Kulübü Yaralanma Çalışması

ECM: Hücre Dışı Matris

EIMD: Egzersize Bağlı Kas Hasarı (Exercise Induced Muscle Damage)

FIFA: Uluslararası Futbol Federasyonları Birliği

F-MARC: Uluslararası Futbol Federasyonu Tıbbi Değerlendirme ve Araştırma Merkezi

GKA: Gecikmeli Kas Arısı

IL-6: İnterlökrin-6

Ka: Potasyum

KAH: Kalp Atım Hızı

Kg: Kilogram

LA: Laktik Asit

LDH: Laktat Dehidrogenaz

MaxVO₂: Maksimal Oksijen Alımı

Mg/dl: Miligram/Desilitre

MRI: Manyetik Rezonans Görüntüleme

MYB: Myoglobin

Na: Sodyum

NAIRS: Ulusal Sporcu Sakatlıkları Kayıt Sistemi

NFL: Ulusal Futbol Ligi

ng/mg: Nanogram/Mikrogram

ng/ml: Nanogram/Mililitre

NG: Doğal Çim

NSAIDS: Steroid Olmayan Antiinflatuar İlaçlar

O²: Oksijen

pH: Hidrojenin Gücü

pO₂: Kısmi Oksijen Basıncı

POsm: Plazma Osmolaritesi

PPO: Tepe Güç Çıkışı

ROM: Eklem Hareket Genişliği

SGOT: Serum Glutamik-Oksaloasetik Transaminaz

SKM: İskelet Kası Hasarı Veya Miyopati

SRC: Sporla İlgili Sarsıntı

SSC: Gerdirme Kısaltma Döngüsü

U/L: Ünite/ Litre

YHS: Yüklenmeden Hemen Sonra

YÖD: Yüklenme Öncesi Dinlenme

24h: Antrenmandan Yirmi Dört Saat Sonrası

2AT: 2. Nesil Suni Çim

72h: Antrenmandan Yetmiş İki Saat Sonrası

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablolar</u>	<u>Sayfa</u>
Tablo 1. Çalışmaya Katılan Futbolcuların Demografik Özellikleri.....	63
Tablo 2. Çalışmaya Katılan Futbolcuların Çim ve Suni Zeminde Yapılan Antrenmanlarda Ulaştıkları Kalp Atım Hızlarının Ortala Değerleri ve Karşılaştırma Sonuçları (Wilcoxon Testi)	63
Tablo 3. Çalışmaya Katılan Futbolcuların LDH Düzeylerinin Çim Zemindeki Tanımlayıcı İstatistikleri.....	64
Tablo 4. Çalışmaya Katılan Futbolcuların Çim Zeminde 4 Farklı Zamandaki LDH (U/L) Değerlerinin Karşılaştırma Sonuçları (Friedman's testi).....	64
Tablo 5.Çalışmaya Katılan Futbolcuların AST Düzeylerinin Çim Zemindeki Ölçüm Zamanlarına Göre Tanımlayıcı İstatistikleri.....	65
Tablo 6. Çalışmaya Katılan Futbolcuların Çim Zeminde 4 Farklı Zamandaki AST (U/L) Değerlerinin Karşılaştırma Sonuçları (Friedman's testi).....	65
Tablo 7.Çalışmaya Katılan Futbolcuların CK Düzeylerinin Çim Zemindeki Ölçüm Zamanlarına Göre Tanımlayıcı İstatistikleri.....	66
Tablo 8. Çalışmaya Katılan Futbolcuların Çim Zeminde 4 Farklı Zamandaki CK (ng/ml) Değerlerinin Karşılaştırma Sonuçları (Friedman's testi).....	66
Tablo 9. Çalışmaya Katılan Futbolcuların TnT Düzeylerinin Çim Zemindeki Ölçüm Zamanlarına Göre Tanımlayıcı İstatistikleri.....	67
Tablo 10. Çalışmaya Katılan Futbolcuların Çim Zeminde 4 Farklı Zamandaki TnT (ng/mL) Değerlerinin Karşılaştırma Sonuçları (Friedman's testi).....	67
Tablo 11. Çalışmaya Katılan Futbolcuların LDH Düzeylerinin Suni Zemindeki Ölçüm Zamanlarına Göre Tanımlayıcı İstatistikleri.....	68
Tablo 12.Çalışmaya Katılan Futbolcuların LDH Düzeylerinin Suni Zemindeki Ölçüm Zamanlarına Göre Tanımlayıcı İstatistikleri.....	68
Tablo 13. Çalışmaya Katılan Futbolcuların AST Düzeylerinin Suni Zemindeki Ölçüm Zamanlarına Göre Tanımlayıcı İstatistikler	69
Tablo 14. Çalışmaya Katılan Futbolcuların Suni Zeminde 4 Farklı Zamandaki AST (U/L) Değerlerinin Karşılaştırma Sonuçları (Friedman's testi).....	70

Tablo 15. Çalışmaya Katılan Futbolcuların CK Düzeylerinin Suni Zemindeki Ölçüm Zamanlarına Göre Tanımlayıcı İstatistikleri.....	70
Tablo 16. Çalışmaya Katılan Futbolcuların Suni Zeminde 4 Farklı Zamandaki CK (U/L) Değerlerinin Karşılaştırma Sonuçları (Friedman's testi).....	71
Tablo 17. Çalışmaya Katılan Futbolcuların TnT Düzeylerinin Suni Zemindeki Ölçüm Zamanlarına Göre Tanımlayıcı İstatistikleri	71
Tablo 18. Çalışmaya Katılan Futbolcuların Suni Zeminde 4 Farklı Zamandaki CK (U/L) Değerlerinin Karşılaştırma Sonuçları (Friedman's testi)	72
Tablo 19. Çalışmalara Katılan Futbolculardan Elde Edilen Ldh, Ast, Ck ve Tnt Değerlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri ve Çim Zemin/Suni Zemin Değişkenine Göre Karşılaştırma Sonuçları (Mann-Whitney U Testi).....	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sekiller

Sayfa

Şekil 1. Eksantrik Kasılmaların Ardından Potansiyel Kuvvet Kaybı Mekanizması..	21
Şekil 2. Eksantrik Egzersizi Takiben Gecikmiş Kas Ağrısı İçin Olası Mekanizma Çerçeve	22
Şekil 3. Doğal Çim Zemin	41
Şekil 4. Çeşitli Çim Oyun Yüzeylerinin Fotoğrafları. .	43
Şekil 5. Hibrit Çim Zemin.....	44
Şekil 6. Çim Zemi Antrenmanından Görüntüler.....	56
Şekil 7. Suni Zemin Antrenmanından Görüntüler	58
Şekil 8. Çim Antrenman Öncesi Ve Sonrasında Kan Alımı İle İlgili Görüntüler.....	60
Şekil 9. Suni Zemin Antrenman Öncesi Ve Sonrasında Kan Alımıyla İlgili Görüntüler.	61
Şekil 10. Çim Zemin Ve Suni Zemin LDH Seviyelerinin Karşılaştırılması.....	72
Şekil 11. Çim Zemin Ve Suni Zemin Ast Seviyelerinin Karşılaştırılması	73
Şekil 12. Çim Zemin Ve Sentetik Zemin Ck Seviyelerinin Karşılaştırılması.....	73
Şekil 13. Çim Zemin Ve Sentetik Zemin TnT Seviyelerinin Karşılaştırılması	74

BÖLÜM I

GİRİŞ

1.1. Problem Durumu

Futbol, ekonomisi, popüleritesi, oynayanlar ve seyirci sayısı bakımından dünyanın rağbet gören en büyük ve de en yaygın spor dalıdır. Futbol, küresel izleyiciler, televizyon izleyicileri, internet popüleritesi açısından da bir numaralı spordur. Ayrıca profesyonel sporcu sayısı ve piyasa değeri düşünüldüğünde bundan çok daha fazlasıdır (Marchiori & de Vecchi, 2020). Bu popülerlik nedeniyle, futbolcuların yıl içerisinde yaptıkları antrenman ve maç sayısı da sürekli artmakta ve de futbolcuları zorlamaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde yer alan Ulusal Sporcu Sakatlıkları Kayıt Sistemi (NAIRS), spor sakatlığını, sakatlanmaya maruz kalan sporcunun sakatlandıktan sonraki gün müsabaka ya da antrenmana katılmama durumu olarak tanımlar (McGuine, Brooks & Hetzel, 2011). Dünya Futbol Federasyonları Birliği'nin (FIFA) Rusya Dünya Kupası ile sona eren 2017-2018 sezonunda, İspanyol oyuncuların bir kısmının 70'e kadar üst düzey maç oynamış olduğu bilinmektedir (Bouazid, Ghattassi, Daab, Zarzissi, Bouchiba, Masmoudi & Chtourou, 2018). Bu üst düzey yarışmacı futbolcular için sık karşılaşılan bir sorundur. Maçlar arasında tam fizyolojik iyileşme için uygun zamanın sınırlı olması ve bu nedenle fiziksel performansın azalması söz konusu olabilir. Bu araştırma konularından biri de antrenman ve müsabakalardan sonra kasta oluşan kas hasarını belirlemek, azaltabilmek ve de toparlanmayı en aza indirmek olarak karşımıza çıkmaktadır. Futbol karmaşık bir takım sporudur ve bu disiplindeki başarı, fiziksel uygunluk, oyuncu tekniği ve takım taktikleri gibi farklı faktörlere bağlıdır (Mielgo-Ayuso, Calleja-Gonzalez, Del Coso, Urdampilleta, León-Guereño & Fernández-Lázaro, 2019). Futbol, eksantrik kasılmalardan oluşan atlama, koşma, atış, mücadele gibi çeşitli eylemleri içeren bir spordur. Futbolu elit spor bağlamında düşündüğümüzde, iki maç veya antrenman arasındaki süre tamamen iyileşmek için yeterli değilse, iyileşmedeki bu gecikme sorunlu olabilir. (Osgnach, Poser, Bernardini, Rinaldo & Di Prampero,

2010). Maçlar sırasında, ani frenler ve koşu yönündeki ani değişiklikler gibi birçok aktivite, oyuncular arasındaki fiziksel temasla birlikte kas hasarına ve lokal enflamasyona neden olabilir ve bunun sonucunda, oyuncular sıklıkla maçtan sonraki günlerde belirgin kas ağrıları hissedip düşük performans gösterebilirler (Thompson, Heinberg, Altabe & Tantleff-Dunn, 1999; Krstrup, Mohr, Steensberg, Bencke, Kjaer & Bangsbo, 2006; Thorlund, Aagaard & Madsen, 2009). Kasın kontraktıl ve elastik dokularının gereğinden çok gerilmesi sonucunda yapısal anlamda zarar görmesi bu ağrılara sebep olur. Bundan dolayı, hasarlı liflerde kalsiyum hemostasisinin sağlanmaya çalışılması, hücre hasarına neden olması ile hücre zarında harabiyet oluşması sonucu, hücre içi aktivite ve makrofaj seviye aktifliğinden kaynaklanan sinir uçlarının uyarılması sonuçlu olduğu düşünülmektedir (Alibeyoğlu, 2008:1). Yüksek şiddette veya alışılmadık türde bir egzersizin sonrasında iskelet kası hasarı meydana gelir. Oluşan kas hasarı oldukça olağan bir fizyolojik sonuç olup günlük hayatımızdaki gereksinimimiz bile olabilir (Demirel, 2002:291). Egzersiz yapıldıktan sonra kasların hücrelerinde küçük de olsa hasar oluşmaktadır. Oluşan durum fizyolojide mikro travma, mikro yaralanma veya kas hasarı olarak ifade edilmektedir (Simith & Miles, 2000). Egzersizin türü, kapsamı ve yoğunluğu, sporcunun fiziksel yapısı, antrenmanlı olup olmaması ve bulunduğu yaşı, o anki hava koşulları, içinde bulunulan iklim şartları, zemin, sporcunun aşırı zorlanması ya da yorgunluğu, ısınmanın amacına göre ve yeterli yapılmaması spor sakatlanmalarının meydana gelmesinde olağan etkenlerdir (Heipertz, 1985: 66). Kas hasarının meydana geldiği durumlarda egzersiz süresi, kas boyunun uzama hızı ve zirve kuvvet gibi bazı kasılma özellikleri hasarın hangi boyutta olduğu düşünülerek ele alınmalıdır (Donlelly, 1992:350). Nybo, Girard, Mohr, Knez, Voss & Racinais (2013), araştırmalarının sonucunda; kas ağrısı, azalmış güç, artmış kreatin kinaz, miyoglobin, aspartat aminotransferaz ve laktat dehidrojenaz seviyelerinin kas hasarının en önemli göstergeleri olduğunu öne sürdüler.

Günümüzde futbol genellikle doğal çim ve suni çim zeminde oynanmaktadır. FIFA'nın talimatlarında suni zeminlerin futbol oynanabilmesi için her yıl değiştirilmesi gerektiği belirtilmektedir. İlk yapılan çalışmalar, 1. ve 2. nesil suni çim zeminlerde antrenman ve maçlardan sonra oluşan kas hasarının ve sonucunda oluşan sakatlıkların dikkat çekici şekilde fazla olduğunu işaret ediyordu. Sakatlıkların azalması konusunda en son geliştirilen 3. nesil suni çim zeminlerin şok emici

özellikleri dikkate değer olsa da sakatlık oranlarının hala fazla düzeyde olması düşündürücüdür. Özellikle sürtünmeye bağlı yaralanmalar, suni çim zeminlerde daha çok meydana gelmektedir.

3. nesil ile birlikte sentetik zemin veya suni çim zemin yerine, futbol çimi terimi kullanılmaya başlanmıştır (FIFA, 2011). Bu tanım, FIFA ve UEFA'nın onayladığı suni çim sahaların bir takım ölçümleri belirli kriterleri dikkate alınarak ortaya kondu. FIFA'nın düzenlediği genç yaş turnuvalarında alınan olumlu geri dönüşler ve deneyimler FIFA'yı bu zeminler üzerinde futbol oynatma konusunda teşvik etti. Doldurulmamış veya kumla doldurulmuş suni çim sistemlerinin futbol için uygunluğu her zaman çok tartışma konu olduğundan sadece hem kum hem de kauçuk dolguyu içeren üçüncü nesil sistemler (3G) piyasaya sürüldü.

Kas hasarının belirlenmesi için iki yöntem kullanılır. Bu yöntemler direkt ve indirekt yöntemlerdir. İskelet kas biyopsisi ve manyetik rezonans görüntüleme (MRI) teknikleri direkt yöntemlerdir ve tatbik edilmesi zordur. Direkt yöntemlere nazaran indirekt yöntemler daha düşük maliyetli olup aynı zamanda da kas hasarı ile ilgili önemli bilgiler verir. İndirekt yöntemlere örnek olarak, kasa ait spesifik bazı enzim ve proteinlerin kandaki seviyelerinin analizleri verilebilir (Stupka, Tarnopolsky, Yardley & Phillips, 2001; Clarkson & Hubal, 2002). İskelet kasında oluşan hasarın değerlendirilmesinde LDH, CK, vb. enzimlerin yanısıra troponin ve miyogloblin gibi proteinlerin serum içeriğindeki değişiklikleri de değerlendirilmektedir (Clarkson & Hubal, 2002; Totsuka, Nakaji, Suzuki, Sugawara & Sato, 2002). Bu parametrelerden CK ve LDH kasta yoğunluğu yüksek olduğu için benzer çalışmalarda sıkça kullanılmaktadır. Birçok çalışma sonucunda, egzersize bağlı kas hasarı oluşması durumunda CK ve LDH değerlerinin kandaki seviyelerinin artmış olduğu görülmektedir (Schwane, Buckley, Dipaolo, Atkinson & Shepherd, 2000; Walsh, Tonkonogi & Malm, 2001). Çim, futbol maçları ve antrenmanları için geleneksel bir yüzeydir ancak dünyadaki birçok bölgede yeterli sayıda doğal çim sahanın oluşmasına engel olabilecek bir iklim vardır. Futbol, geleneksel olarak çimde oynanan bir spordur, zemini kaplayan bu çim ise mevsimlerle birlikte değişen bir bitki olduğu için, belli gereksinimlere ihtiyaç duyar (Sassi, Stefanescu, Bosio, Riggio & Rampinini, 2011). Son yıllarda suni çim, spor için özel olarak tasarlanmış çim sahalarda gelişmeler olduğundan, futbolda kabul edilen bir oyun alanı haline gelmiştir. Çim yüzeyi,

oyuncuların hızlı ve güvenli bir şekilde hareket etmesini sağlar (Stiles, James, Dixon & Guisasola, 2009). Oyun yüzeyinin özellikleri, oyuncuların teknik performanslarında ve oyunun genel gelişimi üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir (Ford, Manson, Evans, Myer, Gwin, Heidt & Hewett, 2006). Egzersizin türü, sporcunun antrenman durumu ve yaşı, antrenmanın sıklık ve süresi, mevcut hava koşulları, sahanın zemini ve organizasyon şekli gibi birçok faktör antrenman ve maçlar için önemlidir. Sporcunun fazla zorlanması ya da yorgunluğu, yeterli ısınp-ısınmaması, yaralanmanın ya da sakatlığının oluşması açısından önemlidir (Heipertz, 1985, s. 66). 1991 yılında, Arnason vd. (1996), İzlandada yer alan elit futbolcularda yaralanma riskini araştırdıkları çalışmalarında suni çim zeminlerde doğal çime göre çok daha yüksek bir yaralanma riski buldular (25'e 10 yaralanma / 1000 saat maruz kalma). Meyers (2010)'e göre; her ne kadar FieldTurf ve doğal çim arasında 3 yıllık süre boyunca oynanan müsabakalarda benzerlikler olsa da, yaralanma insidansı, sakatlığın şiddeti, sakatlanma süresi kaybı, sakatlanma durumu, sakatlık derecesi, çeşitli saha koşullarında sakatlıklar ve sıcaklık açısından önemli farklılıklar vardı.

Hasarın oluşum anında egzersiz süresi, kas boyunun uzama hızı ve zirve kuvvet gibi kasılmayı etkileyen bazı kasılma özellikleri hasarın boyutunu belirlemek için ön bilgiler verir (Donnlelly vd., 1992). Eksantrik kasılmalar sonrasında birkaç günlük kas kuvveti ve hareket genişliğinde azalmalar oluşmaktadır (Ebbeling & Clarkson, 1989). Kas boyunun hızlı bir şekilde uzaması söz konusu olduğunda çapraz köprü siklusu uzama anında rahatça meydana gelir. Bu siklusun yüksek hızlarda olması zorlaştırır ve kas hasarı daha net bir şekilde meydana gelir (Donnlelly vd., 1992). Araştırmalar sonucunda egzersize bağlı kas hasarlarının en önemli sebebinin mekanik faktörler olduğu konusunda fikir birliği oluşmuştur. Bu sonuçlar ışığında, en önemli hasarın kasılma mekanizmasında oluşması muhtemeldir. Mekanik stresin destekleyicisi diğer bir görüş ise "Aynı egzersizde kasın eksantrik kasılmalar esnasında konsantrik kasılmaya kıyasla daha az sayıda motor ünite uyarılır" şeklindedir. Bunun anlamı ise eksantrik egzersiz sırasında fibril sayısına düşen kuvvetlerin nesneler ve devinimler üzerindeki etkisinin konsantrik egzersizden daha fazla olmasıdır. Eksantrik kasılmalar sonucu kasılabilir elemanlarda hasar, birkaç günlüğüne kas kuvvetinde ve hareket genişliğinde azalmalara sebep olmaktadır (Ebbeling & Clarkson, 1989; s.34). Meyers & Barnhill (2004)'in yaptıkları ilk çalışmada 1. ve 2. nesil suni zeminlerde zorlama nedeniyle meydana gelen sakatlıkların kayda değer olduğuna işaret edilmektedir. 3.

nesil suni çim zeminlerde yer alan şok emici özellik sayesinde bu tip sakatlıkların azalması öngörülse de sonraki çalışmalardan elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında kayda değer farkların ortaya çıkmadığı görülmektedir. Bu zeminlerde meydana gelen ve özellikle sürtünmeye bağlı oluşan yaralanmalar suni çim zeminlerde daha çok yaşanmaktadır. Sentetik çim, sprint sırasında veya rakip oyuncu teması olmadan yapılan koşullarda daha yüksek bir yaralanma oranı gösterirken, doku hasarının türü incelendiğinde, sentetik çimde doğal çime göre daha yüksek kas dokusu yaralanması insidansı tespit edilmiştir (Meyers & Barnhill, 2004). Böylece, Meyers & Barnhill (2004), “FieldTurf”de daha yüksek hızın veya hızlanmanın torkun aşırı uzamasına, yorgunluğa ve nihayetinde yaralanmalara yol açabileceğini belirtmiştir.

1.2. Problem Cümlesi

Futbolda mevcut zeminlerin antrenmanlar ve maçlar sonucunda gerek yapıları gerekse kullanım süreleri dikkate alındığında futbolcularda kas hasarı oluşturur. Doğal çim ve suni çim zeminde yapılan antrenmanlar sonrasında oluşan kas hasarını inceleyerek; hangi zeminlerin kaslar üzerinde daha fazla hasar oluşturduğu sorusuna cevap aranacaktır.

Suni zeminlerde yapılan antrenmanlar, doğal çim zeminlerden çok daha fazla kas hasarı oluşturur mu?

1.2.1. Alt problemler

1. Doğal çimde yapılan maç ve antrenmanlar sonrasında toparlanma suni çime göre daha mı çabuk gerçekleşir?
2. Futbolcuların LDH düzeyleri çim zemin de yapılan antrenmanlar sonunda sentetik zemine göre daha az mı yükselir?
3. Futbolcuların AST düzeyleri çim zemin de yapılan antrenmanlar sonunda sentetik zemine göre daha az mı yükselir?
4. Futbolcuların CK düzeyleri çim zemin de yapılan antrenmanlar sonunda sentetik zemine göre daha az mı yükselir?

5. Futbolcuların TnT düzeyleri çim zemin de yapılan antrenmanlar sonunda sentetik zemine göre daha az mı yükselir?

1.3. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, farklı iki zeminde yaptırılan benzer içerik ve şiddetteki antrenman sonrasında egzersiz kaynaklı oluşan kas hasarını inceleyerek, hangi zeminin kaslar üzerinde daha fazla hasar oluşturduğunu tespit etmektir.

1.4. Araştırmanın Önemi

Günümüzde genellikle futbol doğal çim ve suni çim zeminde oynanmaktadır. Bu çalışma ile her iki zeminde, benzer içerik ve şiddette uygulanan antrenmanlar sonrasında oluşan kas hasarını inceleyerek; hangi zeminin kaslar üzerinde daha fazla hasar oluşturduğunu tespit etmek ve bunun sonucunda gerekçeleriyle beraber kas hasarının büyüklüğünü bilimsel olarak ortaya koymak amaçlanmaktadır. FIFA'nın talimatlarında suni zeminlerin futbol oynanabilmesi için belirli zaman aralıklarıyla değiştirilmesi gerektiği maddesi göz önünde bulundurularak, sahaların inşasını gerçekleştiren ilgili devlet kurumlarına, antrenör ve sporculara bilimsel sonuçlar ışığında önerilerde bulunulabilecek olması, sporcu sağlığı ve performansı açısından önemlidir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar ile özellikle büyüme çağında olup bu zeminlerde antrenman yapan sporcular ve yetişkin sporcuların antrenman programlarının düzenlenmesi konusunda antrenörler ve diğer ilgili kişilere saha zemini şartlarına uygun kapsam ve yoğunlukta planlamalar yapılmasını önerebilecek olması da önemlidir.

1.5. Sayıtlar (Varsayımlar)

Araştırmada doğal çim ve suni çim üzerinde yapılacak antrenmanların yüklenme kapsamı ve yoğunluğunun farklı olması, antrenman içeriğinin farklı olması çalışmanın güvenilirliğini etkileyecektir. Bu yüzden her iki zeminde yapılacak antrenmanlar günün aynı saatlerinde yapılacaktır. Antrenmanların aynı yüklenme yoğunluğu ve aynı yüklenme kapsamında yapılması için sporculara polar saat takılarak takip edilecektir.

Böylece antrenman zemini dışındaki iç ve dış faktörlerin eşitleneceği varsayılmaktadır. Ayrıca, her iki antrenmanda da sporcuların yüksek motivasyon ve çaba ile antrenmanları gerçekleştirdiği varsayılmaktadır.

1.6. Sınırlılıklar

1. Her iki antrenman için hava şartlarının değişkenlik gösterebilecek olması,
2. Araştırmanın çalışma grubunun 19 erkek futbolcu ile sınırlı olması,
3. Araştırmada kas hasarının biyokimyasal belirteçleri olarak CK, LDH, AST ve TnT enzimlerinin seçilmiş olması,
4. Araştırmaya katılan futbolcuların toparlanmasına etki edebilecek beslenme, ergojenik maddeler, masaj, vb. diğer yardımcı faktörlerin direkt olarak araştırmacı tarafından kontrol edilememesi bu araştırmanın sınırlılıklarını oluşturmaktadır

BÖLÜM II

KURAMSAL ÇERÇEVE VE İLGİLİ ARAŞTIRMALAR

2.1. Kuramsal Çerçeve

Egzersize bağlı kas hasarı, yüksek eksantrik bileşenli aktiviteleri takiben sık görülen bir durumdur (Douglas, Pearson, Ross & McGuigan, 2017). Özellikle, sprintlerden sonraki veya bir şutun ardından iniş sırasındaki yavaşlamalar ve durmalar bacak kaslarına zarar verebilir (Phomsoupha, Berger & Laffaye, 2018). Kas hasarına, kas ağrısı, kas proteinlerinin plazma seviyelerinde artış, kaslarda şişme, inflamasyon ve kas fonksiyonunda bozulma gibi farklı semptomlar eşlik eder (Byrne, Twist & Eston, 2004; Morgan & Allen, 1999). Serum kreatin kinaz (CK) konsantrasyonu (Clarkson & Hubal (2002) gibi kas hasarının dolaylı belirteçlerindeki artışla birlikte maksimal istemli kuvvette progresif bir azalma söz konusu olmaktadır (Gescheit, Cormack, Reid & Duffield, 2015; Hornery, Farrow, Mujika & Young, 2007).

Egzersize bağlı kas hasarı (EIMD) hem antrenmandan hem de bir maçtan sonra 14 güne kadar ortaya çıkan semptomlarla karakterizedir. Bu durum sporcu için fonksiyonel kapasite kaybı ve kas ağrısı olarak iskelet kası fonksiyonunun kaybı ve ağrısıdır (Byrne, Eston & Edwards, 2001). Sporcu için EIMD'nin sonuçları, egzersiz kapasitesinin düşmesi ve kuvvet üretimi konusunda sıkıntı yaşanmasıyla beraber (Marcora & Bosio, 2007 ; Twist & Eston, 2009) aynı zamanda rahatsız edici bir durumdur. Bu semptomların büyüklüğü, zaman süreci ve bunların performans üzerine sonraki etkileri değişkendir (Douglas vd., 2017). Kas fonksiyonundaki EIMD ile ilişkili kayıplar ve kas ağrısındaki artışlar, performansı düşürme potansiyeli nedeniyle sporcular için önemlidir (Owens, Twist, Cogley, Howatson & Close, 2019).

Yüksek kuvvetli eksantrik kas hareketleri tipik olarak ultrastrüktürel kas bozulması (yani, Z-hattı akışı ve lif degradasyonu), gecikmiş kas ağrısı (DOMS), dolaşımdaki spesifik kas içi proteinlerde artış, etkilenen uzuvda şişme, azalmış hareket aralığı ve kas bozukluğu üretir (Hyldahl & Hubal, 2014 ; Byrne vd., 2004 ; Mackey & Kjaer, 2017). Eksantrik egzersizden sonra azalmış kas gücü en uygun dolaylı

belirteçtir (Paulsen, Ramer Mikkelsen, Raastad & Peake, 2012 ; Damas, Nosaka, Libardi, Chen & Ugrinowitsch, 2016 ; Warren, Lowe & Armstrong, 1999). Düzenli fiziksel aktivitenin önemli sağlık yararları olabilir, bununla birlikte bazı faaliyetler dehidrasyon, substrat tükenmesi, kas hasarı, infüzyon ve serbest radikal üretiminin artması nedeniyle sağlıklı olmayabilir (Trajković, Sporiš, Vlahović, Madić & Gušić, 2018).

Kas ağrısı, azalmış güç, artmış kreatin kinaz, Miyogloblin, aspartat aminotransferaz ve laktat dehidrojenaz seviyelerinin kas hasarının en önemli göstergeleridir (Nybo, Girard, Mohr, Knez, Voss & Racinais, 2013). Elit spor bağlamında, iki müsabaka arasındaki süre tamamen iyileşmek için yeterli değilse, iyileşmedeki bu gecikme sorunlu olabilir. Örneğin, futbol, eksantrik kasılmalarla oluşan atlama, koşma, atış, mücadele gibi çeşitli eylemleri içeren bir spordur (Osgnach, Poser, Bernardini, Rinaldo, & Di Prampero, 2010). Bunun bir sonucu olarak, bir futbol maçına katılmak 96 saate kadar sürebilen performansın düşmesine yol açmaktadır (Silva, Rumpf, Hertzog, Castagna, Farooq, Girard & Hader, 2018). Sıkışık programları sırasında, iki maç arasındaki toparlanma süresi 48 saat ya da 72 saattir ve bu durum tam olarak toparlanmak için yeterli değildir ve sonuç olarak, haftada bir maçla karşılaştırıldığında yaralanma riski artmıştır (Dupont, Nédélec, McCall, McCormack, Berthoin & Wisløff, 2010). Bu eksik toparlanmanın üstesinden gelmek için, bazı sporcular egzersizin tamamlanmasının ardından iyileşme stratejileri kullanırlar (Nédélec, McCall, Carling, Legall, Berthoin & Dupont, 2013). Kas ağrıları, vücudun belirli bir faaliyete katılımını sınırlandırması ve buna bağlı olarak performansı sınırlandırması için negatif bir geri besleme döngüsünü temsil edebilir (Knicker, Renshaw, Oldham & Cairns, 2011).

Kas fizyologları yorgunluğu genellikle kas kuvvetinin azalması olarak tanımlarlar ve bunun bir sporcunun yavaşlamasına neden olduğu sonucuna varırlar. Buna karşılık, egzersiz bilimcileri spor yarışması sırasındaki yorgunluğu, bütünsel olarak performans azaltılmış bir egzersiz bozukluğu olarak tanımlarlar (Knicker vd., 2011). Maçlar sırasında, ani duruşlar ve farklı yöndeki ani değişiklikler gibi birçok aktivitenin oyuncular arasındaki fiziksel temasla birlikte kas hasarına ve lokal enflamasyona neden olabilen yeterince yüksek eksantrik bir bileşene sahip olması kas glikojen sentezini bozabilir. Buna paralel olarak, oyuncular sıklıkla maçtan sonraki günlerde

belirgin kas ağrıları yaşar ve düşük performans gösterirler (Thompson vd., 1999; Krstrup vd., 2006; Thorlund vd., 2009).

Eksantrik kasılma, konsantrik kasılmadan daha fazla kas hasarına neden olur. Eksantrik büzülmenin neden olduğu zararın diğer kasılmalardan daha fazla olduğunu açıklamak için iki teori ortaya atılmıştır. İlk olarak, eş merkezli daralma ile karşılaştırıldığında eksantrik daralma sırasındaki kinetik fazdaki aynı iş yükü ve aktif motor ünite miktarı 1/5 oranında azaltılır. Bu nedenle, eksantrik kasılma sırasında fibril başına yükün artması, onunla birlikte mekanik yırtıklar da getirir (Çankaya, Karlı & Buğdaycı, 2018).

Literatürde kas hasarı ve iyileşmesini inceleyen çalışmalarda MYB, CK, LDH, AST, CK-MB, sEMG ve kas ağrısı parametrelerinin kullanıldığı görülmektedir (Sbriccoli, Felici, Rosponi, Aliotta, Castellano, Mazza, & Marchetti, 2001; Sanchis-Gomar, Pareja-Galeano, Gomez-Cabrera, Candel, Lippi, Salvagno, & Vina, 2015). Hücre içi enzim kreatin kinazın (CK) kan plazmasındaki veya serumdaki aktivitesi, akut miyokard enfarktüsü sonrası gibi kas yaralandıktan sonra veya kas distrofisinde olduğu gibi kas protein devri arttığında artar (Lott & Stang 1980). Plazma CK aktivitesi, özellikle eksantrik egzersiz olarak adlandırılan, alışılmadık eksantrik kas kasılmaları ile yapılan egzersiz sonrası artmış egzersiz sonrasında olabilir (Schwane vd., 1983). Eksantrik egzersizin özellikle iskelet kası liflerinde lokal yaralanmaya neden olması muhtemeldir (Armstrong vd.,1983). Bazen, bazı kişilerde eksantrik egzersizden sonra plazma CK aktivitesinde çok büyük ve gecikmeli artışlar görülür (Clary & Schwane 1988).

Egzersize bağlı kas hasarı (Exercise Induced Muscle Damage-EIMD) olarak tanımlanır. EIMD birçok makro molekülde, sarkolemma, bazal lamina ve destekleyen konnektif dokuda kontraktıl elementlerin ve sitoskeletonun yırtılması şeklinde gözükmetedir (Vierck, O'Reilly, Hossner, Antonio, Byrne, Bucci & Dodson, 2000). EIMD'in kapsamı; uygulanan egzersizin tipi, yoğunluğu ve toplam antrenman süresi gibi birçok faktöre bağlıdır (Malm, 2001). EIMD'in semptomları içinde azalan kuvvet üretme kapasitesi, artmış kas-iskelet sertliği ve şişmesi, gecikmiş başlangıçlı kas ağrısı (Delayed Onset Muscle Soreness, DOMS), submaksimal egzersiz ve artmış laktat üretimine, yükselmiş kalp hızı yanıtı ile tiplendirilmiş daha yüksek bir EIMD yapılan kassal aktivitenin şekliyle büyük oranda ilişkilidir. Konsantrik ve eksantrik kasılmayı

içeren aktiviteler kas hasarı bakımından farklı sonuçlar ortaya çıkarır (Schoenfeld, 2016). Eksantrik egzersizlerden dolayı EIMD, beyaz liflerde (hızlı kasılan), kırmızı liflere (yavaş kasılan) göre daha az yaygın bir etki gösterir. Bu durum; beyaz liflerde az olan oksidatif kapasite, antrenman esnasında meydana gelen yüksek gerim seviyesi ve fiber fenotipler arasındaki yapısal farklılıklardan kaynaklanmaktadır (Proske & Morgan, 2001). Eksantrik kasılmadan dolayı aktomiyozin bağlarının mekanik olarak parçalanmasıyla bağlantılıdır ve eş zamanlı izometrik aktivitelere kıyasla daha yüksek bir yük ve gerim uygulanmış olur (Proske & Morgan, 2001).

Yapılan araştırmalarda, hasarın büyüklüğü ile yapılan egzersizin şiddeti arasında doğrusal bir ilişki olduğu vurgulanmıştır (Nosaka, Lavender, Newton & Sacco, 2003). Eksantrik egzersizlerden sonra kan laktat seviyesinin 6-10 kat arttığı görülmüştür (Walsh vd., 2001). Kas hasarı verilerinin analizleri sonucunda en çok kullanılan CK'nın 3 izoformu olduğu belirlenmiştir. Bunlardan CK-MM iskelet kasına, CK-MB miyokard dokusuna, CK-BB ise beyin dokusuna özgü izoenzimlerdir. Egzersizi takip eden 24. ve 48. saatte en yüksek seviyesine ulaşan CK seviyesi, 72-96 saatin sonunda normal değerlere geriler. İskelet kasında artan CK aktivitesinin %99'unun CK-MM izoenzimden meydana geldiği gözlemlenmiştir (Schwane vd., 2000). LDH'nın da 5 izoformu mevcuttur.

Bu formlardan LDH-1 ve LDH-2 miyokard yapısında yer alırken LDH-A diye de bilinen LDH-5 ise kas dokusundan ve karaciğerden salınır (Granchi, Bertini, Macchia & Minutolo, 2010). Egzersize bağlı kas hasarının derecelendirilmesinde CK ve LDH, yoğunlukları sebebiyle daha çok kullanılması muhtemel belirteçlerdir.

2.1.1. Futbol. 211 üye federasyonu ve 270 milyon oyuncusuyla dünyanın bir numaralı sporu olan futbol, dünyadaki gençlerin yaşamlarını güçlendirmek için benzersiz bir konuma sahiptir. Futbolun toplumdaki gücü tüm dünyada her gün sergilenmekte ve giderek de artmaktadır. Futbol, insanları bir araya getiren, nesillere ilham veren ve takım ruhunu destekleyen bir oyundur ve ekonomisi, popüleritesi, oynayanlar ve seyirci sayısı bakımından dünyanın en çok rağbet gören/en yaygın spor dalıdır. Bu yaygınlık futbolcuların yıl içerisinde yaptıkları antrenman ve maç sayısının da sürekli artmasına ve bu nedenle futbolcuların zorlanmasına sebep olmaktadır. Amatör ve profesyonel olarak çok insanın yaptığı bir spor dalı olan futbolda

antrenmanlar bilinçsizce yapılırsa çok ciddi sakatlanmaların meydana gelmesi muhtemeldir. Ayrıca, spor branşları arasında futbol yapısı bakımından sakatlık riski doğal olarak en yüksek olan branşlardan birisidir ve bu sakatlıklar bazen çok uzun sürmektedir.

Futbol, sürekli büyüyen ve gelişen özellikleri bakımından spor biliminin en gözde dallarından da biridir. Başarılı ülke ve kulüp takımlarının futbolcuları kendi ligleri, kıta ve uluslararası maçlar düşünüldüğünde bir sezonda oynadıkları maç sayısı çok yüksektir. Bu bağlamda bilimsel olarak antrenman yöntemlerini geliştirmek ve yenilikler katmak her spor bilimcisinin merak konusudur. Güncel futbol anlayışı içerisinde antrenman ve maç sayılarının artmasıyla birlikte futbolcuların sürekli verimli bir şekilde uzun süreli rekabetin içinde kalması, antrenman bilimcilerini daima merak etme ve araştırma içerisine sokmaktadır. Dünya Futbol Federasyonları Birliği (FIFA)'nin Rusya Dünya Kupası ile sona eren 2017-2018 sezonunda, bazı İspanyol oyuncular 70 civarında üst düzey maç oynamışlardır (Bouzid vd., 2018). Bu müsabakalara katılan futbolcular için sık karşılaşılan bir sorundur. Maçlar arasında tam bir fizyolojik iyileşme için uygun zamanın sınırlı olması ve bu nedenle fiziksel performansın azalması söz konusu olabilir. Bu araştırma konularından birisi de antrenman ve müsabakalardan sonra kasta oluşan kas hasarını belirlemek, azaltabilmek ve de toparlanmayı en aza indirmek olarak karşımıza çıkmaktadır. Futbol eksantrik kasılmalarından oluşan atlama, koşma, atış, mücadele gibi çeşitli eylemleri içeren bir spordur. Futbolu elit spor bağlamında düşündüğümüzde, iki maç veya antrenman arasındaki süre tamamen iyileşmek için yeterli değilse, iyileşmedeki bu gecikme sorunlu olabilir (Osgnach vd., 2010). Maçlar sırasında, ani frenler ve yöndeki ani değişiklikler gibi birçok aktivitenin oyuncular arasındaki fiziksel temasla birlikte kas hasarına ve lokal enflamasyona neden olabileceği ve bunun sonucunda, oyuncuların sıklıkla maçtan sonraki günlerde belirgin kas ağrıları ve düşük performans yaşayabilecekleri olasılık dahilindedir (Thompson, Hompson & Williams, 1999; s.387-395; Krustrup vd., 2006; s.38; Thorlund vd., 2009). Ortaya çıkan yapısal değişiklikler, maksimum kuvvet üretme kapasitesindeki bir azalmayla beraber kas fonksiyonunda geçici bir düşüşe neden olabilir ve fiziksel performansı zorunlu olarak bozabilir. Bu bakımdan kas hasarı belirteçlerinin izlenmesi, maç sonrası yorgunluğun anlaşılmasında ve yönetilmesinde önemlidir (Owen, Dunlop, Rouıssı, Chtara, Darren,

Zouha & Wong, 2015). Futbol, düşük yoğunluklu egzersiz periyotları arasına serpiştirilmiş yüksek yoğunluklu yüklenme periyotlarından oluşan ve çok sayıda eksantrik eylem gerektiren aktiviteleri içeren bir spordur (Sirotic & Coutts, 2007). Page, Marrin, Brogden & Greig (2015) de futbolu hem biyomekanik hem de fizyolojik tepkinin karmaşıklığını artıran, aralıklı ve düzensiz aktivite profili ile karakterize edilen bir oyun olarak tanımlamaktadır. Ayrıca, karmaşık, yüksek yoğunluklu bir temas sporu olduğundan büyük bir yaralanma riski ile ilişkilidir (Faude, Junge, Kindermann & Dvorak, 2006). Futbol çok sayıda çıkış, hızlanma ve yavaşlama ve yön değişiklikleriyle karakterizedir (Stølen, Chamari, Castagna, & Wisløff, 2005) bu nedenle, oyuncuların optimum performansı için gelişmiş bir hız, güç, çeviklik ve denge özelliği gerektirir. Futbolda denge, doğru atış yaparken, top sürerken ve pas verirken tek bacak üzerinde duruşu sağlamak için gereklidir (Paillard, Noe, Riviere, Marion, Montoya & Dupui, 2006).

2.1.1.1. Futbolda yaralanmalar. ABD’de kurulan Ulusal Sporcu Sakatlıkları Kayıt Sistemi (NAIRS), spor sakatlıklarını, sporcunun sakatlandıktan en az 24 saat sonra antrenman ya da müsabakaya çıkmasını engelleyen ya da kısıtlayan vakalar olarak tanımlar (McGuine vd., 2011). 2005 yılında Zürih’te yapılan bir toplantıda spor sakatlığı; antrenman veya müsabaka sırasında oluşan, tıbbi tedaviye başvurulana ya da futbolcunun futbolla ilgili çalışmalarına katılmasını engelleyen fiziksel şikâyetler adı altında tanımlanmıştır (Faraji, Daneshmandi, Atri, Onvani & Namjoo, 2012). Futbolda ve diğer üst düzey spor aktivitelerinde, oyuncular oynadığı bir maçtan sonraki saatlerde ve hatta günlerde akut kas yorgunluğu yaşarlar (Andersson, Raastad, Nilsson, Paulsen, Garthe & Kadi, 2008; Ispirlidis, Fatouros, Jamurtas, Nikolaidis, Michailidis, Douroudos & Alexiou, 2008). Sezon başına düşen yüksek rekabetteki maçların sayısı çok fazla olduğundan (Sezon başına 65 ila 76 maça kadar) ardışık iki maç arasındaki iyileşme süresi yetersiz olabilir (Yaklaşık 72 ila 96 saat) bu nedenle oyuncular da kronik yorgunluk yaşayabilir (Andersson vd., 2008; Nédélec, McCall, Carling, Legall, Berthoin, & Dupont, 2012). Yorgunluk süreci fiziksel performansta düşüşe ve bazı durumlarda yaralanmaya yol açar (Andersson vd., 2008; Nédélec vd., 2012). Bir temas sporu olan futbolda yapılan araştırmalar yüksek oranda yaralanmanın gerçekleştiğini - 1000 saat maruz kalma başına 2 ila 19 yaralanma- bildirmiştir (Waldén, Hägglund &

Ekstrand, 2005; Ergün, Denerel, Binnet & Ertat, 2013). Bu yaralanmalar en sık alt ekstremitelerde meydana gelir ve özellikle hamstring (arka uyluk gerginliği) ve dizleri (medial kollateral bağda izole yaralanmalar) etkiler ve tüm futbol yaralanmalarının %60 ila %65'ini oluştururlar (Waldén vd., 2005). Omurga daha az sıklıkla görülen bir yaralanma alanıdır ancak sporculara ciddi ve zayıflatıcı sekel verebilir. Profesyonel futbolda, bel ve göğüs yaralanmaları Avrupa liglerinde %4 ila %6 civarında (Waldén vd., 2005; Falese, Della Valle & Federico, 2016), uluslararası turnuvalarda ise %9 civarında (Junge & Dvořák, 2015) gerçekleştiği rapor edilmiştir. Profesyonel ve amatör futbolda, omurga yaralanma oranları % 9 ile %14 arasında değişmektedir (Waldén, Hägglund & Ekstrand, 2005; Pfirrmann, Herbst, Ingelfinger, Simon & Tug, 2016). Servikal omurga yaralanmaları da önemlidir ancak çalışmaların çoğu “Baş ve boyun yaralanmalarını” toplu olarak değerlendirdiğinden, doğru bir şekilde değerlendirilmesi daha zordur. Profesyonel futbolda oranlar %3 ila %7 arasında değişmektedir (Pfirrmann vd., 2016) ve sarsıntının dahil edilmesi nedeniyle uluslararası turnuvalarda %18 gibi yüksek oranlar bildirilmiştir (Junge & Dvořák, 2015). Faude vd. (2013), çocuklarda ve adolesan futbolcularda (5-19 yaş) yaralanmalarla ilgili literatürü özetlemiş ve bu yaş gruplarındaki tüm yaralanmaların yaklaşık %5'inin baş bölgesinde olduğunu bildirmiştir. Sporla ilgili sarsıntı (SRC), futbol sporunda her seviyede önemli bir yaralanmadır. Yaralanmayı önleyebilecek veya ciddiyetini sınırlayabilecek müdahaleleri belirlemek hâlâ bir zorluktur. Baş yaralanmaları özellikle beyin sarsıntısı, erkekler için diğer birçok temas veya çarpışma sporundan daha düşük yaralanma oranlarına sahipken (Amerikan futbolu, buz hokeyi, ragbi ve güreş ile karşılaştırıldığında) ancak kadınlarda diğer branşlara kıyasla daha yüksek oranlarla futbolda yer alan önemli bir yaralanma türüdür (Putukian, Echemendia, Chiampas, Dvorak, Mandelbaum, Lemak & Kirkendall, 2019). Hamstring yaralanmaları amatör futbolda en sık görülen kas yaralanmalarıdır ve yetişkin erkek futbolculardaki tüm yaralanmaların %15'ini oluşturur (Ekstrand, Hägglund & Waldén, 2011; Ekstrand, Hägglund & Waldén, 2011). Hamstring yaralanmaları, sprint tipi yaralanmalar ve esneme tipi yaralanmalar olarak sınıflandırılabilir; sprint tipi hamstring yaralanmaları futbolda en yaygın olanıdır (Ekstrand vd., 2011; Hägglund, Waldén & Ekstrand, 2013). Futboldaki üst ekstremitte yaralanmaları, yaralanmaların sadece marjinal bir bölümünü temsil eder. Üst ekstremitte yaralanmaları yaygın değildir ancak profesyonel kalecilerdeki tüm

yaralanmaların %18'ine kadar ulaşabilirler. Futbolda üst ekstremitelerde yaygın yaralanma yerleri omuz/klavikula, el/parmak/başparmak, dirsek ve bilektir ve bu yaralanmaların çoğu travmatik yaralanmalardır (Marom & Williams, 2018). Kuczinski, Newman, Piuzzi, Sodhi, Doran, Khlopa & Mont (2019) tarafından yapılan ve 2010'dan 2016'ya kadar futbolla ilgili yaralanma eğilimlerini inceledikleri araştırmada en yaygın 6 yaralanma türü içinde genel olarak burkulma/ incinme (%32,4) ve ardından kırıkların (%20,4) geldiğini belirlemişlerdir. Sonuç olarak rapor edilen kırıkların %60'ı üst ekstremitelere karşılık gelirken alt ekstremitelerdeki kırıklar %32 oranında belirlenmiştir (Kuczinski vd., 2019). 2014 FIFA Dünya Kupası sırasındaki yaralanmaların neredeyse üçte ikisi alt ekstremitelerle ilgiliydi ve uyluk gerginliği en sık görülen tanıydı (Junge & Dvořák, 2015). Futbolda en çok alt ekstremiteler etkilenir ve alt ekstremitelerdeki yaralanmalarının yarısından fazlası temasla ilgilidir (Schmikli, De Vries, Inklaar & Backx, 2011).

Futbolda profesyonel oyuncuların yanında genç ve amatör oyuncular da yaralanma ve sakatlanmaya maruz kalmaktadır (Purcell & Micheli, 2009). Ayrıca kadın futbolcularda da sakatlanma oranları özellikler de omurga yaralanma oranı yüksektir (Clausen, Zebis, Møller, Krstrup, Hölmich, Wedderkopp & Thorborg, 2014). Futbolda yakın temas çok fazla olduğu için futbolcuların sakatlanma oranları da yüksektir. (Plais, Salzmann, Shue, Sanchez, Urraza & Girardi, 2019). Spor branşları düşünüldüğünde sakatlıklarının en sık görüldüğü spor dallarından birisi de futboldur (Waldén, Hägglund, Werner & Ekstrand, 2011). Yetişkin erkek futbolcular üzerine sakatlanma oranları üzerine yapılan araştırmalarda, 1000 oyun saati başına 10-35 yaralanma meydana geldiği saptanmıştır (Dvorak & Junge, 2000). Avrupa'da bulunan profesyonel futbol kulüplerinde oynayan futbolcular üzerinde yapılan bir araştırmada, futbol müsabakaları boyunca her 1000 dakikada yaklaşık 8 spor sakatlığı rapor edilmiştir (Hägglund, Waldén & Ekstrand, 2009). Eksantrik kasılmalar, kas biyopsi örneklerinin incelenmesi sonucunda kaslara zarar verdiği tespit edilmiştir (Clarkson & Hubal, 2002). Kas hasarına bağlı olarak kas fonksiyonundaki kayıplar cinsiyet arasında farklı görünmese de kadınlarda egzersizden sonra daha şiddetli hissediliyor (Borsa & Sauers, 2000). Bir çok çalışmada, erkekler ve kadınlar arasında eksantrik egzersize bağlı olarak kas hasarı veriler açısından hiçbir fark olmadığını, hatta kadınların daha fazla hasara maruz kaldığı düşünülmektedir (Clarkson & Hubal,

2002). Futbol, hem biyomekanik hem de fizyolojik tepkinin karmaşıklığını artıran, aralıklı ve düzensiz aktiviteleri içinde barındıran oyundur (Page vd., 2015). Futbol karmaşık olduğu kadar yüksek yoğunluklu bir temas sporudur ve bu nedenle büyük bir yaralanma riski taşımaktadır (Faude vd, 2006). Mücadele sırasında futbolcular sık sık yoğun hızlanma ve yavaşlama eylemleri ile karşı karşıyadır (Harper, Carling & Kiely, 2019).

Saha zeminlerinin futbolcular üzerinde bir yaralanma faktörü olduğu bilinmektedir. Çim zemine alternatif olarak geliştirilen birinci nesil suni zeminlerin çim zemine kıyasla daha fazla yaralanmaya sebep olmuştur (Taylor, Fabricant, Khair, Haleem & Drakos, 2012). Profesyonel düzeyde yürütülen yeni çalışmalar, ayak burkulması dışında üçüncü yeni nesil suni zeminlerin doğal çim zeminlere kıyasla sakatlanma oranları arasında hiçbir fark olmadığını ortaya koymuştur (Williams Hume & Kara, 2012; Ekstrand, Timpka & Hägg, 2006). Ayakkabı ve saha yüzeyi arasındaki sürtünme düşünüldüğünde özellikle elit sporcuları suni zeminlerde daha yüksek risk altında bıraktığına dair bazı endişeler var (Drakos, Taylor, Fabricant & Haleem, 2013; Iacovelli, Yang, Thomas, Wu, Schiltz & Foster, 2013). Elit düzeydeki sporcular çim zemin üzerinde kendilerini güvende hissederken, amatör oyuncuların ise suni zeminde daha az sakatlık yaşadıklarını belirtmişlerdir (Taylor vd., 2012). Saha bakımları, maliyetleri ve dayanıklılıkları düşünüldüğünde birçok kurum çim zeminler yerine suni çimlere yönelmektedir (O'Kane, Gray, Levy, Neradilek, Tencer, Polissar & Schiff, 2016). Futbol dünyadaki en yaygın sporlardan biridir, ancak diğer birçok sporla karşılaştırıldığında, yaralanma sıklığı yüksektir (1000 maç saati başına 13.0-34.8 yaralanma ve 1000 eğitim saati başına 1.5-7.6 yaralanma) (Rahnama, Reilly & Lees, 2002). Ayrıca, yüksek hacimli futbol antrenman programları (haftada ≥ 5 saat) yapan genç oyunculara aşırı antrenmana bağlı olarak yaralanma sıklığı artmaktadır (Schmikli vd., 2011). Antrenman ve maçlar sırasında yoğun hızlanmalar ve yavaşlamalar performansın önemli bir bölümünü oluşturur (Vanrenterghem, Nedergaard, Robinson & Drust, 2017). Araştırmalar ayrıca, yüksek yoğunlukta hızlanma ve yavaşlama bağlı olarak oyun verimliliği ve kat edilen mesafelerde ikinci yarılarında düşüş olduğunu göstermiştir (Akenhead, Hayes, Thompson & French, 2013; Wehbe, Hartwig & Duncan, 2014). Kat edilen mesafelerin ve verimliliğin düşmesi yorgunluğa ve yaralanma riskine duyarlı olabileceğini düşündürmektedir (Carling, Le Gall & Reilly, 2010; Andersson, Ekblom & Krstrup 2008). Takım sporlarında

sporcuların kora kor mücadele etmelerini, oyuncuların sık sık hızlanma ve yavaşlama eylemleri gerçekleştirmesini gerektirir. Futbolcuların günümüzde maçları daha yüksek tempolarda oynamaları bakımından antrenman yükleri de buna bağlı olarak artmıştır (Aughey, 2013; Bradley, Carling, Diaz, Hood, Barnes, Ade & Mohr, 2013). Armstrong (1990) ilk olarak, eksantrik egzersizden sonra gözlenen kas hasarının, strese duyarlı kişilerin performanslarında düşüş olabileceğini belirtmiştir. Futbolcular için en büyük risklerden birisi ne kadar sıklıkta maç veya antrenman yaptığıdır. Futbolda en çok görülen yaralanmalar içinde çapraz bağ yaralanmaları, burkulmalar ve aşıl tendon yaralanmalarını sayabiliriz. Bunun yanında, spor bilimcilerinin ne tür antrenmanların daha çok sakatlığa sebep olduğu konusunda daha fazla çalışmaya ihtiyaç duyulduğunu belirtmişlerdir. Amerikan Pedyatri Akademisi'nin özellikle futbol yaralanmaları konusunda ele aldıkları 10 maddelik liste spor sakatlıklarının sebep olduğu başlıca durumları ortaya koymaktadır.

1. Futbolda yaralanmaların büyük bölümü, sporcunun yaşı ile doğrudan bağlantılıdır.
 2. Çatlak ve burkulmaların %25'i ayak bileklerinde ve %25'i dizlerde görülmektedir.
 3. Baş bölgesinde ve yüzde oluşan yaralanmalar, bütün yaralanmaların %22'sini oluşturmaktadır.
 4. Antrenmanlarda meydana gelen yaralanmalar, maç sırasında oluşan yaralanmalardan oran olarak fazladır.
 5. Kollarda meydana gelen kırık ve çatlaklar tüm sakatlanma oranının sadece %4'ünü kapsar.
 6. Ayak bilek burkulmaları ve kas zedelenmelerine futbol oynayan kadınlar erkeklere göre daha fazla maruz kalmaktadırlar.
 7. Maç sırasında meydana gelen sakatlıkların çoğu ikili mücadele esnasında olur.
 8. İstatistiklere göre salon futbolu oynayan futbolcuların sakatlık ihtimali çim sahaya oranla daha yüksektir
 9. Spor yaparken yüzde ve dişlerde meydana gelen sakatlık oranlarında futbol branşı 2. sırayı alır.
 10. Sakatlıkların birçoğu, koruyucu teçhizatların futbolcular tarafından antrenmanlarda yapılan maçlarda kullanılmaması sebebiyle oluştuğu rapor edilmiştir.
- [https://tr.askmen.com/futbol/2183/article/futbol-sakatlanmalari-hakkinda-10-gercek.](https://tr.askmen.com/futbol/2183/article/futbol-sakatlanmalari-hakkinda-10-gercek)

2.1.1.2. En sık görülen futbol yaralanmaları. Yaralanmaların hem futbolcu hem de takım üzerinde önemli fiziksel, duygusal, psikososyal ve finansal etkileri olabilir. Profesyonel futbol ligleri için büyük mali kayıplara neden olmanın yanı sıra, sakatlıklar oyuncuların antrenman ve maçlara çıkamamasına bundan dolayı da takım performansının düşmesine neden olur (Hägglund, Waldén, Bahr & Ekstrand, 2005). Yaralanma verileri, futbol oyununun sonuna doğru yorgunluğa bağlı olarak yaralanma riskinin arttığını göstermiştir (Ekstrand vd., 2011). Futbolda sakatlıklar ile ilgili birçok değişken vardır. Bu değişkenlerden birincisi; kısa ve hızlı koşular, sıçramalar, hızlı yön değişiklikleri, topa yön verme gibi spora özgü olanlar. İkincisi de ayakkabı türü, fiziksel yeterlilikler, oyuncunun genel sağlık durumu, cinsiyeti, beceri seviyesi ve motivasyonu olarak bilinen dışsal sebeplerdir (Souza, Mainine, Souza, Zanon, Nishimi, Dobashi & Fernandes, 2017). Futbolda fiziksel yeterlilikler ve zemine bağlı zorlu oyun tarzı, bu sporcuları kalça ve kasık yaralanmaları için yüksek bir risk altına sokar (Tummala, Chhabra, Makovicka, Patel & Hartigan, 2018).

Futbolda üst ekstremité yaralanmaları yaygın değildir, ancak profesyonel kalecilerde tüm yaralanmaların %18'ine kadar ulaşabilir. Futbolda üst ekstremitéde en sık görülen sakatlıklar omuz / klavikula, el / parmak / başparmak, dirsek ve el bileğidir. Bu yaralanmaların çoğu travmatik yaralanmalardır. Yaralanma mekanizması, oyuncuların şikayetleri ve bunları göstermeleri, fiziksel muayene ve görüntüleme özelliklerinin tümü, uygun bir değerlendirme ve optimum yönetim için önemlidir (Marom & Williams, 2018).

Diz ve ayak bileğinde en sık görülen yaralanma şekli bağ yaralanmalarıdır. Dizin yapısında ön çapraz bağ, arka çapraz bağ, iç dış yan bağlar ve menisküsler vardır ve bu yapılar yaralanmaya açıktırlar. Yukarıda saydığımız bu yapılar aynı zamanda kas, kemik ve kıkırdak yapılarla birlikte dizin stabilitesini sağlarlar. Sakatlanmaların önüne geçmek amacıyla diz eklemine destekleyen kasları kuvvetlendirmek ve aşırı zorlayıcı hareketleri kısıtlamak gerekmektedir. Olası bir burkulma sırasında dizi oluşturan yapıların hemen hemen hepsi zedelenebilir. Bu yaralanmalar ciddi olsalar da çoğu tedavi edilebilir. Futbolcular için ciddi olan ön çapraz bağ yırtıkları ve menisküs yırtıkları tedavisinde artroskopik müdahale edilebilir ve sporcu sahalara geri dönebilir. Önemsenmeyen bir yaralanma daha büyük ve kalıcı problemlere neden olabilir (Dick, Ferrara, Agel, Courson, Marshall, Hanley & Reifsteck, 2007). Yetişkin futbol

popülasyonlarınada diz, tüm yaralanmaların % 25'ini oluşturmaktadır (Giza, Mithöfer, Farrell, Zarins & Gill, 2005).

Futbolcular tarafından yaşanan en önemli yaralanmalardan biri ön çapraz yaralanmadır (ACL). ACL'lerini yırtan oyuncular genellikle yaklaşık bir yıl futbol oynayamazlar ve travma sonrası osteoartrit geliştirmeye daha yatkındırlar. Dizin nöromüsküler kontrolü ve değişen propriyosepsiyon, hangi sporcuların ACL yaralanmalarına özellikle duyarlı olduğunu belirlemek için ipuçları sağlayabilir. Risk faktörleri arasında, spor katılımı sırasında değişen hareket kalıpları, değişen kas aktivasyon modelleri ve başka bir oyuncunun vücuda veya özellikle diz eklemine beklenmedik temasını sayabiliriz. Genç kadın futbolcularda ön çapraz bağ (ACL) yaralanmalarının yüksek oranlara sahip olması endişe vericidir. Yetişkinlerde, ACL yaralanma oranı 1.000 saatte 0.10'dur ve diğer araştırmacılar 1.000 saatte 0.31 yaralanma rapor etmişlerdir (Hawkins, Hulse, Wilkinson, Hodson & Gibson, 2001; Östenberg & Roos, 2000).

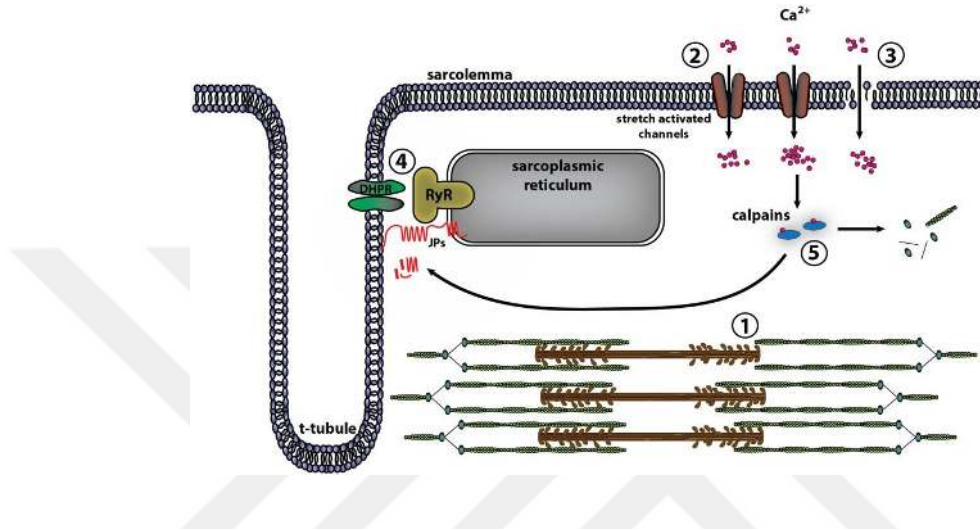
Ayak bileği, futbolda en sık yaralanan eklemlerden biridir ve tedavisi hem süreç bakımından hem ekonomik olarak önemlidir. Futbolcularda tekrarlayan ayak bileği yaralanmaları, hem mekanik bağ gevşekliği hem de fonksiyonel değişiklikleri içeren kronik ayak bileği dengesizliğine neden olabilir (Feria-Arias, Boukhemis, Kreulen & Giza, 2018). Ayak bileği burkulmaları tüm spor yaralanmalarının %40'ından ve tüm futbol yaralanmalarının % 80'inden sorumludur ve tüm ayak bileği burkulmalarının yaklaşık % 85'i, çeşitli derecelerde plantar fleksiyonda ayakla yapılan inversiyon travmasına bağlıdır (Giza vd., 2005). Futbolcularda en sık görülen yaralanma bölgesi alt ekstremité bölgesidir. En çok yaralanan eklem ayak bileği eklemidir (1000 kişi saatte 0.17-6.52), ardından diz ve uyluk gelir. Ayak bölgesi yaralanmalarında ayak bileği burkulmaları %80, morluklar %9-49 ve tendon lezyonlarında alt ekstremité yaralanmalarının % 2-23'nü oluşturur (Wong, & Hong 2005). Çoğu kontüzyon, doğası gereği küçük olsa da, ciddi yaralanmalar ve komplikasyonlar yaratabilir. Çürüklerin çoğu, rakip oyuncunun ayağı, dizi veya dirseğiyle teması sonucu oluşur. Ağrı, şişme ve kas fonksiyonlarında azalma tipik semptomlardır. Genelde ilk muayenede değişken miktarda şişlik ve hassasiyet ortaya çıkar. Kırıklar nadirdir, ancak klinik muayenede şüpheleniliyorsa radyografilerle muayene edilmesi gerekir. İlk tedavi, yaralanmanın ciddiyetine bağlı olarak aktivite kısıtlamasıyla birlikte buz ve kompresyonu içerir. Analjezikler gerekli olabilir.

Futbolda topa vurmak, genellikle futbol topu ve alt ekstremitelere tarafından takip eden hareket sırasında dağıtılan yüksek kinetik enerji üretir. Ters bir vuruş veya yanlış müdahale nedeniyle bacağına darbe alan oyuncular ciddi şekilde yaralanabilir. Rakip oyuncuların sert müdahaleleri sonucu alt ekstremitelere temaslarda kırıklar oluşabilir. Futbolda kırık verileri tüm yaralanmaların % 1 ila % 9.7'si arasında olduğu bildirilmiştir (Engström, Johansson & Tornkvist, 1991). Tüm kırıkların %75'i maçlar sırasında meydana gelir (Vanlommel, Vanlommel, Bollars, Quisquater, Van Crombrugge, Corten & Bellemans, 2013). Futbolda aşıl tendonu, peroneal tendonlar, posterior tibial tendon, fleksör halüsleri longus tendonu ve posterior tibial tendonu yaralanmaya eğilimlidir (Öztekin, Boya, Ozcan, Zeren & Pinar, 2009).

Beyin sarsıntısı / kafa travması; Boden, Kirkendall & Garrett, (1998) kadın kolej futbolcularının beyin sarsılma oranını 1000 sporcu başına 0.44 olarak belirtmişlerdir. Yaklaşık 13.5 haftada bir sarsıntı veya takım başına yılda bir sarsıntı geçirdiklerini tespit etmişlerdir. Sarsıntıların %76'sının oyuncuların birbirleriyle veya oyuncuların kale direği, dirsek, kenar reklam panolarıyla çarpıştıklarını ve sadece % 24'ünün topun çarpmasından kaynaklandığını bulmuşlardır (Boden vd., 1998). Amerika Birleşik Devletleri'nde, 10 yıllık bir sürede, futbol kaynaklı toplam 28.000 yaralanma olduğunu tahmin ediliyor (Delaney, Brien, & Baron, 2001). Kafa sarsıntılarının %76'sı oyuncular arasındaki temaslardan, % 15.5'inin ise oyun yüzeylerine temaslardan kaynaklanmaktadır (Meehan, d'Hemecourt & Dawn Comstock, 2010).

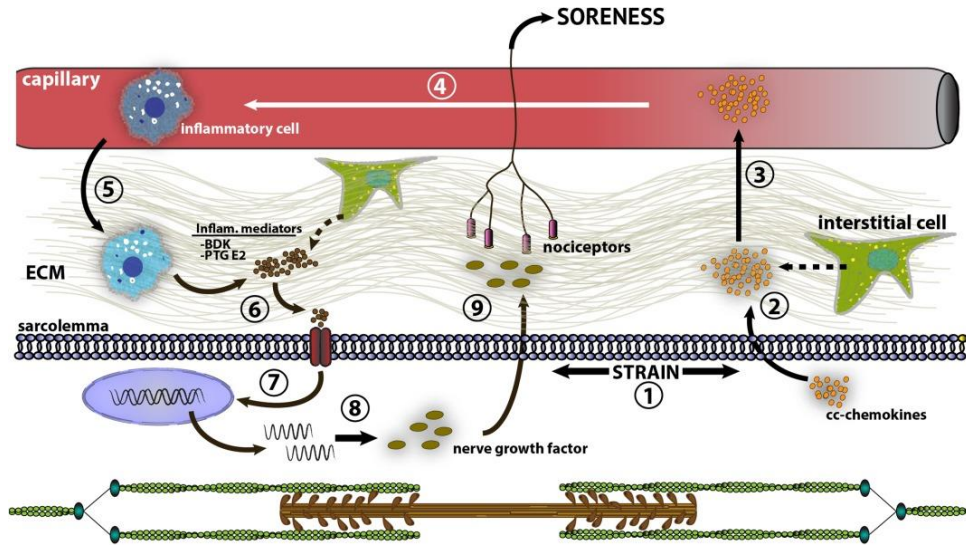
2.1.2. Kas hasarı. Kas hasarı, miyofibril üzerindeki yoğun mekanik gerilim nedeniyle oluşan ani bozulma, hücre içi kalsiyum homeostazındaki değişimler, oksidatif stres ve iltihaplanmayla oluşur. Bu durum iskelet kasının yapısal hasarına yol açar. Kas hasarı, kaslardaki gerilmenin fazla olduğu eksantrik egzersizlerde çok daha fazla gözlemlenir. Egzersiz kaynaklı kas hasarı (EIMD), egzersiz ve spor alanında önemlidir ve büyük miktarda eksantrik kas kasılmalarını içeren alışılmadık veya yorucu egzersizlerden kaynaklanır (Chen, Chen, Pearce & Nosaka, 2012). Eksantrik daralma ile mekanik stres, kas hasarının, temel bir faktördür (Armstrong, Warren, & Warren, 1991). EIMD, Z-hattı akışı, gecikmiş başlangıçlı kas ağrısı (DOMS), lökosit infiltrasyonundan kaynaklanan ikincil inflamasyon ve kreatin kinaz (CK) gibi hücresel

enzimlerin ve proteinlerin sistemik salınımı gibi ultra yapısal miyofibriler bozulma ile karakterizedir (Hyldahl & Hubal, 2014). Egzersize bağlı kas hasarına (EIMD) yeni veya alışılmadık egzersiz neden olabilir ve kas gücü üretiminde geçici bir azalma, pasif gerginlikte artış, kas ağrısı ve şişkinlikte artış ve kandaki kas içi proteinlerde artışa neden olabilir (Howatson & Van Someren, 2008).



Şekil 1. Eksantrik kasılmaların ardından potansiyel kuvvet kaybı mekanizması

Eksantrik eylemlerin ardından potansiyel moleküler mekanizmalar ve güç kaybı bölgeleri. Eksantrik hareketlerden kaynaklanan gerilme, yarı sarkomer düzensizliği ile sonuçlanır ve bazı sarkomerlerin filaman örtüşmesinin ötesine gerilmesine neden olarak "patlayan sarkomerler" ile sonuçlanır [1]. Aşırı gerilmiş sarkomerler muhtemelen hem doğrudan kuvvet üretiminin kaybına hem de membran ve t-tübül yapılarının aşırı yüklenmesine neden olur, bu da gerilerek aktive olan kanalların [2] açılmasına, membran bozulmasına [3] ve EC kuplaj işlev bozukluğuna [4] neden olur. Gerilerek aktive olan kanallar veya geçirgen membranlar yoluyla daha sonra hücre dışı kalsiyumun akışı, kalsiyumla aktive edilmiş kalpainler aracılığıyla kasılma proteinlerinin (yani desmin) veya EC birleştirme proteinlerinin (yani junctophilinler: JP'ler) bozulmasını teşvik ederek daha uzun süreli kuvvet açıklarına neden olabilir [5] (Hyldahl ve Hubal, 2014).



Şekil 2. Eksantrik egzersizi takiben gecikmiş kas ağrısı için olası mekanizma çerçeve

Eksantrik hareketleri takiben kas ağrısı için teorik çerçeve. Eksantrik hareketlerden kaynaklanan suşa [1] yanıt olarak, cc-kemokinler ve diğer sinyal proteinleri üretilir ve hasar görmüş veya uyarılmış miyofiberlerden salınır [2]. Bir başka potansiyel kemokin salımı kaynağı, hücre dışı matriste (noktalı çizgi) bulunan interstisyel hücrelerden olabilir. Kemokinler dolaşıma girer [3] ve enflamatuar hücreleri toplar [4]. İnflamatuar hücreler iskelet kasına sızar [5] ve bradikininler (BDK) ve prostaglandinler (PTG E2) [6] gibi kimyasal araçları salgırlar, bunlar kas ağrılarını üretmek için doğrudan kas nosiseptörleri üzerinde hareket edebilir veya hücre dışı reseptörlere bağlanabilir [7] ve kas lifinden atılan ve ağrı oluşturmak için kas nosiseptörleri üzerinde hareket eden proteinlerin (yani sinir büyüme faktörü) [8] ekspresyonunu yukarı düzenler [9]. Kimyasal araçların ECM'de bulunan interstisyel hücrelerden salınması da mümkündür. Kesintisiz oklar bilinen etkileşimleri gösterir ve noktalı çizgiler olası etkileşimleri gösterir (Hylldahl ve Hubal, 2014).

2.1.2.1. Egzersiz kaynaklı kas hasarı. Egzersiz kaynaklı kas hasarı (EIMD), alışılmadık yorucu egzersizin neden olduğu geçici bir rahatsızlıktır. Gecikmiş başlangıçlı kas ağrısı (DOMS), topikal şişme ve kreatin kinaz (CK) ve laktat dehidrogenaz (LDH) gibi kas içi enzim seviyelerinin artması, egzersize bağlı kas hasarının (EIMD) dolaylı göstergeleridir (Roonkiani, Ebrahimi & Majelan, 2020). Ayrıca, kas hasarının bir başka dolaylı belirtici olan düşük kuvvet üretimi kapasitesi

gibi kas operasyonunda azalma, genellikle DOMS ve CK gibi kas proteinlerinin kan dolaşımına sızmasından sonra ortaya çıkar (Clarkson, & Hubal, 2002; Peake, Nosaka, & Suzuki, 2005). Egzersize bağlı kas hasarına (EIMD) yeni veya alışılmadık egzersiz neden olabilir ve kas gücü üretiminde geçici bir azalma, pasif gerginlikte artış, kas ağrısı ve şişkinlikte artış ve kandaki kas içi proteinlerde artışa neden olabilir (Howatson & Van Someren, 2008). Egzersize bağlı kas hasarı (EIMD), alışılmadık veya alışılmışın dışında egzersizin bir sonucu olarak ortaya çıkan bir fenomendir; Hasarın ciddiyeti ve rahatsızlığın boyutu zamanla şiddetlenir ve egzersiz programı eksantrik bir bileşeni kapsadığında birkaç gün sürebilir (Clarkson, 1997). Eksantrik egzersizde, kasılan kas zorla uzatılır; konsantrik egzersizde kısalır. Konsantrik kasılmalar hareketleri başlatırken, eksantrik kasılmalar onları yavaşlatır veya durdurur. Eksantrik egzersizin benzersiz bir özelliği, eğitimsiz deneklerin kas liflerine verilen hasar nedeniyle sonraki gün sertleşip ağrmasıdır (Proske & Morgan, 2001). Bu hasar, kas fonksiyonunda geçici bir azalma (kuvvet üretimi ve yükselme) olarak kendini gösterir. Pasif gerilimde, artan kas ağrısı, ilgili kas grubunun artmış şişmesi ve kandaki kas içi proteinlerde artış olur.

2.1.2.2. Kas hasarının nedenleri. Eksantrik egzersiz genellikle kas hasarına neden olur. Egzersize bağlı kas hasarına yol açan olayların birincil sırasının, sarkomerlerin ilk mekanik bozulmasını, ardından bozulmuş uyarma-kasılma eşleşmesi ve kalsiyum sinyallemesini ve son olarak da kalsiyuma duyarlı bozunma yollarının aktivasyonunu içerdiğine inanılmaktadır. Kas hasarı, kas yapısında ultra yapısal değişiklikler, kan dolaşımındaki artan kas proteinleri ve enzimleri, kas gücü kaybı ve hareket açıklığı ve kas ağrısı ile karakterizedir (Peake vd., 2005). Egzersiz kaynaklı kas hasarı (EIMD), egzersiz ve spor alanı ve büyük miktarda eksantrik kas kasılmasını içeren alışılmadık veya yorucu egzersizden kaynaklanır (Chen vd., 2012; Byrne, Eston & Edwards, 2001). Tipik olarak EIMD, sarkomerlerdeki bozulma ve uyarılma-kasılma bağlantısının bozukluğu dahil olmak üzere kas içinde yapısal hasar olarak kendini gösterir (Byrne vd., 2004). EIMD ayrıca, egzersizi takip eden günlerde kas gücü üretimi yeteneğinde azalma, patlayıcı kas kasılmaları üretme kabiliyetinde azalma, kas şişmesi, ağrı ve kandaki kreatin kinaz (CK) gibi kas proteinlerinin görünümünde artışla sonuçlanır (Howatson & Van Someren, 2008). Egzersize bağlı

kas hasarı, özellikle eksantrik egzersizden kaynaklanan, iyi belgelenmiş bir fenomendir.

Eksantrik egzersiz alışılmadık veya artan yoğunluk veya süre ile yapıldığında, kas hasarıyla ilişkili semptomlar yaygın bir sonuçtur ve özellikle atletik aktiviteye katılım ile ilişkilidir. Kas hasarı, kas fonksiyonunda ani ve uzun süreli bir azalma ile sonuçlanır (Eston, Byrne & Twist, 2003). Tekrarlanan alışılmadık veya yüksek yoğunluklu eksantrik egzersizin kas hasarına neden olduğu iyi bilinmektedir (Choi, Tanabe, Akazawa, Zempo-Miyaki & Maeda, 2019; Clarkson, & Hubal, 2001). Kas hasarı sadece maksimal gücü düşürmekle kalmaz, aynı zamanda gecikmiş kas ağrısına (DOMS) neden olur ve kreatin kinaz (CK) ve miyogloblin (Mb) gibi kasa özgü proteinlerin kan dolaşımına salınımını artırır (Lee & Leem, 2019; Maruyama, Mizuno & Goto, 2019). EIMD, Z-hattı akışı, gecikmeli başlangıçlı kas ağrısı (DOMS), lökosit infiltrasyonundan kaynaklanan ikincil inflamasyon ve kreatin kinaz (CK) gibi hücrel enzimlerin ve proteinlerin sistemik salınımı gibi ultra yapısal miyofibriller bozulma ile karakterizedir (Clarkson & Sayers, 1999; Hyldahl & Hubal, 2014). Egzersiz kaynaklı kas hasarı (EIMD) tipik olarak alışılmadık egzersizden kaynaklanır ve ağrı, ağrı, iltihaplanma ve azalmış kas fonksiyonuyla sonuçlanır. Bu olumsuz sonuçlar, özellikle antrenman seansları veya yarışmalar arasında iyileşmek için sınırlı zamanı olan kişilerde rahatsızlığa neden olabilir ve sonraki atletik performansı veya antrenman kalitesini bozabilir (Harty, Cottet, Malloy & Kerksick, 2019). Egzersize bağlı kas hasarı (EIMD), kas ağrısı veya rahatsızlığı ve egzersiz sonrası ilk 12-72 saat boyunca kas gücünde belirgin bir düşüş ile ilişkilidir (Jamurtas, A. Theocharis, Tofas, Tsiokanos, Yfanti, Paschalis & Nosaka, 2005). Ayrıca, EIMD, lökositlerin aktivasyonu, kas ödemi, kas fonksiyonunun bozulması, kas ağrısının gecikmeli başlangıcı (DOMS) ve bütünlüğü ve işlevi geri kazanmayı amaçlayan birkaç hücre içi olay ile ilişkili inflamatuvar bir yanıtın başlamasına yol açar (Fatouros & Jamurtas, 2016). Özellikle, kandaki ve kas çevresindeki kas hasarı belirteçleri birkaç saat artmaya başlar ve eksantrik egzersizin DOMS'u indüklemesinden 3-4 gün sonra zirveye ulaşır. Beklenmedik bir şekilde, bu işaretçiler DOMS'tan daha yavaş değişiklikler gösterdi (Clarkson, Nosaka & Braun, 1992). Ayrıca, daha hızlı eksantrik kasılmalar sırasında hasarın şiddetlenebileceğine dair kanıtlar da vardır; bu, daha yüksek hızlarda meydana gelen azalan çapraz köprü oluşumuna ve dolayısıyla çapraz

köprü başına kuvvetin artmasına ve arızaya neden olmasından kaynaklanıyor olabilir (McMahon, 1984). CK'nin kas hasarının dolaylı bir göstergesi olduğunu ve bu nedenle bariz kısıtlamaları olduğunu ve yorumlarda dikkatli olmayı gerektirdiğini biliyoruz. Örneğin, CK seviyeleri sadece CK'nın etkilenen kas liflerinden salınmasıyla sonuçlanan süreçlerin zaman sürecinden ve hasarın ciddiyetinden değil, aynı zamanda CK'nın dolaşımdan temizlenmesinden de etkilenir. Dolaşıma sızan kas proteinleri arasında miyogloblin, kreatin kinaz (CK), laktat dehidrogenaz (LDH), alanin aminotransferaz (ALT), aspartat aminotransferaz (AST) ve aldolaz bulunur (Clarkson, Kearns, Rouzier, Rubin & Thompson, 2006). Egzersiz kaynaklı kas hasarı (EIMD) popüler bir araştırma alanıdır. Artmış kas ağrısı, iltihaplanma, kas içi proteinlerin sistemik görünümü ve fiziksel performansta eşzamanlı bir azalma dahil olmak üzere çok sayıda belirti ve semptom EIMD ile ilişkilidir (Assumpção, Lima, Oliveira, Greco & Denadai, 2013). Dahası, kandaki kreatin kinaz ve laktat dehidrogenaz gibi kas hasarı belirteçlerinin tam bir maratonun ardından arttığını göstermiştir (Del Coso, Fernández, Abián-Vicen, Salinero, González-Millán, Areces & Pérez-González, 2013; Tojima, Noma & Torii, 2016; Clifford, Allerton, Brown, Harper, Horsburgh, Keane, & Howatson, 2017; Wilson, Cockburn, Paice, Sinclair, Faki, Hills & Dimitriou, 2018). Bir maratonun ardından tüm kas hasarı belirteçlerinden serum CK ve AST'nin önemli derecede artışı ve serum LDH ve ALD'de zirve yaptı (Tokinoya, Ishikura, Ra, Ebina, Miyakawa & Ohmori, 2020). Futbol, ragbi ve basketbol gibi yüksek yoğunluklu dönemler, tekrarlanan sprint aktivitesi ve hız (Byrne & Eston, 2002) ve yön (Sirotic & Coutts, 2007) değişiklikleri gerektiren aralıklı sporlar, önemli kas hasarına ve fonksiyonda uzun süreli azalmalara neden olur. Sonuçlar, tekrarlanan sprint protokolünün DOMS, plazma CK, sprint süresinde artışlarla ve CMJ yüksekliğinde ve 30 m sprint süresinde azalmalarla kas hasarına yol açtığını gösterdi; bunların hepsi egzersiz hakaretinden sonra birkaç gün devam etti. Bu veriler, erkeklerde EIMD'nin yorucu egzersizden hemen sonra ortaya çıktığını, egzersizden 24-48 saat sonra doruğa çıktığını ve birkaç gün boyunca yüksek kaldığını bildiren literatürle geniş ölçüde uyumludur (Howatson & Van Someren, 2008). Futbol kaynaklı kas hasarı ve iltihap, atletik performansta düşüşe yol açar (Parsaie, Ghavamzadeh, & Cheraghi, 2019).

2.1.2.3. Kas hasarının göstergeleri. Egzersiz kaynaklı kas hasarı (EIMD) tipik olarak alışılmadık egzersizden kaynaklanır ve ağrı, iltihaplanma ve azalmış kas fonksiyonuyla sonuçlanır. Bu olumsuz sonuçlar, özellikle antrenman seansları veya yarışmalar arasında iyileşmek için sınırlı zamanı olan kişilerde rahatsızlığa neden olabilir ve sonraki atletik performansı veya antrenman kalitesini bozabilir (Harty vd., 2019). Kas hasarına, yorucu ve alışılmadık egzersiz, özellikle kasların kuvvet uyguladıkça uzadığı eksantrik kas kasılmalarını içeren egzersiz neden olur (Clarkson & Sayers, 1999). EIMD ayrıca, egzersizi takip eden günlerde kas gücü üretimi yeteneğinde azalma, patlayıcı kas kasılmaları üretme kabiliyetinde azalma, kas şişmesi, ağrı ve kandaki kreatin kinaz (CK) gibi kas proteinlerinin görünümünde artışla sonuçlanır (Howatson & Van Someren, 2008). Egzersize bağlı kas hasarı (EIMD), kas ağrısı veya rahatsızlığı ve egzersiz sonrası ilk 12-72 saat boyunca kas gücünde belirgin bir düşüş ile ilişkilidir (Jamurtas vd., 2005). Ayrıca, EIMD, lökositlerin aktivasyonu, kas ödemi, kas fonksiyonunun bozulması, kas ağrısının gecikmeli başlangıcı (DOMS) ve bütünlüğü ve işlevi geri kazanmayı amaçlayan birkaç hücre içi olay ile ilişkili inflamatuvar bir yanıtın başlamasına yol açar (Fatouros & Jamurtas, 2016). Dolaşıma sızan kas proteinleri arasında miyogloblin, kreatin kinaz (CK), laktat dehidrogenaz (LDH), alanin aminotransferaz (ALT), aspartat aminotransferaz (AST) ve aldolaz bulunur (Clarkson vd., 2006; Knochel, 1990). CK'nin kas hasarının dolaylı bir göstergesi olduğunu ve bu nedenle bariz kısıtlamaları olduğunu ve yorumlarda dikkatli olmayı gerektirdiğini biliyoruz. Örneğin, CK seviyeleri sadece CK'nin etkilenen kas liflerinden salınmasıyla sonuçlanan süreçlerin zaman sürecinden ve hasarın ciddiyetinden değil, aynı zamanda CK'nin dolaşımdan temizlenmesinden de etkilenir (Clarkson & Hubal, 2002). EIMD, Z-hattı akışı, gecikmiş başlangıçlı kas ağrısı (DOMS), lökosit infiltrasyonundan kaynaklanan ikincil inflamasyon ve kreatin kinaz (CK) gibi hücreSEL enzimlerin ve proteinlerin sistemik salınımı gibi ultra yapısal miyofibriller bozulma ile karakterizedir (Clarkson & Sayers, 1999; Hyldahl & Hubal, 2014). Kaslara zarar veren egzersizi izleyen günlerde kollajene özgü amino asitlerin, en önemlisi hidrokspirolin dolaşımında belirgin bir artışla birlikte ECM hasarının dolaylı kanıtı da mevcuttur (Clifford, Ventress, Allerton, Stansfield, Tang, Fraser & Stevenson, 2019). Egzersizden sonra meydana gelen kas ağrısını tanımlamak için kanda bazı proteinlerin analizlerini inceleyerek hasar

konusunda bir sonuca varılabilir. Gecikmiş kas ağrısını saptamak adına çoğunlukla LDH, CK ve MB proteinleri kullanılmaktadır (Rebalka & Hawke, 2014).

2.1.2.3.1. Ağrı ve şişlik. EIMD, kendisini, gecikmiş başlangıçlı kas ağrısı (DOMS), sertlik, şişme ve kuvvet üretme kapasitesinde bir kayıp veya azalmış proprioseptif fonksiyon gibi çeşitli fonksiyonel eksiklikler dâhil olmak üzere bir dizi klinik semptomla gösterir (Clarkson, 1992). Kas fonksiyonunun tam olarak iyileşmesinden önce kas ağrısının ortadan kalktığını ve yaralanma insidansını daha da artırdığını belirtmek gerekir (Strojnik, Komi & Nicol, 2001). Gecikmiş başlangıçlı kas ağrısı (DOMS), genellikle etkilenen kasın palpasyonu, kasılması ve gerilmesi sırasında hissedilen hoş olmayan, donuk, ağırlı ağrıya işaret eder. Bu tür kas ağrıları tipik olarak alışılmadık eksantrik egzersizden 12-24 saat sonra ortaya çıkar, egzersiz sonrası 5-7 gün içinde giderek azalmadan ve kaybolmadan önce 24 ile 72 saat arasında zirve yapar. İlginç bir şekilde, DOMS yoğunluğu diğer EIMD dolaylı belirteçleri ile zayıf bir şekilde ilişkilidir ve bu nedenle kas hasarının büyüklüğünü yansıtmıyor gibi görünmektedir (Nosaka, Newton, & Sacco, 2002). Kaslarımızda oluşan ağrı, egzersizden belli bir zaman sonra ortaya çıkar ve 24-48 saatler arasında en yüksek seviyesine ulaşır. Bunun nedeni tam olarak bilinmemektedir. Bununla birlikte şişkinliğin ortaya çıkışı egzersizden 5-10 gün sonraya kadar da uzanabilir (Clarkson, Nosaka & Braun, 1992). Kas liflerine verilen fiziksel hasar ve ardından gelen iltihaplı yanıtın bir sonucu olarak, kas ağrısı ve ağrıları sıklıkla yaşanır (Fatouros & Jamurtas, 2016). Bu sebepten dolayı şişkinliğin ağrıya neden olmadığı düşünülmektedir. Şişkinlik kas içinde ödem şeklinde başlamakta ve egzersizi takiben 5. günde deri altına yayılmaktadır (Nosaka & Clarkson, 1996). Ağrı, kuvvet kaybı, şişlik, hareket kabiliyetinde azalma ilk olarak görülen fonksiyonel belirtileridir. Egzersiz ile oluşan ağrı, kas hasarının subjektif göstergeleri içerisinde ilk sıradaki belirtidir. Genellikle 24 saat içinde meydana gelen ve hissedilen ağrıya, artan kas hassasiyeti ve sertliği de eşlik eder. Bu ağrı antrenman ve maç yapmaksızın 5-7 gün sürebilir (McHugh, Connolly, Eston & Gleim, 1999). Bu egzersiz sonrası kimyasal tepkimeye kas içi ödem eşlik eder ve nosiseptör aktivasyonundan ve sonraki ağrı hissinden sorumlu olduğu düşünülmektedir. EIMD genellikle yeni bir eğitim uyarıcısı veya yoğun bir eğitim seansından sonra aktive kasların ağrı veya rahatsızlığı ile

yansıtılan kas ağrısı ile ilişkilidir (Hody, Croisier, Bury, Rogister & Leprince, 2019). Kas ağrısı genellikle sertlik, kas hassasiyeti ve lokal ağrı ile karakterizedir (Lewis, Ruby & Bush-Joseph, 2012). Kaslara zarar veren aerobik egzersizin ardından DOMS ve / veya ağrı algısının erkekler ve kadınlar arasında veya adet döngüsünün farklı aşamalarında farklı olup olmadığı bilinmemektedir. Genç eğitilmiş, eğitimsiz genç ve daha yaşlı eğitilmiş bireyleri karşılaştıran Hayashi, Leary, Roy, Laosiripisan, Pasha & Tanaka, (2019), 45 dakikalık yokuş aşağı koşuyu takiben, egzersiz sonrası 72 saate kadar her üç grupta ağrı algısının başlangıç seviyelerinin üzerine çıktığını gösterdi. İlginç bir şekilde, genç eğitilmiş ve eğitimsiz gruplar arasında ağrı seviyeleri benzer olmasına rağmen, bu denekler ağrılarını daha yaşlı eğitilmiş deneklerden daha şiddetli olarak algıladılar, bu da belki de yaşın ağrı üzerinde eğitim durumundan daha büyük bir etkiye sahip olduğunu gösteriyor. Hücre içi hasar, ağrı reseptörlerini artırabilen enflamatuar bir yanıtı aktive eder ve böylece kas ağrısının tam mekanizması belirsiz kalsa da ağrı hissine neden olur. Araştırmaların çoğu, acemi popülasyonlarda egzersiz üzerine odaklanmıştır, bu da genellikle kas ağrısının veya DOMS'un gecikmiş başlangıcı olarak adlandırılan, genellikle yüksek düzeyde bir ağrıya neden olur. Bu tepki, rekabetçi sporcularda ve hatta eğlence amaçlı bireylerde yoğun bir egzersiz seansının ardından görülen muhtemelen farklıdır (Hotfiel, Freiwald, Hoppe, Lutter, Forst, Grim & Heiss, 2018).

2.1.2.3.2. Biyokimyasal parametreler. Hasarlı kastan dolaşıma sızan kreatin kinaz (CK), laktat dehidrojenaz (LDH) ve miyoselüler protein miyogloblin (Mb) gibi kandaki kas kaynaklı enzimlerin aktiviteleri, dolaylı belirteçler olarak kullanılmıştır (Kanda, Sakuma, Akimoto, Kawakami & Suzuki, 2017). Bu biyobelirteçlerin serum seviyelerinin cinsiyete, kas kütlesine ve egzersizin yoğunluğuna ve süresine bağlı olduğu da bildirilmiştir (Peake vd., 2005). Kas hasarı genellikle maksimum güçte bir azalma, gecikmiş kas ağrıları (DOMS) ve kreatin kinaz (CK) ve miyogloblin gibi kas proteinlerinin kan seviyelerinde artış içerir (Warren vd., 1999). Hasarlı kastan dolaşıma sızan kreatin kinaz (CK), laktat dehidrojenaz (LDH) ve miyoselüler protein miyogloblin (Mb) gibi kandaki kas kaynaklı enzimlerin aktiviteleri, dolaylı belirteçler olarak kullanılmıştır (Kanda vd., 2017). Bu biyobelirteçlerin serum seviyelerinin cinsiyete, kas kütlesine ve egzersizin yoğunluğuna ve süresine bağlı olduğu da

bildirilmiştir (Peake vd., 2005). CK, egzersiz sonrası kaslarda hücre zarı hasarının dolaylı bir belirteçidir (Magal, Dumke, Urbiztondo, Cavill, Triplett, Quindry & Epstein, 2010). Literatürde kas hasarı ve iyileşmesini inceleyen çalışmalarda MYB, CK, LDH, AST, CK-MB, sEMG ve kas ağrısı parametrelerinin kullanıldığı görülmektedir (Sbriccoli vd., 2001; Sanchis-Gomar vd., 2015).

2.1.2.3.2.1. Kreatin Kinaz (CK). Kreatin kinaz (CK) neredeyse tamamen kas dokusunda bulunduğundan, kas hasarının en yaygın plazma belirteçidir (Ebbeling & Clarkson, 1989). Kas hasarının en iyi bilinen ve önemli kan belirteçlerinden biri ve kas zarı geçirgenliğinin göstergelerinden biri, serum konsantrasyonları genellikle EIMD'den 24-48 saat sonra yükselen CK'dır. CK'deki artışın büyüklüğü, kas hasarının ve hücresel nekrozun boyutunu yansıtır. Hem CK hem de Mb normalde iskelet kası dokusunda bulunur ve EIMD sırasında olduğu gibi kas bütünlüğü bozulduğunda bu moleküller dolaşıma sızar (Pedersen & Fischer, 2007). Yine de, bu kas hasarı belirteçlerinin dolaşımdaki ortaya çıkış zamanlaması farklı görünmektedir. Mb daha küçük bir molekül olduğundan, yüksekliği genellikle tekrarlanan eksantrik kasılmalarla hemen sonra görülür, oysa CK daha büyük bir moleküldür ve bu nedenle hücreden dışarı sızması daha uzun sürer (24-48 saat) (Pedersen & Fischer, 2007). Dolaşımdaki pik görünümle ilgili farklı zaman çizelgesine rağmen, hem CK hem de Mb'deki değişiklikler benzer şekilde kas hasarının boyutunu yansıtır ve birbirleriyle pozitif olarak ilişkilidir (Febbraio & Pedersen, 2002). Araştırmacılar, CK konsantrasyonlarının sadece yokuş yukarı / eksantrik grupta egzersizden hemen sonra ve egzersizden 24 saat sonra önemli ölçüde arttığını belirtmişlerdir (Pokora, Kempa, Chrapusta & Langfort, 2014). Hasarın iki ana göstergesi olan kuvvet kaybı ve kreatin kinaz (CK) salınımı farklı zaman süreçlerine sahiptir. Kuvvet kaybı genellikle eksantrik egzersizin bitiminden hemen sonra maksimumdur ve sarkomer yapının (Proske & Morgan, 2001) hasarına veya uyarma-büzülme birleşmesi Warren, Lowe, Hayes, Karwoski, Prior & Armstrong, (1993) sürecine bağlı olduğu düşünülür ve bu birincil form olarak düşünülebilir hasar. Aksine, ana CK salınımı karakteristik olarak birkaç gün gecikir ve sarkomun bütünlüğünde bir kayıp olduğunu gösterir Jones, Newham, Round & Tolfree, (1986) bu da kas tarafından üretilen kuvveti azaltacaktır. Gecikmiş CK salınımının bir açıklaması, enzimin hasarlı kastan yavaşça

yayılması olabilir, ancak CK ortopedik cerrahiden Kwak, Chun, Rhyu, Cha & Cho, (2014) veya kastan sonra en fazla 24 saatlik bir gecikmeyle hızla salındığından bu olası değildir (Adiseshiah, Round & Jones, 1992). Bu, gecikmiş bir CK salımının olduğu durumlarda, sarkomada da gecikmiş hasar olduğunu ve egzersizden hemen sonra ortaya çıkan ilk hasardan kurtarma zaman sürecini değiştirebilecek ikincil bir gecikmiş hasar şekli olasılığını artırdığını göstermektedir. Uzun süreli dayanıklılık egzersizi, kas dokusunda mikro yapı hasarına yol açarak, öncelikle hasarlı kas liflerini yenilemeyi ve iyileştirmeyi amaçlayan iltihaplı bir tepkiye neden olabilir (Millet, Tomazin, Verges, Vincent, Bonnefoy, Boisson & Martin, 2011). Kreatin kinazın (CK) kandaki görünümü, özellikle miyokardiyal enfarktüs, kas distrofisi ve beyin hastalıkları gibi tıbbi durumların teşhisi için genellikle kas hasarının dolaylı bir belirteci olarak kabul edilmiştir. CK, enerji ihtiyaçlarının fazla olduğu dokuların hem sitosol hem de mitokondrilerinde yer alan yaklaşık 82 kDa'lık kompakt bir enzimdir. Sitozolde CK, yaklaşık 42 kDa'lık iki polipeptit alt biriminden oluşur ve iki tür alt birim bulunur: M (kas tipi) ve B (beyin tipi). Bu alt birimler, üç dokuya özgü izoenzim oluşumuna izin verir: CK-MB (kalp kası), CK-MM (iskelet kası) ve CK-BB (beyin). (Baird, Graham, Baker & Bickerstaff, 2012). Kas hasarı meydana geldikçe, çeşitli bağışıklık hücreleri (örn. Akut faz proteinleri, sitokinler, lökositler ve lenfositler) yaralanma bölgesine alınır ve bu hücrelerin birikmesi, kas ödeme ve kas sıcaklığında bir artışa neden olur. EIMD ayrıca kas proteinlerinin örneğin kreatin kinaz (CK) ve miyogloblin (Mb) dolaşıma sızmasına neden olan kas zarı geçirgenliğinde bir artışa neden olur (Millet vd., 2011 ; Sudo, Ando, Poole & Kano, 2015). Bu egzersiz sonrası inflamatuvar yanıt, doku hasarının onarılmasında ve kas adaptasyonunun artırılmasında hayati bir role sahip olduğu düşünülen normal bir fizyolojik süreçtir (Millet vd., 2011 ; Sudo vd., 2015). Araştırma bulgularının büyük çoğunluğuna rağmen, eğitimsiz bireylerde eksantrik direnç egzersizlerini takiben kas ağrısında cinsiyet farklılıkları olmamasına rağmen (Sewright, Hubal, Kearns, Holbrook & Clarkson, 2008; Morawetz, Blank, Koller, Arvandi, Siebert & Schobersberger, 2020), bazı çalışmalar antrenmansız sporcularda daha yüksek bir ağrı seviyesine doğru bir eğilim olduğunu bildirmiştir. Kas biyopsilerinin zararlı etkilerinden kaçınmak için, bu klinik belirtiler ve plazma CK aktivitesi sıklıkla kas hasarının varlığını dolaylı olarak değerlendirmek için kullanılır (Warren vd., 1999; Clarkson, & Hubal, 2002). EIMD dolaylı belirteçlerindeki (özellikle plazma CK aktivitesi) değişikliklerin büyüklüğü, özneler standartlaştırılmış

eksantrik protokollere sunulduğunda bile bireyler arası belirgin bir değişkenlik gösterir (Clarkson vd., 1992; Nosaka, & Clarkson, 1996). EIMD bağlı olarak artan CK ve Myb seviyeleri aşırı olmasa da böbrekte emilimini tetikleyecek kadar şiddetli olabilir (Sayers, Clarkson, Rouzier & Kamen, 1999).

2.1.2.3.2.2. *Miyoglobin (myb)*. Miyoglobin neredeyse tüm memelilerin ve omurgalıların kas dokusunda bulunan oksijen ve demir bağlayıcı bir proteindir. Kalp kası ve çizgili iskelet kasında bulunan oksijen taşıyan bir proteindir. Serumdaki miyoglobin seviyeleri, miyokardiyal hücre ölümünden sonraki bir saat içinde yükselebilir ve tepe seviyelere dört ila altı saat içinde ulaşılır (Gibler, Gibler, Weinshenker, Abbottsmith, Hedges, Barsan & Kereiakes, 1987). Dolaşımda farklı zaman aralıklarıyla artış göstermemelerine rağmen, hem CK hem de Mb'deki değişiklikler benzer şekilde kas hasarının boyutunu yansıtır ve birbirleriyle pozitif olarak ilişkilidir (Febbraio & Pedersen, 2002). Miyoglobin başlıca kalp kasında ve iskelet kasında bulunmaktadır. Oksijenin kas içine depolanmasını sağlamaktadır. Kalp krizi geçirme sürecindeki gibi egzersiz sonrası oluşan kas hasarı sonrasında da kan dolaşımındaki yoğunluğu artmaktadır. Kas hücresi içerisinde oksijenin depo edilmesi ve mitokondriye iletilmesi görevlerini yapar (Günay, Tamer & Cicioğlu, 2006). Egzersizi takip eden sürelerde kasta meydana gelen mikro travmaya bağlı olarak kandaki yoğunluğu arttığı bilinmektedir (Jackman, Witard, Jeukendrup & Tipton, 2010; Rebalka & Hawke, 2014). Kas hasarı sadece maksimal gücü düşürmekle kalmaz, aynı zamanda gecikmiş kas ağrısına (DOMS) neden olur ve kreatin kinaz (CK) ve miyoglobin (Mb) gibi kasa özgü proteinlerin kan dolaşımına salınımını artırır (Lee & Leem, 2019; Maruyama vd., 2019). Dolaşıma sızan kas proteinleri arasında miyoglobin bulunur (Clarkson vd., 2006). Gecikmiş kas ağrısını belirlemek için standart olarak, LDH, CK ve MB proteinleri kullanılmaktadır (Rebalka & Hawke, 2014). Kalp kasına giden kan akışı normal bir EKG ile anlaşılacağı gibi negatif bir CK-MB seviyesi ile de anlaşılabilir (Hedges, Gibler, Young, Hoekstra, Slovis, Aghababian, & EMCREG II Study Group, 1996). Alışılmadık eksantrik egzersiz, kas disfonksiyonuna, birkaç gün süren kas ağrısına ve kandaki miyofiber proteinlerin kreatin kinaz (CK) ve miyoglobin (Mb) konsantrasyonlarının artmasına neden olur (Coombes & McNaughton, 2000; Nosaka, 2006).

2.1.2.3.2.3. *Kreatin Kinaz-Miyodardial Band (ck-mb)*. CK-MB, CK'den daha yüksek bir kardiyak özgüllüğe sahiptir ve miyokardiyal hasarın daha duyarlı ve spesifik bir belirtecidir ve bu enzimlerin birkaç izoformu mevcuttur (Herren & Mackway-Jones, 2001). CK-MB değeri yükselmiş ve CK-MB'nin total CK'ye (rölatif indeks) oranı 2,5-3'den fazla ise kalbin hasar görme ihtimali olabilir. Artmış CK sonucunda bu değer altındaki bir rölatif indeks ise iskelet kaslarının hasar görmüş olabileceğini gösterir. Neredeyse 20 yıl kadar önce kreatin kinaz miyokard bandı (CK-MB) miyokard hasarının biyokimyasal tanısında altın kural olarak kabul edilmiş ve bugüne kadar önemini devam ettirmiştir (Roberts, Henry, Witteveen & Sobel, 1974). Üç serum kreatin fosfokinaz (CPK) izoenzimi (MM, MB ve BB) tanınmıştır. Miyokard, MB CPK ile zengin bir şekilde donatılmıştır. Buna göre, artmış serum MB CPK aktivitesi miyokardiyal hasarı yansıtır (Roberts vd., 1974). Son zamanlarda, CK MB izoenzimi, miyogloblin ve kardiyak troponinler dahil olmak üzere hem iskelet kası hem de miyokard hasarının daha spesifik belirteçleri olarak tanımlanmıştır ve egzersizin, özellikle semptomsuz sağlıklı kişilerde bu araştırmaların sonuçlarını da etkileyebileceği gösterilmiştir.

2.1.2.3.2.4. *Laktat (La)*. Laktik asit, anaerobik metabolizma sırasında oluşan bir üründür ve anaerobik bir ortamda glikoz ayrışması sonucu oluşur. Yoğun egzersizler sırasında laktat birikimi daha da artar ve pH düşüşü (metabolik asidoz) nedeniyle yorgunluğa neden olur (Günay vd., 2006). Kan laktat konsantrasyonu, eksantrik egzersizden sonra da olsa, diğer çalışmalarda bulunan sonuçları destekleyen maksimal SSC egzersizinden sonra kas hasar düzeylerinin bir göstergesi olarak kullanılabilir (Manojlović & Erčulj, 2018). Egzersiz sırasında laktatın birikme derecesindeki bireyler arası içsel farklılıklar, egzersiz yoğunluğunu belirlemek için laktat kullanımını kısıtlar. Ortam sıcaklığı ve dehidrasyon gibi yabancı faktörler, laktat ölçümlerinin yorumlanmasını etkileyebilir (Borresen & Lambert, 2009). Egzersize kan laktat tepkisi, elli yıldan fazla bir süredir bu konuyla ilgilenen fizyologların ilgisini çekmektedir, ancak son zamanlarda birçok egzersiz laboratuvarında ölçülmesi gereken rutin bir değişken haline gelmiştir (Jacobs, 1986). Egzersiz süresi, yoğunluğu ve egzersiz yoğunluğundaki değişim oranı, önceki egzersiz, diyet ve kas glikojen içeriği gibi, laktat konsantrasyonunu da etkileyebilir (Jacobs, 1986; Swart & Jennings, 2004).

Hasarlı kaslarla egzersiz yapmanın da laktat seviyelerinde artışa neden olduğu gösterilmiştir (Swart & Jennings, 2004). Laktat konsantrasyonunun yorumlanması, örnekleme ve kan örnekleme zamanı ve yeri, ölçüm teknikleri ve seyreltme hacmi gibi ölçüm prosedürlerinden daha fazla etkilenebilir (Jacobs, 1986; Swart & Jennings, 2004).

2.1.2.3.2.5. Laktat Dehidrogenaz (LDH). Serum kreatin kinaz (CK) ve laktat dehidrogenaz (LDH), iskelet kaslarının fiziksel eğitime metabolik adaptasyon derecesinin bir göstergesidir. Her iki enzim de kas metabolizmasında rol oynar ve serum konsantrasyonları, hücrenin fizyolojik yıpranmasının bir sonucu olarak normalde çok düşüktür.

Yoğun egzersizden sonra ve kas patolojisinde önemli ölçüde artar. LDH bir reaksiyonda laktat ve piruvatın sentezini katalize eder ve genellikle hücre hasarı veya ölümünün bir biyobelirteci olarak kullanılır (Gupta, Goad & Kadel, 1991). Laktat dehidrogenaz (LDH), vücudun her dokusunda ve her hücresinde bulunan bir enzimdir. Bu enzimin esas görevi vücutta mevcut olan şekerden enerji üretmektir. En başta kalp olmak üzere karaciğer, akciğer ve kas dokularında yüksek oranlarda bulunan LDH, vücudun birçok dokusunda ve organında bulunur. Laktat dehidrogenaz ya da LD olarak da bilinen LDH enzimi, hücre, doku ya da organda hasar meydana geldiğinde kana karışır. Normal şartlarda kanda belli miktarda bulunan LDH enziminin değerlerinin artması ile vücuttaki doku hasarının yeri ve daha önceden var olan bir hasarın artıp atmadığı yorumlanabilir (www.medicalpark.com.tr).

Bir miktar izoenzim içeren laktat dehidrogenaz (LDH) seviyesi uzun süreli egzersizden hemen sonra artar (Tokinoya, Ishikura, Yoshida, Ra, Sugasawa, Aoyagi & Ohmori, 2020). Fiziksel egzersizden kaynaklanan oksidatif stres, karaciğer fonksiyonunda değişikliklere yol açmaz, ancak iskelet kası ve kırmızı kan hücrelerindeki tiyobarbitürik reaktif türlerin (TBARS) düzeyini artırır (Soares, Zanella, Bondan, Alves, de Lima, da Motta & Zanella, 2011), bu da laktat dehidrogenaz düzeylerinin artmasına neden olabilir. LDH, kas hasarına neden olan hidroksil radikallerinin varlığında aktivitesi artar (Watson, MacDonald-Wicks & Garg, 2005).

2.1.2.3.2.6. Aspartat transaminaz (AST) ve alanin aminotransferaz (ALT) Enzimleri. İskelet ve kalp kası dışında karaciğer, başlıca AST ve ALT kaynağıdır (Pal,

Chaki, Chattopadhyay & Bandyopadhyay, 2018). Kreatin kinaz (CK) ve aspartat transaminaz (AST) aktivite testleri rutin olarak SKM hasar biyobelirteçleri olarak kullanılmıştır (Goldstein, 2017). Karaciğer hasarını takiben serum alanin aminotransferaz (ALT) seviyelerinde yükselme iyi bilinmesine rağmen, bu artışın nedeni iskelet kası hasarı ile ilgili olabilir (Nathwani, Pais, Reynolds & Kaplowitz, 2005). İskelet kasının, kas nekrozunu takiben kan dolaşımına salınabilen kreatin kinaz, laktat dehidrogenaz (LDH), AST ve ALT izozimlerini içerdiği bilinmektedir. Literatürde izole iskelet kası hasarı olan hastalarda AST ve ALT seviyelerinde yükselme raporları bulunmasına rağmen, iskelet kası hasarı ile ALT yükselmesi arasındaki ilişkinin anlamlı olmamasına rağmen, artışlar karaciğer hasarına bağlıdır. (Akmal & Massry, 1990). Klinik durumlarda, Kreatin Kinaz (CK), Laktat Dehidrogenaz (LDH) gibi biyobelirteçlerin yanı sıra Aspartat Aminotransferaz (AST) ve Alanin Aminotransferaz (ALT)'da iskelet kası hasarı ve iskelet kaslarında doku hasarı tanısında yaygın olarak kullanılmaktadır (Nie, Tong, George, Fu, Lin & Shi, 2011). Bir sitoplazmik ve mitokondriyal enzim olan AST, çok çeşitli klinik bozukluklarda kanda artabilir (Nathwani vd., 2005). Hepatositler, kalp ve iskelet miyositleri, eritrositler ve beyin hücreleri gibi çeşitli hücrelerde bulunması yoluyla, serum aspartat aminotransferaz (AST) seviyelerinin geniş bir klinik bozukluk yelpazesinde yükselebileceği iyi bilinmektedir. Aksine, alanin aminotransferaz (ALT) seviyelerindeki yükselme, yaygın olarak, karaciğer nekrozunun spesifik bir göstergesi olarak görülmektedir. Bununla birlikte, iskelet kasının, kas nekrozunu takiben kan dolaşımına salınabilen kreatin kinaz, laktat dehidrogenaz (LDH), AST ve ALT izoenzimlerini içerdiği bilinmektedir (Nathwani vd., 2005). CK ve AST aktivite testleri, yüksek dereceli miyopatileri tespit etmek için iyi çalışır, ancak düşük dereceli histopatoloji bulgularının zayıf öngürücüsüdür (Dabby, Sadeh, Herman, Berger, Watemberg, Hayek & Nevo, 2006).

2.1.2.3.2.7. Troponin T (TnT). Troponin I ve T, kalp ve iskelet kasının kasılma kompleksinin ince filament düzenleyici sisteminin iki proteinidir (Wu, 1998; Kaski & Holt, 2013). Aktin ve tropomiyosin proteinleri ile miyofibriller içindeki ince filamentlerin bir parçasıdır ve kalsiyum aracılı kas kasılmasının düzenlenmesi için gereklidir (Wells & Sleeper, 2008). Bir protein olan troponin, iskelet ve kalp kasına özgüdür. Kalp krizi gibi olağanüstü durumlarda, kalbin hasar görmesi halinde kastan

kana karışır. Bunun sonucu olarak kanda troponin düzeyi artmaya başlar. Kas hasarının oluşmasından yaklaşık 1 saat sonra laboratuvar testleriyle saptanan troponin seviyesi 24 saatte maksimum düzeye ulaşır ve bir hafta boyunca pozitif değerini korur. Troponinler, iskelet ve kalp kası dokusunun kasılma aparatının bir parçası olan düzenleyici proteinlerdir. Düz kas dokusunda bulunmazlar. Kardiyak troponinler, kalp hasarı için oldukça duyarlı ve spesifik biyobelirteçlerdir ve akut koroner sendromların tanısında anahtar bir unsurdur (Thygesen, Alpert, Jaffe, Chaitman, Bax, Morrow & Windecker, 2019). Kardiyak troponinler I ve T, kalp kasının işlevinin ayrılmaz proteinlerdir. Miyokardiyal hasarın tespiti için çok hassas belirteçlerdir ve serum seviyelerini doğru ve hızlı bir şekilde test etme yeteneği, minör miyokardiyal yaralanma ve enfarktüs kavramlarını kökten değiştirmiştir. Ayrıca gelecekteki olumsuz kardiyak olayların güçlü prognostik göstergeleridir (Sarko & Pollack Jr, 2002). Troponin, kalp yaralanmasının tespiti için tercih edilen biyobelirteçtir. Doğru şekilde kullanmak için, kullanılan spesifik testin kalp hasarını saptamak için ne kadar hassas olduğunu, yüksek troponin düzeylerinin kalp hasarı için oldukça spesifik olduğu ve bazı kritik öneme sahip olduğu gerçeğinin anlaşılması gerekir (Babuin & Jaffe, 2005). Kardiyak troponin T (TnT), kalp kasına özgü bir kasılma proteindir ve iskelet kası izoformundan immünolojik yöntemlerle ayırt edilebilir. Bununla birlikte, TnT ölçümleri miyokardiyal hasarın tanısında da oldukça hassastır ve küçük miktarlardaki miyokard nekrozunu bile doğru bir şekilde ayırt eder (Mair, Dienstl & Puschendorf, 1992). Troponin T (TnT), troponin I (TnI) ve troponin C, kas kasılmasında rol oynayan troponin kompleksini oluşturur. Depolarizasyondan sonra, TnT, tropomiyosine bağlanır ve aktin ile miyozin arasında etkileşim ve ardından kas kasılması ile sonuçlanır (Sarko & Pollack Jr, 2002).

2.1.3. Kas hasarının değerlendirilmesi. Kas hasarının değerlendirilmesinde genellikle iki yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemler, direkt ve indirekt yöntemlerdir. Manyetik rezonans görüntüleme (MRI) ve iskelet kas biyopsisi yöntemleri direkt yöntemlerdir. Bu yöntemlerin uygulanması zaman ve performans açısından zordur. Direkt yöntemlere ek olarak kasa ait özel bazı enzim ve proteinlerin kandaki oranlarının tespit edilmesinde daha pratik ve düşük maliyetli ölçümler de indirekt yöntemler olarak çalışmalara ışık tutmaktadır. (Clarkson & Hubal, 2002).

2.1.3.1. İskelet kas biyopsisi ve manyetik rezonans görüntüleme tekniği (MRI). MRI değerlendirmelerinin tanıtılmasıyla kas yaralanmalarının derecelendirilmesinde önemli gelişmeler elde edildi (Grassi, Quaglia, Canata & Zaffagnini, 2016). İnsan kasındaki hasarın doğrudan değerlendirilmesi zordur çünkü bu yalnızca kas biyopsilerinin analizi veya manyetik rezonans görüntüleme (MRI) ile mümkündür (Clarkson & Hubal, 2002). Doku hasarı, manyetik rezonans görüntüleme (MRI) ile noninvaziv olarak da elde edilebilir (Markus, Constantini, Hoffman, Bartolomei & Gepner, 2021). Biyopsi tekniğini kullanmanın invazif doğası ve olabilecek hatalar ve MRI değerlendirmelerinin tam olarak ne anlattığına dair bilgi eksikliği nedeniyle, birçok araştırmacı hasarı değerlendirmek için dolaylı ölçümler kullanmıştır. MRG ve ultrason, klinik tanıyı doğrulamak için yardımcı yardımcı maddelerdir (Valderrabano, Barg, Paul, Pagenstert & Wiewiorski, 2014). İnsan kasındaki hasarın doğrudan değerlendirilmesi zordur çünkü bu yalnızca kas biyopsilerinin analizi veya magnetik rezonans görüntüleme (MRI) ile mümkündür. Kas biyopsi analizinin doğasında bulunan problemler, bu kadar küçük bir örneğin tüm kastaki hasarı tahmin etmek için kullanılmasıyla aşikârdır (Pizza, Mitchell, Davis, Starling, Holtz, & Bigelow, 1995). MRI, tüm kasta ne olduğunu anlamak için güçlü bir araç olmuş ve egzersizden sonra hangi kasların hasar gördüğünü değerlendirmede yararlı olmuştur (Nosaka & Clarkson, 1996). MRI, eksantrik egzersizin ardından kas hasarının daha doğrudan, brüt bir değerlendirmesine imkan verir (Walsh vd., 2001). Manyetik rezonans görüntüleme (MRI) ve MR artrografi tanı koymada ve olası ek ilişkili yaralanmaları belirlemede rol oynar ve ayrıca geleneksel MRI, kronik yaralanma veya daha bariz tam kalınlık yırtıklarından kaynaklanan bağ içindeki kalınlaşmayı belirleyebilir (Ra’Kerry, Levine & Ahmad, 2008).

2.1.3.2. Kandaki kas enzim ve proteinlerin değerlendirilmesi. Kreatin kinaz (CK), laktat dehidrogenaz (LDH) ve aspartat aminotransferaz (AST), egzersize bağlı kas hasarının en yararlı serum biyobelirteçleri arasındadır (Belli, Macedo, De Araujo, Dos Reis, Scariot, Lazarim, 2018). CK'nin kas hasarının dolaylı bir göstergesi olduğu ve bu nedenle bariz kısıtlamaları olduğu ve yorumlarda dikkatli olmayı gerektirdiği bilinmektedir. Örneğin, CK seviyeleri sadece CK'nin etkilenen kas liflerinden salınmasıyla sonuçlanan süreçlerin zamanından ve hasarın ciddiyetinden değil CK'nin

dolaşımdan temizlenmesinden de etkilenir. Dolaşıma sızan kas proteinleri arasında miyogloblin, kreatin kinaz (CK), laktat dehidrogenaz (LDH), alanin aminotransferaz (ALT), aspartat aminotransferaz (AST) ve aldolaz bulunur (Clarkson vd., 2006). Kas hasarı genellikle maksimum güçte bir azalma, gecikmiş kas ağrıları (DOMS) ve kreatin kinaz (CK) ve miyogloblin gibi kas proteinlerinin kan seviyelerinde artış içerir (Warren vd., 1999). Hasarlı kastan dolaşıma sızan kreatin kinaz (CK), laktat dehidrogenaz (LDH) ve miyoselüler protein miyogloblin (Mb) gibi kandaki kas kaynaklı enzimlerin aktiviteleri, dolaylı belirteçler olarak kullanılmıştır (Kanda vd., 2017). Kreatin kinaz (CK) neredeyse tamamen kas dokusunda bulunduğundan, kas hasarının en yaygın plazma belirtecidir (Ebbeling & Clarkson, 1989). Serumdaki miyogloblin seviyeleri, miyokardiyal hücre ölümünden sonraki bir saat içinde yükselebilir ve tepe seviyelere dört ila altı saat içinde ulaşılır (Gibler vd., 1987). Alışılmadık eksantrik egzersiz, kas disfonksiyonuna, birkaç gün süren kas ağrısına ve kandaki miyofiber proteinlerin kreatin kinaz (CK) ve miyogloblin (Mb) konsantrasyonlarının artmasına neden olur (Coombes & McNaughton, 2000; Nosaka, 2006). Son zamanlarda, CK-MB izoenzimi, miyogloblin ve kardiyak troponinler dahil olmak üzere hem iskelet kası hem de miyokard hasarının daha spesifik belirteçleri olarak tanımlanmıştır ve egzersizin, özellikle semptomsuz sağlıklı kişilerde bu araştırmaların sonuçlarını da etkileyebileceği gösterilmiştir. CK-MB, CK'den daha yüksek bir kardiyak özgüllüğe sahiptir ve miyokardiyal hasarın daha duyarlı ve spesifik bir belirtecidir (Herren & Mackway-Jones, 2001). Kan laktat konsantrasyonu, eksantrik egzersizden sonra da olsa diğer çalışmalarda bulunan sonuçları destekleyen maksimal SSC egzersizinden sonra kas hasar düzeylerinin bir göstergesi olarak kullanılabilir (Manojlović & Erčulj, 2018). Aspartat Aminotransferaz (AST) ve Alanin Aminotransferaz (ALT)'da iskelet kası hasarı ve iskelet kaslarında doku hasarı tanısında yaygın olarak kullanılmaktadır (Nie vd., 2011). Yoğun egzersizden sonra ve kas patolojisinde önemli ölçüde artar. LDH bir reaksiyonda laktat ve piruvatın sentezini katalize eder ve genellikle hücre hasarı veya ölümünün bir biyobelirteci olarak kullanılır (Gupta vd., 1991).

2.1.4. Kas hasarının önlenmesi. Egzersize bağlı kas hasarı önemli rahatsızlığa neden olabileceğinden ve sonraki atletik performans veya antrenman kalitesini

bozabileceğinden, EIMD ile mücadele için etkili beslenme ve destek stratejilerinin geliştirilmesi sporcular, antrenörler, diyetisyenler, araştırmacılar ve benzer şekilde fitness uzmanları için büyük önem taşımaktadır (Harty vd., 2019). EIMD'nin belirtileri ve semptomları genellikle egzersizin kesilmesinden sonra birkaç gün devam eder ve tipik olarak kas ağrısı, azalmış basınç ağrı eşiği (PPT), lokalize şişme, maksimum güç üretme kapasitesinde geçici düşüşler ve kreatin kinaz gibi yüksek intramüsküler enzim seviyelerini içerir (Peake, Suzuki, Wilson, Hordern, Nosaka, Mackinnon & Coombes, 2005; Byrne vd., 2001). Antioksidan ve anti-enflamatuarlar egzersize bağlı kas hasarına ve oksidatif strese karşı koruma sağlamaktadır. Ancak egzersiz performanslarını iyileştirme olasılığı belirsizliğini korumaktadır (Malaguti, Angeloni, & Hrelia, 2013). EIMD semptomlarını tedavi etmek için kullanılan yaygın terapötik müdahaleler arasında germe, masaj, elektroterapi, kriyoterapi, steroid olmayan antiinflatuvar ilaçlar (NSAIDS) ve ayrıca beslenme ve destekleme stratejileri bulunur (Peake, Neubauer, Della Gatta & Nosaka, 2017; Dupuy, Douzi, Theurot, Bosquet & Dugué, 2018). Mekanik ve metabolik etkilerle ortaya çıkan kas hasarı, egzersiz türüne, yoğunluğuna ve egzersizin süresine bağlıdır. Araştırmalarda genellikle dallı zincirli amino asitler (DZAA) kullanılmıştır. Dallı zincirli amino asit alımının kreatin kinaz, aldolaz, laktat dehidrojenaz, granülosit elastaz veya kas ağrılarıyla tanımlanan kas hasarını kontrol altına alabildiği ve iyileşme sürecini olumlu bir şekilde etkilediği belirtilmiştir (Douglas vd., 2017). Beslenme, farmakolojik stratejiler, elektriksel ve manuel terapiler, kriyoterapi ve aktif egzersiz gibi EIMD ile ilişkili olumsuz etkileri azaltmak için bazı müdahaleler önerilmiştir (Howatson & Van Someren, 2008). ; Torres, Ribeiro, Duarte & Cabri, 2012). Kas onarımını ve EIMD'den adaptasyonu kolaylaştırmak için pozitif bir kas protein dengesinin gerekli olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir (Hawley, Tipton & Millard-Stafford, 2006). Bazı yiyecekler, özellikle protein, karbonhidratlar, antioksidanlar ve anti-enflamatuar besinlerin verilmesini sağlamak için birleştirildiklerinde, etkili bir iyileşme seçeneği olarak kabul edilebilecek potansiyeli içerir. Hâlihazırda EIMD ile ilgili olarak başarıyla test edilmiş olan süt, kiraz, yaban mersini ve narın ötesinde diğer yiyeceklerin kas hasarından kurtulma sürecine yardımcı olacak olası çözümler olduğu düşünülmektedir (Sousa, Teixeira & Soares, 2014). Antioksidanlar veya β -hidroksi- β -metilbutirat ile uzun süreli takviye, egzersizden önce ve sonra protein alımında olduğu gibi, EIMD'yi azaltmada profilaktik bir etki sağlasa da, EIMD ile ilişkili

olumsuz etkileri azaltmak amacıyla profilaktik veya terapötik olarak çeşitli müdahaleler kullanılmıştır (Howatson & Van Someren, 2008).

2.1.5. Egzersize bağlı kas hasarının kas fonksiyonu üzerindeki etkileri.

Eksantrik egzersize bağlı kas hasarı çalışmasında kullanılan ölçme araçlarının yakın tarihli bir incelemesinde, Warren vd., (1999), kas fonksiyonu ölçümlerinin eksantrikten kaynaklanan hasarın büyüklüğünü ve zaman sürecini değerlendirmenin en etkili yol olduğunu öne sürmüşlerdir. Kas hasarının varlığında atletik performans düşünüldüğünde, fonksiyonel bozukluklar (örneğin güçte azalma) ani, uzun süreli ve belki de en önemli hasar belirtisidir. Alışılmadık eksantrik egzersizin, DOMS ve kas fonksiyonunda azalma gibi bir dizi klinik semptomla kendini gösteren kas hasarına neden olduğu iyi bilinmektedir (Hody vd., 2019). Kas hasarı, kas yapısında ultra yapısal değişiklikler, kan dolaşımındaki artan kas proteinleri ve enzimleri, kas gücü kaybı ve hareket açıklığı ve kas ağrısı ile karakterizedir (Peake vd., 2005).

2.1.6. Egzersize bağlı kas hasarının nöromüsküler kontrol üzerindeki etkiler.

Eksantrik egzersizden sonra diz ekstansörlerinin nöromüsküler etkinliğinde bir azalma gözlenmiştir (Komi & Viitasalo 1977; Deschenes, Brewer, Bush, McCoy, Volek & Kraemer, 2000). Bu, kuvvette bir azalma olarak yansıtılır: entegre elektromiyografik (iEMG) aktivite oranı, daha büyük bir merkezi aktivasyon (sinir stimülasyonu) ile sonuçlanır. Maksimal altı veya maksimal kuvvetin elde edilmesi için gereklidir. Deschenes vd., (2000), yakın zamanda artan iEMG'nin ağrının odaklandığı rektus femoriste lokalize olduğunu bildirdiler. Dahası, nöromüsküler verimlilikteki bozulmanın, güç kaybı, kas ağrısı ve artan miyofiber protein seviyeleri gibi diğer hasar semptomlarından daha uzun ömürlü olduğu gösterilmiştir. Proprioepsiyonun (istemli kuvvet ve eklem pozisyonunun algılanması) son zamanlarda eksantrik egzersizden sonra bozulduğu gösterilmiştir (Miles, Ives & Vincent, 1997). Kuvvet anlamındaki hata, güç kaybının derecesi ile orantılı görünmekte ve merkezi bir telafi edici mekanizmanın aktif olduğunu göstermektedir. Örneğin,%50'lik bir güç kaybı, egzersiz sonrası belirli bir kuvvetin, egzersiz öncesi kuvvetin iki katına eşit olarak algılanmasıyla sonuçlanır (Brockett, Warren, Gregory, Morgan & Proske, 1997). Bu

çalışmalar, kaslara zarar veren egzersizden sadece kasın kuvvet üretme kapasitesinin değil aynı zamanda motor kontrolün de etkilendiğini göstermektedir.

2.1.7. Saha zeminleri. Futbolun küresel etkinliği ve yayılımı göz önüne alındığında, FIFA üye dernekleri arasında kullanılan oyun yüzeylerinde önemli farklılıklar vardır (Roberts, Osei-Owusu, Harland, Owen & Smith, 2014). Spor faaliyetleri hemen hemen her zeminde ve sınırlı bir alanda yapılabilir. Ancak her spor dalına özgü zeminlerin kullanılması önemlidir. Uygun ve kaliteli yüzeylerin olması da katılımı teşvik edebilir (Foster, 2005). Spor yapılan zeminlerin uygunluğu ve zemine bağlı yaralanmanın bilinmesi, hem yüzey mekanik davranışı hem de oyuncu biyomekanik davranışının entegre bir şekilde anlaşılmasını gerektirir Modern sentetik çimin gelişimi, doğal çimin oyun özelliklerini yeniden tasarlamaya ve üretmeye odaklanmıştır. Bu geliştirme stratejisi, 1980'lerin başından ortasına kadar ilk nesil sentetik çimin futbola girişinden elde edilen deneyimlerle motive edilmiştir. İlk yüzeyler, doğal yüzeylere göre daha yüksek sertlik, daha yüksek kayma sürtünmesi ve daha fazla ısı tutma özelliklerine sahipti. Sonuç olarak, birinci nesil suni zeminlerde oyuncular daha yüksek top zıplaması, daha hızlı top yuvarlama ve önemli cilt hasarı ve alt ekstremitelerinde yaralanmalar yaşadılar (Stiles vd., 2009). Yeni oyun yüzeyleri, performansı artırmak, daha doğal alan ve çim özellikleri sağlamak ve yaralanmaları azaltmak için geliştirildi ve pazarlandı. İlk suni zeminler içerisine kauçuk ve kum dolgusu katılarak stabilize edilmiş çeşitli uzunluklarda polipropilen liflerden oluşmaktadır (Ford, Manson, Evans, Myer, Gwin, Heidt Jr & Hewett, 2006). Performansın olumsuz hava koşullarından daha az etkilendiği, daha düşük bakım seviyeleri gerektiren bir oyun yüzeyine sahip olmak önemlidir (Kolitzus, 1984; Cox, 2003).

2.1.7.1. Doğal çim zeminler. Futbol, oyun yüzeyleri söz konusu olduğunda son 40 yılda büyük bir değişim yaşadı. Futbol geleneksel olarak doğal çim sahalarda oynanır. Bununla birlikte, Güney Avrupa, Afrika ve Asya'nın geniş bölgelerinde, sınırlı ekonomik kaynaklara sahip yerlerde ve alt liglerde toprak sahalalar kullanılmaktadır (FIFA, 2007). Futbol, geleneksel olarak, farklı mevsimlerde farklı bakım gerektiren çimlerde oynanmıştır (Sassi vd., 2011). Bazı yerlerde, çim bütün yıl boyunca büyürken, diğer yerlerde, mevsim çimlerin durumunu etkiler. Çimin

büyümesi ve gelişmesi için güneş ışığı ve bazı besinler gereklidir (FIFA, 2010). Bir antrenman programı hazırlarken, futbol antrenörleri sadece oyuncularının özelliklerini ve seviyesini değil, aynı zamanda oyun yüzeyinin türünü ve teknik değişkenlerin performansı üzerindeki etkisini de dikkate almalıdır. Çim zemin daha agresif oyun, az dokunuş ve daha fazla pas isabeti sağlar. Sentetik zeminde top kontrolünü sağlamak için çok fazla dokunuş gerekli olabilir (Díaz-Cidoncha, Franco Álvarez, & Dellal, 2017). Uluslararası maçlar için bazı esnemeler olsa da nizami çim saha ölçüleri **105 metre** uzunluğunda ve **68 metre** genişliğindedir. Futbolda oyun kurallarını belirleyen olan Uluslararası Futbol Birliği Kurulu 28 Şubat 2004'teki son toplantısında, oyun kurallarında suni çim de dâhil olmak üzere 'Saha Yüzeyine' atıf yapılmasına karar verdi. Bu tarihi karar, uluslararası kulüp müsabakalarının ve FIFA'ya bağlı Federasyonları temsil eden takımlar arasındaki maçların, FIFA standartlarını karşılayan yapay yüzeylerde oynanmasına izin verildi. Bu, özellikle aşırı sıcak, soğuk veya nemli iklim koşullarının çim sahalarla kolayca zarar verebileceği ülkeler için büyük önem taşımaktadır (FIFA, 2004).



Şekil 3. Doğal çim

2.1.7.2. Suni zeminler. Sentetik çim, ilk kez 1964 yılında piyasaya sürüldüğü günden beri önemli değişikliklere uğramıştır. Günümüz sporcuları, doğal çim zeminlere benzer lif sistemi ve granül dolgu ile doldurulmuş suni zeminlerde oynamaya başladılar (Stanitski, McMaster & Ferguson, 1974). Suni çim ilk olarak 2003 FIFA U-17 Dünya Şampiyonası Finlandiya'da uluslararası yarışmada kullanıldı. Final dâhil on maç “FIFA Tarafından Önerilen” yapay yüzeyde oynandı. Ekiplerden gelen gerekli onay ve yaralanmalar açısından olumlu bulgular suni çimin, çime en iyi alternatif olduğunu kanıtladı. Özellikle futbol için tasarlanmış en yeni nesil suni çim, çimin niteliklerinin çoğunu taklit eder ve oyunun her seviyesinde benzer özellikler gösterir. Futbol oyununun dünya çapındaki yönetim organı olan FIFA, futbol

ekipmanlarını iyileştirmeye yönelik her türlü yenilikleri desteklemeye çalışır. Bu gelişmelere dayanarak IFAB ile birlikte suni çim kullanımına karar vermiştir (www.fifa.com).

Sentetik oyun yüzeyleri 1960'larda doğal çime uygun maliyetli bir alternatif olarak geliştirildi. Suni çim yüzeylerin öne sürülen avantajları arasında yüzeyin dayanıklılığı ve çok yönlülüğü, çoklu spor kullanımına ve hatta iç mekân kullanımına izin veren ve doğal çim yüzeylere kıyasla göreceli bakım kolaylığı bulunmaktadır (Drakos vd., 2013). Sentetik yüzeyler ayrıca sert hava koşullarında daha tutarlı bir yüzey sağlayarak müsabakaların iptalini önlemeye yardımcı olur. AstroTurf gibi birinci nesil sentetik yüzeyler, asfalt taban üzerinde dolgusuz dayanıklı naylon liflerden yapılmış yoğun bir halıdan oluşuyordu. Bu, darbe emilimi olmayan sert bir yüzey ve yüksek sürtünme yüzeyine sahipti. Sonunda, asfalt tabanı önce bir taş ve toprak kombinasyonu ile ve daha sonra kauçuk, poliüretan ve mineral dolgudan oluşan tamamen geçirgen bir şok emici ped tabakası ile değiştirildi (Hershman, Anderson, Bergfeld, Bradley, Coughlin, Johnson & National Football League Injury and Safety Panel, 2012). Üçüncü nesil yüzeyler (FieldTurf) tutarlılık ve lif morfolojisi açısından doğal çimi daha yakın özellikler taşıması için 90'ların ortasından sonlarına kadar geliştirilmiştir (Drakos vd., 2013; Hershman vd., 2012) Uluslararası Futbol Birliği Kurulu, 2004 yılında futbol oyun kurallarına suni çim sahaları dahil etmeye karar verdi. Bu yüzeyler şu anda çeşitli ülkelerde (örn. Fransa, Rusya ve İsviçre) profesyonel seviyelerde lig maçları için ve birçok ülkede de eğitim amaçlı kullanılmaktadır. Son on yılda, doğal çime benzer özelliklere sahip üçüncü nesil dolgulu yüzeylerle suni çim gelişiminde büyük ilerlemeler kaydedildi. Zamanla doğal çim sahaların sayısı, suni çim lehine önemli ölçüde azalmıştır. McNitt (2005), Amerika Birleşik Devletleri'nde her yıl suni çim futbol sahalarında% 20'lik bir artış meydana gelmiştir. Ayrıca suni çim, genç futbolcuların eğitimi için ideal bir zemin olarak kabul edilmektedir (Stiles vd., 2009). Suni çim, başta doğal çim olmak üzere diğer yüzeylere kıyasla daha fazla yaralanma olması nedeniyle ilk başta bir tepki aldı (Schmidt-Oltsen, Jørgensen, Kaalund ve Sørensen, 1991). Üçüncü nesil suni çim ile diğer tüm doğal yüzeyleri karşılaştıran çeşitli çalışmalar, yaralanma sayılarındaki bu tepkileri azaltmıştır (Ekstrand vd., 2006 ; Foster, 2007 ; Meyers, 2010 ; Meyers & Barnhill, 2004 ; Naunheim, Parrott & Standeven, 2004 ; Steffen vd., 2007). O zamandan beri, FIFA suni çimin doğal çim

zemine alternatif olduğunu kabul etti (FIFA, 2007a). Bununla birlikte, profesyonel sektör genel olarak ikna olmamıştır ve suni çim hala çok sınırlı bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak futbol oynanan tüm suni zeminlerin ve tüm doğal çim zeminlerin aynı kalitede olduğunu varsayamayız. Suni çim sahanın performansı, kullanılan bileşenlerin türüne, fabrikadaki üretim şekline, bir yüzeyin maruz kaldığı kullanım yoğunluğuna ve yapılan bakıma bağlıdır (Alcántara, Ga'mez, Rosa & Sanchi's, 2009; Martinez, Dura, Ga'mez, Rosa, Zamora & Alca'ntara, 2004). FIFA suni çim için kalite konseptinin geliştirilmesindeki en önemli hususlardan biri, optimum koşullar altında doğal çimin performans özelliklerine benzer şekilde üretilmesi olmuştur. FIFA tavsiye işaretini taşıyan suni yüzeyler sadece görünüş olarak değil oynanabilirlik açısından da doğal çime benzemelidir (FIFA, 2001).



Şekil 4. Çeşitli çim oyun yüzeylerinin fotoğrafları.

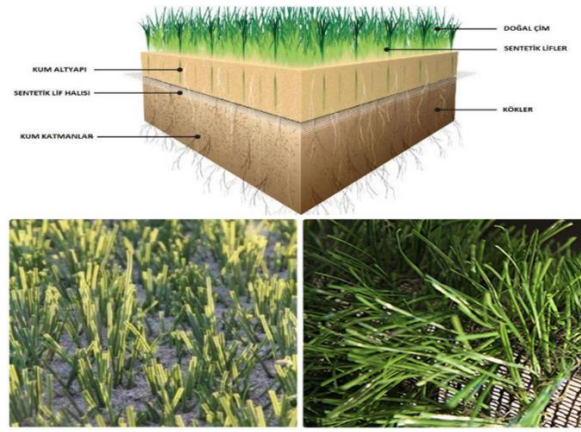
A: Enine kesitte gösterilen doğal çim. **B:** İkinci nesil suni çim, kum tabanlı ve kısa bıçak uzunluğu. Bu tür, çimi daha iyi simüle etmek için daha uzun suni bıçaklara ve ufalanmış bir kauçuk tabana sahip üçüncü nesil çim (C) lehine modası geçmiş hale geldi.

2.1.7.3. Hibrit zeminler. Hibrit çim, sentetik ve doğal çimlerin birlikte kullanıldığı kombine bir sistemdir. Güneş ışığından yeterli düzeyde yararlanılmamasından ve hava akımının istenilen seviyede olmamasından dolayı yıpranan ve zarar gören doğal çimler, birçok bakım masrafını da beraberinde getirmektedir (Brosnan, McNitt & Serensits, 2009). Hibrit sistem, önceden yapılan doğal çimin yeniden yapılmasına veya onarılmasına katkı ve kolaylık sağlaması için geliştirilmiştir. Hibrit çim sistemi monofilament ve fibrilleştirilmiş sentetik lif yapısıyla çim köklerini destekleyerek olumsuz hava koşullarının zeminlerin

yıpranmasını engelleyecek mükemmel ortamlar hazırlar. Hibrit sistem çim saha; FIFA standartlarına göz önünde bulundurulduğunda %100 doğal saha statüsü içinde yer almaktadır (<https://www.fbk.com.tr/hibrit-cim/>).

Yapım aşamasında doğal çimin kök kısmına eklenen sentetik lifler mevcut çimleri daha güçlü ve olası bir yıpranmaya daha dayanıklı hale getirmektedir. Budan dolayı son zamanlarda futbol müsabakalarının oynandığı zeminlerde bu yapı tercih edilmektedir. İklim şatları ve çok fazla maç yapıldığı düşünüldüğünde dayanıklı yapısından dolayı futbol gibi bir çok branş için hibrit çim tercih edilmektedir (<https://www.wikizero.com/tr/Hibrit>).

Doğal ve suni zeminler kendi arasında karşılaştırıldığında doğal çim sistemleri en yumuşak, dokuma hasır sistemleri ise en sert olduğu da görülmüştür (Thanheiser, Grashey-Jansen & Armbruster, 2018). Doğal çim kökleri yıpranıp etkinliğini kaybederken suni çimlerin 20 cm derinlikteki kökleri sayesinde sağlam kaldığı tespit edilmiştir. Doğal çim oranının %95 olduğu bu saha sağlamlık ve mükemmel performans konforunu aynı anda sunar. Dikey olarak enjekte edilen sentetik lifler drenaj için de önemli destekleyici yapı oluşturur. Yıpranmaya karşı dayanıklılığı sayesinde bakım masraflarını azaltarak sürekli sağlıklı ve prestijli bir saha sunar (<https://www.hurriyet.com.tr/sporarena/hibrit-cim>).



Şekil 5. Hibrit çim zemin

Sentetik lifler yerleştirildikten sonra, gerekli bakım doğal çim yüzeyiyle hemen hemen aynıdır, ancak yüzey daha esnektir, bu nedenle onarımlara daha az ihtiyaç duyulur ve

lifler daha iyi drenaj sağlar. Hibrit bir yüzeye sahip olmanın bir başka avantajı, çimden farklı olarak sertliği ayarlayabilmenizdir (www.wakingthered.com).

Günümüzde hibrit çim yüzeylerinin doğal çim yüzeylerine kıyasla birçok avantajı söz konusudur. Bakım ve onarım maliyetleri bakımından ekonomik olması ayrıca doğal çime göre uzun ömürlü olması da bu çim yönteminin tercih edilirliliğini arttırmaktadır (Işık, 2017). Hibrit çim teknolojisi sporcular için suni çimin yapaylık hissini yansıtmaması, zemine bağlı genel sakatlık riskinin az olması, yağmurlu müsabaka şartlarında drenaj kabiliyeti yüksekliğinden dolayı sahanın oyun veriminin yükselmesi ve doğal çim zeminin bakım isteklerinden kaynaklı sorunları barındırmaması nedeniyle son zamanlarda futbol sahalarında sıklıkla tercih edilmektedir (Ak & Ögçe, 2018).

2.2. İlgili Araştırmalar

Ebbeling & Clarkson (1989), egzersize bağlı kas hasarı ve adaptasyonu çalışmalarında, tekrarlayan eksantrik kas hareketlerinden sonra alınan biyopsiler, Z disklerinin genişlediğini, akışını ve zaman zaman tamamen bozulduğunu belirtmişlerdir.

Guskiewicz, Weaver, Padua & Garrett (2000), üç futbol sezonunda 17.549 lise ve üniversiteli lisanslı futbolcuya yaptıkları beyin sarsıntısı epidemiyolojisi çalışmasında, suni çim ile temas, doğal çim ile temastan daha ciddi bir sarsıntı yarattığını bulmuşlardır.

Clarkson & Hubal (2002), insanlarda egzersize bağlı kas hasarı adlı çalışmalarında, eksantrik kasılmaların kas biyopsi örneklerinin incelenmesi sonucunda kas liflerine zarar verdiğini, kaslarda uzun süreli kuvvet kaybı, kasılma elemanlarının hasar görmesi, uyarma-kasılma bağlantısının bozulması ve iltihaplanma problemlerinin olduğunu belirtmişlerdir.

Ekstrand vd. (2006), 2003–2004 yılları arasında üçüncü nesil suni çim yüzeylerde antrenman ve maçlarını yapan 10 elit Avrupa kulübünden 290 oyuncu ve kontrol grubu olarak çim zeminde çalışan İsveç Premier Ligi'nden 202 oyuncu üzerinde yaptıkları çalışmada, suni çimde futbol oynandığında, doğal çime kıyasla daha büyük bir yaralanma riski olduğuna dair bir kanıt bulamamışlardır. Suni çimde daha yüksek ayak

bileği burkulma oranı dikkati çekmekte, ancak bu sonuç ayak bileği burkulma sayısı düşük olduğu için dikkatle yorumlanmalıdır sonucuna ulaşmışlardır.

Erdogan (2009), sporcu geçmişi olmayan 19 erkek üzerinde yaptığı çalışmasında, Şubat ayı 0 derecede ve Temmuz ayı 30 derecede alınan kan örneklerinde kas hasarı belirteçlerinden CK, AST ve LDH parametrelerinin her iki ortamda da anlamlı bir şekilde yükseldiğini belirtmiştir.

Kılıç (2010), yirmi erkek basketbolcu ile basketbol turnuvasının kas hasarı ve toparlanma üzerine etkileri adlı çalışmasında, kas hasarı belirteçleri olan AST, CK ve LDH değerlerinde anlamlı bir şekilde artış olduğunu bulmuştur. Korkmaz (2010), 20-31 yaş arası 15 gönüllü erkek sporcu ile yaptıkları çalışmada, yüklenme antrenmanı sonrasında hasar bulguları olan LDH ve CK seviyelerinde artış olduğunu belirtmiştir.

Dragoo & Braun (2010), yapay yüzeyde oynamanın yaralanma oranına etkisi üzerine yaptıkları çalışmada, doğal çime kıyasla birinci ve ikinci nesil suni çim yüzeylerde daha fazla genel yaralanma oranlarına dikkat çekilmektedir. Aoki, Kohno, Fujiya, Kato, Yatabe, Morikawa & Seki, (2010), ergenlik dönemi futbolcularda yaralanma insidansını konu alan ve doğal çim ve suni çim üzerinde antrenman yapan 12-17 yaş arasında 301 futbolcu ile yaptıkları çalışmalarında, antrenman ve müsabaka sırasında iki yüzey arasında akut yaralanma oranlarında önemli bir fark olmadığını fakat suni zemin grubunun antrenmanlarda önemli ölçüde daha yüksek bel ağrısı yaşadıklarını tespit etmişlerdir.

Eyers (2010), suni zemin ve doğal çim zemin üzerinde oynayan kolej oyuncularının yaralanma sıklığını araştırdığı üç yıllık çalışmasında, oyun yüzeyleri arasında baş, diz veya omuz travmasında önemli farklılıklar olmadığını belirtmiştir.

Meehan vd. (2010), High School Reporting Information Online (HS RIO) izleme sistemini kullanarak yaralanma mekanizmasını, semptomları ve sporla ilgili sarsıntıların yönetimini tanımlamak için yaptıkları çalışmada, 2008-2009 akademik yılında toplam 544 kafa sarsıntısı kaydetmişlerdir. Kaydedilen sarsıntıların yarısından fazlasının futbol sırasında meydana geldiğini ortaya koymuşlardır.

Williams vd. (2011), futbol yaralanmalarını ele alan üçüncü ve dördüncü nesil suni çim veya doğal çim kullanımlarına yönelik çalışmaları sonucunda; yeni nesil suni çim ve doğal çim alanlar arasında ayak bileği yaralanması riskinin yeni nesil suni çim sahalarda daha fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Akdeniz, Karlı, Daşdemir, Yazar & Yılmaz (2012), 11 sağlıklı erkek futbolcu ile egzersiz kaynaklı kas hasarının sürat ve çeviklik performansına etkisini araştırdıkları çalışmalarında, egzersize bağlı meydana gelen kas hasarının çeviklik ve sürat performansını negatif yönde etkilediğini belirtmişlerdir.

Drakos vd. (2013), yaptıkları sentetik oyun yüzeyleri ve sporcu sağlığı çalışmalarında suni çimde doğal yüzeylere göre daha yüksek yaralanma oranlarının meydana geldiğini göstermişlerdir. Bu sonuç, tork ve gerilmenin yapay yüzeylerde doğal çime göre daha büyük olabileceğini gösteren sağlam biyomekanik verilerle desteklenmektedir. Profesyonel sporcular hakkındaki son veriler, seçkin sporcuların yeni yüzeylerde artan oranlarda yaralanmalara maruz kalabileceğini bulmuşlardır.

DiLorenzo, Drager & Rankin, (2014), çalışmalarında direnç egzersizinin bir parçası olarak yeni eksantrik kas kasılmaları, kas hasarına, kas fonksiyonunda azalmaya ve inflamatuvar yanıtın uyarılmasına neden olduğunu dile getirmişlerdir. Baylan (2014), 15-16 yaşında 16 erkek tenis oyuncu üzerinde yaptığı çalışmada, 4 günlük tenis turnuvası süresince kas hasarının dolaylı göstergelerinden CK, LDH değerlerinde artış olduğunu belirtmiştir.

Owen vd. (2015), on erkek profesyonel futbolcu ile yaptıkları çalışmada, futbolcuların yüksek güç üretim yetenekleri ile serum CK ölçümü ile belirlendiği gibi maç sonrası azalmış kas hasarı belirteçlerinin ifadesi arasında anlamlı bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca, alt ekstremitelerde daha güçlü olmanın bir sonucu olarak daha düşük vücut kuvveti üreten oyuncuların maçtan 48 saat sonra CK seviyelerinin azaldığı sonucunu bulmuşlardır.

Balazs, Pavey, Brelín, Pickett, Keblish & Rue, (2015), sentetik oyun yüzeylerine karşı doğal çimde ön çapraz bağ yırtılmasının oranlarını inceledikleri çalışmalarında, 753 ACL yaralanması vakasında yapay oyun yüzeylerinde ACL yaralanması riskinin daha fazla olduğunu rapor etmişlerdir.

Matute-Llorente, Gómez-Bruton, Lozano-Berges, Julián-Almárcegui, Gómez-Cabello, González-Agüero & Casajús (2015), İspanya farklı bölge takımlarından toplam 74 erkek futbolcu üzerinde yaptıkları çalışmada, doğal çim (NG) sahasında antrenman yapan ve oynayan futbolcular, kemik geometrisi ve güç indekslerinde 2. nesil suni çim (2AT) saha zemininde oynayanlardan daha iyi değerler gösterdiğini vurgulamışlardır. Ayrıca ergenlik döneminde futbol antrenmanının uygulandığı yüzey tipinin kemik geometrisini etkileyebileceğini belirtmişlerdir.

Bianco, Spedicato, Petrucci, Messina, Thomas, Sahin & Palma, (2016), bir sezon boyunca suni çim üzerinde oynayan genç futbolculardaki yaralanmaların epidemiyolojisini ileriye dönük olarak rapor ettikleri çalışmalarında, kas yaralanmaları en sık görülen yaralanma türü olduğunu, kasık ve uyluk en sık görülen yaralanma yerleri olduğunu belirtmişlerdir.

Koç (2016), 24 erkek futbolcu üzerinde yaptığı çalışmada, aspartat aminotransferaz (AST), serum alanin aminotransferaz (ALT), laktat dehidrogenaz (LDH) ve kreatin kinaz (CK) oranları maçlardan önce, hemen sonra, 24, 48 ve 72 saat sonra ölçülmüştür. Araştırma sonucunda, 2v2 küçük alan oyununa verilen kan La ve AZD değerlerinin 4v4 oyundan anlamlı bir şekilde daha yüksek olduğunu tespit etmiştir.

Fujitaka, Taniguchi, Kumai, Otuki, Okubo & Tanaka (2017), 397 erkek futbolcu üzerinde yaptıkları çalışmada, oynanan yüzeyin suni çime dönüştürülmesinden sonra üst ekstremitte travması oranlarında önemli bir artış olduğunu ve alt ekstremitte burkulmalarında topraktan suni çime geçişten 1 yıl sonra önemli bir artış olduğunu saptamışlardır. Parçalanmış lastik parçacıklarıyla desteklenmiş yeni suni zeminlerde, alt ekstremitte kas gerilmesi verileri önemli ölçüde azaldığını belirtmişlerdir. Douglas, Pearson, Ross & McGuigan (2017), eksantrik egzersizin fizyolojik özellikler ve akut tepkileri üzerine yaptıkları çalışmalarında, kasın harici bir yük altında aktif olarak uzatıldığı eksantrik kasılmaları izometrik ve eş merkezli kasılmalardan ayıran bir dizi moleküler ve sinirsel özellik gösterdiğini belirtmişlerdir. Işıldak (2017), 15-17 yaş arası 12 erkek sporcu ile yaptığı anaerobik güç ve bacak hacminin yüzme egzersizi akabinde meydana gelen kas hasarına etkisinin araştırılması çalışmasında, uygulanan birim yüzme antrenmanlarının önemli miktarda kas hasarı oluşturduğunu ve bacak hacmi büyük olan yüzücülerin kas hasarına daha az maruz kalabileceğini belirtmiştir. Böge (2017), 30 sağlıklı erkek sedanter birey üzerinde yaptığı çalışmada, sekiz haftalık antrenmanlar neticesinde eksantrik kasılmalarla yapılan kuvvet antrenmanlarının izometrik ve konsantrik kasılmalarla yapılan kuvvet antrenmanlarına göre serum CK, CRP, AST, IL-6 ve Myb değerlerinin kayda değer oranlarda artırdığını bulmuştur.

Sánchez-Sánchez, Haxaire, García Unanue, Felipe, Gallardo & Gallardo (2018), suni çim futbol sahalarının mekanik özelliklerinin yapısal bileşenlere göre belirlenmesine yönelik yaptıkları çalışmalarında, suni zemin ve çim zemin arasında akut yaralanma oranları karşılaştırıldığında zeminlere bağlı sakatlanma oranlarında önemli bir fark olmadığını belirtmişlerdir.

Grant Jones (2018), spor yaralanma oranlarında sentetik oyun yüzeyleri etkileri çalışmasında, birinci ve ikinci nesil yapay oyun yüzeylerinde, dikkate alınması gereken bir yaralanma oranı olduğunu dile getirmişlerdir. Üçüncü ve dördüncü nesil yapay yüzeyler kısmen bu yaralanma endişelerini gidermek için geliştirildiğini, yine de, sentetik oyun yüzeylerinde yaralanma riskini değerlendirmek ve bu yüksek yaralanma oranlarının daha yüksek rekabet seviyelerinde yapay yüzeylerde nasıl en aza indirileceğini belirlemek için daha fazla çalışma yapılması gerektiğini belirtmişlerdir. Ceylan (2018), 18-24 arasında 32 genç erkek sporcu üzerinde yaptıkları çalışmada, kas hasarı belirteçlerinden CK, LDH oranlarındaki değişimlere dayanarak havuzda antrenman yapan bireylerde antrenmana bağlı olarak oluşan kas hasarının daha az olduğunu belirtmiştir. Işık, Yıldırım, Ersoz, Koca, Dogan & Ulutas (2018), elit güreşçiler arasında müsabaka öncesi dehidrasyona bağlı iskelet kası hasarı ve inflamasyon düzeylerinin izlenmesi konusunda 20 erkek güreşçi ile yaptıkları çalışmada, iskelet kası hasarının tüm göstergelerinin Plazma Osmolaritesini (POsm) ve düzeylerinin kilo vermeyen gruba göre daha yüksek olduğunu belirtmiştir. Temur (2018), yaşları 19 ile 28 arasında değişen 20 futbolcu üzerinde yaptığı üniversitelerarası bir futbol turnuvası öncesi ve sonrası kas hasarı ve bazı kan parametrelerindeki değişikliklerin değerlendirilmesi adlı çalışmasında, yoğun maç trafiğinin sporcularda kreatin kinaz (CK) seviyesini yükselttiğini belirtmiştir.

Bağış (2018), elit dağ bisikletçilerle yaptığı müsabaka sonrası kas hasarı üzerine yaptığı çalışmada, elit dağ bisikletçilerinin Kreatin Kinaz (CK), Myoglobin (MYB), Laktat (LA), Laktat Dehidrogenaz (LDH) biyokimyasal kan parametrelerinin önemli ölçüde yükseldiğini belirtmiştir.

Owens vd. (2019), çalışmalarında egzersize bağlı kas hasarı (EIMD), hem egzersizden önce hem de egzersizden sonra 14 güne kadar ortaya çıkan semptomlarla karakterizedir. Sporcu için EIMD'nin temel sonucu iskelet kası fonksiyonunun kaybı ve ağrıdır. Egzersizin neden olduğu kas hasarı, kas ağrısına ve geçici bir kas fonksiyon kaybına neden olmaktadır. İmer Kaplan (2019), 9 sağlıklı erkek futbolcu üzerinde yaptığı iki farklı eksantrik hamstring egzersizinin kas hasarı cevapları adlı çalışmasında, kas hasarı belirteçleri olan AST, CK ve LDH değerlerinde anlamlı bir şekilde artış olduğunu bulmuştur. De Ste Croix, Lehnert, Maixnerova, Zaatar, Svoboda, Botek & Stastny (2019), yaşları 13-16 arasında olan 24 genç oyuncu üzerinde yaptıkları çalışmada, bir futbol maçının ardından nöromusküler fonksiyon ve

kas hasarı açısından bacak sertliği dışında önemli bir farklılık gözlenmediğini belirtmişlerdir.

Abaïdia, Cosyns & Dupont (2019), on futbolcu ile aralıklı bir bisiklet egzersizi kullanarak kas oksijenlenmesini indüklemenin egzersize bağlı kas hasarından sonra iyileşme kinetiği üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmada, bisiklete binmenin eksantrik kuvvet üzerindeki olası küçük zararlı etkisi bulmuşlardır.

Calloway, Hardin, Crawford, Hardin, Lemak, Giza & Baldwin (2019), 2013-2016 futbol sezonları içinde, suni çimdeki toplam yaralanma oranı, doğal çime göre daha düşük olmadığını belirtmişlerdir. Bireysel yaralanma kategorileri içinde, suni çimde daha yüksek oranda ayak bileği yaralanması olduğunu tespit etmişlerdir.

De Ste Croix, Lehnert, Maixnerova, Zaatar, Svoboda, BoteK & Stastny (2019), yaşları 13-16 arasında olan 24 genç futbol oyuncusu ile yaptıkları çalışmada, futbol karşılaşmasının reaktif gücü önemli ölçüde azalttığını ve genç oyunculara CK'da önemli artışlara neden olduğunu belirtmişlerdir.

Moreno-Perez, Gallo-Salazar, Del Coso, Ruiz-Pérez, Lopez-Valenciano, Barbado & Fernandez-Fernandez (2020), elit genç badminton oyuncularında egzersize bağlı kas hasarı üzerindeki etkilerini araştırdığı çalışmalarında, uluslararası bir turnuvanın bir yarışma gününde gerçekleştirilen iki badminton karşılaşmasının hem dominant hem de dominant olmayan tarafta CK'da geçici bir artış olduğunu tespit etmişlerdir. İki maçtan sonra alt ekstremitte kas performansının iyi korunduğunu, ancak artmış eklem sertliği ve kas hasarı belirtilerinin tespit edildiğini belirtmişlerdir.

BÖLÜM III

YÖNTEM

3.1. Araştırmanın Modeli

Araştırma, Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan izin alındıktan sonra (karar numarası: 2020 ve 18/263 EK-2) Helsinki Deklarasyonuna uygun olarak yürütüldü. Araştırmaya dâhil edilecek katılımcı sayısının belirlenmesinde Gpower (3.1.9.3) güç analiz programı kullanıldı. Yapılan güç analizi sonrasında araştırmaya, Isparta ilinde bulunan 18-25 yaş aralığında aktif olarak futbol oynayan 19 erkek katılımcı dâhil edildi. Araştırma, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklendi (0698-DR-21). Çalışma öncesinde çalışmaya katılan her bir gönüllü katılımcı ile görüşme yapılarak; araştırmanın amacı, süresi, araştırmada kullanılan yöntemler ve yapılan değerlendirmeler hakkında yazılı ve sözlü olarak bilgi verilmiş ve katılımcılara “Bilgilendirilmiş Onam Formu” imzalatılmıştır.

3.2. Çalışma Grubu

Araştırmanın evrenine Isparta ilinde bulunan 18-25 yaş aralığında aktif olarak amatör futbol oynayan 21 erkek katılımcı dâhil edildi. Oyunculardan 2 tanesi son-testte yer alamadığı için çalışma 19 futbolcudan elde edilen verilerle tamamlandı.

Örnekleme Dâhil Edilme Kriterleri;

- 1) Aktif sporcu olmaları,
- 2) Araştırmaya katılan sporcuların çalışma süresince herhangi bir sağlık problemlerinin olmaması,
- 3) Çalışma süresince gönüllü olmaları,
- 4) Çalışma süresince başka bir fiziksel etkinlik yapmaması,
- 5) Çalışma ve kan numuneleri alınma öncesi yorgunluk ve uykusuzluk problemi yaşamamaları.

Araştırmadan Çıkarılma Kriterleri;

- 1) Çalışma süresince herhangi bir sağlık probleminin yaşanması,
- 2) Antrenman ve kan alınma zamanlarında düzensizlik,
- 3) Antrenmanlarda gerekli performansı gösterememesi olarak belirlendi.

3.3. Veri Toplama Araçları

Çim ve suni sahalarda farklı günlerde yapılan antrenmanlar günün aynı saat dilimi içerisinde gerçekleştirildi. Her iki antrenmanda da yüklenme şiddeti, kapsamı, yoğunluğu ve süresi eşit olarak uygulandı. Kalp atım hızı açısından yüklenme şiddetinin benzer olmasını sağlamak için, kalp atım hızını belirleyen WIMU Fit (İspanya) marka sporcu takip sistemi cihazları kullanıldı. Her iki zeminde antrenman yapan 19 futbolcunun kalp atım hızları çim saha için ortalama 141,21 atım/dk, suni zemin için ortalama 139,94 atım/dk olarak ölçüldü.

Birim antrenman programı uygulanan amatör futbolcuların antrenman öncesi, sonrası, antrenmanın 24 ve 72 saat sonrası olmak üzere hem çim zeminde hem doğal zeminde yapılan antrenmanlar sonrasında sporculardan toplamda sekiz kez kan alındı. Alınan kanlarda, saha zeminine bağlı antrenmanda oluşan kas hasarı araştırıldı. Sporculardan alınan kan örnekleri spora dizilip, özel olarak kan taşınması için üretilmiş çantalarda laboratuvara ulaştırıldı. Oda ısısında 30 dk pıhtılaşmada kaldıktan sonra, laboratuvara ulaştığında direk santrifüj edildi. Bazal düzeylerini belirlemek amacıyla, çalışma grubundan kan numuneleri bir hemşire tarafından kol veninden 10 ml olacak şekilde alındı. Her bir serum örneği ependorflara yedeklenerek (5 yedek) çalışılncaya kadar -80⁰ C'de saklandı. Serum Aspartat Aminotransferaz (AST), Kreatin Kinaz (CK), Laktat Dehidrojenaz (LDH) düzeyleri Beckmann Coulter AU 5800 otoanalizörü (Beckmann Coulter, Amerika) ile cihaza uyumlu ticari kit kullanılarak spektrofotometrik yöntemle ölçüldü. Serum hs Troponin T (TnT) düzeyleri Roche Cobas 6000 e601 (Hitachi High Technologies Corporation, Tokyo, Japonya) marka cihazla, cihaza uygun ticari kitler kullanılarak elektrokemilüminesans (ECL) yöntemiyle çalışılmıştır.

3.3.1. Futbolculara yaptırılacak antrenman programı.

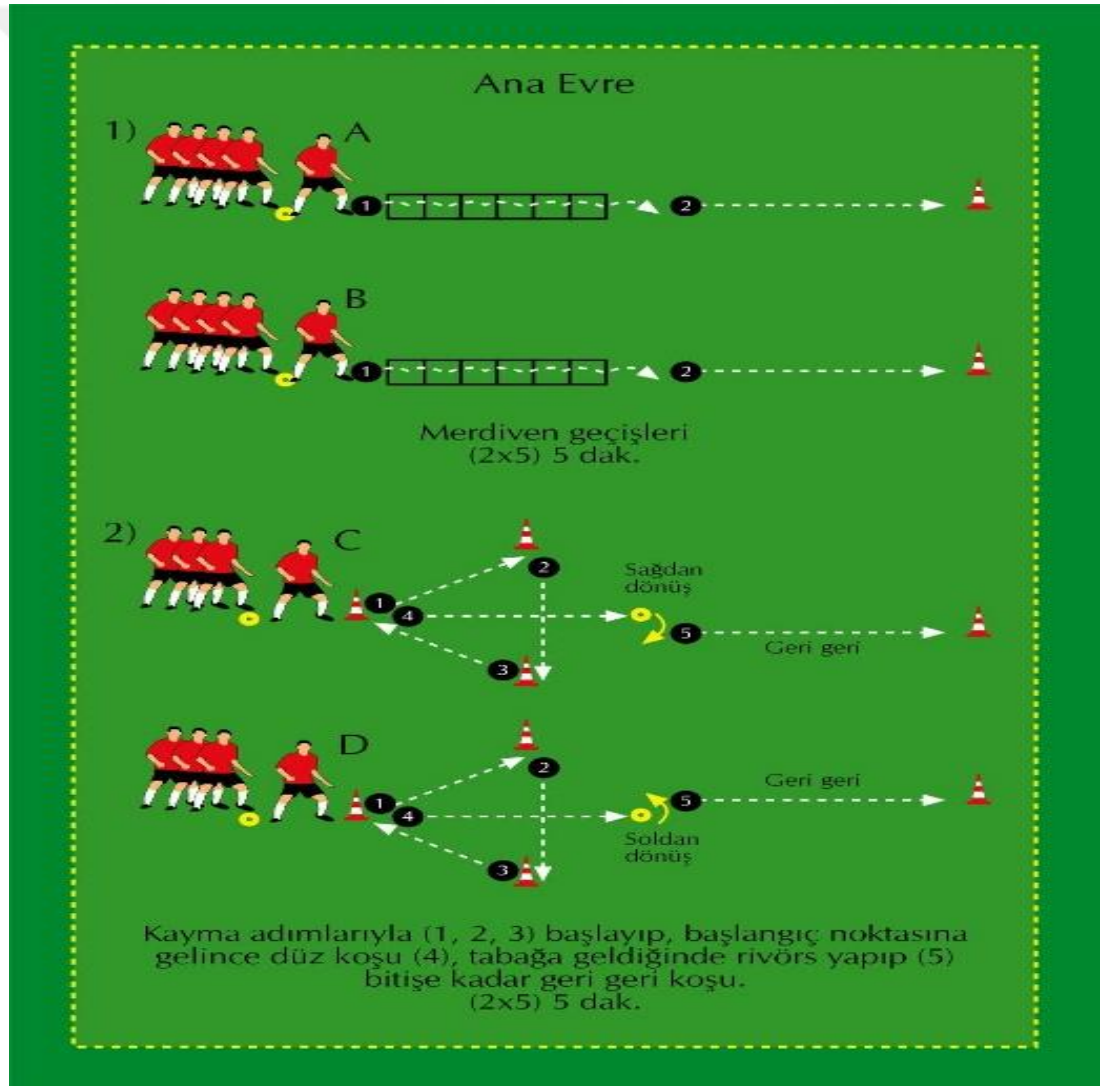
BİRİM ANTRENMAN PROGRAMI

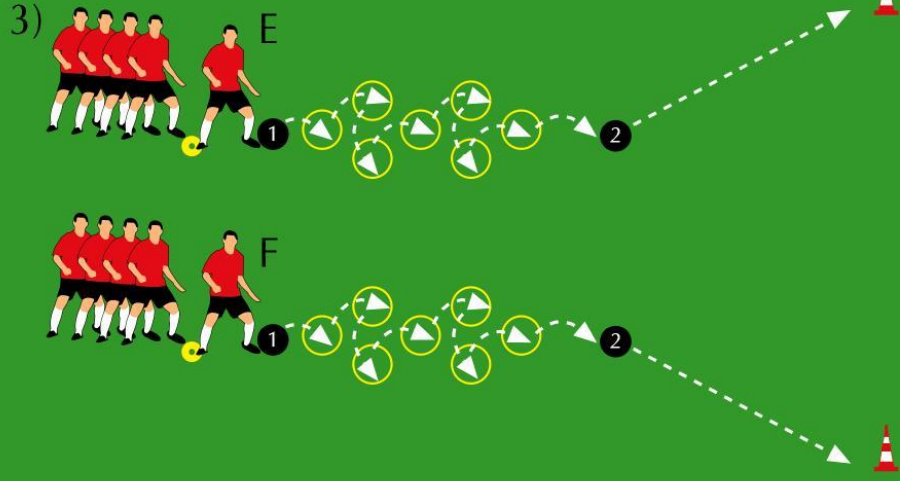
Isınma: 20 dk

Ana Evre: 75 dk

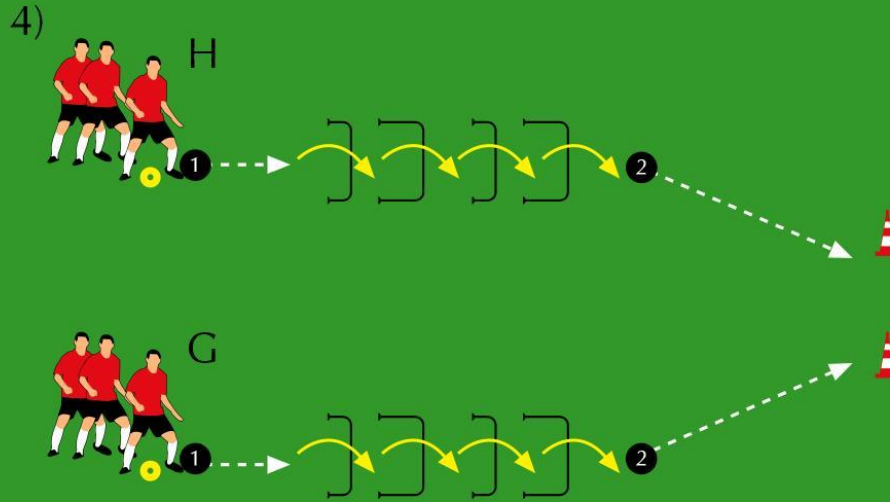
Soğuma: 5 dk

Ana Evre:

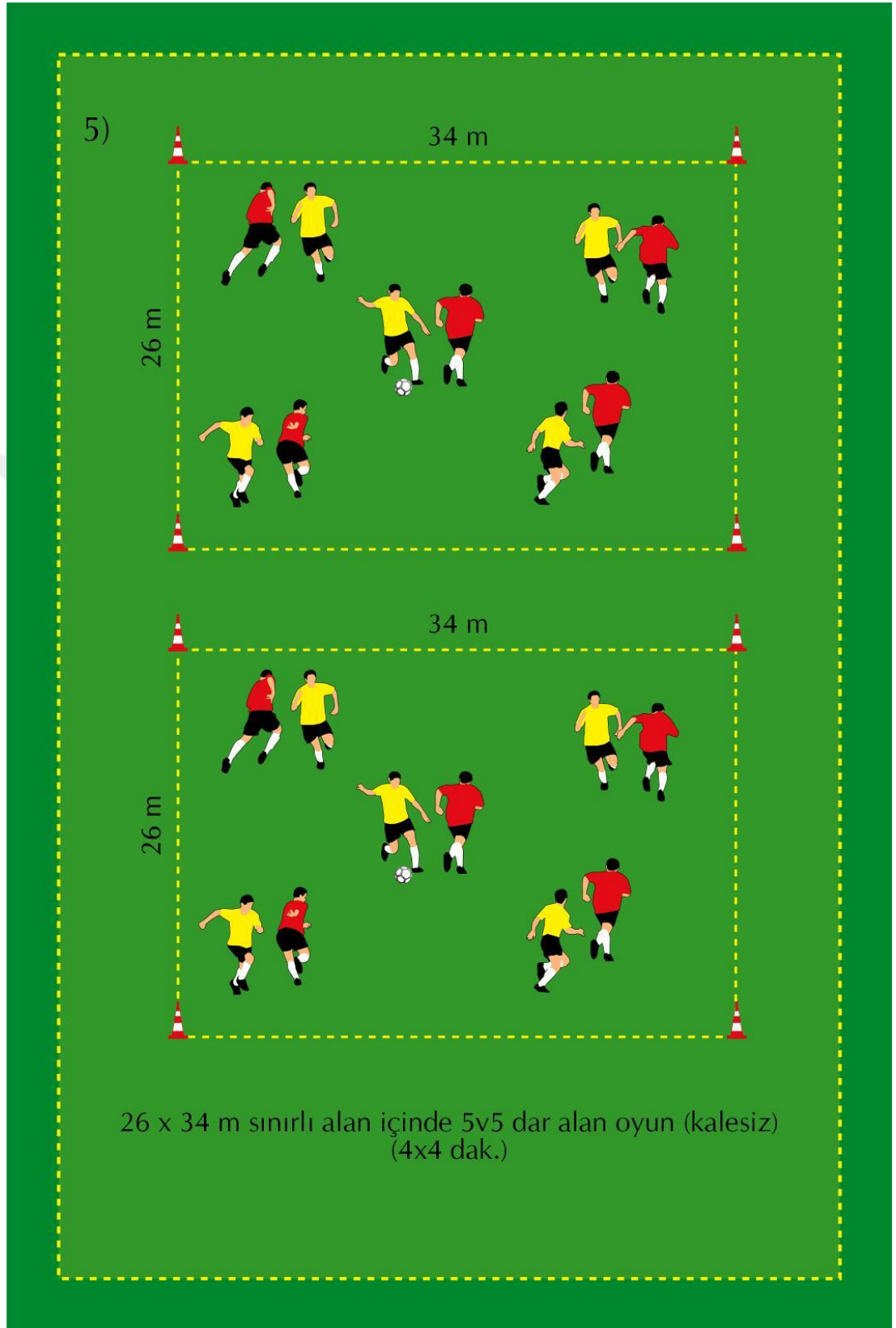




Sağa ve sola tek ayak sıçramalar yaptıktan sonra, son adımda yön değiştirerek hunilere koşu yapılacaktır.
(2x5) 5 dak.



30 ve 50 cm yüksekliğindeki engellerden derinlik sıçramaları yaptıktan sonra yön değiştirerek hunilere koşu yapılacaktır.
(Çift ayak sıçrama)
(2x5) 5 dak.



A) Soğuma 5 Dk.



Şekil 6. Çim zemi antrenmanından görüntüler





Şekil 7. Suni zemin antrenmanından görüntüler

3.3.2. Futbolculardan kan alınması. Çalışmaya gönüllü olarak katılan futbolculardan antrenman öncesi, antrenman sonrası, antrenmanın 24 ve 72 saat sonrası olmak üzere hem suni çim hem de doğal çim zeminde yapılan antrenmanları takiben sporculardan toplamda 8 kez kan alındı. Yetkili iki hemşire tarafından önkol veninden yaklaşık 10 ml kan alındı. Kanlar sodyumflorür içeren biyokimya tüpüne alınmıştır. Çim zemin çalışmasında kan alınımı için Süleyman Demirel Üniversitesi Batı Çim sahası içindeki sağlık odası kullanılmıştır. Suni zemin çalışmasında ise Spor İl Müdürlüğüne bağlı Milli Egemenlik Spor Kompleksindeki uygun ortam sağlanan bir odada kan alma işlemi gerçekleştirilmiştir.





Şekil 8. Çim antrenman öncesi ve sonrasında kan alımı ile ilgili görüntüler



Şekil 9. Suni zemin antrenman öncesi ve sonrasında kan alınımıyla ilgili görüntüler.

3.4. Veri Analizleri

Çim zemin ve sentetik zeminde gerçekleştirilen antrenmanlar sonunda 19 katılımcıdan 8 kez kan örneği alındı. Bu örnekler hem zemin değişkenlerinin kendi içindeki kan değerleri hem de zeminler arası kan değerleri (Grup içi ve gruplar arası) açısından karşılaştırıldı. Her iki zeminde yapılan antrenmanlardan elde edilen veriler Shapiro-Wilk normallik testine tabii tutuldu ve analiz sonuçları normal dağılım göstermediğinden değişkenler arası karşılaştırmalar için Non-Parametrik testler tercih edildi. Çalışmada zaman faktörünün dört evresi (1. Antrenman öncesi, 2. Antrenman sonrası, 3. Antrenmandan 24 saat sonrası ve 4. Antrenmandan 72 saat sonrası) ve zemin faktörünün iki evresi (1. Çim zemin, 2. Senetetik/Suni zemin) mevcuttur. Tekrarlayan ölçümlerin karşılaştırılması için Friedman's testi uygulandı. Faktörlerin seviye ortalamaları farklılıklarının belirlenmesinde ise Bonferroni Post-Hoc testi kullanıldı. Kalp atım sayılarının karşılaştırılması için Wilcoxon testi kullanıldı. Antrenmanlar sonunda alınan kan örneklerinin iki farklı zemine göre karşılaştırılması için Mann-Whitney U testi kullanıldı. Güven aralığı %95 olarak seçildi ve $p < 0,05$ ve altındaki değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Tüm istatistiksel hesaplamalar Windows için yazılmış SPSS 26 paket programı kullanılarak yapılmıştır.

BÖLÜM IV

BULGULAR VE YORUM

Bu bölümde, futbolculardan her iki zeminde gerçekleşen antrenmanlar öncesi ve sonrasında alınan kan örneklerine yapılan analizler ile ilgili bulgulara, yorumlamalara ve açıklamalara yer verildi.

Tablo 1.

Çalışmaya Katılan Futbolcuların Demografik Özellikleri

	N	Minimum	Maksimum	Ort. $\pm$ SS
Yaş (yıl)		20,00	24,00	21,63 $\pm$ 1,11
Boy (cm)	19	169,00	193,00	179,26 $\pm$ 5,78
Vücut Ağırlığı (kg)		52,00	89,00	73,73 $\pm$ 9,14
Antrenman Yaşı (yıl)		6,00	14,00	9,47 $\pm$ 1,89

Tablo 2.

Çalışmaya Katılan Futbolcuların Çim ve Suni Zeminde Yapılan Antrenmanlarda Ulaştıkları Kalp Atım Hızlarının Ortala Değerleri ve Karşılaştırma Sonuçları (Wilcoxon Testi)

Değişken	N	Suni Zemin KAH	Çim Zemin KAH	Z	p
Kalp Atım Sayısı- KAH (atım/dk)	19	139,94	141,21	-1,680	,093

Tablo 2’de Zemin değişkenine göre yapılan karşılaştırma sonucunda çim zemin ile suni zemin antrenmanlarından elde edilen kalp atım hızları arasında anlamlı fark yoktur ($p>0,05$).

Tablo 3.

Çalışmaya Katılan Futbolcuların LDH Düzeylerinin Çim Zemindeki Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişken	Ölçüm Zamanı	N	Referans Aralığı	$\bar{x} \pm SS$
Ldh	AÖ	19	0-248 U/L	169,55±23,31
	AS			187,33±53,60
	24h			191,23±53,52
	72h			190,83±42,56

U/L; Ünite/Litre; AÖ=Antrenman Öncesi, AS= Antrenman Sonrası, 24h= Antrenmandan yirmi dört saat sonra, 72h= Antrenmandan yetmiş iki saat sonra; Sağlıklı 20-24 yaş arası erkeklerde normal değer aralıkları; 0-248 U/L' dir.

Tablo 4.

Çalışmaya Katılan Futbolcuların Çim Zeminde 4 Farklı Zamandaki LDH (U/L) Değerlerinin Karşılaştırma Sonuçları (Friedman's testi)

Değişken	Ölçüm zamanı	N	Ortalama sıralaması	p
Ldh	AÖ-AS	19	1,63	,010*
			2,95	
	AÖ-24h		1,63	,034*
			2,79	
	AÖ-72h		1,63	,102
			2,63	
	AS-24h		2,95	1,000
			2,79	
	AS-72h		2,95	1,000
			2,63	
	24h-72h		2,79	1,000
			2,63	

Tablo 4'de Antrenman öncesi Ldh değerleri ile antrenmandan sonraki ve antrenman öncesi ile 24 saat sonraki Ldh değerleri arasında istatistik olarak anlamlı bir fark gözlenmiş ($p < 0,05$), diğer zamanlar açısından anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p > 0,05$).

Tablo 5.

Çim Zemindeki Çalışmaya Katılan Futbolcuların AST Düzeylerinin Ölçüm Zamanlarına Göre Tanımlayıcı İstatistikleri

	Ölçüm	N	Referans	X±SS
Değişken	Zamanı		Aralığı	
Ast	AÖ	19	0-35 U/L	23,25±5,98
	AS			25,82±6,18
	24h			38,09±41,57
	72h			28,51±14,51

U/L; Ünite/Litre; AÖ= Antrenman öncesi, AS= Antrenman sonrası, 24h= Antrenmandan yirmi dört saat sonrası, 72h= Antrenmandan yetmiş iki saat sonra; Sağlıklı 20-24 yaş arası erkeklerde değer aralığı: 0-35 U/L' dir.

Tablo 6.

Çalışmaya Katılan Futbolcuların Çim Zeminde 4 Farklı Zamandaki AST (U/L) Değerlerinin Karşılaştırma Sonuçları (Friedman's testi)

Değişken	Ölçüm zamanı	N	Ortalama sıralaması	p
Ast	AÖ-AS	19	1,68	,034*
			2,84	
	AÖ-24h		1,68	,072
			2,74	
	AÖ-72h		1,68	,072
			2,74	
	AS-24h		2,84	1,000
			2,74	
	AS-72h		2,84	1,000
			2,74	
	24h-72h		2,74	1,000
			2,74	

Tablo 6'da Çim zemin antrenman öncesi ile antrenman sonraki Ast değerleri arasında istatistik olarak anlamlı bir fark gözlenmiş ($p<0,05$), diğer zamanlar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Tablo 7.

Çalışmaya Katılan Futbolcuların Ck Düzeylerinin Çim Zemindeki Ölçüm Zamanlarına Göre Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişken	Ölçüm	N	Referans	X±SS
	Zamanı		Aralığı	
	AÖ			185,26±120,06
	AS			307,26±254,35
Ck	24h	19	26-308 U/L	818,99±1826,60
	72h			316,62±368,74

U/L; Ünite/Litre; AÖ=Antrenman öncesi, AS=Antrenman sonrası, 24h=Antrenmandan yirmi dört saat sonrası, 72h=Antrenmandan yetmiş iki saat sonra; Sağlıklı 20-24 yaş arası erkeklerde değer aralığı: 26-308 U/L' dir.

Tablo 8.

Çalışmaya Katılan Futbolcuların Çim Zeminde 4 Farklı Zamandaki CK (U/L) Değerlerinin Karşılaştırma Sonuçları (Friedman's testi)

Değişken	Ölçüm zamanı	N	Ortalama sıralaması	p
	AÖ-AS		1,53 2,74	,000*
	AÖ-24h		1,53 2,74	,023*
	AÖ-72h		1,53 2,21	,614
Ck	AS-24h	19	2,74 3,53	,357
	AS-72h		2,74 2,21	,010*
	24h-72h		3,53 2,21	1,000

Tablo 8'de Çim zeminde gerçekleştirilen antrenman için; antrenman öncesi Ck değerleri ile antrenman sonrası değerler arasında, antrenman öncesi ile 24 saat sonraki değerleri arasında ve antrenman sonrası değerleri ile 72 saat sonraki değerler arasında istatistik olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir ($p < 0.05$). Diğer ölçüm zamanlarında elde edilen Ck değerleri arasında anlamlı bir fark oluşmamıştır ($p > 0,05$).

Tablo 9.

Çalışmaya Katılan Futbolcuların Tnt Düzeylerinin Çim Zemindeki Ölçüm Zamanlarına Göre Tanımlayıcı İstatistikleri

	Ölçüm	N	Referans	X±SS
Değişken	Zamanı		Aralığı	
	AÖ			,0054±,0022
	AS			,0068±,0033
TnT	24h	19	0-0,014 ng/ml	,0050±,0008
	72h			,0038±,0013

U/L; Ünite/Litre; AÖ=Antrenman öncesi, AS=Antrenman sonrası, 24h=Antrenmandan yirmi dört saat sonrası, 72h=Antrenmandan yetmiş iki saat sonra; Sağlıklı 20-24 yaş arası erkeklerde değer aralığı: 0-0,014 ng/ml' dir.

Tablo 10.

Çalışmaya Katılan Futbolcuların Çim Zeminde 4 Farklı Zamandaki TnT (ng/mL) Değerlerinin Karşılaştırma Sonuçları (Friedman's testi)

Değişken	ÇimZemin	N	Ortalama sıralaması	p
	AÖ-AS		2,66 3,16	,001*
	AÖ-24h		2,66 2,61	,060
	AÖ-72h		2,66 1,58	,068
TnT	AS-24h	19	3,16 2,61	1,000
	AS-72h		3,16 1,58	1,000
	24h-72h		2,61 1,58	1,000

Tablo 10'da Çim zemin antrenman öncesi değerleri ile antrenman sonraki TnT değerleri arasında istatistik olarak anlamlı bir fark gözlenmiş ($p<0,05$), diğer zamanlar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Tablo 11.

Çalışmaya Katılan Futbolcuların Ldh Düzeylerinin Suni Zemindeki Ölçüm Zamanlarına Göre Tanımlayıcı İstatistikleri

Değişken	Ölçüm Zamanı	N	Referans Aralığı	X±SS
Ldh	AÖ	19	0-248 U/L	164,96±26,73
	AS			197,94±26,82
	24h			165,91±24,89
	72h			173,39±24,15

Tablo 12.

Çalışmaya Katılan Futbolcuların Suni Zeminde 4 Farklı Zamandaki LDH (U/L) Değerlerinin Karşılaştırma Sonuçları (Friedman's testi)

Değişken	Suni Zemin	N	Ortalama sıralaması	p
Ldh	AÖ-AS	19	1,89	,000*
			3,58	
	AÖ-24h		1,89	,614
			1,95	
	AÖ-72h		1,89	1,000
			2,58	
	AS-24h		3,58	,102
			1,95	
	AS-72h		3,58	,001*
			2,58	
24h-72h	1,95	,790		
	2,58			

Tablo 12'de Suni zemin antrenmanında antrenman öncesi ile antrenman sonrası ve antrenman sonrası ile yetmiş iki saat sonrası Ldh değerleri arasında istatistik olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p<0,05$), diğer zamanlar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Tablo 13.

Çalışmaya Katılan Futbolcuların Ast Düzeylerinin Suni Zemindeki Ölçüm Zamanlarına Göre Tanımlayıcı İstatistikleri

	Ölçüm	N	Referans	X±SS
Değişken	Zamanı		Aralığı	
Ast	AÖ	19	0-35 U/L	22,41±5,63
	AS			28,54±7,23
	24h			27,46±6,58
	72h			22,41±7,09

Tablo 14.

Çalışmaya Katılan Futbolcuların Suni Zeminde 4 Farklı Zamandaki AST (U/L) Değerlerinin Karşılaştırma Sonuçları (Friedman's testi)

Değişken	Zaman aralığı	N	Ortalama sıralaması	p
Ast	AÖ-AS	19	1,53	,000*
			3,26	
	AÖ-24h		1,53	,003*
			3,00	
	AÖ-72h		1,53	,614
			2,21	
	AS-24h		3,26	1,000
			3,00	
	AS-72h		3,26	,072
			2,21	
	24h-72h		3,00	,357
			2,21	

Tablo 14'de Suni zemin antrenmanında antrenman öncesi ile antrenman sonrası ve antrenman öncesi ile yirmi dört saat sonrası Ast değerleri arasında istatistik olarak anlamlı bir fark gözlenmiş ($p<0,05$), diğer zamanlar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Tablo 15.

Çalışmaya Katılan Futbolcuların Ck Düzeylerinin Suni Zemindeki Ölçüm Zamanlarına Göre Tanımlayıcı İstatistikleri

	Ölçüm	N	Referans	X±SS
Değişken	Zamanı		Aralığı	
Ck	AÖ	19	26-308 U/L	260,30±316,53
	AS			518,87±684,08
	24h			412,98±322,46
	72h			253,08±259,00

Tablo 16.

Çalışmaya Katılan Futbolcuların Suni Zeminde 4 Farklı Zamandaki CK (U/L) Değerlerinin Karşılaştırma Sonuçları (Friedman's testi)

Değişken	Suni Zemin	N	Ortalama sıralaması	p
Ck	AÖ-AS	19	1,58	,001*
			3,21	
	AÖ-24h		1,58	,001*
			3,21	
	AÖ-72h		1,58	1,000
			2,00	
	AS-24h		3,21	1,000
			3,21	
	AS-72h		3,21	,023*
			2,00	
	24h-72h		3,21	,023*
			2,00	

Tablo 16'da Suni zemin antrenmanında antrenman öncesi ile antrenman sonrası ve yirmi dört saat sonrası, antrenman sonrası ile yetmiş iki saat sonrası, yirmi dört saat sonrası ile yetmiş iki saat sonrası Ck değerleri arasında istatistik olarak anlamlı bir fark gözlenmiş ($p<0,05$), diğer zamanlar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Tablo 17.

Çalışmaya Katılan Futbolcuların Tnt Düzeylerinin Suni Zemindeki Ölçüm Zamanlarına Göre Tanımlayıcı İstatistikleri

	Ölçüm	N	Referans	X±SS
Değişken	Zamanı		Aralığı	
TnT	AÖ	19	0-0,014 ng/ml	,00415±,0020
	AS			,00715±,0025
	24h			,00463±,0013
	72h			,00478±,0022

Tablo 18.

Çalışmaya Katılan Futbolcuların Suni Zeminde 4 Farklı Zamandaki TnT (ng/mL) Değerlerinin Karşılaştırma Sonuçları (Friedman's testi)

Değişken	Çim	N	Ortalama sıralaması	p
	Zemin			
TnT	AÖ-AS	19	1,61	,000*
			3,74	
	AÖ-24h		1,61	,309
			2,24	
	AÖ-72h		1,61	,790
			2,42	
	AS-24h		3,74	,010*
			2,24	
	AS-72h		3,74	,002*
			2,42	
	24h-72h		2,24	1,000
			2,42	

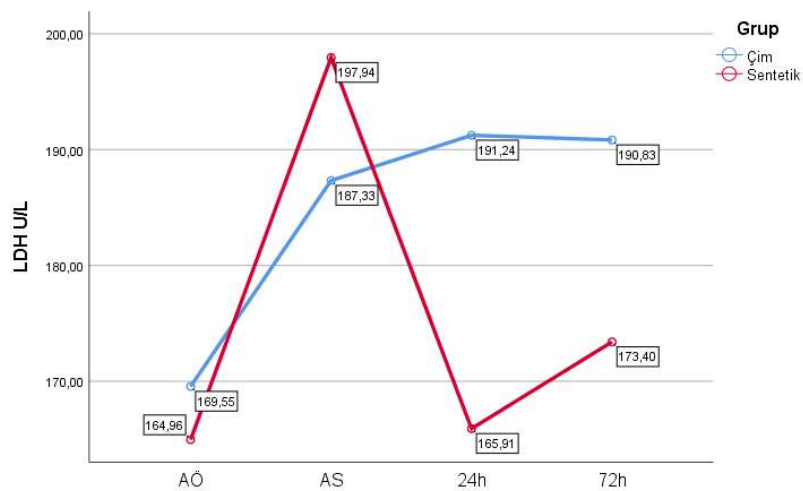
Tablo 18'de Suni zemin antrenmanında antrenman öncesi ile antrenman sonrası, antrenman sonrası ile yirmi dört saat sonrası ve antrenman sonrası ile yetmiş iki saat sonrası TnT değerleri arasında istatistik olarak anlamlı bir fark gözlenmiş ($p<0.05$), diğer zamanlar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Tablo 19.

Çalışmalara Katılan Futbolculardan Elde Edilen Ldh, Ast, Ck ve Tnt Değerlerinin Tanımlayıcı İstatistikleri ve Çim Zemin/Suni Zemin Değişkenine Göre Karşılaştırma Sonuçları (Mann-Whitney U Testi)

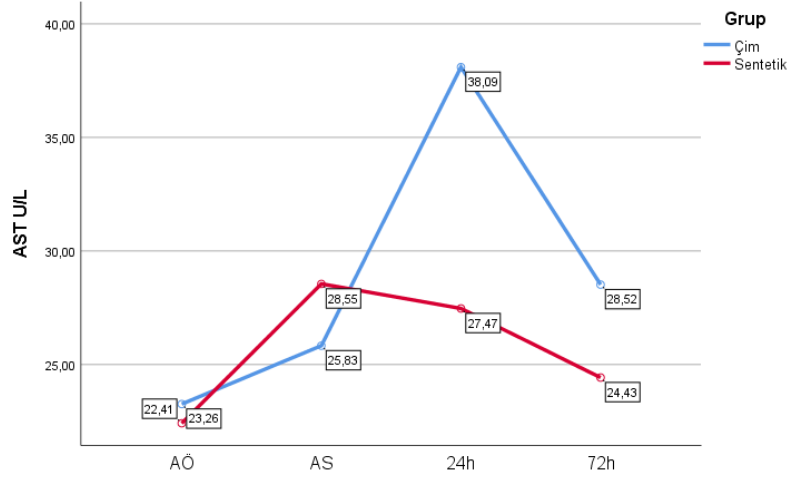
Değişkenler	Ölçüm Zamanı	Çim zemin Ortalama $\pm$ SD	Sentetik zemin Ortalama $\pm$ SD	Z	p
LDH(UI/L ⁻¹)	AÖ	169,55 $\pm$ 23.31	164,96 $\pm$ 26,73	-,832	,405
	AS	187,33 $\pm$ 53.60	197,94 $\pm$ 26,82	-,394	,693
	24h	191,23 $\pm$ 53.52	165,91 $\pm$ 24,89	-2,029	,042*
	72h	190,83 $\pm$ 42.56	173,39 $\pm$ 24,15	-1,182	,237
CK (UI/L ⁻¹)	AÖ	185,26 $\pm$ 120.06	260,30 $\pm$ 316,53	-,044	,965
	AS	307,26 $\pm$ 254.35	518,87 $\pm$ 684,08	-,569	,569
	24h	818,99 $\pm$ 1826.60	412,98 $\pm$ 322,46	-,949	,343
	72h	316,62 $\pm$ 368.74	253,08 $\pm$ 259,00	-,686	,493
AST (UI/L ⁻¹)	AÖ	23,25 $\pm$ 5.98	22,41 $\pm$ 5,63	-,628	,530
	AS	25,82 $\pm$ 6.18	28,54 $\pm$ 7,23	-1,037	,300
	24h	38,09 $\pm$ 41.57	27,46 $\pm$ 6,58	,000	1,000
	72h	28,51 $\pm$ 14.51	24,42 $\pm$ 7,09	-1,036	,300
TnT (ng/ml ⁻¹)	AÖ	,0068 $\pm$,0033	,0042 $\pm$,0020	-3,122	,002*
	AS	,0055 $\pm$,0022	,0072 $\pm$,0025	-,980	,327
	24h	,0050 $\pm$,0008	,0046 $\pm$,0013	-1,173	,241
	72h	,0038 $\pm$,0013	,0048 $\pm$,0022	-1,978	,048*

AÖ=Antrenman Öncesi, AS=Antrenman Sonrası, 24h=Antrenmandan yirmi dört saat sonra, 72h=Antrenmandan yetmiş iki saat sonra.



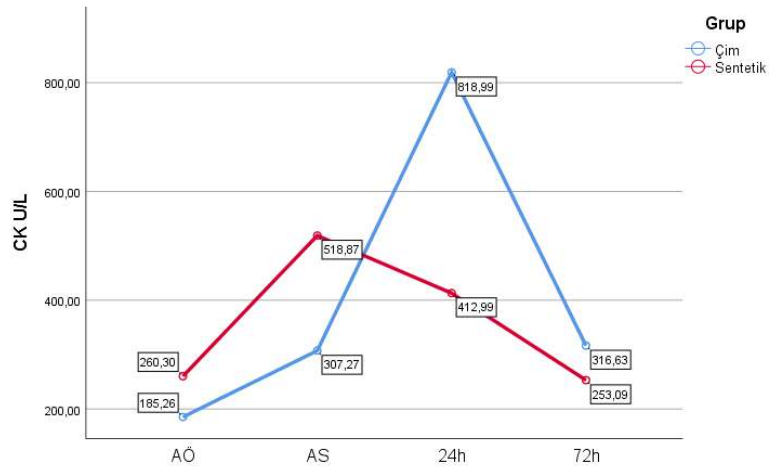
Şekil 10. Çim zemin ve suni zemin LDH seviyelerinin karşılaştırılması

Şekil 10’da Ayrı iki zeminde ve 4 farklı zamanda LDH değerlerinde; çim zemin ile suni zemin arasında sadece 24 saat sonrası değerlerde anlamlı fark gözlenmişken ($p<0,05$), antrenman öncesi, antrenman sonrası ve 72 saat sonrası değerler arasında anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p>0,05$).



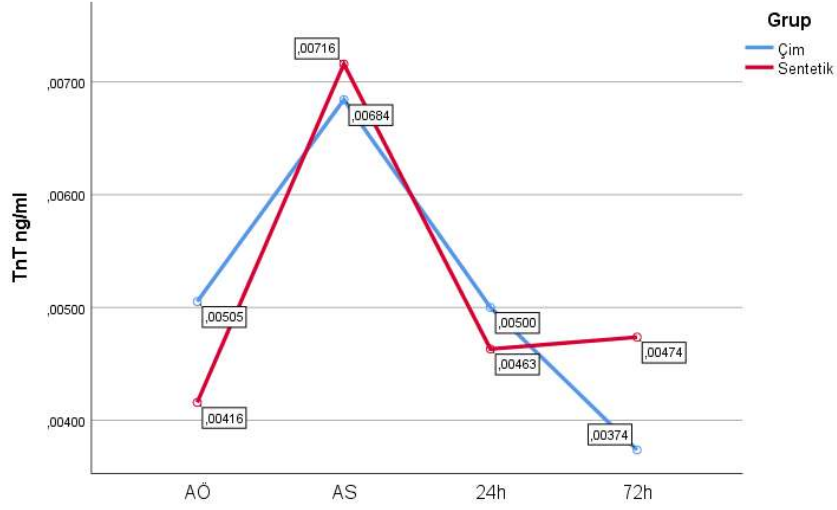
Şekil 11. Çim zemin ve suni zemin Ast seviyelerinin karşılaştırılması

Şekil 11’de Dört farklı zamanda elde edilen AST değerlerinin çim ve suni zemin değişkenine göre karşılaştırılması sonucunda, hiçbir değerde istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p> 0,05$).



Şekil 12. Çim zemin ve sentetik zemin Ck seviyelerinin karşılaştırılması

Şekil 12’de Dört farklı zamandaki CK değerleri açısından çim ve suni zemin değişkenine göre istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p > 0,05$).



Şekil 13. Çim zemin ve sentetik zemin TnT seviyelerinin karşılaştırılması

Şekil 13’de Çim ve suni zeminde ve 4 farklı zamanda TnT oranları arasında antrenman öncesi ve 72 saat sonrası değerler açısından anlamlı bir fark gözlenmişken ($p < 0.05$), antrenman sonrası ile 24 saat sonrası TnT kan seviyeleri arasında anlamlı bir farklılık oluşmamıştır ($p > 0,05$).

BÖLÜM V

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

5.1. Sonuç ve Tartışma

Futbolda egzersiz kaynaklı kas hasarı atletik performansta düşüşe neden olur. Bu düşüş antrenörlerin istemediği bir durumdur. Özellikle ağır antrenmanlar sonucunda tekrar yüklenme yapabilmek için kas ağrısı, güç seviyeleri ve kuvvet düzeylerinin istenilen seviyede olması beklenmektedir. Futbol antrenmanı ve maçları esnasında dönüş, yön değiştirme, ani hızlanma ve ani duruşlar sıkça olmaktadır. Eksantrik ve konsantrik kas kasılmalarını beraber meydana geldiği durumlar sonradan ortaya çıkan kas ağrısına (DOMS) sebep olmaktadır. Özellikle de eksantrik kas kasılması mikro düzeyde egzersize bağlı kas hasarına (EIMD) sebep olmaktadır. Bu kas hasarı sonucunda da kas hasarının göstergelerinden, CK, AST, LDH ve TnT gibi biyokimyasal belirteçler ve hormonlar kanda artmaktadır.

Bizim çalışmamızda çim ve suni zeminlerde yapılan antrenmanlarda, antrenman şiddetinin göstergesi olarak kullanılan kalp atım hızı ortalamaları çim için 141,21 atım/dk, suni zemin için ise 139,94 atım/dk olarak belirlenmiştir. Yapılan analiz sonucunda iki ortalama arasındaki fark istatistiksel olarak anlamsız çıkmıştır ($Z=-1,680$; $p=0,093$). Bu sonuca göre; her iki zeminde uygulanan antrenmanların şiddetleri benzerdir.

Bizim çalışmamızda, çim ve suni zeminin her ikisinde de yapılan antrenmanlar sonucunda futbolcularda kas hasarı olduğu belirlenmiştir. Bu sonuca göre; uygulanan antrenmanların çim ya da suni zeminde yapılıyor olması futbolcularda kas hasarına yol açma açısından fark yaratmamaktadır. Hazar, Emre, & Gökdemir (2006) çalışmalarında; kuvvet antrenmanı sonrası kas ağrılarında anlamlı ölçüde artış olduğu ve bu artışların kas hasarı ile ilişkili olduğunu tespit etmişlerdir. Koç (2016), 24 erkek futbolcu üzerinde yaptığı çalışmada, egzersizden sonra kas hasarının oluştuğunu bildirmiştir. Clarkson & Hubal (2002) eksantrik kasılmaların kas liflerine zarar verdiğini, kaslarda uzun süreli kuvvet kaybı, kasılma elemanlarının hasar örmesi, uyarma-kasılma bağlantısının bozulması ve iltihaplanma problemlerinin olduğunu

bulmuşlardır. Literatürde yer alan çalışmalarda elde edilen sonuçlar bizim çalışmamızda elde edilen sonuçlarla benzerlik taşıyor denilebilir. DiLorenzo vd. (2014), çalışmalarında direnç egzersizinin bir parçası olarak eksantrik kas kasılmalarının kas hasarına, kas fonksiyonunda azalmaya ve inflamatuvar yanıtın uyarılmasına neden olduğunu dile getirmişlerdir. Eksantrik olarak aktif gerilim geliştiren kaslarda ağrı oluşur, içsel kuvvet üretme kabiliyetini kaybeder ve kas proteinleri dolaşımında belirgin bir şekilde salınır. Bizim çalışmamızda da egzersizler içinde yoğun olarak eksantrik kasılmalar bulunduğundan, futbolcularda meydana gelen kas hasarının nedeni buna bağlanabilir.

Bu çalışmada çim zeminde yaptırılan antrenmanın etkisine bakıldığında; antrenman öncesi LDH değerleri ile antrenmandan sonraki ve 24 saat sonraki değerler arasında istatistik olarak anlamlı bir fark gözlenmiş ($p<0,05$), diğer zamanlar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$). Çim zemin antrenmanından önceki LDH değeri antrenmandan sonra anlamlı bir şekilde artmıştır.

Çim zemin antrenmanında antrenman öncesi ile antrenman sonraki AST ölçüm ortalamalarına bakıldığında, bu değerler arasında istatistik olarak anlamlı bir fark gözlenmiş ($p<0,05$), diğer zamanlar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Çim zeminde gerçekleştirilen antrenman için; antrenman öncesi Ck değerleri ile antrenman sonrası değerler arasında, antrenman öncesi ile 24 saat sonraki değerleri arasında ve antrenman sonrası değerleri ile 72 saat sonraki değerler arasında istatistik olarak anlamlı bir fark olduğu görülmektedir ($p<0,05$). Diğer ölçüm zamanlarında elde edilen Ck değerleri arasında anlamlı bir fark oluşmamıştır ($p>0,05$).

Çim zemin antrenmanlarında ölçüm ortalamalarına bakıldığında, antrenman öncesi değerleri ile antrenman sonraki TnT değerleri arasında istatistik olarak anlamlı bir fark gözlenmiş ($p<0,05$), diğer zamanlar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Bizim çalışmamızda suni zemin antrenmanında ölçüm ortalamalarına bakıldığında, antrenman öncesi ile antrenman sonrası ve antrenman sonrası ile yetmiş iki saat sonrası LDH değerleri arasında istatistik olarak anlamlı bir fark gözlenmiş ($p<0,05$), diğer zamanlar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$). Her iki zeminde de diğer zamanlarda da artış yani hasar olmuş fakat istatistik olarak anlam ifade etmemiştir.

Suni zemin antrenmanında antrenman öncesi ile antrenman sonrası ve antrenman öncesi ile yirmi dört saat sonrası Ast değerleri arasında istatistik olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p<0,05$), diğer zamanlar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Suni zemin antrenmanında antrenman öncesi ile antrenman sonrası ve yirmi dört saat sonrası, antrenman sonrası ile yetmiş iki saat sonrası, yirmi dört saat sonrası ile yetmiş iki saat sonrası Ck değerleri arasında istatistik olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p<0,05$), diğer zamanlar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Suni zemin antrenmanlarında ölçüm ortalamalarına bakıldığında, antrenman öncesi ile antrenman sonrası, antrenman sonrası ile yirmi dört saat sonrası ve yetmiş iki saat sonrası TnT değerleri arasında istatistik olarak anlamlı bir fark gözlenmiştir ($p<0,05$), diğer zamanlar arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0,05$).

Tokinoya vd., (2020) yaptıkları çalışmada, kandaki kas hasarı belirteçleri serum CK, LDH ve AST'nin antrenman öncesi elde edilen değerler ile karşılaştırıldığında aktivite sonrasında önemli ölçüde arttığını tespit etmişlerdir. Nosaka & Clarkson (1996) yaptıkları çalışmada, enzim aktivitelerinin egzersizden dört gün sonra zirveye ulaştığını ve egzersizden beş gün sonra hala yükseldiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmadaki eksantrik egzersiz, kas fonksiyonunda uzun süreli kayıp, şiddetli kas ağrısı ve plazma CK, AST ve LDH aktivitelerinde büyük artışlar ürettiğini belirtmişlerdir. Literatürde yer alan çalışmalardan elde edilen sonuçlar, bizim çalışmamızda elde edilen sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Ceylan (2018), 32 genç erkek sporcu ile sahada ve havuzda yoğun interval antrenman yapan genç bireylerde kas hasarı belirteçlerinden CK, LDH kan değerlerinin 24 saat sonrasında arttığını istatistik olarak anlamlı olmadığını belirtilmiştir. İmer Kaplan (2019) 9 sağlıklı erkek futbol oyuncu üzerinde yaptığı çalışmada, kas hasarı belirteçleri olan AST, CK ve LDH değerlerinde egzersizden 24 ve 48 saat sonrasında kan enzim değerlerinde anlamlı bir şekilde artış olduğunu bulmuştur. Kılıç (2010) 20 erkek basketbolcu ile çalışmada, kas hasarı belirteçleri olan AST, CK ve LDH değerlerinde 24 ve 48 saat sonrasında anlamlı bir şekilde artış olduğunu 72 saat sonrasında normal değerlerine döndüğü belirtilmiştir. Bağış (2018) elit dağ bisikletçilerle yaptığı çalışmada, elit dağ bisikletçilerinin CK değerleri 24 saat sonrasında, LDH değerlerinin ise 24 ve 48 saat sonrasında anlamlı bir şekilde arttığı 72 saat sonrasında toparlandığını belirtmiştir. Korkmaz (2010) 20-31 yaş arası 15

erkek sporcu ile yaptıkları çalışmada, yüklenme antrenmanı sonrasında hasar bulguları olan LDH ve CK seviyelerinde artış olduğunu belirtmiştir. Belli vd. (2018) 217 km'lik bir dağ ultramaratonu sırasında kas hasarındaki değişiklikleri araştırmak için yaptıkları çalışmada, CK, LDH ve AST değerlerinde yarış boyunca önemli ölçüde arttığını belirtmişlerdir.

Isik & Dogan (2018) çalışmalarında, zaman aralıklarına göre CK ve AST seviyelerinde anlamlı farkların olduğunu ve LDH düzeylerinin egzersiz tiplerine göre arttığını belirtmişlerdir.

Bernat-Adell, Collado-Boira, Moles-Julio, Panizo-González, Martínez-Navarro, Hernando-Fuster & Hernando-Domingo, (2021) 86 maratoncu ile yaptıkları çalışmada; LDH, CK ve troponin T (hs-TNT) değerlerinin maraton koşmadan önceki değerlere göre anlamlı şekilde arttığını belirtmişlerdir. Ammar, Chtourou, Hammouda, Turki, Ayedi, Kallel, & Souissi, (2016) çalışmalarında, her antrenman seansından sonra istirahat, 3 dakika ve 48 saat sonra kan örneklerinde CK ve LDH için önemli artışlar gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Moreno-Perez vd. (2020) elit genç badminton oyuncularını üzerine yaptıkları çalışmalarında 24 saat sonrasında CK'da geçici bir artış olduğunu tespit etmişlerdir.

Baylan (2014), 16 erkek tenis oyuncusu ile yaptığı çalışmada, 4 günlük tenis turnuvası süresince kas hasarının belirteçlerinden CK, LDH değerlerinde artış olduğunu belirtmiştir.

De Ste Croix vd. (2019) 24 genç futbol oyuncusu ile yaptıkları çalışmada, bir maç süresince harcanan eforun reaktif gücü önemli ölçüde azalttığını ve genç oyunculara CK'da önemli artışlara neden olduğunu belirtmişlerdir.

Böge (2017) 30 sağlıklı erkek sedanter birey üzerinde yaptığı çalışmada, sekiz haftalık çalışmaları sonucunda eksantrik kasılmalarla yapılan kuvvet antrenmanları izometrik ve konsantrik kasılmalarla yapılan kuvvet antrenmanlarına göre serum CK, AST oranlarının anlamlı şekilde artırdığını belirtmiştir.

Nieman vd. (2005) 160 km'lik ultramaraton yarışçıları üzerinde yaptıkları çalışmada, plazma CPK konsantrasyonları yarış sonrası yüksek seviyelere yükseldiğini ve yarıştan sonraki hafta boyunca kas ağrısı algıları ile korelasyon gösterdiğini belirtmişlerdir.

Clarkson vd. (2005) yorucu egzersiz ve kas hasarı üzerine yaptıkları çalışmada, eksantrik egzersizin ardından CK değerlerinde büyük bir artış yaşandığını belirtmişlerdir.

Brentano & Kruel (2011) kuvvet egzersizine bağlı kas hasarı üzerine yaptıkları incelemede, hücre zarı hasarı sonrası enzimlerin hücre içi boşluğa sızabileceğini ve EIMD, LDH, AST, CK ve TnT seviyelerinde artışa neden olduğunu belirtmişlerdir.

Coombes & McNaughton (2000), Nosaka (2006) amino asit takviyesinin kas ağrısı ve hasarına etkisi üzerine yaptıkları çalışmalarında, alışılmadık eksantrik egzersiz, kas disfonksiyonuna, birkaç gün süren kas ağrısına ve kandaki miyofiber proteinlerin CK konsantrasyonlarının artmasına neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Thorpe & Sunderland (2012) bir futbol maçı esnasında endokrin ve bağışıklık sistemleri üzerine kas hasarı incelemesinde, CK konsantrasyonlarındaki artış, maç sırasında gerçekleştirilen sprint sayısı ile korelasyon gösterdiğini belirtmişlerdir. Maç boyunca yapılan sprintler, CK ilişkilidir ve bu nedenle yarı profesyonel futbolculardaki kas hasarıyla ilişkilendirilebileceğini belirtmişlerdir.

Carmona vd. (2019) çalışmalarında; CK, AST ve cTnI seviyeleri egzersize bağlı olarak önemli ölçüde yükseldiğini tespit etmişlerdir.

Ammar vd. (2016) bir halter antrenman seans ve gün saatinin biyolojik parametreler üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında, oksidatif stres belirteçlerinde önemli artışlar ve CK ve LDH için önemli artışlar gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Paana, Jaakkola, Bamberg, Saraste, Tuunainen, Wittfooth & Airaksinen (2019), maraton koşucularında kardiyak troponin yükselmeleri konusunda yaptıkları çalışmalarında, maratonu tamamladıktan sonra koşucuların çoğunda cTnT seviyelerinin arttığını rapor etmişlerdir. Ayrıca, Paana vd. (2019) çok sayıda çalışma sonucuna göre miyokard enfarktüsünün klinik semptomlarının yokluğunda, uzun süreli dayanıklılık egzersizinden sonra troponinlerde belirgin bir artış olduğunu belirtmişlerdir.

Middleton, George, Whyte, Gaze, Collinson & Shave, (2008) TnT salınımı ile ilgili çalışmalarında, sporcuların troponin-T düzeylerinin yarış sırasında kademeli olarak yükseldiğini, egzersiz sonrasında ise başlangıç düzeyine döndüğünü ancak egzersizden 4-6 saat sonra tekrar yükseldiğini belirtmişlerdir.

Mair vd. (1992) miyokardiyal hasar tanısı ile ilgili çalışmasında TnT'nin miyokardiyal hasarın başlangıcından birkaç saat sonra artmaya başladığını ve birkaç gün boyunca artmış olarak kalabileceğini belirtmişlerdir.

Daha önceki çalışmalar, yarış sonrası kardiyak troponin yükselmelerinin tahmin edicileri üzerinde çok çeşitli sonuçlar göstermiştir; egzersiz süresi, yaş, antrenman durumu, egzersiz yoğunluğu, hidrasyon durumu bazı raporlarda kardiyak troponin artışı ile ilişkilendirilmiştir. Ancak troponin artışının nedenleri üzerine araştırmalar belirsizliğini korumaktadır.

Çalışmamızda da kas hasarı sonucunda meydana gelen kan değerlerindeki artışlar yukarıdaki çalışmalarla paralelik göstermektedir. Kan değerlerindeki bu artışlar egzersize bağlı olarak kaslarda bir harabiyet oluşturmaktadır. Bu durum yüklenme şiddetine, süresine ve egzersiz türüne göre değişmektedir. Ayrıca sporcuları antrene durumları, toparlanma durumları ve kapasiteleride önemlidir.

Özellikle futbolda eksantrik ve ani yön değiştirmeli hareketler sonucunda kas hasarı meydana gelmektedir. Bu hasar futbolcuların antrenman düzeylerine, yaşlarına, sporcu yaşlarına, kas yapılarına, mevkilerine, oynadıkları lig seviyelerine ve yüklenme seviyelerine göre değişmektedir. Antrenmanların şiddeti ve sporcuların bunu hangi seviyede yaptıklarının yanında beslenme ve dinlenme seviyeleri de ayrıca önemlidir. Futbolcuların toparlanma süreleri ve nabız değerleri de hasarın büyüklüğü konusunda bizlere geri bildirimler vermektedir.

İki zeminin zaman aralıklarının karşılaştırmasını yaptığımızda LDH değeri antrenman sonrasında suni zeminde istatistiksel olarak anlamlı olmasa da çim zeminden fazla artışı gözlemlenmiştir. Yirmi dört sonraki değerlerde çim zemindeki değeri suni zemine göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha fazla artmıştır. Yetmiş iki saat sonraki değerlere baktığımızda çim zemindeki LDH değeri istatistiksel olarak anlamlı olmasa da daha yüksek olduğunu görüyoruz. Bu sonuç bize çim zeminde ki antrenman sonrasında futbolcuların toparlanamadığını düşündürmektedir.

İki zeminin zaman aralıkları karşılaştırmasını yaptığımızda, AST değeri zaman aralıkları açısından incelendiğinde, yirmi dört sonraki değerlerde çim zemindeki değeri suni zemine göre istatistiksel olarak anlamlı olmasa da daha fazla artışı görüyoruz.

İki zeminin zaman aralıklarının karşılaştırmasını yaptığımızda, CK değerleri zaman aralıkları açısından incelendiğinde; istatistiksel olarak anlamlı olmasa da antrenman

sonrasında suni zeminde artmış olduğunu görüyoruz. Fakat yirmi dört saat sonraki değerlere baktığımızda çim zeminde istatistiksel olarak anlamlı derecede artığını görüyoruz. Diğer zaman aralıklarında değerlerin birbirine çok yakın olduğunu da söyleyebiliriz.

Çim ve suni zeminde ve 4 farklı zamanda TnT oranları arasında antrenman öncesi ve 72 saat sonrası değerler açısından anlamlı bir fark gözlenmişken ($p < 0.05$), antrenman sonrası ile 24 saat sonrası TnT kan seviyeleri arasında anlamlı bir farklılık oluşmamıştır ($p > 0.05$).

Çalışmamızda her iki zemindeki verilerin karşılaştırılması sonucunda; kas hasarı olarak iki zemin arasında 24 saat sonraki LDH değerlerinde çim zeminde daha yüksek olduğunu, antrenman öncesi TnT değerlerinde çim zeminde, 72 saat sonrasında suni zeminde TnT değeri daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Diğer zaman aralıkları ve zemin farklılıkları açısından biyobelirteçlerin değerleri arasında istatistik olarak bir fark bulunmamıştır.

Ekstrand vd. (2006), 2003–2004 yıllarında üçüncü nesil suni çim ile doğal çimi karşılaştırdıkları çalışmalarında, suni çimde futbol oynandığında, doğal çime kıyasla daha büyük bir yaralanma riski olduğuna dair bir kanıt bulamamışlardır. Meyers (2010), suni zemin ve doğal çimi sakatlıklar açısından karşılaştırdığı çalışmasında, oyun yüzeyleri arasında önemli farklılıklar gözlenmediğini belirtmiştir.

Sánchez-Sánchez vd. (2018), suni çim ve doğal çim arasında akut yaralanma oranlarını araştırdıkları çalışmasında, antrenmanlarda yaşanan sakatlıklar açısından önemli bir fark bulamamışlardır.

Çim ve suni zeminlerde uygulanan antrenmanlar futbolcularda kas hasarına yol açıyor. Fakat çim zemin ve suni zemindeki veriler arasında istatistik olarak farkların sonucuna göre; uygulanan antrenmanların çim ya da suni zeminde yapılıyor olması futbolcularda kas hasarına yol açma açısından fark yaratmamaktadır. Yukardaki çalışmada bizim çalışmamızı desteklemektedir.

5.2. Öneriler

Futbol maçı ve antrenmanları sonrasında futbolcularda EIMD bağlı olarak mikro düzeyde kas hasarı meydana geldiği bilinmektedir. Özellikle eksantrik ve konsantrik

pliometrik egzersizler sonucu kas hasarı belirteçleri artmaktadır. Egzersiz yapılan zeminin özelliği bu belirteçlerin bazılarında farklılık yaratabilmektedir.

- ✓ Antrenman programlarının şiddet, sıklık ve süreleri; saha zeminlerinin kas hasarı üzerindeki etkileri göz önünde bulundurularak literatür bilgilerine göre düzenlenebilir.
- ✓ Bu çalışma sonucunda, TnT ve CK düzeyleri sentetik zemine göre çim zeminde daha yüksek çıkmıştır. Bu nedenle; yüksek şiddetli antrenmanlar için toparlanma açısından çim zemin yerine suni zeminler tercih edilebilir.
- ✓ Yüksek şiddetli bir antrenmandan 24 saat ve daha az sürede maça çıkacaksak eğer AST ve LDH değerleri açısından toparlanmayı daha erken sağladığı için çim zemini tercih edilebilir.
- ✓ Çalışmamızda yer alan futbolcuların çalışmaya ne kadar bağlı kaldıkları tam olarak belirlenememiştir. Futbolcuların buna benzer bir çalışma için kamp ortamında olmaları tercih edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Abaïdia, A. E., Cosyns, S., & Dupont, G. (2019). Muscle oxygenation induced by cycling exercise does not accelerate recovery kinetics following exercise-induced muscle damage in humans: A randomized cross-over study. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 266, 82-88.
- Adisesiah, M., Round, J. M., & Jones, D. A. (1992). Reperfusion injury in skeletal muscle: a prospective study in patients with acute limb ischaemia and claudicants treated by revascularization. *British Journal of Surgery*, 79(10), 1026-1029.
- Ak, M. K. ve Ögçe, H. (2018). Hibrit Çim uygulama yönteminin futbol sahası örneğinde incelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(4), 1000-1009.
- Akdeniz, Ş., Karlı, Ü., Daşdemir, T., Yazar, H. ve Yılmaz, B. (2012). Egzersize bağlı kas hasarının sürat ve çeviklik performansına etkisi. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 6(2), 152-160.
- Akenhead, R., Hayes, P. R., Thompson, K. G., & French, D. (2013). Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 556-561.
- Akmal, M., & Massry, S. G. (1990). Reversible hepatic dysfunction associated with rhabdomyolysis. *American Journal of Nephrology*, 10(1), 49-52.
- Alca'ntara, E., Ga'mez, J., Rosa, D., & Sanchi's, M. (2009). Analysis of the influence of rubber infill morphology on the mechanical performance of artificial turf surfaces for soccer. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: *Journal of Sports Engineering and Technology*, 223(1), 19.
- Alibeyoğlu, A. (2008). Düzenli spor yapmayan genç erkeklerde akut dayanıklılık egzersizi sonrası hematolojik ve serum enzim değerlerindeki değişikliklerin incelenmesi. *Kafkas University. Graduate School of Health Sciences. Master of Science Thesis. Kars.*
- Ammar, A., Chtourou, H., Hammouda, O., Turki, M., Ayedi, F., Kallel, C., ... & Souissi, N. (2016). Relationship between biomarkers of muscle damage and redox status in response to a weightlifting training session: effect of time-of-day. *Acta Physiologica Hungarica*, 103(2), 243-261.

- Andersson, H. M., Raastad, T., Nilsson, J., Paulsen, G., Garthe, I., & Kadi, F. (2008). Neuromuscular fatigue and recovery in elite female soccer: effects of active recovery. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(2), 372-380.
- Andersson, H., Ekblom, B., & Krstrup, P. (2008). Elite football on artificial turf versus natural grass: movement patterns, technical standards, and player impressions. *Journal of Sports Sciences*, 26(2), 113-122.
- Aoki, H., Kohno, T., Fujiya, H., Kato, H., Yatabe, K., Morikawa, T., & Seki, J. (2010). Incidence of injury among adolescent soccer players: a comparative study of artificial and natural grass turfs. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 20(1), 1-7.
- Armstrong, R. B. (1990). Initial events in exercise-induced muscular injury. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(4), 429.
- Armstrong, R. B., Ogilvie, R. W., & Schwane, J. A. (1983). Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology*, 54(1), 80-93.
- Armstrong, R. B., Warren, G. L., & Warren, J. A. (1991). Mechanisms of exercise-induced muscle fibre injury. *Sports Medicine*, 12(3), 184-207.
- Arnason, A., Gudmundsson, A., Dahl, H. A., & Johannsson, E. (1996). Soccer injuries in Iceland. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 6(1), 40-45.
- Assumpção, C. D. O., Lima, L. C. R., Oliveira, F. B. D., Greco, C. C., & Denadai, B. S. (2013). Exercise-induced muscle damage and running economy in humans. *The Scientific World Journal*.
- Aughey, R. J. (2013). Widening margin in activity profile between elite and sub-elite Australian football: A case study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(4), 382-386.
- Babuin, L., & Jaffe, A. S. (2005). Troponin: the biomarker of choice for the detection of cardiac injury. *Cmaj*, 173(10), 1191-1202.
- Bağış, Y. E. (2018). Elit dağ bisikletçilerinin müsabaka ortamının kas hasarı üzerine etkisinin incelenmesi. Sakarya Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

- Baird, M. F., Graham, S. M., Baker, J. S., & Bickerstaff, G. F. (2012). Creatine-kinase-and exercise-related muscle damage implications for muscle performance and recovery. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2012.
- Balazs, G. C., Pavey, G. J., Brelvi, A. M., Pickett, A., Keblish, D. J., & Rue, J. P. H. (2015). Risk of anterior cruciate ligament injury in athletes on synthetic playing surfaces: a systematic review. *The American Journal of Sports medicine*, 43(7), 1798-1804.
- Baylan, N. (2014). Genç tenis oyuncularının tekler tenis turnuvası süresince kas hasarı, toparlanma ve performans parametrelerinin incelenmesi (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Belli, T., Macedo, D. V., De Araujo, G. G., Dos Reis, I. G. M., Scariot, P. P. M., Lazarim, F. L., ... & Gobatto, C. A. (2018). Mountain ultramarathon induces early increases of muscle damage, inflammation, and risk for acute renal injury. *Frontiers in Physiology*, 9, 1368.
- Bernat-Adell, M. D., Collado-Boira, E. J., Moles-Julio, P., Panizo-González, N., Martínez-Navarro, I., Hernando-Fuster, B., & Hernando-Domingo, C. (2021). Recovery of inflammation, cardiac, and muscle damage biomarkers after running a marathon. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(3), 626-632.
- Bianco, A., Spedicato, M., Petrucci, M., Messina, G., Thomas, E., Sahin, F. N., ... & Palma, A. (2016). A prospective analysis of the injury incidence of young male professional football players on artificial turf. *Asian Journal of Sports medicine*, 7(1).
- Boden, B. P., Kirkendall, D. T., & Garrett, W. E. (1998). Concussion incidence in elite college soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, 26(2), 238-241.
- Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Medicine*, 39(9), 779-795.
- Borsa, P., & Sauers, E. (2000). The importance of gender on myokinetic deficits before and after microinjury. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(5), 891-896.

- Bouزيد, M. A., Ghattassi, K., Daab, W., Zarzissi, S., Bouchiba, M., Masmoudi, L., & Chtourou, H. (2018). Faster physical performance recovery with cold water immersion is not related to lower muscle damage level in professional soccer players. *Journal of Thermal Biology*, 78, 184-191.
- Böge, V. (2017). Kuvvet antrenmanlarında farklı kasılma tiplerine bağlı gelişen kas hasarı ve yorgunluğunun bazı biyokimyasal parametreler ile belirlenmesi. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Bradley, P. S., Carling, C., Diaz, A. G., Hood, P., Barnes, C., Ade, J., ... & Mohr, M. (2013). Match performance and physical capacity of players in the top three competitive standards of English professional soccer. *Human Movement Science*, 32(4), 808-821.
- Brentano, M. A., & Martins Krueel, L. F. (2011). A review on strength exercise-induced muscle damage: applications, adaptation mechanisms and limitations. *J Sports Med Phys Fitness*, 51(1), 1-10.
- Brockett, C., Warren, N., Gregory, J. E., Morgan, D. L., & Proske, U. (1997). A comparison of the effects of concentric versus eccentric exercise on force and position sense at the human elbow joint. *Brain Research*, 771(2), 251-258.
- Brosnan, J. T., McNitt, A. S., & Serensits, T. J. (2009). Effects of varying surface characteristics on the hardness and traction of baseball field playing surfaces. *International Turfgrass Society Research Journal*, 11(2), 1053-1065.
- Byrne, C., & Eston, R. (2002). The effect of exercise-induced muscle damage on isometric and dynamic knee extensor strength and vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 20(5), 417-425.
- Byrne, C., Eston, R. G., & Edwards, R. H. T. (2001). Characteristics of isometric and dynamic strength loss following eccentric exercise-induced muscle damage. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 11(3), 134-140.
- Byrne, C., Twist, C., & Eston, R. (2004). Neuromuscular function after exercise-induced muscle damage. *Sports Medicine*, 34(1), 49-69.
- Calloway, S. P., Hardin, D. M., Crawford, M. D., Hardin, J. M., Lemak, L. J., Giza, E., ... & Baldwin, W. W. (2019). Injury surveillance in major league soccer:

- A 4-year comparison of injury on natural grass versus artificial turf field. *The American Journal of Sports Medicine*, 47(10), 2279-2286.
- Carling, C., Le Gall, F., & Reilly, T. P. (2010). Effects of physical efforts on injury in elite soccer. *International Journal of Sports Medicine*, 31(03), 180-185.
- Carmona, G., Roca, E., Guerrero, M., Cussó, R., Bàrcena, C., Mateu, M., & Cadefau, J. A. (2019). Fibre-type-specific and mitochondrial biomarkers of muscle damage after mountain races. *International Journal of Sports Medicine*, 40(04), 253-262.
- Ceylan, R. (2018), Sahada ve havuzda yapılan yoğun interval antrenmanların genç bireylerde bazı motorik özelliklere ve kas hasarına etkileri (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Atatürk Üniversitesi Kış Sporları ve Spor Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Chen, T. C. C., Chen, H. L., Pearce, A. J., & Nosaka, K. (2012). Attenuation of eccentric exercise-induced muscle damage by preconditioning exercises. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 44(11), 2090-2098.
- Choi, Y., Tanabe, Y., Akazawa, N., Zempo-Miyaki, A., & Maeda, S. (2019). Curcumin supplementation attenuates the decrease in endothelial function following eccentric exercise. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry*, 23(2), 7.
- Clarkson, P. M. (1997). Eccentric exercise and muscle damage. *International Journal of Sports Medicine*, 18(S 4), S314-S317.
- Clarkson, P. M., & Hubal, M. J. (2001). Are women less susceptible to exercise-induced muscle damage? *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 4(6), 527-531.
- Clarkson, P. M., & Hubal, M. J. (2002). Exercise-induced muscle damage in humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 81(11), S52-S69.
- Clarkson, P. M., & Sayers, S. P. (1999). Etiology of exercise-induced muscle damage. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 24(3), 234-248.
- Clarkson, P. M., Hoffman, E. P., Zambraski, E., Gordish-Dressman, H., Kearns, A., Hubal, M., Harmon, B., & Devaney, J. M. (2005). ACTN3 and MLCK genotype associations with exertional muscle damage. *Journal of Applied Physiology*, 99(2), 564-569. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00130.2005>

- Clarkson, P. M., Kearns, A. K., Rouzier, P., Rubin, R., & Thompson, P. D. (2006). Serum creatine kinase levels and renal function measures in exertional muscle damage. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(4), 623.
- Clarkson, P. M., Nosaka, K., & Braun, B. (1992). Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 24(5), 512-520.
- Clary, S., & Schwane, J. A. (1988). Responses of serum CK, LDH, and LDH-I activities to exercise with a large eccentric component. *Med Sci Sports Exerc*, 20, S74.
- Clausen, M. B., Zebis, M. K., Møller, M., Krstrup, P., Hölmich, P., Wedderkopp, N., ... & Thorborg, K. (2014). High injury incidence in adolescent female soccer. *The American Journal of Sports Medicine*, 42(10), 2487-2494.
- Clifford, T., Allerton, D. M., Brown, M. A., Harper, L., Horsburgh, S., Keane, K. M., ... & Howatson, G. (2017). Minimal muscle damage after a marathon and no influence of beetroot juice on inflammation and recovery. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 42(3), 263-270.
- Clifford, T., Ventress, M., Allerton, D. M., Stansfield, S., Tang, J. C., Fraser, W. D., ... & Stevenson, E. (2019). The effects of collagen peptides on muscle damage, inflammation and bone turnover following exercise: a randomized, controlled trial. *Amino Acids*, 51(4), 691-704.
- Coombes, J. S., & McNaughton, L. S. (2000). Effects of branched-chain amino acid supplementation on serum creatine kinase and lactate dehydrogenase after prolonged exercise. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40(3), 240.
- Cox, A. L. (2003). Test methods for assessing the performance of sports surfaces. *Sports surfaces. Calgary: The University of Calgary*, 269-91.
- Çankaya, T., Karlı, Ü., & Buğdaycı, G. (2019). Comparison of exhaustive concentric and eccentric contractions: Effects on muscle damage and EMG responses during recovery period. *Isokinetics and Exercise Science*, 27(3), 185-191.
- Dabby, R., Sadeh, M., Herman, O., Berger, E., Watemberg, N., Hayek, S., ... & Nevo, Y. (2006). Asymptomatic or minimally symptomatic hyper CKemia: histopathologic correlates. *Imaj-Ramat Gan-*, 8(2), 110.

- Damas, F., Nosaka, K., Libardi, C. A., Chen, T. C., & Ugrinowitsch, C. (2016). Susceptibility to exercise-induced muscle damage: a cluster analysis with a large sample. *International Journal of Sports Medicine*, 37(08), 633-640.
- De Ste Croix, M., Lehnert, M., Maixnerova, E., Zaatar, A., Svoboda, Z., Botek, M., ... & Stastny, P. (2019). Does maturation influence neuromuscular performance and muscle damage after competitive match-play in youth male soccer players? *European Journal of Sport Science*, 19(8), 1130-1139.
- Del Coso, J., Fernández, D., Abián-Vicen, J., Salinero, J. J., González-Millán, C., Areces, F., ... & Pérez-González, B. (2013). Running pace decrease during a marathon is positively related to blood markers of muscle damage. *PloS One*, 8(2), e57602.
- Delaney, J. S., Brien, S. E., & Baron, E. (2001). Comparative review of USA consumer product safety board data for soccer, ice hockey, and American football from 1990 to 1999. *British Journal of Sports Medicine*, 35(5), 370-370.
- Demirel, H. (2002). Egzersizle oluşan kas Hasarı, 7. *Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi*, ss, 291-293.
- Deschenes, M. R., Brewer, R. E., Bush, J. A., McCoy, R. W., Volek, J. S., & Kraemer, W. J. (2000). Neuromuscular disturbance outlasts other symptoms of exercise-induced muscle damage. *Journal of the Neurological Sciences*, 174(2), 92-99.
- Díaz-Cidoncha, J., Franco Álvarez, E., & Dellal, A. (2017). Analysis of offensive technical actions on different playing surfaces in 5v5, 7v7 and 9v9 sided games in soccer.
- Dick, R., Ferrara, M. S., Agel, J., Courson, R., Marshall, S. W., Hanley, M. J., & Reifsteck, F. (2007). Descriptive epidemiology of collegiate men's football injuries: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System, 1988–1989 through 2003–2004. *Journal of Athletic Training*, 42(2), 221.
- DiLorenzo, F. M., Drager, C. J., & Rankin, J. W. (2014). Docosahexaenoic acid affects markers of inflammation and muscle damage after eccentric exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(10), 2768-2774.

- Donnelly, A. E., Clarkson, P. M., & Maughan, R. J. (1992). Exercise-induced muscle damage: effects of light exercise on damaged muscle. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 64(4), 350-353.
- Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Chronic adaptations to eccentric training: a systematic review. *Sports Medicine*, 47(5), 917-941.
- Douglas, J., Pearson, S., Ross, A., & McGuigan, M. (2017). Eccentric exercise: physiological characteristics and acute responses. *Sports Medicine*, 47(4), 663-675.
- Drakos, M. C., Taylor, S. A., Fabricant, P. D., & Haleem, A. M. (2013). Synthetic playing surfaces and athlete health. *JAAOS-Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 21(5), 293-302.
- Dupuy, O., Douzi, W., Theurot, D., Bosquet, L., & Dugué, B. (2018). An evidence-based approach for choosing post-exercise recovery techniques to reduce markers of muscle damage, soreness, fatigue, and inflammation: a systematic review with meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 9, 403.
- Dvorak, J., & Junge, A. (2000). Football injuries and physical symptoms. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(5_suppl), 3-9.
- Ekstrand, J., Häggglund, M., & Waldén, M. (2011). Epidemiology of muscle injuries in professional football (soccer). *The American Journal of Sports Medicine*, 39(6), 1226-1232.
- Ekstrand, J., Häggglund, M., & Waldén, M. (2011). Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. *British Journal of Sports Medicine*, 45(7), 553-558.
- Ekstrand, J., Timpka, T., & Häggglund, M. (2006). Risk of injury in elite football played on artificial turf versus natural grass: a prospective two-cohort study. *British Journal of Sports Medicine*, 40(12), 975-980.
- Engström, B., Johansson, C., & Tornkvist, H. (1991). Soccer injuries among elite female players. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(4), 372-375.
- Erdogan, M. (2009), Farklı Isı Koşullarında Uygulanan Maksimal Aerobik Yüklenmenin Kas Hasarı Ve Performans Üzerine Etkileri. Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

- Ergün, M., Denerel, H. N., Binnet, M. S., & Ertat, K. A. (2013). Injuries in elite youth football players: a prospective three-year study. *Acta Orthop Traumatol Turc*, 47(5), 339-346.
- Eston, R., Byrne, C., & Twist, C. (2003). Muscle function after exercise-induced muscle damage: Considerations for athletic performance in children and adults. *Journal of Exercise Science and Fitness*, 1(2), 85-96.
- Falese, L., Della Valle, P., & Federico, B. (2016). Epidemiology of football (soccer) injuries in the 2012/2013 and 2013/2014 seasons of the Italian Serie A. *Research in Sports Medicine*, 24(4), 426-432.
- Faraji, E., Daneshmandi, H., Atri, A. E., Onvani, V., & Namjoo, F. R. (2012). Effects of prefabricated ankle orthoses on postural stability in basketball players with chronic ankle instability. *Asian Journal of Sports Medicine*, 3(4), 274.
- Fatouros, I. G., & Jamurtas, A. Z. (2016). Insights into the molecular etiology of exercise-induced inflammation: opportunities for optimizing performance. *Journal of inflammation research*, 9, 175.
- Faude, O., Junge, A., Kindermann, W., & Dvorak, J. (2006). Risk factors for injuries in elite female soccer players. *British Journal of Sports Medicine*, 40(9), 785-790.
- Febbraio, M. A., & Pedersen, B. K. (2002). Muscle-derived interleukin-6: mechanisms for activation and possible biological roles. *The FASEB journal*, 16(11), 1335-1347.
- Fédération Internationale de Football Association. (2010). Manager's guide to natural grass football pitches. Zurich: FIFA Member Associations and Development, 12-14.
- Feria-Arias, E., Boukhemis, K., Kreulen, C., & Giza, E. (2018). Foot and ankle injuries in soccer. *American Journal of Orthopedics (Belle Mead NJ)*, 47(10).
- FIFA. (2007a). FIFA U-17 Championship Peru 2005. Turf Roots, 1, 810
- FIFA. Quality concept: handbook of requirements for football turf. Geneva: Fédération Internationale de Football Association, 2006
- Ford, K. R., Manson, N. A., Evans, B. J., Myer, G. D., Gwin, R. C., Heidt Jr, R. S., & Hewett, T. E. (2006). Comparison of in-shoe foot loading patterns on natural grass and synthetic turf. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(6), 433-440.

- Ford, K. R., Manson, N. A., Evans, B. J., Myer, G. D., Gwin, R. C., Heidt Jr, R. S., & Hewett, T. E. (2006). Comparison of in-shoe foot loading patterns on natural grass and synthetic turf. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(6), 433-440.
- Foster, C. (2005). *Understanding participation in sport: A systematic review*. Sport England.
- Foster, J. B. (2007). Newer artificial turf appears safer for soccer players. *Bio Mechanics*, 14(9), 910.
- Fujitaka, K., Taniguchi, A., Kumai, T., Otuki, S., Okubo, M., & Tanaka, Y. (2017). Effect of changes in artificial turf on sports injuries in male university soccer players. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 5(8), 2325967117719648.
- Gescheit, D. T., Cormack, S. J., Reid, M., & Duffield, R. (2015). Consecutive days of prolonged tennis match play: performance, physical, and perceptual responses in trained players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(7), 913-920.
- Gibler, W. B., Gibler, C. D., Weinshenker, E., Abbottsmith, C., Hedges, J. R., Barsan, W. G., ... & Kereiakes, D. (1987). Myoglobin as an early indicator of acute myocardial infarction. *Annals of Emergency Medicine*, 16(8), 851-856.
- Giza, E., Mithöfer, K., Farrell, L., Zarins, B., & Gill, T. (2005). Injuries in women's professional soccer. *British Journal of Sports Medicine*, 39(4), 212-216.
- Goldstein, R. A. (2017). Skeletal muscle injury biomarkers: Assay qualification efforts and translation to the clinic. *Toxicologic Pathology*, 45(7), 943-951.
- Granchi, C., Bertini, S., Macchia, M., & Minutolo, F. (2010). Inhibitors of lactate dehydrogenase isoforms and their therapeutic potentials. *Current Medicinal Chemistry*, 17(7), 672-697.
- Grant Jones, M. D. (2018). Synthetic Playing Surfaces On Sports Injury Rates. *Sports Medicine*.
- Grassi, A., Quaglia, A., Canata, G. L., & Zaffagnini, S. (2016). An update on the grading of muscle injuries: a narrative review from clinical to comprehensive systems. *Joints*, 4(1), 39.
- Gupta, R. C., Goad, J. T., & Kadel, W. L. (1991). In vivo alterations in lactate dehydrogenase (LDH) and LDH isoenzymes patterns by acute carbofuran

intoxication. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 21(2), 263-269.

Guskiewicz, K. M., Weaver, N. L., Padua, D. A., & Garrett, W. E. (2000). Epidemiology of concussion in collegiate and high school football players. *The American Journal of Sports Medicine*, 28(5), 643-650

Günay, M., Cicioğlu, H. ve Kara, E. (2006). Egzersize metabolik ve ısı adaptasyonu.

Hägglund, 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.

Hägglund, M., Waldén, M., & Ekstrand, J. (2009). UEFA injury study—an injury audit of European Championships 2006 to 2008. *British Journal of Sports Medicine*, 43(7), 483-489.

Hägglund, M., Waldén, M., Bahr, R., & Ekstrand, J. (2005). Methods for epidemiological study of injuries to professional football players: developing the UEFA model. *British Journal of Sports Medicine*, 39(6), 340-346.

Harper, D. J., Carling, C., & Kiely, J. (2019). High-intensity acceleration and deceleration demands in elite team sports competitive match play: A systematic review and meta- analysis of observational studies. *Sports Medicine*, 1-25.

Harty, P. S., Cottet, M. L., Malloy, J. K., & Kerksick, C. M. (2019). Nutritional and supplementation strategies to prevent and attenuate exercise-induced muscle damage: a brief review. *Sports Medicine-Open*, 5(1), 1-17.

Hawkins, R. D., Hulse, M. A., Wilkinson, C., Hodson, A., & Gibson, M. (2001). The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *British Journal of Sports Medicine*, 35(1), 43-47.

Hawley, J. A., Tipton, K. D., & Millard-Stafford, M. L. (2006). Promoting training adaptations through nutritional interventions. *Journal of Sports Sciences*, 24(07), 709-721.

Hayashi, K., Leary, M. E., Roy, S. J., Laosiripisan, J., Pasha, E. P., & Tanaka, H. (2019). Recovery from strenuous downhill running in young and older physically active adults. *International Journal of Sports Medicine*, 40(11), 696-703.

- Hazar, S., Emre, E. ve Gökdemir, K. (2006). Kuvvet Antrenmanı Sonrası Oluşan Kas Ağrısının Kas Hasarıyla İlişkisi. *Gazi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 11(3), 49-58.
- Hedges, J. R., Gibler, W. B., Young, G. P., Hoekstra, J. W., Slovis, C., Aghababian, R., ... & EMCREG II Study Group. (1996). Multicenter study of creatine kinase-MB use: effect on chest pain clinical decision making. *Academic Emergency Medicine*, 3(1), 7-15.
- Heipertz, W. (1985). Çeviren: Arman M. İ. *Spor Hekimliği: Arkadaş Tıp Yayınları*, Kırklareli.
- Herren, K. R., & Mackway-Jones, K. (2001). Emergency management of cardiac chest pain: a review. *Emergency Medicine Journal*, 18(1), 6-10.
- Hershman, E. B., Anderson, R., Bergfeld, J. A., Bradley, J. P., Coughlin, M. J., Johnson, R. J., ... & National Football League Injury and Safety Panel. (2012). An analysis of specific lower extremity injury rates on grass and FieldTurf playing surfaces in National Football League Games: 2000-2009 seasons. *The American Journal of Sports Medicine*, 40(10), 2200-2205.
- Hody, S., Croisier, J. L., Bury, T., Rogister, B., & Leprince, P. (2019). Eccentric muscle contractions: risks and benefits. *Frontiers in physiology*, 10, 536.
- Hornery, D. J., Farrow, D., Mujika, I., & Young, W. B. (2007). Caffeine, carbohydrate, and cooling use during prolonged simulated tennis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2(4), 423-438.
- Hotfiel, T., Freiwald, J., Hoppe, M. W., Lutter, C., Forst, R., Grim, C., ... & Heiss, R. (2018). Advances in delayed-onset muscle soreness (DOMS): Part I: Pathogenesis and iagnostics. *Sportverletzung Sportschaden*, 32(04), 243-250.
- Howatson, G., & Van Someren, K. A. (2008). The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. *Sports Medicine*, 38(6), 483-503.
- Hyldahl, R. D., & Hubal, M. J. (2014). Lengthening our perspective: morphological, cellular, and molecular responses to eccentric exercise. *Muscle & Nerve*, 49(2), 155-170.
- Iacovelli, J. N., Yang, J., Thomas, G., Wu, H., Schiltz, T., & Foster, D. T. (2013). The effect of field condition and shoe type on lower extremity injuries in American Football. *British Journal of Sports Medicine*, 47(12), 789-793.

- Isik, O. ve Dogan, I. (2018). Effects of bilateral or unilateral lower body resistance exercises on markers of skeletal muscle damage. *Biomedical Journal*, 41(6), 364-368.
- Isik, O., Yildirim, I., Ersoz, Y., Koca, HB, Dogan, I. ve Ulutas, E. (2018). Seçkin güreşçiler arasında rekabet öncesi dehidrasyona bağlı iskelet kası hasarı ve iltihap seviyelerinin izlenmesi. *Sırt ve Kas-İskelet Rehabilitasyonu Dergisi*, 31 (3), 533-540.
- Ispirlidis, I., Fatouros, I. G., Jamurtas, A. Z., Nikolaidis, M. G., Michailidis, I., Douroudos, I., ... & Alexiou, V. (2008). Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 18(5), 423-431.
- Işık, B. Ö. (2017). Applicability Of Hybrid Grass Method For Football Pitches. *Artium*, 5(2), 1-10.
- Işıldak, K. (2017), anaerobik güç ve bacak hacminin yüzme egzersizi sonrası oluşan kas hasarına etkisinin incelenmesi (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Manisa Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- İmer Kaplan, M. (2019). *İki farklı eksantrik hamstring egzersizinin kas hasarı cevapları*. Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Denizli.
- Jackman, S. R., Witard, O. C., Jeukendrup, A. E., & Tipton, K. D. (2010). Branched-chain amino acid ingestion can ameliorate soreness from eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 42(5), 962-970.
- Jacobs, I. (1986). Blood lactate. *Sports Medicine*, 3(1), 10-25.
- Jamurtas, A. Z., Theocharis, V., Tofas, T., Tsiokanos, A., Yfanti, C., Paschalis, V., ... & Nosaka, K. (2005). Comparison between leg and arm eccentric exercises of the same relative intensity on indices of muscle damage. *European Journal of Applied Physiology*, 95(2-3), 179-185.
- Jones, D. A., Newham, D. J., Round, J. M., & Tolfree, S. E. (1986). Experimental human muscle damage: morphological changes in relation to other indices of damage. *The Journal of physiology*, 375(1), 435-448.
- Junge, A., & Dvořák, J. (2015). Football injuries during the 2014 FIFA World Cup. *British Journal of Sports Medicine*, 49(9), 599-602.

- Kanda, K., Sakuma, J., Akimoto, T., Kawakami, Y., & Suzuki, K. (2017). Detection of titin fragments in urine in response to exercise-induced muscle damage. *PLoS One*, 12(7), e0181623.
- Kılıç, T. (2010). Basketbol turnuvasının; kas hasarı ve toparlanma süresine etkileri (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Knochel, J. P. (1990). Catastrophic medical events with exhaustive exercise: "white collar rhabdomyolysis". *Kidney International*, 38(4), 709-719.
- Koç, H. (2016). Futbola özgü küçük alan oyunlarına verilen fizyolojik ve kinematik yanıtlar ile kas hasarı üzerine etkisinin incelenmesi (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kolitzus, H. J. (1984). Functional standards for playing surfaces. *Sport shoes and playing surfaces. Champaign, Ill: Human Kinetics*, 98-118.
- Komi, P. V., & Viitasalo, J. T. (1977). Changes in motor unit activity and metabolism in human skeletal muscle during and after repeated eccentric and concentric contractions. *Acta Physiologica Scandinavica*, 100(2), 246-254.
- Korkmaz, S. G. (2010). Sporcularda uzun süreli yorgunluğun kas hasarıyla ilişkisi. (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Krustrup, P., Mohr, M., Steensberg, A., Bencke, J., Kjær, M., & Bangsbo, J. (2006). Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(6), 1165-1174.
- Kuczinski, A., Newman, J. M., Piuze, N. S., Sodhi, N., Doran, J. P., Khlopas, A., ... & Mont, M. A. (2019). Trends and epidemiologic factors contributing to soccer-related fractures that presented to emergency departments in the United States. *Sports Health*, 11(1), 27-31.
- Kwak, S., Chun, Y., Rhyu, K., Cha, J., & Cho, Y. (2014). Quantitative analysis of tissue injury after minimally invasive total hip arthroplasty. *Clinics in Orthopedic Surgery*, 6(3), 279.
- Lee, Y. I., & Leem, Y. H. (2019). Acid sphingomyelinase inhibition alleviates muscle damage in gastrocnemius after acute strenuous exercise. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry*, 23(2), 1.
- Lewis, P. B., Ruby, D., & Bush-Joseph, C. A. (2012). Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness. *Clinics in Sports Medicine*, 31(2), 255-262.

- Lott, J. A., & Stang, J. M. (1980). Serum enzymes and isoenzymes in the diagnosis and differential diagnosis of myocardial ischemia and necrosis. *Clinical Chemistry*, 26(9), 1241-1250.
- Mackey, A. L., & Kjaer, M. (2017). The breaking and making of healthy adult human skeletal muscle in vivo. *Skeletal Muscle*, 7(1), 24.
- Magal, M., Dumke, C. L., Urbiztondo, Z. G., Cavill, M. J., Triplett, N. T., Quindry, J. C., ... & Epstein, Y. (2010). Relationship between serum creatine kinase activity following exercise-induced muscle damage and muscle fibre composition. *Journal of Sports Sciences*, 28(3), 257-266.
- Mair, J., Dienstl, F., & Puschendorf, B. (1992). Cardiac troponin T in the diagnosis of myocardial injury. *Critical Reviews in Clinical Laboratory Sciences*, 29(1), 31-57.
- Malaguti, M., Angeloni, C., & Hrelia, S. (2013). Polyphenols in exercise performance and prevention of exercise-induced muscle damage. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2013.
- Malm, C. (2001). Exercise-induced muscle damage and inflammation: fact or fiction? *Acta Physiologica Scandinavica*, 171(3), 233-239.
- Manojlović, V., & Erčulj, F. (2018). Using blood lactate concentration to predict muscle damage and jump performance response to maximal stretch-shortening cycle exercise. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(4), 581-586.
- Marchiori, M., & de Vecchi, M. (2020). Secrets of soccer: Neural network flows and game performance. *Computers & Electrical Engineering*, 81, 106505.
- Marcora, S. M., & Bosio, A. (2007). Effect of exercise-induced muscle damage on endurance running performance in humans. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17(6), 662-671.
- Markus, I., Constantini, K., Hoffman, J. R., Bartolomei, S., & Gepner, Y. (2021). Exercise-induced muscle damage: mechanism, assessment and nutritional factors to accelerate recovery. *European Journal of Applied Physiology*, 1-24.
- Marom, N., & Williams 3rd, R. J. (2018). Upper Extremity Injuries in Soccer. *American Journal of Orthopedics (Belle Mead, NJ)*, 47(10).

- Martinez, A., Dura, J. V., Ga´mez, J., Rosa, D., Zamora, T., & Alca´ntara, E. (2004). Artificial and natural turf: Biomechanical differences between surfaces. *Journal of Sports Sciences*, 22(6), 494-495.
- Maruyama, T., Mizuno, S., & Goto, K. (2019). Effects of cold water immersion and compression garment use after eccentric exercise on recovery. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry*, 23(1), 48.
- Matute-Llorente, A., Gómez-Bruton, A., Lozano-Berges, G., Julián-Almárcegui, C., Gómez-Cabello, A., González-Agüero, A., ... & Casajús, J. A. (2015). Does playing surfaces influence the bone geometry and strength indexes in young male soccer players? *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 8(1), 34-35.
- McGuine, T. A., Brooks, A., & Hetzel, S. (2011). The effect of lace-up ankle braces on injury rates in high school basketball players. *The American Journal of Sports Medicine*, 39(9), 1840-1848.
- McHugh, M. P., Connolly, D. A., Eston, R. G., & Gleim, G. W. (1999). Exercise-induced muscle damage and potential mechanisms for the repeated bout effect. *Sports Medicine*, 27(3), 157-170.
- McMahon, T. A. (1984). *Muscles, reflexes, and locomotion*. Princeton University Press.
- Meehan, W. P., d'Hemecourt, P., & Dawn Comstock, R. (2010). High school concussions in the 2008-2009 academic year: mechanism, symptoms, and management. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(12), 2405-2409.
- Meyers, M. C. (2010). Incidence, mechanisms, and severity of game-related college football injuries on FieldTurf versus natural grass: a 3-year prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 38(4), 687-697.
- Meyers, M. C., & Barnhill, B. S. (2004). Incidence, causes, and severity of high school football injuries on FieldTurf versus natural grass: a 5-year prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 32(7), 1626-1638.
- Middleton, N., George, K., Whyte, G., Gaze, D., Collinson, P., & Shave, R. (2008). Cardiac troponin T release is stimulated by endurance exercise in healthy humans. *Journal of the American College of Cardiology*, 52(22), 1813-1814.

- Mielgo-Ayuso, J., Calleja-Gonzalez, J., Del Coso, J., Urdampilleta, A., León-Guereño, P., & Fernández-Lázaro, D. (2019). Caffeine supplementation and physical performance, muscle damage and perception of fatigue in soccer players: A systematic review. *Nutrients*, *11*(2), 440.
- Miles, M. P., Ives, J. C., & Vincent, K. R. (1997). Neuromuscular control following maximal eccentric exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *76*(4), 368-374.
- Millet, G. Y., Tomazin, K., Verges, S., Vincent, C., Bonnefoy, R., Boisson, R. C., ... & Martin, V. (2011). Neuromuscular consequences of an extreme mountain ultra- marathon. *PloS one*, *6*(2), e17059.
- Morawetz, D., Blank, C., Koller, A., Arvandi, M., Siebert, U., & Schobersberger, W. (2020). Sex-related differences after a single bout of maximal eccentric exercise in response to acute effects: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *34*(9), 2697-2707.
- Moreno-Perez, V., Gallo-Salazar, C., Del Coso, J., Ruiz-Pérez, I., Lopez-Valenciano, A., Barbado, D., ... & Fernandez-Fernandez, J. (2020). The influence of a badminton competition with two matches in a day on muscle damage and physical performance in elite junior badminton players. *Biology of Sport*, *37*(2), 195.
- Morgan, D. L., & Allen, D. G. (1999). Early events in stretch-induced muscle damage. *Journal of Applied Physiology*, *87*(6), 2007-2015.
- Nathwani, R. A., Pais, S., Reynolds, T. B., & Kaplowitz, N. (2005). Serum alanine aminotransferase in skeletal muscle diseases. *Hepatology*, *41*(2), 380-382.
- Naunheim, R., Parrott, H., & Standeven, J. (2004). A comparison of artificial turf. *The Journal of Trauma: Injury, Infection, and Critical Care*, *57*(6), 1311-1314.
- Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2013). Recovery in soccer. *Sports Medicine*, *43*(1), 9-22.
- Nédélec, M., McCall, A., Carling, C., Legall, F., Berthoin, S., & Dupont, G. (2012). Recovery in soccer. *Sports Medicine*, *42*(12), 997-1015.
- Nie, J., Tong, T. K., George, K., Fu, F. H., Lin, H., & Shi, Q. (2011). Resting and post-exercise serum biomarkers of cardiac and skeletal muscle damage in

- adolescent runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(5), 625-629.
- Nieman, D. C., Dumke, C. L., Henson, D. A., McAnulty, S. R., Gross, S. J., & Lind, R. H. (2005). Muscle damage is linked to cytokine changes following a 160-km race. *Brain, Behavior, and Immunity*, 19(5), 398-403.
- Nosaka, K. (2006). Effects of amino acid supplementation on muscle soreness and damage. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 16(6), 620-635.
- Nosaka, K., & Clarkson, P. M. (1996). Changes in indicators of inflammation after eccentric exercise of the elbow flexors. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(8), 953-961.
- Nosaka, K., & Clarkson, P. M. (1996). Variability in serum creatine kinase response after eccentric exercise of the elbow flexors. *Int. J. Sports Med.* 17, 120–127.
- Nosaka, K., Lavender, A., Newton, M., & Sacco, P. (2003). Muscle Damage in Resistance Training. *International Journal of Sport and Health Science*, 1(1), 1-8.
- Nosaka, K., Newton, M., & Sacco, P. (2002). Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric exercise-induced muscle damage. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 12(6), 337-346.
- Nybo, L., Girard, O., Mohr, M., Knez, W., Voss, S., & Racinais, S. (2013). Markers of muscle damage and performance recovery after exercise in the heat. *Med Sci Sports Exerc*, 45(5), 860-868.
- O'Kane, J. W., Gray, K. E., Levy, M. R., Neradilek, M., Tencer, A. F., Polissar, N. L., & Schiff, M. A. (2016). Shoe and field surface risk factors for acute lower extremity injuries among female youth soccer players. *Clinical Journal of Sport Medicine: Official Journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 26(3), 245.
- Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R., & Di Prampero, P. E. (2010). Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Med Sci Sports Exerc*, 42(1), 170-178.
- Owen, A., Dunlop, G., Rouissi, M., Chtara, M., Paul, D., Zouhal, H., & Wong, D. P. (2015). The relationship between lower-limb strength and match-related

- muscle damage in elite level professional European soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 33(20), 2100-2105.
- Owens, D. J., Twist, C., Cobley, J. N., Howatson, G., & Close, G. L. (2019). Exercise-induced muscle damage: What is it, what causes it and what are the nutritional solutions? *European Journal of Sport Science*, 19(1), 71-85.
- Östenberg, A., & Roos, H. (2000). Injury risk factors in female European football. A prospective study of 123 players during one season. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 10(5), 279-285.
- Öztekin, H. H., Boya, H., Ozcan, O., Zeren, B. ve Pinar, P. (2009). Foot and ankle injuries and time lost from play in professional soccer players. *The Foot*, 19(1), 22-28.
- Paana, T., Jaakkola, S., Bamberg, K., Saraste, A., Tuunainen, E., Wittfooth, S., ... & Airaksinen, K. J. (2019). Cardiac troponin elevations in marathon runners. Role of coronary atherosclerosis and skeletal muscle injury. The MaraCat Study. *International Journal of Cardiology*, 295, 25-28.
- Page, R. M., Marrin, K., Brogden, C. M., & Greig, M. (2015). Biomechanical and physiological response to a contemporary soccer match-play simulation. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(10), 2860-2866.
- Paillard, T., Noe, F., Riviere, T., Marion, V., Montoya, R., & Dupui, P. (2006). Postural performance and strategy in the unipedal stance of soccer players at different levels of competition. *Journal of Athletic Training*, 41(2), 172.
- Pal, S., Chaki, B., Chattopadhyay, S., & Bandyopadhyay, A. (2018). High-intensity exercise induced oxidative stress and skeletal muscle damage in postpubertal boys and girls: A comparative study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(4), 1045-1052.
- Parsaie, N., Ghavamzadeh, S., & Cheraghi, M. (2019). Effects of cholecalciferol supplementation on inflammatory markers and muscle damage indices of soccer players after a simulated soccer match. *Nutrition*, 59, 37-43.
- Paulsen, G., Ramer Mikkelsen, U., Raastad, T., & Peake, J. M. (2012). Leucocytes, cytokines and satellite cells: what role do they play in muscle damage and regeneration following eccentric exercise? *Exercise Immunology Review*, 18.

- Peake, J. M., Neubauer, O., Della Gatta, P. A., & Nosaka, K. (2017). Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *Journal of Applied Physiology*, 122(3), 559-570.
- Peake, J. M., Suzuki, K., Wilson, G., Hordern, M., Nosaka, K., Mackinnon, L., & Coombes, J. S. (2005). Exercise-induced muscle damage, plasma cytokines, and markers of neutrophil activation. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(5), 737-745.
- Peake, J., Nosaka, K. K., & Suzuki, K. (2005). Characterization of inflammatory responses to eccentric exercise in humans.
- Pedersen, B. K., & Fischer, C. P. (2007). Physiological roles of muscle-derived interleukin-6 in response to exercise. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 10(3), 265-271.
- Pfaffmann, D., Herbst, M., Ingelfinger, P., Simon, P., & Tug, S. (2016). Analysis of injury incidences in male professional adult and elite youth soccer players: a systematic review. *Journal of Athletic Training*, 51(5), 410-424.
- Phomsoupha, M., Berger, Q., & Laffaye, G. (2018). Multiple repeated sprint ability test for badminton players involving four changes of direction: validity and reliability (Part 1). *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(2), 423-431.
- Pizza, F. X., Mitchell, J. B., Davis, B. H., Starling, R. D., Holtz, R. W., & Bigelow, N. A. N. C. Y. (1995). Exercise-induced muscle damage: effect on circulating leukocyte and lymphocyte subsets. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 27, 363-363.
- Plais, N., Salzmänn, S. N., Shue, J., Sanchez, C. D., Urraza, F. J., & Girardi, F. P. (2019). Spine injuries in soccer. *Current sports medicine reports*, 18(10), 367-373.
- Faude, O., Rößler, R., & Junge, A. (2013). Football injuries in children and adolescent players: are there clues for prevention? *Sports Medicine*, 43(9), 819-837.
- Pokora, I., Kempa, K., Chrapusta, S. J., & Langfort, J. (2014). Effects of downhill and uphill exercises of equivalent submaximal intensities on selected blood cytokine levels and blood creatine kinase activity. *Biology of Sport*, 31(3), 173.

- Proske, U., & Morgan, D. L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *The Journal of Physiology*, 537(2), 333-345.
- Purcell, L., & Micheli, L. (2009). Low back pain in young athletes. *Sports Health*, 1(3), 212-222.
- Putukian, M., Echemendia, R. J., Chiampas, G., Dvorak, J., Mandelbaum, B., Lemak, L. J., & Kirkendall, D. (2019). Head Injury in Soccer: From Science to the Field; summary of the head injury summit held in April 2017 in New York City, New York. *British Journal of Sports Medicine*, 53(21), 1332-1332.
- Ra’Kerry, K. R., Levine, W. N., & Ahmad, C. S. (2008). Elbow medial collateral ligament injuries. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 1(3), 197-204.
- Rahnama, N., Reilly, T., & Lees, A. (2002). Injury risk associated with playing actions during competitive soccer. *British Journal of Sports Medicine*, 36(5), 354-359.
- Rebalka, I. A., & Hawke, T. J. (2014). Potential biomarkers of skeletal muscle damage. In *Biomarkers in Medicine* (Vol. 8, Issue 3, pp. 375–378). Future Medicine Ltd. <https://doi.org/10.2217/bmm.13.163>
- Roberts, J., Osei-Owusu, P., Harland, A., Owen, A., & Smith, A. (2014). Elite football players’ perceptions of football turf and natural grass surface properties. *Procedia Engineering*, 72, 907-912.
- Roberts, R., Henry, P. D., Witteveen, S. A., & Sobel, B. E. (1974). Quantification of serum creatine phosphokinase isoenzyme activity. *The American Journal of Cardiology*, 33(5), 650-654.
- Roonkiani, S. K., Ebrahimi, M., & Majelan, A. S. (2020). Effect of cold water immersion on muscle damage indexes after simulated soccer training in young soccer players. *Biomedical Human Kinetics*, 12(1), 236-241.
- Sánchez-Sánchez, J., Haxaire, P., García Unanue, J., Felipe, J. L., Gallardo, A. M., & Gallardo, L. (2018). Determination of mechanical properties of artificial turf football pitches according to structural components. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 232(2), 131-139.

- Sanchis-Gomar, F., Pareja-Galeano, H., Gomez-Cabrera, M. C., Candel, J., Lippi, G., Salvagno, G. L., ... & Vina, J. (2015). Allopurinol prevents cardiac and skeletal muscle damage in professional soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(1), e110-e115.
- Sarko, J., & Pollack Jr, C. V. (2002). Cardiac troponins. *The Journal of Emergency Medicine*, 23(1), 57-65.
- Sassi, A., Stefanescu, A., Bosio, A., Riggio, M., & Rampinini, E. (2011). The cost of running on natural grass and artificial turf surfaces. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(3), 606-611.
- Sbriccoli, P., Felici, F., Rosponi, A., Aliotta, A., Castellano, V., Mazza, C., ... & Marchetti, M. (2001). Exercise induced muscle damage and recovery assessed by means of linear and non-linear EMG analysis and ultrasonography. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 11(2), 73-83.
- Schmidt-Olsen, S., Jørgensen, U., Kaalund, S., & Sørensen, J. (1991). Injuries among young soccer players. *American Journal of Sports Medicine*, 19(3), 273-275.
- 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.
- Schoenfeld B. (2016). Science and Development of Muscle Hypertrophy, Illinois, Human Kinetics, 15-87.
- Schwane, J. A., Buckley, R. T., Dipaolo, D. P., Atkinson, M. A., & Shepherd, J. R. (2000). Plasma creatine kinase responses of 18-to 30-yr-old African-American men to eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(2), 370-378.
- Schwane, J. A., Johnson, S. R., Vandenakker, C. B., & Armstrong, R. B. (1983). Delayed-onset muscular soreness and plasma CPK and LDH activities after downhill running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(1), 51.
- Sewright, K. A., Hubal, M. J., Kearns, A., Holbrook, M. T., & Clarkson, P. M. (2008). Sex differences in response to maximal eccentric exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(2), 242-251.

- Smith, L. L., & Miles, M. P. (2000). Exercise-Induced Muscle Injury. *Exercise and Sport Science*, 401.
- Silva, J. R., Rumpf, M. C., Hertzog, M., Castagna, C., Farooq, A., Girard, O., & Hader, K. (2018). Acute and residual soccer match-related fatigue: a systematic review and meta- analysis. *Sports Medicine*, 48(3), 539-583.
- Sirotic, A. C., & Coutts, A. J. (2007). Physiological and performance test correlates of prolonged, high-intensity, intermittent running performance in moderately trained women team sport athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(1), 138-144.
- Skovron, M. L., Levy, I. M., & Agel, J. (1990). Living with artificial grass: A knowledge update: Part 2: Epidemiology. *The American Journal of Sports Medicine*, 18(5), 510-513.
- Soares, J. C. M., Zanella, R., Bondan, C., Alves, L. P., de Lima, M. R., da Motta, A. C., & Zanella, E. L. (2011). Biochemical and antioxidant changes in plasma, serum, and erythrocytes of horses before and after a jumping competition. *Journal of Equine Veterinary Science*, 31(7), 357-360.
- Souza, R. F. R. D., Mainine, S., Souza, F. F. R. D., Zanon, E. M., Nishimi, A. Y., Dobashi, E. T., & Fernandes, F. A. (2017). Orthopedic injuries in soccer-an analysis of a Professional Championship Tournament in Brazil. *Acta Ortopedica Brasileira*, 25(5), 216-219.
- Souza-Silva, E., Christensen, S. W., Hirata, R. P., Larsen, R. G., & Graven-Nielsen, T. (2018). Blood flow after contraction and cuff occlusion is reduced in subjects with muscle soreness after eccentric exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(1), 29-39.
- Stanitski, C. L., McMaster, J. H., & Ferguson, R. J. (1974). Synthetic turf and grass: a comparative study. *The Journal of Sports Medicine*, 2(1), 22-26.
- Steffen, K., Andersen, T. E., & Bahr, R. (2007). Risk of injury on artificial turf and natural grass in young female football players. *British Journal of Sports Medicine*, 1, 16.
- Stiles, V. H., James, I. T., Dixon, S. J., & Guisasola, I. N. (2009). Natural turf surfaces. *Sports Medicine*, 39(1), 65-84.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer. *Sports medicine*, 35(6), 501-536.

- Strojnik, V., Komi, P. V., & Nicol, C. (2001). "Fatigue during one-week tourist alpine skiing," in *Science and Skiing II*, ed. E. Müller (Hamburg: Kovac), 599–607.
- Stupka, N., Tarnopolsky, M. A., Yardley, N. J., & Phillips, S. M. (2001). Cellular adaptation to repeated eccentric exercise-induced muscle damage. *Journal of Applied Physiology*, 91(4), 1669-1678.
- Sudo, M., Ando, S., Poole, D. C., & Kano, Y. (2015). Blood flow restriction prevents muscle damage but not protein synthesis signaling following eccentric contractions. *Physiological Reports*, 3(7), e12449.
- Swart, J., & Jennings, C. L. (2004). Use of blood lactate concentration as a marker of training status. *South African Journal of Sports Medicine*, 16(3), 1-5.
- Taylor, S. A., Fabricant, P. D., Khair, M. M., Haleem, A. M., & Drakos, M. C. (2012). A review of synthetic playing surfaces, the shoe-surface interface, and lower extremity injuries in athletes. *The Physician and Sportsmedicine*, 40(4), 66-72.
- Temur, H. B. , (2018). Evaluation of muscle damage and changes in some blood parameters before and after an intercollegiate football tournament. *International Journal of Recent Scientific Research*, vol.9, 25628-25630.
- Thanheiser, S. Y., Grashey-Jansen, S., & Armbruster, G. (2018). Hardness measurement of natural and hybrid turf soccer fields. *Sports Engineering*, 21(4), 367-377.
- Thompson, D., Nicholas, C. W., & Williams, C. (1999). Muscular soreness following prolonged intermittent high-intensity shuttle running. *Journal of sports sciences*, 17(5), 387-395.
- Thompson, J. K., Heinberg, L. J., Altabe, M., & Tantleff-Dunn, S. (1999). *Exacting beauty: Theory, assessment, and Treatment of Body Image Disturbance*. American Psychological Association.
- Thorlund, J. B., Aagaard, P., & Madsen, K. (2009). Rapid muscle force capacity changes after soccer match play. *International Journal of Sports Medicine*, 30(04), 273-278.
- Thorpe, R., & Sunderland, C. (2012). Muscle damage, endocrine, and immune marker response to a soccer match. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(10), 2783-2790.

- Thygesen, K., Alpert, J. S., Jaffe, A. S., Chaitman, B. R., Bax, J. J., Morrow, D. A., ... & Windecker, S. (2019). Fourth universal definition of myocardial infarction (2018). *European Heart Journal*, 40(3), 237-269.
- Tojima, M., Noma, K., & Torii, S. (2016). Changes in serum creatine kinase, leg muscle tightness, and delayed onset muscle soreness after a full marathon race. *J Sports Med Phys Fitness*, 56(6), 782-788.
- Tokinoya, K., Ishikura, K., Ra, S. G., Ebina, K., Miyakawa, S., & Ohmori, H. (2020). Relationship between early-onset muscle soreness and indirect muscle damage markers and their dynamics after a full marathon. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 18(3), 115-121.
- Tokinoya, K., Ishikura, K., Yoshida, Y., Ra, S. G., Sugawara, T., Aoyagi, A., ... & Ohmori, H. (2020). LDH isoenzyme 5 is an index of early onset muscle soreness (EOMS) during prolonged running. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*.
- Torres, R., Ribeiro, F., Duarte, J. A., & Cabri, J. M. (2012). Evidence of the physiotherapeutic interventions used currently after exercise-induced muscle damage: systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, 13(2), 101-114.
- Totsuka, M., Nakaji, S., Suzuki, K., Sugawara, K., & Sato, K. (2002). Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 93(4), 1280-1286.
- Trajković, N., Sporiš, G., Vlahović, T., Madić, D., & Gušić, M. (2018). Post-match changes in muscle damage markers among u-21 soccer players. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 7(2), 49-53.
- Tummala, S. V., Chhabra, A., Makovicka, J. L., Patel, K. A., & Hartigan, D. E. (2018). Hip and groin injuries among collegiate male soccer players: the 10-year epidemiology, incidence, and prevention. *Orthopedics*, 41(6), e831-e836.
- Twist, C., & Eston, R. G. (2009). The effect of exercise-induced muscle damage on perceived exertion and cycling endurance performance. *European Journal of Applied Physiology*, 105(4), 559-567.

- Valderrabano, V., Barg, A., Paul, J., Pagenstert, G., & Wiewiorski, M. (2014). Foot and ankle injuries in professional soccer players. *Sport-Orthopädie-Sport-Traumatologie-Sports Orthopaedics and Traumatology*, 30(2), 98-105.
- Vanlommel, L., Vanlommel, J., Bollars, P., Quisquater, L., Van Crombrugge, K., Corten, K., & Bellemans, J. (2013). Incidence and risk factors of lower leg fractures in Belgian soccer players. *Injury*, 44(12), 1847-1850.
- Vanrenterghem, J., Nedergaard, N. J., Robinson, M. A., & Drust, B. (2017). Training load monitoring in team sports: a novel framework separating physiological and biomechanical load-adaptation pathways. *Sports Medicine*, 47(11), 2135-2142.
- Vierck, J., O'Reilly, B., Hossner, K., Antonio, J., Byrne, K., Bucci, L., & Dodson, M. (2000). Satellite cell regulation following myotrauma caused by resistance exercise. *Cell Biology International*, 24(5), 263-272.
- Waldén, M., Häggglund, M., & Ekstrand, J. (2005). Injuries in Swedish elite football—a prospective study on injury definitions, risk for injury and injury pattern during 2001. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 15(2), 118-125.
- Waldén, M., Häggglund, M., & Ekstrand, J. (2005). UEFA Champions League study: a prospective study of injuries in professional football during the 2001–2002 season. *British Journal of Sports Medicine*, 39(8), 542-546.
- Waldén, M., Häggglund, M., Werner, J., & Ekstrand, J. (2011). The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): a review of the literature from a gender-related perspective. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 19(1), 3-10.
- Walsh, B., Tonkonogi, M., Malm, C., Ekblom, B., & Sahlin, K. (2001). Effect of eccentric exercise on muscle oxidative metabolism in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(3), 436-441.
- Warren, G. L., Lowe, D. A., & Armstrong, R. B. (1999). Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *Sports medicine*, 27(1), 43-59.
- Warren, G. L., Lowe, D. A., Hayes, D. A., Karwoski, C. J., Prior, B. M., & Armstrong, R. B. (1993). Excitation failure in eccentric contraction-induced injury of mouse soleus muscle. *The Journal of Physiology*, 468(1), 487-499.

- Wehbe, G. M., Hartwig, T. B., & Duncan, C. S. (2014). Movement analysis of Australian national league soccer players using global positioning system technology. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(3), 834-842.
- Wells, S. M., & Sleeper, M. (2008). Cardiac troponins. *Journal of Veterinary Emergency and Critical Care*, 18(3), 235-245.
- Thygesen, K., Alpert, J. S., Williams, S., Hume, P. A., & Kara, S. (2011). A review of football injuries on third and fourth generation artificial turfs compared with natural turf. *Sports Medicine*, 41(11), 903-923.
- Wilson, L. J., Cockburn, E., Paice, K., Sinclair, S., Faki, T., Hills, F. A., ... & Dimitriou, L. (2018). Recovery following a marathon: a comparison of cold water immersion, whole body cryotherapy and a placebo control. *European Journal of Applied Physiology*, 118(1), 153-163.
- Wong, P., & Hong, Y. (2005). Soccer injury in the lower extremities. *British Journal of Sports Medicine*, 39(8), 473-482.
- Wu, A. H. (1998). Introduction to coronary artery disease (CAD) and biochemical markers. In *Cardiac Markers* (pp. 3-20).
- Hibrit çim teknolojisi (2019). <https://www.hurriyet.com.tr/sporarena/hibrit-cim-nedir-hibrit-cim-ozellikleri-nedir-40713033> adresinden erişilmiştir.
- Hibrit çim (2020). <https://www.fbk.com.tr/hibrit-cim/> adresinden erişilmiştir.
- Hibrit çim teknolojisi (2020). https://www.wikizero.com/tr/Hibrit_%C3%A7im adresinden erişilmiştir.
- Hibrit çim (2020). https://www.wakingthered.com/2014/3/10/5482194/hybrid-grass-football-and-soccer-toronto-fc-bmo-field-argos_adresinden erişilmiştir.



EKLER

EK-1

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

Araştırmanın Açık Adı		Futbolda Farklı Saha Zeminlerinin Kas Hasarı Üzerine Etkisi (11.09.2020 tarih ve 18 /263 sayılı karar)	
Araştırmanın Protokol Kodu			
ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı - (2012-KAEK-38)	
	AÇIK ADRESİ	S.D.Ü. Doğu Kampüsü Tıp Fakültesi Dekanlığı Binası – ISPARTA	
	TELEFON		
	FAKS		
	FAKS		
BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Doç.Dr. Cem Sinan ASLAN	
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Spor ve Sağlık Bilimleri Ana Bilim Dalı	
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ GÖREV YAPTIĞI BİRİM	Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi Spor ve Sağlık Bilimleri Ana Bilim Dalı	
	VARSA İDARİ SORUMLU UNVANI/ADI/SOYADI		
	DESTEKLEYİCİ	Mehmet Akif Ersoy Üniv. Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi	
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI (TÜBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alanlar için)	Doç.Dr. Cem Sinan ASLAN	
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ		
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	☐ FAZ1 ☐ FAZ2 ☐ FAZ3 ☐ FAZ4 Gözlemsel ilaç çalışması ☐ Tıbbi cihaz klinik araştırması ☐ İn vitro tıbbi tanı cihazları ile yapılan performans değerlendirme çalışmaları ☐ İlaç dışı klinik araştırma ☐ Diğer ise belirtiniz : Deneyisel	
		ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	
		☒ Tek Merkez ☐ Çok Merkez ☒ Ulusal ☐ Uluslararası	
DEĞERLENDİRİLEN BELGİLER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon Numarası
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ		
	BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU		
	OLGU RAPOR FORMU		
	ARAŞTIRMA BROŞÜRÜ		
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGİLER	Belge Adı	Açıklama	
	SİGORTA	☐	
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	☒	Araştırma Bütçe Formu
	BİYOLOJİK MATERYEL TRANSFER FORMU	☐	
	İLAN	☐	
	YILLIK BİLDİRİM	☐	
	SONUÇ RAPORU	☐	
	GÜVENLİLİK BİLDİRİMLERİ	☐	
DİĞER	☐		

Prof. Dr. Mekin SEZİK
Etik Kurul Başkanı

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

Araştırmanın Açık Adı Araştırmanın Protokol Kodu		Futbolda Farklı Saha Zeminlerinin Kas Hasarı Üzerine Etkisi			
KARAR BİLGİLERİ	Karar No: 18 / 263		Tarih : 11.09.2020		
	Yukarıda bilgileri verilen başvuru dosyası ile ilgili belgeler araştırmanın/çalışmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve uygun bulunmuş olup araştırmanın/çalışmanın başvuru dosyasında belirtilen merkezlerde gerçekleştirilmesinde etik ve bilimsel sakınca bulunmadığına toplanmaya katılan etik kurul üye tam sayısının salt çoğunluğu ile karar verilmiştir.				
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU					
ETİK KURULUN ÇALIŞMA ESASI		İlaç ve Biyolojik Ürünlerin Klinik Araştırmaları Hakkında Yönetmelik, İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu			
BAŞKANIN UNVANI / ADI / SOYADI		Prof. Dr. Mekin SEZİK			
Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyeti	Araştırma ile İlişkisi	Katılım *
Prof.Dr. Mekin SEZİK	Kadın Hastalıkları ve Doğum	SDÜ Tıp Fakültesi	☒ E ☐ K	☐ E ☒ H	☒ E ☐ H
Prof.Dr. Mustafa TÜZ	Kulak Burun Boğaz Hast.	SDÜ Tıp Fakültesi	☒ E ☐ K	☐ E ☒ H	☒ E ☐ H
Prof.Dr. Buket ARIDÖĞAN	Tıbbi Mikrobiyoloji	SDÜ Tıp Fakültesi	☐ E ☒ K	☐ E ☒ H	☒ E ☐ H
Prof.Dr. Ahmet Nesimi KİŞİOĞLU	Halk Sağlığı	SDÜ Tıp Fakültesi	☒ E ☐ K	☐ E ☒ H	☒ E ☐ H
Prof.Dr. Mehmet Fahrettin ÖNDER	Hukuk	SDÜ Hukuk Fakültesi	☒ E ☐ K	☐ E ☒ H	☒ E ☐ H
Doç.Dr. Derya YILDIRIM	Ağız Diş ve Çene Radyolojisi	SDÜ Diş Hekimliği Fakültesi	☐ E ☒ K	☐ E ☒ H	☒ E ☐ H
Doç.Dr. Halit AŞCI	Farmakoloji	SDÜ Tıp Fakültesi	☒ E ☐ K	☐ E ☒ H	☒ E ☐ H
Dr.Öğr. Üyesi Derya CEYHAN	Pedodonti	SDÜ Diş Hekimliği Fakültesi	☐ E ☒ K	☐ E ☒ H	☒ E ☐ H
Doç.Dr. Abdullah Meriç ÜNAL	Ortopedi ve Travmatoloji	SDÜ Tıp Fakültesi	☒ E ☐ K	☐ E ☒ H	☒ E ☐ H
Dr.Öğr. Üyesi Mehmet SAYRAN	Farmakoloji	SDÜ Tıp Fakültesi	☐ E ☒ K	☐ E ☒ H	☒ E ☐ H
Dr.Öğr. Üyesi Gıyâ KOLCU	Aile Hekimliği	SDÜ Tıp Fakültesi	☒ E ☐ K	☐ E ☒ H	☒ E ☐ H
Uzman Dr. Nejat EKİNCİ	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	Özel İsparta Hastanesi	☒ E ☐ K	☐ E ☒ H	☒ E ☐ H
Uzman Dr. Bora BÜYÜKCANLI	Anesteziyoloji ve Reanimasyon	Maddem Hastanesi	☒ E ☐ K	☐ E ☒ H	☒ E ☐ H
Öğr.Gör.Dr. Mehmet Erhan ŞAHİN	Biyomedikal ve Cihaz Teknolojisi	ISUBÜ Teknik Bilimler MYO	☒ E ☐ K	☐ E ☒ H	☒ E ☐ H
Osman PARÇAOĞLU	Sivil Üye	Emel	☒ E ☐ K	☐ E ☒ H	☒ E ☐ H



T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı

Sayı : 72867572-050.01.04- 142-532
Konu : Etik Kurul Kararı

Sayın Doç.Dr. Cem Sinan ASLAN
Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi
Burdur

Sorumlu araştırmacı olduğunuz "Futbolda Farklı Saha Zeminlerinin Kas Hasarı Üzerine Etkisi" isimli çalışmanızın kurulunuz tarafından uygun görüldüğüne ilişkin 11.09.2020 tarih ve 263 sayılı Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Kararı yazımız ekinde gönderilmiştir.

Bilgilerinizi rica ederim.

Prof./Dr. Mekin SEZİK
Başkan

Eki :Etik Kurulu Kararı (2 Sayfa)

S.D.Ü. Tıp Fakültesi Dekanlığı Doğu Kamposu 32260-İSPARTA
Tel : 0(2
e-Posta

Bilgi İçin : Dilek TOLA OLGUN
Bilgisayar İşletmeni

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı: Aydın KARABULAK

Eğitim Durumu

Lisans Öğrenimi: Akdeniz Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği

Yüksek Lisans Öğrenimi: Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Ana Bilim

Dalı, Spor Bilimleri Programı

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

Bilimsel Faaliyetleri: UEFA (A) Futbol Antrenörü

İş Deneyimi

Projeler: Türkiye Futbol Federasyonu Futbol Köyleri Projeleri, TFF-MEB ve Üniversiteler Okul Futbol Projeleri, TFF Yetenekli Futbolcu Eğitim Merkezleri Projesi

Çalıştığı Kurumlar: 1998-2000 Milli Eğitim Bakanlığı, 2000- Süleyman Demirel Üniversitesi

