

T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI

Tayfun İŞLEN

PROFESYONEL FUTBOLCULARDA MÜSABAKA DÖNEMİNDE BAZI
BİYOKİMYASAL ANTİOKSİDAN AKTİVİTELERİN İNCELENMESİ

DOKTORA TEZİ

MUŞ-2026

T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI

Tayfun İŞLEN

**PROFESYONEL FUTBOLCULARDA MÜSABAKA DÖNEMİNDE BAZI
BİYOKİMYASAL ANTİOKSİDAN AKTİVİTELERİN İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

TEZ JÜRİ ÜYELERİ

Tez Danışmanı : Doç. Dr. M. Fatih BİLİCİ
II. Tez Danışmanı : Prof. Dr. Halit DEMİR
Jüri Üyesi : Prof. Dr. Alper KARADAĞ
Jüri Üyesi : Doç. Dr. Nevzat DİNÇER
Jüri Üyesi : Doç. Dr. M. Zahit KAHRAMAN
Jüri Üyesi : Dr. Öğr. Üyesi Harun KOÇ

MUŞ-2026

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
ÖZET.....	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
KISALTMALAR DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XI
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

ARAŞTIRMANIN AMACI

1.1. ARAŞTIRMANIN AMACI VE ÖNEMİ	4
1.2. SINIRLILIKLAR.....	4
1.3. VARSAYIMLAR	5

İKİNCİ BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

2.1. FUTBOL KAVRAMI	6
2.2. FUTBOLUN TARİHÇESİ.....	7
2.2.1. Futbolun Fiziksel Boyutu	8
2.2.2. Futbolun Fizyolojik Boyutu	10
2.2.3. Futbolda temel fiziksel ve motorik kapasiteler	10
2.2.3.1. Dayanıklılık.....	10
2.2.3.2. Kuvvet.....	11
2.2.3.3. Sürat	12
2.2.3.4. Esneklik.....	12
2.2.3.5. Koordinasyon	13
2.2.3.6. Denge	13
2.3. FUTBOLDA YILLIK ANTRENMAN PLANLAMASI.....	14
2.3.1. Futbolda Hazırlık Dönemi.....	14
2.3.2. Futbolda Müsabaka Dönemi	15
2.4. ENERJİ SİSTEMLERİ	17

2.4.1. Futbolda aerobik enerji sistemi	18
2.4.2. Futbolda anaerobik enerji sistemi	19

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

HEMOGRAM VE BİYOKİMYA PARAMETRELERİ

3.1. KIRMIZI KAN HÜCRESİ (RBC)	21
3.2. BEYAZ KAN HÜCRESİ (WBC).....	22
3.3. HEMOGLOBİN (HGB)	23
3.4. ORTALAMA ERİTROSİT HACMİ (MCV)	23
3.5. HEMATOKRİT (HCT)	24
3.6. TROMBOSİTLER (PLT)	25
3.7. KREATİNİN (CK).....	26
3.8. ÜRE	27
3.9. ALT (Alanin Aminotransferaz)	28
3.10. AST (Aspartat Aminotransferaz)	29
3.11. GLUKOZ (Kan Şekeri)	30
3.12. ANTİOKSİDANLAR.....	31
3.13. ANTİOKSİDANLARIN SINIFLANDIRILMASI.....	32
3.13.1. Süperoksit dismutaz (SOD).....	33
3.13.2. Katalaz (CAT)	33
3.13.3. Glutatyon (GSH)	36
3.13.4. Malondialdehit (MDA)	40
3.14. EGZERSİZDE SERBEST RADİKALLER VE OKSİDATİF STRES.....	41

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE METOD

4.1. ARAŞTIRMA GRUBU.....	44
4.2. ARAŞTIRMANIN ETİK KURUL RAPORU	45
4.3. ARAŞTIRMANIN ZAMAN PLANI VE ÖLÇÜM PERİYOTLARI	46
4.4. ANTROPOMETRİK ÖLÇÜMLER	48
4.5. KAN NUMUNELERİNİN ALINMASI VE ÖRNEKLEME PROSEDÜRÜ ...	49
4.6. BİYOKİMYASAL VE HEMATOLOJİK ANALİZ YÖNTEMLERİ.....	50
4.6.1. Biyokimyasal Parametrelerin Analizi	50
4.6.2. Hematolojik Parametrelerin Analizi.....	51

4.7. OKSİDATİF STRES VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTE	
PARAMETRELERİNİN ANALİZİ.....	52
4.8. İSTATİSTİKSEL ANALİZ	53

BEŞİNCİ BÖLÜM

BULGULAR

5.1. BULGULAR.....	56
SONUÇ VE TARTIŞMA.....	66
KAYNAKÇA	83
EKLER.....	100



ÖZET

DOKTORA TEZİ

PROFESYONEL FUTBOLCULARDA MÜSABAKA DÖNEMİNDE BAZI BİYOKİMYASAL ANTİOKSİDAN AKTİVİTELERİN İNCELENMESİ

Tayfun İŞLEN

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Muhammed Fatih BİLİCİ

2026, 112 sayfa

Çalışmanın amacı profesyonel futbolcuların müsabaka döneminin hazırlık dönemi, müsabaka başlangıç dönemi ve müsabaka sonu döneminde fiziksel performans ile birlikte kas hasarı ile ilişkili hematolojik yorgunlukla, karaciğer enzimleri gibi biyokimyasal parametreleri takip ederek, futbolcularda performansa olan etkisini bazı antioksidan aktivitelerinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Çalışma grubunu Van ilini temsil eden ve Türkiye Futbol Federasyonu (TFF) 2. Lig bünyesinde mücadele eden Vanspor Futbol Kulübü'nde aktif olarak forma giyen, düzenli antrenman yapan ve yaş ortalaması 24.83 ± 3.35 , boy ortalaması 1.81 ± 0.076 ve kilo ortalaması 75.10 ± 2.60 olan profesyonel statüde bulunan 12 gönüllü futbolcu oluşturmaktadır.

Çalışma grubunda yer alan futbolculardan, kas enzimleri aktivitesi parametreleri ALT (Alanin Aminotransferaz), AST (Aspartat Aminotransferaz), Kreatin, Üre, Glikoz ve eGFR (Tahmini Glomerüler Filtrasyon Hızı) yer alırken; hematolojik parametreler olarak WBC (Lökosit), MONO (Monosit), PLT (Trombosit), PDW (Platelet Dağılım Genişliği), MPV (Ortalama Platelet Hacmi), P-LCR (Büyük Platelet Oranı), PCT (Platelet Kritik Hacmi), RBC (Eritrosit), HGB (Hemoglobin) ve HCT (Hematokrit) değerleri incelenmiştir. Ayrıca, CAT (Katalaz), GSH (Glutasyon) ve MDA (Malondialdehit) düzeyleri de oksidatif stres ve antioksidan kapasite parametrelerinin analiz edilmesi amacıyla üç dönemde (hazırlık dönemi, müsabakaların başlangıç dönemi ve müsabakaların sonunda) kan örnekleri alınmıştır. Ayrıca katılımcı futbolcuların yaş, boy ve kilo ölçümleri yapılmıştır.

Bu çalışmada, aynı bireylerden üç farklı dönemde alınan ölçümlerin karşılaştırılmasında, verilerin normal dağılım göstermemesi nedeniyle parametrik olmayan testlerden Friedman testi kullanılmıştır. Tüm analizlerde istatistiksel anlamlılık

düzeyi ($p<0,05$) olarak kabul edilmiştir. Araştırmamızın bulgularına göre antioksidan savunma sistemi parametreleri arasında MDA için ortalamalar arasındaki fark anlamlı bulunmazken, CAT ve GSH için ortalamalar arasındaki fark istatistik olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$). Bağışıklık ve inflamasyon ve enerji metabolizması göstergeleri incelendiğinde WBC, MCH, PCT, ALT ve eGFR istatistik olarak anlamlı bulunurken diğer parametreler istatistik olarak anlamlı bulunmamıştır ($p<0.05$).

Sonuç olarak, çalışmanın bulguları profesyonel futbolcularda düzenli ve yoğun antrenmanların biyokimyasal, hematolojik ve antioksidan sistemlerde uyumlu, dengeli ve koruyucu fizyolojik adaptasyonlar oluşturduğunu göstermektedir. Kas, karaciğer ve böbrek fonksiyonları fizyolojik sınırlar içinde korunurken, antioksidan savunma mekanizmalarının güçlenmesi oksidatif hasarın önüne geçmiştir. Bu bulgular, profesyonel futbolcularda antrenman yüklenmesi ile toparlanma arasındaki dengenin doğru biçimde yönetildiğinde, performansın sürdürülebilirliğini destekleyen güçlü bir biyolojik istikrarın sağlanabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Antioksidan, Biyokimya, Enzim, Futbol, Spor.

ABSTRACT

PhD THESIS

EXAMINATION OF CERTAIN BIOCHEMICAL ANTIOXIDANT ACTIVITIES IN PROFESSIONAL FOOTBALL PLAYERS DURING THE COMPETITION PERIOD

Tayfun İŞLEN

Advisor: Associate Prof. Muhammed Fatih BİLİCİ

2026, Page: 112

The aim of this study was to evaluate the effects of the competition period on performance in professional football players by monitoring physical performance together with hematological fatigue-related markers associated with muscle damage, biochemical parameters such as liver enzymes, and selected antioxidant activities during the preparation period, the beginning of the competition period, and the end of the competition period.

The study group consisted of 12 volunteer professional football players actively competing for Vanspor Football Club, representing the city of Van in the Turkish Football Federation (TFF) 2nd League. The participants were regularly training athletes with a mean age of 24.83 ± 3.35 years, mean height of 1.81 ± 0.076 m, and mean body weight of 75.10 ± 2.60 kg.

Biochemical parameters related to muscle enzyme activity included alanine aminotransferase (ALT), aspartate aminotransferase (AST), creatinine, urea, glucose, and estimated glomerular filtration rate (eGFR). Hematological parameters evaluated were white blood cell count (WBC), monocytes (MONO), platelets (PLT), platelet distribution width (PDW), mean platelet volume (MPV), platelet-large cell ratio (P-LCR), plateletcrit (PCT), red blood cells (RBC), hemoglobin (HGB), and hematocrit (HCT). In addition, catalase (CAT), glutathione (GSH), and malondialdehyde (MDA) levels were analyzed as indicators of antioxidant capacity and oxidative stress. Blood samples were collected at three time points: the preparation period, the beginning of the competition period, and the end of the competition period. Anthropometric measurements including age, height, and body weight were also recorded.

As the data did not show a normal distribution, the Friedman test was used to compare repeated measurements obtained from the same individuals across the three periods. Statistical significance was set at ($p < 0.05$).

The results revealed no significant differences in MDA levels among antioxidant defense parameters, whereas significant differences were observed in CAT and GSH levels ($p < 0.05$). Regarding immune, inflammatory, and energy metabolism indicators, WBC, MCH, PCT, ALT, and eGFR values showed statistically significant changes, while the remaining parameters did not differ significantly ($p < 0.05$).

In conclusion, the findings indicate that regular and intensive training in professional football players induces balanced, adaptive, and protective physiological responses in biochemical, hematological, and antioxidant systems. Muscle, liver, and kidney functions were maintained within physiological limits, while enhanced antioxidant defense mechanisms helped prevent oxidative damage. These results suggest that when the balance between training load and recovery is properly managed, a strong biological stability supporting sustainable performance can be achieved in professional football players.

Key Words: Antioxidant, Biochemistry, Enzyme, Football, Sports.

TEŞEKKÜR

Uzun bir zaman boyunca büyük emek ve özveriyle sürdürdüğüm doktora tezimi tamamlamanın heyecanını ve gururunu yaşıyorum. Bu süreçte yanımda olan, desteğini esirgemeyen ve beni daima motive eden tüm değerli insanlara içtenlikle teşekkür etmek isterim.

Öncelikle, yalnızca tez sürecinde değil, tanıştığımız ilk günden bu yana ihtiyaç duyduğum her anda bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren, desteğini her daim arkamda hissettiğim çok kıymetli danışmanlarım Doç. Dr. Muhammed Fatih BİLİCİ ve Prof. Dr. Halit DEMİR'e en samimi teşekkürlerimi sunarım. Aynı zamanda tez savunma jürimde yer alarak katkı ve değerlendirmeleriyle çalışmama değer katan hocalarım Prof. Dr. Nevzat DİNÇER, Prof. Dr. Alper KARADAĞ, Doç. Dr. M. Zahit KAHRAMAN ve Dr. Öğr. Üyesi Harun KOÇ'a sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca veri analizi döneminde katkı ve yardımından dolayı Prof. Dr. Canan DEMİR hocama ve veri toplama döneminde gönüllü olarak katkıda bulunan Vanspor Futbol Kulübünün değerli futbolcularına teşekkür ederim.

Son olarak, doktora eğitimim boyunca büyük fedakârlıklar gösteren, bana huzurlu bir çalışma ortamı sağlamak için elinden geleni yapan, yorulduğum ve bunaldığım dönemlerde beni motive eden ve bana dünya tatlısı iki evlat veren biricik eşim Ruken İŞLEN'e minnettarım. Varlığıyla bu yolculuğu benim için daha anlamlı kıldı.

Muş-2026

Tayfun İŞLEN

KISALTMALAR DİZİNİ

ATP	:	Adenozin Trifosfat
ALT	:	Alanin Aminotransferaz
AST	:	Aspartat Aminotransferaz
SOD	:	Süperoksit Dismutaz
CAT	:	Katalaz
GSH	:	Glutasyon
MDA	:	Malondialdehit
GPx	:	Glutasyon Peroksidaz
Cu	:	Bakır
Zn	:	Çinko
Mn	:	Manganez
NADPH	:	Nikotinamid Adenin Dinükleotid Fosfat
H ₂ O ₂	:	Hidrojen Peroksite
Fe	:	Demir
ROS	:	Reaktif Oksijen
Cm	:	Santimetre
Kg	:	Kilogram
X	:	Ortalama
SS	:	Standart Sapma
MONO	:	Monosit
CK	:	Kreatin
FİFA	:	Fédération Internationale de Football Association
HCT	:	Hematokrit
HGB	:	Hemoglobin
M.Ö	:	Milattan Önce
MCV	:	Ortalama Eritrosit Hacmi
PLT	:	Trombositler
RBC	:	Eritrositler
TFF	:	Türkiye Futbol Federasyonu
UEFA	:	Union of European Football Associations
WBC	:	Beyaz Kan Hücreleri

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 5.1. Çalışma grubuna ait demografik özellikler.....	56
Tablo 5.2. Oksidatif stresle ilişkili biyokimyasal parametrelerin ölçüm periyotlarına göre dağılımı	57
Tablo 5.3. Ölçüm periyotlarına göre antioksidan aktivite ve oksidatif stres belirteçleri	59
Tablo 5.4. Ölçüm periyotlarına göre bağışıklık sistemiyle ilişkili hematolojik parametrelerin dağılımı	60
Tablo 5.5. Ölçüm periyotlarına göre hematolojik ve trombosit parametreleri	61
Tablo 5.6. Ölçüm periyotlarına göre metabolik ve böbrek fonksiyonlarıyla ilişkili parametrelerin dağılımı	63
Tablo 5.7. Ölçüm periyotlarına göre eritrosit ve hemoglobin parametrelerinin dağılımı	64

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. CAT Formülü.....	34
Şekil 5.1. Profesyonel futbolcularda hazırlık dönemi, müsabaka dönemi başlangıcı ve müsabaka dönemi sonuna göre (a) ALT, (b) AST, (c) kreatin ve (d) üre düzeylerinin dağılımı	58
Şekil 5.3. Profesyonel futbolcularda ölçüm periyotlarına göre antioksidan savunma ve lipid peroksidasyon parametrelerinin dağılımı.....	59
Şekil 5.4. Profesyonel futbolcularda ölçüm periyotlarına göre lökosit (WBC) ve monosit (MONO) değerlerinin dağılımı	60
Şekil 5.5. Profesyonel futbolcularda ölçüm periyotlarına göre trombosit sayısı ve trombosit indekslerinin dağılımı..	62
Şekil 5.6. Profesyonel futbolcularda ölçüm periyotlarına göre (a) glikoz ve (b) tahmini glomerüler filtrasyon hızı (eGFR) değerlerinin dağılımı.	63
Şekil 5.7. Profesyonel futbolcularda ölçüm periyotlarına göre eritrosit sayısı (RBC), hemoglobin (HGB) ve hematokrit (HCT) düzeylerinin dağılımı..	65

GİRİŞ

Futbol dünya çapında organize olmuş en popüler spor dallarından birisidir. Modern futbolun, sporcuların performanslarının farklı pozisyonlara göre değiştiğini ve bu değişikliklerin antrenman yapılarını etkilediğini ifade edilmektedir. Savunma ve merkez (orta saha) oyuncularının, hücum oyuncularına kıyasla daha yüksek seviyede patlayıcı güç yeteneğine ihtiyaç duyduklarını belirtmektedir. Bu özelliğin geliştirilmesi için yapılan antrenmanlar, futbolcuların kas iskelet sistemlerinde mikro travmalara neden olabilir ve zamanla kaslarda hasar birikmesine ve ilerleyen dönemlerde kas yaralanmalarının ortaya çıkmasına yol açabilir. Futbolcularda yaşanan sakatlanma riskinin antrenman yöntemlerinin etkisiyle ilişkili olduğu vurgulanmaktadır (Proske ve Morgan, 2001).

Futbolcularda aerobik ve anaerobik kapasite çok önemli bir rol oynamaktadır. Çünkü futbolda birçok kısa süreli farklı şiddetlerde aktiviteler (sıçrama, yürüme, driling, pas, şut vb) yüksek bir aerobik ve anaerobik güç gerektirmektedir. Bu güç, kasların kuvveti ve patlayıcılığı ile ilişkilidir. Futbol, kuvvet, sürat, reaksiyon zamanı, dayanıklılık, çeviklik, nöromüsküler koordinasyon, dinamik ve statik denge, aerobik ve anaerobik kapasite gibi birçok kompleks özelliğin bir arada bulunmasını gerektiren bir spor dalıdır (Eniseler, 2010).

Fiziksel aktivite sırasında, insan organizmasında neredeyse bütün organ ve sistemlerde fiziksel ve fizyolojik değişiklikler meydana gelebilir. Doğru bilimsel yöntemler kullanılarak bu değişiklikler tespit edilebilir ve buna göre gerekli önlemler alınabilir. Yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen verilere dayanarak, sporcuların farklı antrenman koşullarına fizyolojik olarak uyum sağlamaları mümkün olabilir. Bu sayede sporcuların performanslarını artırmak ve sakatlanma riskini azaltmak için uygun antrenman programları oluşturulabilir (Hazar ve İbiş 2010; Günay ve ark.,2006; Özaltaş, 2015). Doğru performansın sergilenmesi için teknik, taktik, beceri, mental zeka, fiziksel, fizyolojik ve biyomekanik unsurların yanı sıra biyokimyasal ve hematolojik kan parametrelerinin de uygun düzeylerde olması beklenir. Bu parametrelerin optimal seviyelerde olması, sporcuların maksimum performansı elde etmelerine yardımcı olabilir (Aşçı ve ark., 2009).

Antrenman bilimi açısından, sporcuların fiziksel ve fizyolojik özelliklerinin tam olarak tespiti, farklı antrenman yöntemlerine uyum sağlama açısından büyük önem taşır. Sporcuların istenilen performansı elde etmeleri ve başarıya ulaşmaları için antrenman programlarının oluşturulmasında tüm özelliklerinin dikkate alınması gerekmektedir (Savucu ve ark., 2005). Dolaşım sistemiyle ilgili konular, kalp, damarlar ve kan dolaşımı gibi, sporcuların egzersize adapte olması, fiziksel ve fizyolojik dengeyi sağlama gibi birçok faktörü kapsar. Bu faktörler arasında biyokimyasal ve hematolojik parametreler de önemli bir rol oynar (Bezci, 2007; Öztürk, 2009).

Fiziksel aktivitenin, birçok sistemi etkilediği gibi hematolojik ve biyokimyasal parametreleri de etkileyebileceği düşünülmektedir. İnsanlarda egzersize uyum, kardiyovasküler aktivitenin adaptasyonu ve fiziksel, fizyolojik denge gibi fizyolojik cevabın düzenlenmesinde diğer birçok etkene ek olarak hematolojik ve biyokimyasal düzeylerin de önemli rol oynayabileceği belirtilmiştir (Arslan ve diğerleri, 1997; Baltacı ve diğerleri, 1998). Bu nedenle, fiziksel aktivitenin vücut üzerindeki etkilerini tam olarak anlamak ve sağlıklı bir şekilde uygulamak için hematolojik ve biyokimyasal parametrelerin de göz önünde bulundurulması önemlidir.

Futbolda başarının elde edilmesi için, sporcuların yüksek aerobik performansa sahip olmaları kadar, sporcu yaralanma hızını da düşük tutmaları önemlidir. Sporcu ve takım başarısı için hem performansın yüksek olması hem de sakatlanma riskinin düşük olması kritiktir. Birçok sporcu, antrenman programlarında kas ağrılarını önemli bir faktör olarak görmektedir. Yoğun antrenman sonrasında kas ağrısı hisseden sporcular, genellikle bir sonraki antrenman öncesinde ağrının geçmesini beklemekte ve antrenman şiddetini azaltmaktadırlar. Ancak, kas ağrıları geçtiğinde, antrenman yoğunluğunu artırarak tekrar başlamaktadırlar (Mirkin, 2003).

Gecikmiş kas yorgunluğuyla ilgili araştırmalar 1900'lerin başlarında başlamış ve bu yıllarda laktik asidin bu yorgunluğa neden olduğu teorisi ortaya atılmıştır. Ancak, son yıllarda yapılan araştırmalar, laktik asidin antrenmandan sonra kısa sürede normal seviyelere döndüğünü göstermektedir (Epstein, 1995; Hilbert, Sforzo ve Swensen, 2003). Gecikmiş kas yorgunluğunun neden olduğu ağrılar genellikle egzersizden saatler sonra ortaya çıkar ve 24 ila 48 saat sonra en yüksek şiddete ulaşabilir. Bu bilgiler, sporcuların antrenman programlarını planlarken ve kas ağrılarını yönetirken dikkate alınabilir.

Kas ağrıları, konsantrik (kas boyunun kısalarak, dinamik olarak kasılması) egzersizlerden daha az enerji gerektiren ekzantrik (kas boyunun uzayarak, dinamik olarak kasılması) egzersizlerden kaynaklanır (Szyman, 2000). Yüksek enerji açığıyla basit laktik asit asidozunun birlikte görülmesinin nedeni, konsantrik kasılmaların yol açtığıdır; bu tipik olarak gecikmiş kas yorgunluğunun nedenleri arasında değildir (Boning, 2000). Eğer öyle olsaydı, daha fazla metabolik enerji harcanan antrenmanlarda daha fazla gecikmiş kas yorgunluğuna bağlı ağrıların oluşması beklenirdi. Laktik asidin, egzersizden 24 ila 48 saat sonra devam eden gecikmiş kas yorgunluğuna neden olduğu düşünülmez (Dierking ve Bemben, 1998).

Gecikmiş kas yorgunluğu genellikle eksantrik egzersizlerin ardından veya alışılmamış bir egzersizin sonrasında ortaya çıkar (Yu, Carlsson ve Thornell, 2004). Eksantrik egzersiz sırasında kaslar daha fazla yapısal hasara maruz kalır, bu da kas enzimlerinin serbest kalmasına yol açabilir, örneğin kreatin kinaz (CK) gibi (Gleeson ve diğerleri, 1995). Kreatin kinaz (CK) enzimi, kas kasılmasının ilk dakikalarında, hücre içi ATP seviyesini sürdürmek için gereken yüksek enerjili fosfatları hızlı bir şekilde temin eder. Plazmada kreatin kinazın artışı, doku hasarının bir göstergesi olabilir. Kas dokusunda meydana gelen herhangi bir hasar, total kreatin kinaz düzeyinde kanında bir artışa neden olabilir (Montgomery ve diğerleri, 2000). Kreatin kinaz (CK) enziminin artışları kan serumunda izlenebilir ve iskelet kasında bir hasar sonucunda veya egzersiz sonrasında bu artışlar gözlemlenebilir (Murray ve diğerleri, 1991).

Çalışmamız profesyonel futbolcuların müsabaka döneminin birinci ve ikinci döneminde fiziksel performans ile birlikte kas hasarı ile ilişkili hematolojik yorgunlukla, karaciğer enzimleri gibi biyokimyasal parametreleri takip ederek, futbolcularda performansa olan etkisini bazı antioksidan aktivitelerinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ARAŞTIRMANIN AMACI

1.1. ARAŞTIRMANIN AMACI VE ÖNEMİ

Çalışmamız profesyonel futbolcuların müsabaka döneminin hazırlık dönemi, müsabaka başlangıç dönemi ve müsabaka sonu döneminde fiziksel performans ile birlikte kas hasarı ile ilişkili hematolojik yorgunlukla, karaciğer enzimleri gibi biyokimyasal parametreleri takip ederek, futbolcularda performansa olan etkisini bazı antioksidan aktivitelerinin incelenmesi amaçlanmaktadır.

Yapılan sınırlı sayıda uluslararası çalışma, profesyonel futbolcuların sezon boyunca artan kas hasarı bulgularıyla mücadele ettiklerini ve müsabakalar arası dinlenmelerin toparlanmaya yeterli katkı sağlamadığını ortaya koymaktadır. Ayrıca, yorgunluğun fiziksel stres parametreleriyle bağlantılı olduğu vurgulanmaktadır (Bompa, 2013).

Mevcut çalışmalar incelendiğinde, ülke genelinde benzer araştırmaların yeterince yapılmadığı gözlemlenmektedir. Bu nedenle, planladığımız çalışma ile müsabaka sezonu boyunca antrenman ve maç yoğunluğunun fiziksel strese etkisi incelenmektedir. Ayrıca, fiziksel stresin antrenman ve sezon süresince izlenmesi, erken dönemde yaralanma riskini belirlemeye yardımcı olacaktır. Bunun sonucunda futbolcuların sezon öncesi ve sezon içindeki performans düşüklüğünün nedenlerini araştırmak amaçlanmaktadır.

1.2. SINIRLILIKLAR

Bu çalışma Türkiye Futbol Federasyonu 2. Lig’de mücadele eden tek bir profesyonel futbol takımında (Vanspor Futbol Kulübü) oynayan 12 gönüllü futbolcudan oluşması, örneklem büyüklüğünün sınırlı kalmasına neden olmuştur. Profesyonel takım yapısı ve sezon planlaması gereği kontrol grubu oluşturulamamış ve randomizasyon uygulanamamıştır.

Bu çalışmada ölçümler yalnızca hazırlık dönemi, müsabaka döneminin başlangıcı ve müsabaka döneminin sonu olmak üzere üç zaman noktasında gerçekleştirilmiştir. Sezon boyunca karşılaşılan maç yoğunluğu, bireysel beslenme alışkanlıkları, uyku düzeni ve psikolojik stres gibi dış faktörler tam olarak kontrol altına alınamamıştır.

Ayrıca çalışmanın yalnızca erkek futbolcularla yürütülmüş olması, elde edilen bulguların kadın futbolcular veya farklı lig düzeylerindeki sporcular için doğrudan

genellenmesini sınırlandırmaktadır. Bu sınırlılıklar göz önünde bulundurularak, elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve yorumlanması önerilmektedir.

1.3. VARSAYIMLAR

Kan alımı günün aynı saatlerinde gerçekleştirildi ve biyolojik ritmin etkisinin aynı olduğu varsayıldı.

Testler sırasında, her sporcunun motivasyon ve psikolojik durumlarının benzer olduğu varsayıldığından, katılımcılar arasında farklılıklar gözlemlenebilir. Bu farklılıkların, antrenmanın etkisiyle ortaya çıkabileceği düşünülmektedir.

Uygulanacak testler kapsamında gönüllülere sezon öncesi ve sezon arası bir süre tanınması, fiziksel iyileşme ve toparlanma açısından kritik bir yaklaşım. Bu süre, sporcuların bir önceki testin fizyolojik etkilerinden arınması için gerekli olduğu düşünülmüş. Bu varsayım, sporcuların optimal performans göstermeleri için yeterli dinlenme ve iyileşme fırsatı bulmalarının önemini vurguluyor. Dolayısıyla, bu süre zarfında sporcuların fiziksel ve mental olarak yenilenmeleri, testlerin güvenilirliğini artıracak ve sonuçların doğruluğunu destekleyecektir.

İKİNCİ BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

2.1. FUTBOL KAVRAMI

Futbol, yüzyılın oyunu olarak kabul edilir ve bütün ülkelerin merakla takip edip oynadığı bir oyun olarak bilinir (Karavelioğlu, 2008). Kelime anlamıyla ‘foot’ kelimesinin Türkçe karşılığı ‘ayak’, ‘ball’ kelimesinin karşılığı ise ‘top’ olarak tanımlanır. Futbol, 17 belirlenen kural çerçevesinde, taç çizgisi uzunluğu 90 m ile 120 m, kale çizgisi uzunluğu ise 45 m ile 90 m arasında değişen dikdörtgen bir sahada oynanır. Oyun, ağırlığı 410 ile 450 gram arasında değişen yuvarlak bir topun, el ve kol kullanılmadan rakip kale direkleri arasından geçirilmesi amacıyla oynanır (Biçer, 2003).

Futbol, görevli hakemler tarafından yönetilen ve dünyanın en popüler spor branşıdır (Baylan, 1996). Futbol, seyirci açısından en çok ilgi gören sporlardan biridir. Oynanış şekli oldukça basittir ve maçın son dakikasına kadar skoru tahmin etmek mümkün olmadığından, heyecan verici bir spor dalı olarak öne çıkar (Stolen vd., 2005).

Futbol, uluslararası hareketliliği en üst düzeyde sağladığı için çağın sporu olarak nitelendirilir. Bunun yanı sıra, futbol; aerobik ve anaerobik enerji sistemlerinin sıralı olarak kullanıldığı, kondisyon ve koordinasyon gibi unsurların performansı bir arada etkilediği bir spor dalı olarak da tanımlanabilir (Ayran, 2006).

Futbol, günümüz spor dalları arasında önemli bir yere sahiptir. Dünyanın en popüler sporu olması ve milyonlarca kişiyi etkilemesi, futbolun sürekli tartışmalara neden olmasına yol açmıştır. Modern entelektüel düşünürler, futbolun masum bir oyun olmadığını ve çeşitli kesimler tarafından farklı amaçlarla kullanıldığını belirtmektedir. Bazılarına göre futbol, toplumları uyutan bir afyon; diğerlerine göre ise entelektüel bir din veya militarizmi teşvik eden bir savaş biçimidir (Baddiel ve Hines, 2000).

Milyonlarca sporcu ve çok sayıda izleyici, futbolun bir parçasıdır. Futbolcular, seyirciler, antrenörler ve yardımcı uzmanlar ile birlikte günümüzde futbol, bir endüstri haline gelmiştir. Bilim insanları, futbolun gençlerin ruhsal ve bedensel sağlığına katkıda bulunduğunu ve sosyolojik ile psikolojik gelişimlerinde olumlu etkiler yarattığını ifade ederek, bu sporu bir eğitim aracı olarak görmektedir (Erdoğan, 2008).

Futbol, çocukların, gençlerin ve yetişkinlerin fiziksel ve ruhsal gelişimini desteklerken, kişilik gelişimlerinde de önemli bir rol oynamaktadır. Öğrencilerin enerjilerini olumlu yönde kullanmalarını, ait olma duygusu geliştirmelerini, grup içindeki kurallara uymalarını, olumlu davranışlar sergilemelerini, takım ruhu için çaba harcamalarını, başarı ve başarısızlıkları paylaşmalarını, kendilerine ve arkadaşlarına saygı duymalarını ve liderlik gibi değerleri edinmelerini sağlayarak toplumsal hayatta önemli bir görev üstlenmektedir.

2.2. FUTBOLUN TARİHÇESİ

Futbolun ilk olarak nerede ve ne zaman oynandığına dair çeşitli bilgiler bulunmaktadır. Tarihi kaynaklar, futbolun ilk oynandığı yerler arasında Çin, Japonya, Hindistan, Mısır, Meksika, Yunanistan, İtalya, Fransa ve İngiltere'yi göstermektedir. Ancak, futbolun temellerinin özellikle İngiltere ve Fransa'da atıldığına dair daha fazla ortak görüş bulunmaktadır (Acar, 2013).

Amerika kıtasında, M.Ö. 1500 yıllarında Aztekler arasında futbol oynandığı, Alaska ve Kanada'da ise "buzda futbol" adıyla bir benzeri ortaya çıktığı kaydedilmiştir. Yunanlıların futbol oynarken ellerini de kullandığı, Romalıların bu oyunu Yunanlardan alarak "Harpastum" adıyla değiştirdiği bilinmektedir. Harpastum'un, modern futbolun temellerini oluşturduğu düşünülmektedir. Romalılar, Harpastum'u Fransa'ya ve diğer Avrupa halklarına yaymışlardır. Fransa'nın kuzeyindeki topluluklar, oyunu kendi tarzlarına göre uyarlamış, bu dönemde futbol İngiltere'de de hızla yayılmıştır. Futbol, bugünkü haline en yakın biçimini 17. yüzyılda İngiltere'den almıştır (Aktütün, 2010).

İlk futbol kulübü, 1857 yılında İngilizler tarafından İzmir'de kurulmuştur; ilk profesyonel lig ise 1888 yılında İngiltere'de hayata geçmiştir (Zelyurt, 2014). Resmi olarak, günümüz futbolunun 19. yüzyıl sonlarında İngiltere'de ortaya çıktığı kabul edilmiştir. 1863 yılında, futbolun elle oynanabilen ve elin kullanımının yasak olduğu şeklinde bir ayrım yapılmıştır. Profesyonel liglerin kurulmasıyla birlikte, 1904 yılında FIFA (Fédération Internationale de Football Association) oluşturulmuş ve ilk Dünya Futbol Şampiyonası 1930'da Uruguay'da gerçekleştirilmiştir (Cenikli vd., 2017).

Türk tarihi açısından futbola bakıldığında, çok eski dönemlerde Türklerin "ayak topu" oynadığına dair kanıtlar bulunmaktadır. Bu, futbolun köklerinin Türk kültüründe de yer aldığını göstermektedir. Türkiye'de kurulan ilk futbol kulübü, 1899 yılında

Kadıköy'de kurulmuş ve 1901 yılında tamamen Türk futbolculardan oluşan ilk kulüp olmuştur.

Türk futbolunun temellerinin atıldığı dönem olarak 1908-1923 yılları arasında Beşiktaş, Galatasaray ve Fenerbahçe gibi büyük kulüplerin kurulması dikkate alındığında, bu yılların Türk futbol tarihi açısından son derece önemli olduğu söylenebilir. Bu kulüpler, Türk futbolunun gelişimini hızlandırmış ve geniş bir taraftar kitlesi oluşturarak futbolun toplumda daha fazla yer edinmesine katkı sağlamıştır. Bu dönem, Türk futbolunun kimliğinin şekillendiği ve ulusal düzeyde tanınmaya başladığı bir süreçtir (İnal, 2013).

TFF (Türkiye Futbol Federasyonu), 1923 yılında Yusuf Ziya Öniş tarafından kurulmuştur ve bu tarih, Türk futbolunun organize bir yapıya kavuşmasının başlangıcını simgeler. 1951 yılında profesyonellik statüsünün kabul edilmesi, Türk futbolunun uluslararası düzeyde rekabet edebilme yeteneğini artırmıştır. Union of European Football Associations (UEFA) üyelik, Türkiye'nin Avrupa futbol sahnesinde yerini almasını sağlamış, bu da hem yerel kulüplerin hem de milli takımın gelişimine önemli katkılarda bulunmuştur. Bu süreç, Türk futbolunun hem organizasyonel hem de rekabetçi açıdan ilerlemesi için kritik bir adım olmuştur (TFF, 2024).

2.2.1. Futbolun Fiziksel Boyutu

Futbol, doğası gereği oyunculardan yüksek düzeyde fiziksel, fizyolojik ve antropometrik özellikler talep eden bir spor dalıdır ve bu özellikler sportif başarının temel belirleyicilerindendir (Milanović ve ark., 2017). Oyun, 45'er dakikalık iki devreden oluşmakta ve uzatmalarla birlikte toplamda yaklaşık 95–100 dakika sürmektedir. Her ne kadar futbol kesintisiz bir oyun gibi görünse de, 90 dakikalık sürenin tamamında top oyunda değildir. Topun oyunda kalma süresi; hava koşulları, karşılaştıran takımların oyun yapıları ve ligin temposu gibi faktörlere bağlı olarak değişmekle birlikte, ortalama bir müsabakada yaklaşık 65–70 dakika civarındadır.

Bu süre boyunca elit düzeydeki futbolculardan beklenen fiziksel performans oldukça yüksektir. Nitekim profesyonel bir karşılaşmada oyuncular toplamda yaklaşık 10–12 km mesafe kat etmektedir. Kat edilen mesafe oyuncuların pozisyonlarına göre farklılık gösterse de, genel dağılım incelendiğinde bu mesafenin yaklaşık %36'sını koşular, %24'ünü yürüyüşler, %20'sini yana kayma adımları, %7'sini geri koşular ve

%11'ini sprintler oluşturmaktadır (Strudwick ve Reilly 2001). Ayrıca toplam mesafenin yaklaşık %5 ile %15'i yüksek şiddetli koşulardan meydana gelmektedir (Modric ve ark., 2020). Yapılan istatistiksel incelemeler, bir futbol müsabakasında ortalama her 1,5 dakikada bir, 2–4 saniye süren sprintlerin gerçekleştirildiğini göstermektedir (Stolen ve ark., 2005). Modern futbolun artan temposuna paralel olarak yüksek şiddetli koşu hızlarında da yaklaşık %37 oranında bir artış olduğu bildirilmektedir (Mohr ve ark., 2003)

Bir futbol müsabakası sırasında sıçrama, sprint, yürüyüş, ikili mücadele, kayarak müdahale, yana kayma, geri koşu, ani yön değiştirme, yüksek şiddetli koşu, top kontrolü, akselerasyon, deselerasyon, yerden kalkma, top ile gerçekleştirilen hareketler ve çeşitli teknik beceriler gibi çok sayıda farklı aksiyon ortaya çıkmaktadır. Bu aksiyonların toplam sayısı, 90 dakikalık bir karşılaşma boyunca 1000–1400 arasında değişmekte ve her bir aksiyonun yaklaşık altı saniyelik kısa bir sürede tamamlanmasının ardından bir diğerine geçilmektedir (Orendurff ve ark., 2010).

Bu aksiyonların bazılarına ilişkin istatistiksel veriler incelendiğinde, ortalama bir müsabakada oyuncuların 30–40 kez kayma ve sıçrama, 30–40 kez sprint ve yaklaşık 700 civarında yön değiştirme gerçekleştirdiği görülmektedir (Dellal ve ark., 2012). Futbolda başarıyı belirleyen unsurlar arasında yalnızca bu fiziksel gereksinimler değil, aynı zamanda oyuncuların teknik beceri düzeyleri ile takımın taktik organizasyonu da kritik bir rol oynamaktadır (Hoff 2005).

Futbol müsabakasının son bölümlerine yaklaşıldıkça oyuncuların yüksek şiddetli koşu performanslarında belirgin bir azalma meydana geldiği bildirilmektedir. Ancak kondisyonel açıdan üst düzey özelliklere sahip oyuncularda sprint performansında anlamlı bir düşüş gözlenmemiştir (Günay ve Yüce 2008). Bununla birlikte, oyunun ikinci yarısında futbolcuların toplam koşu hacmi ve koşu şiddetlerinde yaklaşık %5–10 oranında bir azalma olduğu ifade edilmektedir (Stolen ve ark., 2005).

Mevkilere göre incelendiğinde, orta saha oyuncularının toplam koşu mesafelerinin diğer mevkilerde görev yapan oyunculara kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Mohr ve ark., 2003). Benzer şekilde, orta saha ve hücum oyuncularının koşu hızlarının daha üst seviyelerde olduğu, buna karşılık defans oyuncularının sıçrama performanslarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Bloomfield ve ark., 2007).

Oyun sırasında sıkça gerçekleştirilen bir diğer aksiyon yön değiştirme koşularıdır. Bu koşular, hem toplu hem de topsuz olarak uygulanmakta olup; rakibi geçme, aldatma ya da engelleme amacıyla ortaya çıkmaktadır. Yön değiştirme performansı, futbolun fiziksel gereklilikleri açısından önemli belirleyicilerden biri olarak kabul edilmekte ve oyuncuların oynadıkları mevkilere göre farklılık gösterebilmektedir (Eniseler, 2010).

2.2.2. Futbolun Fizyolojik Boyutu

Aerobik ve anaerobik kapasitenin yeterli düzeyde olması, yüksek şiddetli aktivitelerin gerçekleştirilebilmesini ve bu aktivitelerin ardından hızlı bir toparlanma sürecini mümkün kılmakta; bu nedenle söz konusu kapasite unsurları futbolda etkili performansın temel fizyolojik bileşenlerini oluşturmaktadır (Bangsbo ve ark., 2006). Futbolun fizyolojik gerekliliklerinin kapsamlı biçimde anlaşılması; oyuncu performansının optimize edilmesi, enerji gereksinimlerinin belirlenmesi, müsabaka döneminin uygun şekilde periyodize edilmesi, yaralanma riskinin azaltılması, uygulanacak antrenman yöntemlerinin seçilmesi ve fizyolojik testlerin doğru biçimde belirlenmesi açısından büyük önem taşımaktadır (Joyner ve Coyle 2008).

Bu doğrultuda, oyuncuların fiziksel ve fizyolojik özelliklerine ilişkin verilerin doğru biçimde tespit edilmesi; antrenörlerin antrenman planlamalarını etkili şekilde oluşturabilmeleri ve oyunculara nitelikli geri bildirim sağlayabilmeleri açısından kritik bir gereklilik olarak değerlendirilmektedir (Svensson ve Drust 2005)

2.2.3. Futbolda temel fiziksel ve motorik kapasiteler

2.2.3.1. Dayanıklılık

Birçok spor branşında kritik bir performans bileşeni olarak kabul edilmekte ve spor literatüründe farklı perspektiflerden ele alınmaktadır. Bompa (2013), dayanıklılığın sürat, kas kuvveti, beceri ve psikolojik durum gibi çeşitli değişkenlere bağlı bir özellik olduğunu vurgulamaktadır. Günay ve Yüce (2008) ise dayanıklılığı, sporcunun branşına özgü fiziksel yorgunluğa maksimum düzeyde direnebilme kapasitesi olarak tanımlamaktadır. Başka bir araştırmacı ise kavramı, yorgunluğa karşı koyabilme ve mümkün olan en kısa sürede toparlanabilme becerisi şeklinde açıklamıştır (Muratlı ve ark., 2011).

Dayanıklılık, temel olarak genel ve özel dayanıklılık biçiminde iki ana başlıkta incelenmektedir. Enerji sistemleri açısından değerlendirildiğinde ise aerobik ve anaerobik dayanıklılık olarak sınıflandırılmaktadır. Ayrıca yapılan egzersizin süresine bağlı olarak dayanıklılık; kısa, orta ve uzun süreli dayanıklılık olmak üzere üç kategoriye ayrılmaktadır (Weineck 2011).

2.2.3.2. Kuvvet

Kuvvet araştırmacılar tarafından benzer içeriklere sahip farklı tanımlarla ele alınmıştır. Bir tanıma göre kuvvet, sinir-kas sisteminin maruz kaldığı dirençlere karşı koyabilmek amacıyla güç üretebilme kapasitesidir (Stone ve ark., 2007). Benzer bir başka tanımda kuvvet; organizmanın karşılaştığı dış dirençlere karşı kaslarını kasabilme ve bu kasılmayı belirli bir süre sürdürebilme yeteneği olarak açıklanmaktadır (Fidelus ve Kocjasz 1998). Bompaa ve Haff (2017) ise kuvveti, herhangi bir cisim ya da dirence karşı sinir-kas sisteminde ortaya çıkan adaptasyonlar çerçevesinde değerlendirmektedir.

Her spor branşında yüksek performansa ulaşmada kuvvet önemli bir belirleyici olarak kabul edilmektedir. Çoğu branşta sıçrama, akselerasyon, deselerasyon, sprint, yön değişiklikleri, kısa ve uzun süreli koşular, ikili mücadeleler ve dönüşler gibi yüksek şiddetli aksiyonlar yer almaktadır. Bu nedenle sporcular önemli düzeyde mekanik yüke maruz kalmaktadır. Bu mekanik yükün yarattığı stres karşısında yaralanma riskini azaltmak ve performansı artırmak için kuvvet kapasitesinin optimal seviyede geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır (Stone ve ark., 2007).

Futbolda kuvvetin rolü son derece kritiktir. Çünkü kuvvet performansı; sürat, çabukluk, çeviklik, anaerobik dayanıklılık ve patlayıcı güç gibi birçok fiziksel özelliği doğrudan etkilemektedir. Kuvvet kapasitesi yüksek olan oyuncular; şut, sıçrama, sprint ve ikili mücadele gibi becerilerde daha başarılıdır ve müsabaka boyunca yüksek şiddetli aksiyonları daha etkin bir biçimde gerçekleştirebilmektedir (Turner ve Stewart 2014). Ayrıca kuvvet düzeyi yüksek olan futbolcuların atletik performanslarının daha gelişmiş olmasıyla birlikte sakatlanma risklerinin de daha düşük olduğu belirtilmektedir. Futbolda özellikle alt ekstremita kuvveti kritik öneme sahiptir. Oyun süresince gerçekleşen ikili mücadeleler, çarpışmalar, darbeler, ani yön değişiklikleri, kaymalar, ani sprintler ve sıçramalar kas-iskelet sistemi üzerine ciddi mekanik yük bindirmektedir. Bu yüklenmeler

karşısında yaralanma riskinin azaltılmasında kuvvet kapasitesinin rolü büyüktür (Carling ve ark., 2011).

2.2.3.3. Sürat

Sürat, bireyin kendisini mümkün olan en yüksek hızda bir noktadan başka bir noktaya taşıyabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle, insan bedeninin iki nokta arasında maksimum hızda hareket edebilme kapasitesidir. Sürat, kısa sürede yer değiştirme, hızlı reaksiyon ve bedenin olabildiğince hızlı hareket ettirilmesini kapsamaktadır (Dansu ve ark., 2017).

Fizyolojik açıdan sürat, sinir-kas sisteminin hızlı çalışması sonucu ortaya çıkan hareket olarak açıklanmaktadır. Burada, dış uyarıcılara karşı motor impulsların merkezi sinir sisteminden kaslara iletilme hızı kritik bir rol oynamaktadır. Sürat performansını belirleyen üç temel faktör vardır: tepki süresi, birim zamanda hareket sıklığı ve yol alma hızı. Bu üç faktörün etkileşimi hesaplanarak sporcunun sürat verimliliği belirlenebilir. Elde edilen sürat performans değeri sıfıra ne kadar yakınsa, sporcunun sürat becerisi de o kadar gelişmiş kabul edilmektedir (Bompa ve Haff 2017).

2.2.3.4. Esneklik

Esneklik ve hareketlilik kavramları sıklıkla birbirinin yerine kullanılsa da, esneklik ağırlıklı olarak kaslarla ilişkiliyken, hareketlilik kaslar, eklemler ve tendonlarla doğrudan bağlantılıdır. Bu bölümde her iki kavram, kolay anlaşılması için esneklik başlığı altında ele alınacaktır. Esneklik; açma, germe, bükme, yaklaştırma ve uzaklaştırma gibi aksiyonları kapsar ve kas ile eklemlerin hareket açıklığını olabildiğince geniş açılarda ve farklı yönlerde gerçekleştirebilme yeteneği olarak tanımlanır. Esnekliğin seviyesi ve eklem hareket açıklığındaki sınırlar, kas ve tendonların izin verdiği ölçüyle sınırlıdır (Muratlı ve ark., 2011).

Esneklik genellikle erken yaşlarda maksimum seviyelere ulaşırken, yaş ilerledikçe azalma gösterir ve kaybedilen esnekliği tekrar kazanmak güçleşir. Esnekliğin kapasitesi ve gelişimi, kemik yapısı, kaslar, tendonlar, iskelet sistemi, ligamentler, eklem kapsülleri, yaş ve cinsiyet gibi faktörlerden etkilenir. Yüksek esneklik kapasitesine sahip sporcuların sportif performansı olumlu etkilenmekte ve yaralanma riski azalmaktadır. Çünkü yetersiz esneklik, kas yaralanmalarının görülme sıklığını artırmakta ve sporcunun teknik beceri gelişimini sınırlamaktadır. Esneklik, sadece sportif performans açısından değil, bireylerin

günlük yaşam aktivitelerini gerçekleştirebilmeleri ve yaşam kalitelerini artırabilmeleri açısından da kritik öneme sahiptir (Bompa ve Buzzichelli 2019).

2.2.3.5. Koordinasyon

Koordinasyon, oldukça karmaşık bir yapıya sahip olan temel bir motorik özelliktir. Bu özellik, bireyin sahip olduğu becerileri belirli bir hedef doğrultusunda organize edebilmesini ve hedeflerini başarıyla gerçekleştirebilmesini sağlamaktadır. Koordinasyon, kuvvet, dayanıklılık, sürat, denge ve esneklik gibi diğer motorik özelliklerle yüksek korelasyon gösteren bir biyomotor beceridir. Hem fizyolojik hem de psikolojik boyutu bulunan koordinasyon, diğer motorik yetilerin organize edilmesinde ve gelişiminde önemli bir rol oynamaktadır (Prentice 2016).

Koordinasyon becerisi, saha koşulları, hava durumu, sporcu ekipmanları, ışık koşulları ve sporcunun yabancı olduğu çeşitli çevresel faktörlerden etkilenebilir. Bu çerçevede Bompa (2013), koordinasyonu, değişken zorluk seviyelerinde sporcunun verimliliği hakkında hızlı ve güvenilir bilgi sağlayan bir yetenek göstergesi olarak tanımlamıştır.

2.2.3.6. Denge

Denge, destek tabanı üzerinde vücudun pozisyonunu koruyabilme ve ağırlık merkezini bu alan üzerinde tutabilme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Başka bir deyişle, denge, vücudun stabil bir biçimde durması ve yer çekimi etkisi altında hareketlerin doğru şekilde gerçekleştirilmesini ifade eder. Denge egzersizleri, genellikle lokomotor olmayan yani belirli bir eksen üzerinde yer değiştirme gerektirmeyen hareketlerden oluşur. Denge kavramı, stabilizasyon ile yakından ilişkilidir; sporcular, mümkün olan en düşük salınım ve en yüksek stabilizasyon ile vücut ağırlıklarını kontrol etmeye çalışırlar (Paillard 2017).

Denge becerisi, atletik performansın etkinliğinde ve sakatlanmaların önlenmesinde kritik bir rol oynar ve birçok spor branşının temelini oluşturur. Futbolda, ani ve hızlı yön değiştirmeler, ikili mücadeleler, sıçramalardan sonra düşüşler ve diğer kompleks hareketlerin doğru şekilde yapılmasında denge oldukça önemlidir. Ayrıca pas alma, pas verme, şut çekme, top sürme ve top kontrolü gibi topla gerçekleştirilen hareketlerin kalitesinde de denge belirleyici bir faktördür (Hrysomallis 2011).

Küçük yaşlardan itibaren düzenli olarak uygulanan denge antrenmanları, futbolcuların proprioseptif duyularını ve alt-üst ekstremitelerinde stabilizasyonlarını geliştirirken diz ve ayak bileği yaralanma risklerini azaltabilir. Ayrıca gelişen kinestetik farkındalık, esneklik ve nöromusküler koordinasyon becerileri denge performansını olumlu yönde etkiler. Sportif performans açısından denge, iki ana kategoriye ayrılmaktadır (Paillard 2017).

2.3. FUTBOLDA YILLIK ANTRENMAN PLANLAMASI

Yıllık antrenman planlaması, üç ana aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar, sezon içindeki dönemlerin özellikleri ve içerikleri bakımından farklılık göstermektedir. Bu üç antrenman aşaması şunlardır:

1. **Hazırlık Dönemi:** Bu aşama, sporcuların temel kondisyonunu artırmaya yönelik çalışmaların yapıldığı bir dönemdir. Genel dayanıklılık, kuvvet ve esneklik gibi temel fiziksel özelliklerin geliştirilmesine odaklanılır.

2. **Müşabaka Dönemi:** Bu dönem, sporcuların en yüksek performansa ulaştığı, teknik ve taktik çalışmaların yoğunlaştığı bir süreçtir. Yarışmalara hazırlık için spesifik antrenmanlar yapılır ve yarışma stratejileri üzerinde çalışılır.

3. **Geçiş Dönemi:** Bu aşama, sezonun ardından sporcuların dinlenme ve toparlanma sürecini içerir. Fiziksel ve mental olarak yenilenme amacı taşır. Hafif aktiviteler ve genel fiziksel hazırlık çalışmaları ile yeni sezona hazırlık yapılır.

Bu üç aşama, sporcuların yıl boyunca dengeli bir şekilde gelişim göstermelerini sağlamak için önemlidir (Dündar, 2007).

2.3.1. Futbolda Hazırlık Dönemi

Futbolda sezon öncesi hazırlık süresinin ideal olarak 6-8 hafta olması önerilmektedir (Bangsbo, 1994). Bu süre kısa görünse de (özellikle 6 hafta), iyi değerlendirilirse faydalı olabilir. Yaz tatili dönemini iyi geçiren oyuncular için 6 haftalık hazırlık süresi yeterli olabilir. Ancak ölü sezonda antrenman yapmamış ve hazırlık dönemini verimsiz geçiren oyuncuların, etkili bir hazırlık dönemi geçirebilmeleri için 7-8 hafta antrenman yapmaları gerekmektedir.

Bu durum şöyle açıklanabilir: Eğer oyuncular yaz tatili boyunca antrenman yapmamışlarsa, kondisyon ve fonksiyonel düzeyleri önemli ölçüde düşecektir. Bu

nedenle, hazırlık döneminin zorlayıcı antrenmanlarına uyum sağlayabilmeleri için 1-2 hafta boyunca düşük şiddette antrenman yapmaları gerekir. Dolayısıyla, hazırlık süresi 7-8 haftaya çıkabilir. Lig maçından bir hafta öncesi, yani maç haftası, bu süreye dahildir. Müsabaka dönemi sonundaki antrenmanlar, müsabaka sezonuna yönelik özellik taşımaktadır (Eniseler, 2010).

2.3.2. Futbolda Müsabaka Dönemi

Müsabaka döneminin en önemli özelliği, hafta sonu gerçekleştirilecek olan kritik maçlardır; bu maçlar kazanılmalı veya en azından kaybedilmemelidir. Bu dönemde antrenman programları, tamamen müsabaka odaklı olarak tasarlanmalıdır. Antrenmanlar, büyük ölçüde taktiksel oyunlara yönelik olmalı ve yapılacak çalışmalar, oynanacak maçın taktiğine ve rakibin özelliklerine göre şekillendirilmelidir. Bu sayede, oyuncuların müsabaka sırasında en iyi performansı göstermeleri sağlanabilir.

Hazırlık döneminin sonlarına yaklaştıkça, futbolcuların elde ettiği fiziksel seviyenin müsabaka sezonu boyunca korunması önemlidir. Sezon içi antrenman planlamasının %90'ı futbola özgü alıştırmalardan, %10'u ise genel alıştırmalardan oluşmalıdır. Müsabaka sezonunda; kuvvet, sürat ve çabukluk odaklı çalışmalarda antrenman kapsamı azalırken, antrenman şiddetinin aynı kalması veya biraz artması beklenir. Dayanıklılık çalışmalarında ise kapsam (süre veya mesafe) sabit tutulmalıdır, ancak bu antrenmanlar futbola özgü olarak gerçekleştirilmelidir (Mc Millan ve ark., 2005).

Müsabaka sezonunda genel antrenman kapsamı, hazırlık döneminde ulaşılan seviyenin %50 oranında azaltılabilir (Bompa, 1989). Örneğin, hazırlık döneminde haftada 8-10 kez, toplamda 12-14 saat antrenman yapılırken, müsabaka döneminde bu süre haftada 4-6 kez, 7-8 saate düşürülebilir. Bu şekilde, oyuncuların fiziksel kapasiteleri müsabaka boyunca etkili bir şekilde korunmuş olur.

Kuvvet, dayanıklılık, sürat ve çabukluk gibi fiziksel özellikler, hazırlık döneminde geliştirilirken, müsabaka döneminde bu seviyenin korunmasına odaklanılır. Ancak, futbola özgü fiziksel özellikler, müsabaka döneminde de geliştirilebilir. Yapılan bir çalışmada, genel dayanıklılık özelliklerinin hazırlık döneminde geliştiği, futbola özgü dayanıklılık özelliklerinin ise müsabaka sezonu boyunca artırıldığı bildirilmiştir. Antrenman yükü, müsabaka gününe kadar sistematik bir şekilde azaltılarak

sürdürülmelidir (Mujika ve ark., 2004). Bu yaklaşım, oyuncuların müsabakalara en iyi şekilde hazırlanmalarını sağlar.

Eğer müsabaka pazar günü oynanacaksa, salı ve çarşamba günleri en yüksek yüklenme seviyesinde antrenman yapılmalıdır. Perşembe (müsabakaya 3 gün kala) gününden itibaren, yüklenme şiddeti ve kapsamı azaltılmaya başlanmalıdır. Cuma günü ise (müsabakaya 2 gün kala) bu yüklenmeler daha da düşürülmelidir. Bu aşamada, oyuncuyu yormayacak ve toparlanmayı destekleyecek antrenmanlar, örneğin gol vuruşu çalışmaları ve taktiksel alıştırılmalar yapılmalıdır.

Hafta içindeki yoğun antrenmanlar ve hafta sonu oynanacak maç dikkate alındığında, müsabakaya 2 gün kala hafif koşu, germe egzersizleri, havuz çalışmaları veya hidroterapi gibi toparlayıcı aktiviteler önerilebilir. Müsabakaya bir gün kala ise, çok hafif şiddette, uyarıcı nitelikte antrenmanlar gerçekleştirilmelidir (Eniseler, 2010). Bu yaklaşım, oyuncuların müsabakalara en iyi şekilde hazır hale gelmesini sağlar.

Genellikle müsabaka döneminde, hafta ortasında bir gün çift antrenman uygulanmaktadır. Ancak hazırlık dönemini yeni tamamlamış futbolcular, yoğun antrenman sürecinin ardından yorgunluk hissi yaşayabilirler. Bu nedenle, müsabaka öncesi son hafta çift antrenman yapılmaması tercih edilebilir. Müsabaka dönemi boyunca, haftalık antrenman programındaki yüklenmeler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, yüklenme eğrisinin dalgalı bir yapı sergilediği görülmektedir (Bompa, 1989). Bu dalgalanma, oyuncuların fiziksel ve mental olarak en iyi şekilde hazırlanmalarına yardımcı olur.

Yüklenme eğrisi, antrenman programlarının dinamik doğasını yansıtır; bazı haftalarda yüksek, bazı haftalarda düşük yüklenmeler olması, sporcuların performansını optimize etmek için kritik bir stratejidir. Bu dalgalı yapı, oynanacak müsabakanın önemine, önceki antrenmanların seviyesine ve sporcuların bu yüklenmelere verdikleri yanıtla göre değişiklik gösterir.

Müsabaka dönemindeki antrenman programları genellikle hafta sonu oynanacak maçlara odaklansada, yoğun yüklenmelerin yaşandığı belirli haftalar olabilir. Bu yoğun dönemlerin ardından, oyuncuların toparlanması ve en yüksek performansa ulaşmaları için yüklenmelerin azaldığı haftalık programlar uygulanmalıdır. Özellikle her 3-4 haftada bir

toparlanma sürecinin planlanması, sporcuların fiziksel ve mental açıdan yenilenmelerine olanak tanır (Bloomfield ve ark., 2007).

Bu tür düşük kapsamlı antrenmanların uygulandığı müsabaka haftası programları, hafta ortası ve hafta sonu maçlarının olduğu dönemlerde idealdir (Hoff, 2005). Böylece, oyuncular hem fiziksel olarak dinlenir hem de önemli müsabakalara en iyi şekilde hazır hale gelirler. Bu strateji, futbolcuların antrenmanlara verdikleri yanıtla bağlı olarak şekillendiği için, bireysel ihtiyaçlar ve performans izleme önemli bir rol oynamaktadır.

Orta ve düşük şiddetli haftalık antrenman programlarında, tek bir antrenman biriminde farklı motorik özellikleri içeren çalışmaların birleştirilmesi, antrenman kapsamını azaltmanın etkili bir yoludur. Örneğin, ağır ve salonda yapılan maksimum kuvvet (MK) ve çabuk kuvvet antrenmanları yerine, sahada gerçekleştirilen güç ve kuvvet çalışmaları tercih edilebilir. Bu şekilde, hem antrenmanın çeşitliliği artırılır hem de sporcuların farklı becerilerini geliştirme imkanı sağlanır (Demiriz ve ark., 2016).

Sürat, çabukluk ve koordinasyon gibi özelliklerin bir antrenman biriminde birleştirilerek uygulanması, antrenmanın verimliliğini artırabilir. Düşük şiddetli haftalık programlarda, antrenman yükünü azaltmak amacıyla kuvvet ve dayanıklılık antrenmanlarına ara verilerek, sadece futbola özgü dayanıklılık çalışmaları yapılabilir (Kumar ve ark., 2013). Bu, sporcuların toparlanmasını sağlarken, performanslarını da korumalarına yardımcı olur.

Rutin lig maçları haftalarında, orta düzeyde antrenman programları uygulanabilir; bu, oyuncuların sürekli olarak yüksek performans göstermelerini sağlar. Maçlara bir hafta ara verildiğinde, yüklenme düzeyinin artırıldığı yoğun antrenman programları devreye girebilir. Ayrıca, zayıf bir rakiple hazırlık maçı oynamak, oyuncuların hem formunu korumalarına hem de stratejik hazırlık yapmalarına olanak tanır (Eniseler, 2010). Bu esneklik, antrenman programlarının takıma özel ihtiyaçlara göre uyarlanmasına olanak tanır ve genel performansı artırır.

2.4. ENERJİ SİSTEMLERİ

Vücuda alınan besinler, metabolik süreçler aracılığıyla kaslarda adenosin trifosfat (ATP) üretimine yol açar ve bu ATP, gerektiğinde kullanılmak üzere enerji depoları olarak saklanır (Reilly 1996). Depolanan bu enerji, yapılan egzersizin türüne, şiddetine ve süresine bağlı olarak kullanılır. Genel olarak, kısa süreli aktivitelerde vücut, kaslarda

hali hazırda bulunan ATP'yi acil enerji kaynağı olarak tüketir. Ancak, egzersizin şiddeti arttığında ve süre 10 saniyeyi geçtiğinde, ATP üretimi anaerobik glikoliz yoluyla sağlanır. Egzersiz süresi uzadıkça, aerobik sistem veya oksidatif sistem, karbonhidrat, yağ ve proteinlerin birlikte enerji üretimine katkıda bulunduğu birincil enerji kaynağı hâline gelir (Köklü ve ark., 2013). Bu enerji sistemlerinin her birinin enerji üretimine yaptığı katkı oranları, spor dalının özelliklerine göre farklılık göstermektedir (Reilly 1997).

Futbolun fizyolojik temellerinin derinlemesine anlaşılması, antrenman periyodizasyonu, sakatlanma risklerinin en aza indirilmesi ve oyuncuların performanslarının optimize edilmesi açısından son derece önemlidir (Köklü ve ark. 2009). Futbola özgü antrenmanların hacim ve şiddetinin doğru bir şekilde belirlenmesi, bu düzenlemelerin oyuncuların mevkisel pozisyonlarına uygun olarak organize edilebilmesi için enerji sistemlerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılması gerekmektedir (Bangsbo 1994). Futbol, enerji üretimi açısından temelde iki ana metabolik yol kullanmaktadır: aerobik ve anaerobik sistemler. Futbol maçlarında görülen sprintler, ani yön değiştirmeler, çabukluk ve çeviklik gerektiren hareketler, topa müdahale ve şut atma gibi aksiyonlar için gerekli olan enerji, anaerobik metabolizma tarafından sağlanmaktadır.

Aerobik metabolizma, futbol müsabakasının tamamında sürekli olarak etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Oyuncular, 90 dakikalık bir maç süresince ortalama 8 ila 14 km arasında mesafe kat etmektedirler. Bu nedenle, ihtiyaç duyulan enerji büyük ölçüde oksidatif sistemin dominant olduğu aerobik metabolizma tarafından karşılanmaktadır. Ayrıca, anaerobik metabolizma yoluyla gerçekleştirilen kısa süreli, patlayıcı ve yüksek şiddetli aksiyonların ardından iyileşme ve maç boyunca bu tür aksiyonların yüksek verimlilikle tekrarlanabilmesi için aerobik metabolizmanın önemli bir rolü bulunmaktadır (Bangsbo 1994).

2.4.1. Futbolda aerobik enerji sistemi

Bir futbol müsabakasında sportif performansın verimliliğini belirleyen en önemli faktörlerden biri, aerobik enerji sisteminin kapasitesidir. Oksijenli sistem olarak da bilinen aerobik enerji sistemi, vücutta bulunan karbonhidratların, yağların ve gerektiğinde proteinlerin oksidasyona uğrayarak su ve karbondioksit dönüşmesiyle enerji üretir

(Ocak ve Buğdaycı 2012). Aerobik performans, aerobik güç ve aerobik kapasite olmak üzere iki farklı bileşenden oluşur. Aerobik güç, aerobik enerjiyi en yüksek seviyede üretme kapasitesini ifade ederken; aerobik kapasite, egzersizin uzun süre sürdürülebilme yeteneğini yansıtmaktadır (Reilly 2006). Aerobik kapasite, aynı zamanda aerobik dayanıklılık olarak da tanımlanır ve bu dayanıklılığın üç önemli belirleyicisi vardır: maksimal oksijen tüketimi (VO_{2max}), anaerobik eşik ve koşu ekonomisi VO_{2max} , egzersiz sırasında organizmanın kullanabileceği en yüksek oksijen miktarını ifade etmektedir (Helgerud, 2001).

Aerobik dayanıklılığın önemli bir belirleyicisi olan maksimal oksijen tüketimi (VO_{2max}), aynı zamanda kardiyovasküler sağlık düzeyini yansıtan bir parametredir. Aerobik dayanıklılık, futbolcuların müsabaka süresince gerçekleştirdikleri çeşitli aksiyonlar arasındaki toparlanmayı ve bu aksiyonların verimli bir şekilde sürekliliğini sağlamak açısından kritik bir rol oynamaktadır. Futbol oyununda, oyun şiddetinin benzer seviyelerde sürdürülebilmesi ve daha önce antrenmanlarla geliştirilen teknik ve taktik becerilerin sahada etkin bir şekilde uygulanabilmesi için aerobik dayanıklılık kapasitesinin yüksek olması son derece önemlidir (Eniseler, 2010). Futbol, ana hatlarıyla anaerobik aksiyonların yoğun olduğu bir spor dalı olsa da, süresel açıdan aerobik temele dayalı bir branştır. Bu sebeple, oyuncuların gelişmesi gereken en önemli özelliklerden biri, yüksek aerobik dayanıklılık kapasitesine sahip olmaktır (McMillan ve ark., 2005).

Futbol maçları boyunca kat edilen toplam koşu mesafesinin %87,2'si aerobik eforlar tarafından karşılanmaktadır. Bu durum, aerobik dayanıklılığın önemini vurgulamakta ve aerobik kapasitesi yüksek olan oyuncuları önemli bir avantaj sahibi yapmaktadır. Bu nedenle, oyuncuların mevkisel pozisyonları dikkate alınarak, futbolcuların aerobik kapasitesini geliştirecek özel antrenmanlar ve bağımsız dayanıklılık çalışmaları planlanmalıdır (Günay ve Yüce, 2008).

2.4.2. Futbolda anaerobik enerji sistemi

Futbolun anaerobik enerji sistemi, laktik asit sistemi olarak da bilinir. Bu sistem, glikoliz yoluyla enerji üretimi ve ATP sentezi için besinlerin kısmi olarak parçalanmasını sağlar. Yeterli oksijenin bulunmadığı durumlarda, karbonhidratlar laktik aside (LA) dönüşür. Anaerobik glikoliz sisteminde, kaslarda ve karaciğerde depolanan glikojen ile kandaki glikozun belirli kimyasal reaksiyonlar sonucu enerjiye dönüştürülmesi sağlanır

(Koz ve ark., 2003). Anaerobik enerji sistemi, futbol gibi yüksek şiddetli aksiyonların sıklıkla görüldüğü sporlarda büyük önem taşır. Futbol oyununda bu tür aksiyonlar sıkça gerçekleştiği için, anaerobik glikoliz sistemi aracılığıyla büyük miktarda ATP üretilir (Alghannam, 2012). Ancak, bu sistemin atık ürünü olan ve kaslarda ile kanda biriken laktik asit, yorgunluğa yol açan birikintilere neden olmaktadır (Stolen ve ark., 2005).

Kreatin fosfat (KF) sistemi, anaerobik enerji sistemi içerisinde önemli bir yer tutar. Futbol gibi sporlarda, özellikle kısa süreli ve ani hareketler sırasında KF sistemi devreye girmektedir. Bu sistemde, kaslarda depolanan kreatin fosfat kullanılarak hızlı enerji üretimi sağlanır. Aktivitenin süresi uzadıkça kreatin fosfat miktarı azalır ve buna bağlı olarak anaerobik enerji sistemleri daha baskın hâle gelir. Bir futbol maçı sırasında, ortalama olarak 150-250 kez KF sistemi aktif hâle gelmektedir. Aktivitenin süresi ve şiddeti arttıkça, kreatin fosfat seviyeleri düşerken, kan laktat seviyesi ise yükselmeye başlar (Bangsbo ve ark., 2007).

Futbol maçlarında anaerobik enerji sisteminin yoğun olarak kullanıldığı hareketler arasında şutlar, paslar, sıçramalar, yön değiştirmeler, sprintler, yana ve geriye kaymalar, kayarak müdahaleler ve yüksek tempolu aksiyonlar sonrası hızlı toparlanmalar yer alır. Futbol oyununda aerobik metabolizma genellikle daha baskın bir rol oynasa da, oyunun sonucunu etkileyen ve skoru belirleyen aksiyonların çoğu anaerobik metabolizma temelli gerçekleşmektedir. Bu durum, anaerobik performansın önemini ve etkinliğini son derece değerli kılmaktadır (Stolen ve ark., 2005).

Literatürde, anaerobik performansla eşdeğer farklı kavramlar da kullanılmaktadır. Bu kavramlar arasında; laktasit güç, alaktasit güç, ortalama güç, anaerobik çalışma kapasitesi, lokal kas dayanıklılığı, anlık güç ve mekanik güç gibi terimler yer almaktadır. Anaerobik performans, iki temel belirleyicisiyle tanımlanır: birincisi, maksimal mekanik gücün üretildiği zirve güç, ikincisi ise mümkün olan en kısa sürede yüksek güç üretilip sürdürülebilme kapasitesi olarak tanımlanan ortalama güçtür. Ayrıca, anaerobik performans kavramı, anaerobik güç ve anaerobik kapasite ile bir bütün olarak ele alınmalı ve bu kavramlar birlikte değerlendirilmelidir (Chia ve Armstrong 2007).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

HEMOGRAM VE BİYOKİMYA PARAMETRELERİ

3.1. KIRMIZI KAN HÜCRESİ (RBC)

Kanın hücresel bileşenlerinin büyük bir kısmını oluşturan kırmızı kan hücreleri (eritrositler, RBC), kanın kırmızı renginden sorumlu temel hücrelerdir. Bu renk, eritrositlerin yapısında bulunan ve oksijen taşınmasında görev alan hemoglobin adlı proteinin varlığından kaynaklanmaktadır. Hemoglobin, akciğerlerden alınan oksijeni vücuttaki dokulara taşıyarak aerobik enerji üretiminin sürdürülmesinde kritik bir rol üstlenir. Özellikle fiziksel aktivite ve spor performansı sırasında, kas dokularının artan oksijen gereksiniminin karşılanmasında eritrositlerin bu fonksiyonu hayati önem taşır (Karadöl, 2019).

Kırmızı kan hücreleri, diğer birçok hücre tipinden farklı olarak çekirdeksiz bir yapıya sahiptir. Bu özellik, eritrositlerin hem esnekliğini artırır hem de dar kılcal damar sistemlerinden kolaylıkla geçebilmesini sağlar. Bu sayede, egzersiz esnasında aktif kaslara oksijen taşınması daha etkin şekilde gerçekleşir (Cebi ve ark., 2021). Sporcularda, özellikle dayanıklılık gerektiren branşlarda (örneğin futbol, maraton koşusu, bisiklet) eritrosit sayısı ve hemoglobin düzeylerinin yeterli düzeyde olması, maksimum oksijen taşıma kapasitesinin (VO_{2max}) yüksek olmasına ve dolayısıyla performansın artmasına doğrudan katkı sağlar.

Ancak eritrositlerin çekirdeksiz yapısı, hücrelerin yenilenme yeteneğini sınırlar ve yaşam sürelerini ortalama 120 gün ile kısıtlar. Bu nedenle yoğun antrenman dönemlerinde, özellikle yüksek şiddetli egzersizler sonrasında, eritrositlerin mekanik stres veya oksidatif hasara uğrayarak yıkımı (hemoliz) hızlanabilir. Bu durum, sporcularda gözlenen fizyolojik adaptasyon süreçlerinin bir parçası olarak değerlendirilir ve düzenli antrenmanla birlikte eritropoez (yeni eritrosit üretimi) süreci dengeye gelir (Yavuz, 2019). Kırmızı kan hücreleri, futbolcular ve diğer dayanıklılık sporcuları için oksijen taşınmasının etkinliği, kas performansının sürdürülmesi ve aerobik kapasitenin artırılması açısından temel bir fizyolojik parametreyi temsil etmektedir (Demiriz ve ark., 2016).

3.2. BEYAZ KAN HÜCRESİ (WBC)

Tıbbi literatürde “lökosit”, halk arasında ise “akyuvar” olarak bilinen beyaz kan hücreleri (WBC), vücudun bağışıklık sisteminin temel savunma elemanlarını oluşturmaktadır. Bu hücreler, vücudu bakteriler, virüsler, parazitler ve diğer zararlı toksinlere karşı koruyarak enfeksiyonlara karşı ilk savunma hattını oluştururlar. Beyaz kan hücreleri yapısal özelliklerine göre iki ana gruba ayrılır: granülsüz lökositler (monosit ve lenfosit) ve granüllü lökositler (bazofil, eozinofil ve nötrofil) olmak üzere beş alt tipten oluşurlar. Her bir alt tip, bağışıklık yanıtının farklı aşamalarında görev alarak vücudun savunma kapasitesine katkı sağlar (Yavuz, 2019).

Normal koşullarda, bir milimetreküp kanda 4.000 ila 10.000 arasında beyaz kan hücresi bulunur. Bu değerlerin 10.000’in üzerine çıkması (lökositoz) genellikle enfeksiyon, inflamasyon, travma, cerrahi müdahale, stres, alerjik reaksiyonlar, doku hasarı, veya şiddetli fiziksel efor gibi durumların bir göstergesi olabilir. Buna karşılık, 4.000’in altına düşmesi (lökopeni) ise viral enfeksiyonlar, kemik iliği baskılanması, yetersiz beslenme, vitamin eksiklikleri, radyasyon tedavisi veya aşırı antrenman yüklenmesi gibi nedenlerden kaynaklanabilir (Kumar ve ark., 2013).

Spor ve özellikle profesyonel futbol gibi yüksek fiziksel efor gerektiren branşlarda, beyaz kan hücrelerinin düzeyi, sporcunun bağışıklık sistemi yanıtı ve fizyolojik adaptasyon süreci hakkında önemli bilgiler sunar. Yoğun egzersiz veya müsabaka sonrası kısa süreli lökosit artışı, organizmanın fiziksel strese verdiği doğal bir yanıttır ve bu durum akut inflamatuvar yanıt olarak değerlendirilir. Ancak aşırı antrenman yüklenmesi veya yetersiz toparlanma dönemlerinde bağışıklık sisteminde baskılanma (immünsupresyon) meydana gelebilir ve bu da enfeksiyonlara karşı duyarlılığın artmasına yol açabilir (Demiriz ve ark., 2016).

Bu bağlamda, beyaz kan hücrelerinin düzenli takibi, futbolcuların antrenman yüklenmesi, toparlanma düzeyi ve bağışıklık sağlığının izlenmesi açısından önemli bir biyokimyasal göstergedir. WBC değerlerinin dengede tutulması, sporcularda performansın sürdürülebilirliği ve antrenman verimliliğinin artırılması açısından kritik bir role sahiptir.

3.3. HEMOGLOBİN (HGB)

Hemoglobin (HGB), kırmızı kan hücrelerinde (eritrositlerde) yüksek oranda bulunan, demir içeren bir protein yapısındaki moleküldür. Vücudun oksijen taşıma kapasitesinde temel rol oynayan hemoglobin, akciğerlerde bağladığı oksijeni dokulara taşıyarak hücresel enerji üretiminin sürdürülmesini sağlar. Kanın karakteristik kırmızı renginin kaynağı da hemoglobinin yapısında yer alan demir (Fe^{2+}) elementidir (Akkoca, 2019).

Kandaki hemoglobin miktarı, organizmanın oksijen taşıma kapasitesi ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle hemoglobin düzeyindeki artış, kan hacmindeki artış ve doku oksijenlenmesinin iyileşmesi anlamına gelir. Dolayısıyla, hemoglobin konsantrasyonu aerobik enerji sisteminin etkinliği ve fiziksel performansın sürdürülebilirliği açısından kritik bir biyolojik parametredir (Pellegrino ve ark., 2005).

Spor ve özellikle futbol gibi yüksek fiziksel dayanıklılık gerektiren branşlarda, hemoglobin düzeyleri sporcuların maksimum oksijen tüketimi (VO_{2max}), dayanıklılık kapasitesi ve performans düzeyi üzerinde doğrudan etkilidir. Yeterli hemoglobin düzeyine sahip futbolcular, kas dokularına daha fazla oksijen taşıyabildikleri için, uzun süreli egzersizlerde yorgunluk eşiği daha yüksek olur ve performans düşüşü daha geç ortaya çıkar (Demiriz ve ark., 2016).

Bununla birlikte, hemoglobin düzeyinin düşük olması (anemi), futbolcularda erken yorgunluk, düşük dayanıklılık ve toparlanma sürecinin uzaması gibi performansı olumsuz etkileyen sonuçlara yol açabilir. Bu nedenle, hemoglobin düzeyinin düzenli aralıklarla izlenmesi, sporcularda antrenman yüklenmesi, beslenme yeterliliği ve genel sağlık durumunun değerlendirilmesi açısından büyük önem taşır (Cebi ve ark., 2021).

Yetişkin bireylerde hemoglobin düzeyi ortalama olarak erkeklerde yaklaşık 15 g/dL, kadınlarda ise 13 g/dL civarındadır (İri, 2007). Bu değerlerin optimal aralıkta tutulması, futbolcularda oksijen taşıma kapasitesinin ve aerobik performansın korunması için temel bir fizyolojik gerekliliktir.

3.4. ORTALAMA ERİTROSİT HACMİ (MCV)

Ortalama eritrosit hacmi (MCV), tam kan sayımı analizlerinde otomatik hematoloji analizörleri tarafından doğrudan ölçülen bir parametredir ve eritrositlerin ortalama

hacmini (büyüklüğünü) ifade eder. Erişkin bireylerde MCV'nin normal referans aralığı genellikle 80–90 femtolitre (fL) arasında değişmektedir (Taşkın, 2009).

MCV değeri eritrositlerin boyutları hakkında bilgi verir ve hematolojik değerlendirmelerde anemi tiplerinin sınıflandırılmasında en önemli göstergelerden biridir. MCV değerinin normalden düşük olması durumunda mikrositer anemi söz konusudur; bu durum genellikle demir eksikliği veya kronik hastalık anemileri ile ilişkilidir. Buna karşılık, MCV'nin normalden yüksek olması makrositer anemi olarak adlandırılır ve B12 vitamini ya da folat eksikliğine bağlı olarak ortaya çıkabilir (Karaçalıoğlu ve ark., 2006).

Spor bilimleri açısından, özellikle futbol gibi yüksek enerji gerektiren sporlarda, MCV değeri dolaylı olarak eritrosit olgunlaşması, hemoglobin sentezi ve oksijen taşıma kapasitesi hakkında bilgi sağlar. Antrenman yoğunluğu, yüksek irtifa çalışmaları, sıvı dengesi ve beslenme durumu gibi faktörler, sporcularda MCV değerlerinde fizyolojik dalgalanmalara neden olabilir (Avşar, 2020).

Örneğin, yoğun antrenman dönemlerinde vücudun artan oksijen ihtiyacını karşılamak için eritropoez (yeni kırmızı kan hücresi üretimi) hızlanabilir. Bu süreçte dolaşımdaki genç eritrositlerin oranı arttığından, MCV değerlerinde hafif artış gözlenebilir. Buna karşın, demir veya B12 vitamini yetersizliği durumunda MCV'nin düşmesi, futbolcularda performans kaybı, erken yorgunluk ve oksijen taşınmasında yetersizlik gibi olumsuz etkiler yaratabilir (Hale, 2003).

Dolayısıyla, MCV düzeyinin izlenmesi, futbolcularda hematolojik adaptasyonların değerlendirilmesi, antrenman yüklenmesinin fizyolojik etkilerinin izlenmesi ve beslenme durumunun optimizasyonu açısından önemli bir parametre olarak kabul edilmektedir.

3.5. HEMATOKRİT (HCT)

Hematokrit (HCT), kandaki eritrositlerin toplam kan hacmine oranını gösteren önemli bir hematolojik parametredir ve genellikle yüzde (%) olarak ifade edilir. Mikrohematokrit santrifüj yöntemiyle doğrudan ölçülebileceği gibi, otomatik analiz sistemlerinde ortalama eritrosit hacmi (MCV) ve eritrosit sayısı (RBC) değerlerinden hesaplanarak da belirlenir. Kadınlarda hematokrit değeri genellikle %37–47, erkeklerde ise %40–45 aralığında değişmektedir (Karaçalıoğlu ve ark., 2006).

Hematokrit değeri, bireyin kanın viskozitesi, oksijen taşıma kapasitesi ve dolaşım verimliliği hakkında önemli bilgiler sunar. Örneğin, hematokrit değeri %40 olduğunda, kanın %40'ının eritrositlerden, geri kalan kısmının ise plazmadan oluştuğu anlaşılır. Eritrosit sayısındaki artış veya plazma hacmindeki azalma, hematokrit değerinin yükselmesine neden olurken; kan kaybı, demir eksikliği veya sıvı fazlalığı gibi durumlarda hematokrit değeri düşebilir (Alibeyoğlu, 2008).

Spor bilimleri ve futbol performansı açısından, hematokrit değeri sporcuların aerobik kapasitesinin, dayanıklılığının ve antrenman adaptasyonlarının değerlendirilmesinde kritik bir biyobelirteç olarak kabul edilmektedir. Çünkü hematokrit oranı, dokulara taşınan oksijen miktarıyla doğrudan ilişkilidir. Özellikle futbol gibi yüksek efor, dayanıklılık ve anaerobik patlamalar gerektiren sporlarda, optimal hematokrit düzeyi performansın sürekliliği ve kas dokularının oksijenlenmesi için büyük önem taşır (Tözün ve ark., 2007).

Yoğun antrenman dönemlerinde, sıvı kaybına bağlı plazma hacmi azalması sonucu hematokrit değerinde fizyolojik artış gözlemlenebilir. Buna karşın, uzun süreli dayanıklılık antrenmanları veya yüksek irtifa kampları, eritropoez sürecini uyararak kırmızı kan hücresi üretimini artırabilir ve bu da hematokritin kalıcı olarak yükselmesine neden olabilir. Ancak hematokritin aşırı artışı, kan viskozitesini artırarak dolaşım direncini yükseltir ve kardiyovasküler sistem üzerine olumsuz yük oluşturabilir (Shinde ve ark., 2012).

Futbolcularda ideal hematokrit seviyesinin korunması, sıvı dengesi, beslenme, demir ve B12 vitamini alımı gibi faktörlerin optimize edilmesiyle mümkündür. Bu nedenle, hematokrit takibi sporcularda antrenman yüklenmesinin yönetimi, performans izleme ve olası hematolojik dengesizliklerin erken tespiti açısından oldukça önemlidir (Türkel, 2010).

3.6. TROMBOSİTLER (PLT)

Trombositler (PLT), çekirdeksiz, küçük, disk şeklinde hücresel yapılardır ve kan pıhtılaşması ile hemostazın sağlanmasında temel bir rol üstlenirler. Çapları genellikle 1–3 mikron, hacimleri ise 7–11 femtolitre (fL) aralığındadır. Trombositler, kan damarlarının bütünlüğünü koruyarak kanamanın durdurulması, damar hasarının onarımı ve pıhtılaşma sürecinin başlatılması gibi yaşamsal işlevleri yerine getirir. Ayrıca tromboz, plak

destabilizasyonu ve aterosklerotik lezyon oluşumu gibi süreçlerde de etkili oldukları bilinmektedir (Yavuz, 2019).

Trombositlerin çapı 3 mikrondan büyük olduğunda bu hücreler makrotrombosit olarak adlandırılır ve bu tip trombositler metabolik ve enzimatik açıdan daha aktiftir. Normal bir bireyde trombositlerin yaklaşık %3'ü makrotrombosit formundadır. Kandaki trombosit sayısı bir mikrolitrede ortalama 150.000–400.000 arasında değişir ve trombositlerin ortalama ömrü 8–11 gün kadardır (Kumar ark., 2013).

Trombosit düzeylerinin normal sınırların altına düşmesi (trombositopeni), kanama eğiliminin artmasına, yaralanmalarda geç pıhtı oluşumuna ve doku onarımının yavaşlamasına neden olabilir. Buna karşın, trombosit sayısının normalden yüksek olması (trombositoz), kan damarlarında pıhtı oluşumu, vasküler tıkanıklık ve ciddi durumlarda felç riskinde artış ile ilişkilidir.

Spor ve futbol bağlamında, trombositlerin işlevi büyük önem taşımaktadır. Futbolcularda yüksek yoğunluklu antrenmanlar, mikrotravmalar ve kas liflerinde meydana gelen mikroskobik hasarlar trombosit aktivasyonunu artırarak doku onarımını ve kas rejenerasyonunu destekler (Avşar, 2020). Bu fizyolojik adaptasyon, iyileşme sürecinin hızlanması ve antrenman sonrası toparlanmanın etkinliği açısından önemli bir avantaj sağlar.

Ancak aşırı yüklenme, sıvı kaybı veya inflamatuvar yanıtların artması gibi durumlarda trombosit düzeylerinde geçici yükselmeler gözlemlenebilir. Bu nedenle, futbolcularda düzenli hematolojik takip yapılması, trombosit sayısı ve aktivitesinin optimal aralıkta tutulması açısından büyük önem taşır. Böylece hem performansın korunması hem de yaralanma ve dolaşım sistemi komplikasyonlarının önlenmesi sağlanabilir (Saraymen, 2018).

3.7. KREATİNİN (CK)

Kreatinin, enerji metabolizmasında önemli bir rol oynayan ve kas dokusunun enerji üretim süreçleriyle yakından ilişkili bir biyokimyasal parametredir. Kas hücrelerinde bulunan kreatin fosfat, yüksek enerjili fosfat grupları içeren bir bileşiktir ve kas kasılması sırasında hızlı enerji sağlamak amacıyla adenozin trifosfat (ATP) sentezinde kullanılır (Avşar, 2020). Bu süreçte kreatin, enzimatik reaksiyonlar aracılığıyla fosfat grubunu kaybederek kreatinine dönüşür.

Vücutta üretilen kreatininin büyük bölümü kas metabolizmasının doğal bir yan ürünü olup, her gün kaslardaki kreatinin yaklaşık %1–2’si bu dönüşüm süreciyle oluşur. Kreatinin daha sonra böbrekler aracılığıyla kandan süzülerek idrarla atılır. Bu nedenle kandaki kreatinin düzeyi, yalnızca kas aktivitesiyle değil, aynı zamanda böbrek fonksiyonlarının etkinliğiyle de yakından ilişkilidir (Shinde ve ark., 2012).

Kreatinin düzeyinin düşük olması; yetersiz protein alımı, azalmış kas kütlesi, karaciğer fonksiyon bozuklukları veya gebelik gibi durumlarla ilişkilendirilebilir. Buna karşılık, yüksek kreatinin seviyeleri genellikle böbrek fonksiyon bozukluğu, dehidrasyon ya da yoğun kas yıkımı durumlarını işaret eder.

3.8. ÜRE

Üre, protein ve amino asit metabolizmasının son ürünü olarak karaciğerde sentezlenen ve azotlu atıkların vücuttan uzaklaştırılmasını sağlayan temel bir biyokimyasal bileşiktir. Vücuda alınan proteinlerin yıkımı sonucunda ortaya çıkan amonyak, karaciğerde üre döngüsü aracılığıyla üreye dönüştürülür ve ardından böbrekler yoluyla idrarla atılır. Bu nedenle kandaki üre düzeyi, hem protein metabolizmasının etkinliği hem de böbrek fonksiyonlarının durumu hakkında önemli bilgiler sunar (Katı, 2010).

Kanda üre düzeyinin artışı (hiperüremi) genellikle aşırı protein alımı, yoğun kas yıkımı, dehidrasyon ya da böbrek fonksiyon bozuklukları ile ilişkilendirilirken; düşük üre seviyeleri yetersiz protein alımı, karaciğer yetmezliği veya aşırı hidrasyon gibi durumlarda gözlemlenebilir (Shinde ve ark., 2012).

Spor ve futbol performansı açısından, üre düzeyleri özellikle antrenman yüklenmesi, kas protein yıkımı ve toparlanma süreçlerinin takibinde önemli bir biyobelirteçtir. Futbol gibi yüksek yoğunluklu, interval tarzda enerji harcaması gerektiren sporlarda, antrenman veya müsabaka sonrası kas dokularında protein katabolizması artar, bu da üre düzeylerinde geçici yükselmelere neden olabilir. Bu durum, kasların enerji ihtiyacını karşılamak için proteinlerin enerji substratı olarak kullanıldığını gösterir (Aydın, 2021).

Antrenman sonrası üre düzeylerinin izlenmesi, futbolcularda aşırı antrenman sendromunun (overtraining), yetersiz toparlanmanın veya aşırı protein yıkımının erken tespit edilmesi açısından önemlidir. Ayrıca üre düzeyleri, hidrasyon durumu ve böbrek

fonksiyonlarının korunması açısından da değerlidir. Futbolcularda üre düzeylerinin düzenli olarak izlenmesi; antrenman yoğunluğunun kontrolü, beslenme planlaması ve fizyolojik yüklenmeye adaptasyonun değerlendirilmesi bakımından önemli bir parametre olarak kabul edilmektedir (Taşkın, 2009).

Spor bilimleri ve futbol performansı açısından, kreatinin düzeyleri hem kas kütlesi, hem de antrenman yüklenmesi hakkında önemli bilgiler sunar. Özellikle futbol gibi yüksek yoğunluklu, patlayıcı güç ve dayanıklılık gerektiren sporlarda, kaslardaki kreatin fosfat sistemi kısa süreli enerji üretiminde temel rol oynar. Bu nedenle düzenli antrenman yapan futbolcularda, fizyolojik adaptasyon sonucu kreatinin düzeylerinde hafif artışlar gözlemlenebilir; bu durum genellikle kas kitlesinin artması ve yoğun kas aktivitesine bağlıdır (Karadöl, 2019).

Ayrıca, kreatinin düzeylerinin izlenmesi, futbolcularda antrenman sonrası kas hasarının, böbrek yüklenmesinin ve geri kazanım sürecinin değerlendirilmesinde önemli bir biyobelirteç olarak kullanılmaktadır. Uygun hidrasyon, yeterli protein alımı ve dengeli antrenman programı, kreatinin düzeylerinin fizyolojik sınırlar içinde tutulmasına ve optimal performansın sürdürülmesine katkı sağlamaktadır (Avşar, 2020).

3.9. ALT (Alanin Aminotransferaz)

Alanin aminotransferaz (ALT), başlıca karaciğer hücrelerinde (hepatositlerde) bulunan, amino asit metabolizmasında görev alan önemli bir enzimdir. ALT, özellikle proteinlerin enerjiye dönüştürülmesi sürecinde alfa-ketoglutarat ile alanin arasındaki dönüşümü katalize eder. Bu enzim normal koşullarda kanda düşük düzeylerde bulunurken, karaciğer hücrelerinde hasar veya yıkım meydana geldiğinde hücre zarının geçirgenliği artar ve ALT kana salınarak serum düzeylerinde belirgin bir yükseliş gözlenir (Çolak ve ark., 2003).

ALT'nin en yüksek yoğunlukta bulunduğu doku karaciğer olmasına rağmen, düşük miktarlarda böbrek, kalp kası, iskelet kası ve pankreas gibi diğer dokularda da bulunur. Bu nedenle ALT düzeylerindeki artış, özellikle karaciğer fonksiyon bozuklukları, hepatit, safra yolları tıkanıklığı, ilaç toksisiteleri veya metabolik stres gibi durumların biyokimyasal göstergesi olarak değerlendirilir. Ayrıca B6 vitamini eksikliği durumlarında da ALT aktivitesinde artış gözlemlenebilmektedir (Kaynar, 2014).

Futbol ve spor fizyolojisi açısından, ALT düzeyleri yalnızca karaciğer sağlığının değil, aynı zamanda yoğun fiziksel aktivitenin metabolik etkilerinin de izlenmesinde önemli bir parametredir. Futbolcularda yapılan yoğun antrenmanlar, kas dokusunda mikrotravmalar ve metabolik stres oluşturabilir; bu durum geçici olarak ALT düzeylerinde yükselmelere yol açabilir. Bu artış genellikle fizyolojik adaptasyonun bir parçası olarak değerlendirilir ve kalıcı karaciğer hasarını temsil etmez.

Ancak, aşırı antrenman yüklenmesi, yetersiz toparlanma, uygun olmayan beslenme veya doping/ilaç kullanımı gibi durumlarda ALT seviyelerinin kalıcı olarak yüksek seyretmesi, karaciğer metabolizmasının olumsuz etkilendiğini gösterebilir. Bu nedenle futbolcularda ALT düzeylerinin düzenli olarak takip edilmesi, karaciğer fonksiyonlarının korunması, antrenman sonrası toparlanmanın izlenmesi ve metabolik denge yönetimi açısından önemli bir biyokimyasal göstergedir (Türkel, 2010).

3.10. AST (Aspartat Aminotransferaz)

Aspartat aminotransferaz (AST), bir transaminaz enzimi olup, amino gruplarının bir molekülden diğerine aktarılmasında görev alır. Bu özelliği nedeniyle “aminotransferaz” olarak adlandırılır. AST, vücutta karaciğer, kalp, iskelet kası, böbrek, beyin ve eritrositler gibi birçok dokuda bulunmakla birlikte, özellikle karaciğer ve kas dokusunda yüksek yoğunlukta yer alır. Bu enzim, hücre zarı bütünlüğünün bozulduğu veya doku hasarının meydana geldiği durumlarda hücre dışına salınarak kandaki düzeyinin artmasına yol açar (Şentürk ve ark., 2004).

AST genellikle ALT (Alanin Aminotransferaz) ile birlikte değerlendirilir ve bu iki enzim, karaciğer fonksiyonlarının ve hücresel bütünlüğün değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan biyokimyasal göstergelerdir. AST düzeylerinin yüksek olması, karaciğer hasarları (örneğin hepatit, siroz, safra kanalı tıkanıklığı), ilaç toksisitesi, B6 vitamini eksikliği veya kas dokusu hasarı gibi durumlarla ilişkilendirilebilir (Kaynar, 2014).

Spor fizyolojisi ve futbol performansı bağlamında, AST yalnızca karaciğer sağlığıyla değil, aynı zamanda kas metabolizması ile de yakından ilişkilidir. Futbolcularda yapılan yüksek yoğunluklu antrenmanlar, tekrarlayan sprintler ve kas zorlanmalar, iskelet kaslarında mikrotravmalara neden olabilir. Bu durum, AST

düzeylerinde geçici yükselmelere yol açar ve genellikle egzersize bağlı fizyolojik bir yanıt olarak değerlendirilir(Shinde ve ark., 2012).

AST düzeylerindeki bu artışlar, futbolcularda antrenman yüklenmesi, kas hasarı, toparlanma süreci ve metabolik stresin değerlendirilmesinde önemli bir biyokimyasal belirteç olarak kullanılabilir (Aydın, 2021). Ancak uzun süreli ve aşırı artışlar, kas dokusu yıkımı ya da karaciğer metabolizmasında bozulma gibi patolojik durumların habercisi olabilir.

AST düzeylerinin düzenli olarak izlenmesi, futbolcularda hem kas rejenerasyonu ve toparlanma sürecinin hem de karaciğer fonksiyonlarının sağlıklı şekilde sürdürülmesi açısından önemlidir. Uygun antrenman planlaması, yeterli B6 vitamini alımı ve optimal toparlanma stratejileri, AST düzeylerinin fizyolojik sınırlar içinde tutulmasına katkı sağlamaktadır (Şentürk ve ark., 2004).

3.11. GLUKOZ (Kan Şekeri)

Glukoz, vücudun temel enerji kaynağı olup özellikle kas dokusu ve beyin tarafından başlıca yakıt olarak kullanılır. Kan glukoz düzeyi, karbonhidrat metabolizmasının değerlendirilmesinde önemli bir biyokimyasal parametredir. Genellikle açlık kan şekeri olarak ölçülür ve normal değer aralığı 75–115 mg/dL arasında kabul edilir (Uzman Grup Laboratuvarları, 2017).

Glukoz düzeyleri, enerji üretimi, kas kasılması ve metabolik performansın sürdürülmesi açısından sporcular için kritik öneme sahiptir. Özellikle futbol gibi yüksek tempolu, aralıklı ve uzun süreli efor gerektiren spor dallarında, glukoz düzeyinin dengede tutulması, dayanıklılık performansı ve mental konsantrasyon için belirleyici bir faktördür (Shinde ve ark., 2012).

Futbolcularda yapılan araştırmalar, maç veya antrenman öncesi glukoz düzeylerinin yeterli olması durumunda, performansın daha uzun süre korunabildiğini ve kas glikojen depolarının daha verimli kullanıldığını göstermektedir (Alibeyoğlu, 2008). Buna karşın, kan glukoz seviyesindeki düşüş (hipoglisemi), yorgunluğun erken başlamasına, reaksiyon süresinin uzamasına ve bilişsel performansın azalmasına neden olabilir.

Antrenman sonrası glukoz düzeyleri genellikle düşüş gösterir, bu da glikojen depolarının boşalmasına ve kas dokularında yeniden yapılanma sürecinin başlamasına

işaret eder. Bu nedenle futbolcularda, antrenman veya müsabaka sonrası karbonhidrat alımı, kas glikojeninin yeniden sentezlenmesi açısından büyük önem taşır.

Glukoz düzeylerinin düzenli izlenmesi futbolcularda hem enerji dengesinin hem de metabolik toparlanmanın değerlendirilmesinde önemli bir göstergedir. Uygun beslenme planı, antrenman yüklenmesi ve toparlanma stratejilerinin birlikte yönetilmesi, kan glukoz seviyesinin fizyolojik sınırlar içinde korunmasını sağlayarak sportif performansın sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadır (İri, 2007).

3.12. ANTİOKSİDANLAR

İnsan vücudu, serbest radikallerin neden olduğu oksidatif stresle mücadelede en güçlü silahını antioksidanlarla kuşanmıştır. Antioksidanlar, serbest radikalleri etkisiz hale getirerek hücresel hasarı önleyebilen hayati bileşiklerdir. Bu maddeler ya vücut tarafından doğal olarak üretilir (endojen antioksidanlar) ya da dışarıdan yiyecekler, içecekler veya takviyeler yoluyla alınır (eksojen antioksidanlar). Her iki tür de serbest radikal temizleyicisi olarak görev yapar ve hücrelerin korunmasına katkıda bulunur (Shinde ve ark., 2012).

Antioksidanların temel işlevi, serbest radikallerin neden olduğu zararları önlemektir. Serbest radikaller, metabolik süreçlerin doğal bir yan ürünü olarak ortaya çıkar ve eğer kontrol edilmezlerse DNA, protein ve lipidlerde ciddi hasara neden olabilirler. Antioksidanlar, bu molekülleri nötralize ederek savunma sistemini güçlendirir ve çeşitli hastalıklara yakalanma riskini azaltır. Ayrıca, hücre metabolizmasının toksik yan ürünlerini etkisiz hale getirerek vücudun doğal koruma mekanizmasına destek olurlar (Sen ve ark., 2010).

Antioksidanların düzenli alımı, sağlığın korunmasında kritik bir rol oynar. Sağlıklı bir yaşam tarzı için antioksidan açısından zengin yiyeceklerin (örneğin, meyve ve sebzelerin) tüketimi teşvik edilmelidir. Bu, sadece hücresel koruma sağlamakla kalmaz, aynı zamanda bağışıklık sisteminin de güçlenmesine yardımcı olur (Şener ve Yeğen 2009)

Reaktif oksijen türlerinin oluşumunu engellemek, bu türlerin neden olduğu hücresel hasarı önlemek ve detoksifikasyonu desteklemek amacıyla vücutta görev yapan mekanizmalara "antioksidan savunma sistemleri" veya kısaca "antioksidanlar" denir. Antioksidanlar, serbest radikallerle hızla reaksiyona girerek otooksidasyon ve lipid

peroksidasyonu gibi zararlı süreçlerin ilerlemesini durduran kritik bileşiklerdir (Dündar 2007).

Antioksidanların temel işlevleri arasında, serbest radikallerin fazlalığını etkisiz hale getirmek, hücreleri bu moleküllerin toksik etkilerinden korumak ve çeşitli kronik hastalıkların önlenmesine katkıda bulunmak yer alır. Bu koruyucu özellikleri sayesinde antioksidanlar, hem hücresel düzeyde hasarı sınırlar hem de vücudun genel sağlığını destekler (Akkuş, 1995). Ayrıca, oksidatif stresin neden olduğu hasarları hafifletmek için hayati bir rol oynarlar ve bağışıklık sisteminin etkinliğini artırarak hastalık riskini azaltmada önemli bir savunma hattı oluştururlar.

Antioksidan savunma sistemleri, vücudun doğal olarak ürettiği moleküller ve dışarıdan alınan besin kaynaklı antioksidanlarla iş birliği yapar. Bu sistemler, serbest radikallerin kontrol altında tutulmasını sağlayarak hücrelerin ve dokuların zarar görmesini önler ve sağlıklı bir yaşamın temel taşlarından biri haline gelir (Gürsoy, 2005).

Antioksidanlar, futbolcuların performansını artırmak, dayanıklılıklarını geliştirmek ve kas hasarını önlemek için hayati bir rol oynar. Serbest radikalleri etkisiz hale getirme ve oksidatif stresi azaltma yetenekleri sayesinde, antioksidanlar futbolcuların hem antrenman hem de maç sonrası hızlı toparlanmalarını destekler. Doğru bir antioksidan stratejisi, futbolcuların sahada en iyi performansı göstermelerine ve uzun vadeli sağlıklarını korumalarına yardımcı olabilir (Sen ve ark., 2010).

3.13. ANTIOKSIDANLARIN SINIFLANDIRILMASI

Antioksidanlar, vücudu serbest radikallerin zararlı etkilerinden koruyan savunma sisteminin bir parçasıdır ve endojen (vücut tarafından üretilen) ve eksojen (dışarıdan alınan) olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Bu iki grup, oksidan ve antioksidan dengesi sağlayarak serbest radikalleri etkisiz hale getirme ve hücresel hasarı önleme görevini üstlenir (Akkuş, 1995).

Endojen antioksidanlar, vücudun doğal savunma mekanizmaları tarafından üretilir ve "enzimatik" ve "non-enzimatik" olmak üzere iki alt grupta incelenir.

Enzimatik antioksidanlar, serbest radikalleri etkisiz hale getiren enzimlerden oluşur ve vücudun birincil savunma hattını oluşturur (Palabıyık, 2014). Bu enzimler arasında şunlar bulunur:

- Süperoksit dismutaz (SOD)
- Katalaz (CAT)
- Glutasyon (GSH)
- Malondialdehit (MDA)

3.13.1. Süperoksit dismutaz (SOD)

Reaktif oksijen türlerine karşı ilk savunma hattını oluşturan kritik bir enzimdir. Bu enzim, süperoksit radikalini ($O_2^{\cdot-}$) hidrojen peroksit (H_2O_2) ve moleküler oksijene (O_2) dönüştürerek oksidatif stresi azaltır. Hidrojen peroksit daha sonra katalaz (CAT) veya glutasyon peroksidaz (GPx) tarafından ortamdaki uzaklaştırılır (Sanudo ve ark., 2018).

İnsanlarda SOD'un üç farklı formu bulunur:

- Cu/Zn SOD: Bakır (Cu) ve çinko (Zn) içerir, sitozolde yer alır.
- Mn SOD: Manganez (Mn) içerir, mitokondride bulunur.
- EC SOD: Ekstrasellüler sıvılarda bulunan formdur, hücre dışındaki savunmada görev yapar.

Bu enzimler, hücre ortamında serbest radikal seviyelerini kontrol ederek, hücre işlevlerinin sürekliliğini ve oksidatif hasardan korunmayı sağlar. Özellikle mitokondride yer alan Mn SOD, enerji üretimi sırasında oluşan serbest radikallerin etkisiz hale getirilmesinde kritik rol oynar (Chapman ve ark., 2011).

3.13.2. Katalaz (CAT)

Katalaz, dört protein alt biriminden oluşan ve her bir alt birimi bir hem grubu ile bir nikotinamid adenin dinükleotid fosfat (NADPH) molekülü içeren önemli bir enzimdir. NADPH molekülü, genellikle katalazın yüzeyine yakın bir bölgede sıkıca bağlı olarak bulunur. Bu yapı, katalazın enzimatik aktivitesini sürdürmesine ve oksidatif stres sırasında kendini koruyabilmesine katkı sağlar (Ginsberg ve ark., 2005).

Katalaz, hücre içi organellerde, özellikle peroksizomlarda, daha düşük oranda ise mitokondri ve endoplazmik retikulumda bulunur. En temel görevi, hidrojen peroksiti (H_2O_2), su (H_2O) ve oksijene (O_2) dönüştürerek hücreyi zararlı oksidanlardan korumaktır.

(Sanudo ve ark., 2018). Bu reaksiyon, hücresel seviyede oksidatif stresin azaltılmasında önemli bir adımı temsil eder.

Süperoksit radikali, hücresel metabolizma sırasında oluşan bir reaktif oksijen türüdür ve bu molekül, süperoksit dismutaz (SOD) enzimi aracılığıyla hidrojen peroksit (H_2O_2) dönüştürülür. Hidrojen peroksit, serbest bir radikal olmamakla birlikte, belirli koşullarda oldukça reaktif ve zararlı oksijen türlerinin öncüsü olabilir (Gürsoy, 2005).

Hidrojen peroksit, bakır (Cu) veya demir (Fe) iyonlarının katalizörlüğünde Fenton reaksiyonu adı verilen bir süreçle hidroksil radikaline (OH) dönüştürülebilir. Hidroksil radikali, bilinen en reaktif oksijen türlerinden biridir ve DNA, proteinler ve lipidler dahil olmak üzere birçok biyomoleküle ciddi zarar verebilir. Bu durum, hücre hasarına ve çeşitli hastalıkların gelişimine yol açabilir.

Katalaz, hidrojen peroksit seviyelerini düzenleyerek Fenton reaksiyonu gibi zararlı süreçlerin önlenmesinde hayati bir rol oynar. Ayrıca NADPH molekülü, katalazın oksidatif hasara karşı korunmasını sağlar ve enzimin aktivitesinin sürdürülmesine katkıda bulunur. Bu mekanizmalar, katalazı vücudun oksidatif stresle mücadelesinde kilit bir oyuncu haline getirir (Sanudo ve ark., 2018).

Katalaz, reaktif oksijen türlerine karşı savunma sisteminin kritik bir parçasıdır. Hem reaktif oksijen türlerinin nötralizasyonunda hem de hücresel işlevlerin sürdürülebilirliğinde önemli bir rol oynar. Hidrojen peroksitin güvenli bir şekilde uzaklaştırılması, hücresel sağlığın korunmasında temel bir mekanizmadır ve katalaz bu süreçte etkin bir koruyucu olarak görev yapar (Shinde ve ark., 2012).

Şekil 3.1. CAT FORMÜLÜ. Yang Z, Ren K, Chen Y, Quanji X, Cai C, Yin J. (2024). Oxygen-Generating Hydrogels as Oxygenation Therapy for Accelerated Chronic Wound Healing. Adv Healthc Mater. 13(3):e2302391. doi: 10.1002/adhm.202302391



Katalaz (CAT): Spor ve Kas Yaralanmalarında Rolü

Katalaz (CAT), oksidatif stresi kontrol altında tutan ve hücresel sağlığı koruyan enzimlerden biridir. Spor ve fiziksel aktivite sırasında kas hücrelerinde oksijen tüketimi

artar, bu da reaktif oksijen türlerinin (ROS) ve özellikle hidrojen peroksitin (H_2O_2) üretimini artmasına neden olur. Katalaz, hidrojen peroksiti suya (H_2O) ve oksijene (O_2) dönüştürerek bu süreçte hayati bir rol oynar. Bu, spor ve egzersiz sırasında oluşan oksidatif stresin kas hücrelerine zarar vermesini önlemede etkili bir mekanizmadır (Palabıyık, 2014). Katalaz, kas dokusunda peroksizomlarda yüksek konsantrasyonlarda bulunur ve şu işlevlerle spor sırasında kas sağlığını destekler:

Oksidatif Stresin Azaltılması

Egzersiz sırasında enerji ihtiyacının artması, kas hücrelerinde reaktif oksijen türlerinin üretimini artırır. Hidrojen peroksit, kas hücrelerinde birikerek oksidatif hasara yol açabilir. Katalaz, hidrojen peroksiti güvenli bir şekilde parçalayarak bu hasarı önler. Katalaz, hidrojen peroksitin toksik etkilerini sınırlandırarak kas proteinlerini, lipidlerini ve DNA'yı korur (Çıracı, 2013).

Egzersizle İlişkili Yorgunluğun Azaltılması

Oksidatif stres, kas yorgunluğunu artırabilir ve toparlanmayı geciktirebilir. Katalaz, oksidatif stresi hafifleterek kasların daha uzun süre verimli çalışmasını sağlar ve spor performansını artırır. Yoğun egzersiz veya travma sonucu oluşan kas yaralanmaları, genellikle serbest radikal üretiminin artmasıyla ilişkilidir. Katalaz, bu serbest radikalleri nötralize ederek kas hücrelerinin hasar görmesini önler veya azaltır (Özcan ve ark., 2015).

Hidrojen Peroksit ve Kas Yaralanmaları

Hidrojen peroksit (H_2O_2), spor sırasında hücre metabolizmasının yan ürünü olarak oluşur. Tek başına bir serbest radikal olmamasına rağmen, Fenton reaksiyonu ile bakır (Cu) veya demir (Fe) iyonlarının varlığında hidroksil radikalleri ($\bullet OH$) üretebilir. Hidroksil radikalleri, hücrelere ciddi şekilde zarar vererek kas yaralanmalarını şiddetlendirebilir (Dinç, 2006).

Katalaz, hidrojen peroksiti suya ve oksijene dönüştürerek bu zararlı zincir reaksiyonunun başlamasını engeller. Bu mekanizma, kas yaralanmalarının şiddetini azaltır ve kas iyileşmesini hızlandırır. Egzersiz sonrası kas dokusunun iyileşmesi, oksidatif stres seviyelerinin kontrol edilmesiyle yakından ilişkilidir. Katalaz, kasların toparlanmasını desteklemek için şunları yapar (Karahan, 2018):

- Hücre Zarını Koruma: Oksidatif hasarı azaltarak kas hücre zarının bütünlüğünü korur.
- Enflamasyonun Hafifletilmesi: Oksidatif stresin neden olduğu enflamatuvar yanıtları sınırlar.
- Kas Yenilenmesi: Oksijen seviyelerini düzenleyerek kas iyileşme süreçlerine destek olur.

Sporda ve Katalaz Aktivitesinin Önemi

Antrenman Seviyesi ve Katalaz: Düzenli egzersiz, katalaz aktivitesini artırabilir ve oksidatif stresle başa çıkma kapasitesini geliştirir. Bu, sporcuların dayanıklılığını artırabilir ve kas yaralanmalarını önlemeye yardımcı olabilir (Koca, 2007).

Yetersiz Katalaz Aktivitesi: Aşırı yoğun egzersiz yapan bireylerde katalaz aktivitesinin yetersizliği, oksidatif strese bağlı kas hasarı riskini artırabilir (Bayram, 2013). Katalaz (CAT), spor ve kas yaralanmaları bağlamında, oksidatif stres kontrol altına alarak kas hücrelerini serbest radikallerin zararlı etkilerinden koruyan temel bir savunma mekanizmasıdır. Hidrojen peroksiti etkisiz hale getirme yeteneği sayesinde kasların egzersiz sırasında ve sonrasında daha hızlı toparlanmasını sağlar. Düzenli fiziksel aktivite, katalaz gibi antioksidan enzimlerin aktivitesini artırarak, spor performansını ve kas sağlığını optimize edebilir (Tekeli, 2012).

3.13.3. Glutatyon (GSH)

Glutatyon (GSH), ilk olarak Hopkins tarafından 1921 yılında tanımlanmış olup, başlangıçta yalnızca glutamil-sistein yapısında bir dipeptit olduğu düşünülmüştür. Ancak sonraki yıllarda yapılan çalışmalar, glutatyonun glutamik asit, sistein ve glisin amino asitlerinden oluşan tripeptid yapısında olduğunu ortaya koymuştur. Harrington ve Mead (1935) tarafından bu tripeptid yapısı sentetik olarak elde edilmiştir (Barmley vd., 2000).

GSH, hücre içi antioksidan savunma sisteminin temel bileşenlerinden biridir. Bitkilerden insanlara kadar pek çok canlıda, özellikle hücre sitozolünde yüksek konsantrasyonda bulunur ve en bol intrasellüler tiyol bileşiği olarak kabul edilir (Kidd, 1997). Glutatyon, karaciğerde genetik bilgiye bağlı olmaksızın sentezlenmekte ve oksidatif stresin biyokimyasal göstergesi olarak yaygın şekilde değerlendirilmektedir. Redükte glutatyon (GSH) ile okside glutatyon (GSSG) arasındaki oran, hücrenin

oksidatif/antioksidatif dengesini yansıtır. Bu oran azaldığında, hücresel düzeyde oksidatif stresin arttığı kabul edilir.

Glutasyon, proteinlerdeki sülfhidril (-SH) gruplarını redükte halde tutarak oksidatif hasarı önler; serbest radikaller ve peroksitlerle reaksiyona girerek hücreleri oksidatif tahribata karşı korur (Urso vd., 2003). Hücre içi metabolik süreçlerde üç temel görev üstlenir:

- I. Antioksidan olarak doğrudan serbest radikal temizleyici görevi görür.
- II. Detoksifikasyon süreçlerinde, glutasyon-S-transferaz enzimleri için kofaktör işlevi üstlenir.
- III. Gama-glutamil transpeptidaz enzimi için substrat görevi görerek amino asit transferinde rol alır.

Ayrıca GSH, hücrelerin redoks dengesinin korunmasında merkezi bir rol oynar. Toksik metabolitlerin uzaklaştırılmasını sağlar ve indirgenmiş formu sayesinde hücre içi sülfhidril gruplarının sürekliliğini destekler (Liebman vd., 1988; Tekeli, 2012). GSH, özellikle H_2O_2 ve organik peroksitlerin (örneğin lipid peroksitlerin) eliminasyonunda görev yapar. Bu süreçte selenyum bağımlı glutasyon peroksidaz (GPx) enzimi aracılığıyla peroksitleri su veya alkole dönüştürür. Reaksiyon sırasında GSH oksitlenerek GSSG'ye dönüşür; daha sonra glutasyon redüktaz enzimi tarafından yeniden GSH'a indirgenir. Böylece glutasyon redoks döngüsü tamamlanır (Flohe, 1981).

Spor bilimleri ve futbol performansı açısından, glutasyonun önemi büyüktür. Yoğun fiziksel aktiviteler, özellikle de futbol gibi yüksek efor, sprint ve dayanıklılık gerektiren spor dalları, serbest radikal üretimini artırarak oksidatif stres düzeyini yükseltebilir (Meister, 1995). Bu durumda glutasyon, kas hücrelerinde oluşan oksidatif hasarın azaltılmasında kritik bir savunma mekanizması görevi üstlenir.

Düzenli ve kontrollü antrenmanların, süperoksit dismutaz (SOD) ve glutasyon peroksidaz (GPx) gibi antioksidan enzimlerin aktivitelerini artırarak hücre içi antioksidan kapasiteyi güçlendirdiği bildirilmiştir. Bu adaptasyon, egzersiz sırasında artan serbest radikal üretimine karşı mitokondriyal biyosentezi uyararak koruyucu bir yanıt oluşturur (Kara, 2007). Ayrıca futbolcularda antrenman sıklığı, yoğunluğu ve beslenme durumu

gibi faktörlerin, eritrosit antioksidan enzim aktiviteleri üzerinde belirleyici olduğu ifade edilmektedir.

Glutasyon, futbolcuların metabolik dayanıklılığı, kas hasarına karşı direnci ve antrenman sonrası toparlanma süreçlerinin etkinliğinde önemli bir biyokimyasal göstergedir. Düzenli antrenman programları ve dengeli beslenme, glutasyon düzeylerinin korunmasına katkı sağlayarak oksidatif dengeyi optimize eder ve sportif performansın sürdürülebilirliğini destekler.

Glutasyon Peroksidaz (GPx) ve Glutasyon Redüktaz (GR)

Glutasyon peroksidaz (GPx), hidrojen peroksit ve lipid peroksitleri nötralize eden enzimatik bir antioksidandır. Bu süreçte glutasyon kullanılır ve glutasyon redüktaz (GR), oksitlenmiş glutasyonu yeniden aktif forma dönüştürerek döngüyü devam ettirir (Koca, 2007).

Endojen antioksidanlar, vücudun serbest radikallere karşı ilk savunma hattını oluşturarak oksidatif hasarı önlemede önemli bir rol oynar. Enzimatik antioksidanlar, hücrel savunma sisteminin temel taşlarından biri olarak, serbest radikalleri etkisiz hale getirir ve oksidatif stresi kontrol altında tutar. Bu sistemin etkin çalışması, hücrelerin sağlıklı kalması ve oksidatif stresle ilişkili hastalıkların önlenmesi açısından hayati önem taşır (Karahana, 2018).

Glutasyon Redüktaz ve Glutasyon: Spor ve Kas Hasarı Alanındaki Rolü

Glutasyon redüktaz, flavin adenin dinükleotid (FAD) içeren bir flavoprotein enzimdir ve sporcular için kritik öneme sahip olan kas sağlığını ve toparlanma sürecini destekler. Bu enzim, oksidatif stresin etkilerini azaltarak kas hücrelerini serbest radikallerin zararlı etkilerinden korur.

Glutasyon Redüktazın Spor ve Kas Sağlığındaki İşlevi

Glutasyon redüktaz, NADPH'nin bir elektronunu oksitlenmiş glutasyonun (GSSG) disülfid bağlarına aktararak onu yeniden aktif formu olan GSH'ye (redükte glutasyon) dönüştürür. GSH, kas hücrelerindeki serbest radikalleri etkisiz hale getirerek oksidatif stres seviyelerini düşürür (Dinç, 2006).

Fiziksel egzersiz sırasında özellikle yoğun ve uzun süreli antrenmanlarda, kas hücreleri enerji üretimi için metabolizmayı hızlandırır. Bu süreçte, reaktif oksijen türleri

(ROS) ve serbest radikallerin üretimi artar. Bu moleküller kontrol edilmediğinde kas hücrelerinde hasara ve yorgunluğa yol açabilir. NADPH, glutatyon redüktazın işlevini sürdürmesi için gerekli olduğundan, serbest radikal hasarını önlemek ve kasların toparlanmasını hızlandırmak için kritik bir role sahiptir (Bayram 2013). NADPH'nin ana kaynağı, heksoz monofosfat yolu (pentoz fosfat yolu) olarak bilinen metabolik bir yoldur.

Glutatyonun Spor ve Kas Hasarındaki Rolü

Glutatyon, kas hücrelerinde yüksek yoğunluklarda bulunan ve antioksidan olarak görev yapan bir tripeptittir. Yoğun egzersiz ve kas hasarına karşı savunmada önemli bir oyuncudur. Glutatyonun spor ve kas sağlığı ile ilgili temel işlevleri şunlardır (Akkuş, 1995):

Oksidatif Stresin Azaltılması: Glutatyon, serbest radikalleri ve reaktif oksijen türlerini etkisiz hale getirerek oksidatif stresin kas hücrelerinde yarattığı hasarı sınırlar. Bu, kas yorgunluğunu azaltır ve antrenman sonrası toparlanmayı hızlandırır.

Kas Hücresinin Redoks Durumunu Koruma: Egzersiz sırasında kas hücrelerinin oksidatif ve indirgenmiş ortam dengesini (redoks dengesi) sağlar. Bu denge, kasların verimli bir şekilde çalışması ve hasarın önlenmesi için gereklidir.

Detoksifikasyon: Yoğun antrenman sırasında oluşan toksik metabolitlerin ve zararlı bileşiklerin etkisiz hale getirilmesine yardımcı olur.

Kas İnflamasyonunun Azaltılması: Egzersiz sonrası oluşan kas iltihaplanmasını ve mikrotravmaları hafifletir.

Protein ve Hücre Zarlarının Korunması: Glutatyon, egzersiz sırasında ortaya çıkan oksidatif hasarı sınırlayarak kas hücre zarlarının ve protein yapıların bütünlüğünü korur.

Glutatyonun Hücre İçi Roller

Glutatyon, kas sağlığının ötesinde hücresel süreçlerde de önemli rol oynar (Özcan vd., 2015):

Eikosanoid Sentezi: Kas hasarından sonra inflamatuvar yanıtın düzenlenmesinde etkili olan prostaglandinlerin ve diğer eikosanoidlerin sentezinde yer alır.

Hücre Sinyali ve Adaptasyonu: Egzersiz sırasında kas hücrelerinin çevresel uyaranlara adaptasyonunu sağlar.

3.13.4. Malondialdehit (MDA)

Malondialdehit (MDA), lipid peroksidasyonunun en önemli son ürünlerinden biri olup, oksidatif stres düzeyinin değerlendirilmesinde yaygın biçimde kullanılan bir biyobelirteçtir. Hücrede antioksidan savunma sistemleri reaktif oksijen türlerini (ROS) etkisiz hale getiremediğinde, özellikle çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) oksidasyona uğrayarak lipid peroksidasyonuna neden olur. Bu süreçte ortaya çıkan MDA, hücre zarındaki fosfolipitlerle etkileşime girerek zar yapısının bütünlüğünü bozar ve iyon geçirgenliğinde değişimlere yol açar (Gönenç vd., 2001).

MDA, membran komponentlerinin polimerizasyonuna ve çapraz bağlanmasına neden olan toksik bir aldehit olup, oksidatif stresin artmasıyla birlikte hem kanda hem de idrarda düzeyi yükselir. Plazmada yüksek çözünürlüğe sahip olması, MDA'nın dolaşımdaki oksidatif stres düzeyini yansıtmakta kullanılmasına imkân tanır (Akkuş, 1995). Ayrıca elektrofillerin aktif bir aldehit tipi olarak, hücre içinde toksik stres ve ileri glikasyon son ürünlerinin (AGEs) oluşumuna katkıda bulunur (Rafieian vd., 2014).

Lipid peroksidasyonu sürecinde özellikle linoleik, araşidonik ve dokosaheksaenoik asitler gibi çoklu doymamış yağ asitlerinden türeyen MDA, LDL oksidasyonunun bir yan ürünü olarak da ortaya çıkmaktadır. Fizyolojik pH'da anyonik formda bulunan MDA, protein ve amino asitlerin $-NH_2$ grupları ile reaksiyona girerek protein yapısında fonksiyonel değişikliklere neden olabilir. Bu durum hücre zarının iyon dengesini bozmakta, enzim aktivitesi ve membran geçirgenliği üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Porter, 1984; Kalender, 2002; Taş, 2006).

MDA ayrıca DNA'nın nitrojen bazlarıyla reaksiyona girerek mutajenik ve genotoksik etkiler gösterebilir. Bu durum hücresel düzeyde kromozomal hasar ve sitotoksikite ile sonuçlanabilir. Dolayısıyla MDA, yalnızca oksidatif stresin bir göstergesi değil, aynı zamanda hücresel hasarın biyokimyasal belirteci olarak da önem taşımaktadır (Koca, 2007).

Fiziksel aktivite ve spor performansı açısından değerlendirildiğinde, yoğun egzersizler sırasında artan oksijen tüketimiyle birlikte reaktif oksijen türlerinin üretimi de artar. Bu durum, futbol gibi yüksek efor, sprint ve dayanıklılık içeren sporlarda oksidatif stres düzeyini yükseltir. MDA, bu oksidatif süreçlerin biyokimyasal bir göstergesi olarak

sıkça kullanılmakta ve antrenman yoğunluğu, süresi ve toparlanma süreçleriyle ilişkilendirilmektedir (Dinç, 2006).

Araştırmalar, düzenli ve planlı antrenmanların, oksidatif stres parametreleri üzerinde düzenleyici bir etki oluşturduğunu göstermektedir. Futbolcularda uygulanan uygun antrenman protokollerinin, MDA düzeylerinde azalmaya ve antioksidan enzim aktivitelerinde artışa yol açtığı bildirilmiştir. Bu durum, düzenli egzersizin adaptif antioksidan yanıtı uyararak hücresel düzeyde oksidatif hasarı sınırladığını göstermektedir (Özcan vd., 2015).

MDA düzeyleri futbolcularda yoğun fiziksel yüklenmelerin ve toparlanma süreçlerinin izlenmesinde önemli bir biyokimyasal göstergedir. Dengeli beslenme, yeterli toparlanma süresi ve düzenli antrenman programları, MDA birikimini azaltarak oksidatif dengeyi korur ve sportif performansın sürdürülebilirliğini destekler.

Gen Ekspresyonu ve Adaptif Yanıt: Kas hücrelerinin antrenmanla uyum sağlaması için gerekli genlerin aktivitesini düzenler.

Apoptozun Kontrolü: Kas hasarını önlemek için hücre ölüm süreçlerini denetler.

Glutasyon redüktaz ve glutasyon, spor ve egzersiz sırasında oluşan oksidatif stresi azaltarak kas hücrelerini koruyan ve toparlanmayı destekleyen temel mekanizmalardır. Glutasyon, kas hücrelerinde antioksidan olarak görev yaparken aynı zamanda detoksifikasyon, inflamasyon kontrolü ve kas sağlığının sürdürülebilmesi için kritik süreçlerde yer alır. Bu özellikleriyle, sporcuların performansını artırma ve egzersiz sonrası iyileşme sürecini hızlandırma açısından hayati bir rol oynar (Çıracı, 2013).

3.14. EGZERSİZDE SERBEST RADİKALLER VE OKSİDATİF STRES

Egzersiz sırasında organizmada meydana gelen metabolik ve oksidatif değişiklikler, serbest radikal üretiminin artmasına ve buna bağlı olarak oksidatif stres düzeyinin yükselmesine yol açmaktadır. Kısa süreli ve yoğun egzersizlerde oksidatif stresin oluşmasının iki temel nedeni bulunmaktadır (Özcan vd., 2015): Birincisi, vücudun oksijen tüketiminin istirahat düzeyine kıyasla önemli ölçüde artması, ikincisi ise artış gösteren oksidan üretimine karşı antioksidan savunma kapasitesinin yetersiz kalmasıdır. Artan oksijen tüketimi, hücresel düzeyde reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimini artırarak lipid peroksidasyonu zincir reaksiyonlarını tetikler. Bu süreç, malondialdehit

(MDA) düzeylerindeki yükselme ile kendini gösterir. Lipid peroksidasyonundaki bu artış, özellikle yüksek yoğunluklu egzersizlerde kas dokusunda oksidatif hasara ve yorgunluğa neden olabilir (Apple vd., 1988).

Yapılan araştırmalarda, maratoncu ve sprinter gibi dayanıklılık ve hız gerektiren branşlarda yer alan sporcularda, istirahat koşullarında dahi lipid peroksidasyon düzeylerinin artış gösterdiği saptanmıştır (Marzatico vd., 1997). Bu bulgular, sporcularda sürekli yüksek metabolik aktiviteye bağlı olarak bazal oksidatif stres seviyesinin antrenmansız bireylere kıyasla daha yüksek olabileceğini göstermektedir.

Organizmada ROS oluşumuna karşı koruma sağlayan karmaşık bir antioksidan savunma sistemi bulunmakla birlikte, bu sistemin etkinliği egzersiz sırasında artan oksidatif yükü tamamen dengelemekte yetersiz kalabilmektedir. Özellikle hem aerobik hem de anaerobik egzersiz türlerinde, oksidatif stresin belirgin biçimde arttığı gösterilmiştir (Fisher vd., 2009). Bu durum, futbol gibi hem yüksek yoğunluklu sprintleri hem de orta şiddette aerobik koşuları içeren sporlarda oldukça önemlidir.

Bununla birlikte, düzenli ve uzun süreli antrenmanların (kronik egzersiz) antioksidan savunma kapasitesini güçlendirdiği bilinmektedir. Clarkson ve arkadaşlarının (2000) çalışmalarında, düzenli egzersiz uygulamaları sonrasında eritrositlerde glutatyon (GSH), katalaz (CAT) ve glutatyon redüktaz (GR) aktivitelerinde anlamlı artışlar saptanmıştır. Bu durum, sporcularda antioksidan sistemlerin egzersize adaptasyonu ile açıklanmaktadır.

Elit bayan futbolcular üzerinde yapılan bir araştırmada, 40 dakikalık bir futbol müsabakası sonrasında plazma askorbik asit (C vitamini), alfa-tokoferol (E vitamini), ürik asit ve total glutatyon düzeylerinin belirgin şekilde yükseldiği tespit edilmiştir. Bu artış, egzersizle birlikte endogen antioksidanların aktivasyonuna veya dokularda depolanan antioksidanların dolaşıma geçişine bağlanmaktadır (Andersson vd., 2009).

Yoğun egzersizler sırasında artan oksijen tüketimi, serbest radikal üretimini hızlandırmakta, buna karşılık organizmanın enzimatik (SOD, CAT, GPx) ve non-enzimatik (E vitamini, C vitamini, GSH) antioksidan sistemleri devreye girerek bu molekülleri nötralize etmektedir. Ancak antioksidan savunma kapasitesi ile serbest radikal üretimi arasındaki denge, egzersizin süresi, şiddeti ve sıklığına bağlı olarak değişmektedir (Okdan, 2016).

Düzenli yapılan antrenmanların, oksidatif stresin zararlı etkilerini azaltarak vücudun adaptif yanıtını geliştirdiği bilinmektedir. Vina ve arkadaşlarının (2000) belirttiği üzere, sürekli egzersiz, antioksidan enzimlerin biyosentezini uyarak oksidatif hasara karşı koruyucu bir etki oluşturur. Bu durum, futbolcuların yoğun maç ve antrenman dönemlerinde kas hücrelerinin oksidatif dayanıklılığını artırır ve performans sürekliliğini destekler.

Egzersizle ilişkili oksidatif stres, hem futbolcuların performansını hem de toparlanma süreçlerini etkileyen önemli bir biyokimyasal faktördür. Uygun antrenman planlaması, yeterli toparlanma ve dengeli antioksidan destekli beslenme, serbest radikal oluşumu ile antioksidan savunma arasında denge kurularak sporcularda maksimum performansın sürdürülebilirliğini sağlar.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE METOD

4.1. ARAŞTIRMA GRUBU

Bu çalışmanın evrenini, Türkiye Futbol Federasyonu (TFF) 2. Lig’de mücadele eden profesyonel futbolcular oluşturmaktadır. Araştırma örneklemini ise, Van ilini temsilen TFF 2. Lig kapsamında faaliyet gösteren Vanspor Futbol Kulübü’nde aktif olarak forma giyen profesyonel erkek futbolcular arasından seçilmiştir. Çalışma grubu, gönüllülük esasına dayalı olarak belirlenmiş ve araştırmaya katılmayı kabul eden toplam 12 profesyonel futbolcu araştırma kapsamına alınmıştır.

Araştırmaya dâhil edilen futbolcuların tümü, kulüp bünyesinde düzenli olarak sezon öncesi, müsabaka dönemi ve sezon sonu antrenman programlarına katılan, profesyonel lisansa sahip ve aktif müsabaka tecrübesi bulunan sporculardan oluşmaktadır. Sporcuların tamamı, araştırma süresince aynı teknik ekip ve benzer antrenman yükleri altında çalışmalarını sürdürmüş, böylece bireyler arası dışsal antrenman farklarının etkisi minimize edilmeye çalışılmıştır. Çalışma grubuna dâhil edilme kriterleri şu şekilde belirlenmiştir:

- En az üç yıllık profesyonel futbol deneyimine sahip olmak,
- Çalışma süresi boyunca aktif olarak takım antrenman ve müsabakalarına katılıyor olmak,
- Kronik hastalık, metabolik bozukluk veya kardiyovasküler rahatsızlık öyküsünün bulunmaması,
- Son üç ay içerisinde ciddi kas-iskelet sistemi yaralanması geçirmemiş olmak,
- Düzenli antioksidan takviyesi, performans artırıcı madde veya yasaklı farmakolojik ajan kullanmıyor olmak.

Araştırmadan dışlanma kriterleri ise; çalışma süresince sakatlık nedeniyle antrenman ve müsabakalardan uzun süreli uzak kalan, test protokolüne tam olarak uyum sağlayamayan veya ölçüm zamanlarında eksik veri oluşturan sporcular olarak belirlenmiştir. Bu kriterler doğrultusunda belirlenen örneklemin, araştırmanın amacına hizmet edecek şekilde homojen bir yapı oluşturmaya dikkat edilmiştir.

Araştırma grubuna dâhil edilen futbolcuların yaş, boy ve vücut ağırlığı gibi demografik ve antropometrik özellikleri belirlenerek kaydedilmiştir. Bu değişkenler, sporcuların biyokimyasal ve hematolojik parametreleriyle ilişkili olabilecek bireysel farklılıkların değerlendirilmesine katkı sağlamak amacıyla kullanılmıştır.

Araştırma örneklem sayısının sınırlı olması, çalışmanın profesyonel bir futbol takımı ile yürütülmesi ve sezon içi ölçüm koşullarının zorluğu göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. Ancak aynı bireylerden tekrarlı ölçümler alınması ve birey içi karşılaştırmalara dayalı analiz yaklaşımı sayesinde, örneklem sayısının metodolojik açıdan yeterli olduğu kabul edilmiştir. Bu yaklaşım, bireyler arası değişkenlikten kaynaklanabilecek olası hataları azaltarak, sezon sürecindeki fizyolojik değişimlerin daha güvenilir şekilde değerlendirilmesine olanak sağlamıştır.

4.2. ARAŞTIRMANIN ETİK KURUL RAPORU

Bu çalışma, insan katılımcılar üzerinde yürütülen bilimsel araştırmalara ilişkin etik ilkelere uygun olarak planlanmış ve uygulanmıştır. Araştırmanın tüm aşamaları, Helsinki Bildirgesi'nde belirtilen etik prensipler doğrultusunda gerçekleştirilmiş olup bireylerin haklarının korunması, gönüllülük esasının sağlanması ve veri gizliliğinin güvence altına alınması temel ilke olarak benimsenmiştir.

Araştırmaya başlamadan önce gerekli etik izinler alınmış ve çalışma protokolü Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü'ne bağlı yetkili Etik Kurul tarafından incelenerek onaylanmıştır. Etik kurul onayı, araştırmanın bilimsel gerekliliklere, insan sağlığını ve bütünlüğünü koruma ilkesine ve gönüllü katılım esasına uygun şekilde yürütüleceğini garanti altına almak amacıyla alınmıştır.

Araştırmaya katılan tüm sporculara, çalışmanın amacı, kapsamı, uygulanacak ölçümler, kan örneği alma süreci, olası riskler ve elde edilen verilerin hangi amaçlarla kullanılacağı ayrıntılı biçimde sözlü ve yazılı olarak açıklanmıştır. Ayrıca katılımcılara, araştırmaya katılımın tamamen gönüllülük esasına dayandığı, istedikleri herhangi bir aşamada çalışmadan ayrılacakları ve bu durumun sportif, idari veya hukuki hiçbir yaptırımı olmayacağı açıkça belirtilmiştir.

Bu bilgilendirme sürecinin ardından tüm katılımcılardan yazılı Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu alınmıştır. Gönüllü olur formları, sporcuların kendi özgür

iradeleriyle araştırmaya katıldıklarını belgelemek amacıyla arşivlenmiş ve yalnızca bilimsel denetim süreçlerinde kullanılmak üzere saklanmıştır.

Araştırma süresince elde edilen tüm kişisel ve biyolojik veriler gizlilik ilkesi çerçevesinde değerlendirilmiş, sporcuların kimlik bilgileri kodlama yöntemi kullanılarak anonim hale getirilmiştir. Katılımcılara ait hiçbir bireysel veri üçüncü kişilerle paylaşılmamış ve veriler yalnızca bilimsel amaçlar doğrultusunda analiz edilmiştir. Araştırma sonuçları raporlanırken toplu veriler kullanılmış, bireysel sonuçların doğrudan tanımlanmasına olanak verecek bilgilere yer verilmemiştir.

Kan örneklerinin alınması ve biyokimyasal analiz süreçleri, tıbbi uygulamalara uygun steril koşullar altında gerçekleştirilmiş, sporcuların fiziksel bütünlüğüne ve sağlığına zarar verebilecek herhangi bir girişimden kaçınılmıştır. Ölçüm protokolü, sporcuların antrenman ve müsabaka performanslarını olumsuz etkilemeyecek şekilde planlanmış, kan alım zamanlamaları biyolojik ritim ve toparlanma süreçleri dikkate alınarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak, bu araştırma; etik ilkelere uygunluk, gönüllü katılım, veri güvenliği ve katılımcı haklarının korunması açısından gerekli tüm kriterleri karşılayacak şekilde yürütülmüş olup, insan üzerinde yapılan bilimsel araştırmalar için öngörülen etik standartlara tam uyum sağlamaktadır.

4.3. ARAŞTIRMANIN ZAMAN PLANI VE ÖLÇÜM PERİYOTLARI

Bu çalışmada araştırma süreci, profesyonel futbolcularda sezon boyunca meydana gelen fizyolojik değişimleri bütüncül biçimde değerlendirebilmek amacıyla müsabaka dönemine özgü periyodizasyon esas alınarak planlanmıştır. Futbol gibi uzun süreli ve çok aşamalı bir sezon yapısına sahip spor branşlarında, biyokimyasal ve hematolojik parametrelerin zamana bağlı değişimleri oldukça belirgin olduğundan, ölçümlerin tek bir zaman noktasında yapılması yerine tekrarlı ölçümlere dayalı bir araştırma tasarımı benimsenmiştir.

Araştırma kapsamında ölçümler, futbol sezonunun farklı evrelerini temsil edecek şekilde üç ayrı zaman diliminde gerçekleştirilmiştir. Bu zaman dilimleri, sporcuların antrenman yükleri, müsabaka yoğunlukları ve toparlanma süreçleri dikkate alınarak belirlenmiş olup, aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

Birinci ölçüm dönemi, hazırlık dönemi olarak tanımlanmıştır. Bu dönem, sezon öncesi hazırlık sürecini kapsamakta olup futbolcuların genel ve özel kondisyonlarını geliştirmeye yönelik yüksek hacimli antrenmanların uygulandığı evreyi temsil etmektedir. Hazırlık döneminde yapılan ölçümler, sporcuların sezona başlangıçtaki fizyolojik ve biyokimyasal durumlarını ortaya koymak ve ilerleyen dönemlerde meydana gelecek değişimlerin referans noktasını oluşturmak amacıyla kullanılmıştır.

İkinci ölçüm dönemi, müsabakaların başlangıç dönemi olarak belirlenmiştir. Bu evre, lig maçlarının başlamasıyla birlikte antrenman hacminin nispeten azaldığı ancak antrenman ve müsabaka şiddetinin arttığı bir süreci yansıtmaktadır. Bu dönemde yapılan ölçümler, sporcuların artan rekabet ortamına ve yoğun maç temposuna karşı geliştirdikleri kısa dönem fizyolojik ve metabolik adaptasyonların değerlendirilmesine olanak sağlamıştır.

Üçüncü ölçüm dönemi ise müsabaka dönemi sonu olarak tanımlanmıştır. Bu evre, sezonun ilerleyen safhalarında biriken antrenman ve müsabaka yüklerinin sporcular üzerindeki kümülatif etkilerini ortaya koymak amacıyla belirlenmiştir. Uzun süreli yoğun yüklenmelerin, kas hasarı, oksidatif stres ve antioksidan savunma sistemleri üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi açısından bu ölçüm dönemi kritik öneme sahiptir.

Her üç ölçüm dönemi arasında sporculara belirli bir süre tanınmış olup, bu süre zarfında önceki ölçümlerin akut fizyolojik etkilerinin en aza indirilmesi hedeflenmiştir. Ölçümler, sporcuların biyolojik ritimlerinden kaynaklanabilecek olası farklılıkları azaltmak amacıyla günün aynı saat aralığında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca kan alımı öncesinde yoğun fiziksel aktiviteden kaçınılmasına özen gösterilmiş ve tüm ölçümler benzer çevresel ve fizyolojik koşullar altında yapılmıştır.

Bu zamanlama yaklaşımı sayesinde, bireyler arası farklılıklardan kaynaklanabilecek etkiler minimize edilmiş, birey içi karşılaştırmalar yoluyla sezon boyunca meydana gelen biyokimyasal, hematolojik ve antioksidan sistem değişimlerinin daha güvenilir biçimde analiz edilmesi amaçlanmıştır. Tekrarlı ölçüm yaklaşımı, araştırmanın iç geçerliğini artırarak elde edilen sonuçların bilimsel değerini güçlendirmiştir.

4.4. ANTROPOMETRİK ÖLÇÜMLER

Araştırma kapsamında yer alan profesyonel futbolcuların fiziksel özelliklerini tanımlamak ve biyokimyasal ilerlemelerle ilişkili bireysel farklılıkları değerlendirebilmek amacıyla temel antropometrik ölçümler yapılmıştır. Antropometrik veriler, sporcuların fizyolojik yanıtlarını etkileyebilecek yapısal faktörlerin kontrol altına alınması ve elde edilen bulguların yorumlanmasına katkı sağlamak amacıyla kullanılmıştır.

Antropometrik ölçümler; yaş, boy uzunluğu ve vücut ağırlığı değişkenlerini kapsamaktadır. Tüm ölçümler, ölçüm hatasını ve dışsal etkenleri en aza indirebilmek amacıyla sabah saatlerinde, antrenman öncesinde ve benzer çevresel koşullar altında gerçekleştirilmiştir. Ölçüm öncesinde sporcuların ağır egzersiz yapmamış olmalarına, aşırı sıvı alımından kaçınmalarına ve ölçümlerin standart giysi koşullarında yapılmasına özen gösterilmiştir.

Boy uzunluğu ölçümü, katılımcılar çıplak ayaklı, dik pozisyonda ve anatomik duruş esas alınarak yapılmıştır. Ölçüm sırasında sporcuların topukları, kalçaları ve sırtları ölçüm yüzeyine temas edecek şekilde konumlandırılmış, baş Frankfurt düzlemine uygun pozisyona getirilmiştir. Boy ölçümleri $\pm 0,1$ cm hassasiyetle ölçüm yapabilen sabit bir stadiometre kullanılarak kaydedilmiştir.

Vücut ağırlığı ölçümleri, sporcular hafif spor giysileri ile ve ayakkabısız olarak gerçekleştirilmiştir. Tartım işlemi, $\pm 0,1$ kg hassasiyetle ölçüm yapabilen kalibrasyonu düzenli olarak kontrol edilen dijital bir tartı cihazı kullanılarak yapılmıştır. Ölçüm sırasında sporcuların cihaza yük merkezini eşit dağıtacak şekilde yerleşmesine dikkat edilmiştir.

Yaş bilgileri, sporcuların resmî kulüp kayıtları ve kimlik bilgilerine dayalı olarak yıl cinsinden belirlenmiştir. Tüm antropometrik ölçümler, aynı araştırmacı tarafından alınarak gözlemci kaynaklı ölçüm farklılıklarının önüne geçilmeye çalışılmıştır. Bu yaklaşım, ölçümlerin tekrarlanabilirliği ve güvenilirliğinin artırılması açısından özellikle önemsenmiştir.

Elde edilen antropometrik veriler, araştırmanın ilerleyen aşamalarında biyokimyasal ve hematolojik parametrelerde gözlenen değişimlerin değerlendirilmesinde yardımcı değişkenler olarak kullanılmıştır. Sporcuların fiziksel yapı farklılıklarının

sonuçlar üzerindeki olası etkilerini göz önünde bulundurmak, araştırma bulgularının daha bütüncül ve doğru biçimde yorumlanmasına olanak sağlamıştır.

Sonuç olarak, antropometrik ölçümler, bireysel yapısal farkların kontrol altına alınmasını ve sezon boyunca ortaya çıkan fizyolojik adaptasyonların daha sağlıklı biçimde değerlendirilmesini sağlayan temel bir yöntemsel basamak olarak ele alınmıştır.

4.5. KAN NUMUNELERİNİN ALINMASI VE ÖRNEKLEME PROSEDÜRÜ

Araştırmada biyokimyasal, hematolojik ve antioksidan sistem parametrelerinin doğru ve güvenilir biçimde değerlendirilebilmesi amacıyla kan örnekleme süreci titizlikle planlanmış ve standart tıbbi protokollere uygun olarak uygulanmıştır. Kan örnekleme zamanlaması ve yöntemi, fizyolojik değişkenliği en aza indirecek şekilde düzenlenmiş; sporcuların sezon içi yüklenmelerinden kaynaklanabilecek akut etkilerin kontrol altına alınmasına özen gösterilmiştir.

Kan numuneleri, araştırma kapsamında belirlenen üç ölçüm döneminin her birinde, sabah saatlerinde (08:00–10:00) alınmıştır. Bu zaman aralığı, hormonal salınımlar ve biyolojik ritimlerden kaynaklanabilecek dalgalanmaların minimize edilmesi amacıyla tercih edilmiştir. Gram negatif strese bağlı kortizol ve diğer metabolik hormonların gün içi değişimlerinin, kan parametrelerini etkileme potansiyeli göz önünde bulundurularak tüm ölçümler aynı saat diliminde gerçekleştirilmiştir.

Kan alımı öncesinde sporcuların en az 10–12 saatlik gece açlığını tamamlamış olmalarına dikkat edilmiştir. Ayrıca ölçümden önceki 24 saat içerisinde yoğun antrenman yapılmaması, alkol ve kafein tüketiminden kaçınılması ve uyku düzeninin korunması yönünde sporcular bilgilendirilmiştir. Bu önlemler, egzersize bağlı akut biyokimyasal cevapların ölçümleri etkilemesini önlemek amacıyla uygulanmıştır.

Venöz kan örnekleri, sporcuların antekubital venlerinden, tek kullanımlık steril iğneler ve vakumlu kan alma tüpleri kullanılarak alınmıştır. Kan alma işlemleri, tıbbi uygulamalarda deneyimli sağlık personeli tarafından gerçekleştirilmiş ve tüm süreç boyunca aseptik koşullar sağlanmıştır. Sporcuların güvenliği ve konforu ön planda tutulmuş, kan alımı sırasında herhangi bir komplikasyon oluşmamasına özen gösterilmiştir.

Alınan kan örnekleri, analiz edilecek parametrelere uygun olarak farklı tüpler içerisine dağıtılmıştır. Tam kan örnekleri hematolojik analizlerde kullanılmak üzere uygun antikoagülan içeren tüplere aktarılırken; biyokimyasal ve antioksidan analizler için alınan örnekler pıhtılaşmaya bırakılmış ve santrifüj edilerek serum ve plazma fraksiyonları ayrıştırılmıştır. Elde edilen serum ve plazma örnekleri, analiz zamanına kadar -80 °C koşullarında muhafaza edilmiştir.

Örneklerin analiz öncesi saklanma süreci boyunca, hücresel bozulmayı ve oksidatif değişimleri önlemek amacıyla dondur-çöz döngülerinden kaçınılmıştır. Tüm örnekler tek seferde çözdürülerek analiz edilmiş, bu sayede ölçümler arası tutarlılık sağlanmıştır. Kan örneklerinin taşınması ve saklanması süresince soğuk zincir prensiplerine uyulmuştur.

Her ölçüm döneminde kan alım süreci aynı prosedürler izlenerek gerçekleştirilmiş, böylece ölçümler arası sistematik hata riskinin azaltılması hedeflenmiştir. Bu standartlaşma yaklaşımı, sezon boyunca farklı zamanlarda elde edilen biyokimyasal ve hematolojik verilerin karşılaştırılabilirliğini artırmıştır.

Sonuç olarak, kan numunelerinin alınması ve işlenmesi süreci; bilimsel doğruluk, ölçüm güvenilirliği ve katılımcı sağlığı esas alınarak planlanmış ve uygulanmıştır. Bu metodolojik yaklaşım, çalışmadan elde edilen biyokimyasal ve antioksidan parametrelerin geçerliliğini güçlendiren temel unsurlardan birini oluşturmuştur.

4.6. BİYOKİMYASAL VE HEMATOLOJİK ANALİZ YÖNTEMLERİ

Araştırma kapsamında elde edilen kan örnekleri kullanılarak profesyonel futbolcularda sezon boyunca meydana gelen biyokimyasal ve hematolojik değişimler ayrıntılı biçimde değerlendirilmiştir. Bu parametreler, kas hasarı, metabolik stres, inflamasyon, oksijen taşıma kapasitesi ve iç organ fonksiyonları hakkında bilgi sunması nedeniyle tercih edilmiştir. Analiz süreci, klinik biyokimya ve hematoloji alanlarında kabul görmüş standart yöntemler doğrultusunda gerçekleştirilmiştir.

4.6.1. Biyokimyasal Parametrelerin Analizi

Biyokimyasal analizler kapsamında; alanin aminotransferaz (ALT), aspartat aminotransferaz (AST), kreatin kinaz (CK), üre, glikoz ve tahmini glomerüler filtrasyon hızı (eGFR) parametreleri değerlendirilmiştir. Bu parametreler, futbolcularda sezon boyunca artan antrenman ve müsabaka yüküne bağlı olarak ortaya çıkabilecek kas hasarı,

metabolik değişimler ve karaciğer-böbrek fonksiyon adaptasyonlarını izlemek amacıyla seçilmiştir.

ALT ve AST düzeyleri, karaciğer fonksiyonlarının yanı sıra yoğun fiziksel aktiviteye bağlı kas dokusu stresinin dolaylı göstergeleri olarak değerlendirilmiştir. Kreatin kinaz (CK) enzimi ise, özellikle eksantrik kas kasılmaları sonrası kas hücre membranında meydana gelen hasarın değerlendirilmesinde kullanılan temel biyokimyasal belirteçlerden biri olarak ele alınmıştır.

Üre ve glikoz düzeyleri, enerji metabolizması ve protein yıkım süreçleri hakkında bilgi sağlaması nedeniyle analiz edilmiştir. eGFR değeri ise serum kreatinin düzeylerine dayalı hesaplanarak böbrek fonksiyonlarının sezon boyunca korunup korunmadığının değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

Biyokimyasal analizler, otomatik biyokimya analizörleri kullanılarak ve üretici firma tarafından önerilen kalibrasyon ve kalite kontrol prosedürlerine uygun şekilde gerçekleştirilmiştir. Analizler boyunca iç kalite kontrol materyalleri kullanılmış ve ölçümlerin doğruluğu düzenli olarak kontrol edilmiştir.

4.6.2. Hematolojik Parametrelerin Analizi

Hematolojik analizler kapsamında, sporcuların bağışıklık sistemi durumu, oksijen taşıma kapasitesi ve kanın pıhtılaşma özelliklerini değerlendirmek amacıyla çeşitli parametreler incelenmiştir. Bu doğrultuda; beyaz kan hücresi (WBC), monosit (MONO), eritrosit (RBC), hemoglobin (HGB), hematokrit (HCT), trombosit (PLT), ortalama trombosit hacmi (MPV), trombosit dağılım genişliği (PDW), büyük trombosit oranı (P-LCR) ve trombositkrit (PCT) değerleri analiz edilmiştir.

WBC ve MONO değerleri, bağışıklık sistemi aktivitesi ve inflamatuvar yanıtların değerlendirilmesi açısından ele alınmıştır. Özellikle uzun süreli yoğun egzersizlerin, bağışıklık fonksiyonları üzerinde oluşturabileceği baskı ya da adaptif yanıtları ortaya koymak için bu parametreler önem taşımaktadır.

RBC, HGB ve HCT değerleri, kanın oksijen taşıma kapasitesi ve aerobik performansla doğrudan ilişkili olması nedeniyle değerlendirilmiştir. Bu parametrelerde gözlenebilecek değişimler, sezon boyunca gelişen kardiyovasküler ve hematolojik adaptasyonların göstergesi olarak ele alınmıştır.

PLT, MPV, PDW, P-LCR ve PCT gibi trombosit indeksleri ise, hem pıhtılaşma fonksiyonlarının hem de inflamasyonla ilişkili fizyolojik yanıtların dolaylı belirteçleri olarak değerlendirilmiştir. Yoğun fiziksel yüklenmelerin trombosit aktivasyonu üzerindeki etkilerinin izlenmesi, sporcu sağlığı açısından önemli kabul edilmiştir.

Tüm hematolojik analizler, otomatik hematoloji analizörü kullanılarak gerçekleştirilmiş ve ölçümler uluslararası referans aralıkları çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak, biyokimyasal ve hematolojik analizler; sezon boyunca profesyonel futbolcularda ortaya çıkan metabolik, kas-iskelet, bağışıklık ve dolaşım sistemi adaptasyonlarını çok yönlü biçimde değerlendirmeye olanak sağlayan temel yöntemsel bileşenler olarak ele alınmıştır.

4.7. OKSİDATİF STRES VE ANTİOKSİDAN AKTİVİTE PARAMETRELERİNİN ANALİZİ

Bu araştırmada profesyonel futbolcularda sezon boyunca ortaya çıkan oksidatif stres düzeyi ve antioksidan savunma mekanizmalarının değerlendirilmesi amacıyla seçilmiş antioksidan ve oksidatif hasar belirteçleri analiz edilmiştir. Fiziksel aktivitenin yoğunluğu ve süresindeki artışa bağlı olarak reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretiminin artabileceği ve bu durumun hücresel seviyede oksidatif hasara yol açabileceği bilinmektedir. Bu nedenle çalışmada, oksidatif dengeyi yansıtan temel biyokimyasal parametrelerin izlenmesi amaçlanmıştır.

Oksidatif stres ve antioksidan savunma sistemi değerlendirmeleri kapsamında katalaz (CAT), indirgenmiş glutatyon (GSH) ve malondialdehit (MDA) düzeyleri analiz edilmiştir. Bu parametreler; hücresel antioksidan kapasiteyi, serbest radikal temizleme mekanizmalarını ve lipid peroksidasyon düzeyini temsil etmesi nedeniyle tercih edilmiştir.

Tüm analizler, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi Merkez Biyokimya Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. Laboratuvar analizlerinde, ölçümlerin hassasiyetini ve tekrarlanabilirliğini sağlamak amacıyla UV/VIS spektrofotometre sistemi kullanılmıştır. Ölçüm cihazı, üretici firma talimatları doğrultusunda her analiz günü öncesinde kalibre edilmiş ve cihaz performansı düzenli olarak kontrol edilmiştir. Bu yaklaşım, ölçüm kaynaklı sistematik hata riskini azaltmak amacıyla uygulanmıştır.

Her bir biyokimyasal parametre için analizler üç tekrarlı (triplikat) olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ölçüm değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak istatistiksel analizlerde kullanılmıştır. Bu yöntem, ölçümlerin güvenilirliğini artırmak ve rastlantısal laboratuvar hatalarının sonuçlar üzerindeki etkisini minimize etmek amacıyla tercih edilmiştir. Tekrarlı ölçüm yaklaşımı, özellikle oksidatif stres biyobelirteçlerinde sık görülebilen analitik varyasyonu kontrol altına almak açısından önem taşımaktadır.

Katalaz (CAT) aktivitesi, hidrojen peroksitin su ve oksijene parçalanma hızına dayalı spektrofotometrik yöntem ile belirlenmiştir. CAT enzimi, hücre içi antioksidan savunma sisteminin önemli bir bileşeni olup reaktif oksijen türlerinin detoksifikasyonunda görev almaktadır. CAT aktivitesindeki değişimler, antioksidan savunma kapasitesindeki adaptif yanıtların değerlendirilmesinde kullanılmıştır.

İndirgenmiş glutatyon (GSH) düzeyleri, hücresel redoks dengesinin göstergesi olarak ele alınmıştır. GSH, serbest radikallerin nötralizasyonunda ve oksidatif hasarın önlenmesinde rol oynayan temel non-enzimatik antioksidanlardan biridir. GSH düzeyleri, standart spektrofotometrik yöntemler kullanılarak belirlenmiş ve sezon boyunca antioksidan kapasitedeki değişimlerin izlenmesinde değerlendirilmiştir.

Malondialdehit (MDA) düzeyleri ise lipid peroksidasyonunun bir son ürünü olarak oksidatif hasarın dolaylı göstergesi kabul edilmiştir. MDA analizleri, hücre membranlarında meydana gelen oksidatif bozulmanın değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiş ve sporcuların maruz kaldığı oksidatif stres düzeyinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Analizler sırasında kullanılan reaktifler ve çözeltiler, üretici firma önerilerine uygun şekilde hazırlanmış ve kullanım süresince uygun saklama koşullarında muhafaza edilmiştir. Tüm örnekler, analiz öncesinde tek seferde çözdürülmüş ve ölçümler aynı laboratuvar koşullarında tamamlanmıştır. Bu metodolojik yaklaşım sayesinde, profesyonel futbolcularda sezon boyunca meydana gelen oksidatif stres ve antioksidan savunma sistemi değişimleri güvenilir ve tekrarlanabilir ölçümlerle değerlendirilmiş; elde edilen verilerin bilimsel geçerliliği güçlendirilmiştir.

4.8. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Araştırma kapsamında elde edilen tüm verilerin istatistiksel analizleri, bilimsel araştırmalarda yaygın olarak kullanılan istatistik paket programları aracılığıyla

gerçekleştirilmiştir. Verilerin analiz sürecinde, araştırma tasarımının tekrarlı ölçümlere dayalı yapısı dikkate alınmış ve uygulanacak istatistiksel testler bu doğrultuda belirlenmiştir. Analizlerde, istatistiksel yöntem seçiminin verilerin dağılım özelliklerine uygun olmasına özellikle dikkat edilmiştir.

Çalışmada elde edilen nicel veriler öncelikle tanımlayıcı istatistikler kullanılarak özetlenmiştir. Bu kapsamda, sürekli değişkenler için aritmetik ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmış ve verilerin genel dağılımı bu ölçütler doğrultusunda değerlendirilmiştir. Tanımlayıcı analizler, sporcuların sezon boyunca sergilediği biyokimyasal, hematolojik ve antioksidan yanıtların genel profilini ortaya koymak amacıyla kullanılmıştır.

İstatistiksel analizlere geçilmeden önce, verilerin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro–Wilk normallik testi ile değerlendirilmiştir. Normallik testinin tercih edilmesinde örneklem sayısının sınırlı olması ve bu testin küçük örneklemelerde güvenilir sonuçlar vermesi etkili olmuştur. Yapılan normallik analizleri sonucunda verilerin önemli bir bölümünün normal dağılım göstermediği belirlenmiştir.

Verilerin normal dağılım varsayımını karşılamaması nedeniyle, aynı bireylerden üç farklı zaman noktasında elde edilen ölçümlerin karşılaştırılmasında parametrik olmayan istatistiksel yöntemler tercih edilmiştir. Bu doğrultuda, tekrarlı ölçümlerin karşılaştırılmasında Friedman testi kullanılmıştır. Friedman testi, birden fazla ölçüm zamanı içeren ve normallik varsayımını sağlamayan veri setlerinde grup içi değişimleri değerlendirmek için uygun bir yöntem olarak kabul edilmektedir.

Friedman testi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı fark saptanan parametreler için, farkın hangi ölçüm dönemleri arasında bulunduğunu belirlemek amacıyla uygun post-hoc karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu analizlerde, çoklu karşılaştırmalara bağlı hata oranını kontrol altına almak amacıyla düzeltme yöntemleri uygulanmıştır.

Tüm istatistiksel analizlerde anlamlılık düzeyi $p < 0,05$ olarak kabul edilmiştir. Elde edilen bulgular, istatistiksel sonuçlar ile fizyolojik ve biyokimyasal yorumlar birlikte ele alınarak değerlendirilmiştir. Sadece istatistiksel olarak anlamlı sonuçlara değil, aynı zamanda biyolojik ve sportif açıdan anlam taşıyan değişimlere de odaklanılmıştır.

İstatistiksel analiz sürecinde veri giriş hatalarının önüne geçmek amacıyla kontroller yapılmış ve eksik veya tutarsız veriler analiz dışı bırakılmıştır. Tüm analizler,

araştırmanın iç tutarlılığını ve bulguların güvenilirliğini artıracak şekilde planlanmış ve uygulanmıştır.

Sonuç olarak, çalışmada kullanılan istatistiksel analiz yaklaşımı; araştırma tasarımı, örneklem yapısı ve veri dağılımı özellikleriyle uyumlu olacak biçimde seçilmiş olup, profesyonel futbolcularda sezon boyunca meydana gelen biyokimyasal ve antioksidan sistem değişimlerinin bilimsel olarak geçerli ve güvenilir biçimde ortaya konulmasını sağlamıştır.



BEŞİNCİ BÖLÜM

BULGULAR

5.1. BULGULAR

Bu bölümde, profesyonel futbolculardan sezonun farklı dönemlerinde elde edilen antropometrik, biyokimyasal, hematolojik, oksidatif stres ve antioksidan aktivite parametrelerine ait bulgular sunulmaktadır. Araştırma kapsamında elde edilen veriler; hazırlık dönemi, müsabaka dönemi başlangıcı ve müsabaka dönemi sonu olmak üzere üç ölçüm periyoduna göre değerlendirilmiştir. Bulgular, tablolar halinde sunulmuş ve her tabloya karşılık gelen grafiklerle desteklenerek ölçüm dönemleri arasındaki değişimlerin daha anlaşılır biçimde ortaya konması amaçlanmıştır. İstatistiksel analiz sonuçları, yalnızca anlamlılık düzeyi açısından değil, aynı zamanda fizyolojik ve biyolojik anlamlılık çerçevesinde yorumlanmıştır.

Tablo 5.1. Araştırma grubuna ait demografik özellikler

Parametre	N	Minimum	Maximum	Ortalama±Std. sapma
Yaş	12	20.00	31.00	24.83±3.35
Boy	12	1.74	2.02	1.81±.076
Ağırlık	12	71.00	79.30	75.10±2.60

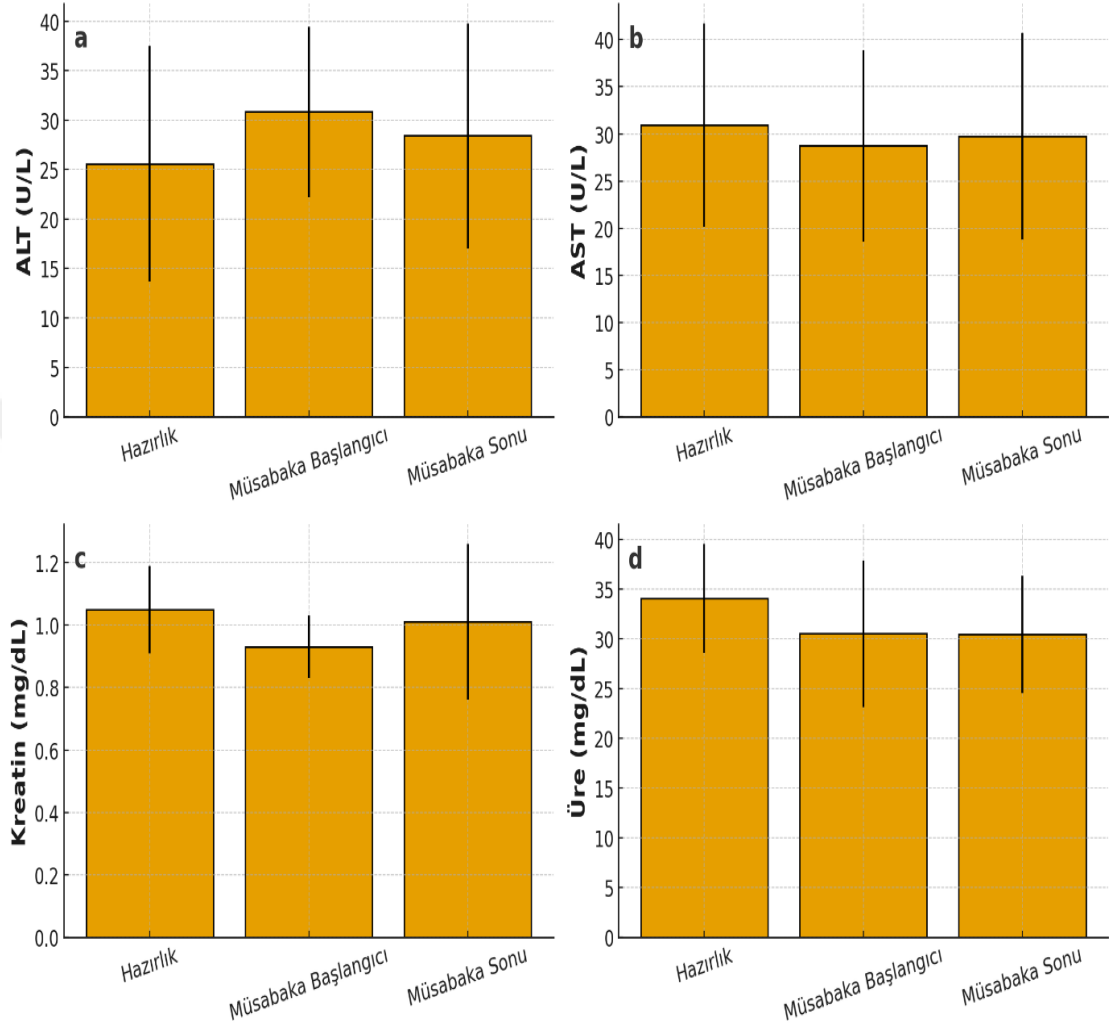
Tablo 5.1’de çalışmaya katılan profesyonel futbolcuların yaş, boy ve vücut ağırlığına ilişkin tanımlayıcı istatistiksel değerler sunulmuştur. Minimum ve maksimum değerler ölçümlerin dağılım aralığını göstermekte olup, ortalama ± standart sapma değerleri grubun merkezi eğilimini ve değişkenliğini yansıtmaktadır. Sporcuların yaş ortalamasının genç yetişkin aralığında olduğu, boy ve vücut ağırlığı ölçümlerinin ise profesyonel futbolcular için beklenen fizyolojik aralıklarda seyrettiği görülmektedir.

Tablo 5.2. Oksidatif stresle ilişkili biyokimyasal parametrelerin ölçüm periyotlarına göre dağılımı

Parametre	Ölçüm Periyotları	n	Min	Max	Ortalama $\pm$ Std. Sapma	p
ALT	Hazırlık Dönemi	12	14.00	53.00	25.58 $\pm$ 11.89	0.010
	Müsabaka Dönemi Başlangıcı	12	18.00	43.00	30.83 $\pm$ 8.63	
	Müsabaka Dönemi Sonu	12	14.00	54.00	28.42 $\pm$ 11.37	
AST	Hazırlık Dönemi	12	16.00	47.00	30.91 $\pm$ 10.81	0.353
	Müsabaka Dönemi Başlangıcı	12	10.00	41.00	28.75 $\pm$ 10.14	
	Müsabaka Dönemi Sonu	12	6.00	43.00	29.75 $\pm$ 10.96	
Kreatin	Hazırlık Dönemi	12	0.78	1.30	1.05 $\pm$ 0.14	0.497
	Müsabaka Dönemi Başlangıcı	12	0.75	1.10	0.93 $\pm$ 0.10	
	Müsabaka Dönemi Sonu	12	0.68	1.60	1.01 $\pm$ 0.25	
Üre	Hazırlık Dönemi	12	26.50	41.90	34.08 $\pm$ 5.47	0.174
	Müsabaka Dönemi Başlangıcı	12	19.20	43.10	30.50 $\pm$ 7.35	
	Müsabaka Dönemi Sonu	12	21.50	43.00	30.44 $\pm$ 5.91	

Tablo 5.2, profesyonel futbolcuların hazırlık dönemi, müsabaka dönemi başlangıcı ve müsabaka dönemi sonuna ait alanin aminotransferaz (ALT), aspartat aminotransferaz (AST), kreatin ve üre düzeylerini göstermektedir. Ölçüm sonuçları minimum, maksimum ve ortalama $\pm$ standart sapma değerleri şeklinde sunulmuştur. Ölçüm periyotları arasındaki farklılıklar, bağımlı örneklemeler için parametrik olmayan Friedman testi kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre ALT düzeylerinde ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır ($p < 0.05$). Buna karşılık AST, kreatin ve üre parametrelerinde ölçüm periyotları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim belirlenmemiştir ($p > 0.05$). Bununla birlikte AST ve üre değerlerinde gözlenen ortalama değişimler, antrenman ve müsabaka dönemlerine bağlı olarak metabolik yanıtların farklılaşabileceğine işaret edebilecek niteliktedir.

Şekil 5.1. Profesyonel futbolcularda hazırlık dönemi, müsabaka dönemi başlangıcı ve müsabaka dönemi sonuna göre (a) ALT, (b) AST, (c) kreatin ve (d) üre düzeylerinin dağılımı (ortalama $\pm$ standart sapma).



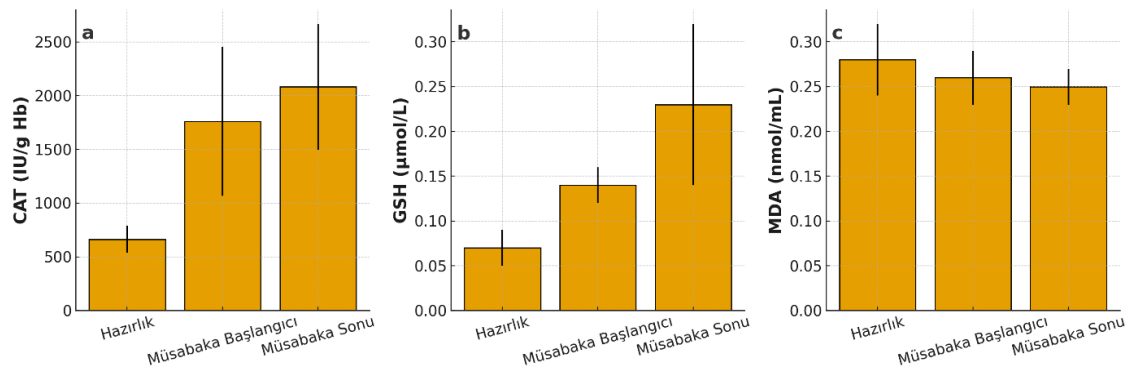
Şekil 5.1, profesyonel futbolcuların hazırlık dönemi, müsabaka dönemi başlangıcı ve müsabaka dönemi sonuna ait alanin aminotransferaz (ALT), aspartat aminotransferaz (AST), kreatin ve üre düzeylerindeki değişimleri göstermektedir. Panel (a) ALT, panel (b) AST, panel (c) kreatin ve panel (d) üre parametrelerini temsil etmektedir. Grafikler ortalama $\pm$ standart sapma ($\pm$ SS) değerleri şeklinde sunulmuştur. Ölçüm periyotları arasındaki farklılıklar Friedman testi kullanılarak değerlendirilmiş olup, yalnızca ALT düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır ($p < 0.05$).

Tablo 5.3. Ölçüm periyotlarına göre antioksidan aktivite ve oksidatif stres belirteçleri

Parametre	Ölçüm Periyotları	N	Min	Max	Ortalama $\pm$ Std. Sapma	p
CAT	Hazırlık Dönemi	12	449.61	760.42	662.77 $\pm$ 126.11	0.002
	Müsabaka Dönemi Başlangıcı	12	453.51	2312.33	1760.75 $\pm$ 692.49	
	Müsabaka Dönemi Sonu	12	223.80	2292.08	2081.40 $\pm$ 585.56	
GSH	Hazırlık Dönemi	12	0.05	0.10	0.07 $\pm$ 0.02	0.001
	Müsabaka Dönemi Başlangıcı	12	0.12	0.16	0.14 $\pm$ 0.02	
	Müsabaka Dönemi Sonu	12	0.21	0.25	0.23 $\pm$ 0.09	
MDA	Hazırlık Dönemi	12	0.24	0.40	0.28 $\pm$ 0.04	0.088
	Müsabaka Dönemi Başlangıcı	12	0.24	0.37	0.26 $\pm$ 0.03	
	Müsabaka Dönemi Sonu	12	0.24	0.29	0.25 $\pm$ 0.02	

Tablo 5.3'te profesyonel futbolcuların hazırlık dönemi, müsabaka dönemi başlangıcı ve müsabaka dönemi sonuna ait katalaz (CAT), indirgenmiş glutatyon (GSH) ve malondialdehit (MDA) düzeyleri sunulmaktadır. Veriler minimum, maksimum ve ortalama $\pm$ standart sapma değerleri şeklinde ifade edilmiştir. Ölçüm periyotları arasındaki farklılıklar Friedman testi kullanılarak analiz edilmiştir. Bulgular, CAT ve GSH düzeylerinde ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunduğunu göstermiştir (sırasıyla $p < 0.05$ ve $p < 0.05$). MDA düzeylerinde ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamış, ancak ölçüm periyotları boyunca azalma eğilimi gözlenmiştir.

Şekil 5.2. Profesyonel Futbolcularda Ölçüm Periyotlarına Göre Antioksidan Savunma Ve Lipid Peroksidasyon Parametrelerinin Dağılımı



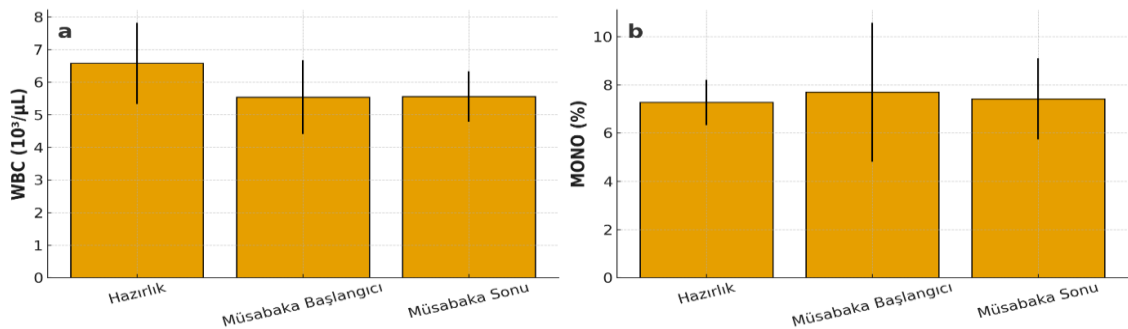
Şekil 5.2 profesyonel futbolcularda hazırlık dönemi, müsabaka dönemi başlangıcı ve müsabaka dönemi sonuna ait antioksidan savunma sistemi ve lipid peroksidasyonu ile ilişkili biyokimyasal parametrelerdeki değişimi göstermektedir. Panel (a) katalaz (CAT), panel (b) indirgenmiş glutatyon (GSH) ve panel (c) malondialdehit (MDA) düzeylerini temsil etmektedir. Değerler ortalama $\pm$ standart sapma olarak sunulmuştur. Ölçüm periyotları arasındaki farklılıklar Friedman testi ile değerlendirilmiştir; CAT ve GSH düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı artışlar saptanırken ($p < 0.05$), MDA düzeylerinde anlamlı bir fark belirlenmemiş, ancak sezon ilerledikçe azalma eğilimi gözlenmiştir.

Tablo 5.4. Ölçüm periyotlarına göre bağışıklık sistemiyle ilişkili hematolojik parametrelerin dağılımı

Parametre	Ölçüm Periyotları	N	Min	Max	Ortalama $\pm$ Std. Sapma	p
WBC	Hazırlık Dönemi	12	5.04	8.52	6.58 $\pm$ 1.25	0.006
	Müsabaka Dönemi Başlangıcı	12	4.39	7.76	5.54 $\pm$ 1.14	
	Müsabaka Dönemi Sonu	12	4.72	7.61	5.56 $\pm$ 0.77	
MONO	Hazırlık Dönemi	12	5.80	8.60	7.28 $\pm$ 0.94	0.558
	Müsabaka Dönemi Başlangıcı	12	4.20	15.90	7.70 $\pm$ 2.89	
	Müsabaka Dönemi Sonu	12	5.60	11.20	7.42 $\pm$ 1.68	

Tablo 5.4'te profesyonel futbolcuların hazırlık dönemi, müsabaka dönemi başlangıcı ve müsabaka dönemi sonuna ait bağışıklık sistemiyle ilişkili hematolojik parametreler (lökosit [WBC] ve monosit [MONO]) sunulmaktadır. Veriler minimum, maksimum ve ortalama $\pm$ standart sapma değerleri olarak ifade edilmiştir. Ölçüm periyotları arasındaki farklılıklar Friedman testi ile değerlendirilmiştir. Bulgular, WBC değerlerinde ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunduğunu ($p < 0.05$), MONO değerlerinde ise anlamlı bir farklılık olmadığını göstermektedir.

Şekil 5.3 Profesyonel futbolcularda ölçüm periyotlarına göre lökosit (WBC) ve monosit (MONO) değerlerinin dağılımı (ortalama $\pm$ standart sapma)



Şekil 5.3, profesyonel futbolcuların hazırlık dönemi, müsabaka dönemi başlangıcı ve müsabaka dönemi sonuna ait bağışıklık sistemiyle ilişkili hematolojik parametrelerdeki değişimleri göstermektedir. Lökosit (WBC) ve monosit (MONO) değerleri ortalama $\pm$ standart sapma olarak sunulmuştur. Ölçüm periyotları arasındaki farklılıklar Friedman testi ile değerlendirilmiş olup, WBC düzeylerinde periyotlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır ($p<0.05$). MONO düzeylerinde ise anlamlı bir değişim gözlenmemiştir ($p>0.05$).

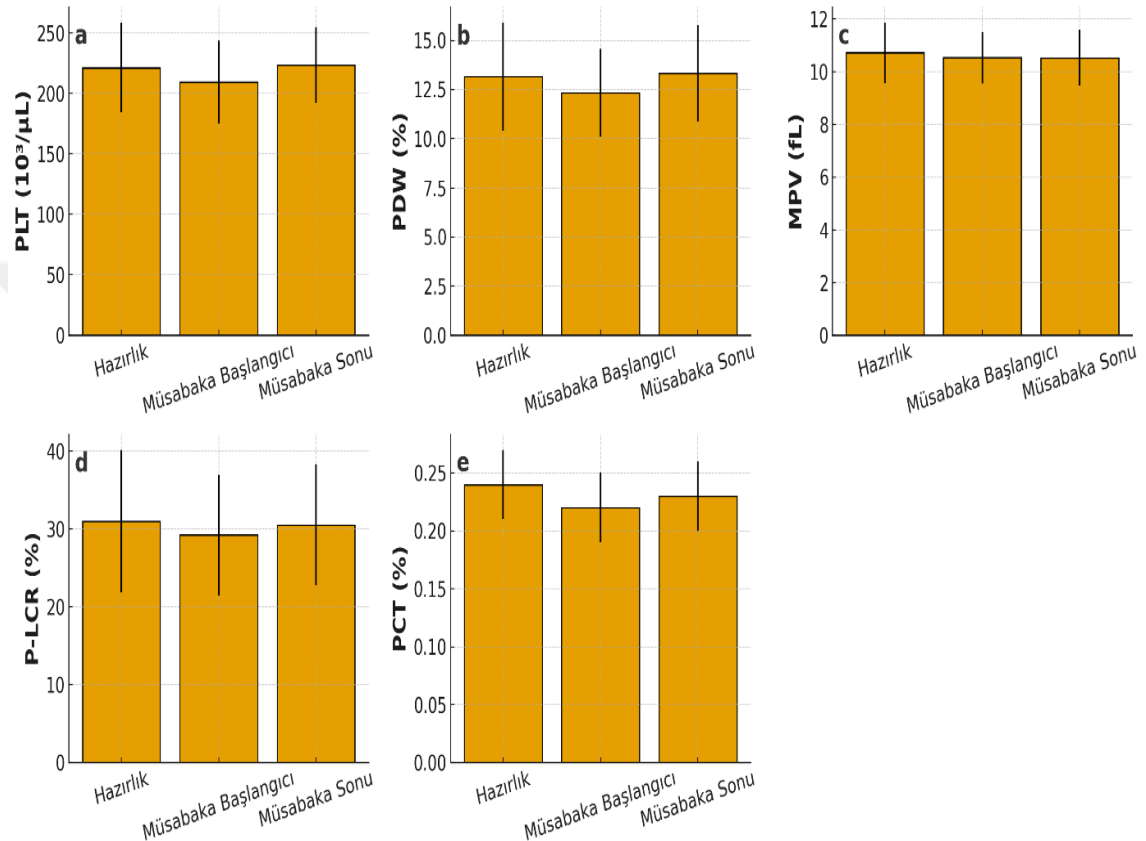
Tablo 5.5. Ölçüm periyotlarına göre hematolojik ve trombosit parametreleri

Parametre	Ölçüm Periyotları	N	Min	Max	Ortalama $\pm$ Std. Sapma	p
PLT	Hazırlık Dönemi	12	166.00	293.00	221.50 $\pm$ 37.30	0.161
	Müsabaka Dönemi Başlangıcı	12	156.00	280.00	209.58 $\pm$ 34.40	
	Müsabaka Dönemi Sonu	12	178.00	280.00	223.75 $\pm$ 31.17	
PDW	Hazırlık Dönemi	12	9.90	18.30	13.15 $\pm$ 2.76	0.121
	Müsabaka Dönemi Başlangıcı	12	9.10	16.80	12.33 $\pm$ 2.24	
	Müsabaka Dönemi Sonu	12	9.90	17.40	13.33 $\pm$ 2.45	
MPV	Hazırlık Dönemi	12	9.30	12.90	10.72 $\pm$ 1.15	0.138
	Müsabaka Dönemi Başlangıcı	12	9.00	12.40	10.54 $\pm$ 0.98	
	Müsabaka Dönemi Sonu	12	9.10	12.40	10.53 $\pm$ 1.07	
P-LCR	Hazırlık Dönemi	12	19.10	48.20	31.02 $\pm$ 9.17	0.076
	Müsabaka Dönemi Başlangıcı	12	16.90	44.10	29.23 $\pm$ 7.75	
	Müsabaka Dönemi Sonu	12	17.90	43.60	30.54 $\pm$ 7.74	
PCT	Hazırlık Dönemi	12	0.18	0.31	0.24 $\pm$ 0.03	0.030
	Müsabaka Dönemi Başlangıcı	12	0.18	0.26	0.22 $\pm$ 0.03	
	Müsabaka Dönemi Sonu	12	0.18	0.28	0.23 $\pm$ 0.03	

Tablo 5.5'te profesyonel futbolcuların hazırlık dönemi, müsabaka dönemi başlangıcı ve müsabaka dönemi sonuna ait trombosit fonksiyonlarıyla ilişkili parametreler (PLT, PDW, MPV, P-LCR ve PCT) sunulmaktadır. Veriler minimum, maksimum ve ortalama $\pm$ standart sapma biçiminde verilmiştir. Ölçüm periyotları arasındaki farklılıklar Friedman testi kullanılarak değerlendirilmiştir. Bulgular, PLT, PDW, MPV ve P-LCR parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim

olmadığını göstermektedir ($p>0.05$). Buna karşın PCT değerlerinde periyotlar arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmiştir ($p<0.05$). Bu sonuç, trombosit hacmine ilişkin toplam fraksiyonun antrenman dönemlerine göre değişim gösterebileceğini düşündürmektedir.

Şekil 5.4. Profesyonel futbolcularda ölçüm periyotlarına göre trombosit sayısı ve trombosit indekslerinin dağılımı (ortalama $\pm$ standart sapma)



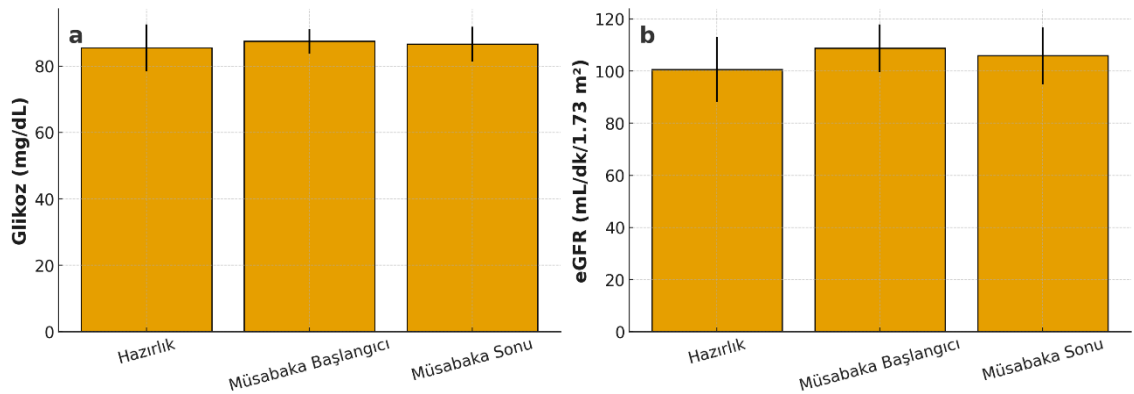
Şekil 5.4, profesyonel futbolcuların hazırlık dönemi, müsabaka dönemi başlangıcı ve müsabaka dönemi sonuna ait trombosit sayısı ve trombosit fonksiyonlarıyla ilişkili parametrelerdeki değişimleri göstermektedir. Panel (a) trombosit sayısını (PLT), panel (b) trombosit dağılım genişliğini (PDW), panel (c) ortalama trombosit hacmini (MPV), panel (d) büyük trombosit oranını (P-LCR) ve panel (e) platecrit (PCT) değerlerini temsil etmektedir. Tüm veriler ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde sunulmuştur. Ölçüm periyotları arasındaki farklılıklar Friedman testi ile değerlendirilmiş olup, yalnızca PCT değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır ($p<0.05$); diğer trombosit indekslerinde anlamlı bir değişim belirlenmemiştir ($p>0.05$).

Tablo 5.6 Ölçüm periyotlarına göre metabolik ve böbrek fonksiyonlarıyla ilişkili parametrelerin dağılımı

Parametre	Ölçüm Periyotları	N	Min	Max	Ortalama $\pm$ Std. Sapma	p
Glikoz	Hazırlık Dönemi	12	75.00	98.00	85.50 $\pm$ 7.09	0.472
	Müsabaka Dönemi Başlangıcı	12	83.00	96.00	87.42 $\pm$ 3.70	
	Müsabaka Dönemi Sonu	12	79.00	95.00	86.58 $\pm$ 5.25	
eGFR	Hazırlık Dönemi	12	73.00	118.00	100.58 $\pm$ 12.43	0.046
	Müsabaka Dönemi Başlangıcı	12	95.00	121.00	108.83 $\pm$ 9.16	
	Müsabaka Dönemi Sonu	12	89.00	118.00	105.92 $\pm$ 10.87	

Tablo 5.6’da profesyonel futbolcuların hazırlık dönemi, müsabaka dönemi başlangıcı ve müsabaka dönemi sonuna ait metabolik durum ve böbrek fonksiyonlarıyla ilişkili biyokimyasal parametreler sunulmaktadır. Glikoz ve tahmini glomerüler filtrasyon hızı (eGFR) değerleri minimum, maksimum ve ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde ifade edilmiştir. Ölçüm periyotları arasındaki farklılıklar Friedman testi kullanılarak değerlendirilmiş olup, eGFR değerlerinde periyotlar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir değişim saptanırken ($p < 0.05$), glikoz düzeylerinde anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir ($p > 0.05$).

Şekil 5.5 Profesyonel futbolcularda ölçüm periyotlarına göre (a) glikoz ve (b) tahmini glomerüler filtrasyon hızı (eGFR) değerlerinin dağılımı (ortalama $\pm$ standart sapma)



Şekil 5.5, profesyonel futbolcuların hazırlık dönemi, müsabaka dönemi başlangıcı ve müsabaka dönemi sonuna ait metabolik durum ve böbrek fonksiyonlarıyla ilişkili biyokimyasal parametrelerdeki değişimleri göstermektedir. Panel (a) glikoz, panel (b) tahmini glomerüler filtrasyon hızı (eGFR) değerlerini temsil etmektedir. Tüm veriler

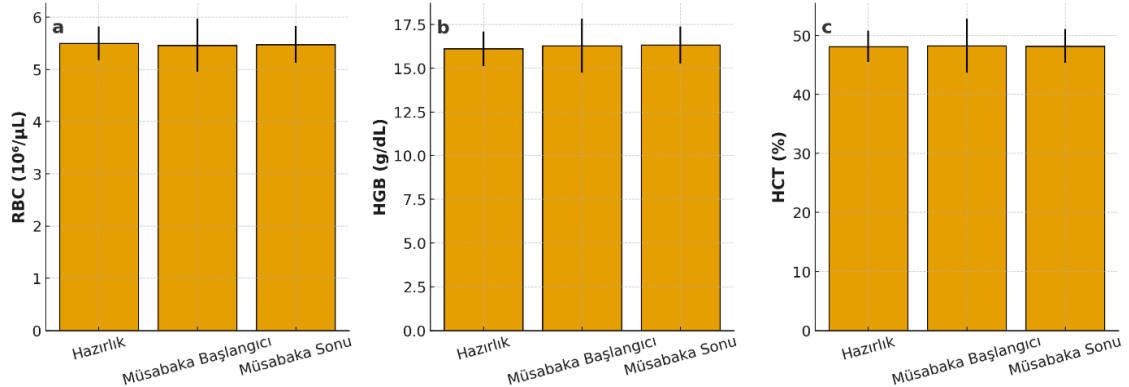
ortalama $\pm$ standart sapma olarak sunulmuştur. Ölçüm periyotları arasındaki farklılıklar Friedman testi ile değerlendirilmiş olup, eGFR değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim saptanırken ($p < 0.05$), glikoz düzeylerinde anlamlı bir farklılık belirlenmemiştir ($p > 0.05$).

Tablo 5.7. Ölçüm periyotlarına göre eritrosit ve hemoglobin parametrelerinin dağılımı

Parametre	Ölçüm Periyotları	N	Min	Max	Ortalama $\pm$ Std. Sapma	p
RBC	Hazırlık Dönemi	12	4.90	5.99	5.50 $\pm$ 0.32	0.436
	Müsabaka Dönemi Başlangıcı	12	4.50	6.33	5.46 $\pm$ 0.51	
	Müsabaka Dönemi Sonu	12	4.81	6.01	5.48 $\pm$ 0.35	
HGB	Hazırlık Dönemi	12	14.70	18.00	16.11 $\pm$ 0.99	0.558
	Müsabaka Dönemi Başlangıcı	12	13.90	19.50	16.28 $\pm$ 1.54	
	Müsabaka Dönemi Sonu	12	14.60	18.30	16.32 $\pm$ 1.05	
HCT	Hazırlık Dönemi	12	44.10	53.30	48.14 $\pm$ 2.69	0.205
	Müsabaka Dönemi Başlangıcı	12	41.10	58.80	48.25 $\pm$ 4.57	
	Müsabaka Dönemi Sonu	12	43.20	53.10	48.20 $\pm$ 2.87	

Tablo 5.7’de profesyonel futbolcuların hazırlık dönemi, müsabaka dönemi başlangıcı ve müsabaka dönemi sonuna ait eritrosit ve hemoglobin parametreleri sunulmaktadır. Eritrosit sayısı (RBC), hemoglobin (HGB) ve hematokrit (HCT) değerleri minimum, maksimum ve ortalama $\pm$ standart sapma biçiminde verilmiştir. Ölçüm periyotları arasındaki farklılıklar Friedman testi kullanılarak değerlendirilmiş olup, RBC, HGB ve HCT parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmamıştır ($p > 0.05$).

Şekil 5.7. Profesyonel futbolcularda ölçüm periyotlarına göre eritrosit sayısı (RBC), hemoglobin (HGB) ve hematokrit (HCT) düzeylerinin dağılımı (ortalama $\pm$ standart sapma)



Şekil 5.6, profesyonel futbolcuların hazırlık dönemi, müsabaka dönemi başlangıcı ve müsabaka dönemi sonuna ait eritrosit sayısı (RBC), hemoglobin (HGB) ve hematokrit (HCT) düzeylerindeki değişimleri göstermektedir. Panel (a) eritrosit sayısını, panel (b) hemoglobin konsantrasyonunu ve panel (c) hematokrit değerlerini temsil etmektedir. Tüm veriler ortalama $\pm$ standart sapma şeklinde sunulmuştur. Ölçüm periyotları arasındaki farklılıklar Friedman testi ile değerlendirilmiş olup, RBC, HGB ve HCT parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim saptanmamıştır ($p>0.05$).

Bu bölümde sunulan bulgular, sezon dönemlerine göre fizyolojik değişimlerin farklı biyolojik sistemlerde nasıl ortaya çıktığını göstermektedir. Elde edilen bu sonuçlar, bir sonraki bölümde literatür ışığında kapsamlı biçimde tartışılmıştır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Tartışma

Bu çalışmada profesyonel futbolcuların müsabaka dönemi boyunca çeşitli biyokimyasal, antioksidan, hematolojik, inflamatuvar ve oksijen taşıma parametrelerindeki değişimler kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir. Çalışmada özellikle oksidatif stres belirteçlerinden alanin aminotransferaz (ALT), aspartat aminotransferaz (AST), kreatin kinaz (CK) ve üre düzeyleri; antioksidan savunma sistemine ait katalaz (CAT), glutatyon (GSH) ve malondialdehit (MDA) parametreleri; hematolojik ve inflamatuvar yanıtın göstergeleri olarak lökosit (WBC), monosit (MONO), trombosit (PLT), trombosit dağılım genişliği (PDW), ortalama trombosit hacmi (MPV), trombosit-lökosit oranı (P-LCR) ve trombositkrit (PCT) değerleri analiz edilmiştir. Ayrıca oksijen taşıma kapasitesine katkı sağlayan biyokimyasal değişkenlerden glikoz, tahmini glomerüler filtrasyon hızı (eGFR), eritrosit (RBC), hemoglobin (HGB) ve hematokrit (HCT) düzeyleri incelenmiştir. Bu parametrelerin bir arada değerlendirilmesi, futbolcuların yüksek yoğunluklu müsabaka periyotlarında maruz kaldıkları metabolik ve fizyolojik stresin çok yönlü olarak ortaya konmasına olanak tanımıştır. Böylece çalışma, hem kas hasarı ve oksidatif yüklenme hem de antioksidan savunma ve hematolojik adaptasyon süreçlerinin bütüncül bir bakış açısıyla anlaşılmasına katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

Oksidatif Stres ve Kas Enzim Aktivitesi

Çalışma bulgularına göre, profesyonel futbolcuların müsabaka dönemi boyunca incelenen oksidatif stres göstergeleri arasında yalnızca alanin aminotransferaz (ALT) düzeylerinde anlamlı bir farklılık saptanmıştır. Buna karşın aspartat aminotransferaz (AST), kreatin kinaz (CK) ve üre parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Bu sonuç, futbolcularda yoğun antrenman ve müsabaka temposuna rağmen kas ve karaciğer enzim aktivitelerinin fizyolojik sınırlar içinde korunduğunu göstermektedir. ALT enzimi karaciğer metabolizmasında amino asit dönüşümünde önemli rol oynar ve özellikle protein yıkımının veya hepatoselüler stresin arttığı durumlarda serum düzeylerinde yükselme eğilimi gösterir. Müsabaka döneminde gözlenen ALT artışı, karaciğerin artan enerji talebine yanıt olarak metabolik aktivitenin

artmasından veya antrenman yüklenmeleri sırasında meydana gelen geçici hücresel stres yanıtlarından kaynaklanmış olabilir.

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, egzersizin karaciğer enzim aktiviteleri üzerindeki etkisinin antrenman tipi, şiddeti ve süresiyle yakından ilişkili olduğu görülmektedir. Aydın (2021), Covid-19 hastalarında fiziksel aktivite ve beslenme durumunun biyokimyasal parametreler üzerindeki etkilerini araştırmış ve ALT ile AST düzeylerinde artış rapor etmiştir. Sarıakçalı ve ark. (2021), Spor Bilimleri Fakültesi öğrencilerinde dört haftalık uygulamalı eğitim sonrasında AST seviyelerinde anlamlı artış gözlemlemiş, bu değişimin egzersizin kas hücreleri üzerindeki mekanik stresine bağlı olabileceğini belirtmiştir. AST, karaciğer dokusunun yanı sıra iskelet kaslarında da yoğun olarak bulunur ve özellikle yüksek şiddetli egzersizler sonrasında kas zar geçirgenliğinin artmasına bağlı olarak serumda yükselir. Egzersiz sırasında biriken laktik asidin karaciğerde glikoz sentezine dönüştürülmesi, hepatik metabolik yükü artırarak AST düzeylerinin yükselmesine katkı sağlayabilir. Ancak bazı araştırmalar, bu enzimlerdeki değişimlerin her zaman anlamlı olmadığını bildirmiştir. Mitrotasios ve ark. (2021), futbolcularda yüksek yoğunluklu küçük alan oyunlarının akut etkilerini incelemiş ve AST ile ALT düzeylerinde anlamlı farklılık saptamamıştır. Bu bulgu, kısa süreli ancak yüksek tempolu egzersizlerin kas enzim aktivasyonunu tetiklese de, iyi antrene bireylerde bu etkinin sınırlı kalabileceğini göstermektedir.

Benzer biçimde, Bilici ve Genç (2020) tarafından düzenli egzersiz yapan 15–17 yaş grubu kadın öğrenciler üzerinde yürütülen çalışmada, sedanter gruba kıyasla AST ve ALT düzeylerinin anlamlı derecede yüksek olduğu bildirilmiştir. Bu artış, düzenli fiziksel aktivitenin karaciğer enzim yanıtını uyarmasına rağmen, fizyolojik adaptasyon sınırlarını aşmadığını göstermektedir. Öte yandan Çakmakçı ve Pulur (2008), tekvandocular üzerinde yürüttükleri çalışmada dört haftalık antrenman sonrası AST, ALT ve kan glikoz seviyelerinde artış bildirirken, ÜRE düzeylerinde anlamlı bir değişiklik tespit etmemiştir. Bu durum, antrenman süresince protein metabolizmasının denge içinde tutulduğuna işaret etmektedir. Uzun süreli dayanıklılık aktivitelerinde ise Kratz ve ark. (2002) maraton koşusu sonrası AST ve ALT düzeylerinde anlamlı artışlar tespit etmiş, Devrnja ve Matković (2018) genç futbolcularda 90 dakikalık maç sonrasında benzer bir yükseliş gözlemlemiştir. Aynı şekilde Kaynar ve ark. (2016), kick boks sporcularında şiddetli antrenman sonrası AST ve ALT değerlerinde belirgin artışlar bildirmiştir. Bu

farklılıkların, egzersiz şiddeti, antrenman süresi, branş özellikleri, sporcuların adaptasyon düzeyleri ve örnekleme zamanlamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim AST ve ALT düzeylerinin egzersizden yaklaşık 24–48 saat sonra pik yaptığı ve toparlanma süreciyle birlikte normale döndüğü bilinmektedir (Clarkson ve Hubal, 2002).

Farklı araştırmalarda elde edilen bulguların çeşitlilik göstermesi, büyük ölçüde egzersizin türü, şiddeti, süresi, branşa özgü fizyolojik talepler, sporcuların antrenman geçmişi, adaptasyon düzeyi ve ölçümlerin zamanlaması gibi değişkenlerden kaynaklanmaktadır. Egzersizin kas dokusu üzerindeki mekanik ve metabolik yükü bu faktörlere bağlı olarak değişmekte, dolayısıyla serum enzim yanıtlarının yönü ve şiddeti de farklılaşmaktadır. Kısa süreli fakat yüksek yoğunluklu egzersizlerde laktat dehidrogenaz (LDH) aktivitesinin belirgin şekilde arttığı, bu artışın kısa vadeli anaerobik metabolik stresin bir göstergesi olduğu bildirilmiştir (Mitrotasios et al., 2021). Buna karşılık, uzun süreli veya yüksek temas içeren branşlarda, AST ve ALT enzimlerinin salınımının daha belirgin hale geldiği ve bunun kas dokusundaki mikroskobik hasar ile karaciğer metabolik yükündeki artışı yansıttığı belirtilmektedir (Devrnja ve Matković, 2018; Kaynar et al., 2016). Egzersiz sonrasında AST ve ALT değerlerinin genellikle 24–48 saat içerisinde pik seviyelere ulaştığı, sonrasında ise toparlanma süreciyle birlikte kademeli olarak normale döndüğü bilinmektedir (Clarkson ve Hubal, 2002). Bu fizyolojik süreç, kas hücre zarının geçici geçirgenlik artışına ve enzim sızıntısına bağlanmaktadır. Düzenli antrenman yapan bireylerde ise kas zar bütünlüğünün güçlenmesi ve antioksidan savunma sistemlerinin gelişmesi sonucu bu enzimatik yanıtların şiddeti zamanla azalmaktadır (Brancaccio et al., 2007). Bu nedenle, antrenmanlı futbolcularda gözlenen minimal enzim değişimleri, kas ve karaciğer dokularının yüksek düzeyde adaptasyon kazandığının bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

Kas hasarının en duyarlı biyokimyasal göstergelerinden biri olan kreatin kinaz (CK) düzeyleri, kas hücre zarının bütünlüğü hakkında önemli bilgiler sunar. Bu çalışmada CK düzeylerinde anlamlı bir değişiklik gözlenmemesi, futbolcuların müsabaka dönemi yüklenmelerine fizyolojik olarak uyum sağladığını ve kas mikroyapısının antrenman sürecine direnç geliştirdiğini göstermektedir. Yıldırım ve ark. (2024) tarafından elit futbolcular üzerinde yapılan araştırmada da benzer bulgular rapor edilmiştir. Çalışmada, sezon başı hazırlık kampı öncesi ve sonrası ölçülen CK düzeyleri karşılaştırılmış, kamp sonunda değerlerin anlamlı biçimde azaldığı belirlenmiştir. Bu azalma, uygulanan

fiziksel hazırlık programının kas hasarı düzeylerini azaltmada etkili olduğunu ve adaptasyonun biyokimyasal bir yansıması olduğunu göstermektedir. Düzenli ve planlı yüklenmeler, kas zarının mekanik strese karşı dayanıklılığını artırarak, aynı şiddetteki egzersizlere daha düşük CK yanıtı verilmesini sağlar.

Öte yandan, Lazarim ve ark. (2009) profesyonel futbolcularda yoğun antrenman dönemlerinde plazma CK seviyelerinde belirgin artışlar gözlemlemiş, ancak bu artışların sporcular arasında büyük bireysel farklılıklar gösterdiğini bildirmiştir. Bu farklılıklar; kas lifi tipinin dağılımı, genetik yapı, hidrasyon durumu, toparlanma süresi, beslenme stratejileri ve antrenman geçmişi gibi çok sayıda bireysel faktörle ilişkilendirilmektedir. Kas hasarına verilen yanıtın kişiden kişiye değişmesi, her sporcunun metabolik stres ve toparlanma süreçlerini farklı şekilde yönettiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle CK düzeyleri, tek başına yorgunluk veya hasar belirtici olarak değerlendirilmemeli, antrenman yükü, toparlanma kapasitesi ve performans göstergeleriyle birlikte yorumlanmalıdır.

Elde edilen bulgular, profesyonel futbolcularda müsabaka dönemi boyunca uygulanan yoğun antrenman yüklenmelerine rağmen karaciğer ve kas enzim aktivitelerinin büyük ölçüde fizyolojik sınırlar içinde kaldığını göstermektedir. ALT düzeylerinde gözlenen sınırlı artış, artan metabolik talepler karşısında karaciğerin enerji üretim süreçlerindeki rolünün güçlendiğini ve geçici bir metabolik stres yanıtı ortaya çıktığını düşündürmektedir. Buna karşın AST, CK ve ÜRE parametrelerinde anlamlı bir değişim görülmemesi, sporcuların uzun dönemli antrenman alışkanlıklarıyla kazanılmış yüksek düzeyde fizyolojik adaptasyonun, kas ve karaciğer dokularını egzersize bağlı hasardan koruduğunu göstermektedir.

Bu durum, düzenli ve planlı antrenmanların oksidatif stres kaynaklı biyokimyasal değişimlere karşı koruyucu etki yarattığını ve kas zar bütünlüğü ile hepatik fonksiyonların istikrarını desteklediğini ortaya koymaktadır. Ayrıca CK düzeylerinin sabit kalması, kas dokusunun tekrarlayan yüklenmelere karşı yapısal dayanıklılığının geliştiğini, böylece antrenman sonrası yorgunluk ve mikroskobik hasarın minimal düzeyde tutulduğunu göstermektedir. Literatürde bildirilen farklı bulgulara karşın, bu çalışmada gözlenen genel tablo, profesyonel futbolcularda biyokimyasal homeostazın korunabildiğini ve

yüksek performansla birlikte metabolik denge sürdürülebilirliğinin sağlandığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, oksidatif stres belirteçlerindeki bu dengeli yanıt, elit futbolcularda antrenman yüklenmesi–toparlanma dengesinin etkin bir şekilde yönetildiğini, buna bağlı olarak kas ve karaciğer fonksiyonlarının optimal düzeyde korunduğunu göstermektedir. Bu bulgular, müsabaka dönemi boyunca biyokimyasal göstergelerin izlenmesinin, sporcuların antrenman planlamasında, performans yönetiminde ve aşırı yüklenmeye bağlı kas-yorgunluk sendromlarının önlenmesinde önemli bir araç olabileceğini göstermektedir.

Antioksidan Savunma Sistemi

Çalışma bulgularına göre, profesyonel futbolcularda müsabaka dönemi boyunca incelenen antioksidan parametreler arasında katalaz (CAT) ve glutatyon (GSH) düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanırken, malondialdehit (MDA) düzeylerinde anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Bu sonuç, futbolcularda düzenli antrenman süreci boyunca oksidatif stresle başa çıkma mekanizmalarının güçlendiğini, buna karşın lipid peroksidasyonu düzeyinde belirgin bir artış oluşmadığını göstermektedir. MDA, serbest radikallerin hücre zarında lipidlerle etkileşimi sonucu ortaya çıkan bir oksidatif stres göstergesidir ve genellikle artan hücresel hasarla ilişkilendirilir. Bu nedenle MDA değerlerinin sabit kalması, sporcuların antioksidan savunma sistemlerinin etkin çalıştığını ve oksidatif dengeyi koruyabildiğini düşündürmektedir.

Literatür bulguları, egzersizin şiddeti ve süresine bağlı olarak MDA düzeylerinde farklı yönlerde değişiklikler meydana gelebileceğini göstermektedir. da Costa ve ark. (2011), 10 erkek futbolcuda VO_{2max} 'ın %55–%95 şiddetinde uygulanan 90 dakikalık koşu ve jogging egzersizi sonrası MDA seviyelerinde anlamlı artış bildirmiştir. Benzer biçimde, Bulduk ve ark. (2011), kadın voleybolculara uyguladıkları 20 metrelik mekik koşusu testinden sonra MDA değerlerinde belirgin artış saptamıştır. Shadab ve ark. (2014) da futbolcu, hokeyci ve orta mesafe koşucularında 90 dakikalık koşu egzersizi sonrası MDA düzeylerinin anlamlı biçimde yükseldiğini rapor etmiştir. Benzer şekilde, Güllü ve ark. (2012) tarafından yapılan araştırmada akut maksimal aerobik egzersizin MDA konsantrasyonunu artırdığı tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, uzun süreli veya yüksek

yoğunluklu egzersizlerin hücrel oksijen tüketimini artırarak serbest radikal üretimini hızlandırdığını, buna bağlı olarak lipid peroksidasyonunun da arttığını göstermektedir.

Buna karşın, bazı araştırmalarda egzersizin MDA düzeyleri üzerindeki etkisinin yönü farklı bulunmuştur. Taş (2006), bir aylık sprint antrenmanı periyodu öncesinde yapılan akut sprint egzersizinin MDA düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir azalışa neden olduğunu, ancak antrenman periyodu sonrasında aynı protokolün uygulandığında anlamlı bir artış meydana geldiğini bildirmiştir. Bu durum, antrenman adaptasyon sürecinde oksidatif stresin zamana bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Benzer biçimde, Çelik ve ark. (2007), 14–17 yaş aralığındaki erkek futbolcularda akut egzersiz sonrası MDA düzeylerinde azalma olduğunu belirtmiştir. Uğraş (2013) ise elit sporcularda yüksek yoğunluklu interval antrenmanın MDA düzeylerini anlamlı şekilde azalttığını bildirmiştir. Selamoğlu (2000) da uzun mesafe koşucularının MDA değerlerinin sedanter bireylere kıyasla anlamlı düzeyde düşük olduğunu rapor ederek, dayanıklılık antrenmanlarının oksidatif hasarı azaltıcı etkisine dikkat çekmiştir.

Bu farklı sonuçlar, egzersizin türü, süresi ve yoğunluğunun yanı sıra sporcunun antrenman geçmişi, beslenme alışkanlıkları ve antioksidan kapasitesi gibi bireysel faktörlerle yakından ilişkilidir. Kuvvet antrenmanı temelli çalışmalarda da benzer eğilimler gözlenmiştir. Azizbeigi ve ark. (2015), sekiz haftalık orta ve yüksek yoğunluktaki kuvvet antrenmanlarının her iki durumda da MDA seviyelerini anlamlı biçimde azalttığını; Çakır ve ark. (2010) ise altı haftalık düzenli kuvvet antrenmanlarının MDA düzeylerinde düşüşe yol açtığını göstermiştir. Buna karşın Olubajo ve ark. (2015), kadın futbolcular üzerinde yaptığı çalışmada artan hız protokolü ile yapılan egzersiz sonrasında MDA düzeylerinde anlamlı bir değişim tespit etmemiştir. Aynı şekilde, Kıyıcı ve Kışal (2010), elit kayakçılarda sprint antrenmanı öncesinde MDA düzeylerinde azalma, antrenman periyodu sonrasında ise anlamlı bir değişiklik olmadığını bildirmiştir. Kahraman (2020) da kadın futbolcular üzerinde yaptığı araştırmada, kontrol grubunda ön test ve son test MDA düzeylerinin benzer kaldığını, deney grubunda ise küçük çaplı ancak istatistiksel olarak anlamlı olmayan bir artış gerçekleştiğini rapor etmiştir.

Bu literatür bulguları bir arada değerlendirildiğinde, MDA'daki değişimlerin egzersiz yoğunluğu ve süresine bağlı akut tepkilerden ziyade, uzun vadeli adaptasyon süreçlerinin bir sonucu olarak şekillendiği söylenebilir. Düzenli antrenman, antioksidan

sistemlerin (CAT, GSH gibi) etkinliğini artırarak serbest radikalleri nötralize etmekte, böylece lipid peroksidasyonunu sınırlamaktadır. Bu nedenle mevcut çalışmada MDA düzeylerinin stabil kalması, futbolcuların yüksek oksidatif yük altında dahi etkili bir antioksidan savunma sistemi geliştirdiklerini ve bu sayede hücresel düzeyde oksidatif hasarı önleyebildiklerini göstermektedir.

Glutatyon (GSH), vücudun en güçlü endojen antioksidanlarından biri olup, reaktif oksijen türlerinin (ROS) nötralizasyonunda ve hücrel redoks dengesinin korunmasında merkezi bir rol üstlenir. Araştırma bulgularına göre profesyonel futbolcularda müsabaka dönemi boyunca GSH düzeylerinde anlamlı bir artış gözlenmiş olması, düzenli antrenman sürecinde antioksidan savunma sistemlerinin güçlendiğini ve oksidatif stresin etkili bir biçimde dengelendiğini düşündürmektedir. Literatürde ise egzersizin GSH üzerindeki etkisine ilişkin sonuçlar tutarlı değildir. Ypatios ve ark. (2017), 103 km'lik ultra maraton yarışına katılan 12 atlet üzerinde yaptıkları araştırmada, yarıştan 24, 48 ve 72 saat sonra GSH düzeylerinde anlamlı azalışlar bildirmiştir. Bu durum, uzun süreli ve aşırı dayanıklılık gerektiren aktivitelerin oksidatif yükü artırarak glutatyon depolarını tükettiğini göstermektedir. Benzer biçimde, Olubajo (2015) kadın futbolcularda 20 dakikalık koşu bandı egzersizi sonrasında GSH düzeylerinde anlamlı bir düşüş belirlemiş; Bulduk ve ark. (2011) ise kadın voleybolcularda dayanıklılık egzersizi sonrasında GSH seviyelerinin anlamlı biçimde azaldığını rapor etmiştir. Bu bulgular, akut egzersiz yüklenmelerinin kısa süre içinde antioksidan depolar üzerinde geçici bir azalma oluşturabileceğini, özellikle aerobik ve dayanıklılık temelli aktivitelerde glutatyon tüketiminin hızlandığını ortaya koymaktadır.

Buna karşın bazı çalışmalarda GSH düzeylerinde anlamlı bir değişiklik saptanmamıştır. Andersson ve ark. (2010), elit kadın futbolcularda maksimum kalp atım hızının yaklaşık %82 şiddetinde 90 dakika süren bir maç sonrası ve 21 saatlik toparlanma süreci sonunda GSH düzeylerinin istatistiksel olarak değişmediğini bildirmiştir. Benzer biçimde Arsic (2016), elit kadın futbolcular ve milli su topu sporcularını içeren çalışmasında, farklı branşlar arasında GSH düzeyleri bakımından anlamlı bir fark bulunmadığını ortaya koymuştur. Buna karşılık, direnç temelli antrenman programlarının GSH üretimini artırabileceğini gösteren araştırmalar da bulunmaktadır. Çakır Atabey ve ark. (2010), 16 sağlıklı gençte altı hafta boyunca haftada üç gün uygulanan kuvvet antrenmanlarının GSH düzeylerini anlamlı biçimde yükselttiğini belirtmiş; benzer şekilde

Kahraman (2020), kadın futbolcularda deney grubunda GSH değerlerinin antrenman sonrasında artış gösterdiğini, kontrol grubunda ise değişim olmadığını rapor etmiştir. Bu sonuçlar, uzun süreli ve düzenli antrenmanların glutatyon sentezini uyararak hücrel redoks homeostazını güçlendirdiğini göstermektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, akut egzersiz yüklenmeleri GSH düzeylerinde geçici bir düşüşe yol açarken, kronik veya planlı antrenman süreçleri antioksidan savunmayı kalıcı biçimde geliştirmektedir. Bu bağlamda mevcut çalışmada gözlenen GSH artışı, futbolcuların yoğun fiziksel stres altında dahi redoks dengesini koruyabildiklerini ve antrenman adaptasyonunun oksidatif stresle başa çıkma kapasitesini güçlendirdiğini göstermektedir.

Katalaz (CAT) enzimi, hidrojen peroksidi (H_2O_2) su ve oksijene dönüştürerek hücre içi oksidatif hasarın önlenmesinde kritik bir rol oynayan temel antioksidan savunma bileşenlerinden biridir. Araştırma bulgularına göre profesyonel futbolcularda müsabaka dönemi boyunca CAT aktivitesinde anlamlı bir artış saptanmış olması, yoğun fiziksel yüklenmelere rağmen organizmanın oksidatif dengeyi korumaya yönelik adaptif mekanizmaları etkin biçimde devreye soktuğunu göstermektedir. Bu artış, egzersiz kaynaklı reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimindeki geçici yükselişe karşı hücrel savunmanın güçlendiğini düşündürmektedir.

Literatür incelendiğinde, egzersizin süresi, şiddeti ve tipiyle ilişkili olarak CAT aktivitesinde hem artış hem azalış yönünde farklı sonuçlar bildirilmiştir. Bulduk ve ark. (2011), 18–24 yaş aralığındaki kadın voleybolcularda uygulanan 20 m mekik koşusu testi sonrasında CAT aktivitesinde anlamlı bir düşüş belirlemiş; Marin ve ark. (2011) ise hentbolcularda maç sonrası ve 24 saat sonrasında ölçülen CAT değerlerinde anlamlı azalma gözlemlemiştir. Bu sonuçlar, yüksek yoğunluklu akut egzersizlerin kısa vadede antioksidan enzim depolarını tükettiğini ve oksidatif stres yükünün geçici olarak antioksidan savunmayı baskıladığını göstermektedir. Bu bulgu, özellikle kısa süreli toparlanma aralıklarının olduğu müsabaka dönemlerinde antioksidan enzim sistemlerinin hızlı tükenme riski taşıdığını düşündürmektedir.

Bununla birlikte, bazı araştırmalarda CAT aktivitesinde artış bildirilmiştir ve bu durum genellikle tekrarlayıcı ya da uzun süreli antrenman adaptasyonlarıyla ilişkilendirilmiştir. Taş (2006), futbolculara uyguladığı bir aylık sprint antrenmanı

öncesinde yapılan kısa süreli egzersizin CAT aktivitesinde anlamlı bir artış oluşturduğunu; aynı antrenman periyodu tamamlandıktan sonra uygulanan aynı protokolün de benzer biçimde artışa yol açtığını belirtmiştir. Bu bulgu, egzersizin antioksidan sistem üzerinde “uyarıcı” bir etki oluşturduğunu, adaptasyon süreci ilerledikçe bu yanıtın güçlendiğini göstermektedir. Kıyıcı ve Kishalı (2010) da elit kayakçılar üzerinde yaptıkları çalışmada, antrenman öncesinde anlamlı bir değişim saptamazken, bir aylık antrenman periyodunun ardından uygulanan sprint egzersizi sonrasında CAT aktivitesinde anlamlı bir artış belirlemiştir. Bu sonuç, düzenli antrenmanın antioksidan enzimlerin duyarlılığını artırarak hücrel savunma kapasitesini yükselttiğini desteklemektedir.

Benzer şekilde, Uğraş (2013) elit sporcularla yürüttüğü 10 günlük kısa süreli kamp programında uygulanan yüksek yoğunluklu interval antrenman sonrasında CAT aktivitesinde belirgin bir artış bildirmiştir. da Silva ve ark. (2016) tarafından altı ay süren kuvvet antrenmanları sonucunda, sporcu grubunda CAT aktivitesinin anlamlı biçimde yükseldiği, kontrol grubunda ise değişim olmadığı saptanmıştır. Çelik ve ark. (2007) de futbolcular üzerinde yaptıkları çalışmada akut egzersizin CAT düzeylerinde artışa neden olduğunu ancak bu artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığını rapor etmiştir. Bu bulgular, kısa süreli yüklenmelerde antioksidan kapasitenin geçici olarak zorlandığını, ancak kronik ve sistematik antrenmanların uzun vadede antioksidan sistemin dayanıklılığını artırdığını göstermektedir.

Öte yandan, bazı çalışmalarda CAT aktivitesinde anlamlı bir farklılık saptanmamıştır. Ypatios (2017), maratoncular üzerinde yaptığı çalışmada, koşudan 24, 48 ve 72 saat sonrasındaki ölçümlerde CAT düzeylerinde anlamlı bir değişim gözlemlenmemiştir. Trivić ve ark. (2011) güreşçilere uyguladıkları dört haftalık aerobik antrenman sonrasında CAT aktivitesinde fark bulamamış; Olubajo ve ark. (2015) da kadın futbolcularda 20 dakikalık koşu bandı egzersizinin CAT aktivitesinde anlamlı bir değişim oluşturmadığını rapor etmiştir. Kahraman (2020), kadın futbolcularda hem kontrol hem deney gruplarında ön test–son test karşılaştırmalarında anlamlı farklılık saptamamış, bu durumu kısa süreli antrenman süresinin yeterli adaptasyon yanıtı oluşturamamasına bağlamıştır.

Tüm bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, CAT aktivitesindeki değişimlerin egzersizin şiddeti, süresi ve periyodizasyonuna bağlı olarak farklılık gösterdiği söylenebilir. Akut ve yüksek yoğunluklu egzersizler kısa vadede oksidatif stresi artırarak geçici düşüşlere neden olurken, düzenli ve uzun vadeli antrenmanlar antioksidan savunma sisteminde yapısal adaptasyon sağlayarak CAT aktivitesinin artışına katkıda bulunur. Bu bağlamda, mevcut çalışmada profesyonel futbolcularda müsabaka dönemi boyunca gözlenen CAT aktivitesi artışı, organizmanın yüksek antrenman yüklenmelerine karşı güçlü bir antioksidan adaptasyon geliştirdiğini, oksidatif stresle mücadelede etkili bir biyokimyasal denge mekanizmasının sürdürüldüğünü göstermektedir.

Bu bulgular bir arada değerlendirildiğinde, profesyonel futbolcuların yoğun antrenman ve müsabaka dönemlerinde oksidatif stres ile antioksidan savunma sistemleri arasında etkili bir denge kurabildikleri anlaşılmaktadır. Müsabaka dönemi boyunca CAT ve GSH düzeylerinde gözlenen anlamlı artış, futbolcuların hücresel düzeyde oksidatif yüklenmelere karşı adaptif yanıt geliştirdiklerini ve endojen antioksidan savunma kapasitelerinin güçlendiğini göstermektedir. Buna karşın MDA düzeylerinde anlamlı bir değişimin olmaması, artan oksidatif stresin lipid peroksidasyonuna dönüşmeden denetlendiğini ve antioksidan sistemin reaktif oksijen türlerini nötralize etmede etkin rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Bu sonuçlar, düzenli ve planlı antrenmanların hücresel redoks dengesinin korunmasında kritik öneme sahip olduğunu, aynı zamanda yoğun egzersiz yüklenmelerine karşı organizmanın savunma sistemlerinin dinamik bir biçimde uyum sağlayabildiğini göstermektedir. Antioksidan parametrelerdeki bu olumlu değişimler, profesyonel futbolcularda oksidatif stres–adaptasyon döngüsünün sağlıklı bir şekilde işlediğini, dolayısıyla kas hasarının, yorgunluğun ve performans düşüşünün önlenmesine katkıda bulunduğunu düşündürmektedir. Sonuç olarak, düzenli yüksek yoğunluklu antrenmanların kontrollü biçimde uygulanması, futbolcularda oksidatif dengeyi destekleyen biyokimyasal adaptasyonların gelişmesi açısından önemli bir strateji olarak değerlendirilebilir.

Hematolojik ve İnflamasyon Parametreleri

Çalışma bulgularına göre profesyonel futbolcularda müsabaka dönemi boyunca incelenen hematolojik ve inflamasyon göstergeleri arasında lökosit (WBC) ve

trombositkrit (PCT) parametrelerinde anlamlı farklılıklar saptanırken; monosit (MONO), trombosit (PLT), trombosit dağılım genişliği (PDW), ortalama trombosit hacmi (MPV) ve trombosit-lökosit oranı (P-LCR) değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Bu sonuçlar, profesyonel futbolcuların düzenli ve yüksek yoğunluklu antrenmanlara maruz kalmalarına rağmen hematolojik sistemin genel dengesini koruyabildiğini, ancak bağışıklık sistemi ve kan hacmi ile ilişkili bazı parametrelerde adaptif yanıtlar geliştiğini göstermektedir. Özellikle WBC'deki artış, antrenman veya müsabaka süresince ortaya çıkan fizyolojik stresin bağışıklık sistemi üzerindeki uyarıcı etkisine işaret etmektedir. Lökosit artışı, egzersiz esnasında kas dokusundan salınan sitokinler ve stres hormonlarının etkisiyle lökositlerin damar dışı depolardan dolaşıma katılımının hızlanmasından kaynaklanabilir.

Koç ve ark. (2010) tarafından yapılan araştırmada, sporcu bireyler ile sedanterler arasında vücut ağırlığı, vücut kitle indeksi (BMI), PLT ve MPV değerleri açısından anlamlı farklar gözlenmiş; buna karşın WBC, MCH, PDW ve PCT değerlerinde anlamlı farklılık saptanmamıştır. Bu bulgu, antrenmanlı bireylerde hematolojik adaptasyonun daha çok trombosit aktivitesi ve eritrosit özelliklerinde görüldüğünü, bağışıklık sistemi bileşenlerinin ise stabil kaldığını göstermektedir. Öte yandan, İbiş ve ark. (2008) aerobik egzersiz sonrası hematolojik parametrelerde anlamlı bir değişiklik bulmazken, anaerobik egzersiz sonrasında WBC değerlerinde belirgin artış tespit etmiş; bu artışın egzersiz sonrası 24 saat içinde normale döndüğünü bildirmiştir. Bu durum, kısa süreli yüksek şiddetli yüklenmelerin akut inflamatuvar yanıtı tetiklediğini, ancak toparlanma süreciyle birlikte bağışıklık sisteminin yeniden homeostaza döndüğünü göstermektedir.

Egzersiz, hem kan bileşimi hem de bağışıklık sistemi dinamikleri üzerinde geçici fakat önemli fizyolojik etkiler oluşturur. Yapıcı Öksüzoğlu ve Fındıkoğlu (2022) tarafından yapılan çalışmada, futbolcularda sabah ve akşam uygulanan Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi (Seviye 1) sonrasında WBC ve alt parametrelerinde anlamlı artışlar tespit edilmiştir. Araştırmacılar bu artışı, egzersiz sırasında artan kan akımı ve hemodinamik yüklenmenin lökositlerin damar dışı rezervlerden dolaşıma mobilizasyonunu hızlandırmasıyla açıklamıştır. Aynı çalışmada PLT değerlerinde de sabah ve akşam ölçümleri arasında anlamlı farklar belirlenmiş, bu değişimin egzersizin trombosit aktivitesi ve dolaşım dinamikleri üzerindeki etkisinden kaynaklanabileceği ifade edilmiştir. Bu bulgular, özellikle yüksek yoğunluklu interval antrenman veya

müسابaka benzeri aktivitelerin akut hematolojik yanıtı tetikleyebileceğini göstermektedir.

Mevcut çalışmada WBC ve PCT’de gözlenen anlamlı değişim, futbolcuların müسابaka döneminde artan metabolik ve inflamatuvar stresin dolaşım sistemi üzerinde yarattığı geçici adaptasyonu yansıtmaktadır. Diğer hematolojik parametrelerde anlamlı farklılık bulunmaması ise, profesyonel futbolcularda düzenli antrenmanların hematolojik dengeyi ve immün sistemi koruyucu yönde bir etki oluşturduğunu göstermektedir. Bu sonuç, antrenmanlı bireylerin bağışıklık sisteminde meydana gelen geçici değişimlerin hızlı bir şekilde dengelendiğini ve organizmanın egzersize karşı fizyolojik toleransının yüksek olduğunu desteklemektedir. Futbolcularda gözlenen hematolojik yanıtlar, egzersizin akut etkilerine karşı vücudun etkili bir adaptasyon mekanizması geliştirdiğini ortaya koymaktadır. Özellikle WBC ve PCT değişimleri, egzersizin immün sistemi uyarıcı ve dolaşım düzenleyici etkilerinin biyokimyasal yansımaları olarak değerlendirilebilir. Bu bulgular, antrenman yüklenmelerinin planlanmasında hematolojik parametrelerin izlenmesinin, sporcuların toparlanma kapasitesinin ve bağışıklık dengesinin korunması açısından önemli bir gösterge olabileceğini düşündürmektedir.

Elde edilen bulgular, profesyonel futbolcularda hematolojik ve inflamatuvar parametrelerin, yoğun antrenman ve müسابaka yüklenmeleri süresince genel olarak fizyolojik sınırlar içerisinde korunduğunu göstermektedir. Özellikle WBC ve PCT değerlerinde saptanan anlamlı artış, egzersiz sırasında artan metabolik gereksinimlere ve immün sistem aktivasyonuna karşı vücudun doğal savunma yanıtını yansıtmaktadır. Bu durum, egzersizle birlikte ortaya çıkan geçici inflamatuvar uyarının, dolaşıma katılan lökosit sayısını artırarak dokuların oksijenlenmesini ve metabolik dengenin sürdürülmesini desteklediğini düşündürmektedir. Buna karşın MONO, PLT, PDW, MPV ve P-LCR parametrelerinde anlamlı bir değişiklik gözlenmemesi, profesyonel futbolcularda düzenli ve planlı antrenman süreçlerinin hematolojik dengeyi koruyucu bir adaptasyon sağladığını ortaya koymaktadır. Düzenli antrenman, dolaşım sistemi üzerinde stabil bir etki oluşturarak egzersizin neden olduğu geçici hematolojik dalgalanmaları minimal düzeyde tutmaktadır. Bu bulgu, antrenmanlı sporcularda bağışıklık ve hematolojik sistemlerin yüksek dayanıklılık kapasitesine ulaştığını göstermektedir.

Sonuç olarak, futbolcularda müsabaka dönemi boyunca gözlenen hematolojik yanıtlar, akut egzersiz stresine karşı gelişen fizyolojik adaptasyonun ve immün sistemin dinamik dengesinin göstergesidir. Bu veriler, antrenman planlamasında hematolojik parametrelerin düzenli izlenmesinin, sporcuların toparlanma durumu, bağışıklık direnci ve performans sürekliliğinin korunması açısından önemli bir biyogösterge olabileceğini ortaya koymaktadır.

Oksijen Taşıma Kapasitesi ve Renal Adaptasyon

Çalışma bulgularına göre, profesyonel futbolcuların müsabaka dönemi boyunca incelenen oksijen taşıma parametrelerinden yalnızca tahmini glomerüler filtrasyon hızı (eGFR) değerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık saptanmıştır. Buna karşın glikoz, eritrosit (RBC), hemoglobin (HGB) ve hematokrit (HCT) düzeylerinde anlamlı değişiklik gözlenmemiştir. Bu sonuçlar, futbolcularda düzenli antrenman ve müsabaka sürecine rağmen eritropoetik kapasitenin ve oksijen taşıma etkinliğinin genel olarak fizyolojik denge içinde korunduğunu göstermektedir. eGFR'deki anlamlı değişim, artan antrenman yoğunluğunun dolaşım ve sıvı-elektrolit dengesine bağlı olarak böbrek perfüzyonunda meydana gelen kısa süreli adaptif yanıtlarla ilişkili olabilir. Egzersiz sırasında kas dokusunun artan oksijen gereksinimi, renal kan akımında geçici bir azalma ve plazma volümünde kayıplara yol açabilir; bu durum da eGFR değerlerinde fizyolojik dalgalanmalara neden olmaktadır. Bu değişiklikler genellikle kısa süreli olup, toparlanma sürecinde renal fonksiyonların normale döndüğü bilinmektedir.

Koç ve ark. (2010), sporcular ile sedanter bireylerin hematolojik profillerini karşılaştırdıkları çalışmalarında RBC, HGB ve HCT değerleri açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığını bildirmiştir. Bu sonuç, dayanıklılık temelli sporlarda uzun süreli antrenmanın oksijen taşıma kapasitesini belirli bir fizyolojik plato düzeyinde sabitlediğini göstermektedir. Benzer şekilde, İbiş ve ark. (2008) aerobik egzersiz sonrası hematolojik parametrelerde anlamlı değişiklik gözlemlenmezken, anaerobik egzersizin hemen ardından HGB ve HCT düzeylerinde belirgin artış saptamış ve bu artışın egzersizden 24 saat sonra normale döndüğünü rapor etmiştir. Bu durum, kısa süreli yüksek yoğunluklu egzersizlerin hemokonsantrasyona bağlı olarak kandaki eritrosit ve hemoglobin yoğunluğunu geçici biçimde artırdığını, ancak toparlanma süreciyle birlikte değerlerin yeniden bazal seviyelere döndüğünü göstermektedir.

Yapıcı Öksüzoğlu ve Fındıkoğlu (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, futbolcularda sabah ve akşam uygulanan Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testi (Seviye 1) sonrasında hematolojik parametrelerde akut değişiklikler gözlenmiştir. Araştırmada, sabah ölçümlerinde RBC düzeylerinde anlamlı fark saptanmazken, HGB ve HCT değerlerinde anlamlı artışlar belirlenmiştir. Akşam ölçümlerinde ise test öncesi–test sonrası ve test sonrası–2 saat sonrası karşılaştırmalarında RBC, HGB ve HCT düzeylerinde anlamlı değişiklikler bulunmuş; bu parametrelerde testin hemen ardından görülen artışların 2 saat sonra başlangıç seviyelerine geri döndüğü bildirilmiştir. Bu bulgular, egzersiz sırasında artan plazma sıvı kaybı ve hemokonsantrasyonun kısa süreli oksijen taşıma kapasitesini geçici olarak yükselttiğini, ancak toparlanma süreciyle birlikte plazma volümünün yeniden dengelenmesiyle hematolojik değerlerin normale döndüğünü göstermektedir.

Çalışmamızda da benzer biçimde, RBC, HGB ve HCT parametrelerinde anlamlı değişim saptanmamış; egzersiz sonrası görülen geçici artışın hemokonsantrasyon etkisiyle açıklanabileceği, toparlanma sürecinde ise istirahat koşullarının yeniden denge sağladığı düşünülmektedir. Bu durum, profesyonel futbolcuların sıvı dengesi, eritrosit hacmi ve oksijen taşıma kapasitesi açısından antrenman sürecine iyi adapte olduklarını ve hematolojik homeostazı koruyabildiklerini göstermektedir. Futbolcularda müsabaka dönemi boyunca eGFR değerlerindeki anlamlı değişim, egzersize bağlı dolaşım adaptasyonunun bir göstergesi olarak değerlendirilebilirken, RBC, HGB ve HCT değerlerinin sabit kalması, oksijen taşıma kapasitesinin ve hematolojik dengenin etkin şekilde sürdürüldüğünü ortaya koymaktadır. Bu bulgular, uzun süreli antrenman geçmişine sahip profesyonel sporcularda kardiyorespiratuvar ve hematolojik sistemlerin yüksek düzeyde fizyolojik stabiliteye ulaştığını göstermekte, böylece yoğun fiziksel yüklenmelerin performans üzerindeki olumsuz etkilerinin minimal düzeyde tutulduğunu düşündürmektedir.

Elde edilen bulgular, profesyonel futbolcularda yoğun antrenman ve müsabaka dönemlerinde oksijen taşıma kapasitesinin büyük ölçüde fizyolojik denge içerisinde sürdürüldüğünü göstermektedir. RBC, HGB ve HCT düzeylerinde anlamlı bir değişiklik gözlenmemesi, sporcuların eritropoetik sisteminin düzenli antrenmanlara iyi adapte olduğunu ve oksijen taşıma verimliliğinin stabil seyrettiğini ortaya koymaktadır. Egzersiz sonrasında bu parametrelerde gözlenen geçici artışlar, hemokonsantrasyon ve plazma

volümündeki kısa süreli kayıplardan kaynaklanmakta olup, toparlanma süreciyle birlikte normale dönmektedir. Bu durum, profesyonel futbolcularda sıvı-elektrolit dengesi ve dolaşım etkinliğinin antrenman geçmişine bağlı olarak hassas biçimde regüle edildiğini göstermektedir. Buna karşın eGFR değerlerinde saptanan anlamlı değişim, egzersiz süresince artan kas aktivitesine paralel olarak renal kan akımındaki geçici dalgalanmaların bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Egzersiz sırasında renal perfüzyonun azalması ve metabolik yüklenmenin artması, böbrek fonksiyon göstergelerinde kısa süreli adaptif değişiklikler oluşturabilir; ancak bu durum fizyolojik sınırlar içinde kalarak toparlanma evresinde dengeye ulaşmaktadır. Sonuç olarak, futbolcularda oksijen taşıma ve renal fonksiyon parametrelerinin genel istikrarı, antrenmanlı bireylerde kardiyorespiratuvar sistemin yüksek adaptasyon kapasitesini desteklemekte ve oksijen taşınımının, dayanıklılığın ve toparlanma süreçlerinin optimal düzeyde sürdürüldüğünü göstermektedir.

Sonuç

Bu çalışma, profesyonel futbolcularda müsabaka dönemi boyunca meydana gelen biyokimyasal, hematolojik, antioksidan ve oksijen taşıma parametrelerindeki değişimleri inceleyerek egzersizin organizma üzerindeki fizyolojik etkilerini değerlendirmeyi amaçlamıştır. Elde edilen bulgular, futbolcularda yoğun antrenman ve müsabaka yüklenmelerine rağmen genel biyokimyasal dengenin korunduğunu, oksidatif stresin kontrol altında tutulduğunu ve organizmanın farklı sistemleri arasında güçlü bir homeostatik uyumun sürdürüldüğünü ortaya koymuştur. Bu durum, düzenli ve planlı antrenmanların kas, karaciğer, dolaşım ve bağışıklık sistemleri üzerinde koruyucu adaptasyonlar sağladığını göstermektedir.

Oksidatif stres parametreleri incelendiğinde, yalnızca ALT düzeyinde anlamlı bir artış gözlenirken AST, CK ve ÜRE değerlerinde anlamlı değişiklik saptanmamıştır. Bu bulgu, futbolcularda egzersizin karaciğer ve kas dokularında kalıcı bir stres oluşturmadığını, enzim düzeylerindeki dalgalanmaların geçici metabolik uyumla ilişkili olduğunu göstermektedir. ALT artışı, artan enerji ihtiyacına bağlı karaciğer yüklenmesini yansıtırken; AST ve CK'nın sabit kalması, antrenmanlı sporcularda kas zar bütünlüğünün korunmasına ve oksidatif hasarın düşük düzeyde tutulmasına işaret etmektedir. Bu

sonuçlar, futbolcularda uzun süreli antrenman geçmişinin kas ve karaciğer fonksiyonlarını destekleyici yönde fizyolojik adaptasyon sağladığını ortaya koymaktadır.

Antioksidan savunma sistemi açısından CAT ve GSH düzeylerinde anlamlı artış, buna karşın MDA değerlerinde anlamlı değişim gözlenmemesi, futbolcuların redoks dengesini etkili biçimde koruyabildiğini göstermektedir. Bu artış, düzenli antrenmanların hücresel savunma mekanizmalarını güçlendirerek reaktif oksijen türlerinin neden olabileceği hasarı sınırladığını göstermektedir. MDA düzeylerinin sabit kalması, lipid peroksidasyonunun kontrol altında tutulduğunu ve antioksidan kapasitenin oksidatif yüklenmeye karşı yeterli olduğunu desteklemektedir. Bu bulgular, profesyonel futbolcularda antioksidan sistemin güçlü bir adaptif yanıt oluşturduğunu ve düzenli antrenmanların oksidatif stres toleransını artırdığını göstermektedir.

Hematolojik ve inflamasyon parametrelerinde WBC ve PCT değerlerinde anlamlı artış, ancak MONO, PLT, PDW, MPV ve P-LCR değerlerinde değişiklik olmaması, egzersizin immün sistemi kısa süreli olarak uyardığını fakat sistemik dengeyi bozmadığını göstermektedir. WBC artışı, egzersiz sırasında artan dolaşım hızının ve inflamatuvar uyarının doğal bir yansıması olarak değerlendirilmektedir. Buna karşın diğer parametrelerin stabil kalması, profesyonel futbolcularda hematolojik sistemin yüklenmeye karşı dayanıklılık kazandığını göstermektedir. Oksijen taşıma parametrelerinden yalnızca eGFR değerinde anlamlı değişim görülmesi, antrenman yüklenmelerine bağlı olarak renal fonksiyonlarda geçici adaptasyonları düşündürmektedir. RBC, HGB ve HCT düzeylerinin sabit seyretmesi ise eritropoetik kapasitenin ve oksijen taşıma verimliliğinin korunduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, çalışmanın bulguları profesyonel futbolcularda düzenli ve yoğun antrenmanların biyokimyasal, hematolojik ve antioksidan sistemlerde uyumlu, dengeli ve koruyucu fizyolojik adaptasyonlar oluşturduğunu göstermektedir. Kas, karaciğer ve böbrek fonksiyonları fizyolojik sınırlar içinde korunurken, antioksidan savunma mekanizmalarının güçlenmesi oksidatif hasarın önüne geçmiştir. Bu bulgular, profesyonel futbolcularda antrenman yüklenmesi ile toparlanma arasındaki dengenin doğru biçimde yönetildiğinde, performansın sürdürülebilirliğini destekleyen güçlü bir biyolojik istikrarın sağlanabileceğini göstermektedir.

Öneriler

Bu çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda, futbolcularda oksidatif stresi azaltmaya yönelik farklı antrenman modellerinin etkilerinin araştırılması önerilmektedir. Özellikle dayanıklılık, yüksek şiddetli aralıklı antrenman (HIIT), kuvvet ve toparlanma odaklı antrenman yaklaşımlarının, oksidatif stres ve antioksidan savunma sistemi üzerindeki etkilerinin karşılaştırıldığı deneysel çalışmalar literatüre önemli katkılar sağlayabilir.

Bu çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda, futbolcuların yanı sıra ferdi spor branşlarında (atletizm, yüzme, güreş, bisiklet, tenis ve dövüş sporları gibi) sporcularda oksidatif stresi azaltmaya yönelik farklı antrenman modellerinin etkilerinin araştırılması önerilmektedir.

Benzer çalışmaların farklı katılımcı gruplarında (kadın futbolcular, genç yaş grupları, elit ve yarı elit futbolcular) yürütülmesi, cinsiyet ve yaşa bağlı fizyolojik yanıtların daha kapsamlı şekilde değerlendirilmesine olanak tanıyacaktır. Kadın ve erkek futbolcuların aynı antrenman yüklenmelerine verdikleri oksidatif stres yanıtlarının karşılaştırılması, futbol antrenmanlarının bireyselleştirilmesine katkı sağlayabilir.

Ayrıca kısa süreli ve uzun süreli antrenman periyotlarının, futbolcularda fiziksel performans parametreleri ile oksidatif stres göstergeleri üzerindeki etkilerinin karşılaştırıldığı boylamsal çalışmaların yapılması önerilmektedir. Bu tür çalışmalar, sezon planlamasında antrenman yüklenmelerinin fizyolojik etkilerinin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olabilir.

Bunun yanında, farklı coğrafi bölgeler ve iklim koşullarında (sıcak, soğuk veya yüksek rakım gibi) futbolcular üzerinde yürütülecek benzer çalışmalar, çevresel faktörlerin oksidatif stres ve antioksidan savunma mekanizmaları üzerindeki etkilerini ortaya koyabilir. Bu sayede futbolcular için iklim koşullarına özgü antrenman ve toparlanma stratejileri geliştirilebilir.

KAYNAKÇA

- Acar, K. (2013). Futbol Eğitimi Alana Çocuklarda Problem Çözme Becerileri ve Fonksiyonel Olmayan Tutumların İncelenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Akkoca, Ö. (2019). Akciğer fonksiyon testleri. (ss. 27-33).
- Akkuş, İ. (1995). Serbest radikaller ve fizyopatolojik etkileri (Sağlık Dizisi, No. 5). Konya: Mimoza Yayınları.
- Aktütün, İ. (2010). Futbolun Siyasi Tarihine Kenar Notları, Cogito, No:63, Dünya Gözüyle Futbol, İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.
- Alghannam AF. (2012). Metabolic limitations of performance and fatigue in football. Asian J Sports Med.;3(2):65-73.
- Alibeyoğlu, A. (2008). Düzenli spor yapmayan genç erkeklerde akut dayanıklılık egzersizi sonrası hematolojik ve serum enzim değerlerindeki değişikliklerin incelenmesi [Yüksek lisans tezi, Kafkas Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. Kars.
- Andersson H, Karlsen A, Blomhoff R, Raastad T, Kadi F. (2010). Plasma antioxidant responses and oxidative stress following a soccer game in elite female players. Scandinavian Journal of Medicine ve Science in Sports, 20(4):600-608.
- Andersson, H., Karlsen, A., Blomhoff, R., Raastad, T., ve Kadi, F. (2009). Plasma antioxidant responses and oxidative stress following a soccer game in elite female players. Scandinavian Journal of Medicine ve Science in Sports, 19(1), 35-42.
- Apple, F. S., ve Rhodes, M. (1988). Enzymatic estimation of skeletal muscle damage by analysis of changes in serum creatine kinase. Journal of Applied Physiology, 65(6), 2598-2600.
- Arsic A, Vucic V, Glibetic M, Popovic T, Debeljak-Martacic J, Cubrilo D, Ahmetovic Z, Peric D, Borozan S, Djuric D, Barudzic N, Jakovljevic V. (2016). Redox balance in elite female athletes: differences based on sport types. The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 56(1-2):1-8.
- Arslan C, Bingölbalı A, Kutlu M ve Baltacı A.K. (1997). Voleybol ve atletizm sporunun kız çocukların hematolojik ve biyokimyasal parametrelerine etkisi, Beden Eğitimi Spor Bilimi Dergisi, 2, 28 - 34.

- Aşçı A, Ak M, Cihan H. (2009). Genç futbolcularda aerobik güç performansının yaşa bağlı olarak değerlendirilmesi. S.Müniroğlu ve F.Korkusuz (Ed.). III. Ulusal Futbol ve Bilim Kongresi. Ankara: BAYT Bilimsel Araştırmalar.
- Avşar, C. (2020). Soldan sağa şantlı konjenital kalp hastalıklı bebeklerde/çocuklarda girişimsel tedavinin BNP, EPO düzeyi ve MCV, MCH, MCHC, RDW parametrelerine etkisi [Uzmanlık tezi, Katip Çelebi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. İzmir.
- Aydemir B, Karadağ Sarı E. (2009). Antioksidanlar ve Büyüme Faktörleri ile İlişkisi. Kocatepe Veterinary Journal. 2(2): 56-60.
- Aydın, B. (2021). Beslenme ve fiziksel aktivitenin COVID-19 tanımlı hastalarda hastane yatış süresi ve biyokimyasal parametreler üzerine etkisi [Yüksek lisans tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. Tekirdağ.
- Ayran T. (2006). Futbol Oyun Kurallarının ve Taktiklerinin Tarihsel Gelişimi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Semineri, Ankara: Ankara Üniversitesi.
- Azizbeigi K, Azarbayjani MA, Atashak S, Stannard SR. (2015). Effect of moderate and high resistance training intensity on indices of inflammatory and oxidative stress. Research in Sports Medicine, 23(1):73-87.
- Baddiel, I. ve Hines, M. (2000). Ultimate Football, Darling Kindersley, 7 -11.
- Baltacı AK, Moğulkoç R, Üstündağ B, Koç S ve Özmerdivenli R (1998). Sporcu genç kızlarda bazı hematolojik parametreler ile plazma proteinleri ve serum çinko, kalsiyum, fosfor düzeyleri, Beden Eğitimi Spor Bil Dergisi, 3, 21 - 30.
- Bangsbo J, Iaia F.M, Krstrup P. (2007). Metabolic response and fatigue in soccer. International journal of sports physiology and performance, 2(2), 111-127.
- Bangsbo J, Mohr M, Krstrup P. (2006). Physical and metabolic demands of training and matchplay in the elite football player. Journal of Sports Sciences. 24(7), 665 – 674.
- Bangsbo J. (1994). Fitness Training in Football. August Krogh Institute, University of Copenhagen. Denmark. 55-66.
- Bangsbo J. (1994). The physiology of soccer with special reference to intense intermittent exercise. Acta Physiologica Scandinavica, 151(619), 1–156.
- Barmley, P. M., Elmadfa, I., Kafatos, A., Kelly, F. J., ve Manios, Y. (2000). Vitamin E (Review). Journal of the Science of Food and Agriculture, 80*(7), 913-938.

- Baylan V. (1996). Futbol. Hacettepe Üniversitesi Bilim Teknoloji Dergisi, 3(4):16,.
- Bayram, M. (2013). Uzun mesafe atletlerde yüksek irtifanın katalaz, peroksidaz ve karbonik anhidraz enzim seviyelerine etkisi (Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum).
- Bezci Ş. (2007). Elit Taekwondocularıda Antrenman Öncesi ve Sonrası Bazı Hematolojik ve Biyokimyasal Parametrelerin İncelenmesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Ana bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Konya: Selçuk Üniversitesi.
- Biçer M. (2003). Futbolcularıda Hazırlık Dönemi Çalışmalarının Bazı Fiziksel ve Fizyolojik Parametreler Üzerine Etkisi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Antrenörlük Eğitimi Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Konya: Selçuk Üniversitesi.
- Bilici, M., ve Genç, A. (2020). Düzenli Egzersiz Yapan 15-17 Yaş Grubu Kız Öğrencilerin Bazı Karaciğer Enzim Aktivitelerinin İncelenmesi. MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi, 9(1), 470-475. <https://doi.org/10.33206/mjss.549949>.
- Bloomfield J, Polman R, O'Donoghue P. (2007). Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. Journal of Sports Science ve Medicine. 6(1), 63
- Bompa T. (2013). Antrenman Kuramı ve Yöntemi Dönemleme. Ankara, Spor Yayınevi ve Kitabevi.
- Bompa T. and Buzzichelli C. (2019). Periodization theory and methodology of training 6th edition. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bompa TO, Haff GG, (2017). Dönemleme: Antrenman Kuramı ve Yöntemi (Dönemlendirme: Eğitim 71 Teorisi ve Metodolojisi). Spor Yayınevi ve Kitabevi. Ankara. Spor Kuramı Dizisi 1.
- Boning, D. (2000). Muskelkater standards der sportmedizin, Deutsche Zeitschrift FürSportmedizin. 51, 2.
- Çakir-Atabek H, Demir S, Pınarbaşı RD, Gündüz N. (2010). Effects of different resistance training intensity on indices of oxidative stress. The Journal of Strength ve Conditioning Research, 24(9):2491-2497.
- Carling C, Le Gall F, Dupont G. (2011). Are physical performance and injury risk in a professional soccer team in match-play affected over a prolonged period of fixture congestion?. International Journal of Sports Medicine. 33 (01), 36-42.

- Cebi, M., Ceviker, A., Ozlu, K., Eliaz, M., Yamak, B., Kusan, O., ve Ceylan, L. (2021). Relationship between certain biochemical parameters and maximal aerobic speed of elite soccer players. *Progress in Nutrition*, 23(1), 1-9.
- Çelik A, Varol R, Onat T, Dağdelen Y, Tugay F. (2007). Akut egzersizin futbolcularda antioksidan sistem parametrelerine etkisi. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 5(4):167-172.
- Cenikli, A., Dalkılıç, M., Yiğit, E. ve Bozkurt, V. (2017). Modern Futbolun Tarihi, *Diyalektolog Ulusal Sosyal Bilimler Dergisi*, 14: 53 - 63.
- Chapman, M. J., Ginsberg, H. N., Amarenco, P., Andreotti, F., Boren, J., Catapano, A. L., et al. (2011). Triglyceride-rich lipoproteins and high-density lipoprotein cholesterol in patients at high risk of cardiovascular disease: Evidence and guidance for management. *European Heart Journal*, 32(11), 1345-1361.
- Cheung CCC, Zheng GJ, Li AMY, Richardson BJ, Lam PKS. (2001). Relationship Between Tissue Concentrations of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Antioxidative Responses of Marine Mussels, *Perna viridis*. *Aquat Toxicol.* 52(3-4): 189-203.
- Chia M, Armstrong N. (2007). Maximal intensity exercise. In Armstrong, N. (Ed). *Paediatric Exercise Physiology*. Philadelphia: Elseiver Limited.: p.99-117.
- Çıracı, M. Z. (2013). Lipopolisakkarit ile sepsis oluşturulan ratların karaciğer dokularında serbest radikal metabolizmasının incelenmesi; Vitamin D'nin etkisi (Tıpta uzmanlık tezi, Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ankara).
- Clarkson, P. M., ve Thompson, H. S. (2000). Antioxidants: What role do they play in physical activity and health? *American Journal of Clinical Nutrition*, 72(2 Suppl), 637S-646S.
- Cnubben NHP, Rietjens IMCM, Wortelboer H, Van-Zanden J, Van Bladeren PJ. (2001). The Interplay of Glutathione Related Processes in Antioxidant Defense. *Environ Toxicol Pharmacol.* 10(4): 141- 152.
- Çolak, H., Rasim, K., ve Cihan, H. (2003). Yoğunlaştırılmış yürüyüş ve jogging programının yüksek dansiteli lipoprotein (HDL) ve düşük dansiteli lipoproteinler (LDL) üzerine olan etkisi. *Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 1(1), 69-76.

- Corea, L., Bentivoglio, M., Verdecchia, P., Provvidenza, M., Milia, U., ve Pollavini, G. (1983). Hemodynamic and humoral changes in long-distance athletes. *Giornale Italiano di Cardiologia*, 13(12), 374-379.
- da Costa CSC, Barbosa MA, Spinetti J, Pedrosa CM, Pierucci APTR. (2011). Oxidative stress biomarkers response to exercise in brazilian junior soccer players. *Food and Nutrition Sciences*, 2(5):407-413.
- da Silva EP, Soares EO, Malvestiti R, Hatanaka E, Lambertucci RH. (2016). Resistance training induces protective adaptation from the oxidative stress induced by an intense-strength session. *Sport Sciences for Health*, 12(3):321-328.
- Dansu T, Okuneye R.O, Idowu B. (2017). Reaction time and speed as correlates of sports injury among students of football academies in Nigeria. *Ghana Journal of Health Physical Education Recreation Sport and Dance*. 10. 144-160.
- Deaton CM, Marlin DJ. (2003). ExerciseAssociated Oxidative Stress. *Clinical Techniques Equine Practice*. 2(3): 278-291.
- Dellal A, Varliette C, Owen A, Chirico E.N, Pialoux V. (2012). Small-sided games versus interval training in amateur soccer players: effects on the aerobic capacity and the ability to perform intermittent exercises with changes of direction. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 26(10). 2712–2720.
- Demiriz, M., Erdemir, İ., ve Kayhan, R. (2016). Farklı dinlenme aralıklarında yapılan anaerobik interval antrenmanın, aerobik kapasite, anaerobik eşik ve kan parametreleri üzerine etkileri. *International Journal of Sport Exercise and Training Sciences (IJSETS)*, 1, 1-8.
- Dierking, J. K., ve Bembien, M. G. (1998). Delayed onset muscle soreness. *Strength ve Conditioning Journal*, 20(4), 44-48.
- Dinç, N. (2006). Aerobik egzersizin ve multivitamin kullanımının lipid, homosistein ve antioksidan metabolizması üzerine etkileri (Yüksek lisans tezi, Celal Bayar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Manisa).
- Droge W. (2002). Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiol Rev*. 82(1): 47-95.
- Dündar Y. (2007). Hücre Moleküler Statüsünün Anlaşılması ve Fizyolojik Önem Açısından Radikaller, Antioksidanlar. *İnsizyon Cerrahi Tıp Bilim Dergisi.*; 2(2): 134-142.

- Eniseler N. (2010). Bilimin ışığında futbol antrenmanı. İzmir, Birleşik Matbaacılık. p.334-254.
- Epstein, Y. (1995). Clinical significance of serum creatine phosphokinase activity levels following exercise. *Isr J Med Sci*, 31, 698-699.
- Erdoğan, İ. (2008). Futbolu İnceleme Üzerine, İletişim Kuram ve Araştırma Dergisi, 26: 1-58.
- Fidelus K, Kocjasz J. (1998). Antrenman alıştırmaları derlemi. Tanju Bağiran (çev.), Ankara: Bağırhan Yayınevi.
- Fisher-Wellman, K., ve Bloomer, R. J. (2009). Acute exercise and oxidative stress: A 30-year history. *Dynamic Medicine*, 8(1), 1-22.
- Flohe, L., ve Loschen, G. (1981). Mechanism of the therapeutic effect of exogenous superoxide dismutase: Findings and prospects. *European Journal of Rheumatology and Inflammation*, 4(2), 183-200.
- Fridovich I. (1995). Superoxide Radical and Superoxide Dismutase. *Annu Rev Biochem.* 64: 97-112.
- Gao F, Kinnula VL, Myllärniemi M, Oury TD. (2008). Extracellular Superoxide Dismutase in Pulmonary Fibrosis. *Antioxid Redox Signal.* 10(2): 343-354.
- Ginsberg, H. N., Zhang, Y. L., ve Hernandez-Ono, A. (2005). Regulation of plasma triglycerides in insulin resistance and diabetes. *Archives of Medical Research*, 36(3), 232-240.
- Gleeson, M., Almey, J., Brooks, S., Cave, R., Lewis, A., Griffiths, H. (1995). Haematological and acute-phase responses associated with delayed onset muscle soreness in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 71, 2-3, 137-142.
- Green RM, Graham M, O'Donovan MR, Chipman JK, Hodges NJ. (2006). Subcellular compartmentalization of glutathione: correlations with parameters of oxidative stress related to genotoxicity. *Mutagenesis*. 21(6): 383-390.
- Guemouri L, Artur Y, Herbeth B, Jeandel C, Cuny G, Siest G. (1991). Biological Variability of Superoxide Dismutase, Glutathione peroxidase, and Catalase in Blood. *Clin Chem.* 37(11): 1932- 1937.
- Güllü E, Tamer K, Özer Ç, Güllü A, Cicioğlu İ. (2012). Dayanıklılık sporcularında maksimal ve submaksimal egzersiz sonrası oluşan oksidan stres ve antioksidan

- düzeylerinin karşılaştırılması. Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilim Dergisi, 14(2):184-190.
- Günay M, Tamer K, Cicioğlu İ. (2006). Spor Fizyolojisi ve Performans Ölçümü. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Günay M, Yüce A. (2008). Futbol Antrenmanının Bilimsel Temelleri. Gazi Kitabevi, Ankara,s. 67-99.
- Gürsoy, F. (2005). Etanolün indüklediği karaciğer hasarında matriks metalloproteinazların rolü ve antioksidanların etkisi (Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar).
- Hale, T. (2003). Exercise physiology. Wiley Publishers.
- Halliwell B, Gutteridge JMC. (1999). Free Radicals in Biology and Medicine. 3rd ed. p.10-121. Oxford University Press, New York, USA.
- Halliwell B. (1999). Antioxidant defence mechanisms: from the beginning to the end (of the beginning). Free Radical Res. 31(4): 261-272.
- Hazar Z, İbiş S. (2010). Amatör futbol takımında müsabaka dönemi antrenmanının performans parametrelerine etkisi. Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilim Dergisi, 239-43.
- Helgerud J, Engen L.C, Wisloff U, Hoff J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. Medicine and science in sports and exercise. 33(11), 1925-1931.
- Hevia D, Mayo JC, Tan DX, Rodriguez-Garcia A, Sainz RM. (2014). Melatonin Enhances Photo-Oxidation of Antioksidanlar 2',7'-Dichlorodihydrofluorescein by an Antioxidant Reaction That Renders N1-Acetyl-N2-Formyl-5-Methoxykynuramine (AFMK). PLoS ONE. 9(10): e109257. doi:10.1371/journal.pone.0109257.
- Hilbert, J. E., Sforzo, G. A., ve Swensen, T. (2003). The effects of massage on delayed onset muscle soreness. British Journal of Sports Medicine, 37(1), 72-75.
- Hoff J. (2005). Training and testing physical capacities for elite soccer players. Journal of Sports Science. 23(6), 573-82.
- Hrysomallis C. (2011). Balance ability and athletic performance. Sports Medicine, 41,

- İbiş S, Hazar S, Gökdemir K. (2008). Aerobik ve anaerobik egzersizlerin hematolojik parametrelere akut etkisi. 10th International Sports Science Congress. October, 23-25, Bolu.
- İnal, A. N. (2013). Futbolda Eğitim ve Öğretim. Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara.
- İri, R. (2007). Yürüyüş egzersizinin 18-22 yaş bayanların bazı fiziksel ve fizyolojik parametrelere etkisi [Yüksek lisans tezi, Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü]. Kütahya.
- Joyner ve Coyle E. (2008). Endurance exercise performance: the physiology of champions. J Physiol. 586, 35–44.
- Kalinina EV, Chernov NN, Novichkova MD. (2014). Role of Glutathione, Glutathione Transferase, and Glutaredoxin in Regulation of Redox-Dependent Processes. Published in Uspekhi Biologicheskoi Khimii. 54: 299-348.
- Kara, E. (2007). Genç güreşçilerde egzersizin ve egzersizde çinko uygulamasının antioksidan aktivite üzerine etkisi (Doktora tezi, Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara).
- Karaçalıoğlu, A. Ö., Kılıç, S., Çelik, T., ve Ark. (2006). Geri dönüşümlü iskeminin miyokard hasarı ile ilgili biyokimyasal belirteçlerin serum düzeyleri üzerine etkisinin araştırılması. Gülhane Askeri Tıp Dergisi, 48, 87-93.
- Karadöl, G. (2019). Yapay kırmızı kan hücreleri ile kemoterapötik L-asparaginazın enkapsülasyonu ve karakterizasyonu [Yüksek lisans tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü]. Malatya.
- Karahan, M. (2018). Böbrek donörlerinin oksidatif stres çalışması (Tıpta uzmanlık tezi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, İstanbul).
- Karavelioğlu M. B. (2008). Mevkilerine Göre Amatör Futbolcuların Fiziksel, Fizyolojik ve Psikomotor Özelliklerinin Araştırılması (Kütahya İli Örneği), Sosyal Bilimler Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi.
- Katı, B. T. (2010). Hiperlipidemi ile periodontal hastalık ilişkisinin değerlendirilmesi [Doktora tezi, Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. İstanbul.
- Kaynar, Ö. (2014). Elit güreşçilerde antrenmanın hipofiz bezi hormonları ve karaciğer enzimleri üzerine etkisi [Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. Erzurum.

- Kidd, P. M. (1997). Glutathione: Systemic protectant against oxidative and free radical damage. *Alternative Medicine Review*, 2*(3), 155-176.
- Kirkman HN, Galiano S, Gaetani GF. (1987). The function of catalase-bound NADPH. *J Biol Chem*. 262(2): 660-666.
- Kıyıcı F, Kışalı NF. (2010). Alp disiplini kayakçılarında sürat egzersizleri sonrası kan antioksidan düzeylerinin incelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 12(1):1-9.
- Koç, H., Sarıtaş, N., ve Büyükipekci, S. (2010). Sporcular İle Sedanterlerin Kan Hematolojik Düzeylerinin Karşılaştırılması. *Sağlık Bilimleri Dergisi*, 19(3), 196-201.
- Koca, H. B. (2007). Koroner arter hastalarında lipit ve protein oksidasyonu ile selenyum içeren antioksidanların düzeyi (Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar).
- Koca, İ. (2003). Yüzme bilmeyip yüzme teknik eğitimi alan ve üniversite yüzme takımında yüzme sporuyla uğraşan 18-25 yaş arasındaki bayan ve erkeklerde üç aylık yüzme antrenman programının ergospirometreyle ölçülen fizyolojik fonksiyonlara etkisi [Yüksek lisans tezi, Osmangazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. Eskişehir.
- Köklü Y, Albayrak M, Keysan H, Alemdaroğlu U, Dellal A. (2013). Improvement of the physical conditioning of young soccer players by playing small-sided games on different pitch size – special reference to physiological responses. *Kinesiology*. 45(1), 41-47.
- Köklü Y, Özkan A, Ersöz G. (2009). Futbolda dayanıklılık performansının değerlendirilmesi ve geliştirilmesi. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*. 4, 142-150.
- Koz M, Ersöz G, Gelir E. (2003). *Fizyoloji Ders Kitabı*. Ankara: Nobel yayınevi.: p.191-193.
- Kratz, A., Lewandrowski, K. B., Siegel, A. J., Chun, K. Y., Flood, J. G., Van Cott, E. M., ve Lee-Lewandrowski, E. (2002). Effect of marathon running on hematologic and biochemical laboratory parameters, including cardiac markers. *American Journal of Clinical Pathology*, 118(6), 856-863. <https://doi.org/10.1309/14TY-2TDJ1X0Y-1V6V>.

- Kumar, V., Abbas, A. K., ve Aster, J. C. (2013). Hematopoietic and lymphoid systems. In Robbins basic pathology* (9th ed., pp. 407-458). Elsevier.
- Lagman M, Ly J, Saing T, Kaur Singh M, Vera Tudela E, Morris D, et al. (2015). Investigating the Causes for Decreased Levels of Glutathione in Individuals with Type II Diabetes. PLoS ONE. 10(3): e0118436. doi:10.1371/journal.pone.0118436.
- Larson RA. (1988). The antioxidants of higher plants. Phytochemistry. 27(4): 969-978.
- Lazarim, F. L. Antunes-Neto, J. M. Da Silva, F. O. et al. (2009). "The Upper Values of Plasma Creatine Kinase of Professional Soccer Players during The Brazilian National Championship". Journal of Science and Medicine in Sport, 12(1), 85-90.
- Liebman, J. F., ve Greenberg, A. (1988). Mechanistic principles of enzyme activity. New York: VCH Publishers.
- Limon-Pacheco J, Gonsebatt ME. (2009). The role of antioxidants and antioxidantrelated enzymes in protective responses to environmentally induced oxidative stress. Mutat Res. 674(1-2): 137-147.
- Marin DP, dos Santos RdeC, Bolin AP, Guerra BA, Hatanaka E, Otton R. (2011). Cytokines and oxidative stress status following a handball game in elite male players. Oxidative Medicine and Cellular Longevity.
- Marzatico, F., Pansarasa, O., Bertorelli, L., Somenzini, L., ve Della Valle, G. (1997). Blood free radical antioxidant enzymes and lipid peroxidation following long-distance and lactacemic performance in highly trained aerobic and sprint athletes. Journal of Sports Medicine and Physical Fitness, 37(3), 235-239.
- McMillan K, Helgerud J, Macdonald R, Hoff J. (2005). Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. Br J Sports Med. 39(5), 273–277.
- Meister, A. (1995). Glutathione metabolism. Methods in Enzymology, 251, 3-7.
- Milanović Z, Sporiš G, James N, Trajković N, Ignjatovic A, Sarmento H, Trecroci A, Mendes B.M.B. (2017). Physiological demands, morphological characteristics, physical abilities and injuries of female soccer players. Journal of Human Kinetics. 1(60), 77-83.
- Mirkin, G. (2003). The effects of massage on delayed onset muscle soreness. BritisJournal of Sports Medicine, 37(1), 72 - 75.

- Mitrotasios, M., Plakias, S., Armatas, V., Kubayi, A., ve Larkin, P. (2021). Strategic Insights Into One-Touch Finishing in Soccer: Analyzing Play During Copa America. *Perceptual and Motor Skills*, 132(3), 567-584.
- Modric T, Versic S, Sekulic D. (2020). Position specific running performances in professional football (soccer): influence of different tactical formations. *Sports*. 8(12), 161.
- Mohr M, Krstrup P, Bangsbo J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of sports sciences*. 21(7), 519-528.
- Montgomery, R., Conway, T.W., Spector, A.A., Chappell, D. (2000). *Biyokimya*, Birinci baskı, Palme Yayıncılık, Ankara.
- Mruk DD, Silvestrini B, Meng-Yun MO, Cheng CY. (2002). Antioxidant Superoxide Dismutase - a Review: Its Function, Regulation in the Testis, and Role in Male Fertility. *Contraception*. 65(4): 305- 311.
- Muratlı S, Kalyoncu O, Şahin G. (2011). *Antrenman ve Müsabaka*. 3. Baskı. p.173- 255.
- Murray, R.K., Granner, D.K., Mayes, P.A., Rodwell, V.W. (1991). *Harper's Biochemistry*, Twenty second edition, Appleton ve Lange, San Mateo, CA/Norwalk, CT.
- Nordberg J, Arner SJ. (2001). Reactive Oxygen Species, Antioxidant, And The Mammalian Thioredoxin System. *Free Radic Biol Med*. 31(11): 1287-1312.
- Ocak Y, Buğdaycı S. (2012). *Futsal*. İstanbul Bedray Basın Yayıncılık.
- Okdan, B. (2016). *Halk oyunları çalışmalarının kan oksidatif stres düzeyi ile lipid ve lipoproteinleri üzerine etkisi (Doktora tezi, Ege Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İzmir)*.
- Olubajo AF, Ayinla OO, Adefunke AO. (2015). Changes in stress index, blood antioxidants and lipid profile between trained and untrained young female adults during treadmill exercise test: A comparative study. *Nigerian Journal of Experimental and Clinical Biosciences*, 3(1):1-7.
- Orbea A, Fahimi HD, Cajaraville MP. (2000). Immunolocalization of Four Antioxidant Enzymes in Digestive Glands of Molluscs and Crustaceans and Fish Liver. *Histochem Cell Biol*. 114(5): 393-404.

- Orendurff M.S, Walker J.D, Jovanovic M, Tulchin K.L, Levy M, Hoffmann D.K. (2010). Intensity and duration of intermittent exercise and recovery during a soccer match. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24(10). 2683-2692.
- Özaltaş HN. (2015). Elit Erkek Atletlerde Kısa, Orta, Uzun Mesafe Koşu Performansları İle Apelin İlişkisinin İncelenmesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı. Doktora Tezi, Malatya: İnönü Üniversitesi.
- Özcan, O., Erdal, H., Çakırca, G., ve Yönden, Z. (2015). Oksidatif stres ve hücre içi lipid, protein ve DNA yapıları üzerine etkileri. *Journal of Clinical and Experimental Investigations*, 6(3), 331-336.
- Özkan A, Fışkın K. (2004). Serbest Oksijen Radikalleri, Karsinogenez ve Antioksidant Enzimler. *Türk Hematoloji Onkoloji Dergisi*. 14: 52-60.
- Öztürk Ç. (2009). Sporcularda ve Sedanter Bireylerde Akut Egzersiz Öncesi Gliserol Takviyesinin Bazı Biyokimyasal Parametreler ile Laktat Ve Aerobik Güç Üzerine Etkileri, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Ana bilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Konya: Selçuk Üniversitesi.
- Paillard T. (2017). Plasticity of the postural function to sport and/or motor experience. *Neuroscience ve Biobehavioral Reviews*. 72, 129-152.
- Palabıyık, A. A. (2014). Experimental tiroid disfonksiyonlu rat karaciğerinde total oksidan ve total antioksidan status parametreleri üzerine egzersizin etkilerinin araştırılması (Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Tıbbi Biyokimya Anabilim Dalı, Erzurum).
- Pei S, Minhajuddin M, Callahan KP, Balys M, Ashton JM, Neering SJ, Lagadinou ED, Corbett C, Ye H, Liesveld JL, O'Dwyer KM, Li Z, Shi L, Greninger P, Settleman J, Benes C, Hagen FK, Munger J, Crooks PA, Becker MW, Jordan CT. (2013). Targeting Aberrant Glutathione Metabolism to Eradicate Human Acute Myelogenous Leukemia Cells. *The J Biol Chem*. 288(47): 33542-33558.
- Pellegrino, R., Viegi, G., Brusasco, V., Crapo, R. O., Burgos, F., Casaburi, R., Coates, A., van der Grinten, C. P. M., Gustafsson, P., Hankinson, J., Jensen, R., Johnson, D. C., MacIntyre, N., McKay, R., Miller, M. R., Navajas, D., Pedersen, O. F., ve Wanger, J. (2005). Interpretative strategies for lung function tests. *European Respiratory Journal*, 26 (5), 948-968.

<https://doi.org/10.1183/09031936.05.00035205>](<https://doi.org/10.1183/09031936.05.00035205>).

Pham-Huy LA, He H, Pham-Huy C. (2008). Free Radicals, Antioxidants in Disease and Health. *Int J Biomed Sci.* 4(2): 89-96.

Prentice W.E. (2016). Principles of athletic training: A guide to evidence-based clinical practice. Ohio: McGraw-HillEducation.

Reilly T. (1996). Science and soccer. London: Chapman and Hall.

Reilly T. (1997). Energetics of high-intensity exercise (soccer) with particular reference to fatigue. *Journal of sports sciences.* 15(3), 257-263.

Reilly T. (2006). The Science of Training- Soccer: A Scientific Approach to Developing Strength, Speed and Endurance. New York; Routledge.

Reiter RJ, Acuna-Castroviejo D, DunXian T, Burkhardt S. (2006). Free Radical-Mediated Molecular Damage. Mechanisms for the Protective Actions of Melatonin in the Central Nervous System. *Ann N Y Acad Sci.* 939(1) doi: 10.1111/j.1749-6632.2001.tb03627.x.

Reiter RJ, Melchiorri D, Sewerynek E, Poeggeler B, Barlow-Walden L, Chuang J, Ortiz GG, Acuna-Castroviejo D. (1995). A review of the evidence supporting melatonin's role as an antioxidant. *J Pineal Res.* 18(1): 1-11.

Sanudo, B., Munoz, T., Davison, G. W., et al. (2018). High-intensity interval training combined with vibration and dietary restriction improves body composition and blood lipids in obese adults: A randomized trial. *Dose-Response*, 16(3), 1-7.

Sarıakçalı, B., Duman, G., Ceylan, L., Polat, M., Hazar, S., Eliöz, M. (2021). Spor bilimleri fakültesinde uygulama eğitimin biyokimyasal ve hematolojik parametrelere etkisi. *Spor ve Performans Araştırmaları Dergisi*, 12(3), 222-232

Saraymen, B. (2018). Akım sitometri ile Glanzmann trombasteninin alt gruplarının belirlenmesi, trombositlerde ve lökositlerde CD18 ile CD11a, CD11b ve CD11c ekspresyonlarının araştırılması [Doktora tezi, Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. Kayseri.

Savucu Y, Polat Y, Biçer YS. (2005). Atlet erkek çocukların 12 haftalık oyunlu ve oyunsuz uygulanan atletizm eğitiminin fiziksel uygunluklarına etkisi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 19: 199-204.

- Selamoğlu S. (2000). Aerobik ve Anaerobik Antrenmanların Sporcuların Savunma Sistemi Üzerine Etkisi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi, İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi, 94.
- Sen S, Chakraborty R, Sridhar C, Reddy YSR, De B. (2010). Free radicals, antioxidants, diseases and phytomedicines: Current status and future prospect. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*; 3(1): 91-100.
- Sen S, Chakraborty R. (2011). The Role of Antioxidants in Human Health. *American Chemical Society, Oxidative Stress: Diagnostics, Prevention and Therapy*. Chapter 1: 1-37.
- Şener G, Yeğen Berrak Ç. (2009) İskemi Reperfüzyon Hasarı. *Klinik Gelişim Dergisi*.; 22: 5-13.
- Şentürk, H., Canbakan, B., ve Hatemi, İ. (2004). Karaciğer enzim yüksekliklerine klinik yaklaşım. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Sürekli Tıp Eğitimi Etkinlikleri, Gastroenteroloji Klinik Yaklaşım Sempozyum Dizisi, 38, 9-11.
- Shadab M, Islam N, Khan Z, Khan F, Hossain MM. (2014). Oxidative stress in sports persons after a bout of intense exercise: A cross sectional study. *Biomed Res*. 25(3):387-390.
- Shinde A, Ganu J, Naik P. (2012). Effect of free radicals ve Antioxidants on oxidative stress: A Review. *J Dent Allied Sci*.; 1(2): 63- 66.
- Stolen T, Chamari K, Castagna C, Wisloff U. (2005). Physiology of Soccer An Update. *Sports Med*.;35 (6), 501-536.
- Stolen T., Chamari K., Castagna C. Ve Wisloff U., (2005). Physiology of soccer, *Sports Med*.; 35 (6): 501-536.
- Stone M.H, Stone M.E, Sands W.A. (2007). Principles and practice of resistance training. *Human Kinetics*.
- Strudwick T, Reilly T. (2001). Work-rate profiles of elite Premier League football players. *Insight*. 2(2), 28-29.
- Suzuki, Y., Shimizu, T., Ota, M., Hirata, R., Sato, K., Tamura, Y., ... ve Sakuraba, K. (2015). Different training status may alter the continuous blood glucose kinetics in selfpaced endurance running. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 10(3), 978-982. <https://doi.org/10.3892/etm.2587>.

- Svensson M, Drust B. (2005). Testing soccer players. *Journal of Sports Sciences*. 23(6). 601-618.
- Szyman, D.J. (2000). Recommendations for the avoidance of delayed onset muscular soreness, *Strength and Conditioning Journal*, 23 (4), 7-13.
- Taş M. (2006). Futbolcularda Sürat Egzersizlerinin Serum Süperoksit Dismutaz, Katalaz ve Malondialdehit Düzeylerine Etkisi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi, Erzurum: Atatürk Üniversitesi,.
- Taşkın, E. (2009). Bölgemiz hipertrigliseridemi hastalarında genetik polimorfizm hastalık ilişkilerinin araştırılarak genetik yatkınlık tarama testlerinin başlatılması [Doktora tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. Samsun.
- Tekeli, H. (2012). Karbon tetraklorür ile oluşturulan karaciğer hasarında glutatyon (GSH) ve glutatyon S-transferaz (GST) aktivitesi üzerine N-asetil sisteinin etkisi (Yüksek lisans tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Aydın).
- TFF, (2024). Ülkemizde Futbolun Doğuşu. <http://www.tff.org/default.aspx?pageID=293> (Erişim Tarihi: 01 Ekim 2024).
- Townsend DM, Tew KD, Tapiero H. (2003). The importance of glutathione in human disease. *Biomed Pharmacother*. 57(3-4): 145- 155.
- Tözün, N., Şimşek, H., Özkan, H., Şimşek, İ., ve Gören, A. (2007). Klinik gastroenteroloji ve hepatoloji. Medikal ve Nobel Tıp Kitap Sarayı.
- Trivić T, Drid P, Obadov S, Ostojic S. (2011). Effect of endurance training on biomarkers of oxidative stress in male wrestlers. *Journal of Martial Arts Anthropology*, 11(2):6-9.
- Türkel, Y. (2010). İskemik beyin damar hastalığında hematokrit ve kardiyak ejeksiyon fraksiyonunun prognoz üzerine etkisi [Uzmanlık tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. Samsun.
- Turner A.N, Stewart P.F. (2014). Strength and conditioning for soccer players. *Strength and Conditioning Journal*. 36(4), 1-13.
- Ugras AF. (2013). Effect of high intensity interval training on elite athletes' antioxidant status. *Science ve Sports*, 28(5):253-259.
- Urso, M. L., ve Clarkson, P. M. (2003). Oxidative stress, exercise and antioxidant supplementation. *Toxicology*, 189(1-2), 41-54.

- Uzman Grup Laboratuvarları. (2017, Ekim 4). Biyokimyasal tahlil ve test sonuçları. <http://www.uzmangruplaboratuvar.com/biyokimya/63-biyokimya-tahlil-vetest-sonuclari>.
- Valko M, Leibfritz D, Moncola J, Cronin MTD, Mazura M, Telser J. (2007). Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int J Biochem Cell Biol.* 39: 44-84.
- Vina, J., Gomez-Cabrera, M. C., Lloret, A., Marquez, R., Minana, J. B., Pallardo, F. V., ve Sastre, J. (2000). Free radicals in exhaustive physical exercise: Mechanism of production, and protection by antioxidants. *IUBMB Life*, 50(4-5), 271-277.
- Weineck J. (2011). *Futbolda Kondisyon Antrenmanı*. Ankara, Spor Yayınevi ve Kitapevi.(Çeviri: Bağırhan T.): 191.
- Willcox JK, Ash SL, Catignani GL. (2004). Antioxidants and prevention of chronic disease. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 44(4): 275-295.
- Yang Z, Ren K, Chen Y, Quanji X, Cai C, Yin J. (2024). Oxygen-Generating Hydrogels as Oxygenation Therapy for Accelerated Chronic Wound Healing. *Adv Healthc Mater.* 13(3):e2302391. doi: 10.1002/adhm.202302391.
- Yapıcı Öksüzöğlü, A., ve Fındıkoğlu, G. (2022). Futbolcularda Sabah Akşam Yapılan Yo-Yo Aralıklı Toparlanma Testinin (Seviye 1) Hematolojik Parametreler Üzerine Akut Etkisi. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 17(2), 277-288. <https://doi.org/10.33459/cbubesbd.1165369>.
- Yavuz, G. Z. F. (2019). Ankilozan spondilit tanılı hastalarda hastalık aktivitesinin tam kan sayımı parametreleri ile ilişkisi [Uzmanlık tezi, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü]. Sivas.
- Yıldırım, S., Akyüz, Ö., Ceylan, T., Ceylan, L. (2024). Elit Futbolcularda Fiziksel Hazırlık Sürecinin Kreatin Kinaz Seviyeleri Üzerine Etkisi. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 13(4), 2005-2010. <https://doi.org/10.37989/gumussagbil.1507098>.
- Young IS, Woodside JV. (2001). Antioxidants in Health and Disease. *J Clin Pathol.* 54(3): 176-186.
- Ypatios S, Dimitrios S, Marina O, Nikolaos G, David BO, Demetrios S, Demetrios, K. (2017). Variations in oxidative stress levels in three days follow-up in ultra-

marathon mountain race athletes, Journal of Strength and Conditioning Research, , 31(3):582-594.

Yu, J.G., Carlsson, L., Thornell, L.E. (2004). Evidence for myofibril remodeling as opposed to myofibril damage in human muscles with delayed onset muscle soreness: an ultrastructural and immunoelectron microscopic study. Histochem Cell Biol. 121(3), 219 - F27.

Zamocky M, Koller F. (1999). Understanding the structure and function of catalases: clues from molecular evolution and in vitro mutagenesis. Prog Biophys Mol Biol. 72(1): 19-66.

Zelyurt, M. K. (2014). Türkiye’de Futbolun Tarihine Bir Bakış: Toplumsal Sonuçları Açısından Futbol ve Siyaset İlişkisi.

EKLER

Ek-1. Bilimsel Araştırma Ve Yayın Etiği Kurulu Değerlendirme Formu

Evrak Tarih ve Sayısı: 10.05.2024-141212

T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİĞİ KURULU

Toplantı Tarihi: 10.05.2024	Toplantı Sayısı: 7	Karar Sayısı: 57
Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu, Kurul Başkanı Prof. Dr. Ekrem ALMAZ başkanlığında toplanarak aşağıdaki kararları almıştır. KARAR-54: Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğü'nün 22.04.2024 tarihli ve 138810 sayılı yazısı okundu ve ekleri incelendi. Yapılan incelemeler sonucunda; Üniversitemiz Sosyal Bilimler Enstitüsü danışmanlığı Doç. Dr. M. Fatih BİLİCİ tarafından yürütülen Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı doktora öğrencisi Tayfun İŞLEN'in sorumlu araştırmacı olduğu "Profesyonel Futbolcularda Müsabaka Döneminde Bazı Biyokimyasal Antioksidan Aktivitelerin İncelenmesi" konulu tez çalışması Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu tarafından uygun görülmüş olup, durumun Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne bildirilmesine, Oy birliği ile karar verildi.		
BAŞKAN (e-İmzalıdır) Prof. Dr. Ekrem ALMAZ Kurul Başkanı		
ÜYE (e-İmzalıdır) Doç. Dr. Canan DEMİR YILDIZ Eğitim Fakültesi Öğr. Üyesi	ÜYE (e-İmzalıdır) Doç. Dr. Ramazan Şamllı TATIK Eğitim Fakültesi Öğr. Üyesi	ÜYE (e-İmzalıdır) Doç. Dr. Muhammed Fatih BİLİCİ Spor Bilimleri Fakültesi Öğr. Üyesi
ÜYE (e-İmzalıdır) Dr. Öğr. Üyesi Yusuf AYDIN İslami İlimler Fakültesi Öğr. Üyesi	ÜYE (e-İmzalıdır) Dr. Öğr. Üyesi Necmettin ÇİFTÇİ Sağlık Hizmetleri MYO Öğr. Üyesi	ÜYE (e-İmzalıdır) Dr. Öğr. Üyesi Aysegül KILIÇLI Sağlık Bilimleri Fakültesi Öğr. Üyesi
ÜYE (e-İmzalıdır) Dr. Öğr. Üyesi Gökhan DEMİREL İletişim Fakültesi Öğr. Üyesi	ÜYE (e-İmzalıdır) Dr. Öğr. Üyesi Güzde YETİM Spor Bilimleri Fakültesi Öğr. Üyesi	

1 / 1

Bu belge 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİK KURULU DEĞERLENDİRME FORMU

Araştırmanın Başlığı:	"Profesyonel Futbolcularda Müsabaka Döneminde Bazı Biyokimyasal Antioksidan Aktivitelerin İncelenmesi" adlı çalışma.
Başvuru Formunun Etik Kurula geldiği tarih:	22.04.2024
Başvuru Formunun Etik Kurulda incelendiği tarih:	10.05.2024
Karar tarihi	10.05.2024

SONUÇ

1.	☒ Kabul
2.	☐ Düzeltme gereklidir. Etik sorun olabilecek sorular/maddeler, süreçler ya da unsurlar bulunmaktadır. Açıklama:
3.	☐ Red Gerekçe, Görüş, Tavsiye ve Açıklamalar:

Başvuru dosyasının incelenmesinde hazır bulunan ve araştırmayla doğrudan veya dolaylı olarak ilişkisi bulunmayan Etik Kurul başkan ve üyelerinin ad soyad ve imzaları.

Başkan
(e-İmzalıdır)
Prof. Dr. Ekrem ALMAZ

Üye
(e-İmzalıdır)
Doç. Dr. Canan DEMİR YILDIZ

Üye
(e-İmzalıdır)
Doç. Dr. Ramazan Şamil TATIK

Üye
(e-İmzalıdır)
Doç. Dr. Muhammed Fatih BİLİCİ

Üye
(e-İmzalıdır)
Dr. Öğr. Üyesi Yusuf AYDIN

Üye
(e-İmzalıdır)
Dr. Öğr. Üyesi Neemin ÇİFTÇİ

Üye
(e-İmzalıdır)
Dr. Öğr. Üyesi Ayşegül KILIÇLI

Üye
(e-İmzalıdır)
Dr. Öğr. Üyesi Gökhan DEMİREL

Üye
(e-İmzalıdır)
Dr. Öğr. Üyesi Gözde YETİM