



T.C.

**AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

HAREKET VE ANTRENMAN BİLİMLERİ PROGRAMI

**FUTBOL HAKEMLERİNDE YÜKSEK ŞİDDETLİ
EGZERSİZLERDEN SONRA GERÇEKLEŞTİRİLEN
PASİF DİNLENME VE TİTREŞİMLİ PLATFORM
YÖNTEMLERİNİN KALP ATIM HIZI DEĞİŞKENLİĞİ
ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esra SAĞLAM

DANIŞMAN

DR. ÖĞR.ÜYESİ HAMZA BUDAK

AKSARAY-2025



T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ANTRENÖRLÜK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI
HAREKET VE ANTRENMAN BİLİMLERİ PROGRAMI

**FUTBOL HAKEMLERİNDE YÜKSEK ŞİDDETLİ
EGZERSİZLERDEN SONRA GERÇEKLEŞTİRİLEN
PASİF DİNLENME VE TİTREŞİMLİ PLATFORM
YÖNTEMLERİNİN KALP ATIM HIZI DEĞİŞKENLİĞİ
ÜZERİNDEKİ ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Esra SAĞLAM

DANIŞMAN

DR. ÖĞR. ÜYESİ HAMZA BUDAK

AKSARAY-2025

Aksaray Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne

Esra SAĞLAM tarafından savunulan “Futbol Hakemlerinde Yüksek Şiddetli Egzersizlerden Sonra Gerçekleştirilen Pasif Dinlenme ve Titreşimli Platform Yöntemlerinin Kalp Atım Hızı Değişkenliği Üzerindeki Etkisi” isimli çalışma, jürimiz tarafından Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

İmza

Jüri Başkanı: Doç. Dr. Murat ERGİN

Onaylıyorum ☐

Onaylamıyorum ☐

Aksaray Üniversitesi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hamza
BUDAK

Onaylıyorum ☐

Onaylamıyorum ☐

Aksaray Üniversitesi

Üye: Mustafa Sabır BOZOĞLU

Onaylıyorum ☐

Onaylamıyorum ☐

Necmettin Erbakan Üniversitesi

Bu tez, Aksaray Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca jüri üyeleri tarafından uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulu tarih ve sayılı kararıyla kabul edilmiştir.

Unvanı Adı SOYADI

Enstitü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

“Futbol Hakemlerinde Yüksek Şiddetli Egzersizlerden Sonra Gerçekleştirilen Pasif Dinlenme ve Titreşimli Platform Yöntemlerinin Kalp Atım Hızı Değişkenliği Üzerindeki Etkisi” Yüksek lisans tezinin içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak atıf yapıldığını bildiririm. Beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

İmza

Esra SAĞLAM

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında daima yolumu aydınlatan ve desteğini esirgemeyen kıymetli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Hamza BUDAK'a, süreç boyunca göstermiş olduğu ilgi ve sabır için en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışmam boyunca yanımda olan değerli abim Beden Eğitimi Öğretmeni Veli BAŞAL'a ve her zaman bana inanan değerli arkadaşım Mustafa YILDIRIM'a teşekkürlerimi sunarım. Bu tezin gerçekleşmesinde gönüllülük esasına dayalı olarak bilime katkı sunmayı amaçlayan değerli katılımcı hakem arkadaşlarıma da teşekkürlerimi sunarım. Hayatım boyunca ilham aldığım ve rehber bildiğim sevgili antrenörüm Dr. Öğr. Üyesi Yeliz AY YILDIZ'a, ne olursa olsun hep yanımda olan ve hep yanımda olacağını hissettiğim ablam Narin CANBEK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Son olarak yüreğimde taşıdığım anıların ve bana öğrettiklerinle bu yolu tamamladım. Her başarımda, en çok senin gururlanacağını biliyorum. Rahat uyu babacığım.

Esra SAĞLAM

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1 Futbol.....	5
2.2 Futbol Hakemleri.....	5
2.3 Futbol Hakemlerinin Fiziksel ve Fizyolojik Talepleri	6
2.4 Yüksek Yoğunluklu Egzersiz.....	7
2.5 Toparlanma	8
2.6 Toparlanmanın Organizma Üzerindeki Etkileri	10
2.6.1 Toparlanmanın fiziksel etkileri.....	10
2.6.2 Toparlanmanın fizyolojik etkileri	10
2.6.3 Toparlanmanın psikolojik etkileri.....	11
2.7 Toparlanma Yöntemleri.....	12
2.7.1 Pasif toparlanma.....	13
2.7.2 Titreşimli platform yöntemi.....	14
2.7.3 Kombine toparlanma yöntemi	15
2.8 Futbol Hakemliğinde Toparlanmanın Önemi	16
2.9 Futbol Hakemlerinde Toparlanma Stratejilerinin Uygulanabilirliği	17
2.10 Sinir Sistemi	17
2.10.1 Merkezi sinir sistemi (MSS).....	18
2.10.2 Periferik sinir sistemi	18
2.11 Kalp Atım Hızı	20
2.12 Kalp Atım Hızı Değişkenliği	21
2.12.1 rMSSD.....	22
2.12.2 SDNN	22
2.12.3 pNN50	23

3. GEREÇ VE YÖNTEM	24
3.1 Araştırma Amacı	24
3.2 Araştırma Modeli	24
3.3 Katılımcılar	24
3.4 Araştırma Protokolü	24
3.5 Toparlanma Yöntemleri	25
3.5.1 Pasif toparlanma yöntemi	25
3.5.2 Titreşimli platform toparlanma yöntemi	25
3.6 Kalp Atım Hızının Belirlenmesi	26
3.7 Kalp Atım Hızı Değişkenliğinin Belirlenmesi	26
3.8 20 Metre Mekik Koşu Testi	27
3.9 İstatistiksel Analiz	28
4. BULGULAR.....	29
5. TARTIŞMA.....	41
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	45
KAYNAKLAR.....	48
EKLER.....	55
Ek 1: İnsan Araştırmaları Etik Kurulu Uygunluk Onayı.....	55
ÖZGEÇMİŞ	56

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FUTBOL HAKEMLERİNDE YÜKSEK ŞİDDETLİ EGZERSİZLERDEN SONRA GERÇEKLEŞTİRİLEN PASİF DİNLENME VE TİTREŞİMLİ PLATFORM YÖNTEMLERİNİN KALP ATIM HIZI DEĞİŞKENLİĞİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Esra Sağlam

Aksaray Üniversitesi
Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hamza BUDAK

ÖZET

Bu çalışma, futbol hakemlerinin yüksek yoğunluklu egzersiz sonrası gerçekleştirdiği pasif toparlanma ve titreşimli platform yöntemlerinin kalp atım hızı değişkenliği (KAHD) üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırmaya Türkiye Futbol Federasyonuna bağlı klasman düzeyde mücadele eden yaş ortalaması $23,77 \pm 6,07$ yıl, hakem özgeçmişi $5,69 \pm 4,7$ yıl, boy uzunluğu $179,23 \pm 5$ cm ve vücut ağırlığı $75,15 \pm 11,08$ olan 13 erkek hakem gönüllü olarak katılmıştır. Araştırma iki aşamada çapraz desen katılımla gerçekleştirilmiştir. Katılımcılardan verilerin alınabilmesi kapsamında her iki aşamada dinlenik, test sonunda, toparlanma yöntemlerinin ortasındaki ve sonundaki kalp atım hızı (KAH) sayılarını ve KAHD'yi belirlemek için el bileklerine polar saat ve göğüslerine göğüs bantları takılmıştır. Koşu testi bitiminde katılımcıların maksimal KAH sayıları belirlenerek önceden belirlenen bir grup pasif toparlanmaya diğer grup ise titreşimli platform yöntemine 15 dakika boyunca katılım sağlamışlardır. İkinci aşamada ise tüm test uygulamaları ve veri toplama süreci aynı şekilde devam etmiştir. Toparlanma yöntemleri esnasında parasempatik sinir sisteminin etkinliğinin belirlenmesi için göğüs bantlarının kayıt altına aldığı KAH sayılarının milisaniye cinsinden kaydedilerek KAHD kapsamında Kubios programından rMSSD, SDNN ve pNN50 verileri tespit edilmiştir. Verilerin normalliği ve homojenliği sırasıyla Shapiro-Wilk ve Levene testleri ile belirlenmiştir. Veriler, iki yönlü varyans analizi (ANOVA) ile ikili karşılaştırmalar ise eşleştirilmiş T-testi ile analiz edilmiştir. Pasif toparlanma ve titreşimli platform yöntemlerinin toparlanma üzerinde etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Pasif toparlanma yönteminin ortası ve sonundaki KAH sayıları, titreşimli platform yöntemindeki değerlere kıyasla anlamlı bir şekilde farklılık göstermektedir ($p < 0.05$). KAHD bakımından yöntemler arasında rakamsal olarak bir farklılık görülse de istatistiksel olarak fark bulunamamıştır ($p > 0.05$). Sonuç olarak yüksek yoğunluklu bir egzersiz sonrası gerçekleştirilen pasif toparlanma yönteminin KAH sayısını, titreşimli platform yöntemine kıyasla daha hızlı bir şekilde azalttığı ve toparlanmayı hızlandırdığı ancak KAHD bakımından ise yöntemler arasında pozitif bir etkinin olmadığı görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Kalp Atım Hızı, Kalp Atım Hızı Değişkenliği, Pasif Toparlanma, Titreşimli Platform.

Haziran, 2025; 56 sayfa

MASTER'S THESIS

EFFECTS OF PASSIVE REST AND VIBRATION PLATFORM METHODS ON HEART RATE VARIABILITY AFTER HIGH-INTENSITY EXERCISES IN FOOTBALL REFEREES

Esra Sağlam

**Aksaray University
Health Sciences Institute
Department of Coaching Education**

Advisor: Dr. Hamza BUDAK

ABSTRACT

This study aims to investigate the effects of passive recovery and vibration platform methods performed by football referees after high-intensity exercise on heart rate variability (HRV). Thirteen male referees competing at the classification level affiliated to the Turkish Football Federation with an age of 23.77 ± 6.07 years, a referee resume of 5.69 ± 4.7 years, a height of 179.23 ± 5 cm and a body weight of 75.15 ± 11.08 , participated in the study voluntarily. The study was carried out in two stages with a cross-sectional design. In order to obtain relevant data from the participants, polar watches were placed on their wrists and chest straps were placed on their chests to determine the resting heart rate (HR) numbers and HR at the end of the test, in the middle and at the end of the recovery methods in both stages. At the end of the running test, the maximal HR numbers of the participants were determined and a predetermined group participated in the passive recovery method and the other group participated in the vibrating platform method for 15 minutes. In the second stage, all test applications and data collection processes continued in the same way. In order to determine the effectiveness of the parasympathetic nervous system during recovery methods, the HR numbers recorded by the chest tapes were recorded in milliseconds and rMSSD, SDNN and pNN50 data were determined from the Kubios program within the scope of HR. Normality and homogeneity of the data were determined by Shapiro-Wilk and Levene tests, respectively. The obtained data were analyzed by two-way analysis of variance (ANOVA) and paired comparisons were analyzed by paired T-test. The effects of passive recovery and vibrating platform methods on recovery were found to be statistically significant ($p < 0.05$). HR numbers in the middle and end of the passive recovery method were significantly different compared to the values in the middle and end of the vibrating platform method ($p < 0.05$). Although there was a numerical difference between the methods in terms of HR, no statistically significant difference was found ($p > 0.05$). As a result, it was determined in this study that the passive recovery method performed after a high-intensity exercise reduced the number of HRs more rapidly and accelerated recovery compared to the vibrating platform method. In terms of HRs, it was observed that there was no positive effect between the methods.

Keywords: Heart Rate, Heart Rate Variability, Passive Recovery, Vibrating Platform.
June, 2025; 56 pages

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Katılımcıların demografik özellikleri.....	29
Çizelge 4.2 Pasif toparlanma yönteminin KAH değerlerine göre karşılaştırılması. ..	30
Çizelge 4.3 Pasif toparlanma yöntemi KAH değerlerinin grup içi karşılaştırılması..	30
Çizelge 4.4 Titreşimli toparlanma yönteminin KAH değerlerine göre karşılaştırılması.	31
Çizelge 4.5 Titreşimli toparlanma yöntemi KAH değerlerinin grup içi karşılaştırılması.	32
Çizelge 4.6 Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin koşu sonundaki KAH değerlerine göre karşılaştırılması.....	32
Çizelge 4.7 Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin ortasındaki KAH değerlerine göre karşılaştırılması.	33
Çizelge 4.8 Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin sonundaki KAH değerlerine göre karşılaştırılması.	33
Çizelge 4.9 Pasif toparlanma yönteminin KAHD değerlerine göre karşılaştırılması.	34
Çizelge 4.10 Pasif toparlanma yöntemi KAHD değerleri grup içi karşılaştırılması. .	35
Çizelge 4.11 Titreşimli toparlanma yönteminin KAHD değerlerine göre karşılaştırılması.....	36
Çizelge 4.12 Titreşimli toparlanma yöntemi KAHD değerleri grup içi karşılaştırılması.	37
Çizelge 4.13 Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin toparlanma ortası rMSSD değerlerinin karşılaştırılması	38
Çizelge 4.14 Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin toparlanma ortası SDNN değerlerinin karşılaştırılması	38
Çizelge 4.15 Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin toparlanma ortası pNN50 değerlerinin karşılaştırılması	39
Çizelge 4.16 Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin toparlanma sonundaki rMSSD değerlerinin karşılaştırılması	39
Çizelge 4.17 Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin toparlanma sonundaki SDNN değerlerinin karşılaştırılması.....	39
Çizelge 4.18 Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin toparlanma sonundaki pNN50 değerlerinin karşılaştırılması.....	40

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Titreşimli platform cihazı.....	26
Şekil 3.2. Polar saat.	26
Şekil 3.3. H10 göğüs bandı.	27
Şekil 3.4. Mekik koşu testi.	28



SİMGELER VE KISALTMALAR

BKI	Beden Kilo İndeksi
FIFA	Uluslararası Futbol Federasyonları Birliği
KAH	Kalp Atım Hızı
KAHD	Kalp Atım Hızı Değişkenliği
MSS	Merkezi Sinir Sistemi
OSS	Otonom Sinir Sistemi
pNN50	Ardışık Kalp Atımları Arasında 50 Milisaniye Fazla Fark Olanların Yüzdesi
PSS	Periferik Sinir Sistemi
rMSSD	Milisaniye Olarak Ölçülen Kalp Atışları Arasındaki Farkların Ortalaması
SDNN	Beş Dakikalık Standart Sapmalarının Ortalaması
SS	Standart Sapma
TS	Toplam Sayı
VO2max	Maksimum Oksijen Kullanım Kapasitesi
YYE	Yüksek Yoğunluklu Egzersiz

1. GİRİŞ

Futbol, dünya genelinde milyonlarca insan tarafından oynanan ve izlenen, fiziksel, zihinsel ve sosyal boyutlarıyla öne çıkan bir spor dalıdır. Küresel bir fenomen olarak, futbol yalnızca bir oyun olmaktan öte, kültürleri birleştiren, toplulukları harekete geçiren ve bireylerin yaşamlarına anlam katan bir sosyal etkinliktir (Franceschi vd., 2024). Stadyumları dolduran taraftarlar, televizyon başında maçı izleyen milyarlarca insan ve sahada ter döken oyuncular, futbolun evrensel çekiciliğinin birer göstergesidir. Ancak futbolun bu büyüleyici dünyasında, genellikle göz ardı edilen bir grup vardır: hakemler. Futbol hakemleri, oyunun adil bir şekilde yönetilmesini sağlayan, saha içinde hem fiziksel hem de bilişsel olarak yüksek düzeyde performans sergilemesi gereken kilit aktörlerdir (López-Valenciano vd., 2020). Bir maç süresince, hakemler saha içinde sürekli hareket halinde olmalı, hızlı ve doğru kararlar alarak oyunun akışını düzenlemelidir. Bu süreç, yalnızca fiziksel dayanıklılık değil, aynı zamanda zihinsel keskinlik ve duygusal denge gerektirir (Canter vd., 2024).

Ortalama bir profesyonel futbol maçında, hakemlerin 10-12 kilometre mesafe kat ettiği, bu mesafenin yaklaşık %15-20'sinin yüksek yoğunluklu koşu ve sprintlerden oluştuğu bildirilmiştir (Castagna vd., 2007). Bu yoğun fiziksel aktivite, hakemlerin kardiyovasküler sistemleri üzerinde önemli bir yük oluşturur. Maç sırasında, hakemler yalnızca fiziksel olarak aktif olmakla kalmaz, aynı zamanda oyuncuların hareketlerini takip etmek, kural ihlallerini değerlendirmek ve tartışmalı durumlarda anlık kararlar vermek gibi bilişsel görevleri de yerine getirir. Bu çift yönlü yük, hakemlerin fizyolojik ve psikolojik kapasitelerini sınırlarına kadar zorlar. Elit düzeyde hakemlerin, maç sırasında kalp atım hızlarının maksimum kalp atım hızlarının %85-95'ine ulaştığı ve bu yoğunluğun maçın büyük bir kısmında sürdürüldüğü belirtilmiştir. Bu veriler, hakemlerin oyunculara benzer şekilde yüksek fiziksel taleplerle karşı karşıya olduğunu ve bu taleplerin kardiyovasküler sistem üzerinde belirgin etkiler yarattığını göstermektedir (Weston vd., 2012). Futbol hakemlerinin fiziksel talepleri, yalnızca mesafe ve hız ile sınırlı değildir. Maç sırasında karşılaşılan çevresel faktörler (yüksek sıcaklık, nem veya rakım) fizyolojik yükü artırabilir (Reilly ve Gregson, 2006). Ayrıca maçın yoğunluğu, süresi ve hakemin deneyimi gibi faktörler de fiziksel performansı etkiler (Tuyls vd., 2021). Uluslararası bir turnuvada görev yapan bir hakem, yerel lig maçlarına kıyasla daha yüksek bir fiziksel ve zihinsel yükü karşı karşıya kalabilir (Nuriddinov vd., 2023). Bu durum hakemlerin fiziksel

uygunluk düzeylerinin yanı sıra toparlanma kapasitelerinin de kritik öneme sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Yoğun bir maçın ardından hızlı bir şekilde toparlanamayan bir hakem, bir sonraki maçta performans düşüşü yaşayabilir, bu da karar verme süreçlerinde hatalara yol açabilir. Yorgun bir hakem, bir pozisyonu yanlış değerlendirebilir veya bir faulü gözden kaçırabilir, bu da maçın sonucunu etkileyebilir (Spitz vd., 2021).

Kalp atım hızı, egzersiz sırasında ve sonrasında kardiyovasküler sistemin yanıtını değerlendiren temel bir fizyolojik göstergedir. Egzersiz sırasında, sempatik sinir sistemi aktivasyonu artar ve kalp atım hızı yükselir, bu da vücudun enerji taleplerine yanıt olarak kan dolaşımını hızlandırır (Aubert vd., 2003). Yorucu egzersizlerden sonra kalp atım hızının normale dönme süresi, bireyin kardiyovasküler uygunluk düzeyini ve toparlanma kapasitesini yansıtır. Bu süreç, otonom sinir sisteminin sempatik ve parasempatik dalları arasındaki dengeye bağlıdır. Egzersiz sonrası parasempatik sinir sistemi aktivasyonu, kalp atım hızının azalmasını sağlar, ancak bu süreç egzersizin yoğunluğuna, bireyin fiziksel uygunluk düzeyine ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Futbol hakemleri gibi yüksek fiziksel taleplere maruz kalan bireylerde kalp atım hızının toparlanma süreci hem performans sürekliliği hem de sağlık açısından kritik öneme sahiptir (Borresen ve Lambert, 2008).

Kalp atım hızı değişkenliği (KAHD), kalp atımları arasındaki zaman aralıklarının varyasyonunu ölçen bir parametredir ve otonom sinir sisteminin dengesini değerlendirmek için kullanılır (Task Force, 1996). Ayrıca bireyin stresle başa çıkma kapasitesini ve fizyolojik toparlanma yeteneğini yansıtır. Yorucu egzersizlerden sonra KAHD’de azalma gözlemlenir, bu da sempatik sinir sistemi aktivitesinin baskın olduğunu ve toparlanma sürecinin devam ettiğini gösterir. Futbol hakemlerinde, maç sırasındaki yüksek yoğunluklu aktiviteler, KAHD’yi önemli ölçüde etkileyebilir ve toparlanma sürecinin etkinliği, KAHD’nin normale dönme süresiyle yakından ilişkilidir (Pham vd., 2021). Bu nedenle toparlanma yöntemlerinin kalp atım hızı ve KAHD üzerindeki etkilerinin incelenmesi hakemlerin fizyolojik kapasitelerini anlamak için önemlidir (Arakaki vd., 2023).

Futbol hakemlerinin toparlanma süreçleri, yalnızca fiziksel performanslarını değil, aynı zamanda zihinsel keskinliklerini ve karar verme yeteneklerini de etkiler. Maç sırasında yorgunluk, hakemlerin pozisyon alma, hareket takibi ve kural ihlallerini doğru bir şekilde değerlendirme yeteneklerini olumsuz etkileyebilir (Reilly ve

Gregson, 2006). Bu nedenle, maç sonrası toparlanma stratejileri, hakemlerin bir sonraki maç veya antrenman için hazır hale gelmelerini sağlamak açısından kritik öneme sahiptir. Etkili toparlanma yöntemleri, hakemlerin fizyolojik ve zihinsel yorgunluktan kurtulmasını sağlayarak performans sürekliliğini destekler (Webb ve Hill, 2020).

Bu anlamda pasif toparlanma ve titreşimli platform yöntemlerinin kalp atım hızı değişkenliği üzerindeki etkilerinin incelenmesi hem bilimsel hem de uygulama açısından değer taşımaktadır. Pasif toparlanma, egzersiz sonrası herhangi bir aktif müdahale olmaksızın dinlenme durumunu ifade eder ve düşük maliyetli, kolay uygulanabilir bir yöntem olarak spor bilimlerinde yaygın bir şekilde kullanılır (Barnett, 2006). Bir hakem, maç sonrası soyunma odasında hareketsiz bir şekilde oturarak pasif toparlanma uygulayabilir (Martinho vd., 2023). Ancak yüksek yoğunluklu egzersizlerden sonra pasif toparlanmanın etkinliği sınırlı olmaktadır. Çünkü bu yöntem laktat klirensini veya kan dolaşımını aktif olarak desteklemez. Titreşimli platformlar ise son yıllarda spor bilimlerinde toparlanma ve performans artışı için popüler bir yöntem haline gelmiştir. Ancak bu teknolojinin hakemler gibi spesifik bir popülasyonda uygulanabilirliği ve etkinliği henüz yeterince araştırılmamıştır (Pizzera vd., 2022). Titreşimli platformlar, mekanik titreşimler aracılığıyla kaslara uyarı gönderir ve kan dolaşımını artırarak toparlanma sürecini hızlandırabileceği düşünülmektedir (Cochrane, 2011). Bu yöntem laktat klirensini ve kas yorgunluğunu azaltarak kalp atım hızı toparlanmasını artırabilmektedir (Edge vd., 2009).

Yapılan bir araştırmada Castagna vd. (2007), profesyonel futbol hakemlerinin maç sırasındaki fiziksel taleplerini detaylı bir şekilde incelemiş ve bir maçta ortalama 10-12 kilometre mesafe kat ettiklerini, bu mesafenin %15-20'sinin yüksek yoğunluklu koşu ve sprintlerden oluştuğunu bildirmiştir. Bu çalışma, hakemlerin kardiyovasküler sistem üzerindeki yükünü vurgulayarak, maç sırasında kalp atım hızlarının maksimum seviyelerin %85-95'ine ulaştığını göstermiştir. Castagna ve arkadaşları, bu yoğun fiziksel aktivitelerin, hakemlerin aerobik ve anaerobik kapasitelerini zorladığını ve toparlanma süreçlerinin önemini ortaya koyduğunu belirtmiştir. Ancak, bu çalışma, maç sonrası toparlanma yöntemlerine odaklanmamış, yalnızca fiziksel performans analizlerine ağırlık vermiştir.

Futbol hakemlerinin yorucu egzersizlerden sonra kalp atım hızı toparlanma süreçlerini optimize etmek için kullanılan pasif toparlanma ve titreşimli platform yöntemlerinin etkileri literatürde yeterince araştırılmamış olup bu yöntemlerin kalp atım hızı değişkenliği üzerindeki karşılaştırmalı etkileri belirsizliğini korumaktadır. Bu nedenle yenilikçi toparlanma yöntemlerinin spor bilimlerindeki potansiyelini araştırmak açısından önemlidir. Bu bilgiler doğrultusunda bu çalışma pasif toparlanma ve titreşimli platformların kalp atım hızı değişkenliğinin toparlanmasını destekleyip desteklemediğini değerlendirerek, bu yöntemlerin spor bilimlerindeki yerini güçlendirebilir ve hakemler için yeni toparlanma protokollerinin geliştirilmesine öncülük edebilir.



2. GENEL BİLGİLER

2.1 Futbol

Futbol, küresel ölçekte en yaygın ve yoğun ilgi gören takım sporlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Uluslararası Futbol Federasyonları Birliği (FIFA) tarafından standartlaştırılan kurallar çerçevesinde oynanan bu spor, 11'er kişilik iki takımın belirli bir süre içinde topu rakip kaleye ulaştırarak gol atmayı hedeflediği bir oyundur. Futbol, taktiksel derinlik, teknik beceri ve fiziksel dayanıklılığı bir araya getiren yapısıyla, yalnızca bir oyun olmaktan öte, karmaşık bir performans alanı olarak tanımlanabilir (Stølen vd., 2005).

Modern futbolda oyuncuların hem aerobik hem de anaerobik enerji sistemlerini üst düzeyde kullanmaları gerekmektedir. Bir maç boyunca oyuncular, sprintler, düşük tempolu koşular, yön değişimleri ve duraksamalar gibi çeşitli hareket kombinasyonlarını gerçekleştirir. Bu aktiviteler, kardiyorespiratuar kapasite, kas gücü ve koordinasyonun eş zamanlı olarak devreye girmesini zorunlu kılar (Bangsbo vd., 2006). Özellikle profesyonel düzeyde oyunun temposu ve fiziksel talepleri oldukça yüksektir. Araştırmalar bir futbolcunun 90 dakikalık bir maçta ortalama 10-12 kilometre mesafe kat ettiğini, bu mesafenin yüksek yoğunluklu koşular, sprintler ve yürüyüşlerle çeşitlendiğini göstermektedir (Bradley vd., 2009). Güncel çalışmalar bu fiziksel taleplerin maçın taktiksel gereklilikleriyle birleştiğinde, oyuncuların bilişsel karar alma süreçlerini de yoğun şekilde etkilediğini ortaya koymaktadır (Sarmiento vd., 2021).

Bu fiziksel yoğunluk yalnızca oyuncularla sınırlı kalmayıp, oyunun adaletini sağlamakla görevli hakemler için de önemli bir zorluk teşkil etmektedir. Hakemlerin, oyuncularla benzer mesafeleri kat ederek pozisyonları doğru değerlendirmesi, onların da yüksek düzeyde fiziksel hazırlık gerektirdiğini göstermektedir (Weston vd., 2012). Dolayısıyla futbol, teknik ve taktik becerilerin yanı sıra fizyolojik dayanıklılığın ve bilişsel yetkinliklerin ön planda olduğu disiplinler arası bir spor dalı olarak değerlendirilmelidir.

2.2 Futbol Hakemleri

Futbol hakemlerinin maç sırasındaki fiziksel aktiviteleri, oyunculara kıyasla daha az dikkat çekse de oldukça yükündür. Yapılan araştırmalar elit düzey hakemlerin maç sırasında kalp atım hızlarının maksimum kalp atım hızlarının %85-95'ine ulaştığını ve

bu yoğunluğun maçın büyük bir kısmında sürdürüldüğünü göstermektedir (Weston vd., 2012). Hakemler ani hızlanmalar, yön değiştirmeler, düşük yoğunluklu koşular ve sprintler gibi çeşitli hareket kalıplarıyla karşı karşıyadır. Bu aktiviteler anaerobik ve aerobik enerji sistemlerini eş zamanlı zorlayarak kardiyovasküler sistem üzerinde önemli bir stres oluşturur (Castillo-Rodríguez vd., 2023).

Futbol hakemleri, oyunun düzenini sağlama görevlerinin yanı sıra, fiziksel ve psikolojik yükü doğrudan deneyimleyen kilit aktörlerdir. Hakemlik, yalnızca kuralları uygulama ile sınırlı olmayıp hızlı karar alma, etkili iletişim, stres yönetimi ve yüksek düzeyde fiziksel hareketliliği sürdürme becerilerini de gerektirir (MacMahon vd., 2007). Günümüz futbolunda maç temposunun artması ve oyuncuların fiziksel kapasitelerinin gelişmesi, hakemlerin de performans açısından benzer düzeyde hazırlıklı olmalarını zorunlu kılmaktadır. Üst düzey hakemlerin bir maçta ortalama 9-10 kilometre mesafe kat ettiği, bu mesafenin değişken tempolu koşular, yürüyüşler, sprintler ve ani yön değiştirmelerle şekillendiği rapor edilmiştir (Castagna ve D'Ottavio, 2007). Bu hareket kalıpları aerobik ve anaerobik enerji sistemlerini yoğun şekilde çalıştırırken kalp-dolaşım sistemine ciddi bir yük bindirir. Hakemlerin, oyun ritmine uyum sağlayarak en uygun pozisyonda bulunmak için dinamik bir şekilde sahada hareket etmeleri gerektiği belirtilmektedir (Krustrup vd., 2009).

Hakemlerin karşılaştığı fiziksel yük kadar psikolojik baskı da dikkat çekicidir. Hızlı ve isabetli karar verme gerekliliği, özellikle yüksek tempolu ve rekabetçi maçlarda bilişsel stres düzeyini artırmaktadır (Slack vd., 2013). Yorgunluğun bu stresle birleşmesi hem karar kalitesini hem de fiziksel performansı olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle günümüzde hakemlerin hazırlık süreçlerinde yalnızca dayanıklılık ve kuvvet antrenmanları değil aynı zamanda bilişsel işlevleri destekleyen protokoller de önem kazanmaktadır (Helsen vd., 2023).

2.3 Futbol Hakemlerinin Fiziksel ve Fizyolojik Talepleri

Hakemlerin fiziksel talepleri, yalnızca mesafe ve hız ile sınırlı değildir. Aynı zamanda zihinsel yük, karar verme baskısı ve çevresel faktörlerde (sıcaklık, nem ve rakım) performansı etkiler (Reilly ve Gregson, 2006). Yüksek sıcaklık ve nem, kalp atım hızını artırarak fizyolojik yükü ağırlaştırabilir. Ayrıca maçın ikinci yarısında yorgunluğun artması, kalp atım hızının regülasyonunu zorlaştırabilir ve toparlanma süreçlerini daha kritik hale getirebilir. Bu nedenle hakemlerin maç sonrası toparlanma stratejileri hem fiziksel hem de zihinsel performanslarının sürdürülebilirliği için önem

arz eder (Zhang vd., 2025).

Futbol hakemlerinin fiziksel talepleri maçın seviyesine, hakemin deneyimine ve fiziksel uygunluk düzeyine bağlı olarak değişkenlik gösterir. Uluslararası düzeyde görev yapan hakemler, daha yüksek yoğunluklu maçlarda daha fazla fiziksel çaba sarf ederken, amatör düzeydeki hakemler daha az yoğun hareket profillerine sahip olabilir (Castagna vd., 2007). Ancak her iki grupta da yorucu egzersizlerin kardiyovasküler sistem üzerindeki etkileri, toparlanma süreçlerinin önemini ortaya koymaktadır. Bu farklılıklar, toparlanma yöntemlerinin hakemlerin ihtiyaçlarına göre özelleştirilmesi gerektiğini göstermektedir (Castillo-Rodríguez vd., 2023).

Hakemlerin fiziksel talepleri, yalnızca maç sırasındaki aktivitelerle sınırlı değildir. Antrenman süreçleri, seyahat programları ve maç öncesi hazırlıklar da fizyolojik yükü artırabilir. Bir hakem, bir hafta içinde birden fazla maç yönetmek zorunda kalabilir ve bu durum, fizyolojik ve zihinsel yorgunluğun birikmesine yol açabilir. Bu nedenle, etkili toparlanma stratejileri, hakemlerin yoğun programlarıyla başa çıkma kapasitelerini artırabilir (Romano vd., 2021).

2.4 Yüksek Yoğunluklu Egzersiz

Yüksek yoğunluklu egzersiz (YYE), bireyin fiziksel kapasitesinin üst sınırına yakın düzeylerde gerçekleştirilen, kısa süreli ancak metabolik olarak yoğun yük bindiren bir egzersiz türüdür. Bu egzersiz modelinde hedeflenen yoğunluk, genellikle maksimum kalp atım hızının %80'i ve üzeridir. YYE, dayanıklılık, hız, kuvvet ve anaerobik kapasiteyi eş zamanlı olarak geliştiren etkili bir antrenman yaklaşımıdır. Özellikle spor performansını artırmak ve kısa sürede yüksek verim elde etmek isteyen bireyler için önemli kazanımlar sağlamaktadır (Buchheit ve Laursen, 2013).

YYE sırasında hem aerobik hem de anaerobik enerji sistemleri aktif hale gelir. Yüksek yoğunluk, kaslarda oksijen eksikliğine yol açarak anaerobik glikolizi baskın enerji kaynağı haline getirir ve bunun sonucunda laktat birikimi artar (Gibala ve McGee, 2008). Ayrıca egzersiz sonrası artan oksijen tüketimi nedeniyle metabolizma, egzersiz bitiminden sonra da yüksek hızda çalışmayı sürdürür. Bu özellik YYE'nin yalnızca egzersiz sırasında değil sonrasında da enerji harcamasını ve yağ yakımını desteklediğini göstermektedir (LaForgia vd., 2006).

YYE, genellikle “Yüksek Yoğunluklu Aralıklı Antrenman” formatında uygulanır. Bu model, yüksek yoğunluklu egzersiz dönemlerini düşük yoğunluklu toparlanma

aralıklarıyla birleştirir. Milanović vd. (2015), tarafından gerçekleştirilen bir meta-analiz, YYE'nin maksimum oksijen kullanım kapasitesi (VO₂max) üzerinde geleneksel dayanıklılık antrenmanlarına kıyasla daha üstün etkiler sunduğunu ortaya koymuştur. Yerli literatürde de YYE'nin katkıları çeşitli çalışmalarda incelenmiştir. Yılmaz ve Günay (2009), elit futbolcularda uygulanan yüksek yoğunluklu aralıklı antrenmanların aerobik kapasiteyi ve toparlanma süreçlerini olumlu yönde etkilediğini bildirmiştir. Benzer şekilde, Sarı ve Kızılkaya (2017), YYE'nin kas kuvveti ve patlayıcı güç gelişimine önemli katkılar sağladığını vurgulamıştır.

YYE, hormon düzeylerinde de kısa süreli ancak etkili değişimlere yol açar. Büyüme hormonu, adrenalin ve testosteron gibi hormonların seviyelerinde artış gözlenir ve bu da anabolik süreçleri hızlandırarak doku onarımını destekler (Kraemer, 1990). Güncel araştırmalar, YYE'nin mitokondriyal biyogenez ve kas lif adaptasyonları üzerindeki olumlu etkilerini de ortaya koymaktadır (Tøien vd., 2023).

Bununla birlikte YYE'nin faydaları kadar dikkatli planlanmadığında ortaya çıkabilecek riskleri de göz ardı edilmemelidir. Yetersiz ısınma yanlış teknik uygulama veya toparlanma sürelerinin ihmal edilmesi kas-iskelet sistemi yaralanmalarına ve merkezi yorgunluğa neden olabilir. Meeusen vd. (2013), yoğun egzersiz yüklenmelerinin merkezi sinir sistemi üzerinde baskı oluşturarak aşırı antrenman sendromuna yol açabileceğini belirtmektedir. Bu nedenle YYE programlarında yüklenme şiddeti, süresi ve toparlanma aralıkları, bireysel fizyolojik özellikler ve egzersiz geçmişi dikkate alınarak titizlikle planlanmalıdır.

Sonuç olarak YYE, sporcu performansını geliştirmede etkili ve işlevsel bir araçtır. Özellikle futbol hakemleri gibi hem aerobik hem de anaerobik enerji sistemlerinin yoğun şekilde kullanıldığı bireyler için, maç temposuna benzer yüklenme modelleri oluşturması bakımından büyük avantaj sağlar. Bununla birlikte YSE'nin güvenli ve etkili uygulanması, profesyonel bir antrenman planlaması ve bireysel farklılıkların gözetilmesiyle mümkündür. Bu yaklaşım hem performans artışını maksimize eder hem de potansiyel riskleri en aza indirir (Weston vd., 2021).

2.5 Toparlanma

İnsan organizması, yaşam için gerekli olan iç dengeyi sağlayarak, organların ve vücut sistemlerinin düzgün ve dengeli bir biçimde iş birliğiyle çalışması durumuna göre yaratılmıştır. Bu fonksiyonel çalışma, birtakım organların daha fazla ya da daha az

çalışması ile gerçekleşmektedir. Günümüzde yüksek egzersiz yoğunluğu ile yapılan bazı spor dallarında sporcular gün içerisinde birden fazla birim antrenmanı yapmakta ve oldukça zorlayıcı yüklenmeler gerçekleştirmektedirler (Amann vd., 2015). Bu şekilde devam eden yüklenmeler ya da yarışmalar sporcuların sportif performanslarında bir düşüşe sebebiyet verebilmektedir. Bu doğrultuda sporcularda tam anlamıyla verimli bir fiziksel toparlanma süreci sağlanmadan tekrar eden yüklenmeler yorgunluğunun artmasına, sportif yaralanmalara ve performans düşüklüğünü ortaya çıkarabilmektedir (Taylor vd., 2016).

Birçok spor araştırmacıları ve antrenörler fiziksel çalışma sonrası organizmada meydana gelen metabolik atıkları etkili bir şekilde ortadan kaldırmak ve spor performansı arttırmak için yorgunluktan kurtulmayı en üst düzeye çıkarmakla ilgilenmişlerdir. Bu anlamda maksimal performansı yakalamak için sporcuların fiziksel, fizyolojik ve zihinsel olarak yenilenmeleri yani etkili bir şekilde toparlanmalarının günlük yaşamın bir parçası olarak programlanması önem arz etmektedir (Barnett, 2006).

Bu bilgiler doğrultusunda toparlanmanın tanımına bakıldığında gerçekleştirilen antrenman veya müsabaka içerisindeki yüksek şiddetli yüklenmelerden sonra meydana gelen yorgunluğun en hızlı ve verimli bir şekilde organizmadan uzaklaştırılması ve sporcunun yüklenme başlamadan önceki fiziksel, fizyolojik ve zihinsel haline tekrardan geri dönebilmesi için kişinin bedensel ve ruhsal olarak yenilenmesi olarak tanımlanmaktadır (Budak, 2023). Ayrıca fiziksel toparlanma evresi sporcunun antrenman ya da müsabaka bitiminde ortaya çıkan yorgunluktan kurtulmasına ve enerji metabolizmalarının yeniden depolanmasını sağlayan bir süreçtir (Bishop vd., 2008).

Egzersiz esnasında enerji harcaması egzersizin şiddetine bağlı olarak değişebilmekte ve kullanılan enerjiye paralel olarak vücutta tüketilen enerji kaynakları farklılık göstermektedir. Antrenmanın tamamlanmasından sonra organizma kullandığı enerjilere bağlı olarak vücutta meydana gelen egzersiz kaynaklı yıkımları onarmaya başlamaktadır. Egzersiz bitiminden sonra devam eden enerji tüketimi toparlanma süreci için gerekli bir evredir. Toparlanma sürecinin metabolik yönden açıklanabilmesi amacıyla bazı önemli ölçütlere dikkat etmek gerekmektedir. Literatürde belirtilen bu önemli ölçütlere bakılacak olursa;

- O₂ - miyoglobin oksijenasyonu,

- Enerji kaynaklarının istirahat seviyesine dönebilmesi,
- Kandan ve kastan atık bir madde olan laktik asidin uzaklaştırılması,
- Oksijen borcunun ortadan kalkması, olarak karşımıza çıkmaktadır (Günay vd., 2013; Murray vd., 2018).

2.6 Toparlanmanın Organizma Üzerindeki Etkileri

2.6.1 Toparlanmanın fiziksel etkileri

Günümüzde bazı spor dallarında yüksek antrenman yoğunluğu, sporcuların gün içerisinde birden fazla antrenman yapmalarını ve bu süreçte ciddi düzeyde fiziksel zorlanmalar yaşamalarını beraberinde getirmektedir (Amann vd., 2015). Bu tür sürekli yüklenmeler ve yarışmalar, sporcuların performansında azalma ve yorgunluk gibi olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Bu nedenle, fiziksel toparlanma süreci tam anlamıyla gerçekleşmeden uygulanan tekrar yüklenmeler, hem yorgunluğun artmasına hem de sporcu sağlığının riske girmesine neden olabilir. Bunun sonucunda, performans düşüşleri ve spor yaralanmaları ortaya çıkabilir (Taylor vd., 2016).

Spor bilimcileri ve antrenörler, antrenman sonrası vücutta biriken metabolik atıkların etkili bir şekilde atılmasını ve böylece sporcuların maksimum performans düzeyine ulaşmalarını hedeflemektedir. Bu bağlamda, fiziksel, fizyolojik ve zihinsel iyileşmeyi destekleyen toparlanma uygulamalarının, sporcuların günlük yaşamlarının bir parçası olarak düzenli biçimde planlanması büyük önem taşımaktadır (Barnett, 2006).

2.6.2 Toparlanmanın fizyolojik etkileri

Egzersiz sonrası toparlanma süreci, organizmanın homeostatik dengesini yeniden sağlamaya çalıştığı kritik bir dönemdir. Bu süreçte kalp atım hızı ve kan laktat düzeyleri, toparlanmanın kalitesini değerlendirmede temel biyofizyolojik göstergeler olarak öne çıkar (Brooks vd., 2009; Robergs vd., 1997). Egzersiz sırasında sempatik sinir sistemi aktivitesinin artmasıyla KAH belirgin bir şekilde yükselir. Egzersizin sona ermesiyle parasempatik sistem devreye girerek KAH'nin düşmesini sağlar. Bu sürecin hızı, kardiyovasküler sistemin toparlanma kapasitesini yansıtır (Stanley vd., 2013). Araştırmalar iyi antrenmanlı bireylerde egzersiz sonrası ilk 1-2 dakika içinde KAH'de hızlı bir düşüş gözlemlendiğini ve bunun yüksek aerobik kondisyonla ilişkili olduğunu göstermektedir (Buchheit vd., 2006). Ayrıca KAH değişimleri yalnızca kardiyovasküler fonksiyonları değil aynı zamanda otonom sinir sisteminin dengesini de yansıtır. KAH'nin yavaş bir şekilde normale dönmesi, yetersiz toparlanma veya

aşırı yüklenmenin bir göstergesi olabilir (Michael vd., 2017). Yoğun egzersizlerde enerji ihtiyacının bir kısmı anaerobik glikoliz yoluyla karşılanır ve bunun sonucunda laktat birikimi meydana gelir. Egzersiz sonrası dönemde laktatın sistemden uzaklaştırılması toparlanmanın temel fizyolojik hedeflerinden biridir (Gladden, 2004). Örneğin düşük yoğunluklu koşu veya bisiklet çevirme, kas aktivitesini ve dolaşımı uyarak laktatın karaciğer, kalp ve aktif kaslar gibi dokularda yeniden kullanılmasını kolaylaştırır ve böylece laktatın daha hızlı temizlenmesine katkı sağlar (Ahmaidi vd., 1996). Corder vd. (2000) çalışmasında, aktif toparlanmanın pasif dinlenmeye kıyasla laktat konsantrasyonlarını daha hızlı azalttığı ve sonraki egzersiz performansını daha az olumsuz etkilediği ortaya konmuştur. Bu nedenle toparlanma stratejilerinin planlanmasında laktat uzaklaştırma hızı önemli bir parametre olarak dikkate alınmalıdır. KAH ve kan laktat düzeyi egzersiz yoğunluğuna paralel olarak artar. Ancak toparlanma sürecinde bu iki parametrenin normale dönüş süreleri farklı mekanizmalarla işler. KAH toparlanması genellikle daha hızlı gerçekleşirken laktatın metabolik yollarla temizlenmesi daha uzun sürebilir (Bishop vd., 2008). Bu nedenle KAH ve laktat düzeylerinin birlikte izlenmesi toparlanma sürecinin çok boyutlu bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanır.

2.6.3 Toparlanmanın psikolojik etkileri

Fiziksel performans sonrası ortaya çıkan yorgunluk, yalnızca bedensel değil, merkezi sinir sistemi üzerinden zihinsel ve ruhsal düzeyde de kendini gösterebilmektedir. Bu tür durumların sporcular üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak ve motivasyonu artırmak amacıyla, bir spor psikoloğundan destek alınması faydalı olabilir. Stresin olumsuz etkilerinden kaçınmak, zihinsel toparlanmayı sağlamak ve negatif duygusal tepkileri azaltmak için çeşitli psikolojik rahatlama tekniklerinden yararlanılmaktadır. Bu teknikler arasında hipnoz, nefes egzersizleri, yoga ve pilates gibi uygulamalar yer almakta olup, bu aktiviteler hem kasların gevşemesine hem de zihinsel olarak rahatlama katkı sağlar. Aynı zamanda yarış öncesi uyku problemleri, kaygı, korku ve endişe gibi faktörlerin azaltılmasında da etkili olabilir. Araştırmalara göre, psikolojik stresin de fizyolojik stresle benzer şekilde adrenalini salgılamasını artırdığı ve bu durumun sinir-kas sisteminde biyokimyasal değişikliklere yol açtığı belirtilmektedir. Özellikle psikolojik stresin, sinir taşıyıcı kimyasalların düzeyini azaltarak sinirler ile kas hücreleri arasındaki iletişimi olumsuz etkileyebileceği, bunun da fiziksel yorgunluğa ve performans düşüşüne neden olabileceği öne sürülmektedir.

Bu bağlamda psikolojik rahatlama yöntemleri, hem zihinsel hem de fizyolojik toparlanma açısından büyük önem taşımaktadır (Bieuzen vd., 2013).

2.7 Toparlanma Yöntemleri

Sporcuların verimli bir şekilde fiziksel toparlanma gerçekleştirebilmeleri için uzun süredir antrenörler, araştırmacılar ve spor bilimciler tarafından en iyi fiziksel toparlanma yöntemini bulmak amacıyla çalışmalar yapmaktadırlar. Uygulanan bu fiziksel toparlanma yöntemlerinin etkilerinin ne olduğunu bilmek ve altında yatan temel felsefeyi anlamak önem arz etmektedir. Son yıllarda özellikle şiddetli yüklenmeler sonrasında gerçekleştirilen antrenman veya maç bitimini takiben etkili bir şekilde fiziksel toparlanma sağlamak ve bu süreci daha hızlı bir hale getirmek için birçok farklı yöntem uygulanmaktadır (Haff ve Triplett, 2015).

Günümüzde sıklıkla kullanılan ve etkili olarak kabul edilen toparlanma yöntemleri;

- Pasif toparlanma,
- Geleneksel toparlanma (egzersiz, jog koşusu, stretching, yürümeler ve düşük tempolu koşular),
- Masaj (klasik masaj, spor masajı, buz masajı),
- Kriyoterapi (soğuk uygulama, soğuk suya daldırma),
- Hidroterapi (suya girme terapileri),
- Kontrast (soğuk-sıcak uygulamalar),
- Beslenme, sıvı alımı ve ergojenik yardımcılarının kullanımı,
- Titreşimli platformlar,
- Akupunktur,
- Ultrason,
- Basınç Giysileri,
- Anti-inflamatuar ve analjezik kullanımı,
- Hiperbarik oksijen terapisi,
- Elektromyostimulasyon (kas dokusunun elektriksel uyarımı),
- Psikolojik rahatlama terapisi,
- Yaşam tarzının iyileştirilmesi,
- Kombine toparlanma gibi yöntemler ön plana çıkmaktadır (Budak, 2023).

2.7.1 Pasif toparlanma

Pasif toparlanma düşük maliyetli ve kolay uygulanabilir bir yöntem olarak spor bilimlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Pasif toparlanmanın temel avantajları özel ekipman gerektirmemesi, her ortamda uygulanabilmesi ve bireyin enerji harcamasını minimuma indirmesidir. Özellikle zaman ve kaynak kısıtlaması olan durumlarda pratik bir çözüm sunar. Ancak yüksek yoğunluklu egzersizlerden sonra pasif toparlanmanın etkinliği sınırlı olabilir (Bouzigon vd., 2021). Bir hakem maç arasında soyunma odasında 10-15 dakika boyunca hareketsiz bir şekilde oturarak pasif toparlanma uygulayabilir (Martinho vd., 2023). Barnett (2006), pasif toparlanmanın düşük yoğunluklu egzersizlerden sonra kalp atım hızı toparlanmasını desteklediğini ancak yüksek yoğunluklu egzersizlerde daha yavaş bir toparlanma süreci sağladığını belirtmiştir. Bu durum özellikle futbol hakemleri gibi yüksek fiziksel taleplere maruz kalan bireylerde, alternatif toparlanma yöntemlerinin araştırılmasını gerekli kılmaktadır.

Pasif toparlanmanın fizyolojik etkileri, otonom sinir sisteminin regülasyonuna bağlıdır. Egzersiz sonrası parasempatik sinir sistemi aktivasyonu, kalp atım hızının azalmasını sağlar. Ancak, yüksek yoğunluklu egzersizlerden sonra sempatik sinir sistemi aktivasyonu daha uzun süre baskın kalabilir, bu da kalp atım hızı toparlanmasını geciktirebilir (Aubert vd., 2003). Bu durum pasif toparlanmanın futbol hakemleri gibi yüksek fiziksel taleplere maruz kalan bireylerde sınırlı bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir. Bu nedenle pasif toparlanmanın etkinliğini artırmak için alternatif yöntemlerin araştırılması önemlidir (Aubert vd., 2003).

Pasif toparlanmanın psikolojik etkileri de önemlidir. Egzersiz sonrası hareketsiz bir şekilde dinlenmek, hakemlerin zihinsel olarak rahatlamasına ve maç sırasındaki stresin azalmasına yardımcı olabilir (Busquets-Ferrer vd., 2022). Ancak pasif toparlanmanın psikolojik faydaları bireyin stres düzeyi, maçın yoğunluğu ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bir hakem tartışmalı bir maçtan sonra pasif toparlanma sırasında zihinsel olarak toparlanmakta zorlanabilir (Fernández-Ruiz vd., 2025). Bu nedenle pasif toparlanmanın hem fizyolojik hem de psikolojik etkilerinin hakemler üzerinde detaylı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir.

2.7.2 Titreşimli platform yöntemi

Titreşimli platformlar, son yıllarda spor bilimlerinde toparlanma ve performans artışı için popüler bir yöntem haline gelmiştir. Titreşimli platformların mekanik titreşimler aracılığıyla kaslara uyarı gönderir ve kan dolaşımını artırarak toparlanma sürecini hızlandırabileceği düşünülmektedir (Cochrane, 2011). Bu platformların temel mekanizması kaslara düşük frekansta titreşimler uygulayarak kan akışını artırması ve kas dokusuna mekanik uyarı sağlamasıdır. Bu uyarılar laktat klirensininin uzaklaştırılmasını hızlandırabilir, kas yorgunluğunu azaltabilir ve kalp atım hızı toparlanmasını destekleyebilir nitelikte olduğu belirtilmektedir (Edge vd., 2009).

Titreşimli platformların toparlanma üzerindeki etkileri, birkaç temel fizyolojik mekanizmaya dayandırılmaktadır. İlk olarak titreşimler, kaslardaki kan akışını artırarak oksijen ve besin maddelerinin dokulara ulaşımını kolaylaştırır. Bu laktat ve diğer metabolik atıkların klirensini hızlandırabilir (Sonnentag vd., 2022). İkinci olarak titreşimli salınımlar proprioseptif nöromüsküler uyarımı artırarak kas tonusunu düzenleyebilir ve kas yorgunluğunu azaltabilir. Son olarak ise titreşimlerin otonom sinir sistemi üzerindeki etkileri parasempatik aktivasyonu destekleyerek kalp atım hızı toparlanmasını hızlandırabilir (Cochrane, 2011).

Literatürde titreşimli platformların toparlanma üzerindeki etkilerine yönelik çalışmalar genellikle sporcularda yapılmıştır. Edge vd., (2009), titreşimli platformların yüksek yoğunluklu egzersizlerden sonra laktat klirensini artırdığını ve toparlanma süresini kısalttığını bildirmiştir. Ancak bu çalışmaların çoğu genel sporcu popülasyonlarına odaklanmış olup, futbol hakemleri gibi spesifik bir grupta titreşimli platformların etkileri yeterince araştırılmamıştır. Titreşimli platformların potansiyel faydaları yalnızca fizyolojik toparlanmayla sınırlı değildir. Titreşimli platformların kas gevşemesini desteklediği ve stres düzeylerini azalttığı bildirilmiştir. Bu özellikle futbol hakemleri gibi yüksek zihinsel yüklerle karşı karşıya kalan bireylerde önemlidir. Bir hakem, maç sonrası titreşimli platform kullanarak hem fizyolojik hem de zihinsel olarak toparlanabilir (Cochrane, 2011).

Titreşimli platformların uygulanabilirliği birkaç faktöre bağlıdır. İlk olarak titreşimli platformların maliyeti ve erişilebilirliği bu yöntemin yaygın bir şekilde kullanılmasını sınırlayabilir. İkinci olarak hakemlerin bu teknolojiye olan aşinalığı ve kullanım kolaylığı yöntemin uygulanabilirliğini etkileyebilir. Son olarak ise titreşimli platformların kullanım süresi, frekansı ve genliğini belirleyip toparlanma için

kullanmak toparlanma üzerindeki etkilerini belirleyen önemli parametrelerdir (Ewertowska vd., 2023).

Buna karşılık titreşimli platformlar gibi yenilikçi toparlanma yöntemlerinin psikolojik faydaları konusunda sınırlı sayıda çalışmada incelenmiştir. Titreşimli platformların kas gevşemesini desteklediği ve stres düzeylerini azalttığı bildirilmiştir (Cochrane, 2011). Ancak bu etkilerin futbol hakemleri gibi spesifik bir popülasyonda nasıl ortaya çıktığına dair araştırmalar henüz yetersizdir. Güncel bir çalışma, titreşimli platformların öznel rahatlama hissi ve stres azaltımı üzerinde olumlu etkiler sağlayabileceğini ancak bu etkilerin uzun vadeli psikolojik toparlanma üzerindeki rolünün daha fazla araştırılması gerektiğini öne sürmektedir (Marín ve García, 2024).

2.7.3 Kombine toparlanma yöntemi

Kombine toparlanma yöntemi, sporcu sağlığını korumak ve performansın sürdürülebilirliğini artırmak amacıyla birden fazla toparlanma tekniğinin birlikte kullanılmasıdır (Barnett, 2006; Dupuy, Douzi, Theurot, Bosquet, ve Dugué, 2018). Kombine toparlanma yöntemi; antrenman yoğunluğu yüksek, toparlanma süresi sınırlı olan sporcularda performansın korunması ve sakatlık riskinin azaltılması açısından oldukça değerli bir uygulamadır (Barnett, 2006). Bu yaklaşım, günümüzde modern antrenman bilimi içinde oldukça yaygınlaşmış ve özellikle yüksek performans düzeyindeki sporcularda tercih edilen bir strateji haline gelmiştir (Dupuy vd., 2018). Kombine toparlanma; aktif toparlanma, pasif dinlenme, soğuk su uygulamaları, kontrast banyolar, kompresyon giysileri, elektroterapi, titreşimli platformlar, beslenme stratejileri ve psikolojik gevşeme tekniklerinin bir araya getirilmesiyle uygulanabilir (Leeder, Gissane, van Someren, Gregson, ve Howatson, 2012).

Bu yöntemlerin birlikte kullanımı, fizyolojik, biyokimyasal ve psikolojik düzeyde toparlanmayı destekler. Örneğin, soğuk su banyosu kas içi inflamasyonu azaltırken, aktif toparlanma dolaşımı artırarak laktik asit gibi metabolik artıkların uzaklaştırılmasını sağlar. Kompresyon giysileri ödemi ve kas ağrısını hafifletirken, titreşimli platformlar sinir-kas koordinasyonunu yeniden etkinleştirebilir. Böylece, kombine yöntemler sadece fiziksel değil, aynı zamanda merkezi sinir sistemi (MSS) üzerindeki yorgunluğun giderilmesine de katkı sunar (Dupuy vd., 2018).

Araştırmalar, kombine toparlanma protokollerinin, izole uygulamalara göre toparlanma üzerinde daha etkili olduğunu göstermektedir. Özellikle yoğun müsabaka

dönemlerinde, toparlanma süresinin kısaltılması sporcuların performans devamlılığı açısından kritik öneme sahiptir. Kombine yöntemler ayrıca uyku kalitesi, kas sertliği, algılanan yorgunluk ve toparlanma hissi gibi subjektif göstergelerde de olumlu etkiler yaratabilir (Leeder vd., 2012). Ancak her sporcunun fizyolojik yapısı ve antrenman geçmişi farklı olduğundan, uygulanan kombine toparlanma protokolü bireyselleştirilmelidir. Bilimsel temellere dayalı, sistematik bir biçimde planlandığında hem fizyolojik hem de psikolojik iyilik haline önemli katkılar sağlar.

2.8 Futbol Hakemliğinde Toparlanmanın Önemi

Futbol hakemlerinin toparlanma süreçleri, yalnızca fiziksel performanslarını değil aynı zamanda zihinsel keskinliklerini ve karar verme yeteneklerini de etkiler. Maç sırasında yorgunluk hakemlerin pozisyon alma, hareket takibi ve kural ihlallerini doğru bir şekilde değerlendirme yeteneklerini olumsuz etkileyebilir (Reilly ve Gregson, 2006). Yorgun bir hakem bir pozisyonu yanlış değerlendirebilir veya bir faulü gözden kaçırabilir, bu da maçın sonucunu etkileyebilir. Bu nedenle maç sonrası toparlanma stratejileri hakemlerin bir sonraki maç veya antrenman için hazır hale gelmelerini sağlamak açısından kritik öneme sahiptir. Bu nedenle, toparlanma stratejilerinin hakemlerin ihtiyaçlarına göre özelleştirilmesi, futbolun yönetim kalitesini artırabilir (Muscella vd., 2021).

Futbol hakemlerinin toparlanma süreçlerinin optimize edilmesi, yalnızca bireysel performanslarını değil aynı zamanda maçın genel kalitesini de etkiler (Marcedo, 2023). Bir hakemin maç arasında ve sonrasında hızlı bir şekilde toparlanması onun ikinci devrede ya da bir sonraki maçta daha iyi bir performans sergilemesini sağlayabilir (Albaladejo-García vd., 2024). Bu özellikle uluslararası turnuvalarda veya yoğun lig maçlarında önemlidir. Çünkü hakemlerin kısa sürede birden fazla maçı yönetmesi gerekebilir. Ayrıca toparlanma süreçlerinin iyileştirilmesi hakemlerin uzun vadeli sağlık durumlarını koruyarak kariyer sürelerini uzatabilir. Kronik yorgunluk, aşırı antrenman veya kardiyovasküler sorunlar gibi sağlık riskleri, etkili toparlanma stratejileriyle azaltılabilir (Musin vd., 2020).

Literatürde futbol hakemlerinin fiziksel talepleri üzerine yapılan çalışmalar son yıllarda artmış olsa da bu çalışmalar genellikle maç sırasındaki hareket profilleri, enerji harcamaları ve fiziksel uygunluk düzeylerine odaklanmıştır (Castagna vd., 2007; Weston vd., 2012; Arakaki, 2023; Albaladejo-García vd., 2024). Ancak hakemlerin devre arası ve maç sonrası toparlanma süreçleri, bu süreçlerde kullanılan yöntemlerin

etkinliği hem uluslararası hem de ulusal literatürde yeterince araştırılmamıştır. Özellikle kalp atım hızı ve kalp atım hızı değışkenliği gibi fizyolojik parametrelerin, farklı toparlanma yöntemleri altında nasıl etkilendiğine dair çalışmalar sınırlıdır.

2.9 Futbol Hakemlerinde Toparlanma Stratejilerinin Uygulanabilirliği

Futbol hakemlerinin toparlanma süreçleri maç sonrası fizyolojik ve zihinsel iyileşmeyi desteklemek için özel olarak tasarlanmış stratejiler gerektirir. Ancak hakemlerin maç sonrası toparlanma protokolleri genellikle oyuncular için geliştirilen stratejilere dayanır ve hakemlere özgü ihtiyaçları tam olarak karşılamayabilir (Moreno-Perez vd., 2022). Oyuncular için tasarlanmış aktif toparlanma protokolleri hakemlerin fiziksel taleplerine uygun olmayabilir. Çünkü hakemlerin hareket profilleri ve enerji harcamaları oyunculara kıyasla farklıdır (Castagna vd., 2007).

Pasif toparlanma hakemler için kolay uygulanabilir bir yöntem olsa da yüksek yoğunluklu maçlardan sonra sınırlı bir etkiye sahip olabilir. Bir hakem maç sonrası 10 dakika boyunca hareketsiz bir şekilde oturarak toparlanmaya çalışabilir. Ancak bu yöntem kalp atım hızı toparlanmasını yeterince hızlandırmayabilir (Szymiski vd., 2022). Titreşimli platformlar ise taşınabilir cihazlar aracılığıyla maç sonrası toparlanma süreçlerinde kullanılabilir ve hakemler için pratik bir çözüm sunabilir. Ancak titreşimli platformların uygulanabilirliği, maliyet, erişilebilirlik ve hakemlerin bu teknolojiye olan aşinalığı gibi faktörlere bağlıdır (Cochrane, 2011).

2.10 Sinir Sistemi

Sinir sistemi, organizmanın çevresine uyum sağlamasını mümkün kılan, uyarıları algılayan, yorumlayan ve yanıt oluşturan biyolojik bir sistemdir. Vücudun hem içsel hem de dışsal çevresinden gelen bilgileri hızlı bir şekilde değerlendirerek düzenleme yapar. Bu sistem, tüm vücut sistemleriyle etkileşim içinde çalışır ve bütüncül bir işleyişin sağlanmasında kilit rol oynar (Bear, vd., 2016). Sinir sisteminin düzgün çalışması; hareketin koordinasyonu, duyuların doğru algılanması, zihinsel fonksiyonların sağlıklı sürdürülmesi ve iç organların dengeli çalışması açısından büyük önem taşır (Bear vd., 2016).

Sinir sistemi iki ana bölümden oluşur: merkezi sinir sistemi (MSS) ve periferik sinir sistemi (PSS). MSS; beyin ve omurilikten meydana gelirken, PSS; beyin ve omurilikten çıkan sinirler ile otonom sinir sisteminden oluşur. Bu yapılar birbiriyle sürekli iletişim halindedir (Kandel, Schwartz ve Jessell, 2013).

2.10.1 Merkezi sinir sistemi (MSS)

Merkezi sinir sistemi, algıların oluştuğu, motor yanıtların planlandığı ve bilişsel işlevlerin yürütüldüğü yerdir. Beyin; öğrenme, hafıza, dil ve karar verme gibi üst düzey işlevlerin merkezidir. Omurilik ise reflekslerin kontrolü ve beyin ile vücut arasındaki bilgi aktarımı gibi görevler üstlenir (Snell, 2010).

- Beyin; büyük beyin (serebrum), beyincik (serebellum), beyin sapı ve ara beyin (diensefalon) olmak üzere dört ana bölümden oluşur. Serebrum, bilinçli hareketler, hafıza ve zihinsel işlemlerle ilgilenirken; beyin sapı, kalp atışı ve solunum gibi yaşamsal fonksiyonların devamını sağlar (Snell, 2010).
- Omurilik, merkezi sinir sisteminin ikinci ana bileşeni olup, beyin ile vücut arasında bilgi alışverişini sağlar. Aynı zamanda refleks davranışların yürütüldüğü bir merkezdir. Spinal sinirler aracılığıyla uyarılar alınıp iletilir (Kandel vd., 2013).

MSS, üç katlı zar yapısıyla korunur. Ayrıca beyin omurilik sıvısı, merkezi yapıları hem mekanik olarak destekler hem de atıkların uzaklaştırılmasına katkıda bulunur (Snell, 2010). Merkezi sinir sistemi; bilinç, hareket, öğrenme gibi üst düzey işlevlerin yanında, iç organların otomatik kontrolünü de sağlar.

2.10.2 Periferik sinir sistemi

Periferik sinir sistemi, merkezi yapılar ile organlar, kaslar ve bezler arasındaki iletişimi sağlar. Bu sistem, somatik sinir sistemi ve otonom sinir sistemi olarak ikiye ayrılır. Otonom sistem kendi içinde sempatik, parasempatik ve enterik bölümlere ayrılır; bu alt sistemler homeostatik dengeyi sağlar (Marieb ve Hoehn, 2019).

Somatik Sinir Sistemi: Somatik sinir sistemi, istemli hareketlerin kontrolünü sağlayan ve çevresel uyarıcılara karşı vücudun motor yanıtlarını düzenleyen sinir ağıdır. Bu sistem, merkezi sinir sisteminden (MSS) çıkan somatik motor nöronlar aracılığıyla çizgili kaslara sinyal göndererek hareketin istemli olarak gerçekleştirilmesini sağlar. Ayrıca somatik sinir sistemi, cilt, kaslar ve eklemlerden gelen duyu bilgileri merkezi sinir sistemine ileterek dış çevreyle etkili bir etkileşim kurulmasını mümkün kılar. Özellikle refleks hareketlerinde hızlı ve doğrudan bir iletim sağladığı için koruyucu tepkilerde önemli rol oynar. Bu yönüyle somatik sistem, organizmanın çevresel tehditlere karşı bilinçli ve hızlı bir şekilde yanıt verebilmesini sağlar (Bear, Connors & Paradiso, 2016).

Otonom Sinir Sistemi (OSS): Otonom sinir sistemi, iç organların, bezlerin ve damarların istemsiz kontrolünü sağlayan bir sinir ağıdır. Bu sistem, solunum, kalp atışı, sindirim, boşaltım ve vücut ısısı gibi yaşamsal işlevlerin otomatik şekilde düzenlenmesinden sorumludur. Bireyin bilinçli kontrolü dışında çalışır ve homeostatik dengenin sürdürülmesinde temel rol oynar (Marieb ve Hoehn, 2019). OSS, merkezi sinir sistemiyle (MSS) bağlantılı çalışır. Hipotalamus, beyin sapı ve omurilik OSS'nin kontrol merkezleri olarak görev yapar. Hipotalamus, otonom fonksiyonların düzenleyici merkezi olup, özellikle kardiyovasküler sistem, vücut ısısı ve sıvı dengesi üzerinde etkili rol oynar (Kandel, Schwartz ve Jessell, 2013).

Otonom sinir sistemi (OSS), istemsiz fizyolojik süreçlerin düzenlenmesinden sorumlu olup, özellikle sporcularda performans, toparlanma ve psikofizyolojik denge açısından hayati bir rol üstlenir. OSS, sempatik ve parasempatik olmak üzere iki ana bileşene ayrılır. Egzersiz sırasında sempatik sinir sistemi baskın hale gelerek kalp atış hızını, solunumu, kaslara kan akışını ve enerji mobilizasyonunu artırırken; egzersiz sonrasında parasempatik sistemin devreye girmesiyle vücut, homeostatik dengeye geri döner (Stanley, D'Auria ve Buchheit, 2013).

Sporcularda yeterli parasempatik aktivitenin bulunması, sadece dinlenme sırasında daha hızlı fizyolojik iyileşmeyi değil, aynı zamanda uyku kalitesinin artmasını, kas dokularının onarılmasını ve bağışıklık sisteminin güçlenmesini de destekler (Fullagar vd., 2015). Özellikle yoğun antrenman veya müsabaka sonrasında OSS'nin etkin bir şekilde parasempatik moda geçememesi, toparlanmanın gecikmesine, yorgunluğun kronikleşmesine ve performans kayıplarına yol açabilir (Meeusen vd., 2013). Bu nedenle, dinlenme kalitesi yalnızca süreyle değil, OSS'nin etkinliğiyle de doğrudan ilişkilidir. Parasempatik aktivite, özellikle vagus siniri yoluyla kalp atım hızını yavaşlatır, sindirim sistemini aktive eder ve vücudu “dinlen ve sindir” moduna geçirir (Stanley, D'Auria ve Buchheit, 2013). Bu düzenleme, sporcularda antrenman yoğunluğuna karşı verilen fizyolojik yanıtların ölçülmesinde kritik bir belirleyicidir.

Sporcuların antrenman yükü ve toparlanma dengesini doğru yönetebilmek için OSS'nin kalp atım hızı değişkenliği (heart rate variability – HRV) gibi göstergeleri sıklıkla kullanılır. KAH, parasempatik etkinliğin bir göstergesi olarak kabul edilir ve yüksek KAH değerleri, sporcularda iyi bir toparlanma ve adaptasyon kapasitesi ile ilişkilendirilir (Plews vd., 2012). Tersine, düşük KAH değerleri kronik yorgunluk, aşırı antrenman sendromu ve performans düşüşü gibi olumsuz sonuçların habercisi olabilir

(Meeusen vd., 2013). Bu nedenle antrenörlerin, sporcuların dinlenme süreçlerini planlarken sadece pasif dinlenme sürelerine değil, aynı zamanda OSS'nin regülasyonuna da dikkat etmeleri gerekir. Aktif toparlanma teknikleri OSS'nin parasempatik aktivitesini artırarak daha etkili bir dinlenmeyi destekleyebilir (Laborde, Mosley ve Thayer, 2017).

Ayrıca, OSS'nin psikolojik stres yanıtlarını düzenlemedeki rolü de göz ardı edilemez. Özellikle rekabet öncesi anksiyete gibi durumlarda sempatik aktivite artarken, yeterli parasempatik dengeye sahip sporcuların stresle baş etme kapasitesinin daha yüksek olduğu görülmüştür (Laborde, Mosley, ve Thayer, 2017). Bu bağlamda, OSS yalnızca fizyolojik değil; aynı zamanda zihinsel performansla da doğrudan ilişkilidir. Uzun vadeli antrenman süreçlerinde, OSS'nin optimal çalışması sporcuların hem bedensel hem de zihinsel olarak dengede kalmasını sağlar.

2.11 Kalp Atım Hızı

Kalp atım hızı (KAH) kalbin bir dakikadaki kasılma sayısını ifade eden temel bir kardiyovasküler parametredir ve dolaşım sistemi aracılığıyla dokulara oksijen ile besin maddeleri taşır. Bireyin kardiyovasküler sisteminin egzersize verdiği yanıtın temel bir göstergesidir ve egzersiz sonrası toparlanma sürecinin değerlendirilmesinde kritik bir rol oynar (Borresen ve Lambert, 2008). Yorucu atım hızında ani ve belirgin bir artışa neden olur. Egzersiz sırasında sempatik sinir sistemi aktivasyonu artarken, parasempatik sinir sistemi baskılanır, bu da kalp atım hızının yükselmesine yol açar (Aubert vd., 2003). Egzersiz sonrası toparlanma sürecinde ise parasempatik sinir sistemi yeniden devreye girer ve kalp atım hızı kademeli olarak azalır (Tiwari vd., 2021). Bu süreç bireyin kardiyovasküler uygunluk düzeyine, egzersizin yoğunluğuna ve süresine bağlı olarak değişiklik gösterir (Mojtabavi vd., 2020).

Kalp atım hızı toparlanma süresi, bireyin kardiyovasküler uygunluk düzeyinin bir göstergesi olarak kabul edilir. Daha hızlı toparlanma süreleri, genellikle daha yüksek aerobik kapasite ve daha iyi otonom sinir sistemi regülasyonu ile ilişkilidir (Borresen ve Lambert, 2008). Futbol hakemlerinde, maç sırasındaki yüksek yoğunluklu aktiviteler, kalp atım hızını maksimum seviyelere çıkarabilir ve toparlanma süreci, bu yoğunluğun ardından daha karmaşık hale gelebilir (Fernandes da Silva vd., 2023). Bu nedenle toparlanma yöntemlerinin kalp atım hızı toparlanma süresini nasıl etkilediği ve hakemlerin fizyolojik kapasitelerini anlamak için önemlidir.

2.12 Kalp Atım Hızı Değişkenliği

Kalp atım hızı değişkenliği (KAHD), ardışık kalp atımları arasındaki zaman aralıklarındaki (RR aralıkları) dalgalanmaları analiz ederek, otonom sinir sisteminin sempatik ve parasempatik dalları arasındaki etkileşimi yansıtan önemli bir göstergedir. KAHD, parasempatik ve sempatik sinir sistemi dengesini değerlendirmede yaygın olarak kullanılır ve merkezi sinir sistemi ile kalp arasındaki nöral iletişimi ortaya koyar (Shaffer ve Ginsberg, 2017). Sağlıklı bireylerde KAHD yaş, cinsiyet, kişilik, egzersiz düzeyi veya stres gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterir (Halko ve Sääksvuori, 2017; Zohar vd., 2013; Sandercock ve Brodie, 2006). Bu doğrusal olmayan fizyolojik sistem, içsel ve çevresel değişkenlere esnek yanıtlar üreterek otonom sinir sisteminin işleyişine dair değerli bilgiler sunar (Bechke vd., 2020).

Kalp atım hızı ve KAHD yalnızca fizyolojik toparlanmayı değerlendirmekle kalmaz, aynı zamanda bireyin genel sağlık durumunu ve stresle başa çıkma kapasitesini de yansıtır. Düşük KAHD kronik yorgunluk, aşırı antrenman veya kardiyovasküler hastalık riski ile ilişkilendirilmiştir (Aubert vd., 2003). Bu nedenle hakemlerin toparlanma süreçlerinde kalp atım hızı ve KAHD'nin optimize edilmesi hem performans hem de sağlık açısından kritik öneme sahiptir. Bir hakemin maç sonrası KAHD'nin hızlı bir şekilde normale dönmesi, onun fizyolojik olarak toparlandığını ve bir sonraki maç için hazır olduğunu gösterebilir (McEwan vd., 2024). Futbol hakemleri gibi yüksek yoğunluklu aktivitelerde bulunan bireylerde, KAHD'nin normale dönme süresi, toparlanma yöntemlerinin etkinliğini değerlendirmek için önemli bir göstergedir (Sánchez-Sánchez vd., 2021).

KAHD sporcularda egzersiz sonrası toparlanma düzeyini nesnel olarak izlemek için değerli bir araçtır. Egzersiz sonrası parasempatik aktivitenin yeniden devreye girmesiyle KAHD değerlerinde artış beklenir. Pasif ve aktif toparlanma gibi yöntemlerin KAHD üzerindeki etkilerinin karşılaştırılması hangi stratejinin daha etkili olduğunu belirlemede katkı sağlar (Stanley vd., 2013). Özellikle futbol hakemlerinde, KAHD ölçümleri maç arası ve sonrası toparlanma süreçlerini optimize etmek ve performansı sürdürmek için güvenilir bir rehber sunar.

2.12.1 rMSSD

rMSSD, kalp atışları arasındaki ardışık farkların karelerinin ortalama kökünü hesaplayarak parasempatik sinir sistemi tonusunu yansıtır ve vagus siniri etkisini göstererek toparlanma kapasitesinin değerlendirilmesinde önemli bir rol oynar (Shaffer vd., 2017). Yüksek rMSSD değerleri, güçlü bir parasempatik tonus ve etkili toparlanma ile ilişkilendirilirken, düşük değerler sempatik sinir sisteminin baskınlığına ve yetersiz toparlanmaya işaret eder (Rajendran vd., 2017). Araştırmalar, rMSSD'nin egzersiz sonrası toparlanma süreçlerinin izlenmesinde etkili bir gösterge olduğunu ortaya koymuş; yüksek rMSSD seviyelerinin daha iyi fizyolojik iyileşme ve düşük stres yanıtlarıyla, düşük değerlerin ise aşırı sempatik aktivite ve yetersiz toparlanmayla ilişkili olduğunu göstermiştir (Buchheit vd., 2013). Ayrıca rMSSD'nin kalp sağlığı, otonom sinir sistemi fonksiyonları ve stres yönetimiyle güçlü bağlantıları bulunmakta; bu nedenle yalnızca sporcu performansını izlemek için değil aynı zamanda bireylerin genel sağlık durumunu, stres düzeylerini ve toparlanma süreçlerini değerlendirmek için de kullanılmaktadır (Shaffer vd., 2017; Buchheit vd., 2013).

2.12.2 SDNN

SDNN (Standard Deviation of NN intervals), kalp atımları arasındaki ardışık normal zaman aralıklarının standart sapmasını ifade eden ve kalp atım hızı değişkenliği analizlerinde sıkça kullanılan bir zaman parametresidir. Bu ölçüm belirli bir süre boyunca elde edilen normal kalp atımı aralıklarının istatistiksel dağılımını milisaniye (ms) cinsinden yansıtır ve yalnızca sinüs düğümünden kaynaklanan düzenli atımları kapsayarak ektopik atımlar ile sinyal bozukluklarını analiz dışı bırakır (Task Force, 1996). SDNN, otonom sinir sisteminin kalp ritmini düzenleme biçimini genel olarak ortaya koyar. Hem sempatik hem de parasempatik sinir sistemi aktivitelerinin toplam etkisini yansıtarak bireyin stres düzeyi, uyku kalitesi, kardiyovasküler sağlık durumu ve genel fizyolojik denge hakkında önemli bilgiler sunar (Shaffer vd., 2017). Yüksek SDNN değerleri, otonom sinir sisteminin dengeli çalıştığını ve daha iyi bir sağlık durumunu işaret ederken, düşük SDNN değerleri stres, depresyon, bazı kardiyovasküler hastalıklar ve artmış mortalite riskiyle ilişkilendirilmiştir (Malik vd., 1996; Tsuji vd., 1996). Sporcularda SDNN, istirahat halinde ve egzersiz sonrası toparlanma döneminde kalp ritmindeki değişkenliği analiz etmek için yaygın olarak kullanılır. Kısa süreli ölçümler ölçüm kolaylığı ve tekrarlanabilirliği nedeniyle spor biliminde tercih edilirken düşük SDNN değerleri egzersiz öncesi veya sonrasında

sempatik aktivitenin baskınlığını ve vücudun stres yanıtını, yüksek değerler ise iyi adapte olmuş bireylerde hızlı toparlanmayı gösterir (Plews vd., 2013).

2.12.3 pNN50

pNN50, otonom sinir sisteminde özellikle parasempatik (vagal) aktivitenin bir göstergesi olarak kabul edilen ve kalp hızı değişkenliği analizinde kullanılan zamana dayalı bir parametredir. Ardışık RR aralıkları arasındaki farkın 50 milisaniyeyi aşma sıklığını yüzdesel olarak ifade eder ve kalbin solunum paterni, emosyonel stres veya dinlenme durumu gibi çevresel uyaranlara uyum sağlama kapasitesini, yani otonom esnekliğini yansıtır (Shaffer vd., 2017; Task Force, 1996). Matematiksel olarak, pNN50, 50 milisaniyeden büyük ardışık RR aralığı çiftlerinin toplam RR çiftlerine oranının yüzde cinsinden ifadesidir. Bu ölçüm ardışık RR aralıkları arasındaki farkların 50 milisaniyeyi aşma durumlarını temel alarak kalp atışlarının istatistiksel değişkenliğini değerlendirir ve otonom sinir sisteminin düzenleyici etkilerini ortaya koyar (Mietus vd., 2002).

Düzenli egzersiz yapan bireylerde pNN50 değerlerinin genellikle daha yüksek olduğu bildirilmektedir. Bu artış, fiziksel antrenmanın otonom sinir sistemi üzerinde oluşturduğu vagal tonus artışıyla ilişkilendirilir. Bu durum, hem istirahat hâlindeki kalp fonksiyonlarının daha esnek çalıştığını hem de egzersiz sonrası toparlanma süreçlerinin daha hızlı ve etkili gerçekleştiğini göstermektedir (Bellenger vd., 2016; Stanley vd., 2013).

Öte yandan, yoğun ve yetersiz yönetilen antrenman yükleri, artan psikolojik stres ya da yetersiz dinlenme gibi etkenler pNN50 düzeylerinde azalmaya yol açabilir. Bu azalma, sıklıkla sempatik sinir sistemi aktivitesinin artması ya da vagal aktivitenin baskılanması ile ilişkilendirilmekte olup, sporcularda aşırı yüklenme sendromu (overtraining syndrome) riskine işaret edebilir. Bu bağlamda, pNN50'nin düzenli olarak izlenmesi, bireyselleştirilmiş antrenman planlaması ve fizyolojik toparlanma sürecinin değerlendirilmesi açısından önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir (Bellenger vd., 2016; Shaffer ve Ginsberg, 2017).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu bölümünde araştırmanın amacına, modeline ve grubuna, veri toplama araçlarına, verilerin analizine ve analizinde yararlanılan istatistiksel tekniklere yer verilmiştir. Araştırmanın tüm süreçleri Aksaray Üniversitesi İnsan Araştırmaları Etik Kurulu tarafından 11.07.2024 tarihli ve 2024/03-179 sayılı karara göre etik ilkelere uygunluğu doğrultusunda onaylanmıştır.

3.1 Araştırma Amacı

Bu araştırmanın temel amacı, farklı toparlanma yöntemlerinin fizyolojik toparlanma sürecine etkilerini ortaya koymak ve hakemlerin müsabaka sonrası toparlanma süreçlerini daha etkin planlamaya katkı sunmaktır. Bu kapsamda dinlenik, test bitiminin sonunda ve pasif toparlanma ile titreşimli toparlanmanın ortası (8. dakikası) ve sonundaki (15. dakikası) kalp atım hızı değişkenliği değerleri karşılaştırılmış, bireysel değişkenlerin toparlanma düzeylerine olan etkisi incelenmiştir.

3.2 Araştırma Modeli

Bu çalışma, yarı deneysel desen çerçevesinde, çapraz katılım ile tek grup karşılaştırması şeklinde gerçekleşmiştir. Aynı katılımcılara farklı günlerde iki ayrı toparlanma yöntemi uygulanarak karşılaştırmalı ölçümler değerlendirilmiştir.

3.3 Katılımcılar

Araştırmaya Türkiye Futbol Federasyonuna bağlı Merkez Hakem Kurulu bünyesi 2024-2025 sezonunda görev yapan 13 hakem katılmıştır. Katılımcılara araştırmaya dâhil edilmeden önce araştırmanın riskleri ve faydaları hakkında bilgi verilmiştir. Araştırmaya katılma kriterleri olarak yakın tarihte herhangi bir ilaç tedavisi almayan, bilinen herhangi bir hastalığı ve sportif bir yaralanması bulunmayan sporcular gönüllü onam formu onaylatıldıktan sonra araştırmaya dâhil edilmiştir. Çalışma protokolünden önce katılımcıların demografik ve fiziksel özelliklerini belirlemek için birtakım test yöntemleri gerçekleştirilmiştir.

3.4 Araştırma Protokolü

Çalışmanın veri toplama süreci Aksaray Gençlik ve Spor İl Müdürlüğü / Dağılgan Spor Salonunda gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda, çalışmadaki veri toplama süreci üç aşamada elde edilmiştir.

Birinci aşama; fiziksel değerlendirmenin yapıldığı bu aşamada, katılımcıların yaş, boy, kilo, BKİ, maksimum oksijen tüketimi ve hakemlik yılı gibi değişkenleri kayıt altına alınmıştır. BKİ değerleri, $BKİ = \text{kilo} / \text{boy}^2 \text{ (m)}$ formülü ile hesaplanmıştır.

İkinci aşama; dijital göstergeli polar saatler ve bağlantılı göğüs bantları katılımcıların

el bilekleri ve göğüslerine takılarak istirahat esnasındaki dakika kalp atım hızları belirlenmiştir. Bu işlemin ardından katılımcılar maksimum kalp atım hızının %40'ına denk gelen bir yoğunluk ile 10 dakikalık bir koşu ve büyük kas gruplarına yönelik hareketleri içeren 10 dakika olmak üzere toplam 20 dakika ısınma gerçekleştirmişlerdir. Isınma sürecini takiben katılımcılar 20 metre mekik koşu testini tükeninceye kadar gerçekleştirmiş ve bu esnada kalp atım hızı kayıtları devam etmiştir. Test sonrasında katılımcıların yarısı pasif toparlanma yöntemine, diğer yarısı ise titreşimli platform toparlanma yöntemine 15 dakika boyunca katılım sağlamışlardır. Toparlanma sürecinin ortasında (8. dakikada) ve sonunda (15. dakikada) kalp atım hızları tekrar tespit edilerek kayıt altına alınmıştır. Böylece ikinci aşama bitmiş olacaktır.

Üçüncü aşama; ikinci aşamada yapılan işlemler bu aşamada da yapılmıştır. İlk aşamadan farklı olarak pasif toparlanma yöntemi uygulayanlar titreşimli yöntem, titreşimli yöntem uygulayanlar ise pasif yöntem yöntemini gerçekleştirmişlerdir. Kalp atım hızının belirlenmesi ve diğer tüm işlemler bu aşamada da aynı şekilde devam etmiştir. Veri toplama sürecinin bitimini takiben parasempatik aktivitenin etkinliğini belirlemek için hem pasif hem de titreşimli toparlanma yöntemindeki göğüs bantları ve ilgili polar saatler bir bilgisayar ile eşleştirilerek kalp atım hızı değişkenliği kapsamında rMSSD, SDNN ve PNN50 değerlerinin toparlanma ortası ve sonundaki verileri tespit edilerek kayıt altına alınmıştır.

3.5 Toparlanma Yöntemleri

Katılımcılar koşu bitimini takiben iki farklı toparlanma yöntemine katılmışlardır.

3.5.1 Pasif toparlanma yöntemi

Organizmanın fiziki olarak herhangi bir aktivitede bulunmadan oturma ve yatma pozisyonlarında dinlenmesi şeklindedir. Pasif toparlanma ile organizmanın fizyolojik olarak toparlanması diğer yöntemlere göre daha uzun sürmektedir (Göral, 2019). Bu yöntemde katılımcılar sandalyede oturur pozisyonda 15 dakika boyunca hareketsiz bir şekilde dinlenmişlerdir.

3.5.2 Titreşimli platform toparlanma yöntemi

Titreşimli platformlar, genellikle fiziksel tedavi ve egzersiz programlarında kullanılan cihazlardır. Bu platformlar, vücuda yönelik çok hızlı ve kısa süreli titreşimler uygulayarak kasları aktive eder. Bu titreşimler, kasların hızla kasılıp gevşemesine neden olarak, kas gücü ve esnekliği üzerinde etkili olduğu yapılan çalışmalarla ortaya konulmuştur (İşler, 2007). Katılımcılar koşu testi bitiminde ayaklarında ayakkabı

olmadan ilgili basamaklara ayaklarını yerleştirerek 15 dakika boyunca anatomik pozisyonda bu yönteme katılmışlardır. Relax exclusive marka titreşimli platform yöntemi, orta şiddette 30 Hert (Hz) frekansında uygulanmıştır.



Şekil 3.1. Titreşimli platform cihazı.

3.6 Kalp Atım Hızının Belirlenmesi

Katılımcıların kalp atım hızları Polar Vantage M marka yüzde 99 hassasiyet özelliğine sahip kablolu ve kablosuz, kızılötesi bağlantı yoluyla bilgisayara egzersiz veri gönderme özelliğine sahip polar saat kullanılarak belirlenmiştir. Ölüm sporcuların sağı koluna polar saat takılıp göğüs altına kemer takılarak saatin ayarları yapıldıktan sonra katılımcıların dinlenik, test sonunda, toparlanma ortasında ve toparlanma sonundaki nabız değerleri kaydedilmiştir.



Şekil 3.2. Polar saat.

3.7 Kalp Atım Hızı Değişkenliğinin Belirlenmesi

Kalp Atım Hızı Değişkenliğine (KAHD) ait parametreler Polar H10 (Polar Electro Oy, Kempele, Finland) model göğüs bandı ile kayıt altına alınmıştır. KAHD parametreleri Bluetooth bağlantısı ile Elite HRV (Elite HRV Inc, ABD) programını aktararak, nabız HRV verilerine dönüştürülmüştür. Kubios HRV programı versiyon 4.1.2.1

(Biosignal Analysis and Medical Imaging Group, Finlandiya, versiyon) kullanılarak detaylı analizler yapılmıştır. Değerlendirmeye KAHD zamana bağlı değişkenlerinden; ortalama kalp atım hızı (atm/dk), SDNN, RMSSD ve pNN50 oranı dahil edilmiştir. Ayrıca Kubios KAHD programın sunduğu parasempatik sinir sistemi indeksi (PNS Index), sempatik sinir sistemi indeksi (SNS Index) ve Stres İndeksi kullanılmıştır.



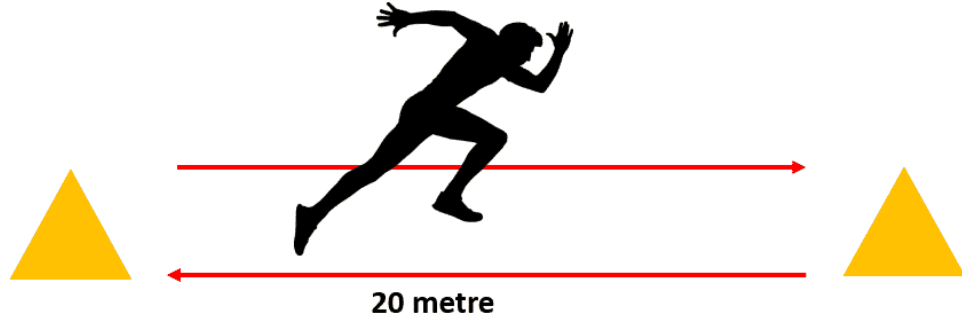
Şekil 3.3. H10 göğüs bandı.

3.8 20 Metre Mekik Koşu Testi

Katılımcılar koşu testine ikişer kişilik gruplar halinde alınmıştır. Pist zemininin kaygan olmamasına dikkat edilmiştir. Aralarında 20 m uzaklık bulunan iki çizgi arasında önceden belirlenen protokole uygun biçimde kaydedilmiş sinyal sesi eşliğinde koşturulan sporculardan, bir sonraki sinyal sesinden önce diğer çizgiye ulaşmaları istenmiştir (ayaklarından birisi çizgiyi geçmelidir). Süre ilerledikçe sinyal sesleri arasındaki süre kademeli biçimde kısaldı ve sporcu gitgide daha da hızlanarak koşmaya başlanmıştır. Sinyal sesleri arasındaki zaman her dakika azalmıştır. Sinyal sesinden önce mekiğin sonuna ulaşan sporcu sinyal sesini bekleyip, sesle beraber koşmaya devam etmiştir. Sporcu bir sinyali kaçırıp ötekinde ritmi yeniden yakaladığında teste devam edilmiştir. Üst üste iki defa sinyal sesinden önce karşı çizgiye ulaşamayan sporcu testi tamamlayamamış sayılmıştır. Sporcular 20 m pistte koşarken, sinyal ile çizgiye bir ayakla dokunacak başlangıçta koşu hızı dakika 7 km iken sonra dakikada 0.5 km/s artırılmıştır. Sporcunun durdurulduğu safha ise test sonucu olarak kabul edilmiştir (Günay ve ark 2017).

$$\text{MaksVO}_2 = 18,043461 + (0,3689295 \cdot \text{TS}) + (-0,000349 \cdot \text{TS} \cdot \text{TS})$$

TS= Tamamlanan toplam mekik koşusu sayısıdır (Günay ve ark 2017).



Şekil 3.4. Mekik koşu testi.

3.9 İstatistiksel Analiz

Elde edilen verilerin analizi IBM SPSS Statistics 25 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Verilerin dağılımının normal olup olmadığı Shapiro-Wilk Testi ile belirlenmiştir. Test değerleri arasındaki farkın belirlenmesinde normal dağılan veriler için tekrarlayan ölçümlerde parametrik testlerden İki Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) ile uygulanmıştır. Yöntemler arasındaki farkın önemlilik seviyesinin belirlenmesi ise eşleştirilmiş T testi ile tespit edilmiştir. Anlamlılık düzeyi 0.05 olarak kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Bu bölümde araştırmadan elde edilen veriler çerçevesinde yapılan analiz sonuçları sunulmuş ve bulgular yorumlanmıştır.

Katılımcıların demografik özellikleri Çizelge 4.1’de sunulmaktadır.

Çizelge 4.1 Katılımcıların demografik özellikleri.

Değişkenler	n	Minimum	Maksimum	Ortalama	SS
Yaş	13	20	30	23,77	6,07
Hakem Yılı	13	1	15	5,69	4,70
VO ₂ max	13	40,2	54,3	49,02	3,85
Boy	13	170	188	179,23	5,00
Kilo	13	52	94	75,15	11,08
BKİ	13	17,99	29,01	23,33	2,92

Katılımcıların yaşları 20 ile 30 arasında değişmekte olup, yaş ortalaması 23,77±6,07’dir. Hakemlik deneyimi açısından incelendiğinde, katılımcıların hakemlik yılı 1 ile 15 yıl arasında değişmekte olup, ortalama hakemlik süresi 5,69±4,70 yıl olarak belirlenmiştir. Maksimal oksijen tüketimi (VO₂max) değerleri 40,2 ile 54,3 ml/kg/dk aralığında yer almakta ve ortalama 49,02±3,85 ml/kg/dk olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, genel olarak kardiyovasküler uygunluk düzeylerinin yüksek olduğunu göstermektedir. Katılımcıların boy uzunlukları 170 ile 188 cm arasında değişmekte olup, boy ortalaması 179,23±5,00 cm’dir. Vücut ağırlıkları ise 52 ile 94 kg aralığında değişmekte ve ortalama 75,15±11,08 kg olarak tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra vücut kitle indeksi (BKİ) değerleri 17,99 ile 29,01 arasında değişmekte olup, katılımcıların BKİ ortalaması 23,33±2,92 kg/m²’dir. Bu değerler, bireylerin genel olarak normal kilolu ya da az kilolu kategorilerde yer aldığını göstermektedir.

Çizelge 4.2 Pasif toparlanma yönteminin KAH değerlerine göre karşılaştırılması.

Değişkenler	Ortalama	SS	F	p
Dinlenik KAH	65,85	3,67	10,695	0,007
Koşu sonu KAH	198,62	11,61		
Pasif toparlanma ortası KAH	116,77	18,65		
Pasif toparlanma sonu KAH	117,46	15,60		

Katılımcıların dinlenik, koşu öncesi, koşu sonu ve pasif toparlanma sürecindeki KAH sayılarının anlamlı bir şekilde değiştiği görülmektedir. Koşu sonrası KAH değerleri $198,62 \pm 11,61$ atım ile başlayan süreçte, KAH değerlerinin pasif toparlanma boyunca kademeli olarak azaldığı görülmektedir. Toparlanmanın ortasında $116,77 \pm 18,65$ atım ile düşüş gösteren KAH toparlanmanın sonunda $117,46 \pm 15,60$ atım şeklinde belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir. Pasif toparlanma öncesindeki dinlenik KAH ortalaması $65,85 \pm 3,67$ atım olup bu değer toparlanma sürecinin sonunda önemli ölçüde yeniden yakalanmaya başlamıştır. Pasif toparlanma yönteminin ölçüm zamanlarına göre KAH değerleri arasında anlamlı fark bulunmuştur ($F=10,695$, $p<.007$).

Çizelge 4.3 Pasif toparlanma yöntemi KAH değerlerinin grup içi karşılaştırılması.

Değişkenler		Ortalamalar Arasındaki Fark	SS	p
Dinlenik KAH	Koşu sonu KAH	-132,7*	3,315	,000
	Pasif toparlanma ortası KAH	-50,9*	5,063	,000
	Pasif toparlanma sonu KAH	-31,3*	3,902	,000
Koşu Sonu KAH	Dinlenik KAH	132,7*	3,315	,000
	Pasif toparlanma ortası KAH	81,8*	3,789	,000
	Pasif toparlanma sonu KAH	101,4*	2,897	,000
Pasif Toparlanma Ortası KAH	Dinlenik KAH	50,9*	5,063	,000
	Koşu sonu KAH	-81,8*	3,789	,000
	Pasif toparlanma sonu KAH	19,6*	2,816	,000
Pasif Toparlanma Sonu KAH	Dinlenik KAH	31,3*	3,902	,000
	Koşu sonu KAH	-101,4*	2,897	,000
	Pasif toparlanma ortası KAH	-19,6*	2,816	,000

Çizelge 4.3 incelendiğinde katılımcıların zamana bağlı grup içi karşılaştırılmasında dinlenik, koşu testi sonunda, pasif toparlanma ortasında ve sonunda KAH değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu bulunmuştur ($p<.000$).

Çizelge 4.4 Titreşimli toparlanma yönteminin KAH değerlerine göre karşılaştırılması.

Değişkenler	Ortalama	SS	F	p
Dinlenik KAH	66,85	4,49	32,662	0,001
Koşu sonu KAH	198,31	12,91		
Titreşimli yöntem ortası KAH	128,54	12,30		
Titreşimli yöntem sonu KAH	104	15,42		

Çizelge 4.4 incelendiğinde, katılımcıların koşu öncesi, koşu sonundaki ve titreşimli toparlanma sürecindeki kalp atım hızı değerlerinin anlamlı bir şekilde değiştiği görülmektedir. Koşu sonrası kalp atım sayısı $198,31\pm12,91$ atım ile başlayan süreçte, kalp atım hızı değerlerinin titreşimli toparlanma boyunca kademeli olarak azaldığı görülmektedir.

Toparlanma ortasında $128,54\pm12,30$ atım ile düşüş gösteren kalp atım hızı toparlanmanın sonunda $104\pm15,42$ atım şeklinde belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir. Titreşimli toparlanma öncesindeki dinlenik kalp atım hızı ortalaması $66,85\pm4,49$ atım olup bu değer toparlanma sürecinin sonunda önemli ölçüde yeniden yakalanmaya başlamıştır. Titreşimli toparlanma yönteminin ölçüm zamanlarına göre KAH değerleri arasında anlamlı fark bulunmuştur ($F=32,662$, $p<.001$).

Çizelge 4.5 Titreşimli toparlanma yöntemi KAH değerlerinin grup içi karşılaştırılması.

	Değişkenler	Ortalamalar Arasındaki Fark	SS	p
Dinlenik KAH	Koşu sonu KAH	-131,4*	4,011	,000
	Titreşimli toparlanma ortası KAH	-61,6*	3,970	,000
	Titreşimli toparlanma sonu KAH	-60,3*	4,266	,000
Koşu Sonu KAH	Dinlenik KAH	131,4*	4,011	,000
	Titreşimli toparlanma ortası KAH	69,7*	3,595	,000
	Titreşimli toparlanma sonu KAH	71,1*	4,554	,000
Titreşimli Toparlanma Ortası KAH	Dinlenik KAH	61,6*	3,970	,000
	Koşu sonu KAH	-69,7*	3,595	,000
	Titreşimli toparlanma sonu KAH	1,3	1,658	,000
Titreşimli Toparlanma Sonu KAH	Dinlenik KAH	37,1*	4,580	,000
	Koşu sonu KAH	-94,3*	4,483	,000
	Titreşimli toparlanma ortası KAH	-24,5*	2,174	,000

Katılımcıların zamana bağlı grup içi karşılaştırılmasında dinlenik, koşu testi sonunda, titreşimli toparlanmanın ortasında ve sonunda KAH değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu tespit edilmiştir ($p<.000$).

Çizelge 4.6 Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin koşu sonundaki KAH değerlerine göre karşılaştırılması.

Yöntem	Ortalama	SS	t	p
Pasif	198,62	11,61	,064	,950
Titreşim	198,31	12,91		

Çizelge 4.6 incelendiğinde koşu sonrasında ölçülen maksimum KAH, pasif toparlanma yönteminde $198,62 \pm 11,61$ atım ve titreşimli toparlanma yönteminde $198,31 \pm 12,91$ atım olarak belirlenmiştir. Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerindeki koşu sonunda ölçülen KAH değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($t=.064$, $p>.950$).

Çizelge 4.7 Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin ortasındaki KAH değerlerine göre karşılaştırılması.

Yöntem	Ortalama	SS	t	p
Pasif	116,77	18,65	-3,900	,040
Titreşim	128,54	12,30		

Çizelge 4.7 incelendiğinde toparlanma ortasında ölçülen KAH, pasif toparlanma yönteminde $116,77 \pm 18,65$ atım ve titreşimli toparlanma yönteminde $128,54 \pm 12,30$ atım olarak belirlenmiştir. Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin ortasında ölçülen KAH değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($t = -3,900$, $p < .40$).

Çizelge 4.8 Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin sonundaki KAH değerlerine göre karşılaştırılması.

Yöntem	Ortalama	SS	t	p
Pasif	97,15	14,16	-2,665	,045
Titreşim	104	15,42		

Çizelge 4.8 incelendiğinde toparlanma sonunda ölçülen KAH, pasif toparlanma yönteminde $97,15 \pm 14,16$ atım ve titreşimli toparlanma yönteminde $104 \pm 15,42$ atım olarak belirlenmiştir. Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin sonunda ölçülen KAH değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmuştur ($t = -2,665$, $p < .45$).

Katılımcıların pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin ortasında ve sonundaki kalp atım hızı değişkenliği (KAHD) değerleri olan rMSSD, SDNN ve pNN50 değerleri aşağıdaki çizelgelerde sunulmaktadır.

Çizelge 4.9 Pasif toparlanma yönteminin KAHD değerlerine göre karşılaştırılması.

Toparlanma Zamanı	Ortalama	SS	F	p
Toparlanma Ortası (rMSSD)	10,35	11,41	14,040	0,001
Toparlanma Ortası (SDNN)	13,14	7,43		
Toparlanma Ortası (pNN50)	3,36	3,20		
Toparlanma Sonu (rMSSD)	10,70	6,75		
Toparlanma Sonu (SDNN)	21,81	8,66		
Toparlanma Sonu (pNN50)	1,19	1,19		

Çizelge 4.9 incelendiğinde pasif toparlanma yönteminin ortasındaki rMSSD değerleri $10,35 \pm 11,41$ olarak belirlenirken bu değerler toparlanma sonunda $10,70 \pm 6,75$ olarak tespit edilmiştir. Toparlanmanın ortasındaki SDNN değerleri $13,14 \pm 7,43$ olarak görülürken toparlanmanın sonunda bu değerler $21,81 \pm 8,66$ olarak görülmektedir. Son olarak pNN50 değerleri toparlanmanın ortasında $3,36 \pm 3,2$ ve toparlanmanın sonunda ise $1,19 \pm 1,19$ olarak belirlenmiştir. Pasif toparlanma ortası ve sonundaki rMSS, SDNN ve pNN50 değerleri ölçüm zamanlarına göre karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu bulunmuştur ($F=14,040$, $p<.001$).

Çizelge 4.10 Pasif toparlanma yöntemi KAHD değerleri grup içi karşılaştırılması.

Pasif Toparlanma	Değişkenler	Ortalamalar Arasındaki Fark	SS	p
Toparlanma Ortası (rMSSD)	Toparlanma Ortası (SDNN)	-2,7	1,7	,145
	Toparlanma Ortası (pNN50)	6,9*	3,0	,038
	Toparlanma Sonu (rMSSD)	-,3	3,8	,929
	Toparlanma Sonu (SDNN)	-11,4*	4,1	,017
	Toparlanma Sonu (pNN50)	9,1*	3,2	,015
Toparlanma Ortası (SDNN)	Toparlanma Ortası (rMSSD)	2,7	1,7	,145
	Toparlanma Ortası (pNN50)	9,7*	2,2	,001
	Toparlanma Sonu (rMSSD)	2,4	2,3	,312
	Toparlanma Sonu (SDNN)	-8,6*	2,5	,005
	Toparlanma Sonu (pNN50)	11,9*	2	,000
Toparlanma Ortası (pNN50)	Toparlanma Ortası (rMSSD)	-6,9*	3	,038
	Toparlanma Ortası (SDNN)	-9,7*	2,2	,001
	Toparlanma Sonu (rMSSD)	-7,3*	2,3	,010
	Toparlanma Sonu (SDNN)	-18,4*	2,9	,000
	Toparlanma Sonu (pNN50)	2,1	1	,071
Toparlanma Sonu (rMSSD)	Toparlanma Ortası (rMSSD)	,3	3,8	,929
	Toparlanma Ortası (SDNN)	-2,4	2,3	,312
	Toparlanma Ortası (pNN50)	7,3*	2,3	,010
	Toparlanma Sonu (SDNN)	-11,1*	1,1	,000
	Toparlanma Sonu (pNN50)	9,5*	1,6	,000
Toparlanma Sonu (SDNN)	Toparlanma Ortası (rMSSD)	11,4*	4,1	,017
	Toparlanma Ortası (SDNN)	8,6*	2,5	,005
	Toparlanma Ortası (pNN50)	18,4*	2,9	,000
	Toparlanma Sonu (rMSSD)	11,1*	1,1	,000
	Toparlanma Sonu (pNN50)	20,6*	2,2	,000
Toparlanma Sonu (pNN50)	Toparlanma Ortası (rMSSD)	-9,1*	3,2	,015
	Toparlanma Ortası (SDNN)	-11,9*	2,0	,000
	Toparlanma Ortası (pNN50)	-2,1	1,0	,049
	Toparlanma Sonu (rMSSD)	-9,5*	1,6	,000
	Toparlanma Sonu (SDNN)	-20,6*	2,2	,000

Çizelge 4.10 incelendiğinde katılımcıların pasif toparlanma ortasındaki rMSSD değerlerinin karşılaştırıldığında, toparlanma ortasındaki pNN50 ve toparlanma sonundaki SDNN ve pNN50 değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p<.005$). Toparlanma ortasındaki SDNN değerleri ile toparlanma ortasındaki pNN50 ve toparlanma sonundaki SDNN ve pNN50 değerleri arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($p<.005$). Bunun yanı sıra toparlanma ortasında pNN50 değerleri kıyaslandığında toparlanma ortası ve sonundaki rMSSD ve SDNN değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar görülmüştür ($p<.005$).

Pasif toparlanmanın sonundaki rMSSD değerleri, ölçüm zamanları ile kıyaslandığında toparlanma ortasındaki pNN50 ve toparlanma sonundaki SDNN ve pNN50 değerleri arasında anlamlı farklılıklar görülmüştür ($p<.005$). Toparlanma sonundaki SDNN ve pNN50 değerleri ise tüm ölçüm zamanları ve rMSSD değerleri ile arasında istatistiksel olarak farklılıkların tespit edildiği belirlenmiştir ($p<.005$).

Çizelge 4.11 Titreşimli toparlanma yönteminin KAHD değerlerine göre karşılaştırılması.

Toparlanma Zamanı	Ortalama	SS	F	p
Toparlanma Ortası (rMSSD)	9,58	11,27	12,138	0,001
Toparlanma Ortası (SDNN)	12,64	7,52		
Toparlanma Ortası (pNN50)	1,77	2,79		
Toparlanma Sonu (rMSSD)	11,45	6,36		
Toparlanma Sonu (SDNN)	22,50	8,43		
Toparlanma Sonu (pNN50)	,97	1,22		

Çizelge 4.11 incelendiğinde titreşimli toparlanma yönteminin ortasındaki rMSSD değerleri $9,58\pm 11,27$ olarak belirlenirken bu değerler toparlanma sonunda $11,45\pm 6,36$ olarak tespit edilmiştir. Toparlanmanın ortasındaki SDNN değerleri $12,64\pm 7,52$ olarak görülürken toparlanmanın sonunda bu değerler $22,50\pm 8,43$ olarak görülmektedir. Son olarak pNN50 değerleri toparlanmanın ortasında $1,77\pm 2,79$ ve toparlanmanın sonunda ise $,97\pm 1,22$ olarak belirlenmiştir. Titreşimli toparlanma ortası ve sonundaki rMSS, SDNN ve pNN50 değerleri ölçüm zamanlarına göre karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların olduğu bulunmuştur ($F=12,138$, $p<.001$).

Çizelge 4.12 Titreşimli toparlanma yöntemi KAHD değerleri grup içi karşılaştırılması.

Titreşimli Toparlanma	Değişkenler	Ortalamalar Arasındaki Fark	SS	p
Toparlanma Ortası (rMSSD)	Toparlanma Ortası (SDNN)	-3	1,7	,102
	Toparlanma Ortası (pNN50)	7,8*	2,6	,013
	Toparlanma Sonu (rMSSD)	-1,8	3,7	,628
	Toparlanma Sonu (SDNN)	-12,9*	4,1	,009
	Toparlanma Sonu (pNN50)	8,6*	3,1	,019
Toparlanma Ortası (SDNN)	Toparlanma Ortası (rMSSD)	3	1,7	,102
	Toparlanma Ortası (pNN50)	10,8*	1,9	,000
	Toparlanma Sonu (rMSSD)	1,1	2,2	,614
	Toparlanma Sonu (SDNN)	-9,8*	2,5	,002
	Toparlanma Sonu (pNN50)	11,6*	2	,000
Toparlanma Ortası (pNN50)	Toparlanma Ortası (rMSSD)	-7,8*	2,6	,013
	Toparlanma Ortası (SDNN)	-10,8*	1,9	,000
	Toparlanma Sonu (rMSSD)	-9,6*	2,1	,001
	Toparlanma Sonu (SDNN)	-20,7*	2,7	,000
	Toparlanma Sonu (pNN50)	,8	,9	,392
Toparlanma Sonu (rMSSD)	Toparlanma Ortası (rMSSD)	1,8	3,7	,628
	Toparlanma Ortası (SDNN)	-1,1	2,2	,614
	Toparlanma Ortası (pNN50)	9,6*	2,1	,001
	Toparlanma Sonu (SDNN)	-11*	1,1	,000
	Toparlanma Sonu (pNN50)	10,4*	1,4	,000
Toparlanma Sonu (SDNN)	Toparlanma Ortası (rMSSD)	12,9*	4,1	,009
	Toparlanma Ortası (SDNN)	9,8*	2,5	,002
	Toparlanma Ortası (pNN50)	20,7*	2,7	,000
	Toparlanma Sonu (rMSSD)	11*	1,1	,000
	Toparlanma Sonu (pNN50)	21,5*	2	,000
Toparlanma Sonu (pNN50)	Toparlanma Ortası (rMSSD)	-8,6*	3,1	,019
	Toparlanma Ortası (SDNN)	-11,6*	2	,000
	Toparlanma Ortası (pNN50)	-,8	,9	,013
	Toparlanma Sonu (rMSSD)	-10,4*	1,4	,000
	Toparlanma Sonu (SDNN)	-21,5*	2	,000

Çizelge 4.12 incelendiğinde katılımcıların titreşimli toparlanma ortasındaki rMSSD değerlerinin karşılaştırıldığında, toparlanma ortasındaki pNN50 ve toparlanma sonundaki SDNN ve pNN50 değerleri arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($p<.005$). Toparlanma ortasındaki SDNN değerleri ile toparlanma ortasındaki pNN50 ve toparlanma sonundaki SDNN ve pNN50 değerleri arasında önemli farklılıklar tespit edilmiştir ($p<.005$). Bunun yanı sıra toparlanma ortasında pNN50 değerleri kıyaslandığında, toparlanma ortası ve sonundaki rMSSD ve SDNN değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar görülmüştür ($p<.005$).

Titreşimli toparlanmanın sonundaki rMSSD değerleri, ölçüm zamanları ile kıyaslandığında toparlanma ortasındaki pNN50 ve toparlanma sonundaki SDNN ve pNN50 değerleri arasında anlamlı farklılıklar görülmüştür ($p<.005$). Toparlanma sonundaki SDNN ve pNN50 değerleri ise tüm ölçüm zamanları ve rMSSD değerleri ile arasında istatistiksel olarak farklılıkların tespit edildiği belirlenmiştir ($p<.005$).

Çizelge 4.13 Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin toparlanma ortası rMSSD değerlerinin karşılaştırılması

Yöntem	Ortalama	SS	t	p
Pasif	10,35	11,41	,172	,865
Titreşimli	9,58	11,27		

Çizelge 4.13 incelendiğinde toparlanma ortasında ölçülen rMSSD değerleri, pasif toparlanma yönteminde $10,35\pm 11,41$ ve titreşimli toparlanma yönteminde $9,58\pm 11,27$ olarak belirlenmiştir. Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin ortasında ölçülen rMSSD değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($t=,172$, $p>.865$).

Çizelge 4.14 Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin toparlanma ortası SDNN değerlerinin karşılaştırılması

Yöntem	Ortalama	SS	t	p
Pasif	13,14	7,43	,172	,865
Titreşimli	12,64	7,52		

Çizelge 4.14 incelendiğinde toparlanma ortasında ölçülen SDNN değerleri, pasif toparlanma yönteminde $13,14\pm 7,43$ ve titreşimli toparlanma yönteminde $12,64\pm 7,52$ olarak belirlenmiştir. Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin ortasında ölçülen SDNN değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($t=,172$, $p>.865$).

Çizelge 4.15 Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin toparlanma ortası pNN50 değerlerinin karşılaştırılması

Yöntem	Ortalama	SS	t	p
Pasif	3,36	3,20	1,351	,189
Titreşimli	1,77	2,79		

Çizelge 4.15 incelendiğinde toparlanma ortasında ölçülen pNN50 değerleri, pasif toparlanma yönteminde $3,36 \pm 3,20$ ve titreşimli toparlanma yönteminde $1,77 \pm 2,79$ olarak belirlenmiştir. Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin ortasında ölçülen pNN50 değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($t=1,351$, $p>.189$).

Çizelge 4.16 Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin toparlanma sonundaki rMSSD değerlerinin karşılaştırılması

Yöntem	Ortalama	SS	t	p
Pasif	10,7	6,75	-,293	,772
Titreşimli	11,45	6,36		

Çizelge 4.16 incelendiğinde toparlanma sonunda ölçülen rMSSd değerleri, pasif toparlanma yönteminde $10,7 \pm 6,75$ ve titreşimli toparlanma yönteminde $11,45 \pm 6,36$ olarak belirlenmiştir. Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin sonunda ölçülen rMSSD değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($t=-,293$, $p>.772$).

Çizelge 4.17 Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin toparlanma sonundaki SDNN değerlerinin karşılaştırılması

Yöntem	Ortalama	SS	t	p
Pasif	21,81	8,66	-,204	,840
Titreşimli	22,5	8,43		

Çizelge 4.17 incelendiğinde toparlanma sonunda ölçülen SDNN değerleri, pasif toparlanma yönteminde $21,81 \pm 8,66$ ve titreşimli toparlanma yönteminde $22,5 \pm 8,43$ olarak belirlenmiştir. Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin sonunda ölçülen SDNN değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($t=-,204$, $p>.840$).

Çizelge 4.18 Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin toparlanma sonundaki pNN50 değerlerinin karşılaştırılması

Yöntem	Ortalama	SS	t	p
Pasif	1,19	1,19	,462	,648
Titreşimli	,97	1,22		

Çizelge 4.18 incelendiğinde toparlanma sonunda ölçülen pNN50 değerleri, pasif toparlanma yönteminde $1,19 \pm 1,19$ ve titreşimli toparlanma yönteminde $,97 \pm 1,22$ olarak belirlenmiştir. Pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin sonunda ölçülen pNN50 değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($t=,462$, $p>.648$).

5. TARTIŞMA

Bu bölümde, elde edilen sonuçlar literatür ışığında detaylı bir şekilde tartışılacak, yöntemlerin fizyolojik etkileri değerlendirilecek, futbol hakemlerinin toparlanma ihtiyaçlarına özgü pratik uygulamalar ele alınacak ve gelecekteki araştırmalar için yönlendirmeler sunulmaktadır.

Bu çalışmada, futbol hakemlerinde yorucu egzersizlerden sonra uygulanan pasif toparlanma ve titreşimli platform yöntemlerinin kalp atım hızı (KAH) ve kalp atım hızı değişkenliği (KAHD) parametreleri üzerindeki etkileri karşılaştırılmıştır. Bulgular, pasif toparlanmanın KAH toparlanmasında titreşimli platformlara kıyasla daha etkili olduğunu, ancak KAHD parametreleri üzerinde her iki yöntemin benzer etkiler gösterdiğini ortaya koymuştur.

Futbol hakemlerinin maç sırasındaki fiziksel talepleri, oyunculara kıyasla farklılık gösterir. Hakemler, maç boyunca 10-12 kilometre mesafe kat eder ve bu mesafenin bir kısmı yüksek yoğunluklu koşu ve sprintlerden oluşur (Castagna vd., 2007). Bu aktiviteler, KAH'nin maksimum seviyelere ulaşmasına neden olur ve toparlanma sürecini karmaşık hale getirir (Weston vd., 2012). Yüksek yoğunluklu koşular, özellikle maçın kritik anlarında hakemlerin pozisyon almak için ani hızlanmalar yapmasını gerektirir, bu da fizyolojik yükü artırır (Banda, 2015). Pasif toparlanmanın KAH toparlanmasında daha etkili olması, hakemlerin fiziksel taleplerine özgü toparlanma stratejilerinin geliştirilmesinde bu yöntemin önemli bir rol oynayabileceğini gösterir.

Pasif toparlanmanın KAH toparlanmasında titreşimli platformlara üstünlük sağlaması, bu yöntemin egzersiz sonrası otonom sinir sistemi regülasyonunda daha hızlı bir etki yarattığını göstermektedir. Yorucu egzersizler, sempatik sinir sistemi aktivitesini artırarak KAH'nin yüksek seviyelerde kalmasına neden olur ve toparlanma sürecinde parasempatik sinir sistemi aktivasyonunun yeniden devreye girmesi kritik bir rol oynar (Aubert vd., 2003; Stanley vd., 2013). Pasif toparlanma, herhangi bir ek fiziksel uyarı olmaksızın bu geçişi hızlandırarak KAH'nin istirahat seviyesine daha hızlı dönmesini sağlar. Bu süreç, sempatik aktivitenin baskılanması ve parasempatik tonusun yeniden kazanılması yoluyla gerçekleşir (Shaffer ve Ginsberg, 2017). Bu bağlamda, pasif toparlanmanın avantajı, özellikle futbol hakemleri gibi zaman ve ekipman kısıtlamalarıyla karşı karşıya olan bireyler için önemli bir pratik değer taşır (Yanaoka vd., 2017; Martinho vd., 2023). Ancak, pasif toparlanmanın metabolik süreçlerde,

özellikle laktat klirensinde sınırlı etkisi olduğu bilinmektedir (Bouzigon vd., 2021). Dolayısıyla, pasif toparlanmanın tek başına yeterli olmayabileceği ve diğer toparlanma yöntemleriyle kombinasyonunun değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Titreşimli platformlar, kan akışını artırarak ve kas yorgunluğunu azaltarak toparlanma sürecini destekler (Cochrane, 2011; Castillo vd., 2023). Mekanik titreşimler, kas liflerine mikro düzeyde uyarım sağlayarak kas sertliğini azaltabilir ve kan dolaşımını hızlandırarak metabolik atıkların klirensini destekler (Nepocatyck vd., 2015). Bununla birlikte, titreşimli platformların kas gevşemesi ve öznel rahatlama hissi üzerindeki olumlu etkileri, zihinsel yorgunlukla mücadelede faydalı olabilir (Marín ve García, 2022). Titreşimli platformların metabolik toparlanma süreçlerindeki potansiyel avantajları, özellikle yoğun maç programlarında veya uluslararası turnuvalarda, hakemlerin toparlanma süreçlerini desteklemek için dikkate alınmalıdır (Nédélec ve Halson, 2024). Titreşimli platformlar, laktat birikimini azaltarak kas yorgunluğunu hafifletebilir ve bu, art arda maç yöneten hakemler için faydalı olabilir (Kim, 2015). Taşınabilir titreşimli platformların geliştirilmesi, bu yöntemin saha koşullarında kullanımını kolaylaştırabilir ve hakemlerin toparlanma süreçlerini destekleyebilir. Futbol hakemlerinin fiziksel ve bilişsel talepleri, toparlanma stratejilerinin hem fizyolojik hem de psikolojik etkilerinin dikkate alınmasını gerektirir (Pizzera vd., 2022).

Moriconi ve De Cima (2022), yoğun maç programlarının hakemlerin fiziksel performansını olumsuz etkilediğini ve etkili toparlanma stratejilerinin bu tür durumlarda kritik olduğunu bildirmiştir.

KAHD, otonom sinir sisteminin sempatik ve parasempatik dalları arasındaki dengeyi yansıtan önemli bir fizyolojik göstergedir ve toparlanma süreçlerinin etkinliğini değerlendirmede kullanılır (Rave vd., 2018; Task Force, 1996). Çalışmada, pasif ve titreşimli toparlanma yöntemlerinin KAHD parametreleri üzerinde benzer etkiler gösterdiği bulunmuştur. Bu durum, her iki yöntemin de otonom sinir sistemi regülasyonunu desteklemede karşılaştırılabilir bir etkinlik sunduğunu ortaya koyar. KAHD parametreleri, özellikle rMSSD ve pNN50, parasempatik sinir sistemi aktivitesinin yeniden devreye girmesini yansıtır ve toparlanma sürecinin kalitesini değerlendirmede hassas göstergelerdir (Buchheit, 2014). Pasif toparlanmanın basitliği ile titreşimli platformların ek fizyolojik uyarıları arasında otonom sinir sistemi regülasyonu açısından bir denge olduğu düşünülmektedir. Stanley vd. (2013), egzersiz

sonrası KAHD parametrelerinin parasempatik sinir sistemi aktivitesinin yeniden devreye girmesiyle artış gösterdiğini ve toparlanma yöntemine bağlı olarak farklılık gösterebileceğini bildirmiştir. Ancak, her iki yöntemin benzer etkiler göstermesi, titreşimli platformların beklenen ek avantajlarının KAHD parametrelerinde belirgin bir fark yaratmadığını gösterir. Titreşimli platformların daha çok lokal kas toparlanmasına odaklandığı ve otonom sinir sistemi üzerindeki etkilerinin sınırlı olabileceği düşünülmektedir (Cochrane, 2011; Edgecomb ve Sinclair, 2023). Edgecomb ve Sinclair (2023), titreşimli platformların yüksek yoğunluklu egzersiz sonrası KAHD üzerinde pasif toparlanmaya kıyasla belirgin bir üstünlük sağlamadığını, ancak kas yorgunluğunu azaltmada etkili olduğunu belirtmiştir.

Kang vd. (2017), titreşimli platformların egzersiz sonrası kas yorgunluğunu azalttığını, ancak KAHD üzerindeki etkilerinin sınırlı olduğunu rapor etmiştir. Bu bulgular, titreşimli platformların KAHD parametrelerinden ziyade metabolik ve kas odaklı toparlanma süreçlerinde daha etkili olabileceğini düşündürür. García-Sillero vd. (2021), titreşimli platformların akut toparlanma süreçlerinde etkili olduğunu, ancak KAHD parametrelerinde tutarlı bir iyileşme sağlamadığını bildirmiştir. Bu durum, titreşimli platformların otonom sinir sistemi regülasyonundan ziyade kas yorgunluğu ve metabolik atıkların klirensi gibi lokal etkiler üzerinde daha fazla çalıştığını gösterir. KAHD parametrelerinde her iki yöntemin de toparlanma süreci boyunca iyileşme göstermesi, egzersiz sonrası otonom sinir sistemi regülasyonunun zamanla düzeldiğini işaret eder (Plews vd., 2013). Ancak, yüksek yoğunluklu egzersiz sonrası parasempatik aktivitenin tam olarak yeniden devreye girmesinin daha uzun sürebileceği düşünülmektedir (Buchheit, 2014). Bu durum, futbol hakemlerinin maç sonrası toparlanma süreçlerinin optimize edilmesi için daha uzun süreli veya kombine toparlanma stratejilerinin değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koyar.

Buna karşılık, titreşimli platform yönteminin KAH toparlanmasında pasif toparlanmaya kıyasla daha az etkili olması, bu yöntemin fizyolojik mekanizmasının KAH'den ziyade metabolik toparlanma süreçlerine odaklandığını işaret eder. Kang vd. (2017), yüksek frekanslı titreşimlerin laktat klirensini hızlandırdığını ve kas yorgunluğunu azalttığını, ancak KAH üzerindeki etkilerinin pasif toparlanmaya kıyasla daha az belirgin olduğunu rapor etmiştir. Bu bulgular, titreşimli platformların metabolik toparlanma süreçlerinde daha etkili olabileceğini, ancak otonom sinir sistemi göstergeleri üzerindeki etkilerinin sınırlı kalabileceğini düşündürür.

Hakemlerin fiziksel ve bilişsel talepleri, toparlanma stratejilerinin hem fizyolojik hem de psikolojik etkilerinin dikkate alınmasını gerektirir. Pasif toparlanmanın KAH toparlanmasındaki etkinliği, bu yöntemin saha koşullarında uygulanabilirliğini artırırken, titreşimli platformların metabolik ve psikolojik avantajları, hakemlere özgü toparlanma protokollerinin geliştirilmesinde dikkate alınmalıdır. Futbol hakemlerinin maç sırasındaki fiziksel talepleri, oyunculara kıyasla farklılık gösterir ve bu durum, hakemlere özgü toparlanma stratejilerinin geliştirilmesini gerektirir. Pasif toparlanmanın KAH toparlanmasındaki etkinliği, bu yöntemin hakemlerin fizyolojik ihtiyaçlarına uygun olduğunu gösterir, ancak titreşimli platformların metabolik avantajları, özellikle laktat klirensi ve kas yorgunluğunun azaltılması açısından, daha fazla araştırılmalıdır.

Çalışmanın sınırlılıkları, sonuçların yorumlanmasında dikkate alınmalıdır. İlk olarak, çalışma örneklemini nispeten küçük bir hakem grubuyla sınırlıdır, bu da sonuçların genellenebilirliğini etkileyebilir. Daha büyük ve heterojen bir örnekleme yapılan çalışmalar, bulguların daha geniş bir popülasyona uygulanabilirliğini artırabilir. İkinci olarak, titreşimli platformların kullanımına ilişkin spesifik parametreler sabit tutulmuş olup, farklı parametre kombinasyonlarının etkileri incelenmemiştir. Yüksek frekanslı titreşimlerin veya daha uzun süreli uygulamaların KAH ve KAHD üzerindeki etkileri farklı olabilir (Ewertowska vd., 2023). Üçüncü olarak, çalışma yalnızca KAH ve KAHD parametrelerine odaklanmış; laktat klirensi, kas yorgunluğu, öznel toparlanma hissi veya bilişsel performans gibi diğer fizyolojik ve psikolojik göstergeler değerlendirilmemiştir. Bu parametrelerin dahil edilmesi, toparlanma yöntemlerinin etkilerinin daha kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını sağlayabilir. Dördüncü olarak, çalışma akut toparlanma süreçlerine odaklanmış olup, uzun vadeli toparlanma stratejilerinin etkileri incelenmemiştir. Yoğun maç programlarında veya turnuvalarda hakemlerin toparlanma süreçleri daha karmaşık hale gelebilir ve bu durum, uzun vadeli müdahalelerin önemini ortaya koyar (Halsen, ve Jeukendrup. 2024)

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada futbol hakemlerinde yüksek yoğunluklu bir egzersiz sonrası artış gösteren kalp atım hızı sayıları ve kalp atım hızı değişkenliğinin pasif toparlanma ve titreşimli platform yöntemleri ile artması ya da azaltılmasında hangi toparlanma yönteminin daha etkili olduğu araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar ise aşağıda belirtmiştir.

Sonuçlar

- Egzersiz yoğunluğuna bağlı olarak artış gösteren kalp atım hızı sayısı titreşimli platform yönteminin ortasına kıyasla, pasif toparlanma yönteminin ortasında daha hızlı düşerek toparlanmayı hızlandırdığı görülmüştür.
- Ayrıca egzersiz yoğunluğuna bağlı olarak artış gösteren kalp atım hızı sayısı titreşimli platform yönteminin sonuna kıyasla, pasif toparlanma yönteminin sonunda daha hızlı düşerek toparlanmayı hızlandırdığı belirlenmiştir.
- Her iki toparlanma yöntemi karşılaştırıldığında ise kalp atım hızı sayısı bakımından pasif toparlanma yöntemi, titreşimli platform yöntemine göre toparlanmayı daha hızlı bir şekilde artırdığı tespit edilmiştir.
- Kalp atım hızı değişkenliği bakımından egzersiz bitimini takiben parasempatik sistemin daha baskın olduğu dinlenme esnasındaki pasif toparlanma yönteminin ortası ve sonunda rMSSD, SDNN ve pNN50 değişkenleri arasındaki bir fark bulunamamıştır.
- Yine kalp atım hızı değişkenliği bakımından egzersiz bitimini takiben parasempatik sistemin daha baskın olduğu dinlenme esnasındaki titreşimli platform yönteminin ortası ve sonunda rMSSD, SDNN ve pNN50 değişkenleri arasındaki bir fark olmadığı belirlenmiştir.
- Pasif toparlanma ve titreşimli platform yöntemi kalp atım hızı değişkenliği bakımından kıyaslandığında, her iki yöntem arasında rMSSD, SDNN ve pNN50 değişkenleri arasında önemli bir fark olmadığı görülmüştür.
- Sonuç olarak yüksek şiddetli bir egzersiz sonrası pasif toparlanma yönteminin kalp atım hızını titreşimli platform yöntemine göre daha hızlı bir şekilde azalttığı görülürken, kalp atım hızı değişkenliği bakımından ise yöntemler arasında anlamlı bir farkın olmadığı tespit edilmiştir.

Öneriler

Araştırmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda aşağıdaki önerilerde bulunulmuştur.

- Pasif toparlanmanın kalp atım hızı toparlanmasındaki etkinliği göz önünde bulundurularak, bu yöntemin maçlar arasında ya da hemen sonrasında standart bir uygulama olarak benimsenmesi önerilmektedir.
- Soyunma odasında gerçekleştirilen kısa süreli hareketsiz dinlenme, hakemlerin fizyolojik dengelerini hızla geri kazanmalarına yardımcı olabilir ve saha koşullarında kolayca uygulanabilir. Bununla birlikte, pasif toparlanmanın metabolik süreçlerdeki sınırlamaları dikkate alındığında, yoğun maç programlarında veya uluslararası turnuvalarda bu yöntemin diğer toparlanma stratejileriyle kombinasyonu değerlendirilmelidir.
- Bu bağlamda titreşimli platformlar, laktat klirensinin hızlandırılması ve kas yorgunluğunun azaltılması açısından tamamlayıcı bir yöntem olarak kullanılabilir. Taşınabilir titreşimli platformların geliştirilmesi, bu yöntemin saha koşullarında uygulanabilirliğini artırarak hakemlerin toparlanma süreçlerini daha etkili bir şekilde optimize edebilir.
- Titreşimli platformların etkilerinin parametre optimizasyonuna dayandığı göz önüne alındığında, hakemlere özgü toparlanma protokollerinde farklı frekans, genlik ve süre kombinasyonlarının test edilmesi gerekmektedir.
- Titreşimli platformların psikolojik toparlanma üzerindeki etkileri, özellikle stres azaltımı ve bilişsel yük yönetimi açısından daha fazla araştırılmalıdır. Hakemlerin maç sırasındaki yüksek bilişsel talepleri göz önüne alındığında, toparlanma stratejilerinin zihinsel dayanıklılığı artırmadaki rolü kritik bir önem taşımaktadır.
- Gelecekteki araştırmaların, mevcut çalışmanın sınırlılıklarını göz önünde bulundurarak daha geniş ve heterojen örneklemelerle yapılması gerektiği önerilmektedir.
- Çalışma nispeten küçük bir hakem grubu ile gerçekleştirilmiş olduğundan, sonuçların genellenebilirliğini artırmak amacıyla farklı yaş, deneyim düzeyi ve cinsiyet gibi değişkenler açısından daha büyük örneklemelerle yeni çalışmalar yapılmalıdır.

- Laktat klirensi, kas yorgunluğu, öznel toparlanma hissi ve bilişsel performans gibi diğer fizyolojik ve psikolojik göstergelerin de değeriendirilmesi gerekmektedir.
- Ayrıca Futbol Federasyonu ve hakem eğitim programlarının hakemlerin hazırlık süreçlerine toparlanma stratejilerini entegre etmeleri önerilmektedir.
- Hakemlerin toparlanma yöntemlerine yönelik farkındalıklarını artırmak amacıyla eğitim seminerleri düzenlenmeli ve pratik uygulama rehberleri hazırlanmalıdır.
- Bu öneriler, futbol hakemlerinin performansını ve toparlanma süreçlerini iyileştirmek için bir temel oluşturabilir ve hakemlerin fiziksel ve zihinsel sağlığını desteklemek adına önemli bir katkı sağlayabilir.

KAYNAKLAR

- Ahmaidi, S., Granier, P., Taoutaou, Z., Mercier, J., Dubouchaud, H., & Préfaut, C. (1996). Effects of active recovery on plasma lactate and anaerobic power following repeated intensive exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 28(4), 450–456.
- Albaladejo-García, C., Caballero, C., Asencio, P., & Moreno, F.J. (2024). Acute effects of a vigorous-intensity warm-up on response suppression and decision-making of football referees. *Journal of Sports Sciences*, 42(12), 1081-1089.
- Amann, M., Sidhu, S.K., Weavil, J.C., Mangum, T.S. & Venturelli, M. (2015). Autonomic responses to exercise: group III/IV muscle afferents and fatigue. *Auton Neurosci*, 188, 19-23.
- Arakaki, X., Arechavala, R. J., Choy, E. H., Bautista, J., Bliss, B., Molloy, C., & Kloner, R. A. (2023). The connection between heart rate variability (HRV), neurological health, and cognition: A literature review. *Frontiers in neuroscience*, 17, 1055445.
- Aubert, A.E., Seps, B., & Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports Medicine*, 33(12), 889–919.
- Bangsbo, J., Mohr, M., & Krstrup, P. (2006). Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 665–674.
- Banda, M., et al. (2015). The influence of soccer match play on physiological and physical performance measures in soccer referees and assistant referees. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(6), 1510–1517.
- Barnett, A. (2006). Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: Does it help? *Sports Medicine*, 36(9), 781–796.
- Bear, M. F., Connors, B. W., & Paradiso, M. A. (2016). *Neuroscience: Exploring the brain* (4th ed.). Wolters Kluwer.
- Bechke, E., Kliszczewicz, B., & McLester, J. (2020). Nonlinear dynamics of heart rate variability: A review of current methodologies. *Frontiers in Physiology*, 11, 567.
- Bellenger, C.R., Fuller, J.T., Thomson, R.L., Davison, K., & Buckley, J. D. (2016). Monitoring athletic training status through autonomic heart rate regulation: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 46(10), 1461–1486.
- Bieuzen, F., Bleakley, C.M., & Costello, J.T. (2013). Contrast water therapy and exercise induced muscle damage: A systematic review and meta-analysis. *Plos One*, 8(4), 62356.
- Bishop, D., Edge, J., Thomas, C., & Mercier, J. (2008). Effects of high-intensity training on muscle lactate transporters and postexercise recovery of muscle lactate and hydrogen ions in women. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 295(6), 1991–1998.
- Bishop, P.A., Jones, E. & Woods, A.K. (2008). Recovery from training: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 1015-1024.
- Borresen, J., & Lambert, M.I. (2008). Autonomic control of heart rate during and after exercise: Measurements and implications for monitoring training status. *Sports Medicine*, 38(8), 633–646.

- Bouzigon, R., Dupuy, O., Tiemessen, I., De Nardi, M., Bernard, J.P., Mihailovic, T., ... & Dugué, B. M. (2021). Cryostimulation for post-exercise recovery in athletes: a consensus and position paper. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3, 688828.
- Brooks, G.A., & Kasper, M.L. (2009). *Exercise physiology: Human bioenergetics and its applications* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Buchheit, M., & Gindre, C. (2006). Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 291(1), 451–458.
- Buchheit, M., & Laursen, P.B. (2013). Physiological and performance responses to short-term sprint interval training: A systematic review. *Sports Medicine*, 43(4), 313–332.
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: Do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*.
- Budak, H. (2023). Egzersiz sonrası gerçekleştirilen güncel fiziksel toparlanma yöntemleri ve performans: literatür taraması. *Kilis 7 Aralık Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 7(1), 80-96.
- Busquets-Ferrer, M., González-Fernández, F.T., Clemente, F.M., & Castillo-Rodríguez, A. (2022). Effects of warm-up training on psychomotor vigilance and repeated-sprint ability of professional soccer referees: A pilot study. *Motor Control*, 26(4), 518–535.
- Canter, D., Comber, M., & Uzzell, D.L. (2024). *Football in its place: An environmental psychology of football grounds*. Taylor & Francis.
- Castagna, C., Abt, G., & D'Ottavio, S. (2007). *Physiological aspects of soccer refereeing performance and training*. *Sports Medicine*, 37(7), 625–646.
- Castillo-Rodríguez, A., Alejo-Moya, E.J., Figueiredo, A., Onetti-Onetti, W., & González-Fernández, F. T. (2023). Influence of physical fitness on decision-making of soccer referees throughout the match. *Heliyon*, 9(9), 19702.
- Cochrane, D.J. (2011). Vibration exercise: The potential benefits. *International Journal of Sports Medicine*, 32(2), 75–99.
- Corder, K.P., Potteiger, J.A., Nau, K.L., Figoni, S.F., & Hershberger, S.L. (2000). Effects of active and passive recovery on power output during repeated bouts of short-term, high-intensity exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14(2), 151–156.
- 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.
- Edge, J., Bishop, D., Goodman, C., & Dawson, B. (2009). Effects of high- and moderate-intensity training on metabolism and repeated sprints. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(11), 1975–1982.
- Edge, J., Mündel, T., Weir, K., & Cochrane, D.J. (2009). The effects of acute whole body vibration as a recovery modality following high-intensity interval training in well-trained, middle-aged runners. *European Journal of Applied Physiology*, 105(2), 421–428.

- Ewertowska, P., Światała, K., Grzyb, W., Urbański, R., Aschenbrenner, P., & Krzysztofik, M. (2023). Effects of whole-body vibration warm-up on subsequent jumping and running performance. *Scientific Reports*, 13(1), 7411.
- Fernandes da Silva, J., Teixeira, A.S., de Carvalho, J., Do Nascimento Salvador, P., Castagna, C., Ventura, A. P., ... & de Lucas, R. D. (2023). Match activity profile and heart rate responses of top-level soccer referees during Brazilian national first and second division and regional championships. *Science and Medicine in Football*, 7(3), 263-271.
- Franceschi, M., Brocard, J.F., Follert, F., & Gouguet, J.J. (2024). Determinants of football players' valuation: A systematic review. *Journal of Economic Surveys*, 38(3), 577-600.
- Fullagar, H.K., Skorski, S., Duffield, R., Hammes, D., Coutts, A.J., & Meyer, T. (2015). Sleep and athletic performance: The effects of sleep loss on exercise performance, and physiological and cognitive responses to exercise. *Sports Medicine*, 45(2), 161–186.
- García-Sillero, M., Vaquero-Cristóbal, R., Esparza-Ros, F., & López-Plaza, D. (2021). Comparison of interventional strategies to improve recovery after eccentric exercise-induced muscle fatigue. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 647.
- García-Sillero, M., Jurado-Castro, J.M., Benítez-Porres, J., & Vargas-Molina, S. (2021). Acute effects of a percussive massage treatment on movement velocity during resistance training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(15), 7726.
- Gibala, M.J., & McGee, S.L. (2008). Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: A little pain for a lot of gain? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 36(2), 58–63.
- Gladden, L.B. (2004). Lactate metabolism: A new paradigm for the third millennium. *Journal of Physiology*, 558(1), 5–30.
- Göral, K. (2019). The importance of set-pieces in soccer: Russia 2018 FIFA World Cup analysis: Futbolda duran topların önemi: Rusya 2018 FIFA Dünya Kupasının analizi. *Journal of Human Sciences*, 16(3), 885-893.
- Günay, M., Tamer, K. & Cicioğlu, İ. (2013). *Endokrin sistem, spor fizyolojisi ve performans ölçümü*. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Günay, M., Tamer, K., Cicioğlu İ ve Şıktar, E., (2017). *Spor fizyolojisi ve performans ölçüm testleri* (Genişletilmiş 4. Baskı). Gazi Kitapevi, Ankara.
- Haff, G.G., & Triplett, N.T. (2015). *Essentials of Strength Training and Conditioning* (4th ed.). Human Kinetics.
- Halko, M.L., & Sääksvuori, L. (2017). Gender differences in heart rate variability: A meta-analysis. *Biological Psychology*, 129, 1-10.
- Halson, S.L., & Jeukendrup, A.E. (2024). Effectiveness of recovery strategies after training and competition in endurance athletes: An umbrella review. *Sports Medicine- Open*, 10(1), 24.
- Helsen, W. (2023). The acquisition of perceptual-cognitive expertise in officiating in association football – state of the art. *Asian Journal of Sport and Exercise*

- İşler, A.K. (2007). Titreşimin performansa etkisi. *Spor Bilimleri Dergisi*, 18(1), 42-56.
- Kandel, E.R., Schwartz, J.H., & Jessell, T.M. (2013). *Principles of Neural Science* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Kang, S.R., Min, J.Y., Yu, C., & Kwon, T.K. (2017). Effect of whole body vibration on lactate level recovery and heart rate recovery in rest after intense exercise. *Technology and Health Care*, 25(1), 115-123.
- Kraemer, W.J. (1990). Hormonal and growth factor responses to heavy resistance exercise protocols. *Journal of Applied Physiology*, 69(4), 1442–1450.
- Krustrup, P., Mohr, M., Ellingsgaard, H., & Bangsbo, J. (2009). Physical demands during an elite female soccer game: Importance of training status. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(7), 1242–1248.
- Laborde, S., Mosley, E., & Thayer, J.F. (2017). Heart rate variability and cardiac vagal tone in psychophysiological research – Recommendations for experiment planning, data analysis, and data reporting. *Frontiers in Psychology*, 8, 213.
- LaForgia, J., Withers, R.T., & Gore, C.J. (2006). Effects of exercise intensity and duration on the excess post-exercise oxygen consumption. *Journal of Sports Sciences*, 24(12), 1247–1264.
- Leeder, J., Gissane, C., van Someren, K., Gregson, W., & Howatson, G. (2012). Cold water immersion and recovery from strenuous exercise: A meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 46(4), 233–240.
- López-Valenciano, A., Ruiz-Pérez, I., García-Gómez, A., Vera-García, F. J., Croix, M. D. S., Myer, G. D., & Ayala, F. (2020). Epidemiology of injuries in professional football: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 54(12), 711-718.
- MacMahon, C., Helsen, W. F., Starkes, J.L., & Weston, M. (2007). Decision-making skills and deliberate practice in elite association football referees. *Journal of Sports Sciences*, 25(1), 65–78.
- Malik, M., Bigger, J.T., Camm, A.J., Kleiger, R.E., Malliani, A., Moss, A.J., & Schwartz, P.J. (1996). Heart rate variability: Measurement and clinical utility. *Annals of Noninvasive Electrocardiology*, 1(2), 151–181.
- Marieb, E.N., & Hoehn, K. (2019). *Human anatomy & physiology* (11. bs.). Pearson.
- Marín, P.J., & García, A. (2024). Effects of whole-body vibration on psychological well-being and stress reduction in athletes: A preliminary study. *European Journal of Applied Physiology*, 124(3), 901-910.
- Martinho, D.V., Field, A., Rebelo, A., Gouveia, É.R., & Sarmento, H. (2023). A systematic review of the physical, physiological, nutritional and anthropometric profiles of soccer referees. *Sports Medicine-Open*, 9(1), 72.
- McEwan, G.P., Unnithan, V.B., Easton, C., Glover, A.J., & Arthur, R. (2024). Decision-making accuracy of soccer referees in relation to markers of internal and external load. *European Journal of Sport Science*, 24(6), 659-669.
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D. (2013). Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus

- statement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 45(1), 186–205.
- Michael, S., Graham, K.S., & Oam, G.M. (2017). Cardiac autonomic responses during exercise and post-exercise recovery using heart rate variability and systolic time intervals—A review. *Frontiers in Physiology*, 8, 301.
- Mietus, J.E., Peng, C.K., Henry, I., Goldsmith, R.L., & Goldberger, A.L. (2002). The pNNx files: re-examining a widely used heart rate variability measure. *Heart*, 88(4), 378–380.
- Milanović, Z., Sporiš, G., & Weston, M. (2015). Effectiveness of high-intensity interval training (HIIT) and continuous endurance training for VO₂max improvements: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 45(10), 1469–1481.
- Moreno-Pérez, V., Courel-Ibáñez, J., Del Coso, J., & Sánchez-Sánchez, J. (2022). The effects of match congestion on physical performance in football referees. *International Journal of Sports Medicine*, 43(6), 512–518.
- Murray, A., Fullagar, H., Turner, A.P. ve Sproule, J. (2018). Recovery practices in division collegiate athletes in North America. *Physical Therapy in Sport*, 32(17), 67-73.
- Muscella, A., Stefano, E., & Marsigliante, S. (2021). The effects of training on hormonal concentrations and physical performance of football referees. *Physiological reports*, 9(8), 14740.
- Musin, O.A., Zhemchug, Y.S., Sokolov, V.V., Gryaznov, I.Y., Savchenko, T.A., & Shlykova, Y.V. (2020). The system of training and passing control standards for the physical training of football referees. *EurAsian Journal of Biosciences*, 14(2).
- Nepocatych, S., Balilionis, G., & Todd, M.K. (2015). Lower-body vibration and local muscle cooling combined effects on recovery following exercise. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 4(2), 5-10.
- Nuriddinov, A., Sayfiyev, H., & Sirojev, S. (2023). Why Football Is The First Sport That Comes To Mind Today. *Modern Science and Research*, 2(9), 200-203.
- Plews, D.J., Laursen, P.B., Stanley, J., Kilding, A.E., & Buchheit, M. (2013). Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring. *Sports Medicine*, 43(9), 773–781.
- Pham, T., Lau, Z.J., Chen, S.A., & Makowski, D. (2021). Heart rate variability in psychology: A review of HRV indices and an analysis tutorial. *Sensors*, 21(12), 3998.
- Pizzera, A., Laborde, S., Lahey, J., & Wahl, P. (2022). Influence of physical and psychological stress on decision-making performance of soccer referees. *Journal of sports sciences*, 40(18), 2037-2046.
- Rajendran, P., Li, P., & Xu, L. (2017). Autonomic function and heart rate variability: The effects of exercise and stress. *Journal of Clinical Medicine*, 6(4), 56.
- Reilly, T., & Gregson, W. (2006). Special populations: The referee and assistant referee. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 795–801.
- Reilly, T., & Gregson, W. (2006). Special populations: The referee. *Journal of Sports Sciences*, 24(7), 795–801.

- Robergs, R.A., & Roberts, S.O. (1997). *Exercise physiology: Exercise, performance, and clinical applications*. McGraw-Hill.
- Romano, V., Tuzi, M., Gregorio, A., Sacco, A.M., Belviso, I., Sirico, F., & Montagnani, S. (2021). Correlation between official and common field-based fitness tests in elite soccer referees. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 6(3), 59.
- Sánchez-Sánchez, J., Botella, J., Hernández, J.L., León, M., Hernández, V., Colino, E., Gallardo, L., & Unanue, J. (2021). Heart rate variability and physical demands of in-season youth elite soccer players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1391.
- Sandercock, G.R., & Brodie, D.A. (2006). The role of heart rate variability in prognosis for different modes of exercise. *Sports Medicine*, 36(8), 633-643.
- Sarı, A., & Kızılkaya, A. (2017). Yüksek yoğunluklu aralıklı antrenmanın anaerobik güce etkisi. *Uluslararası Spor Egzersiz ve Antrenman Bilimi Dergisi*, 3(1), 34–41.
- Sarmiento, H., Clemente, F.M., Araújo, D., Davids, K., McRobert, A., & Figueiredo, A. (2021). What do we know about the effects of small-sided games in football? A systematic review. *Sports Medicine*, 51(5), 927-949.
- Shaffer, F., & Ginsberg, J.P. (2017). An overview of heart rate variability metrics and norms. *Frontiers in Public Health*, 5, 258.
- Slack, L.A., Maynard, I.W., Butt, J., & Olusoga, P. (2013). Factors underpinning football officiating excellence: Perceptions of english premier league referees. *Journal of Applied Sport Psychology*, 25(3), 298–315.
- Snell, R.S. (2010). *Clinical neuroanatomy*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Sonnentag, S., Cheng, B.H., & Parker, S.L. (2022). Recovery from work: Advancing the field toward the future. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, 9(1), 33-60.
- Spitz, J., Wagemans, J., Memmert, D., Williams, A.M., & Helsen, W.F. (2021). Video assistant referees: The impact of technology on decision making in association football referees. *Journal of Sports Sciences*, 39(2), 147-153.
- Stanley, J., D'Auria, S., & Buchheit, M. (2013). Cardiac parasympathetic activity and race performance: An elite triathlete case study. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(6), 733–735.
- Stanley, J., Peake, J.M., & Buchheit, M. (2013). Cardiac parasympathetic reactivation following exercise: implications for training prescription. *Sports Medicine*, 43(12), 1259–1277.
- Stølen, T., Chamari, K., Castagna, C., & Wisløff, U. (2005). Physiology of soccer: An update. *Sports Medicine*, 35(6), 501–536.
- Szymiski, D., Opitz, S., Pfeifer, C., Rupp, M., Angele, P., Alt, V., & Krutsch, V. (2022). High injury rates and weak injury prevention strategies in football referees at all levels of play. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 32(2), 391-401.
- Tiwari, R., Kumar, R., Malik, S., Raj, T., & Kumar, P. (2021). Analysis of heart rate variability and implication of different factors on heart rate variability. *Current cardiology reviews*, 17(5), 74-83.

- Tøien, T., Pedersen, M. T., Nielsen, J. J., & Ørtenblad, N. (2023). High-intensity interval training enhances mitochondrial biogenesis and muscle fiber adaptations in athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 33(6), 987-999.
- Tuyls, K., Omidshafiei, S., Muller, P., Wang, Z., Connor, J., Hennes, D., ... & Hassabis, D. (2021). Game Plan: What AI can do for football, and what football can do for AI. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 71, 41-88.
- Webb, T., & Hill, D. (2020). The psychology of soccer referees. In *The psychology of soccer*, 74-87.
- Weston, M., Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Bizzini, M., & Gregson, W. (2012). Analysis of physical match performance in English Premier League soccer referees with particular reference to first half and player work rate. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(6), 504–510.
- Weston, M., Castagna, C., Impellizzeri, F.M., Bizzini, M., Williams, A.M., & Gregson, W. (2012). Science and medicine applied to soccer refereeing: An update. *Sports Medicine*, 42(7), 615-631.
- Yanaoka, T., Kidokoro, T., Edamoto, K., Kashiwabara, K., Yamagami, J., & Miyashita, M. (2017). Effect of different methods of active recovery after high-intensity exercise on intermittent exercise performance of soccer referees. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 6(5), 335-342.
- Yılmaz, A.K., & Günay, M. (2009). Aralıklı yüklenme türlerinin futbolcularda aerobik performansa etkisi. *Spor Bilimleri Dergisi*, 20(2), 58–67.
- Zhang, L., Geok, S.K., Wazir, M.R., & Qin, L. (2025). Physical demands and physiological response of soccer referees in high-level matches: A systematic review. *Plos One*, 20(1), 31-54.
- Zohar, A.H., Cloninger, C.R., & McCraty, R. (2013). Personality and heart rate variability: Exploring pathways from personality to cardiac coherence and health. *Open Journal of Social Sciences*, 1(6), 32-39.

EKLER

Ek 1: İnsan Araştırmaları Etik Kurulu Uygunluk Onayı



T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
İnsan Araştırmaları Etik Kurulu



Sayı : E-34183927-020-00000964829
Konu : 2024/03-179 Protokol Numaralı Başvurunuz
Hk

11.07.2024

Sayın: Esra SAĞLAM

Futbol Hakemlerinde Yorucu Egzersizlerden Sonra Gerçekleştirilen Pasif Dinlenme ve Titreşimli Platform Yöntemlerinin Kalp Atım Hızı Değişkenliği Üzerindeki Etkisi başlıklı ve 2024/03-179 protokol numaralı başvuru kurulumuz tarafından 10.07.2024 tarihli toplantıda incelenmiş ve toplantıya katılan kurul üyelerinin oy birliği ile başvurunuzun hakkında “**UYGUNDUR**” kararı verilmiştir.

Bilgilerinize rica ederim.

Prof. Dr. Eyup AKIN
Kurul Başkanı

Bu belge güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu: 83B302A5-8126-4567-8FB4-804A6996E0D1 Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/aksaray-universitesi-ebys>
Adres: Aksaray Üniversitesi
Telefon No: 03822883078 Faks No: 03822883007 Ayrıntılı bilgi için: Tuğba YİĞİT
e-Posta: İnternet Adresi: <https://www.aksaray.edu.tr/> Memur
KEP Adresi: Telefon No: 03822883078
Evrakın elektronik imzalı suretine <https://e-belge.aksaray.edu.tr> adresinden 83b302a5-8126-4567-8fb4-804a6996e0d1 kodu ile ulaşılabilir.
Bu Belge 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu'nun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır



ÖZGEÇMİŞ

yılında doğdu. 2009 yılında Yavuz Sultan Selim ilköğretim Okulu'ndan, 2014 yılında Kanber Demir Lisesinden, 2019 yılında Harran Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği bölümünden; 2022 yılında Aksaray Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi bölümünden mezun oldu. 2023 yılında Aksaray Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Atletizm ile çok küçük yaşta tanıştı ve uzun bir süre lisanslı sporcu olarak yarışmalara katıldı. Ulusal ve uluslararası yarışmalarda dereceler elde etti. 2023 yılında Aksaray Gençlik ve Spor İl Müdürlüğü'ne Atletizm Antrenörü olarak atandı. 2017 yılında başladığı futbol hakemliğinde, 2019 yılında Bölgesel Hakemliğe terfi etti ve halen Klasmanda futbol hakemliğine devam etmektedir.