

TC.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ ve SPOR ANABİLİMDALI

**TÜKETİCİ ŞİDDETTE EKSENTRİK VE KONSENTRİK YÜKLENME SONRASI
TOPARLANMA DÜZEYLERİ VE KAS HASARI SEVİYELERİNİN İNCELENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Gamze ERİKOĞLU ÖRER

TEZ DANIŞMANI
Doç.Dr. Nevin ATALAY GÜZEL

ANKARA, 2012

T.C.
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı Doktora Programı
çerçevesinde yürütülmüş olan bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından
Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi : 24/04 2012

İmza
Ünvanı Adı ve Soyadı
Gazi Üniversitesi
Jüri Başkanı
Prof. Dr. Erdal Zorba

İmza
Ünvanı Adı ve Soyadı
Gazi Üniversitesi

İmza
Ünvanı Adı ve Soyadı
Baskent Üniversitesi

Doç. Dr. Nevin A. Güzel

Doç. Dr. Ayşe Kin İzler

İmza
Ünvanı Adı ve Soyadı
Gazi Üniversitesi

İmza
Ünvanı Adı ve Soyadı
Gazi Üniversitesi

Doç. Dr. F. Filiz Çolakoglu

Yrd. Doç. Dr. İbrahim Cicioğlu

İÇİNDEKİLER

İçindekiler	I
Şekiller	VI
Grafikler	VII
Tablolar	IX
Semboller, Kısaltmalar	XI
1.GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1.Enerji Sistemleri.....	4
2.2. ATP-CP Sistemi.....	5
2.3. Laktik Asit Sistemi (Anaerobik Glikoliz).....	5
2.4. Aerobik Sistem.....	6
2.4. Laktat Metabolizması.....	7
2.6. Laktat ve Egzersiz.....	8
2.7. Kalp Atım Hızı ve Egzersiz.....	9

2.8. Anaerobik Eşik (AnE).....	11
2.9. Dayanıklılık ve Anaerobik Eşik.....	15
2.10. Egzersiz Esnasında Laktik Asit Üretiminin Düzenlenmesi.....	18
2. 11. Yüklenmeler Sonrası Fizyolojik Toparlanma.....	19
2.11.1. Toparlanma.....	19
2.11.2. Toparlanmada Kullanılan Yöntemler.....	21
2.11.3. Yükleme Sonrası Laktik Asit Uzaklaştırılması ve Toparlanma.....	21
2.12. Egzersiz Sonrası Toparlanma Süreci	24
2.12.1. Oksijen Borçlanması	24
2.12.2. Hızlı Dinlenme (Alaktasid Oksijen Borcu).....	25
2.12.3. Yavaş Dinlenme (Laktasid Oksijen Borcu).....	26
2.12.4. Kas Fosfojenlerinin Yenilenmesi ve Hızlı Dinlenme Evresi.....	27
2.12.5. Myoglobin Oksijenasyonu (Yenilenmesi)	28
2.12.6. Kas Glikojenin Yenilenmesi.....	29
2.12.7. Laktik Asidin Uzaklaştırılması	31

2.13. Kas Hasarı.....	32
2.13.1. Kas Hasarının Oluşum Sebepleri ve Mekanizması.....	33
2.14. Kas Yapısı ve Hasar Mekanizması	34
2.15. Kas Hasarı Belirtileri	35
2.15.1. Biyokimyasal Parametreler	35
2.15.1.2. Kreatin Kinaz (CK)	36
2.15.1.3. Aspartat Aminotransferaz (AST)	38
2.15.1.4. Laktat Dehidrogenaz (LDH)	38
2.15.2. Ağrı	39
2.15.3. Histokimyasal Değerlendirmeler	40
2.15.4. Fonksiyon Kaybı	41
2.15.5. Kas Hasarına Neden Olan Mekanik Faktörler.....	42
2.15.6. Egzersizin Oluşturduğu Kas Hasarı.....	44
2.15.7. Egzersizle Oluşan Kas Hasarının Önlenmesi.....	46
2.15.8. Kas Hasarına Uyumlar.....	47

2.15.9. Ekzentrik Kas Kasılmaları.....	48
--	----

2.15.10.Konsantrik Kas Kasılmaları.....	51
---	----

2.15.11. Kas Hasarının Önlenmesinde Kullanılan Yöntemler.....	52
---	----

3.GEREÇ ve YÖNTEM.....54

3.1. Araştırma Grubu.....	54
---------------------------	----

3.2. Test Protokolü.....	54
--------------------------	----

3.2.2. Koşu Bandı Test Protokolü.....	54
---------------------------------------	----

3.3. Verilerin Toplanma Araçları.....	55
---------------------------------------	----

3.3.1.Vücut Ağırlığı Ölçümleri.....	55
-------------------------------------	----

3.3.2.Boy Uzunluğu Ölçümleri.....	55
-----------------------------------	----

3.3.3. Laktat Analizi.....	56
----------------------------	----

3.3.4.Kalp Atım Hızı (KAH).....	56
---------------------------------	----

3.3.5.Borg Skalası.....	56
-------------------------	----

3.3.6.Gecikmiş Kas Ağrısı (DOMS)	57
--	----

3.3.7. Biokimyasal Testler.....	57
---------------------------------	----

3.4. İstatistiksel Analiz.....	57
4. BULGULAR.....	59
5. TARTIŞMA.....	77
6. SONUÇ.....	88
7.ÖNERİLER.....	93
7. ÖZET.....	94
8. ABSTRACT.....	96
9. KAYNAKLAR.....	98
10. EKLER.....	125
11. ÖZGEÇMİŞ.....	127
12.TEŞEKKÜR.....	133

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1	: “Oksijen borçlanması” veya toparlanma sırasındaki oksijen tüketimi	27
Sekil 2	: Uzun süreli bir egzersizden sonra yenilen besinlerin kas glikojen depolarının yenilenmesine olan etkileri	30
Şekil 3	: Kas hasarı belirtileri.....	35
Şekil 4	: Ekzentrik Kas Kasılmaları.....	49
Şekil 5	: Konsantrik Kas Kasılmaları.....	52
Şekil 6	: Görsel ağrı skalası.....	57

GRAFİKLER LİSTESİ

Sayfa No

Grafik 1	: Koşu hızlarına verilen KAH cevapları.....	60
Grafik 2	: Koşu hızlarına verilen Kah cevapları (atım/dk).....	61
Grafik 3	: Koşu hızlarına verilen La cevapları (mmol/l).....	62
Grafik 4	: Koşu hızlarına verilen La cevapları (mmol/l).....	63
Grafik 5	: Koşu hızlarına verilen Borg cevapları.....	64
Grafik 6	: Koşu hızlarına verilen Borg cevapları	65
Grafik 7	: Toparlanma süreleri ve toparlanma sonu KAH'ları...	66
Grafik 8	: Toparlanma süreleri ve toparlanma sonu KAH'ları...	67
Grafik 9	: Egzersiz sonrası DOMS değerleri.....	68
Grafik 10	: Egzersiz sonrası DOMS değerleri.....	69

Grafik 11 : Deneklerin AST, CK, LDH değerleri.....71

Grafik12 : Deneklerin AST, CK, LDH değerleri.....73

Grafik 13 : Deneklerin Eö, Es, 24s, 48s AST değerleri.....74

Grafik 14 : Deneklerin Eö, Es, 24s, 48s CK değerleri.....75

Grafik 15 : Deneklerin Eö, Es, 24s, 48s LDH değerleri.....76

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1	: Sporcuların Antropometrik Özellikleri.....	58
Tablo 2	: Koşu hızlarına verilen KAH cevapları (atım/dk).....	60
Tablo 3	: Koşu hızlarına verilen KAH cevapları (atım/dk).....	61
Tablo 4	: Koşu hızlarına verilen La cevapları (mmol/l).....	62
Tablo 5	: Koşu hızlarına verilen La cevapları (mmol/l).....	63
Tablo 6	: Koşu hızlarına verilen Borg cevapları	64
Tablo 7	: Koşu hızlarına verilen Borg cevapları	65
Tablo 8	: Toparlanma süreleri ve toparlanma sonu KAH'ları..	66
Tablo 9	: Toparlanma süreleri ve toparlanma sonu KAH'ları..	67
Tablo 10	: Egzersiz sonrası DOMS değerleri.....	68
Tablo 11	: Egzersiz sonrası DOMS değerleri.....	69

Tablo 12 : Deneklerin AST, CK, LDH değerleri.....70

Tablo 13 : Deneklerin AST, CK, LDH değerleri.....72

Tablo 14 : Deneklerin Eö, Es, 24s, 48s AST değerleri.....74

Tablo 15 : Deneklerin Eö, Es, 24s, 48s CK değerleri.....75

Tablo 16 : Deneklerin Eö, Es, 24s, 48s LDH değerleri.....76

SEMBOL VE KISALTMALAR

AnE	:Anaerobik eşik
La	: Laktik asit
KAH	: Kalp Atım Hızı
l	: Litre
ml	: Mililitre
kg	: Kilogram
dk	: Dakika
cm	: Santimetre
mmol/l	: Milimol/litre
atım/dk	: Atım/dakika
km/h	: Kilometre/saat
x	: Ortalama
SS	: Standart sapma
VA	: Vücut Ağırlığı
BMI	: Beden Kitle İndeksi
n	: Denek Sayısı
CK	: Kreatin Kinaz
LDH	: Laktat Dehidrogenaz Bulguları
AST	: Aspartat Aminotransferaz
EÖ	: Egzersiz Öncesi Durum
ES	: Egzersiz Sonrası Durum
24s	: Egzersiz Bitiminden 24 Saat Sonraki Durum
48s	: Egzersiz Bitiminden 48 Saat Sonraki Durum
+ 10	: Konsatrik (yokuş yukarı) eğim
-10	: Ekzentrik (yokuş yukarı) eğim
DOMS	: Gecikmiş kas ağrısı
ROM	: Hareket serbestliği derecesi

TÜKETİCİ ŞİDDETTE EKSENTRİK VE KONSENTRİK YÜKLENME SONRASI TOPARLANMA DÜZEYLERİ VE KAS HASARI SEVİYELERİNİN İNCELENMESİ

1.GİRİŞ

Spor bilimcilerin ve antrenörlerin amacı; sporcuların kuvvet, dayanıklılık, sürat gibi temel motorik özelliklerini amacına uygun programlar düzenleyerek bir sistematik içerisinde yarışmalara hazırlamaktır. Bunu gerçekleştirirken kasların yapısal özelliklerini ve hangi koşullara nasıl reaksiyon verdiklerini bilmek, performansı korumada ve artırmada önemli rol oynar. Farklı yüklenme şiddetlerinde egzersizlere kasların vereceği tepkilerde farklı olacaktır.

Egzersiz, yapılan çalışmanın biçimine ve şiddetine bağlı olarak farklı seviyelerde kas hasarı meydana getirdiği bilinmektedir. Özellikle, iskelet kaslarındaki hasarın tespitine yönelik birçok çalışma mevcuttur ¹.

Kas hasarı; şiddetli egzersizler sonrasında kaslarda tükenme, fonksiyon kaybı, güçsüzlük ve ağrı yaratan bir durumdur.

Yoğun ve alışılmadık egzersizlerden sonraki ilk bir kaç günde kasta oluşan bu durum gecikmeli kas ağrıları (GKA) olarak da tanımlanır. Kas hasarı daha çok kasın boyunun uzadığı kasılma şekli olan ekzentrik kasılma sonrasında gözlenir. Bunun nedeni ekzentrik kasılmanın kas uzunluğunda artışa neden olmasıdır. Konsantrik egzersizde ise direk

olarak sarkomerde fizyopatolojik değişiklikler olmakta ve bu da kas hasarı metabolizmasını başlatmaktadır ² .

Kasın kasılabilen en küçük birimi olan sarkomerin yapısında miyozin ve aktin gibi kontraktıl proteinlerin yanı sıra, kontraktıl proteinleri stabilize eden ve gerimin uzunlamasına ve yanlamasına aktarımını sağlayan yapısal proteinler bulunmaktadır. Bu proteinlerden titin, nebulin ve desmin hem kontraktıl proteinlerin hem de komşu Z disklerinin birbirine bağlanmasında ve sarkomerin bütünlüğü ve gerginliğinin korunmasında görev alırken, distrofin sarkolemmada yerleşerek membran stabilitesinde rol oynar ³ .

Egzersizın şiddeti sarkomerin fizyolojik gerilme sınırını aşarsa bu proteinlerde kısmi hasarlar veya tamamen kopmalar meydana gelmektedir. Bu proteinlerin kopması Z ve A bandı düzensizlikleri, bölgesel myofilament ve T-tübölüs organizasyonsuzluğu, bozulan bölgelerde mitokondri kaybı gibi yapısal bozuklukların oluşmasına neden olmaktadır ⁴ . Bu yapısal bozulmalar sonucu oluşan ağrı, fonksiyon kaybı, sertlik, şişlik ve bazı kas enzimlerinin dolaşım seviyelerinin artması ile oluşan durum *eksentrik egzersiz kaynaklı kas hasarı* olarak tanımlanır.

Eksentrik egzersizlerden hemen sonra hasarının ilk belirtileri, kuvvette azalma ve fonksiyon kaybıdır, ağrı bulgusu egzersizden sonraki 24 - 48 saatte pik yapar. Bundan dolayı bu durum gecikmeli kas ağrısı (GKA) olarak tanımlanır ⁵ .

İskelet kas hasarı egzersizin şiddetli ve hacmi ile ilgili olmakla birlikte daha çok alışılmamış bir egzersiz sonrasında daha belirgindir. Tek bir egzersiz protokolü bile daha sonra yapılan aynı şiddette veya daha ağır bir egzersiz sonrası oluşacak kas hasarına karşı koruyucu rol oynadığı tespit edilmiştir. Egzersiz kaynaklı kas hasarı sonrasında etkin yenileme süreci ve egzersizin koruyuculuğu göz önüne alındığında, kas hasarının antrenmana adaptasyon açısından kaçınılmaz olduğu söylenebilir. Bundan dolayı egzersize bağlı kas hasarları adapte mikro travma olarak da tanımlanmaktadır ⁶.

Egzersiz sonrası toparlanmanın amacı, organizmayı dinlendirmek veya egzersizden önceki şartlara yeniden hazırlanmaktır. Toparlanma, organizmanın antrenmanlar arasında yenilenme oranını hızlandırır, yorgunluğu ve sakatlanma riskini azaltır. Laktik asit yorgunluğa neden olan en önemli faktörlerden birisi olduğundan, toparlanma veya dinlenme, vücuttaki laktik asidin azalmasıyla başlar. Maksimal bir egzersizden sonra kan ve kasta oluşan laktik asidin uzaklaştırılması, pasif dinlenme ile yaklaşık 2 saat, aktif dinlenmede ise ortalama 1 saat kadar sürer ⁷.

Fiziksel performansa etkide, eksentrik ve konsantrik yüklenmelerin şu ana kadar ki bilimsel çalışmaların yeterli olmadığı ifade edilmekle beraber daha fazla araştırma ve çalışmalara ihtiyaç olduğu anlaşılmaktadır.

Bu nedenle bu tez çalışmasında öncelikle eksentrik ve konsantrik maksimal şiddette yapılan yüklenme sonrası toparlanma düzeyleri ve kas hasarının 2 farklı gruptaki durumunu görmek amacı ile yapılmıştır.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Enerji Sistemleri

Enerji iş yapabilme kapasitesidir. Doğada 6 formda bulunur:

1. Kimyasal enerji
2. Mekanik enerji
3. Isı enerjisi
4. Işık enerjisi
5. Elektrik enerjisi
6. Nükleer enerji

Her birinin, bir diğerine dönüşebilme durumu vardır ancak enerji türleri arasında sportif aktivitelerde geçerli olan; kimyasal enerjinin, mekanik enerjiye dönüşümüdür ^{8,9,10}. Enerji antrenman ve yarışma sırasındaki fiziksel etkinliklerin verim düzeyi için gerekli bir öncüdür. Enerji, besin depolarının kas hücresinde depolanan adenosine triphosphate (ATP) olarak bilinen yüksek bir enerji bileşenine dönüşmesinden elde edilir¹¹. Kasılma için gerekli olan enerji, ATP'nin ADP+P'ye dönüşmesiyle ortaya çıkar. Kas hücrelerinde ATP rezerveleri oldukça sınırlıdır, bir ATP molekülünün parçalanması sonucu 7-12 kcal arasında enerji açığa çıkar ^{12,13} ve bu yüzden ATP depoları fiziksel etkinliği sürdürebilmeleri için sürekli olarak yenilenmelidir ¹⁴.

2.2. ATP-CP Sistemi

ATP kas yapısında bulunan kimyasal bir bileşiktir. Adenin ve üç fosfat kökünün bileşiminden oluşmuştur. ATP'den bir fosfat kökünün ayrılması ile bileşik adenosin difosfata (ADP) dönüşür. Bu sırada 12 kcal enerji açığa çıkar.

ATP ----- ADP + P ----- ENERJİ ----- Kasal aktivite

Bu yolla, kaslarda en antrenmanlı sporcularda bile 6–8 saniye süre ile enerji üretilebilir. Yani alaktik enerji ile 100 metre koşusunun tamamlanması mümkün değildir. Kaslarda ATP'den başka yüksek enerji veren diğer bir fosfat bileşiği kreatin fosfattır (CP). Doğrudan kas tarafından kullanılamaz. Ancak fosfatını ADP' ye kolayca aktarır ve kısa yoldan ATP yapımını sağlar. Dinlenme döneminde ATP bir fosfatını kreatine vererek kreatin fosfat yapar ve gerektiğinde kullanılmak üzere kaslarda depolanır ¹³.

CP ----- C + P

2.3. Laktik Asit Sistemi (Anaerobik Glikoliz)

Sportif aktivitelerde glikojenin parçalanması sırasında oksijen olmadığından iki pirüvik asit molekülü oluşur. Ortamda oksijen

bulunmadığı için sitrik asit döngüsüne giremeyen pirüvik asit yan ürün olarak laktik asite dönüşür ve bu sisteme laktik asit sistemi denir. Çok uzun süre, yüksek şiddette bir aktivite sürerse, kasta büyük miktarda laktik asit toplanıp yorgunluğa neden olur, doku ve kan Ph' ını düşer ve böylece kasın ürettiği kuvvette bir azalma meydana gelir, eğer laktik asit ortamdan uzaklaştırılmazsa fiziksel aktivite kısa bir süre sonra devam ettirilemez ^{9,10,15}.

2.4. Aerobik Sistem

Besin maddelerinin mitokondrilerde oksidasyonu ile ATP sentezinin sağlandığı sistemdir. Glikoz, yağ asitleri, aminoasitler, oksijen (O_2) ile birleşerek AMP (Adenozin mono fosfat) ve ADP (adenozin di fosfat)' nin ATP' ye çevrilmesinde tüketilecek büyük miktarlardaki enerjiyi serbestleştirirler. Örneğin: Depo glikojen tükenince yerine plazmadan glikoz alımı ile enerji sağlanır. Glikoz önce pirüvik aside dönüşür. Ortamda yeterli O_2 varlığında pirüvik asit Krebs siklusuna girerek bir glikozdan 40 mol ATP elde edilir (1-2 ATP kullanılır net kazanç 38-39 ATP'dir). Besinler ve O_2 olduğu sürece bu üretim sınırsızdır (O_2 yetersiz ise pirüvat laktata dönüşür; anaerobik sistem) ^{13,12}.

Karbonhidratların enerji için yetersiz olduğu veya kullanılmadığı koşullarda yağ asitleri, mitokondrilerde CO_2 ve H_2O 'ya kadar yıklılır. Yağ asitleri oksidasyonu, serbest yağ asitlerinin kandan hücrelere alınmasıyla başlar. Mitokondride beta oksidasyon ile yağ asitleri asetil Co-A'ya yıklılır. Asetil CoA Krebs siklusuna girerek okside edilir. Oluşan ATP miktarı yağ

asit zincirinin uzunluğuna bağlıdır (ör: palmitik asit; 129 ATP elde edilir)^{13,16}.

Yağ asitleri biter veya yetersiz olursa artık vücudun depo proteinleri yıkılır ve enerji elde edilir, sonuçta üre meydana gelir. Normal şartlar altında günlük fizyolojik bir protein yıkımı ve üre oluşumu vardır¹³.

2.5. Laktat Metabolizması

Kan laktat konsantrasyonu anaerobik metabolizmanın bir göstergesidir. Yalnız bize anaerobik güç hakkında bilgi vermez, kanda ve kasta artan laktat düzeyi aerobik üretimine anaerobik katkısını gösterir.

Çok uzun süre, yüksek yoğunluklu bir aktivite sürerse, kasta büyük miktarlarda laktik asit toplanıp yorgunluğa neden olur². Laktatın birikmesi sonucu kas içi Ph düşer ve asidoz meydana gelir. Bunun yanında glikojen miktarı da hızla azalır. Sonuçta kasın ürettiği kuvvette bir azalma meydana gelir^{10,15}.

Dinlenik durumda iken kanda ve kasta yaklaşık 0,8- 1 mmol/l gibi düşük bir laktat konsantrasyonu vardır, bunun sebebi kasın dinlenik metabolik oranı ve düşük sabit metabolizma hızıdır ve yorgunluk üzerine bir etkisi bulunmamaktadır. Egzersizin şiddeti ve yoğunluğu arttırıldığı zaman kan laktat konsantrasyonu da artmaya başlar ve 4-5 mmol/l' de yorgunluk seviyesi belirginleşir^{17,18}.

Maksimal bir performans sonucunda, laktatın en yüksek düzeyde çalışan kasta 30 mmol/l, kanda 20 mmol/l civarına ulaşabilmiştir ¹⁹.

Kasta La birikmesiyle sporcu kas yorgunluğundan dolayı egzersizi sonlandırmak zorunda kalır ¹². La'nın birikmesi genellikle maksimal gücün azalmasıyla ilişkilidir ve kas Ph'ındaki azalma gerçek yorgunluk nedeni olarak görülmektedir ²⁰.

Kas Laktat'ı iki mekanizma sonucu yükselebilir:

1-Glikoliz o kadar hızlı artar ki mitokondri prüvatı cytosol 'deki artışı engelleyebilecek hızda kullanamaz. Bu sonuçla kütle aktivasyonu tarafından laktat artar.

2-Mitokondri membran geçişi kısıtlaması sonucunda hücre redoks safhasında değişimler olur. Böylece prüvat laktata çevrilir ve glikoliz hızlanır, reaksiyonlar için mitokondri yakıtı olarak daha fazla içerik sağlanır ²¹.

2.6. Laktat ve Egzersiz

Hafif egzersizler esnasında çoğu günlük aktiviteler bu sınıflamaya girmektedir, kan laktat konsantrasyonu dinlenik durumunu korur ya da çok az yükselir. Laktik asit oluşumu egzersizin süresi ve şiddetine göre

değişim gösterir. Kısa süreli maksimal şiddetli egzersizlerde ilk 1-2 saniye içinde mevcut olan ATP daha sonra ki 18-20 saniye içinde ATP-CP enerji sistemleri kullanılır. 20. saniyeden sonra laktik asit oluşumu hızlanır ve 9-10 mmol/l' ye ulaşınca yorgunluk üst seviyelere ulaşmıştır demektir ²¹.

Orta şiddetli egzersizlerde aerobik enerji ihtiyacını tam anlamında karşılayıncaya kadar anaerobik süreçler devreye girer. Egzersiz şiddeti artarsa kan laktatı artmaya devam eder, egzersizin şiddeti aynı devam ettirildiğinde kan laktatının dinlenik duruma dönüşü gözlenir ve egzersiz uzun süre devam ettirilir ¹⁹.

Çok şiddetli egzersizler sırasında O₂ açığı giderek artar anaerobik metabolizma sebebiyle kan laktat düzeyinde yüksek artış meydana gelir. Bu durumda egzersiz birkaç dakikadan fazla sürdürülemez ¹⁹.

2.7. Kalp Atım Hızı (KAH) ve Egzersiz

Egzersizin başlaması ile kalp atım hızı da artar ve belli bir submaksimal düzeye ulaştığı zaman kalp atımları önce yükselir, sonra belli düzeyde sabitlenir. İşte bu sabitlenen kalp atım sayısına denge durumu (steady state) denir. Fakat egzersizin şiddetli yüksek ise KAH egzersizin sonuna kadar yükselir ve diğer denge durumuna ulaşması zaman alır. Egzersiz sonunda ise 2-3dk. içinde düşer. Fakat bu düşüşün hızı sporcunun aerobik kondisyonuna bağlıdır ^{9,22,23}.

Şiddetli bir çalışma esnasında KAH çalışan kaslara yeteri kadar O_2 ve enerji taşımak için yükselir. Yüksek şiddette ve sürekli aerobik çalışma 140-170 atım/dk, anaerobik çalışma ise 160 atım/dk ve üzeri (180-240 atım/dk) KAH' larının çıkmasına neden olur. Çalışmadan sonra KAH düşer. Egzersizden sonra KAH' ın düşmesi şunlara bağlıdır:

- Çalışmanın yarattığı O_2 borçlanması miktarına,
- Sporcunun kondisyonuna,
- Kan ve kastaki laktik asit birikimine ²⁴ .

Kalbin atım hızı yaşın, vücut pozisyonunun kardiorespiratuar kondisyon düzeyinin, duygusal faktörlerin etkisi altındadır. Her kişinin teorik bir max. nabız değeri vardır. Bu değer yaşa bağlı olarak değişir. Karvonen formülü ($220 - \text{yaş}$) ile kişinin KAH_{max} ' ı bulunur ^{19,8}.

KAH birçok antrenör ve sporcu tarafından çalışma şiddetinin belirlenmesinde güvenilir bir ölçüt olarak kullanılmakt ve KAH ile çalışma şiddeti doğrusal bir ilişki göstermektedir. Egzersiz ile birlikte artan KAH, çalışan kas gruplarına gönderilen O_2 miktarının artması ile doğrudan ilişkilidir ²⁵.

Kalp atım sayısının egzersize olan tepkisi ve uyumu yapılan çalışmanın şiddeti ve süresi ile çok yakından ilgilidir ²⁴. KAH' ın egzersize olan cevabı ve uyumu yapılan çalışmanın şiddeti ve süresi ile yakın ilişkilidir. Yapılan çalışmalarda 4 mmol. l^{-1} değerinde takım ortalaması, koşu hızı $3.23 \pm 0.21 \text{ m.sn}^{-1}$, KAH $178,55 \pm 7.83 \text{ atım. dk}^{-1}$ olarak

gözlemlenmiştir ²⁶. KAH özellikle düşük maliyeti ve non-invazif bir yaklaşım olduğu için antrenman ayarlamalarında etkili bir yaklaşım olabilir. Buna rağmen antrenman şiddetini belirlenmesinde, KAH kullanımında hala cevaplandırılmayan soru Kah'taki sapmanın fizyolojik açıklaması ve KAH' taki sapmanın kas metabolizması ile bağlantısıdır ^{27,28}.

Profesyonel futbolda, oyuncuların aerobik kapasitelerini geliştirmek için önemli miktarlarda antrenman süreleri harcanmaktadır. Futbola özel ve maksimal oksijen tüketimini geliştirecek etkili bir dayanıklılık antrenmanı bilinmemesine karşın, 3-8 dakikalık periyotlar içerisinde maksimal kalp atım hızının %90-95' i oranında bir egzersiz şiddetinden bahsedilebilir ²⁹.

Kalp atım hızının kontrol edilmek istenmesinin nedeni, yapılan çalışmaların sporcu üzerinde oluşturduğu yorgunluğu kontrol ederek; aşırı yorgunluğun önlenmesi, istenilen enerji sisteminin antrene edilmesi, gereksiz yere sporcunun aşırı zorlanarak uzun süreli yorgunluğun ortaya çıkmasının engellenmesi ve yüklenme ile dinlenmenin ayarlanmasında güvenilir ölçü olarak kullanılmasıdır ²⁴.

2.8. Anaerobik Eşik (AnE)

AnE, egzersiz esnasında aerobik enerji üretiminin gereksinimi karşılayamadığı ve anaerobik metabolizmanın baskın olarak devreye girdiği iş yoğunluğu seviyesidir ve VO₂ düzeyini belirlemek amacıyla kullanılır ⁹.

AnE, VO₂maks'ın sürekli kullanılan yüzdesinin ve çalışma kapasitesinin belirlenmesinde önemli bir kriterdir ¹⁴.

Dayanıklılık performansında sadece yüksek VO₂max değerleri değil, bunun yanı sıra, yüksek laktik asit üretimi ve birikimine bağlı olarak yorgunluk ortaya çıkmadan bu yüksek VO₂max değerinin de egzersiz şiddetinde harcaması önem taşımaktadır. Maksimal oksijen tüketimine göre egzersiz şiddeti yükseldikçe anaerobik enerji yolunun katılım oranı da yüksek olacak ve laktik asit üretimi artacaktır. La kandaki düzeyinin belirli bir konsantrasyonunun üzerine çıktığı nokta anaerobik eşik (AnE) olarak adlandırılmaktadır ³⁰.

Wasserman ve McIlroy; anaerobik terimini belirli bir egzersiz şiddetinde kasta lokal olarak ortaya çıkan hipoksi sonucu kas La konsantrasyonundaki artış anlamında kullanmışlardır ³¹.

Kan laktat konsantrasyonundaki bu artışın ortaya çıktığı diğer literatürde farklı tanımlarla da ele alınmaktadır. Bunlar anaerobik eşik (AT), Laktat eşiği (LT), Kan Laktat Birikimi Başlangıcı (OBLA), Plazma Laktat Birimi Başlangıcı (OPLA) ve Maksimal Laktat Sabitlik Durumu (MLSS)' dur ³².

Anaerobik eşik laktik asitin kanda birikmeye başlamasının hızlandığı, bir başka deyişle anaerobik metabolizmanın hızlandığı, yani gerekli olan toplam enerjide anaerobik işlem yollarının payının belirli olarak

artmaya başladığı efor düzeyidir. VO_{2max} ' ın belirli bir yüzdesinde laktik asitin birikmeye başladığı noktaya da AnE denmektedir ⁸.

Anaerobik eşik, genellikle kanda 4mmol/l laktat düzeyi olarak belirtilmektedir ^{20,33}. İyi antrene edilmiş dayanıklılık sporcularında bireysel anaerobik eşik 4 mmol/l'den daha yüksek konsantrasyon verebilir ³⁴.

Dayanıklılık performansının değerlendirilmesinde dinlenik kan laktat konsantrasyonunda artışın başladığı nokta, 2 mmol kan La konsantrasyonu, dinlenik La'nın 1 mmol üstü, VO_{2max} 'ın %50-60'ına karşılık gelen La'nın bir mmol üstü ve 4mmol La gibi farklı laktat eşikleri kullanılmaktadır ^{35,36}.

Birçok sporcunun 4 mmol/L'lik hızda yaklaşık 30 dk. çalışabildiklerini saptayarak, 4 mmol/L'lik laktat değerini AnE noktası olarak belirlediler ³⁷. Stegman ve ark. ise herkesin farklı bireysel AnE değerine sahip olduklarını belirtişlerdir ³⁸.

Heck ve ark. (1985) da bireysel anaerobik eşik değerini 3–5 mmol/lt bulmuşlar ve ortalama 4 mmol/lt olarak kabul etmişlerdir. Buna 4 mmol/lt laktat eşığı (AT4) (birçok makalede AT) denmektedir ³⁹.

Bireysel laktat eşığı değeri 4 mmol/L kan laktat konsantrasyonunun altında veya üstünde olabilir. Bu değerin 1,3–6,8 mmol/L arasında değiştiği literatürde belirtilmektedir ³⁷. Heck ve ark. laktik asit maksimum

steady state değerini 2.85–5.20 mmol/l arası tespit etmiş ve ortalama olarak 4.05 mmol/l değerini bulmuştur. Heck ve arkadaşlarının “4 mmol/l Laktat Eşiği” dediği bu ortalama değer, Kinderman ve arkadaşlarının “Anaerobik Eşiğ”, Sjodin ve arkadaşlarının da “Kan Laktat Birikiminin Başlangıcı= OBLA olarak adlandırdıkları kavramlar karşılık gelir. Ancak bazı laboratuvarlarda 2,5 mmol laktat dőzeyi threshold (eşiğ) değeri olarak kullanılmaktadır ^{8,40}.

Anaerobik eşiğ bir dayanıklılık kriteridir. VO_{2max} ’den daha gővenilir bir dayanıklılık kriteridir ve antrenmanlarla yaklaşık %40–45 arası geliştirilebilir ⁸. Anaerobik eşiğ, sedanterler de VO_{2max} ’ın %40-60’ında gőrőlőrken, sporcularda VO_{2max} ’ın %85’ine kadar gőrőlmeyebilir. AnE, genęlerde yaşlılardan, erkeklerde bayanlardan daha yőksektir ve vőcut ağırlığı, boy uzunluğu ile doğru orantılı olarak artar ⁴¹.

Anaerobik Eşiği Bulmanın eşitli Yolları Vardır:

1-Solunum dakika volőmő ve egzersiz şiddeti (veya O_2 kullanımı) ilişkisi, değerler absis ve ordinata yerleştirilerek araştırılır. Aralarında lineer ilişkinin bozulduğu nokta AnE noktasıdır.

2- İki veya daha fazla efor dőzeyinde kan laktatı ve nabız sayısı tayin edilir. Absiste VO_{2max} ’ın yőzde değerleri olarak efor, sağ ve soldaki ordinatlarada kan laktatı ve kalp atım sayısı dőzeyleri gősterilir. Kanda 4 mmol/l laktat dőzeyi AnE laktat dőzeyi olarak kabul edilir ve bu dőzeye VO_{2max} ’ın hangi kademesinde erişildiği bulunur. İşte AnE olan 4mmol/l laktat dőzeyine karşılık gelen efor dőzeyi ve kalp atım sayısı o kişinin

optimal antrenman yükü (VO_{2max} 'ın yüzdesi olarak) ve antrenman nabızı olur.

3- Bir başka metot genellikle Alman araştırmacıların kullandıkları metottur. Sporcu yürüyen koşu bandı üzerinde muhtelif süratlerle koşturulur. Örneğin bandın ilk sürati 2.5m/sn olup bu süratle koşturulur. 30 sn ara verilir. Bu sürede kan laktat ölçümü için kan alınır. Bandın sürati daha sonra 3.5m/sn'ye, 4m/sn'ye çıkarılarak aynı işlemler tekrarlanır. Absise band sürati, ordinata kan laktat değerleri yerleştirilerek 4 mmol/l düzeyinde hangi band süratinde erişildiği bulunur. Sporcunun aerobik kapasitesi ne kadar yüksek ise 4 mmol/l laktik asit seviyesine o kadar geç ulaşılır. AnE bundan o kadar yüksek süratlerinde erişilir. Burada band sürati efor şiddeti yerine kullanılmıştır ⁴².

2.9. Dayanıklılık ve Anaerobik Eşik

Dayanıklılığın önemli bir göstergesi olarak en önemli iş fizyolojik kriter bireyin maksimal oksijen kullanma kapasitesidir (VO_{2max}). Bununla beraber dayanıklılık performansını etkileyen kriterlerden biri de Anaerobik Eşik (AnE) noktasıdır ²⁰.

Çoğu antrenör ve sporcular top sürme, pas verme, hızlı hücum katılma gibi çalışmalara bakarak sadece takım sporlarının anaerobik olarak çalıştığını düşünürler. Ancak, futbol maçının 2x45 dk, basketbol maçının 10x4 dk, hentbol maçının 2x30 dk. oynandığını düşünürsek, yapılan hücumlar, ileri geri koşular anaerobik olurken, bunların yarattığı

özel borçlanmalardan organizmanın kurtulabilmesi tamamen aerobik kapasiteye bağlıdır ²⁵.

Dayanıklılık tamamen organizmanın aerobik enerji üretimine dayalı olarak ortaya çıkan bir kondisyon özelliğidir ²⁵.

Bir takımın oyun süresi içerisinde yapması gerekenleri istenilen kalitede yapabilmesi için, oyun süresinin üzerinde bir dayanıklılık geliştirebilmesi gerekir ki, yorgunluk nedeniyle teknik özellikleri bozulmasın ²⁵.

Laktat eşiği; antrenmanın etkilerinin hücresel düzeyde daha iyi yansıttığı⁴³, VO₂max'dan ve cinsiyetten bağımsız ^{44,45} ve hem antrenmanlı hem de antrenmansız bireylerde geliştirilebilir bir fizyolojik değişken olduğu için VO₂max' dan daha çok tercih edilmektedir ⁴⁶.

Dayanıklılık antrenmanlarında 2 mmol/l altındaki kan laktat konsantrasyonuna karşılık gelen egzersiz şiddeti toparlanma ve yenilenme, 2mmol/l civarı yaygın dayanıklılık, 3–4 mmol/l yoğun dayanıklılık, 4–6 mmol/l yaygın tekrar, 6–12 mmol/l yoğun tekrar antrenmanları için kriter olarak kullanılmaktadır ⁴⁷.

Dayanıklılık Antrenmanları ile AnE de Sağlanacak Gelişmeler:

- 1-Daha çok iş yapabilme kapasitesinin artması (VO_{2max} cinsinden),
- 2-Çalışan kaslarda daha az laktik asit birikmesi,
- 3-Üretilen ve artan laktik asitin enerji olarak kullanılması.

Laktik Asitin Anaerobik Eşik Noktasına Ulaşmasını Geciktiren Mekanizmalar:

- 1-Anaerobik ortamda çalışarak bir yüklenmeyi başarabilen kasların aynı işi aerobik yolla yapabilmesinin sağlanması,
- 2-La'nın çalışan kaslar içinde metabolize edilmesi,
- 3-La'nın çekiş sırasında çalıştırılmayan komşu kas liflerine dağılımının sağlanması,
- 4-Biriken laktatın'ın kan, kalp, karaciğer ve diğer kaslar tarafından metabolize edilerek uzaklaştırılması ⁴⁸.

Anaerobik Eşiğin Belirlenmesi:

- 1-Pulmoner ventilasyonda doğrusal olmayan (nonlinear) artışın gözlemlendiği nokta ³²,
- 2-Kan laktat düzeyinde doğrusal olmayan (nonlinear) artışın gözlemlendiği nokta ^{49,50},
- 3-Kan laktat konsantrasyonunun 4mmol/l olduğu nokta ³⁹,
- 4-CO₂ üretiminde nonlinear artış noktası ⁵¹,

5-Lineerlikten ayrılan KAH' ların bulunduğu koşu hızı ya da iş yükü
49.

2.10. Egzersiz Esnasında Laktik Asit Üretiminin Düzenlenmesi

Kan laktat düzeyinin artmaya başladığı noktaya anaerobik esik veya laktat esiği adı verilir. Anaerobik esik maksimum oksijen kullanımının % 50-70'ine $\dot{V}O_{2max}$ 'a karşılık gelir. Kasın bir bölümü yeterli O_2 alamamakta ve böylece enerji ihtiyacının bir kısmı anaerobik yoldan karşılanırken laktat üretimi olmaktadır. İzometrik kasılma esnasında kas anoksik olduğu zaman laktat üretiminin ATP oluşumuna katkısı %60 olarak hesaplanmıştır⁵².

Laktik asit üretiminin düzenlenmesi birkaç yıldır egzersiz fizyologları ve biyokimyacılar için bir ilgili alanı olmuştur. Bu ilginin bir kısmı laktat birikmesi ile kas yorgunluğu arasındaki yakın ilişkiden kaynaklanır. Uzun süre glikolizin bir indeksi olarak laktat birikimi üzerinde durulmuştur. Mesela, maksimal O_2 kullanımının %40 'ında enerji ihtiyacı glikojenoliz ile karşılanır. Hâlbuki ne kasılan kasta laktat artışı ne de kastan laktat akışında bir artış meydana gelmektedir. Yani glikoliz hızında artma laktatta artış olmadan meydana gelir; çünkü aynı anda pirüvat oksitlenmesi de eşit hızda artmaktadır⁵².

Laktat, glikoz ve glikojen ile metabolik Üç ürünleri (CO_2 ve H_2O) arasında bir ara üründür. Laktat, doku kompartımanları arasında süratli bir

şekilde değişim yapar. Düşük moleküler ağırlıkta olan laktat taşımak için insüline ihtiyaç göstermez ve kolaylaştırılmış transportla hücre zarından geçer (Mc Ardle, 1986). Sağlıklı ve antrenmansız kişilerde VO_2 'nin % 55'inden itibaren LA birikimi başlar. Bu birikme LA üretiminin Krebs döngüsünde oksidasyon ve glikoz sentezi ile uzaklaştırılan LA miktarını aşması ile olur. LA birikimi, egzersizin şiddeti arttıkça artar ve kas hücreleri bu ilave enerji ihtiyacını aerobik yolla karşılayamaz olur. Mekanizma antrenmanlı kişilerde de aynıdır, ancak antrenmanlı kişilerde laktat eşiği sporcunun VO_2 'inin daha yüksek yüzdesindedir. Bu, dayanıklılık sporcusunun genetik yapısına (kas lifi tipine) veya antrenmanlarla kazanılan spesifik adaptasyonlara bağlı olabilir ⁵².

Laktik asidin egzersiz sırasında ve sonrasında uzaklaştırılma hızı kişiden kişiye farklılık göstermesine rağmen, toparlanmanın belirli zamanında ölçülen kan laktatı kişinin anaerobik kapasitesi hakkında bilgi verir. Kas içi glikojen depolarının antrenman düzeyine bağlı olarak artmış olması anaerobik glikolizin enerji oluşumuna katkısını artırır ⁵².

2.11. YÜKLENMELER SONRASI FİZYOLOJİK TOPARLANMA

2.11.1 Toparlanma

Yüklenmeden bağlı olarak yorgunluk, yüklenme-sonrası evrede geriye dönüşe başlamaktadır. Performans kapasitesinin tekrar oluşumu ya da bir önceki kapasiteden (yükleme-öncesi evre) daha gelişmiş bir kapasite, performans belirleyici süreçlerin azaldığı ve uyum süreçlerinin başladığı yüklenme sonrası evrede olmaktadır. Bu karmaşıklığı tanımlamak

için bazı terimler kullanılmaktadır; yorgunluk, yenilenme ve fazla tamamlamadır. Tanımlar arasındaki ilişkiler karıştığı ve bunların arasında farklılıklar bulunduğu için bu evrede bu süreçlere tatmin edici bir tanım bulmak mümkün olmamaktadır ⁵³.

Tüm yorgunluk belirtileri ortak olarak Miyozin-ATP enzimlerinin aktivitelerinde ve iskelet kası hücrelerinin kalsiyum alımında azalma göstermektedir. ATP yenilenmesi iskelet kaslarında ve yenin motor alanları da azalmakta ve kasın kasılma ve rahatlama becerisini sınırlandırmaktadır ⁵³.

Simpson kendi başlarına olmasa da farklı kombinasyonlarla yorgunluğu etkileyen beş temel faktörü şöyle sıralamaktadır.

- Maddelerin birikmesi; örneğin laktik asidin kas hücrelerinde ve kanda birikmesi.
- Maddelerin tükenmesi; örneğin kas hücrelerindeki glikojenin tükenmesi.
- Fizyo-kimyasal durumdaki değişiklikler; asidite yoluyla vücut ısısındaki değişimle yapılarda oluşan yeni organizasyon.
- Nörohormonal sisteme olan ihtiyaç yoluyla koordinasyon düzenlenmesinde dağılma uyarının transferinde sınırlama sinir-kas transformasyon davranışının kötüye gitmesi.

Bu konu hakkında yeterince bilgi olmadığından hiç şüphesiz bu beş süreç dışında da yorgunluktan sorumlu süreçler bulunmaktadır. Ancak

genel olarak ikisi hiçbir zaman birbirinden ayrılmaya da yorgunluğun lokal ve merkezi belirtileri hakkında konuşulmalıdır ⁵³.

2.11.2. Toparlanmada Kullanılan Yöntemler

Egzersiz sonrası toparlanmanın amacı, organizmayı dinlendirmek veya egzersizden önceki şartlara yeniden hazırlanmaktır. Toparlanma, organizmanın antrenmanlar arasında yenilenme oranını hızlandırır, yorgunluğu ve sakatlanma riskini azaltır. Laktik asit yorgunluğa neden olan en önemli faktörlerden birisi olduğundan, toparlanma veya dinlenme, vücuttaki laktik asidin azalmasıyla başlar. Maksimal bir egzersizden sonra kan ve kasta oluşan laktik asidin uzaklaştırılması, *pasif* dinlenme ile yaklaşık 2 saat, *aktif* dinlenmede ise 1 saat kadar sürer ⁷. Yoğun ve maksimum eforun kullanıldığı antrenmanlardan sonra, oturmaktansa hafif egzersizler yapmanın kanda ve kastaki laktik asidin atılmasını hızlandırdığı tespit edilmiştir (aktif dinlenme). Bu egzersizlerden sonra yapılan pasif (oturarak) dinlenme toparlanma süresini uzatmaktadır ⁸.

2.11.3. Yükleme Sonrası Laktik Asit Uzaklaştırılması ve Toparlanma

Tekrar depolanma süreçleri yorgunluk süreçlerine neden olan yüklemeyi geçmektedir. Yüklenmenin amacı organizmanın daha önce yüklemeye uğramış sistemlerinde (örneğin kalp, atardamar sistemlerinde) rejenerasyonu sağlamaktır. Kısa süreli yüksek şiddetteki yüklemelerden sonraki telafi edici yüklemeler sonrasındaki jimnastik ve germe egzersizlerinin, beslenmenin, sıvı alımının ve uykunun temel tekrar depolama faktörlerinden olduğu uzun süreli steady-state yüklemelerinden

farklı olmaktadır. Dahası, organizmanın bir (veya daha fazla) sistemini yükleyen ve yorgunluğa neden olan ancak aynı anda tekrar depolanmayı da mümkün kılan birçok egzersiz bulunmaktadır. Bunların arasında antrenman etkisine sahip olan ve aynı zamanda merkezi sinir sistemini fonksiyonlarının rahatlamasına ve yenilenmesine yardımcı olan sayısız atletik yüklemeler bulunmaktadır. Böyle bir pozitif etki sporcunun yük toleransına bağlıdır ⁵³. Etkili antrenman yüklemesi yoluyla gelişen performansa ön koşul olan yeterli düzeydeki yük toleransını oluşturma üzerinde yeterince durulmamıştır. Yük toleransının gelişimindeki en önemli faktör antrenman yükünün doğru seçilmesidir.

Yükleme tamamlandıktan sonra baskın olan süreçler organizmada performansı sınırlayıcı değişiklikleri azaltmaya yönlendirmektedir. Yüklemeye sonrası evre (tekrar depolama-fazla tamlama) performans potansiyelinin ters süreçleriyle özellik göstermektedir ⁵³.

Tekrar depolama evresinde başlayan yüklemeler oldukça problemlidir. Tekrar depolama süreçleri dağılmakta ya da değişmektedir ve yüklemeye planlanan düzende devam etmektedir. Eğer tekrar depolama oluşmamışsa belirli bir düzeyi yüklemek bir anlam taşımamaktadır. Bu sadece tek bir egzersiz değil aynı zamanda tüm antrenman ünitesine de uygulanmaktadır. Antrenmanda zaman kazanmak çok yanlış bir ekonomidir. (sprint tekrarlarında, ardışık sıçramalarda, birikmiş maksimal kuvvet egzersizlerinde yetersiz toparlanma) ⁵³.

Bunun yanında bazen yeni bir egzersize veya antrenman ünitesine başlarken tüm parametreler başlangıç düzeyine dönene kadar beklemekte mümkün değildir. Burada yapılan egzersiz türü, antrenörün gözleme kapasitesini ve yorgunluğu fark etmedeki deneyimi çok önemlidir. Doğru

seçilen yükleme ile sadece azalan performansı etkilemeyecek aynı zamanda yeterli fazla tamlamaya da neden olacaktır ⁵³.

Fazla-tamlama evresi biyolojik yapıların pozitif uyum sonuçlarından da sorumludur. Organizmanın fonksiyonları genişlemekte ve yk toleransı artmaktadır. Ancak tekrar depolanma yüklemenin neden olduğu yorgunlukta aynı düzeyde olmak zorunda değildir. Bir 100 m sprintinin ve maraton yarısının yükleme-sonrası evreleri buna tipik bir örnek olarak verilebilir ⁵³. Hücresel fonksiyonlarda oldukça fazla değişikliğe neden olan yüksek düzeydeki bir yorgunluk bazı yapılarda tamir edilebilir zararlara neden olmaktadır ve eski haline dönmesi için zamana ihtiyacı vardır. Yüksek laktat konsantrasyonunun ligament yapısına olan olumsuz etkisi kandaki laktik asidin dönüşümünden daha uzun sürecektir ⁵³.

Fazla yüklenmeden sonra oluşan yapı kayıpları antrenman sonuçlarını azaltabilir ya da değiştirebilir. Örneğin albümin yapısındaki tekrar depolanma ve yenilenmeyi uzun şiddetli yüklemelerden sonra da uzun süre almaktadır. Sentez performansı %50'nin altına düşmektedir. Diğer rnekler fazla yüklemeler sonrası hücre yapılarındaki mikro travmaları, hücre zarındaki değişimleri mitokondrilerdeki şişmeleri içermektedir. Yükleme sonrası evre bireysel farklılıklar göstermektedir. Aynı durum yorgunluk için de geçerlidir. Tekrar-depolama ve fazla tamlama evreleri zaman gerektirmektedir. Tekrar depolama süresini azaltmak ve fazla tamlamayı arttırmak ideal olandır, ancak yükleme sonrası evrenin dinamiğinde oldukça fazla sınırlama bulunmaktadır ⁵³.

2.12. Egzersiz Sonrası Toparlanma Süreci

Herhangi bir egzersizden sonra organizmanın normale dönme süreci toparlanma olarak değerlendirilir ⁵⁴.

Toparlanma esnasında gerçekleşen fizyolojik olaylar, egzersiz sırasında meydana gelenler kadar önemlidir. Egzersiz sonrası toparlanmada önemli noktalardan biri de egzersizde hangi enerji sisteminin kullanıldığıdır. Bunun bilerek toparlanma sürecini ayarlanması çok önemlidir. Örneğin; ağırlıklı olarak ATP-PC sistemin ağırlıklı olarak kullanıldığı egzersizin sonrasında verilen dinlenme süresi ile ağırlıklı olarak aerobik sistemin kullanıldığı egzersiz sonrası verilen dinlenme süresi eşit olmamalıdır. Egzersiz sonrası toparlanma günümüzde daha önemli bir hal almaktadır. Sportif mücadeleler daha fazla sıklaşmakta, antrenman sayıları artmaktadır. Buna bağlı olarak toparlanma sürecinin çok iyi ayarlanması gerekmektedir. Egzersiz sonrası toparlanma, egzersizde meydana gelen oksijen borçlanması, kullanılan enerji kaynağına, oluşan laktatın düzeyine ve O_2 myoglobin depolarının yenilenmesi ile ilişkilidir ^{7,9}.

2.12.1. Oksijen Borçlanması

Oksijen borçlanması, egzersizin bitiminde vücudun istirahat şartlarındaki durumuna dönüncüye kadar fazladan aldığı oksijen miktarını ifade eder. Egzersiz sonrasındaki toparlanma periyodu sırasında enerji ihtiyacı, egzersiz esnasındakinden daha düşüktür.

Fakat istirahat halindeki durumuna dönünceye kadar bir müddet yüksek seyreder. Kullanılan bu fazla O_2 organizmanın istirahat şartlarına bir an önce dönmesi için kullanılır ⁵⁴ .

Oksijen borçlanması iki yolla oluşmaktadır:

Kaslarda hemoglobine benzer bir madde olan myoglobindeki 0.31 ml kadar bağlı olarak bulunan oksijenle birlikte, kanda hemoglobine bağlı olarak bulunan yaklaşık 1 lt kadar O_2 'nin ve bütün vücut sıvılarında erimiş halde bulunan yaklaşık 0.25 lt kadar oksijenin egzersizde bitirilmiş olmasından dolayı, egzersiz sonrası toparlanmasına bağlı olarak, fosfojen (ATP-PC) ve glikojen yenilenmesine bağlı olarak oluşur. Fosfojen yenilenmesi için 2 lt, glikojen laktik asit sistemi içinde yaklaşık 8 lt kadar oksijene ihtiyaç duyulur ^{13,9} . Maksimal bir egzersizden sonra sarf edilmiş olan ATP-PC ve glikojen depolarının tekrar yenilenmesi ve myoglobinin oksijenasyonu aerobik sistem tarafından sağlanır ^{55,9} .

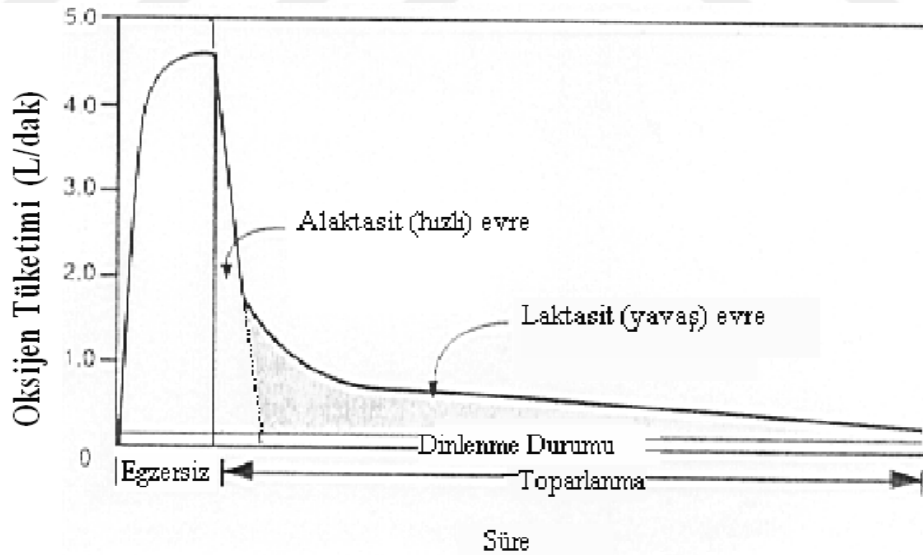
2.12.2. Hızlı Dinlenme (Alaktasid Oksijen Borcu)

Fazla oksijen oksijen tüketiminin gerçekleştiği ilk birkaç dakikalık dönemi kapsar. Laktik asidin uzaklaştırılması ile iliksi yoktur. Bu sebeple alaktasit oksijen borcu adı verilmektedir ^{7, 30, 9} . Oksijen borçlanmasının alaktasit bölümünde kas fosfojenlerinin tekrar yenilenebilmeleri için gerekli olan enerji için oksijen sağlanır. Bu dönemde oksijen tüketiminde hızlı bir azalma meydana gelmektedir, fakat oksijen alımı devam etmektedir. Buna

bağlı olarak ta hızlı bir toparlanma gerçekleştirmektedir. Bu evrede yenilenmesi gereken kas fosfojenlerinin büyük bölümü 2–3 dakika içerisinde yenilenmektedir ^{13,9} .

2.12.3. Yavaş Dinlenme (Laktasid Oksijen Borcu)

Bu dönemde adından da anlaşılacağı gibi laktik asidin kaslardan ve kandan uzaklaştırılması için gerekli oksijen sağlanmaktadır. Amaç; laktik asidi uzaklaştırmaktır. Laktik asidin uzaklaştırılması bir saat veya daha uzun sürebilmektedir ^{13,9} . Yarılama süresi ise 15 dakikadır ³⁰ . Bu dönemde ihtiyaç duyulan oksijen toplam oksijen borcunun büyük bir kısmını kapsar ^{13,9} .



Şekil 1 : “Oksijen borçlanması” veya toparlanma sırasındaki oksijen tüketimi ⁵⁷ .

2.12.4. Kas Fosfojenlerinin Yenilenmesi ve Hızlı Dinlenme Evresi

Kas fosfojenleri acil enerji kaynağıdır ve kısa süreli olmak kaydıyla her türlü kas aktivitesi sırasında gerekli olurlar. Bu nedenle tekrarlanan egzersiz periyotları sırasında yenilenmeleri çok önemlidir. Fosfojen acil kullanıldığı gibi depolarının yenilenmesi de oldukça hızlı gerçekleşmektedir. Yapılan çalışmalarda ATP-PC'nin büyük bir kısmının 2 dakika içerisinde, tamamının ise 3-5 dakika içerisinde yenilendiği bulunmuştur⁵⁴.

Egzersiz esnasında kullanılan fosfojenlerin yarısı 20–30 sn içerisinde yenilenmektedir. Bu kısa süreli yenilenme ATP-PC sistemin ağırlıklı olarak kullanıldığı antrenman periyotlarından sonra toparlanmanın hızlı olacağı anlamına gelmektedir. Bu durum antrenörler için antrenman planlaması yaparken, mutlak göz önünde bulundurulması gerekir. Aralıklı olarak yapılan egzersizlerde kas fosfojen depolarının yenilenmesi oldukça önemlidir. Aralıklı egzersizler birçok spor branşında kullanılmaktadır ve antrenman periyodlamasında önemli bir yer tutar. Basketbol, futbol, voleybol ve hentbol gibi müsabakalarda egzersizin şiddeti artmakta ve yavaşlamaktadır. Egzersizin yüksek olduğu periyotlarda kullanılan ATP-PC depoları, egzersizin şiddetinin düştüğü periyotlarda yenilenmektedir. Bu sayede egzersizin arasındaki bu dinlenme süreleri kaslarda ve kanda laktik asit birikimine neden olmadan enerji sağlanması açısından çok önemlidir.

2.12.5. Myoglobin Oksijenerasyonu (Yenilenmesi)

Myoglobin iskelet kasında bulunan ve oksijenin kas hücresi içerisindeki mitokondriye taşınmasını sağlayan demir bileşiği içeren bir proteindir. Kandaki hemoglobinle benzer bir yapı ve fonksiyon gösterir. Kırmızı kas liflerinde daha fazla bulunmaktadır. 1 gram myoglobin 1.34 mililitre O₂ bağlar⁵⁵.

Organizmada myoglobine bağlı oksijen miktarının bir kilogram kas kütlesinde yaklaşık olarak 11 mililitre ve toplam olarak 300-500 mililitre Olduğu hesaplanmaktadır^{9, 54, 56}.

Oksijen myoglobin depoları, kaslar için gerekli olan oksijeni en acil şekilde sağlar. Egzersiz başlamadan daha oksijen taşıma sistemleri (solunum, dolaşım) devreye girmeden myoglobine bağlı oksijen harcanır. Myoglobine bağlı olan oksijen düşük miktarda olsa bile, egzersizin başında erken laktik asit oluşumunu engeller ya da yavaşlatır. Bu durum aralıklı egzersizlerde çok önemlidir. Myoglobinin sağladığı enerji bazen fosfojen sistemden ve laktik asit sistemden sağlanan oksijenden daha fazla olabilir^{9, 54, 57}.

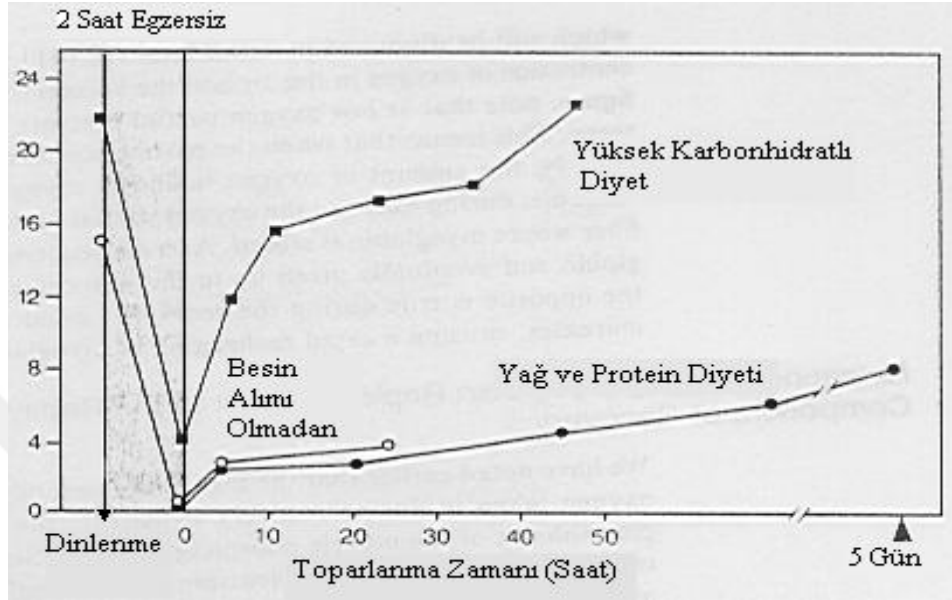
Myoglobinin bir diğer görevi ve belki de esas görevi kılcal damarlardaki hemoglobinden kas liflerindeki mitokondrilere oksijen taşınmasında taşıyıcı görevi görmektedir. Bu taşıma olayı difüzyon yoluyla gerçekleşmektedir. Oksijen myoglobin molekülüne kimyasal olarak bağlanır. Bu kimyasal bağlarına oksijenin ortamdaki kısmi basıncı ile yakından ilişkilidir. Egzersiz esnasında oksijenin kastaki kısmi basıncı

düşünce, myoglobin kendisine bağlı oksijeni serbest bırakır ve serbest bırakılan oksijen mitokondriye giderek orada kullanılır. Oksijen basıncı (P_{O_2}) 10–15 ml' ye düşünce myoglobin oksijeni serbest bırakır ⁵⁵. Dinlenme periyodunda bu olay tam ters şekilde gerçekleşir ve oksijenin kısmi basıncı yükselir, buna bağlı olarak ta myoglobin oksijen ile dolar.

2.12.6. Kas Glikojenin Yenilenmesi

Kas glikojeni özellikle kasın dayanıklılığı ve performansı açısından son derece önemlidir. Kas glikojeni tüm egzersiz tiplerinde ve tüm şiddetlerde kullanılabilen bir enerji kaynağıdır. Kas glikojeni sadece anaerobik sistem enerji oluşumunda değil, aerobik sistem enerji oluşumunda da çok önemli yer tutmaktadır. Egzersiz sonrasında boşalan kas glikojen depolarının tekrar yenilenmesi gerekmektedir. Yapılan çalışmalarda, uzun bir egzersizden sonra alınan yüksek karbonhidrat içerikli diyetlerde glikojen depoların dolmasının daha hızlı olduğu bulunmuştur ⁵⁴.

Karbonhidrat alımının olmadığı bir diyetten sonra 5 gün geçmiş olmasına rağmen çok az miktarda glikojenin yenilendiği bulunmuştur. Yüksek miktarda karbonhidrat alımında bile glikojen depolan tam anlamıyla 46 saat sonra dolabilmiştir. En hızlı kas glikojeni yenilenmesi egzersizden sonraki ilk 10 saat içerisinde gerçekleşir ⁵⁴.



Sekil 2 : Uzun süreli bir egzersizden sonra yenilen besinlerin kas glikojen depolarının yenilenmesine olan etkileri ⁵⁷.

Kısa süreli şiddetli aralıklı egzersizlerden sonra kas glikojen depoları uzun ve süreli egzersizlerin aksine daha çabuk dolmaktadır. Bu tür egzersizlerden sonra herhangi bir yiyecek yenmese bile, glikojenin önemli bir kısmı 2 saat içerisinde yerine konmaktadır ^{58,7,54}. Bu tip egzersizlerden sonra alınan besinlerin içeriğinin ve miktarının glikojen depolarının daha hızlı dolabilmesi açısından herhangi bir farkı yoktur. Kısa süreli egzersizlerden sonra kas glikojen depolarının tamamen dolması 24 saat gibi bir süre zarfında gerçekleşir. İlk 5 saatte toparlanma çok hızlıdır

⁵⁴.

2.12.7. Laktik Asidin Uzaklaştırılması

Laktik asit kanda ve kasta biriktiği zaman yorgunluğa neden olmaktadır. Laktik asit sistemde yapılan egzersizlerden sonra laktatın çok çabuk uzaklaştırılması gerekir. Laktat ne kadar çabuk uzaklaştırılırsa yorgunluk gecikir ve performans kaybı o kadar az olur. Yapılan çalışmalarda, egzersiz sonrası yapılan hafif egzersizler sonucu laktik asidin kanda ve kasta, pasif dinlenmeye oranla daha fazla düştüğünü bulmuştur^{56, 54}.

Normal koşullarda 100 mililitre kanda 1.1 mmol/l laktik asit bulunur. Egzersiz esnasında anaerobik metabolizmanın etkisiyle laktik asit miktarı artar, bu artışın düzeyini egzersizin süresi ve şiddeti belirler⁹.

Maksimal bir egzersiz esnasında laktat düzeyi 20 mmol/l gibi bir düzeye ulaşabilir. Laktik asidin kandan ve kastan uzaklaştırılması enerji gerektirir ve bu enerji aerobik yolla sağlanmaktadır. Aerobik yolla sağlanan bu enerji, oksijen borçlanması yavaş kısmında tüketilen oksijenin kullanılması sayesinde gerçekleşmektedir⁵⁴.

Oluşan laktik asidin büyük bir kısmı glikojene dönüşür. Laktik asidin diğer kısmı ise, karaciğer glikojenine, kan glikozuna, proteine, CO₂ ve H₂O'ya dönüşür. Oksijen borçlanması yavaş kısmının % 50'si ilk 15 dk içinde, % 75'i 30 dk içinde ve % 95'i ise 1 saat içerisinde ödenir. Bu bilgi antrenör ve sporculara gerekli dinlenme aralıklarını belirlemede yardımcı olacaktır⁵⁴.

2.13. KAS HASARI

İnsanlarda kas hasarını gösteren somut bulgular ilk olarak egzersizden sonraki 2. ve 7. günlerde soleus kasından alınan biyopsilerle gösterilmiştir⁵⁹. Kas hasarı, egzersizin şiddetiyle ilgili olmakla birlikte daha çok alışılmamış egzersizler sonrasında belirgindir. Konsantrik egzersizin metabolik olarak daha fazla stres oluşturduğu ve daha fazla laktik asit ürettiği bilinmektedir. Bu yüzden eksentrik egzersizin niçin daha fazla kas hasarına neden olduğu sorusunun yanıtı şiddetten daha fazla, egzersizin türü ve kas hasarına neden olan diğer faktörlerle açıklanabilir^{60,61,62}.

Yüksek şiddetli ya da alışkın olunmayan tipte bir egzersizin ardından iskelet kası hasarı meydana gelir. Aslında bu tip kas hasarı oldukça yaygın bir fizyolojik fenomen olup günlük yaşamımızda gereksinim duyulan aktivitelerde bile ortaya çıkabilir¹. Uzun süren periyotta, devam eden ya da aralıklı zorlu kasılmalarda, üç tip kas hasarı belirtisi bilinmektedir. Bunlardan birincisi ve en yaygın olarak gözlenen gecikmeli kas hasarı olarak bilinmektedir (delayed-onset muscle soreness) (DOMS) ve buna bağlı olarak kişiler egzersizden 12-48 saat sonrasında kaslarda başlayan zayıflık, yorgunluk ve hassasiyet hissiden şikâyet ederler⁶³. Bu rahatsız edici durum çoğu sporcunun inaktif dönemden tekrar spora döndükleri dönemde çok zorlu çalışmalarla başlaması sonucunda oluşmaktadır. Genellikle spora yeni başlayan sporcularda yaygın olarak gözlenmektedir. Bu olgu ilk defa 1902 yılında mikro yırtılmalar şeklinde izah edilmiştir. Başlangıçta bu hipotez yorucu egzersiz sonrasında oluşan atıklar tarafından (p elementi) oluşturulan kas spazmı şeklinde yorumlanmış, dolaylı olarak veya doğrudan bu maddenin varlığının devam etmesi (osmotik değişiklikler sayesinde) sonucunda ödem ya da yorgunluğun ortaya çıkmasını sağladığı ifade edilmiştir. Bu mekanizmanın

yanında kas hasarının oluşmasında, üriner myoglobin ve hydroxyproline artmasıyla ilgili çok az şüphe vardır. Bu tip hasarlar genellikle eksentrik çalışmalar sonrasında gözlenmektedir ⁶³ .

İkinci tip kas hasarı belirtisi; egzersizden hemen sonra oluşan yorgunluktur. Egzersiz esnasında veya egzersiz bittikten sonra kaybolur. Hem deneyimli hem de yeni başlayan sporcularda gözlenir. İzometrik kasılmalarda iskemiye sebep olarak anaerobik metabolizma sonucunda laktik asit üretilir ve laktik asitin kasta birikmesi sonucunda yorgunluk oluşmaya başlar ⁶³ .

Üçüncü tip kas hasarı belirtisi; ise ağrı ile ilgilidir. Yüksek hızda yapılan kasılmalarda tekrarlanan egzersizler sırasında kas çekmesine benzer ağrı şeklinde gözlenir ⁶³ .

2.13.1. Kas Hasarının Oluşum Sebepleri ve Mekanizması

Araştırmalar egzersize bağlı kas hasarlarının en önemli nedeninin mekaniksel faktörler olduğunu belirtmektedir. Bunu destekleyen farklı bir görüş ise, eksentrik kasılma sonrasında, konsantrik kasılmaya göre kas hasarının daha şiddetli olmasıdır. Ekzentrik egzersiz esnasında fibril başına düşen mekaniksel stres, konsantrik egzersizden daha yüksektir. Eksentrik çalışma sonrası kontraktıl elemanlardaki hasar, kas kuvveti ve hareket genliğinde azalmalara yol açmaktadır ⁶⁴ .

2.14. KAS YAPISI VE HASAR MEKANİZMASI

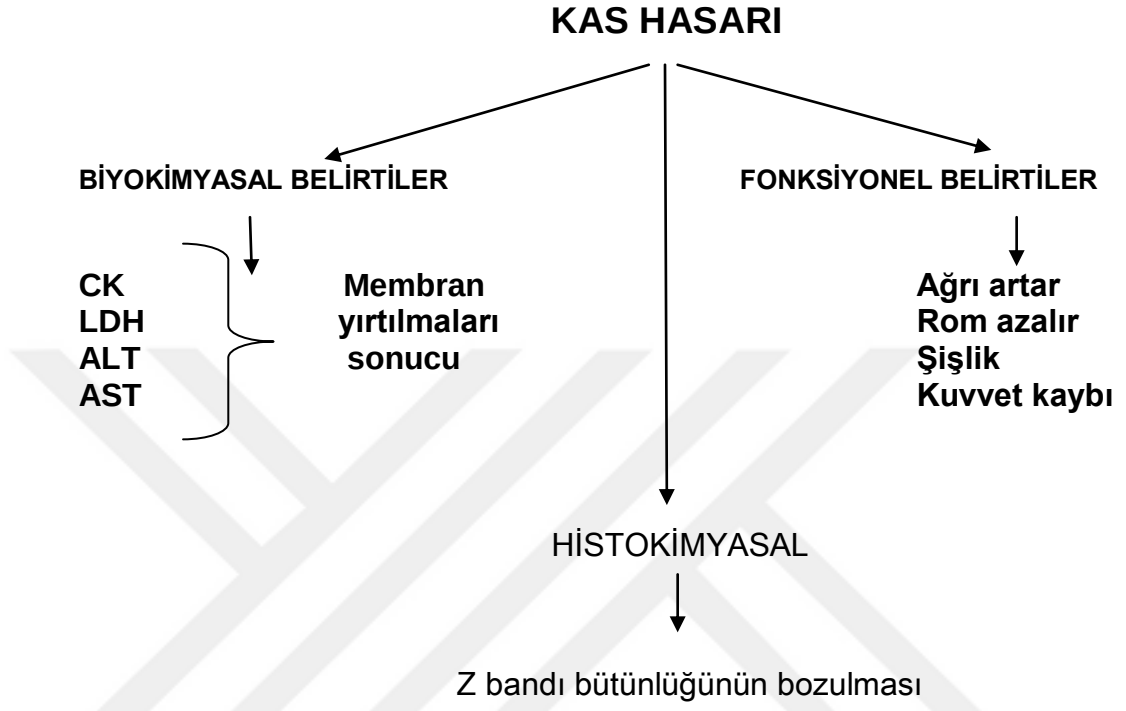
İki Z diski arasında bulunan ve yapısında kalın (miyozin) ve ince (aktin) olmak üzere kontraktıl filamentler bulunan kasın kasılabilen en küçük birimine sarkomer adı verilir. Kas hasarının somut belirtisi dokudan alınan örneklerde sarkomer yapısının bozulduğunun gözlenmesidir.

Sarkomer yapısında kontraktıl filamentler stabilize eden ve kas kasılması esnasında meydana gelen gerimin uzunlamasına ve lateral olarak aktarımını sağlayan yapısal proteinler de bulundurmaktadır. Konraktıl filamentler (miyozin ve aktin) yapısal proteinler aracılığı ile Z bandına tutunurlar. Bu yapısal proteinler titin, desmin, dystrophin, nebulin, valin ve synemindir. Titin miyozini, desmin ise aktini Z diskiye bağlayan yapısal proteinlerdir ³.

Dystrophin sarkolemmada (kas zarı) yerleşmiş ve kas zarı bütünlüğünün korunmasında önemli rolü olan bir proteindir ⁶⁵.

Kas yapısı içerisinde gözle görülemeyecek seviyede Z çizgilerinin ve myofibrillerin bozulması, oluşan kas hasarının kanıtıdır ⁶⁶.

2.15. KAS HASARI BELİRTİLERİ



Şekil 3: Kas hasarı belirtileri

2.15.1. Biyokimyasal Parametreler

Kas membranının bozulması sonucunda dolaşıma karışan bazı kas enzimlerinin kandaki seviyelerinin artması; kas hasarını ve derecesini gösteren biyokimyasal belirtilerdir.

Enzimlerin hücre içi lokalizasyonları hücre hasarının derecesini tayin etmede önemlidir. Sadece belli bir dokuda aktivite gösteren veya belli bir dokudaki aktivitesi çok daha yüksek olan enzime dominant enzim denir. Böyle bir enzimin artmış serum aktivitesi hasarlaşmış dokuyu gösterir ⁶⁷ . Pratik olarak; egzersize yanıtının farklı kas ve kas liflerinde değişik düzeylerde oluşu, farklı kasların enzim ve protein belirteçlerini farklı

konsantrasyonlarda içeriıyor olması ve hasarın kasta homojen dağılmaması nedeniyle oluşan kas hasarının toplam miktarının tayin edilmesi oldukça zordur ⁶⁷ .

Geniş kas yırtıklarında, kas dokusu harabiyetine işaret eden bazı enzim düzeylerinde artmalar görülür. İskelet kası hasarı kasa özel bileşenlerin memrandan kan dolaşımına sızmasına sebep olur. İskelet ve kalp kası hasarını tespiti yönelik çalışmalarda kullanılan yapılar; başta kreatin kinaz (CK) ve alt izoformları, myoglobin, aspartat aminotransferas (AST), laktat dehidrogenaz (LDH), beyin natriüretik peptit (BNP), atrial natriüretik peptit (ANP), karbonik anhidraz, troponin ve kas yapı proteinleri yaygın olarak kullanılan yapılardır. Bu yapılardan en önemlisi ve en çok kullanılanı CK'dır. ^{67,68,69} .

2.15.1.2. Kreatin Kinaz (CK)

CK kalp, iskelet kası ve beyin dokusunda yüksek yoğunlukta bulunan bir enzimdir. Beyin içeriğindeki CK, nerdeyse hiçbir zaman kan beyin bariyerini aşarak dolaşıma geçemez. MM, MB, BB adı verilen üç izoenzimi vardır. MM (CK3) iskelet ve kalp kasında, BB (CK1) beyinde, MB (CK2) ise kalp kasında bulunur. Dolaşımda ölçülen CK düzeyinin kaynağı, iskelet ya da kalp kası ağırlıklıdır. İskelet ya da kalp kası travması ya da nekrozu bu enzimin dolaşım düzeyini yükseltir. Bu nedenle CK düzeyinde yükselme durumlarında, öncelikle iskelet ya da kalp kası harabiyeti aranmalıdır ^{70,71,72,73,74} .

Normal değerler: 95-140 U/L arasındadır ⁷⁰ . CK'nın üst referans değerleri sporcularda sporcu olmayanlara göre iki kat daha fazladır. Bu durumu; Wu, Wong erkeklerde 350 U/L bayanlarda 200 U/L altında, Miller ve arkadaşları ile Schumann ve Klauke bu limitleri erkeklerde, 391 ve 398; bayanlarda, 240 ve 207 U/L, arasında olduğunu öne sürmüştür ⁷⁵ .

CK kasılma veya taşıma sistemlerindeki ATP yenilenmesini sağlayan bir enzimdir. CK kas hücresinde fizyolojik bakımdan fonksiyonel hale gelir. Kasın her kontraksiyon döngüsünde kreatin fosfat kullanılarak ATP oluşur. Bu sonuç kasın ATP düzeyini sabit tutar. Geri dönüşlü olan bu reaksiyonda CK katalizör görevi görür ⁶⁷ .

Akut myokart enfarktüsü, myokardit, kalp ameliyatları, progresif müsküler distrofi, hipotermi, iskelet kası travması, aşırı egzersiz, malin hipotermi; reye sendromu, hipotiroidi, geniş beyin enfarktı, prostat, mesane ve sindirim sistemi maliniteleri CK düzeyinde yükselmelere neden olur. Hipertiroidi ve kas kütlelerinin azaldığı durumlarda enzim aktivitesi düşer ^{70,72,73,76} .

Kreatin kinaz enzimi aracılığı ile ATP ve fosfokreatin arasındaki yüksek enerjili iki yönlü değişimi mümkün olmaktadır ⁷⁷ . Serum Kreatin kinaz (CK) kas distrofisini görüntülemek amacıyla ilk defa 1959 yılında Ebashi ve arkadaşları tarafından kullanılmış ve o tarihten bu yana kas hasarını belirlemede en önemli gösterge olarak kabul edilmektedir ⁷⁸ .

2.15.1.3. Aspartat Aminotransferaz (AST)

AST özellikle kalp karaciğer ve iskelet kasında bulunan bir enzimdir. Karaciğer hastalıklarında özellikle akut ve kronik hepatitte hücre yıkımı yüzünden AST yükselir ve bu enzim tayini ile hastalığın seyri izlenebilir. Kalp hastalıkları, karaciğer hastalıkları, travmatik kas ve sıcak çarpması durumlarında artar ⁷⁶ . Karaciğer hücre harabiyeti testidir. Viral hepatit, toksik hepatit, reye sendromu, enfeksiyöz mononükleoz, tıkanma sarılığı ve siroz gibi karaciğer hastalıklarında artar. Kalp ve iskelet kasında da yoğun bulunur. Bu nedenle akut miyokard enfarktüsü, sıcak çarpması, hepatik konjesyonla birlikte bulunan kalp yetmezliği, bazı perikardit ve miyokardit olgularında artışı gözlenir. Kalp kası hastalıkları dışında kas distrofisi, kas travması, intramüsküler enjeksiyonlarda da AST artışı söz konusudur ^{70,79, 80,81,82} . Normal değeri 40/L'den azdır ⁷⁶ .

2.15.1.4. Laktat Dehidrogenaz (LDH)

LDH birçok dokuda bulunan ve bu dokuların zarar görmesi halinde seruma geçen bir enzimdir. LDH'nin hangi dokudan kaynaklandığı izoenzimlerin tayini ile gösterilebilir. Normal değerleri 37°C de çalışıldığı zaman 210-420 U/L'dir. Şok ve dolaşım yetmezliği, hipoksi, aşırı hipertermi, kalp yetmezliği, akut miyokart enfarktüsü, siroz, kolestaz, karaciğerin primer tümörleri, megaloblastik ve pernisiyöz anemi, hemolitik anemiler, akciğer hastalıkları, kas hastalıkları durumlarında artar.

İskelet kası travmalarında iltihabi veya dejeneratif kas hastalıklarında yükselir ^{71,76,79} . Dolaşımda, LDH-1, 2, 3, 4 ve 5 olarak adlandırılan 5 izoenzimi bulunur. İzoenzimlerinin yaygın doku dağılımı nedeniyle, birçok doku ve organ hastalığında total LDH aktivitesi yükselir. Bu nedenle ayırıcı tanıda ek inceleme gereksinim duyulur ^{76,79} .

2.15.2. Ağrı

Kas ağrısı ve kas sertliği egzersiz ya da alışılmadık hareketlerin çok iyi bilinen bir sonucudur. Artan kapiller filtrasyon basıncı damar dışına sıvı çıkmasına ve kas içi basıncın artmasına neden olur. Antrenmansızlık ya da fiziksel uygunluğun eksikliğinin belirtisidir ⁸³ .

Kas sakatlıkları ile ilgili iki genel tip ağrı söz konusudur. İlki akut ağrı, bu egzersiz esnasında veya egzersiz bittikten hemen sonra gerçekleşir. İkincisi ise gecikmiş kas ağrısı olarak bilinen (DOMS) ve egzersizden 12 saat veya daha sonra gelişen durumdur ⁸⁴ . Akut kas ağrısı; egzersiz esnasında veya hemen sonra kimyasal atıkların birikerek, basit yorgunluk şeklindedir yansımasıdır.

Kasa yeteri kadar kan gelmemesi yani asıl nedeni iskemidir. Bu durum genelde bir iki dakika dinlendikten sonra giderek azalacaktır. Ağrının etkileri azaldığında egzersize yeniden devam edilebilir. Egzersizin devamı esnasında bu olumsuz durum devam ederse egzersiz derhal durdurularak dinlenme periyoduna geçilmelidir ^{84,85} .

Gecikmiş kas ağrısı; genelde alışmamış egzersizler yapıldığında egzersizin bitiminden itibaren iki-üç günü takip eden organizmanın uyumu olarak gerçekleşen ağrılardır. Bu durum istemli kas kasılmasını olumsuz etkiler ve kas kuvvetini azaltarak kapasitenin azalmasına sebep olur. Performanstaki bu azalma geçici bir durumdur. Plazma enzimlerinin, myoglobin ve anormal kas dokusunun ve yapısının yükseldiğini gösteren birçok klinik çalışma mevcuttur. Bu tip kas ağrısının şiddeti, kas kontraksiyonun türüyle yakından ilgilidir ^{84,85} .

Gecikmiş kas ağrısı, ister elit olsun isterse olmasın tüm sporcuların karşı karşıya kaldıkları bilinen bir durumdur. Egzersize bağlı kas hasarı, özellikle spor sezonunun başında sporcuların antrenmanlara yeni başladığı periyodu takip eden dönemde yaygın olarak gözlenir⁸⁶.

2.15.3. Histokimyasal Değerlendirmeler

Objektif değerlendirme dendiğine akla ilk gelen ve belki de tek objektif ölçüt ışık ya da elektron mikroskobu ile iskelet kası yapısındaki hasarın görsel olarak ortaya konduğu ve büyüklük olarak da tanımlanabildiği histokimyasal değerlendirmelerdir.

Kolay ve subjektif değerlendirme olan kas ağrısı ile objektif ama pratikte pek uygun olmayan histolojik değerlendirme arasında kas hasarını tanımlamak ve boyutlarını ortaya koymak için çeşitli diğer yollar vardır. Gerek fonksiyonel parametreler (ROM, ortaya konan kuvvet) ve gerekse biyokimyasal parametreler (bazı serum enzim ve proteinlerinin varlığı) özellikle histokimyasal verilerin alınamadığı durumlarda kas hasarı tayininde kullanılmaktadır⁸⁷.

Histokimyasal belirtiler Z bandı bütünlüğünün bozulması ile ilgilidir. Ekzantrik kas geriliminin akut evrelerin de miyofibrillerde oluşan mikroskobik lezyonlar mikro hasar olarak adlandırılır. Bu mikrohasarlar-miyofibrillerin kontraktıl komponentlerini, Z bandını, sarkolemmayı ve sarkoplazmik retikulumu etkiler. İskelet kası mikrohasarının sonucu olarak fosfolipid membranında ve sarkolemmada olan subcellüler değişiklikler DOMS'un bulgu ve belirtilerini nitelendirebilir^{88,89}.

2.15.4. Fonksiyon Kaybı

Egzersiz sonucu oluşan bir kas hasarının ardından maksimal kas kuvvetinin %50 nin altına düşebileceği bildirilmiştir ^{90,91} .

Kasın kasılma yeteneği fleksiyon açısı ile belirlenmektedir. Dirsek ekleminde eksantrik egzersiz sonrasında görülen açıda oluşacak olan fark, hareket genişliğinin ne kadar azaldığının göstergesi olacaktır. Bu açıdan görülen değişim ile egzersizden 10 gün sonra bile kas fonksiyonlarının başlangıç değerlerine dönemmediği bildirilmiştir ^{90,91} .

MRI ve MR Spektroskopi ; kas hasarının derecesini, yırtılmanın tam yerini ve büyüklüğünü saptayabilmek amacıyla bazı yardımcı tanı yöntemlerine başvurulabilir. Son yıllarda çok popüler olmaya başlayan diagnostik ultrason tekniği sayesinde kas yırtıklarının kesin lokalizasyonu ve büyüklüğünü saptamak mümkündür ⁶⁸ . MRI, hücre ve hücre içi yapıları düzeyinde bir bilgi vermediği için kas hasarı mekanizmasına ilişkin sorgulamalarda diğer tekniklerle birlikte kullanılmalıdır ⁶⁸ .

2.15.5. Kas hasarına neden olan mekanik faktörler

Bir çok insan ve hayvan çalışması antrenmansız iskelet kasının ekzentrikkasılmaya bağlı kas hasarına duyarlı olduğunu göstermektedir. Kaslarda ekzentrikkasılmalar konsantrik kasılmalardan daha fazla hasara neden olur. Bunun sebebi ekzentrik kasılmalar sırasında daha fazla motor ünitenin devreye girmesine ihtiyaç duyulmasıdır. Bu yüzden ekzentrik kasılmada kasın daha büyük çapraz kesit alanı aktive olur. Ekzentrik kasılma sırasında devreye giren çapraz köprü sayısının arttığı, izometrik bir kasılmada ise çapraz köprü sayısının değişmediği gösterilmiştir ⁹².

Ancak kas hasarının çapraz köprü sayısından daha çok kas boyundaki uzama ile ilişkili olduğu hipotezi bir çok çalışmada test edilmiştir. Buna göre, ekzentrikkasılmada çapraz köprüler kasın boyunda oluşan değişime direnç göstererek aktif bölgelere tutunmaya çalışır. Ekzentrik kasılma sırasında kasta diğer kasılmalardan daha fazla tension (gerim) üretildiği bilinmektedir. Ekzentrik kasılmada gerim oluşumunda iki ayrı faz olduğu Katz (1939) tarafından ortaya atılmıştır. İlk fazda kas gerim üretmek için kasılır, daha sonra ilave gerim üretirken dış kuvvetler tarafından pasif olarak gerilir ⁹³. Kasın pasif geriminin belirleyicisinin titin izoformu olduğu ve titin izoformunun aynı tür içinde farklı çizgili kaslar arasında bile farklılıklar sergilediği ortaya konmuştur ⁹⁴. Kas uzunluğuna bağlı olarak artan kas gerimi, optimum tork için eklem açısını belirlemede kullanılan pratik bir yöntemdir.

Ekzentrik egzersizlerden sonra uzunluk-gerim ilişkisinin değiştiği ve maksimal tork'un daha uzun kas uzunluklarında olduğu gözlenmiştir. Sarkomerdeki seri elemanların uyumlarının artması kasın aktif uzunluk-gerim eğrisinin kaymasına yol açmaktadır. Böyle bir kayma Katz

tarafından tanımlandıktan sonra, kurbaga ⁹⁵ ve insan iskelet kası lifinde de gösterilmiştir ^{96,97} . Ekzentrik egzersiz kasta yapısal bozuklukların ortaya çıkmasına neden olan mekanik bir stres yaratır ⁹⁸ . Ekzentrik egzersizde sarkomerin ve yarisarkomerin asırı gerildiği bilinmektedir ^{99,100} . Ekzentrik egzersizin hayvan kaslarında optimum kas uzunlununun % 140'ına varan uzamalara ve alıslmamış bir mekanik gerilmeye sebep olduğu gösterilmiştir ¹⁰¹ . Sıçan iskelet kasının tek lifinde yapılan çalışmada, aktif gerilmeden önce ve sonra sarkomer uzunlukları ölçülerek, zarar gören sarkomerlerin diğerlerinden daha fazla uzadıkları bildirilmiştir ¹⁰² .

Sarkomerdeki bu asırı uzamanın güçsüz olan bazı sarkomerlerde kopmalara neden olduğu (pop) ortaya atılmıştır ¹⁰³ . Daha sonra Talbot ve Morgan (1996) tarafından zayıf sarkomerlerin ekzentrik egzersiz sonrası yapısal olarak değişimlere uğradığı, kuvvetli sarkomerlerin ise değişmediği bildirilmiş ve bu bulgu kas hasarında asırı gerilen sarkomerin varlığını destekleyen bir kanıt olarak gösterilmiştir. Bununla birlikte kas hasarının kasın uzunlununun daha çok kasın güç üretim miktarından etkilendiğini ve gerimin büyüklüğünden ziyade, kasın yüksek güçlere maruz kalmasının hasar mekanizmasında daha etkin rol oynadığı bildirilmiştir ^{100,104} . Bu çalışmalarda bir çok mekanik parametre ile kas hasarı ilişkisi incelenerek, kas hasarı ve maksimum güç üretimi sırasında ulaşılan gerilme arasında yüksek ilişki bulunmuştur.

Hasar sürecinin ilk basamağı sarkomeri de içeren kas hücresi, kas iskeleti ve sarkolemmmanın mekaniksel hasarıdır. Daha sonra da uyarılma kasılma döngüsünde değişimler meydana gelir. Ekzentrik egzersizden sonra sarkomerde asırı gerilme ve Z bandı düzensizlikleri görülmektedir. Sarkomerdeki bu bozulmalar tek bir myofibrilin tek bir sarkomerinde oluşabileceği gibi, tüm kas lifi sarkomerlerinin büyük çoğunluğunda da

gözlenebilir. Kas kasılmaları sırasında kas lifi uzaması kasın optimum sarkomer uzunluğunu asmasına neden olmaktadır ⁹⁹ .

2.15.6. Egzersizin Oluşturduğu Kas Hasarı

Egzersizin sebep olduğu kas doku hasarı özellikle sağlık için spor yapanların, çeşitli rahatsızlıklar nedeniyle fizik tedavi alanların, kalp problemlerinden dolayı egzersiz yapanların ve egzersiz programı uzmanlarının yakından ilgilendiği bir konudur ^{105,106} .

Egzersizde çarpma ve burkulmalar sonucu oluşan yumuşak doku zedelenmeleri oldukça yaygındır. Bu zedelenmeler normal rehabilitasyon sonucu rehabilite edilebilen zedelenmelerdir. Fakat egzersizde bu yumuşak doku zedelenmeleriyle birlikte hücresel düzeyde de bir hasar meydana gelmektedir. Bu zedelenme türü terminolojide tam tanımlanmamış olmakla birlikte (microtrauma) mikro travma, (microinjury) mikro yaralanma ve (muscle damage) kas hasarı terimleri yaygın olarak kullanılmaktadır ¹⁰⁷ . Farklı türdeki egzersizler farklı boyutlarda kas hasarı meydana getirir. Ekzantrik tipteki aktiveler, örneğin; tepe aşağıya yapılan koşular, merdiven inme, ağırlığı aşağıya doğru bırakmalarda ve aşağı doğru inmelerin olduğu skuat ve şınav türü hareketlerde gözlenir. Sonunda normal kasılmaların gözlendiği ve kasılma sırasında kasın yüke karşı daha başarılı kasıldığı kasılmalara göre kas hücrelerinde hasar daha fazla gözlenmiştir. Hasar myofibrillere özgü yapının bozulmasına sebep olur. Özellikle Z bandındaki kopmalara miyofibril iskeletindeki kırılmalar eşlik eder ^{98,108} .

Geç dönemde başlayan kas ağrısı (delayed onset of muscle soreness; DOMS) kasta duyarlılık artışı ve sertleşmeyi de içeren bir ağrıdır. Bu tip ağrı egzersizden sonraki 24-48 saat içerisinde oluşur ve 24-72 saat içerisinde pik yaparak 5-7 günde kaybolur, özellikle ekzantrik egzersizlerin neden olduğu bir ağrıdır ¹⁰⁹. Uzun süren kas kuvveti kaybı, eklem hareket açıklığının azalması, kaslarda hassasiyet ve kanda kas protein mekanizmasının artmasına sebep DOMS'un oluşmasında egzersizin yoğunluğu ve süresi önemli faktördür ^{84,109,110,111}.

Yapılan çalışmalarda uygulanan egzersizin, türüne ve niteliğine göre kas yapısında bir hasar meydana getirirken myokartta da enfarktüse benzer zedelenmelere sebep olduğu ileri sürülmektedir ^{105,108}.

Bu hasar temel olarak iki yolla açıklanmaktadır. Birincisi alışık olunmayan egzersiz, ikincisi ise tam olarak karakterize edilmemesine karşın kas iskemisinin de katkısıyla doku zedelenmesiyle bazı metabolik ve kimyasal olayların ortaya çıkmasıdır ¹¹². Bu metabolik ve kimyasal olaylar sonucunda; sarkolemma potasyum, kreatin kinaz ve miyoglobin tutma yeteneğini kaybeder, bunları extrasellüler sıvı, plazma ve idrara bırakır. Extrasellüler sıvının osmolaritesinin artması hücreler tarafından potasyum salınışının fazlalaşmasına yol açar. Plazma osmolaritesindeki artış hücre membranındaki osmotik basınç gradientinin artmasına bağlı olarak intrasellüler sıvının hücreden ayrılmasına neden olur. İntrasellüler sıvı değişimi, hücre içi sıvı osmolaritesi hücre dışı sıvı osmolaritesine ulaşınca kadar devam eder. Bu durum plazma potasyum konsantrasyonunun artmasına da neden olmaktadır ^{113, 114}. Gerçekten de ekzantrik egzersizde metabolik yük çok düşük iken, lif başına düşen mekanik yük yüksektir. Buna göre, kas lifinde meydana gelen mekanik gerim, hücre içi $[Ca^{2+}]$ da artışa yol açar. Hücre içi kalsiyumu calpain

aktivasyonuna ve buna bağı protein dejenerasyonuna neden olur. Özellikle desmin bunlardan birisidir. Böylece miyofibriler yapıda ortaya çıkan yıkım, kasta normal gerimin üretilmesini engeller ¹. Kasta hasarlar fibrillerin farklı bölümlerinde meydana gelebilir. Mitokondrial fibriller, myofibriller, T tübüler, Z çizgileri yapısal bağlarda, sarkolemma vb. ayrıca ağır egzersizlerde kanda laktat dehidrogenaz ve kreatin kinaz gibi enzimlerin yoğunluğunun artışı da kas ağrılarını neden olabilir. Egzersizin sonunda H⁺ gibi ürünlerin birikmesi ve dokuda ödeme sebep olan kan plazma sıvısının dokuya doğru yer değiştirmesine neden olabilir ¹¹⁵.

Günay ve arkadaşlarına göre de egzersize bağı kas hasarının beş temel mekanizması;

1. Dokunun yırtılması,
2. Isının artışı
3. Ph düşüşü,
4. Laktat gibi metabolitlerin birikimi,
5. Süperoksit anyon radikallerin ve hidrojen peroksitin artışına bağıdır ¹¹⁶.

2.15.7. Egzersizle Oluşan Kas Hasarının Önlenmesi

Hasarın önlenmesine ilişkin yaklaşımlar, hasar oluşumundak rol oynadığı düşünölen mekanizmalara yöneliktir. Bu bağlamdafarmakolojik ajanlar olarak kalsiyum kanalı antagonistleri, vitamin E, koenzim Q 10, östrojen, tamoksifen, kortikosteroidler kas hasarının önlenmesi amacıyla kullanılmıştır. Kalsiyum kanal antagonistlerinin koşu sonrası hasarı

azalttığı bildirilmiştir ¹¹⁷. Vit E, coenzim Q10, östradiol ve tamoksifen de membran stabilizatörü olarak rol oynamaktadır ¹¹⁷.

Kasın önceden antrene edilmesi egzersizle hasar oluşumunu engelleyen bir diğer faktördür. Gerçekten de ister konsantrik isterse ekzantrik kaynaklı olsun, antrenman hasarı önleyici bir rol oynar. Tek bir kerelik şiddetli ekzantrik egzersizin, bir sonraki şiddetli ekzantrik egzersizin kasta yol açabileceği hasarı bir ay kadar koruduğu bildirilmiştir ^{117,118,119}. Etki mekanizması tam olarak bilinmemekle beraber antrene kasta oluşan yapısal ve metabolik değişikliklerin rol oynadığı düşünülmektedir. Keza, egzersizden önce ısınma ve germe, egzersiz bitiminde ise masaj yapılması ile karakterize kombine uygulamanın kan CK ve Mb düzeylerindeki artışı engellediği, maksimal izotonik kuvvet ve eklemde ROM'u koruduğu, DOMS'u engellediği de yapılan çalışmalarda bildirilmiştir ^{1,108}.

2.15.8. Kas Hasarına Uyumlar

Clarkson ve arkadaşları ^{90,101} çok yoğun bir ekzentrik egzersizin, birkaç hafta sonra aynı şekilde tekrarlandığında daha az hasara neden olan bir uyuma yol açtığını göstermişlerdir. Tam olarak bu adaptasyonun ne zaman ve nasıl meydana geldiği bilinmemektedir. Bununla birlikte, bir egzersizi 5 gün içerisinde tekrarlayan bir kişinin adaptasyon gösterdiği bulunmuştur. Egzersizden 5 gün sonra, kişiler toparlanmalarına rağmen hafif ağrı hissetmiş, kuvvet ve hareket genliğindeki kayıplarda ise düşüş görülmüştür. Böylece kas, tam olarak eski haline dönmemesine rağmen belli bir adaptasyon oluşmuştur ^{120,101}.

Ekzentrik egzersizi takiben kasda meydana gelen hasar belirteçlerinin geriye dönmesi için belirli bir süre gerekir¹⁰¹, hasar oluşturan ekzentrik egzersizden sonra 3 günlük dinlenmenin izometrik kuvvet toparlanmasını geliştirdiğini ancak diğer kas fonksiyonları üzerinde etkili olmadığını ileri sürmüştür. Bir çalışmada, kasda oluşturulan hasarın ardından 5 günlük hareketsizleştirme ve tekrar normal hareketlere dönüş uygulaması ile kas rejenerasyonu hızlanmıştır¹⁰¹.

Maksimal bir yüklenme sonrasında, kasılmanın konsantrik veya ekzentrik olmasına bakılmaksızın meydana gelen hasarın toparlanması için kasın belirli bir süreye ihtiyacı vardır. Sporcular böyle bir egzersizin ardından antrenmanlarına DOMS'un varlığında da devam etmeleri gerektiğine inanırlar. Bu inanın altında, tekrarlı egzersiz uygulamalarının toparlanmayı hızlandırıp ağrıyı azaltacağı düşüncesi yatmaktadır. Gerçekten de, ilk egzersizden sonra yapılan daha yüksek kasılma hızlarındaki egzersizlerde bile toparlanmanın hızlandığı bildirilmektedir¹²⁰.

2.15.9. Ekzentrik Kas Kasılmaları

Üç çeşit kasılma tipi vardır, bunlar; konsantrik, izometrik ve ekzentrik kasılmalarıdır. Konsantrik kasılmalar kas boyu kısaldığında oluşurken, izometrik kasılmalar kas boyu sabit kaldığında meydana gelir; burada kuvvet ve direnç uygulanmaktadır, fakat hareket yoktur. Uygulanan kuvvet sonucu kas boyu uzuyorsa, bu kasılma ekzentrik bir kasılmadır^{121,122}.

Ekzentrik kasılmalar, kas boyunun uzadığı, kuvvet ve eklem genişliğini arttıran kasılma şeklidir. Ekzentrik kasılmalar yay ve darbe emici görevi alırlar. İnsan sıçrayıp yere inerken, quadriceps kası ekzentrik

kasılma aracılığıyla şok emici rolü alıp yerçekimi tepki kuvveti Ground Reaction Force (GRF)'inin oluşmasını sağlar. Quadriceps kası belirli bir noktaya kadar uzadıktan sonra normal dinlenik boyuna döner, bu işlev vücudun bir yay gibi dik pozisyona gelmesini sağlar^{121,122,123,124}



Şekil 4 : Ekzentrik Kas Kasılmaları

Tepe aşağıya yapılan koşularda veya bir ağırlığı aşağıya doğru indirirken ekzentrik kasılma oluşur. Ekzentrik antrenman, önemli kuvvet ve hacim kazanımı elde etmek için kullanılabilir ayrıca bir sonraki seviyeye geçmek ve geçirilen sakatlıkların azaltılmasında anahtar rol oynayabilmektedir. Kas hasarıyla beraber kas gücünde uzun süren kayıplar meydana gelir. Ekzentrik egzersizin hemen ardından saptanan % 50-60'lara varabilen kuvvet kayıpları giderek geriye döner. Her ne kadar kuvvet kaybının tam olarak geriye dönmesi için 10 günden daha fazla zamana ihtiyaç duyulabileceği bildirilmişse de kuvvet kaybı ile yapısal hasarı ilişkilendirmek güçtür. Yapısal hasar, egzersiz sonrası 2-3 gün içerisinde kötüleşirken kuvvet kaybı geriye dönme eğilimindedir^{125,126,127}. Ekzentrik egzersiz sonucu metabolik olarak tükenen kaslarda izometrik kasılma için elektrik stimülasyonu uygulaması, deneklerin tüm motor

ünitelerinin maksimum seviyede uyarılmasına yol açarken daha fazla bir kuvvet üretimine neden olmamaktadır ^{128,127} .

Ekzentrik kasılmalardan sonra insan kasına uygulanan elektrik stimülasyonu, gevşeme oranında değişikliğe yol açmazken uyarıyı takiben kaslardaki kasılmanın ortaya çıkmasına kadar olan sürede gecikme ile sonuçlanır. Egzersiz kaynaklı hasar sonucu kasılma-gevşeme döngüsündeki kayıplar hayvan modellerinde de görülmüştür. Kuvvetin azalması, uzama-gerilme ilişkisindeki değişime ya da daha az sayıda çapraz köprü üreten ve gereğinden fazla gerilen sarkomerlere bağlı olabilir. Ekzentrik egzersiz sonrası kas sinir sistemi kontrolünde kayıpların olduğu bildirilmiştir. Hareket genliğinde görünen bir azalma, genliğin her iki ucunda da görülür ^{128,127,129} .

Kasın tam olarak uzatılabilmesindeki yetersizliğin yanı sıra tam olarak kısaltılabilmesinde de yetersizlik görülür. Dayanıklılık performansı, kas glikojen seviyelerindeki değişiklikler nedeniyle ekzentrik egzersizden hasar gören kaslarda dengeyi kurabilir. Kas glikojeni ekzentrik egzersizlerden birkaç gün sonrasına kadar tam anlamıyla yerine konamaz. Yapılan araştırmalar ağrıyan kaslarla egzersiz yapan deneklerde, insülin direncinin olduğunu ortaya koymuştur ^{130,131,132,133} .

Bütün bu özetlenen çalışmalar ekzentrik egzersizi takiben görülen kuvvet kayıplarının, kas hasarı, yorgunluk veya sinir sistemi kaynaklı olabileceği, büyük olasılıkla da bu üçünün kombinasyonunun söz konusu olduğunu düşündürmektedir. Uzun süreli kuvvet kayıplarının diğer olası bir açıklaması, sarkomerlerin ekzentrik kasılmalar sonucunda gereğinden fazla açılmaları sonucu olabilir. Eğer uzama olayı bazı sarkomerleri

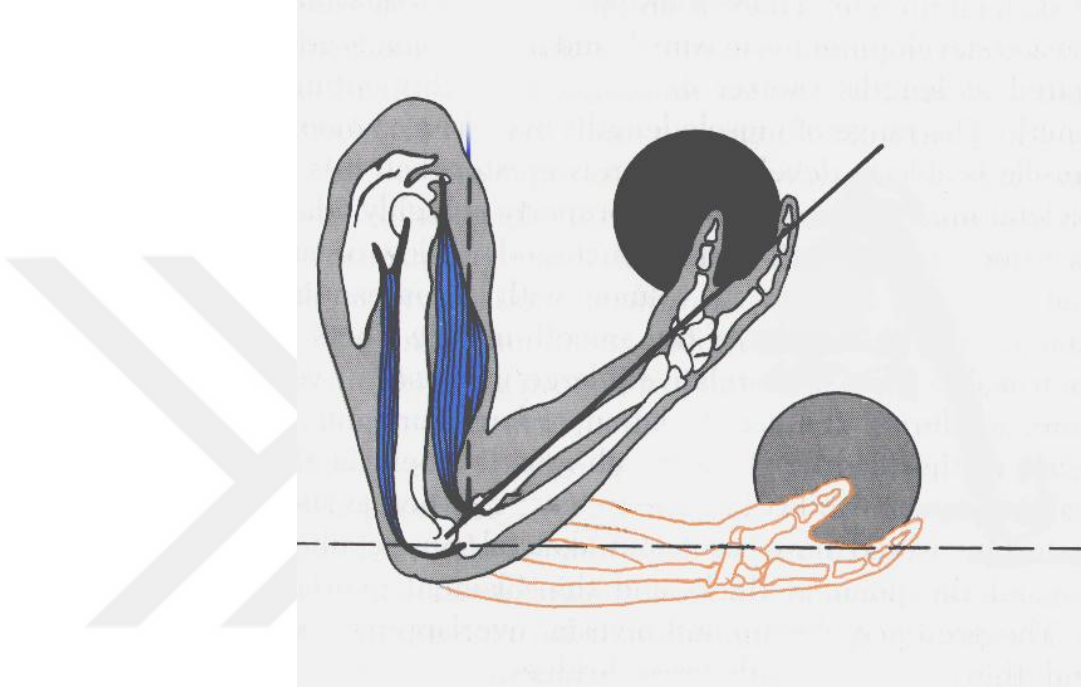
birbirinden ayırıyorsa o zaman, aktin ve miyozin filamentlerinin üst üste binmesini engelleyerek oluşabilecek çapraz köprülerin maksimum sayısını azaltacaktır. Kuvvet oluşturabilme yetisi, sarkomer uzunluğundaki bu değişiklik sonucunda azalabilir ^{134, 114} .

Çalışmalar, kas fibrillerinin ekzentrik egzersiz sonucu hasara uğradıklarını göstermiştir. Ekzentrik egzersizden 2 gün sonra alınan biyopsilerde; Z-bandında zikzaklanma, sarkomerlerde gerilme şeklinde miyofibril hasarları gözlenmiştir. Ayrıca, Friden ve arkadaşlarına göre egzersizden 2 gün sonraki miyofibriler hasar, egzersizin hemen sonrasındakinden daha yüksektir. Bu durum, kuvvet kayıplarının miyofibriler hasardan bağımsız olduklarını gösterebilir ^{98,135,136,137} .

2.15.10. Konsantrik Kas Kasılmaları

Dinamik bir kasılma şeklidir. Kasın tonusu (gerimi) sabit kalırken boyu kısalmaktadır. Bir ağırlığın yerden yukarıya kaldırılması, bu kasılma türüne basit bir örnektir. Konsantrik kasılmalarda bir hareket söz konusudur, mekanik bir iş yapılır. Elimize aldığımız bir ağırlıkla dirsek eklemimizi fleksiyona getirdiğimiz sırada dirsek bölgesini önden kateden biceps brachii kası konsantrik kasılmaktadır. Kasın boyunda bir kısılma olmuş, aynı zamanda da ön kol üst kola doğru hareket etmiştir. Kas gücünü arttırmak ve kasta hipertrofiyi oluşturmak için en çok kullanılan ve tercih edilen kasılma türüdür. Örneğin koşma veya merdiven çıkma sırasında aktif kaslar başlıca konsantrik olarak kasılırlar. Konsantrik kasılmaya izotonik kasılma da denir. Fakat eklem hareketi sırasında kas tonusu da değişmek zorunda olduğu için, vücutta meydana gelen

kasılmalar izotonik değildir. Konsantrik kasılmada verim; a- Kas fibrillerinin başlangıç uzunluğuna, b- Kasların kemikler ile yaptığı açıya (çekme açısı), c- Kısalma hızına bağlıdır ^{121,122,123,124} .



Şekil 5 : Konsantrik Kas Kasılmaları

2.15.11. Kas hasarının önlenmesinde kullanılan yöntemler

Kas hasarının önlenmesinde birçok koruyucu mekanizma olduğu bilinmektedir. Antrenman, önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmakla birlikte antrenmanın, içeriğine pasif gerdirme egzersizleri, izometrik kontraksiyonlar ve ekzentrik egzersizlerin eklenmesi önerilmektedir. Egzersizden önce ısınma ve germe, egzersiz bitiminde ise masaj yapılması ile karakterize kombine uygulamanın kan CK ve Mb düzeylerindeki artışı engellediği, maksimal izometrik kuvvet ve eklemden ROM'u koruduğu ve DOMS'u engellediği bildirilmiştir. Bununla birlikte, kas

hasarı sadece sportif aktivitelerde değil herhangi bir cerrahi müdahale, iskemik reperfüzyon vb. gibi farklı nedenlere bağlı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bundan dolayı, kas hasarının önlenmesinde hasar oluşumunda rol oynadığı düşünülen mekanizmalara ilişkin yaklaşımlar da kullanılmaktadır. Bu amaçla, farmakolojik ajanlar, kalsiyum kanalı antagonistleri, vitamin E, koenzim Q₁₀, östrojen, tamoksifen, kortikosteroidler yaygın olarak kullanılmaktadır. Kalsiyum antagonistlerinin, koşu sonrası hasarı azalttığı bildirilmiştir. Vitamin E, Vitamin C, Koenzim Q₁₀, östradiol ve tamoksifen membran stabilizatörü olarak rol oynar. Vitamin E yetersizliğinin erkek sıçanlarda hasara yatkınlığı arttırdığı, tamoksifenin ise in vitro modelde soleus CK salınımının azalmasına yol açtığı bildirilmiştir. Kas hasarının önlenmesinde uygulanan diğer bazı yöntemlerden olan ağrıyan kasa kesik hava basıncı uygulaması, hidroterapi, fototerapi, soğuk uygulama, masaj ve ultrasonun sınırlı bir etkiye sahip olduğu görülmüştür^{138,139,140,141,142,143,144,145,146,147,148}.

Bu nedenle bu tez çalışmasında öncelikle eksentrik ve konsentrik maksimal şiddette yapılan yüklenme sonrası toparlanma düzeyleri ve kas hasarının 2 farklı gruptaki durumunu görmek amacı ile yapılmıştır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Araştırma Grubu

Bu çalışmada araştırma grubuna haftada 4 gün 2 saat antrenman yapan amatör süper ligde oynayan 1990-1992 doğumlu 12 futbolcu ile aynı yaş grubu fizyoterapi ve rehabilitasyon bölümünde okuyan spor yapmayan 10 kişiden oluşan toplamda 22 kişi ile ölçümler alınmıştır. Katılanların ailelerine, antrenörlerine ve kendilerine çalışma hakkında ayrıntılı bilgi verilerek aydınlanmış onamları alınmıştır. 21.03.2012 / 2673 tarih sayı ilede çalışmanın Gazi Üniversitesi Etik Kurul raporu alınmıştır.

3.2. Test protokolü

Araştırmaya katılan deneklerin CK, AST, LDH düzeylerinin belirlenmesi amacıyla koşu bandı testi öncesinde egzersiz öncesi durum (Eö) ve egzersiz sonrası durum (Es), egzersiz bitiminden 24 saat sonraki durum (24s), egzersiz bitiminden 48 saat sonraki durum (48s), olmak üzere 4 kez ön koldan venöz kan örnekleri alınmıştır.

3.2.2. Koşu Bandı Test Protokolü

Denekler teste 8 km/s koşu hızında yokuş yukarı %10 sabit eğimde başlamış, ve her 3 dk. da bir hız 1 km/s arttırılarak koşu denek testi

kendisi bırakana kadar sürdürülmüştür. Denekler her hız artımından önce 1dk. dinlendirilmiştir ¹⁴⁹ .

Test sırasında deneklerin KAH'ları portatif telemetrik kalp atım monitörü ile kaydedilmiştir (Polar RS 400). Teste başlamadan önce ve her hız artımından önce (1dk. aralarda) deneklerin kulak memesinden kan alınmış ve alınan kanlar hiçbir işleme tabi tutulmadan YSI 1500 laktik asit analizöründe elektroenzimatik olarak laktat konsantrasyonu ölçülmüştür. Denek testi bıraktıktan sonra oturarak (pasif dinlenme) her 3 dakikada bir kulak memesinden kan alınmış 2 mmol/l düzeyini görene kadar toparlanma süreleri takip edilmiştir.

Aynı deneklere 15 gün sonra % 10 sabit eğimde yokuş aşağı olacak şekilde aynı test protokolü uygulanmıştır.

3.3. Veri Toplama Araçları

3.3.1. Vücut Ağırlığı Ölçümleri:

Sporcuların vücut ağırlıkları, $\pm 0,1$ kg hassasiyetiyle ölçüm yapan bir baskül (Tanita BC-418) ile ölçülmüştür. Spor kıyafeti ve (şort ve askılı forma) çıplak ayak ile baskül üzerinde anatomik duruşla iken kilogram cinsinden alınmıştır.

3.3.2. Boy Uzunluğu Ölçümleri:

Sporcuların boy uzunlukları $\pm 1\text{mm}$ hassasiyetiyle ölçüm yapan bir stodiometre (Holtain Ltd. UK.) ile ölçülmüştür. Kişi anatomik duruşta iken insprasyon aşamasında, baş frankfort düzleminde ve baş üstü tablası verteks noktasına değecek şekilde konumlandırılarak, ölçüm çıplak ayak ile santimetre cinsinden alınmıştır.

3.3.3. Laktat Analizi:

Sporcuların kan-laktat konsantrasyonları YSI 1500 Sport (Yellow Spring OHIO, USA) laktat analizörü ile hemolize tam kan olarak ölçülmüştür. Analizör $\pm 0.01 \text{ mmol. l}^{-1}$ hata ile ölçüm yapmaktadır. Kan örnekleri analiz edilmeden önce 5 mmol. l^{-1} standart konsantrasyonla üretici firmanın yönergesi doğrultusunda kalibre edilmiştir.

3.3.4. Kalp Atım Hızı (KAH):

Kalp atım hızı, deneklere üzerine takılan kalp atım mönitörü ile her saniyesi (1 sn'lik interval) (Polar RS 400 multi, Finland) sürekli olarak kaydedilmiştir.

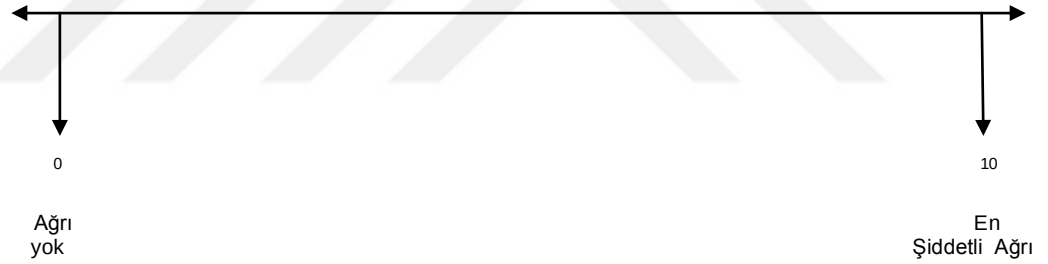
3.3.5. Borg Skalası:

Algılanan zorluk derecesine göre deneklere her hız artımından önce (1dk. aralarda) sorulmuştur (Ek-1)¹⁵⁰.

3.3.6. Gecikmiş Kas Ağrısı (DOMS) :

Ağrı Skorlarının Belirlenmesi,

Deneklere egzersizden sonraki 24. saat ve 48. saatlerde 0'dan 10'a kadar skorlanan ağrı skalası gösterilerek (0= ağrı yok, 10= çok şiddetli ağrı) hissettikleri ağrıyı 0 ile 10 arasında skorlamaları istenmiştir ¹⁵¹ .



Şekil 6 : Görsel ağrı skalası

3.3.7. Biokimyasal Testler

Alınan kanlar 5000 devir/dakikada santrifüj edilerek 80 derecede saklanmıştır. Sonra bu kanlar da serum CK, AST ve LDH orijinal Beckman Coulter kitleri ile AU2700 oto analizöründe çalışılmıştır.

3.4. İstatistiksel Analiz:

Kaydedilen verilerin tanımlayıcı istatistikleri, SPSS 15.0 paket programında ortalama ve standart sapma (X, SD) hesaplandıktan sonra ölçümler arasındaki farklar bağımlı gruplarda “Wilcoxon Eşleştirilmiş İki Örnek Testi”, bağımsız gruplarda ise ‘Mann-Whitney U’ testi ile değerlendirilmiştir. Bağımlı gruplarda tek yönlü tekrarlı ölçümleri analiz etmek için Friedman İki Yönlü Varyanz Analizi, hangi gruptan kaynaklandığını belirlemek için Wilcoxon Testi kullanılmıştır. Anlamlılık düzeyi olarak ise $p < 0.05$ kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Sporcuların antropometrik özellikleri Tablo 1' de gösterilmiştir.

Tablo 1: Sporcuların Antropometrik Özellikleri

	Denek Sayısı (n)	Boy (cm)	VA (kg)	BMI (kg/m ²)	Yaş (yıl)
Sporcu	12	1,76 ± 0,5	73,4 ± 6,4	23,5 ± 1,24	22,08 ± 3,26
Kontrol	10	1,74 ± 0,0	65,94 ± 8,65	21,81 ± 3,00	20,1 ± 1,13

Deneklerin koşu hızlarına verilen kalp atım hızı cevapları Tablo 2' de ve Grafik 1' de gösterilmiştir.

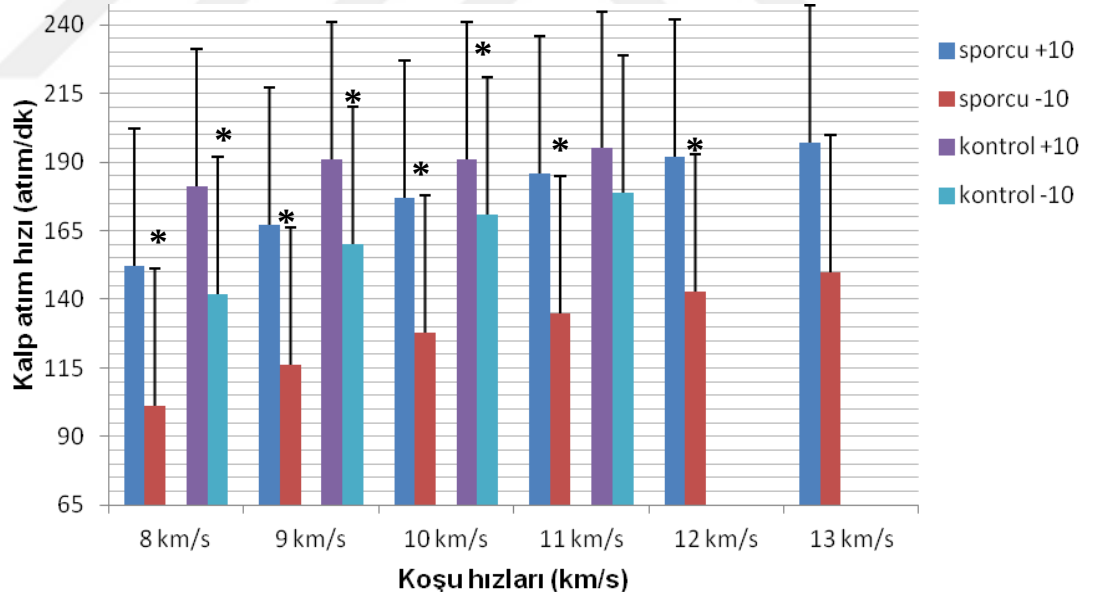
Tablo 2: Koşu hızlarına verilen KAH cevapları (atım/dk)

	Sporcu (+10) (n=12)	Sporcu (-10) (n=10)			Kontrol (+10) (n=10)	Kontrol (-10) (n=9)		
	X ±SS	X±SS	z	p	X±SS	X±SS	z	p
8 km/s	152,6 ± 7,5	101,8 ± 24,9	-2,80	0,00*	181,9 ±15,5	142,5 ± 21,2	-2,67	0,00*
9 km/s	167,2 ± 10,8	116,6 ± 17,1	-2,80	0,00*	191,8 ± 11,4	160,1 ±10,7	-2,52	0,01*
10 km/s	177,6 ± 9,5	128,5 ± 9,9	-2,80	0,00*	191,5 ± 9,4	171,7 ±12,7	-1,99	0,04*
11 km/s	186,5 ± 8,5	135,4 ± 9,4	-2,80	0,00*	195,6 ± 17,5	179,7 ±16,0	-1,60	0,10
12 km/s	192,7 ± 8,2	143,6 ± 9,7	-2,20	0,02*				
13 km/s	197,5 ± 0,7	150,6 ± 8,9	-1,34	0,18				

*(p<0.05).

+10 : Koşu bandı eğimi (konsantrik yüklenme)

- 10 : Koşu bandı eğimi (eksantrik yüklenme)



Grafik 1: Koşu hızlarına verilen KAH cevapları

+10 ve -10 eğimde yapılan grup içi karşılaştırmada sporcuların koşu hızlarına karşılık gelen kalp atım hızı cevapları incelendiğinde 8, 9,10, 11, 12, km/s koşu hızında, kontrol grubunun ise 8, 9,10 km/s koşu hızlarındaki kalp atım hızı cevaplarında anlamlı fark bulunmuştur (p<0.05).

Deneklerin koşu hızlarına verilen kalp atım hızı cevapları Tablo 3' de ve Grafik 2' de gösterilmiştir.

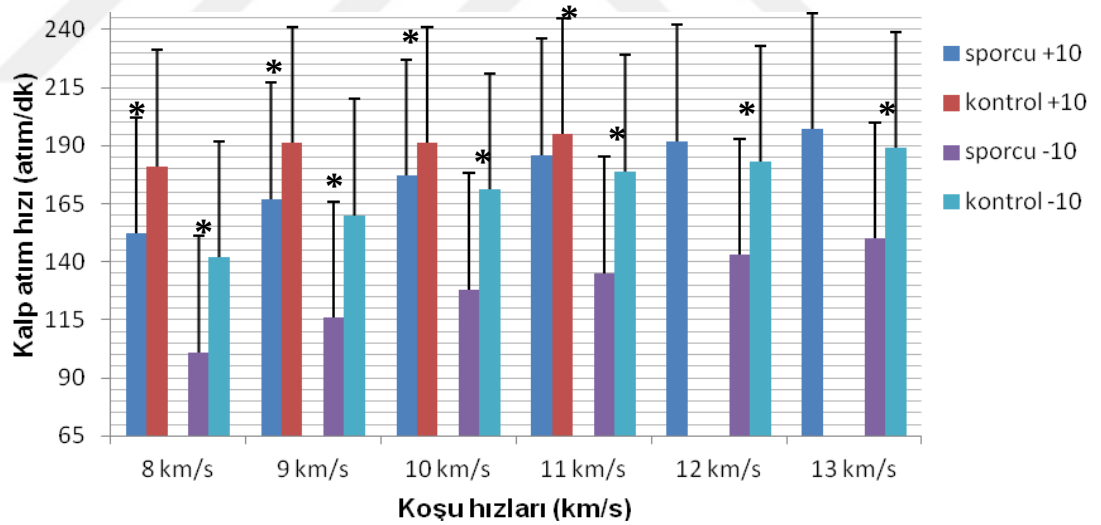
Tablo 3: Koşu hızlarına verilen KAH cevapları (atım/dk)

	Sporcu (+10) (n=12)	Kontrol (+10) (n=10)			Sporcu (-10) (n=10)	Kontrol (-10) (n=9)		
	X ±SS	X±SS	z	p	X±SS	X±SS	z	p
8 km/s	152,6 ± 7,5	181,9 ±15,5	-3,56	0,00*	101,8 ± 24,9	142,5 ± 21,2	-2,94	0,00*
9 km/s	167,2 ± 10,8	191,8 ± 11,4	-3,41	0,00*	116,6 ± 17,1	160,1 ±10,7	-3,63	0,00*
10 km/s	177,6 ± 9,5	191,5 ± 9,4	-2,58	0,00*	128,5 ± 9,9	171,7 ±12,7	-3,59	0,00*
11 km/s	186,5 ± 8,5	195,6 ± 17,5	-0,86	0,00*	135,4 ± 9,4	179,7 ±16,0	-3,51	0,00*
12 km/s	192,7 ± 8,2				143,6 ± 9,7	183,0 ± 16,1	-3,24	0,00*
13 km/s	197,5 ± 0,7				150,6 ± 8,9	189,2 ± 13,5	-3,46	0,00*

*(p<0.05).

+10 : Koşu bandı eğimi (konsantrik yüklenme)

- 10 : Koşu bandı eğimi (eksantrik yüklenme)



Grafik 2: Koşu hızlarına verilen KAH cevapları (atım/dk)

+10 ve -10 eğitimde yapılan gruplararası karşılaştırmada + 10 eğitimde sporcuların ve kontrol grubunun koşu hızlarına verilen kalp atım hızı cevapları incelendiğinde 8, 9,10, 11 km/s koşu hızında, - 10 eğitimde ise 8, 9,10,11, 12, 13 km/s koşu hızlarındaki kalp atım hızı cevaplarında anlamlı fark bulunmuştur (p<0.05).

Deneklerin koşu hızlarına verilen laktik asit cevapları Tablo 4' de ve Grafik 3' de gösterilmiştir.

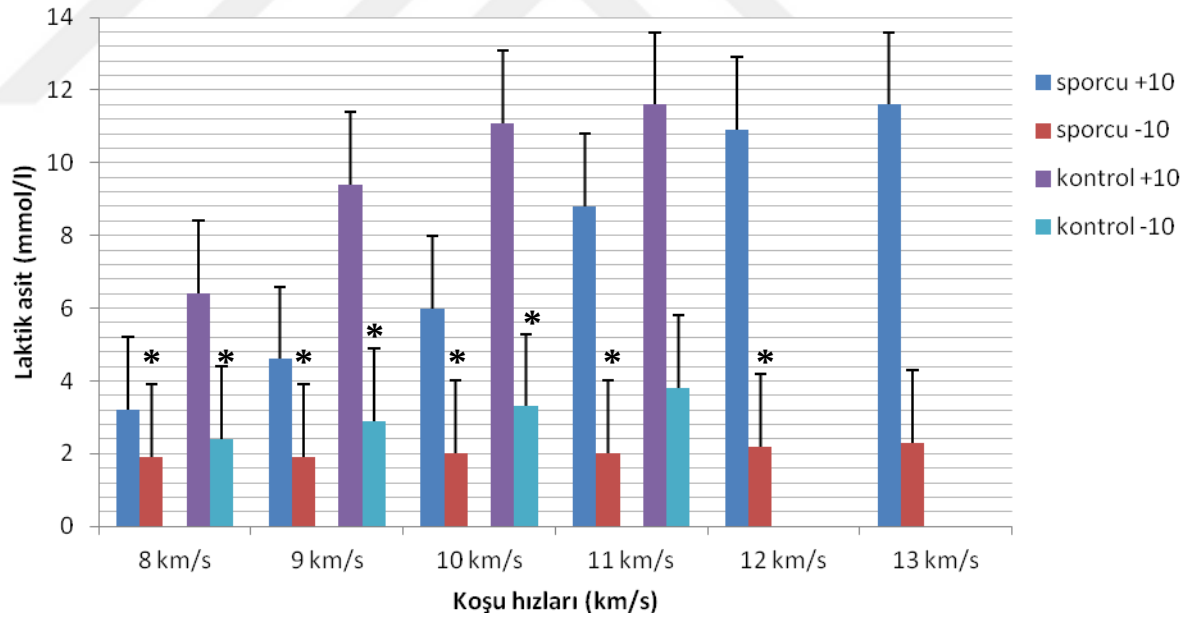
Tablo 4: Koşu hızlarına verilen La cevapları (mmol/l)

	Sporcu (+10) (n=12)	Sporcu (-10) (n=10)			Kontrol (+10) (n=10)	Kontrol (-10) (n=9)		
	X ±SS	X±SS	z	p	X±SS	X±SS	z	p
8 km/s	3,2 ± 0,6	1,9 ± 0,3	-2,80	0,00*	6,4 ± 2,1	2,4 ± 0,8	-2,00	0,00*
9 km/s	4,6 ± 0,9	1,9 ± 0,3	-2,80	0,00*	9,4 ± 2,6	2,9 ± 1,3	-2,51	0,01*
10 km/s	6,0 ± 1,3	2,0 ± 0,3	-2,80	0,00*	11,1 ± 2,7	3,3 ± 1,7	-2,02	0,04*
11 km/s	8,8 ± 1,8	2,0 ± 0,3	-2,80	0,00*	11,6 ± 5,3	3,8 ± 2,1	-1,34	0,18
12 km/s	10,9 ± 1,5	2,2 ± 0,3	-2,20	0,02*				
13 km/s	11,6 ± 0,7	2,3 ± 0,3	-1,34	0,18				

*(p<0.05).

+10 : Koşu bandı eğimi (konsantrik yüklenme)

- 10 : Koşu bandı eğimi (eksantrik yüklenme)



Grafik 3: Koşu hızlarına verilen La cevapları (mmol/l)

Sporcuların grubu +10 ve -10 eğimde yapılan karşılaştırmada koşu hızlarına verilen La cevapları incelendiğinde 8, 9, 10, 11, 12, km/s koşu hızlarında, kontrol grubunda ise 8, 9, 10 km/s koşu hızlarındaki La cevaplarında anlamlı fark bulunmuştur (p<0.05).

Deneklerin koşu hızlarına verilen laktik asit cevapları Tablo 5’ de ve Grafik 4’ de gösterilmiştir.

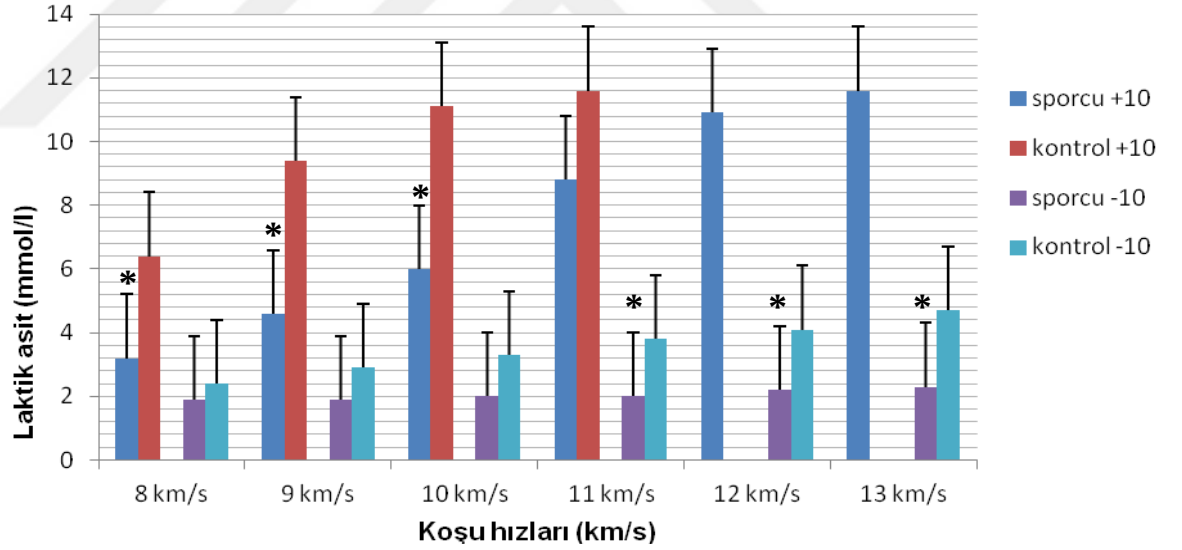
Tablo 5: Koşu hızlarına verilen La cevapları (mmol/l)

	Sporcu (+10) (n=12)	Kontrol (+10) (n=10)			Sporcu (-10) (n=10)	Kontrol (-10) (n=9)		
	X ±SS	X±SS	z	p	X±SS	X±SS	z	p
8 km/s	3,2 ± 0,6	6,4 ± 2,1	-3,56	0,00*	1,9 ± 0,3	2,4 ± 0,8	-1,30	0,21
9 km/s	4,6 ± 0,9	9,4 ± 2,6	-3,34	0,00*	1,9 ± 0,3	2,9 ± 1,3	1,30	0,21
10 km/s	6,0 ± 1,3	11,1 ± 2,7	-2,90	0,00*	2,0 ± 0,3	3,3 ± 1,7	-1,88	0,06
11 km/s	8,8 ± 1,8	11,6 ± 5,3	-0,73	0,54	2,0 ± 0,3	3,8 ± 2,1	-2,28	0,02*
12 km/s	10,9 ± 1,5				2,2 ± 0,3	4,1 ± 1,3	-3,19	0,00*
13 km/s	11,6 ± 0,7				2,3 ± 0,3	4,7 ± 1,3	-3,55	0,00*

*(p<0.05).

+10 : Koşu bandı eğimi (konsantrik yüklenme)

- 10 : Koşu bandı eğimi (eksantrik yüklenme)



Grafik 4: Koşu hızlarına verilen La cevapları (mmol/l)

Sporcuların ve kontrol grubunun gruplararası +10 ve -10 eğimde yapılan karşılaştırmada koşu hızlarına verilen La cevapları incelendiğinde +10 eğimde 8, 9, 10 km/s koşu hızlarında, -10 eğimde ise 11, 12, 13 km/s koşu hızlarındaki La cevaplarında anlamlı fark bulunmuştur (p<0.05).

Deneklerin koşu hızlarına verilen Borg cevapları Tablo 6' de ve Grafik 5' de gösterilmiştir.

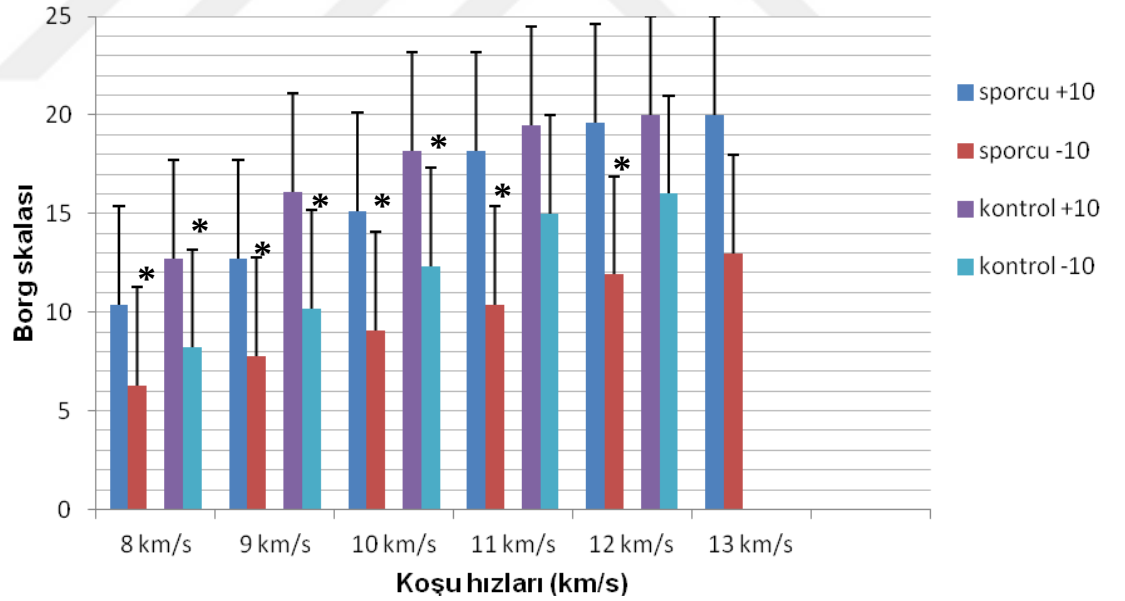
Tablo 6: Koşu hızlarına verilen Borg cevapları

	Sporcu (+10) (n=12)	Sporcu (-10) (n=10)			Kontrol (+10) (n=10)	Kontrol (-10) (n=9)		
	X ±SS	X±SS	z	p	X±SS	X±SS	z	p
8 km/s	10,4 ± 2,0	6,3 ± 0,3	-2,81	0,00*	12,7 ± 2,4	8,2 ± 0,9	-2,53	0,01*
9 km/s	12,7 ± 2,4	7,8 ± 1,5	-2,67	0,00*	16,1 ± 2,4	10,2 ± 1,3	-2,52	0,01*
10 km/s	15,1 ± 1,9	9,1 ± 1,9	-2,82	0,00*	18,2 ± 2,2	12,3 ± 1,8	-2,20	0,02*
11 km/s	18,2 ± 1,7	10,4 ± 2,4	-2,80	0,00*	19,5 ± 0,7	15,0 ± 2,2	-1,34	0,18
12 km/s	19,6 ± 1,0	11,9 ± 2,5	-2,21	0,02*	20	16,0 ± 0,9		
13 km/s	20	13,0 ± 3,0						

*(p<0.05).

+10 : Koşu bandı eğimi (konsantrik yüklenme)

- 10 : Koşu bandı eğimi (eksantrik yüklenme)



Grafik 5: Koşu hızlarına verilen Borg cevapları

Sporcuların grup içi karşılaştırmalarında koşu hızlarına verilen Borg cevaplarında 8, 9, 10, 11, 12, km/s koşu hızlarında ve kontrol grubunun grup içi karşılaştırılmasında 8, 9, 10 km/s koşu hızlarındaki Borg cevaplarında anlamlı farklar bulunmuştur (p<0.05).

Deneklerin koşu hızlarına verilen Borg cevapları Tablo 7' de ve Grafik 6' de gösterilmiştir.

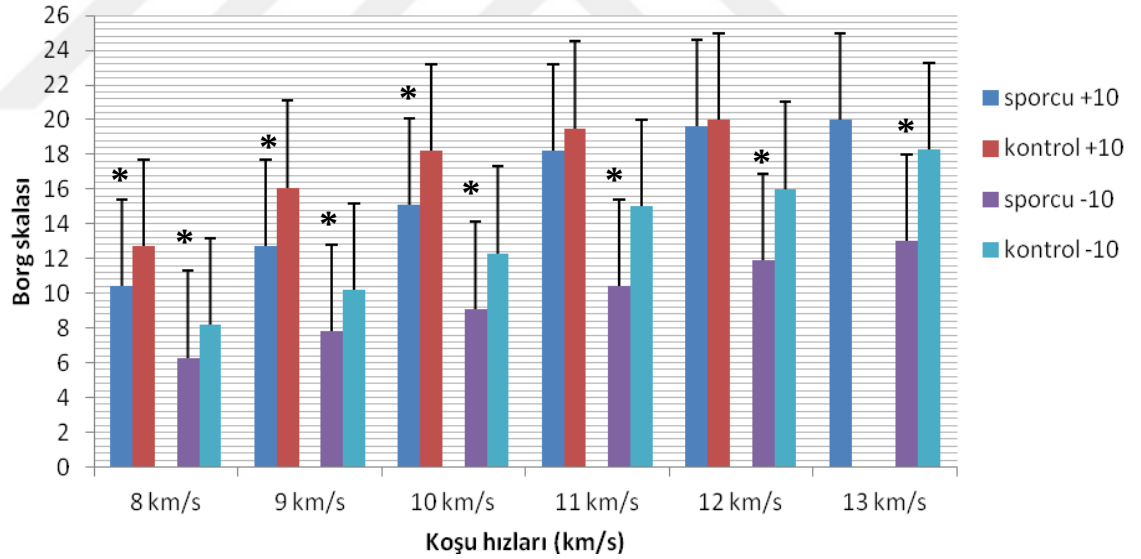
Tablo 7: Koşu hızlarına verilen Borg cevapları

	Sporcu (+10) (n=12)	Kontrol (+10) (n=10)			Sporcu (-10) (n=10)	Kontrol (-10) (n=9)		
	X ±SS	X±SS	z	p	X±SS	X±SS	z	p
8 km/s	10,4 ± 2,0	12,7 ± 2,4	-2,04	0,04*	6,3 ± 0,3	8,2 ± 0,9	-3,25	0,00*
9 km/s	12,7 ± 2,4	16,1 ± 2,4	-2,87	0,00*	7,8 ± 1,5	10,2 ± 1,3	-2,82	0,00*
10 km/s	15,1 ± 1,9	18,2 ± 2,2	-2,51	0,01*	9,1 ± 1,9	12,3 ± 1,8	-2,80	0,00*
11 km/s	18,2 ± 1,7	19,5 ± 0,7	-0,85	0,44	10,4 ± 2,4	15,0 ± 2,2	-3,28	0,00*
12 km/s	19,6 ± 1,0	20	-0,35	0,88	11,9 ± 2,5	16,0 ± 0,9	-3,35	0,00*
13 km/s	20				13,0 ± 3,0	18,3 ± 1,3	-3,13	0,00*

*(p<0.05).

+10 : Koşu bandı eğimi (konsantrik yüklenme)

- 10 : Koşu bandı eğimi (eksantrik yüklenme)



Grafik 6: Koşu hızlarına verilen Borg cevapları

Koşu hızlarına verilen Borg cevapları +10 eğitimde sporcu ve kontrol grubunun 8, 9, 10 km/s koşu hızlarında, -10 eğitimde sporcu ve kontrol grubu gruplararası karşılaştırılmasında 8, 9, 10, 11, 12, 13 km/s koşu hızlarındaki Borg cevaplarında anlamlı fark bulunmuştur (p<0.05).

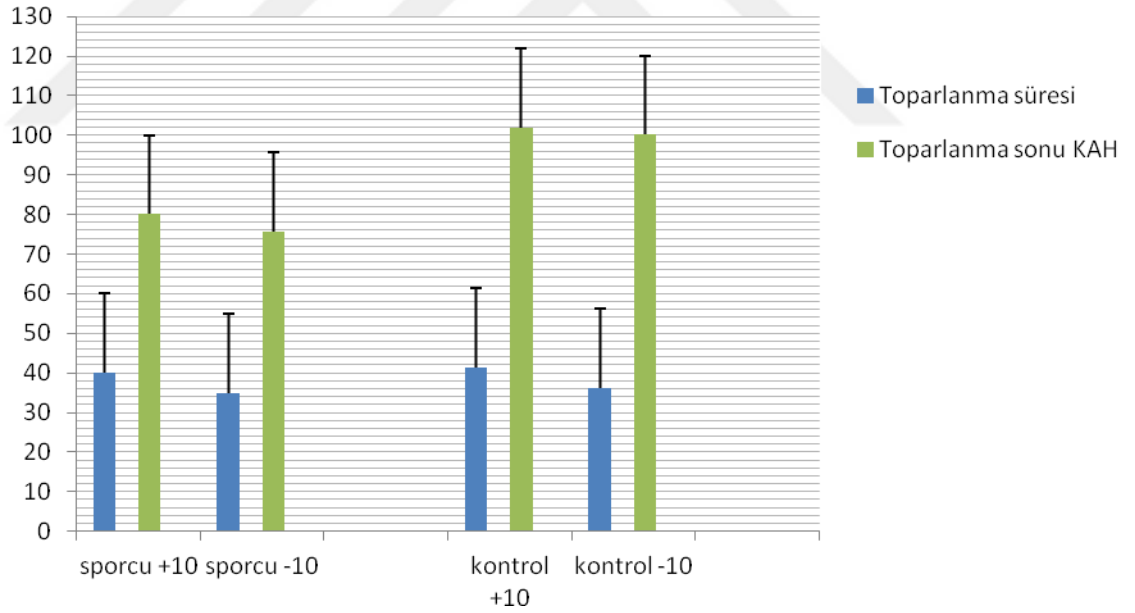
Deneklerin toparlanma süreleri ve toparlanma sonu kalp atım hızları Tablo 8’ de ve Grafik 7’ de gösterilmiştir.

Tablo 8: Toparlanma süreleri ve toparlanma sonu KAH'ları

	Sporcu (+10) (n=12)	Sporcu (-10) (n=10)			Kontrol (+10) (n=10)	Kontrol (-10) (n=9)		
	X ±SS	X±SS	z	p	X±SS	X±SS	z	P
Ts (dk)	40,1 ± 9,5	35 ± 18,9	-0,88	0,37	41,3 ±7,4	36,1 ± 20,3	-0,77	0,44
Tsn KAH (atım/dk)	80,08 ± 7,7	75,7 ± 6,6	-1,32	0,18	101,9 ±11,9	100,1 ± 20,2	-0,65	0,51

*(p<0.05).

+10 : Koşu bandı eğimi (konsantrik yüklenme) - Ts : Toparlanma süresi (dk)
- 10 : Koşu bandı eğimi (eksantrik yüklenme) - Tsn KAH : Toparlanma sonu KAH (atım/dk)



Grafik 7: Toparlanma süreleri ve toparlanma sonu KAH'ları

Sporcuların +10 ve -10 eğitimde yapılan grupları karşılaştırmasında egzersiz sonrası toparlanma süreleri ve toparlanma sonu KAH hızlarında ve kontrol grubunun egzersiz sonrası toparlanma süreleri ve toparlanma sonu KAH hızlarında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

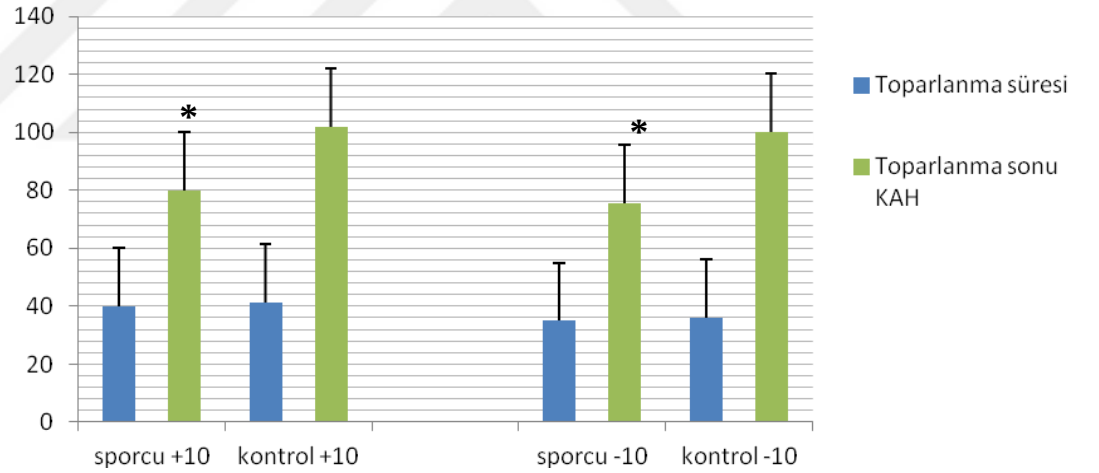
Deneklerin toparlanma süreleri ve toparlanma sonu kalp atım hızları Tablo 9’ de ve Grafik 8’ de gösterilmiştir.

Tablo 9: Toparlanma süreleri ve toparlanma sonu KAH'ları

	Sporcu (+10) (n=12)	Kontrol (+10) (n=10)			Sporcu (-10) (n=14)	Kontrol (-10) (n=9)		
	X ±SS	X±SS	z	p	X±SS	X±SS	z	p
Ts (dk)	40,1 ± 9,5	41,3 ±7,4	-0,06	0,97	35 ± 18,9	36,1 ± 20,3	-0,08	0,96
Tsn KAH (atım/dk)	80,08 ± 7,7	101,9 ±11,9	-3,63	0,00*	75,7 ± 6,6	100,1 ± 20,2	-2,82	0,00*

*(p<0.05).

+10 : Koşu bandı eğimi (konsantrik yüklenme) - Ts : Toparlanma süresi (dk)
- 10 : Koşu bandı eğimi (eksantrik yüklenme) - Tsn KAH : Toparlanma sonu KAH (atım/dk)



Grafik 8: Toparlanma süreleri ve toparlanma sonu KAH'ları

Sporcuların ve kontrol grubunun +10 ve -10 eğitimde yapılan gruplararası karşılaştırmasında egzersiz sonrası toparlanma sürelerinde ve kontrol grubunun toparlanma sonu kalp atım hızı cevaplarında anlamlı fark bulunmazken, sporcuların toparlanma sonu kalp atım hızı cevaplarında anlamlı farklar bulunmuştur (p<0.05).

Deneklerin egzersiz sonrası 24. ve 48. saat DOMS cevapları Tablo 10' de ve Grafik 9' de gösterilmiştir.

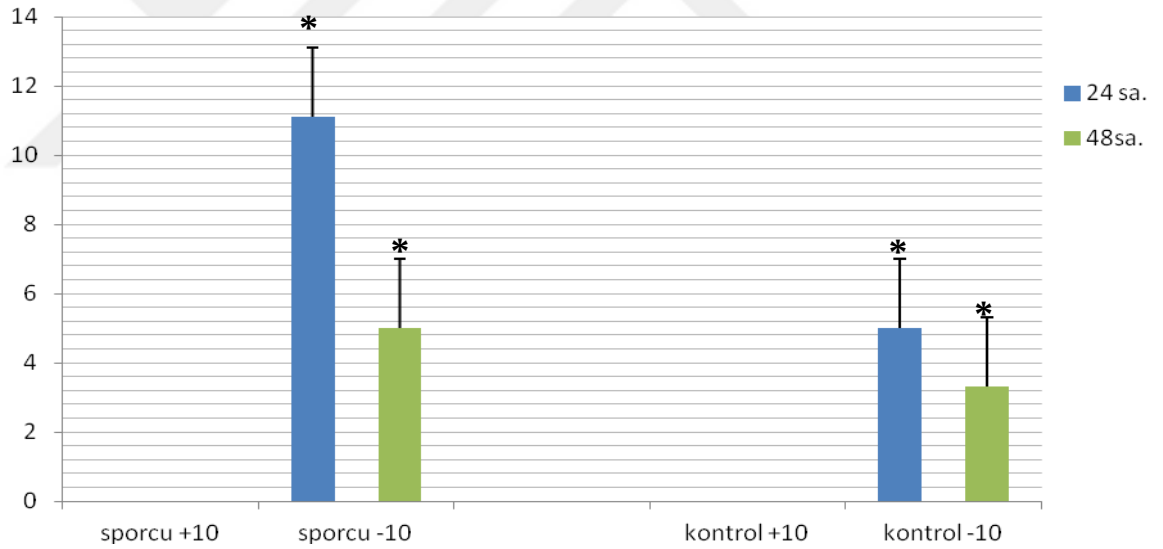
Tablo 10: Egzersiz sonrası DOMS değerleri

	Sporcu (+10) (n=12)	Sporcu (-10) (n=10)	z	p	Kontrol (+10) (n=10)	Kontrol (-10) (n=9)	z	p
	X ±SS	X±SS			X±SS	X±SS		
24 saat	0,0 ± 0,0	11,1 ± 11,3	-2,67	0,00*	0,0 ± 0,0	5,0 ± 2,0	-2,67	0,00*
48 saat	0,0 ± 0,0	5,0 ± 2,4	-2,67	0,00*	0,0 ± 0,0	3,3 ± 2,5	-2,67	0,01*

*(p<0.05).

+10 : Koşu bandı eğimi (konsantrik yüklenme)

- 10 : Koşu bandı eğimi (eksantrik yüklenme)



Grafik 9: Egzersiz sonrası DOMS değerleri

Hem sporcuların hemde kontrollerin +10 eğimde yapılan koşu sonrası hiç DOMS gelişmemiştir. Sporcuların ve kontrol grubunun +10 ve -10 eğimde yapılan grup içi karşılaştırmasında -10 eğimde egzersiz sonrası 24.saat ve 48.saat DOMS değerlerinde anlamlı sonuçlar bulunmuştur (p<0.05).

Deneklerin egzersiz sonrası 24. ve 48. saat DOMS cevapları Tablo 11' de ve Grafik 10' de gösterilmiştir.

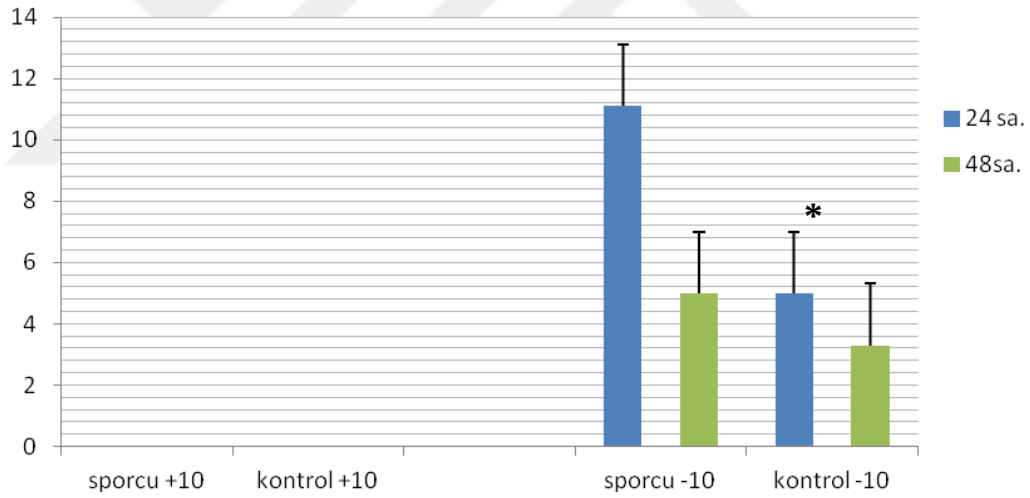
Tablo 11: Egzersiz sonrası DOMS değerleri

	Sporcu (+10) (n=12)	Kontrol (+10) (n=10)			Sporcu (-10) (n=14)	Kontrol (-10) (n=9)		
	X ±SS	X±SS	z	p	X±SS	X±SS	z	p
24 saat	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,00	1,00	11,1 ± 11,3	5,0 ± 2,0	-2,36	0,01*
48 saat	0,0 ± 0,0	0,0 ± 0,0	0,00	1,00	5,0 ± 2,4	3,3 ± 2,5	-1,29	0,22

*(p<0.05).

+10 : Koşu bandı eğimi (konsantrik yüklenme)

- 10 : Koşu bandı eğimi (eksantrik yüklenme)



Grafik 10: Egzersiz sonrası DOMS değerleri

Sporcuların ve kontrol grubunun +10 eğimde yapılan karşılaştırmasında egzersiz sonrası 24.saat ve 48.saat ve -10 eğimde 48. saat DOMS değerlerinde anlamlı bir fark bulunmazken, -10 eğimde 24. saat DOMS değerlerinde anlamlı fark bulunmuştur (p<0.05).

Deneklerin kas hasarı cevapları Tablo 12’ de ve Grafik 11’ de gösterilmiştir.

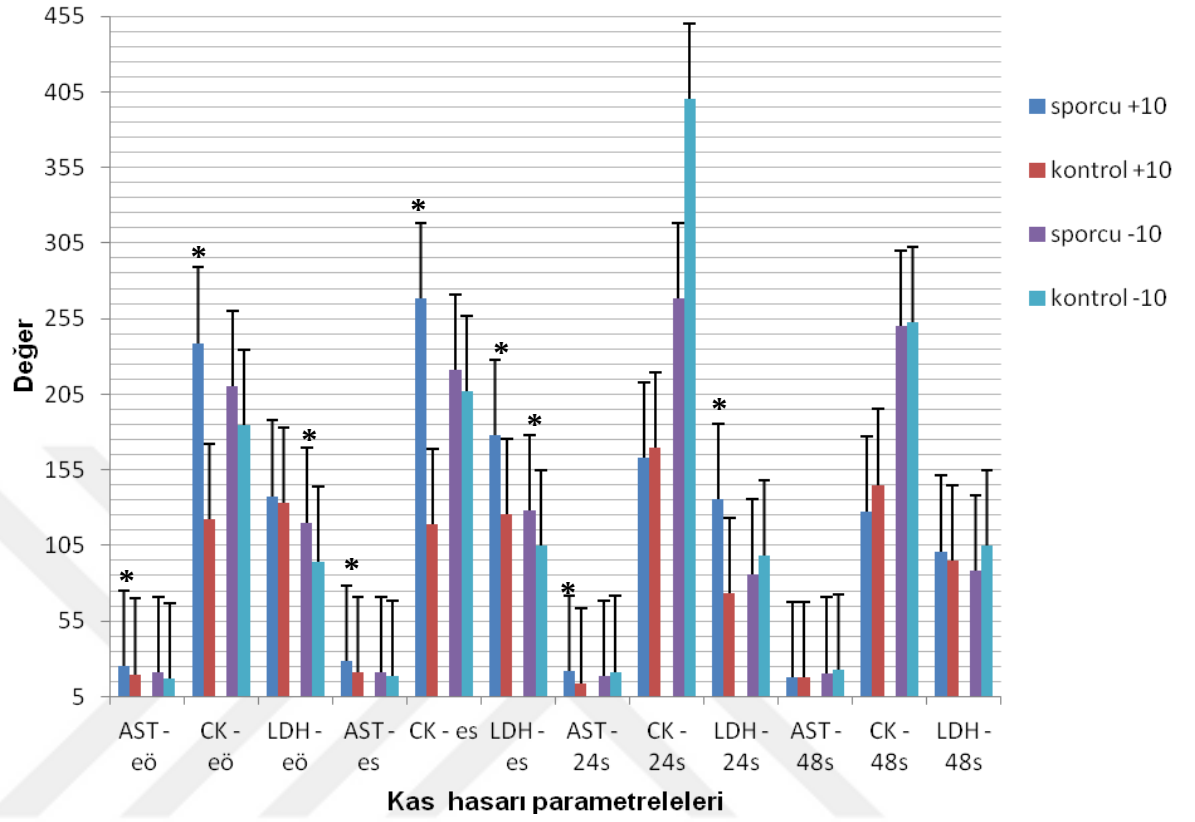
Tablo 12: Deneklerin AST, CK, LDH değerleri

	Sporcu (+10) (n=12)	Kontrol (+10) (n=10)	z	p	Sporcu (-10) (n=10)	Kontrol (-10) (n=9)	z	p
	X ±SS	X±SS			X±SS	X±SS		
AST - Eö	24,9 ± 5,1	19,8 ± 4,1	-2,45	0,01*	20,7 ± 4,0	17,0 ± 7,0	-1,32	0,20
CK – Eö	238,9 ± 141,5	122,0 ± 37,3	-2,27	0,02*	210 ± 90,8	184,2 ± 149,0	-0,79	0,45
LDH – Eö	137,5 ± 27,6	133,2 ± 19,4	-0,39	0,72	120 ± 90,8	94,2 ± 36,2	-3,00	0,00*
AST – Es	28,4 ± 5,8	20,8 ± 8,5	-2,34	0,01*	21,2 ± 10,8	18,2 ± 8,3	-1,12	0,28
CK – Es	268 ± 157,3	118,7 ± 51,8	-2,97	0,03*	220,7 ± 150,3	207,1 ± 181,7	-0,56	0,58
LDH – Es	178,1 ± 50,8	125,7 ± 55,0	-2,24	0,02*	128,2 ± 69,6	104,9 ± 43,1	-2,11	0,03*
AST -24s	22,08 ± 4,01	13,4 ± 9,5	-2,42	0,01*	18,4 ± 13,2	21,4 ± 11,1	-0,23	0,82
CK - 24s	162,8 ± 50,7	169,4 ± 230,3	-1,60	0,11	268,5 ± 246	400,4 ± 352,3	-0,92	0,38
LDH - 24s	135,2 ± 30,6	73,0 ± 60,5	-2,83	0,00*	85,5 ± 75,8	98,1 ± 41,1	-0,59	0,58
AST - 48s	17,5 ± 8,54	17,5 ± 6,2	-0,42	0,70	20,5 ± 15,8	22,9 ± 10,1	-0,82	0,41
CK - 48s	127,4 ± 87,2	145,0 ± 108,9	-0,14	0,91	250,1 ± 324,9	252,8 ± 185,0	-0,52	0,62
LDH - 48s	101,1 ± 59	95,1 ± 40,8	-1,09	0,28	88 ± 66,5	104,5 ± 41,3	-0,62	0,53

*(p<0.05).

+10 : Koşu bandı eğimi (konsantrik yüklenme)

- 10 : Koşu bandı eğimi (eksantrik yüklenme)



Grafik 11: Deneklerin AST, CK, LDH değerleri

Sporcu ve kontrol grubunun +10 eğitimde yapılan karşılaştırılmasında egzersiz öncesi AST, CK, egzersiz sonrası AST, CK, LDH, 24. saat AST ve LDH kas hasarı değerlerinde, -10 eğitimde yapılan karşılaştırmalarında ise egzersiz öncesi LDH ve egzersiz sonrası LDH değerlerinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$).

Deneklerin kas hasarı cevapları Tablo 13' de ve Grafik 12' de gösterilmiştir.

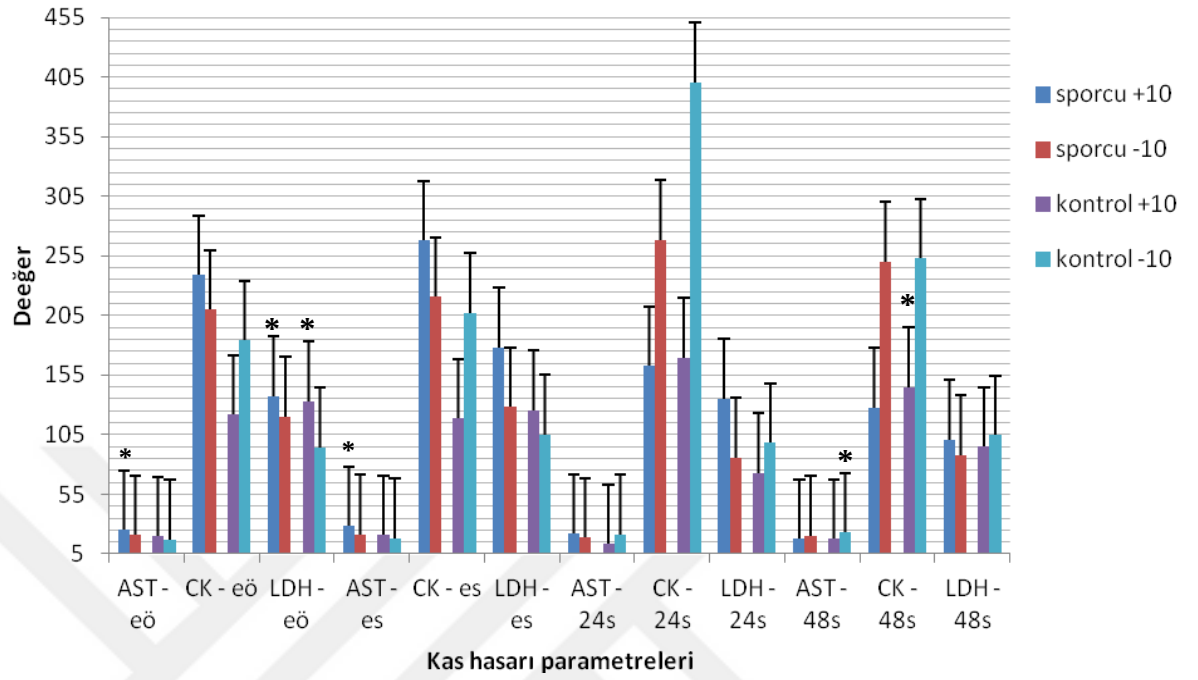
Tablo 13: Deneklerin AST, CK, LDH değerleri

	Sporcu (+10) (n=12)	Sporcu (-10) (n=10)			Kontrol (+10) (n=10)	Kontrol (-10) (n=9)		
	X ±SS	X±SS	z	p	X±SS	X±SS	z	p
AST - Eö	24,9 ± 5,1	20,7 ± 4,0	-2,52	0,01*	19,8 ± 4,1	17,0 ± 7,0	-0,66	0,50
CK - Eö	238,9 ± 141,5	210 ± 90,8	-1,02	0,30	122,0 ± 37,3	184,2 ± 149,0	-0,96	0,33
LDH - Eö	137,5 ± 27,6	120 ± 90,8	-1,95	0,05*	133,2 ± 19,4	94,2 ± 36,2	-2,80	0,00*
AST - Es	28,4 ± 5,8	21,2 ± 10,8	-2,36	0,01*	20,8 ± 8,5	18,2 ± 8,3	-1,12	0,25
CK - Es	268 ± 157,3	220,7 ± 150,3	-1,05	0,28	118,7 ± 51,8	207,1 ± 181,7	-0,86	0,38
LDH - Es	178,1 ± 50,8	128,2 ± 69,6	-0,56	0,11	125,7 ± 55,0	104,9 ± 43,1	-1,58	0,11
AST - 24s	22,08 ± 4,01	18,4 ± 13,2	-0,54	0,58	13,4 ± 9,5	21,4 ± 11,1	-1,42	0,15
CK - 24s	162,8 ± 50,7	268,5 ± 246	-1,25	0,20	169,4 ± 230,3	400,4 ± 352,3	-1,71	0,36
LDH - 24s	135,2 ± 30,6	85,5 ± 75,8	-1,25	0,20	73,0 ± 60,5	98,1 ± 41,1	-1,37	0,16
AST - 48s	17,5 ± 8,54	20,5 ± 15,8	-1,07	0,28	17,5 ± 6,2	22,9 ± 10,1	-2,24	0,02*
CK - 48s	127,4 ± 87,2	250,1 ± 324,9	-1,77	0,07	145,0 ± 108,9	252,8 ± 185,0	-1,88	0,05*
LDH - 48s	101,1 ± 59	88 ± 66,5	-0,35	0,72	95,1 ± 40,8	104,5 ± 41,3	-1,63	0,10

*(p<0.05).

+10 : Koşu bandı eğimi (konsantrik yüklenme)

- 10 : Koşu bandı eğimi (eksantrik yüklenme)



Grafik12: Deneklerin AST, CK, LDH değerleri

Sporcuların +10 ve -10 eğitimde yapılan egzersiz sonrası kas hasarı parametrelerinde egzersiz öncesi AST, LDH, egzersiz sonrası AST değerlerinde, kontrol grubunun da egzersiz öncesi LDH ve 48. saat AST, CK değerlerinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$).

Deneklerin Eö, Es, 24s, 48s AST cevapları Tablo 14' de ve Grafik 13' de gösterilmiştir.

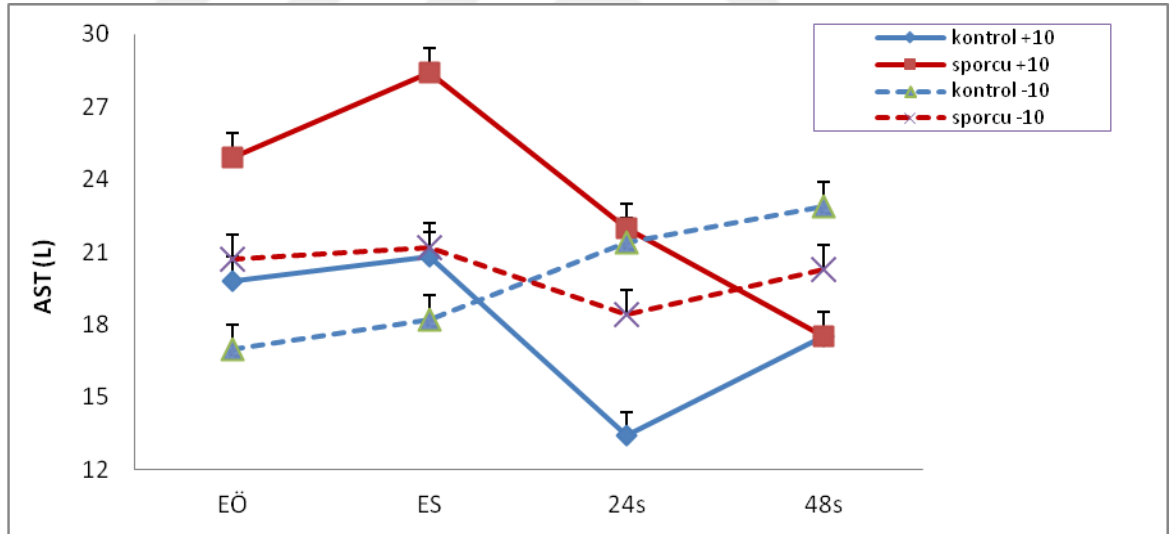
Tablo 14: Deneklerin Eö, Es, 24s, 48s AST değerleri

	Sporcu (+10) (n=12)	Kontrol (+10) (n=10)	Sporcu (-10) (n=10)	Kontrol (-10) (n=9)
	X ±SS	X±SS	X±SS	X±SS
AST - Eö	24,9 ± 5,1	19,8 ± 4,1	20,7 ± 4,0	17,0 ± 7,0
AST - Es	28,4 ± 5,8	20,8 ± 8,5	21,2 ± 10,8	18,2 ± 8,3
AST -24s	22,08 ± 4,01	13,4 ± 9,5	18,4 ±13,2	21,4 ± 11,1
AST - 48s	17,5 ± 8,54	17,5 ± 6,2	20,5 ± 15,8	22,9 ± 10,1

*(p<0.05).

+10 : Koşu bandı eğimi (konsantrik yüklenme)

- 10 : Koşu bandı eğimi (eksantrik yüklenme)



Grafik 13: Deneklerin Eö, Es, 24s, 48s AST değerleri

Sporcuların +10 eğimde egzersiz sonrası (Es) – 24 saat (24s) AST değerleri (p:0.00) ve egzersiz sonrası (Es) – 48 saat (48s) AST değerleri arasında (p:0.00) istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur (p<0.05). Kontrol grubunda ise -10 eğimde egzersiz öncesi (Eö) - 48 saat (48s) değerleri (p:0.00) ve egzersiz sonrası (Es) – 48 saat (48s) AST değerleri arasında (p:0.00) istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur (p<0.05).

Deneklerin Eö, Es, 24s, 48s CK cevapları Tablo 15' de ve Grafik 14' de gösterilmiştir.

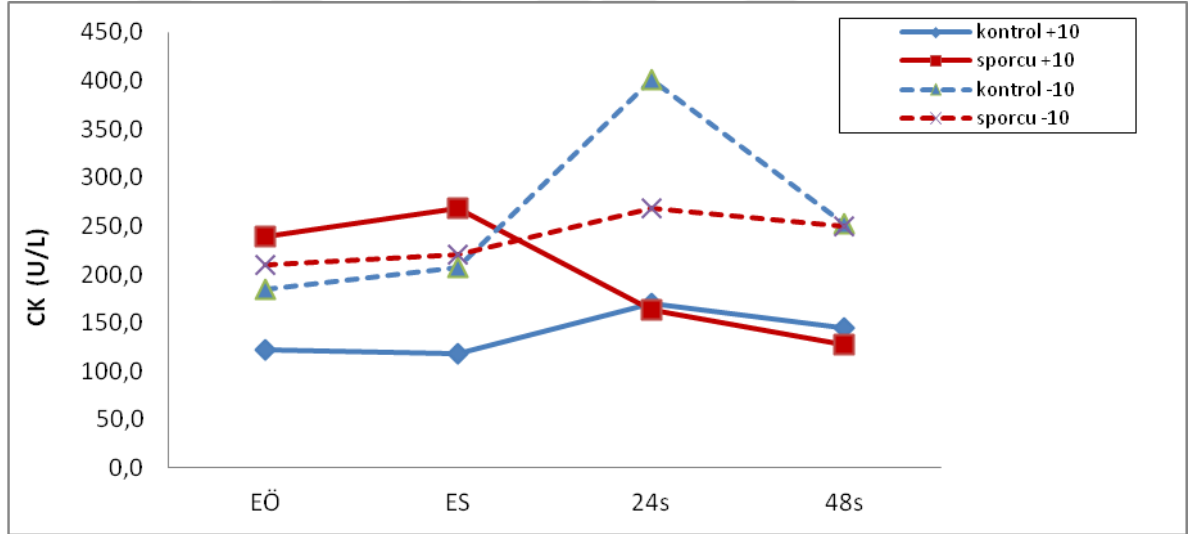
Tablo 15: Deneklerin Eö, Es, 24s, 48s CK değerleri

	Sporcu (+10) (n=12)	Kontrol (+10) (n=10)	Sporcu (-10) (n=10)	Kontrol (-10) (n=9)
	X ±SS	X±SS	X±SS	X±SS
CK - Eö	238,9 ± 141,5	122,0 ± 37,3	210 ± 90,8	184,2 ±149,0
CK - Es	268 ± 157,3	118,7 ± 51,8	220,7 ± 150,3	207,1 ± 181,7
CK - 24s	162,8 ± 50,7	169,4 ± 230,3	268,5 ± 246	400,4 ± 352,3
CK - 48s	127,4 ± 87,2	145,0 ±108,9	250,1 ± 324,9	252,8 ± 185,0

*(p<0.05).

+10 : Koşu bandı eğimi (konsantrik yüklenme)

- 10 : Koşu bandı eğimi (eksantrik yüklenme)



Grafik 14: Deneklerin Eö, Es, 24s, 48s CK değerleri

+10 eğitimde sporcularda egzersiz sonrası (Es) - 24 saat (24s) CK değerlerinde (p:0.00) anlamlı fark bulunmuştur (p<0.05). Kontrol grubunda ise -10 eğitimde egzersiz öncesi (Eö) - 24 saat (24s) değerlerinde (p:0.00) ve egzersiz sonrası (Es) - 24 saat (24s) CK değerlerinde (p:0.00) istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur (p<0.05).

Deneklerin Eö, Es, 24s, 48s LDH cevapları Tablo 16' de ve Grafik 15' de gösterilmiştir.

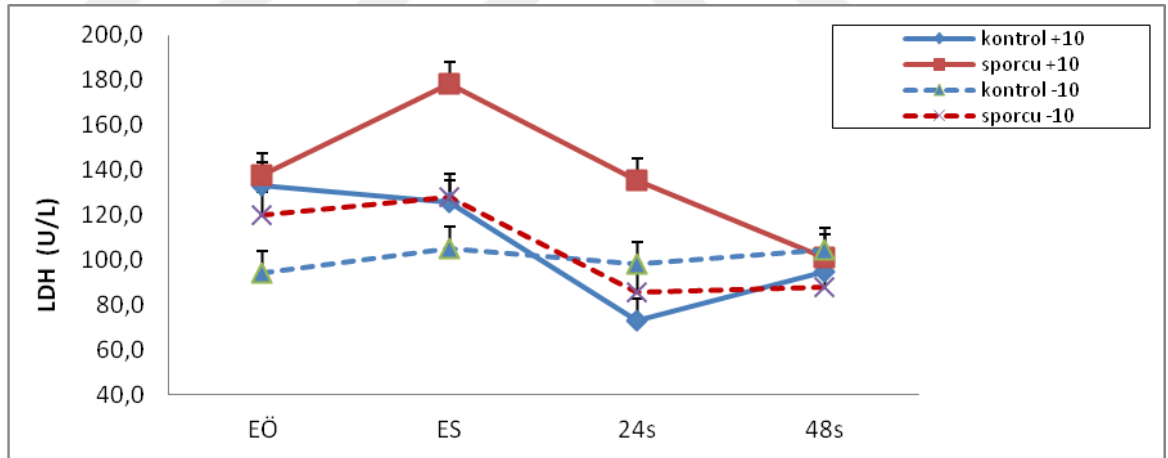
Tablo 16: Deneklerin Eö, Es, 24s, 48s LDH değerleri

	Sporcu (+10) (n=12)	Kontrol (+10) (n=10)	Sporcu (-10) (n=10)	Kontrol (-10) (n=9)
	X ±SS	X±SS	X±SS	X±SS
LDH - Eö	137,5 ± 27,6	133,2 ± 19,4	120 ± 90,8	94,2 ± 36,2
LDH - Es	178,1 ± 50,8	125,7 ± 55,0	128,2 ± 69,6	104,9 ± 43,1
LDH - 24s	135,2 ± 30,6	73,0 ± 60,5	85,5 ± 75,8	98,1 ± 41,1
LDH - 48s	101,1 ± 59	95,1 ± 40,8	88 ± 66,5	104,5 ± 41,3

*(p<0.05)

+10 : Koşu bandı eğimi (konsantrik yüklenme)

- 10 : Koşu bandı eğimi (eksantrik yüklenme)



Grafik 15: Deneklerin Eö, Es, 24s, 48s LDH değerleri

+10 eğitimde kontrol grubunda egzersiz öncesi (Eö) - 24 saat (24s) LDH değerlerinde (p:0.00) ve egzersiz öncesi (Eö) - 48saat (48s) LDH değerinde sporcularda ise +10 eğitimde egzersiz sonrası (Es) – 48 saat (48s) LDH değerlerinde (p:0.00) anlamlı farklar bulunmuştur (p<0.05). - 10 eğitimde sporcularda egzersiz sonrası (Es) - 48saat (48s) LDH değerinde (p:0.00) istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur (p<0.05).

5. TARTIŞMA

Araştırmada ölçümler sırasıyla boy, yaş, vücut ağırlıkları ve beden kitle indeks ortalamaları 1.76 ± 0.5 , 22.08 ± 3.26 , 73.4 ± 6.4 ve 23.5 ± 1.24 olan 12 profesyonelliğe aday futbolcu ve 1.74 ± 0.0 , 20.1 ± 1.13 , 65.94 ± 8.65 ve 21.81 ± 3.00 olan 10 sağlıklı spor yapmayan grupta yapılmıştır. Eksentrik ve konsantrik 2 farklı şekilde yapılan yüklenme sonrası 2 grupta da grup içi ve gruplararası karşılaştırmalarında sadece gruplararası toparlanma süreleri ve toparlanma sonu KAH değerleri karşılaştırıldığında anlamlı farklar tespit edilmemiş, ancak diğer bakılan tüm parametrelerde anlamlı farklar bulunmuştur.

Eksentrik kasılmalar, kas boyunun uzadığı, kuvvet ve eklem genişliğini arttıran kasılma şeklidir. Konsantrik kasılmalar ise dinamik bir kasılma şeklidir. Kasın tonusu (gerimi) sabit kalırken boyu kısalmaktadır. Bir ağırlığın yerden yukarıya kaldırılması, bu kasılma türüne basit bir örnektir ^{121,122,123,124}.

Eksentrik egzersizin kuvvet kayıplarına neden olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir. Ancak bu çalışmalarda uygulanan egzersiz şiddeti, egzersizin türü (direnç, tepe aşağı koşu), egzersiz uygulanan bölge vb. etkilerden dolayı farklı sonuçlara rastlanmaktadır. Eksentrik egzersizin konsantrik egzersize göre daha şiddetli kas hasarına neden olduğu bilinmektedir. Bunun yanında kuvvet kayıpları açısından eksentrik çalışmanın konsantrik çalışmalardan farkının olmadığı yönünde çalışmalar da mevcuttur. Kas hasarıyla beraber kas gücünde uzun süren kayıplar meydana gelir. Eksentrik egzersizin hemen ardından saptanan %50-60'lara varabilen kuvvet kayıpları giderek geriye döner ^{125,126}. Yapılan

alışmalar, eksantrik egzersiz esnasında kan laktat seviyelerinin de 6–10 kat artığını göstermiştir ¹⁵² .

Konsantrik egzersizin metabolik olarak daha fazla stres oluşturduğu ve daha fazla laktik asit ve kalp atım hızı ürettiği bilinmektedir. Bu yüzden ekzentrik egzersizin niçin daha fazla kas hasarına neden olduğu sorusunun yanıtı şiddetten daha fazla, egzersizin türü ve kas hasarına neden olan diğer faktörlerle açıklanabilir ^{153,154,155}

Yokuş yukarı (konsantrik) alışma düzeyinde kardiyovasküler ve metabolik ölçümler doğrusal bir artış gösterdiği, bu değişkenlerin yokuş aşağı (eksantrik) alışma esnasında ise eğrisel bir yanıtı ulaştığı tespit edilmiştir. Bu eğriselliğin, bu moddaki egzersizin yerçekimi ile ilişkisinin yanıtı olduğuna kanaat getirilmiştir. Yerçekimi kuvveti, aktiviteyi gerçekleştirilmesindeki negatif eğimi dik hale getirerek aktiviteyi kolaylaştırdığı, böylece vücudun fizyolojik çalışmasını azalttığı anlaşılmıştır. Fiziksel için negatif derecede artışının devamı, yamaç eğimi nedeniyle gövdeye bağlı fren kuvvetlerinin üretilmesi noktasına kadar gereklidir ¹⁵⁶ .

Yokuş aşağı yürüyüşte bireyler üzerinde hafif olumsuzlukların, bireylerin kardiyovasküler veya metabolik stresi ile ilgili olabileceği sonucuna varılmıştır ¹⁵⁶ .

İskelet kasındaki hasar, kasa özgü bileşenlerin membran yırtıklarından kan dolaşımına geçmesine sebep olur. Kaslarda en çok

kaybedildiği bilinen bileşen kreatin kinazdır (CK) ^{157,158,159,160,161,162}. CK enzimi antrenörlere kan laktik asit düzeyi gibi parametrelerle beraber kullanıldığı zaman antrenmanın uygunluğu hakkında bilgi verebilir¹⁶³. Prensipde antrenörlere CK seviyesinin yüksek oluşu antrenman uyumu ve performansın yüksek oluşu anlamına gelmekle beraber aşırı yüklenme ya da sakatlığın işareti olabilir ¹⁶³.

Kas hasarını belirleyen diğer göstergeler serumda artmış laktat dehidrogenaz (LDH) ve yapısal kas proteini düzeyidir ^{152,164,161,162}. İskelet kası travmalarında iltihabi veya dejeneratif kas hastalıklarında da yükselir ^{71,76,79}.

AST özellikle kalp karaciğer ve iskelet kasında bulunan bir enzimdir. Kalp hastalıkları, karaciğer hastalıkları, travmatik kas ve sıcak çarpması durumlarında artar⁷⁶. Kalp kası hastalıkları dışında kas distrofisi, kas travması, intramüsküler enjeksiyonlarda da AST artışı söz konusudur ^{70,79,80,81}.

Sporcu ve kontrol grubunun +10 eğitimde yapılan karşılaştırılmasında egzersiz öncesi AST, CK, egzersiz sonrası AST, CK, LDH, 24. saat AST ve LDH kas hasarı değerlerinde, -10 eğitimde yapılan karşılaştırmaların da ise egzersiz öncesi LDH ve egzersiz sonrası LDH değerlerinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$). Uygulanan egzersiz protokolü ve türü CK cevapları için önemlidir. Ancak egzersizin türüne göre CK cevapları farklılıklar göstermektedir. CK' ın maksimal ekzentrik egzersiz sonrası 2-4 günde zirve değerlere ulaşırken, yüksek şiddetli ekzentrik egzersiz sonrası 5. günde, tepe aşağı koşu sonrası ise daha

erken zirve değerlere ulaştığı ve maksimal ve yüksek şiddetli ekzentrik egzersize göre daha düşük seviyede olduğu bildirilmektedir ¹⁶⁵. Tepe aşağı koşu sırasında daha fazla kas grubunun çalışmasına rağmen değerlerin düşük olması ve zirve zaman farklılıklarının altında yatan mekanizma açık değildir. Farklı egzersiz modellerinde zirve CK cevabının zamansal farklılıklar sergilemesi, egzersiz modeline bağlı olarak kas hasarının farklı formlar sergilediğini düşündürmektedir ¹⁵¹. Bu çalışmada maksimal ekzentrik egzersiz protokolü uygulanmış ve CK' ın iki grupta farklı değerlere ulaştığı gözlenmiştir. Bu açıdan bakıldığında her iki gruba aynı egzersiz modeli uygulanmasına rağmen, kontrol grubunun sporcu grubuna göre daha düşük değere ulaştığı görülmüştür. Bu bulgudan hareketle sporcu grubunda egzersizin daha etkin olarak hissedilmiş olabileceği yorumu yapılabilir. Kontrollerin yokuş yukarı koşu formunda CK değerleri sporcudaki artışa göre çok daha belirgin ve anlamlı yüksek bulunmuştur. Aynı zamanda bu sonuç antrenmansız bireylerde ekzentrik yüklenmenin daha belirgin kas hasarına neden olduğunu göstermektedir. Yokuş yukarı koşu formunda ise CK değerlerinde sporcunun normal bazal değerlere dönüşü kontrollere göre daha belirgin olmuştur. Bu sonuçta düzenli antrenmana adaptasyon ile açıklanabilir.

Sporcuların +10 ve -10 eğimde yapılan egzersiz sonrası kas hasarı parametrelerinde egzersiz öncesi AST, LDH, egzersiz sonrası AST değerlerinde, kontrol grubunun +10 eğimde kas hasarı parametreleri karşılaştırılmasında ise egzersiz öncesi LDH ve 48. saat AST, CK değerlerinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$). Bazı yapılan bilimsel çalışmalarda CK artışı en çok 48 saat ve üzerinde gözlenmiştir ^{166,134,162}.

LDH enzimi kas hasarının değerlendirilmesinde kullanılan bir başka enzimdir. Bu enzimde ekzentrik egzersiz sonrası artışlar olduğu

çalışmalarda gösterilmiştir ¹⁵⁴. Bizim çalışmamızda da sporcularda +10'da kontrollere göre daha uzun süre ve yüksek hızlarda koşmuşlardır. Buna paralel olarak anaerobik glikolizde piruvatın laktik asite dönüşmesinde rol alan enzim olan laktat dehidrogenaz (LDH) düzeyi bu fazla yüklenme nedeniyle sporcularda daha yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

Aşağı doğru yapılan koşu sonucunda plazma CK seviyesinde anlamlı artış gözlenirken LDH düzeyinde bir değişiklik olmadığı gözlenmiştir. Bunun yanında düz zeminde yapılan koşu sonrasında CK ve LDH değerlerindeki artış istatistikî olarak anlamlı bulunmamıştır ^{167,168}.

Aşağı doğru eğimde yapılan koşular esnasında kaslar temel olarak eksentrik kasılırlar bu düz zeminde yapılan ve konsantrik ve eksentrik kasılmaların olduğu koşulara göre daha büyük oranda kas hasarına, plazma enzim aktivitesinin yükselmesine neden olur. Kas hasarı ve plazma aktiviteleri CK ve LDH yedi denek üzerinde önce düz zeminde daha sonra %10 eğimli zeminde koşturulduktan sonra 45 dakika, 24, 48 ve 72 saat sonra değerlendirilmiş ve tepe aşağıya doğru yapılan koşu sonunda gluteal, quadriceps, anterior leg ve posterior leg kaslarında ve CK aktivitelerindeki artış anlamlı bulunmuştur (%35 24saat sonunda) LDH'daki yükselme anlamlı bulunmamıştır ¹⁶⁹.

Çalışmamızda, AST değerlerinde -10' da antrenmanları bireylerin 48. saatte bazal düzeye geri dönmüş olmasına rağmen kontrollerin 24 ve 48. saatleri istatistiksel anlamlı yükselmeye devam etmiştir. Literatürde bu çalışmaya benzer bir şekilde eksentrik egzersiz sonrası AST enziminin değişmediği ¹⁷⁰ veya aksine eksentrik egzersiz sonrası arttığını gösteren ^{171,172} çalışmalar mevcuttur.

Gecikmeli kas ağrıları (DOMS), egzersize bağlı kas hasarı sonucu meydana gelir. Ağrıda artma, ROM (hareket serbestliği derecesi) da azalma, kuvvet kaybı ve şişlik ile kendisini gösterir ^{122,90,173}.

Bu özel ağrı tipi egzersizden 2–3 gün sonra ortaya çıkar ve eksentrik egzersizler sonrasında çok daha yüksek seviyede görülür. Eğer eksentrik egzersiz tekrarlanacak olursa, sonraki egzersizlerin kasda ilki gibi hasar oluşturmadığı, diğer bir deyişle ilk eksentrik egzersizin, aynı tipte yapılacak sonraki egzersizler için hasar gören kasın adaptasyonunu sağladığı bildirilmiştir ^{174,142,175}. DOMS'ta azalma ile karakterize olan bu adaptasyon mekanizması egzersiz sonrası toparlanma periyodunu hızlandırmaktadır.

Ji-Guo Yu, 2003 yılında yaptığı araştırmasında DOMS'un kas hücrelerinde meydana gelen hasardan kaynaklanmadığını fakat kasların zorlanmasından kaynaklanan bir durum olduğunu savunmuştur. Kaslar kendilerini önceki kasılmaların üzerinde zorlayan antrenmanlarda, yeni sarkomerler ekleyerek buna cevap verirler. Bu zorlama ile hücrelerde, ödem oluşumunun sinir ve arterler üzerinde baskı oluşturarak DOMS'a neden olduğu ifade edilmiştir ⁶⁶.

DOMS, egzersize bağlı ama en çok ekzentrik egzersize bağlı kas hasarı sonucu meydana gelir. Ağrıda artma, ROM da azalma, kuvvet kaybı ve şişlik ile kendisini gösterir. Bu özel ağrı tipi egzersizden genellikle 2–3 gün sonra ortaya çıkar ^{138,140,141}.

Sporcuların ve kontrol grubunun +10 ve -10 eğitimde yapılan grup içi karşılaştırmasında -10 eğitimde egzersiz sonrası 24. saat ve 48. saat DOMS değerlerinde anlamlı sonuçlar bulunmuştur ($p<0.05$). Eksentrik egzersiz sonrası ağrının arttığı bir çok çalışmada belirtilmiş olmakla birlikte ağrı subjektif bir hasar belirteci olarak kabul edilmektedir ^{176,177,178} .

Sporcuların ve kontrol grubunun +10 eğitimde yapılan karşılaştırmasında egzersiz sonrası 24.saat ve 48.saat ve -10 eğitimde 48. saat DOMS değerlerinde anlamlı bir fark bulunmazken, -10 eğitimde 24. saat DOMS değerlerinde anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$).

Bir çok çalışmada antrenmanın koruyucu etkisi olduğu ve tek bir eksentrik egzersizin, çok değişik süreler belirtilmekle birlikte 1-6 ay arasında kas hasarından koruduğu ¹⁷⁷ hatta konsantrik çalışmanın dahi koruyucu etkisinin olduğu belirtilmektedir. Bunun yanında daha önce yapılan eksentrik içerikli antrenmanların kuvvet kayıplarını azaltmadığı yönünde çalışmalar da mevcuttur ¹⁷⁹ .

Laktat, iskelet kası, deri ve eritrositler gibi birçok dokuda devamlı olarak oluşur ve o dokular içine salınır. Laktat kalp gibi yüksek oksidatif dokular için bir enerji kaynağı, karaciğer için ise glikoneojenik bir prekürsör olarak hizmet verir. Bu dokular arasındaki laktat değişiminin, egzersiz bitiminden uzun süreli bir egzersize kadar uzanan bir aralıktaki koşullar altında meydana geldiği görülmüştür ¹⁸⁰ .

İnsanda laktat konsantrasyonları dinlenik durumda düşük seviyelerdedir ve orta düzeyde bir egzersiz esnasında küçük miktarda artar. Çünkü bu esnada laktat oksidasyonu (laktattan aerobik enerji elde edilmesi) glikojenin laktattan ya da başka maddelerden yeniden oluşması üretimi karşılar. Toparlanma esnasında sedanter ve rekreasyonel sporcularla, karşılaştırıldığında iyi antrene kişilerin laktadı daha hızlı uzaklaştırabildikleri söylenmiştir^{181,182}.

2 grup arasında +10 ve -10 eğitimde yapılan grup içi karşılaştırma sonucunda sporcuların koşu hızlarına verdikleri 8, 9, 10, 11,12 km/s koşu hızlarında, kontrol grubunun ise 8, 9, 10 km/s koşu hızlarındaki kalp atım hızlarında anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$). Aynı şekilde +10 ve -10 eğitimde yapılan gruplararası karşılaştırmada + 10 eğitimde sporcuların ve kontrol grubunun koşu hızlarına verilen kalp atım hızı cevapları incelendiğinde 8, 9, 10, 11 km/s koşu hızında, - 10 eğitimde ise 8, 9, 10,11, 12, 13 km/s koşu hızlarındaki kalp atım hızı cevaplarında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$).

Bu sonuçlarla paralel olarak; sporcuların grubu +10 ve -10 eğitimde yapılan karşılaştırmada koşu hızlarına verilen La cevapları incelendiğinde 8, 9,10, 11, 12, km/s koşu hızlarında, kontrol grubunda ise 8, 9,10 km/s koşu hızlarındaki La cevaplarında ve sporcuların ve kontrol grubunun gruplararası +10 ve -10 eğitimde yapılan karşılaştırmada koşu hızlarına verilen La cevapları incelendiğinde +10 eğitimde 8, 9,10 km/s koşu hızlarında, -10 eğitimde ise 11, 12, 13 km/s koşu hızlarındaki La cevaplarında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$).

Aynı şekilde bunu çalışmanın LA ve KAH cevapları sonuçlarını 2 farklı karşılaştırma olarak yapılan zorluk derecesine verilen BORG skalası cevapları da desteklemektedir;

Sporcuların grup içi karşılaştırmalarında koşu hızlarına verilen Borg cevaplarında 8, 9, 10, 11, 12, km/s koşu hızlarında ve kontrol grubunun grup içi karşılaştırılmasında 8, 9, 10 km/s koşu hızlarındaki Borg cevaplarında anlamlı farklar bulunmuştur ($p < 0.05$).

Koşu hızlarına verilen borg cevapları +10 eğimde sporcu ve kontrol grubunun 8, 9, 10 km/s koşu hızlarında, -10 eğimde sporcu ve kontrol grubu gruplararası karşılaştırılmasında 8, 9, 10, 11, 12, 13 km/s koşu hızlarındaki borg cevaplarında anlamlı fark bulunmuştur ($p < 0.05$).

Egzersiz sonrası toparlanmanın amacı, organizmayı dinlendirmek veya egzersizden önceki şartlara yeniden hazırlanmaktır. Toparlanma, organizmanın antrenmanlar arasında yenilenme oranını hızlandırır, yorgunluğu ve sakatlanma riskini azaltır. Laktik asit yorgunluğa neden olan en önemli faktörlerden birisi olduğundan, toparlanma veya dinlenme, vücuttaki laktik asidin azalmasıyla başlar. Maksimal bir egzersizden sonra kan ve kasta oluşan laktik asidin uzaklaştırılması, pasif dinlenme ile yaklaşık 2 saat, aktif dinlenmede ise 1 saat kadar sürer⁷. Sporcuların +10 ve -10 eğimde yapılan grup içi karşılaştırılmasında egzersiz sonrası toparlanma süreleri ve toparlanma sonu KAH hızlarında ve kontrol grubunun egzersiz sonrası toparlanma süreleri ve toparlanma sonu KAH hızlarında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Bu da bize pasif dinlenmenin laktik asit miktarının ve kalp atım hızının azalması ve yorgunluğun giderilmesi için etkili bir yöntem olmadığını göstermektedir. Bu nedenle,

egzersizden sonra pasif toparlanma sırasında plazma laktat düşüşü yani toparlanma için hiçbir avantaj sağlamadığı sonucuna varılmıştır ¹⁸³.

Laktat eliminasyon hızı ve nabızdaki toparlanma hızı kapasiteleri de aerobik kapasite ile ilişkilidir ⁸. Yapılan çalışmalarda, dayanıklılık antrenmanlarının laktat eliminasyonunu geliştirdiği gösterilmiştir ¹⁸⁴.

Ayrıca laktat eliminasyonu ile aerobik dayanıklılık seviyeleri arasında bir ilişki mevcuttur ¹⁸⁵. Kas egzersizinden sonraki toparlanma esnasındaki arteriyal kan laktat konsantrasyonlarının zamana göre değişimi iki exponansiyel fonksiyonun bir özeti olarak tanımlanmaktadır ¹⁸⁶. Bu fonksiyonların hız sabitleri kan laktat kinetiklerinin göstergeleridir. Zira bunlar çalışan kas ve kan arasındaki laktat giriş çıkış kabiliyeti ve laktat diffüzyon boşluğundan onun uzaklaştırılmasını spesifik olarak yansıtır ^{187,188}. Dayanıklılık antrenmanları, kas laktat konsantrasyonunu, laktat klirensini arttırarak ve laktat üretimini düşürerek düşürür. Hücre– hücre arasındaki laktat giriş çıkışı membrana bağlı monokarboksilat taşıyıcı proteinler sayesinde kolaylaştırılır ¹⁸⁹.

Sporcuların ve kontrol grubunun +10 ve -10 eğitimde yapılan gruplararası karşılaştırmasında egzersiz sonrası toparlanma sürelerinde ve kontrol grubunun toparlanma sonu kalp atım hızı cevaplarında anlamlı fark bulunmazken, sporcuların toparlanma sonu kalp atım hızı cevaplarında anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$).

Aerobik egzersiz antrenmanı dinlenik KAH değerini düşürür ¹⁹⁰ ve egzersizden sonraki toparlanma fazını kısaltır ¹⁹¹. Sekiz haftalık bir aerobik

egzersiz antrenmanından sonra KAH'daki toparlanmanın hızlandığı ancak antrenmanın kesildiği iki haftalık bir aradan sonra ise bunun anlamlı olarak uzadığı ilave 2 haftalık bir sedanter yaşam sonrası ise bazal değerlere döndüğü gözlenmiştir. Ayrıca egzersizden sonraki ilk 30 saniyedeki KAH'daki toparlanmanın antrenman öncesindeki düzeyi ile negatif olarak ilişkili olduğu bulunmuştur¹⁹².



6. SONUÇ

Bu çalışmada 12' si sporcu ve 10' u spor yapmayan 22 kişiden oluşan 2 gruptan oluşturulmuştur. 2 grupta 15 gün ara ile sırayla eksentrik ve konsantrik olmak üzere 2 şer kez maksimal egzersiz testine alınmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Çalışma önce sporcuların ve kontrol grubunun eksentrik maksimal egzersiz protokolü ile 15 gün sonra da konsantrik egzersiz protokolü ile yüklenme sonuçlarının karşılaştırmasıdır. Bir diğer karşılaştırma da eksentrik protokolde sporcu ve kontrol, konsantrik protokolde sporcu ve kontrol karşılaştırmasıdır. Koşu hızlarına denk gelen kalp atım hızları, laktik asit değerleri, borg skalası değerleri, toparlanma süreleri ve toparlanma sonu kalp atım hızları ve son olarak da kas hasarı parametreleri belirlenmiştir.

Fiziksel performansa etkide, eksentrik ve konsantrik yüklenmelerin şu ana kadar ki bilimsel çalışmaların yeterli olmadığı ifade edilmekle beraber daha fazla araştırma ve çalışmalara ihtiyaç olduğu anlaşılmaktadır.

Bu nedenle bu tez çalışmasında öncelikle eksentrik ve konsantrik maksimal şiddette yapılan yüklenme sonrası toparlanma düzeyleri ve kas hasarının 2 farklı gruptaki durumunu görmek amacı ile yapılmıştır.

Ölçüm sonuçlarında;

+10 ve -10 eğimde yapılan grupiçi karşılaştırmada sporcuların koşu hızlarına verilen kalp atım hızı cevapları incelendiğinde 8, 9,10, 11, 12, km/s koşu hızında, kontrol grubunun ise 8, 9,10 km/s koşu hızlarındaki kalp atım hızı cevaplarında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$).

+10 ve -10 eğimde yapılan gruplararası karşılaştırmada + 10 eğimde sporcuların ve kontrol grubunun koşu hızlarına verilen kalp atım hızı cevapları incelendiğinde 8, 9,10, 11 km/s koşu hızında, - 10 eğimde ise 8, 9,10,11, 12, 13 km/s koşu hızlarındaki kalp atım hızı cevaplarında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$).

Sporcuların grupiçi +10 ve -10 eğimde yapılan karşılaştırmalarında koşu hızlarına verilen La cevapları incelendiğinde 8, 9, 10, 11, 12, km/s koşu hızlarında, kontrol grubunda ise 8, 9, 10 km/s koşu hızlarındaki La cevaplarında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$).

Sporcuların ve kontrol grubunun gruplararası +10 ve -10 eğimde yapılan karşılaştırmada koşu hızlarına verilen La cevapları incelendiğinde +10 eğimde 8, 9,10 km/s koşu hızlarında, -10 eğimde ise 11, 12, 13 km/s koşu hızlarındaki La cevaplarında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$).

Koşu hızlarına verilen borg cevaplarında sporcuların grupiçi karşılaştırmalarında 8, 9, 10, 11, 12, km/s koşu hızlarında, kontrol grubunun

ise 8, 9, 10 km/s koşu hızlarındaki borg cevaplarında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$).

Koşu hızlarına verilen borg cevapları +10 eğimde sporcu ve kontrol grubunun 8, 9, 10 km/s koşu hızlarında, -10 eğimde sporcu ve kontrol grubu gruplararası karşılaştırılmasında 8, 9, 10, 11, 12, 13 km/s koşu hızlarındaki borg cevaplarında anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$).

Sporcuların +10 ve -10 eğimde yapılan grupiçi karşılaştırmasında egzersiz sonrası toparlanma süreleri ve toparlanma sonu KAH hızlarında ve kontrol grubunun egzersiz sonrası toparlanma süreleri ve toparlanma sonu KAH hızlarında anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Sporcuların ve kontrol grubunun +10 ve -10 eğimde yapılan gruplararası karşılaştırmasında egzersiz sonrası toparlanma sürelerinde ve kontrol grubunun toparlanma sonu kalp atım hızı cevaplarında anlamlı fark bulunmazken, sporcuların toparlanma sonu kalp atım hızı cevaplarında anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$).

Sporcuların ve kontrol grubunun +10 ve -10 eğimde yapılan grupiçi karşılaştırmasında -10 eğimde egzersiz sonrası 24.saat ve 48.saat DOMS değerlerinde anlamlı sonuçlar bulunmuştur ($p<0.05$).

Sporcuların ve kontrol grubunun +10 eğitimde yapılan karşılaştırmasında egzersiz sonrası 24.saat ve 48.saat ve -10 eğitimde 48. saat DOMS değerlerinde anlamlı bir fark bulunmazken, -10 eğitimde 24. saat DOMS değerlerinde anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$).

Sporcu ve kontrol grubunun +10 eğitimde yapılan karşılaştırılmasında egzersiz öncesi AST, CK, egzersiz sonrası AST, CK, LDH, 24. saat AST ve LDH kas hasarı değerlerinde, -10 eğitimde yapılan karşılaştırılmalarında ise egzersiz öncesi LDH ve egzersiz sonrası LDH değerlerinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$).

Sporcuların +10 ve -10 eğitimde yapılan egzersiz sonrası kas hasarı parametrelerinde egzersiz öncesi AST, LDH, egzersiz sonrası AST değerlerinde, kontrol grubunun da egzersiz öncesi LDH ve 48. saat AST, CK değerlerinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$).

Sporcuların +10 eğitimde egzersiz sonrası (Es) – 24 saat (24s) AST değerleri ve egzersiz sonrası (Es) – 48 saat (48s) AST değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$). Kontrol grubunda ise -10 eğitimde egzersiz öncesi (Eö) - 48 saat (48s) değerleri ve egzersiz sonrası (Es) – 48 saat (48s) AST değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$).

+10 eğitimde sporcularda egzersiz sonrası (Es) - 24 saat (24s) CK değerlerinde anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$). Kontrol grubunda ise -10 eğitimde egzersiz öncesi (Eö) - 24 saat (24s) değerlerinde ve egzersiz

sonrası (Es) - 24 saat (24s) CK değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$).

+10 eğitimde kontrol grubunda egzersiz öncesi (Eö) - 24 saat (24s) LDH değerlerinde ve egzersiz öncesi (Eö) - 48saat (48s) LDH değerinde sporcularda ise +10 eğitimde egzersiz sonrası (Es) – 48 saat (48s) LDH değerlerinde anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$). - 10 eğitimde sporcularda egzersiz sonrası (Es) - 48saat (48s) LDH değerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$).

Çalışma sonucunda özetle;

Sporcular konsantrik egzersizi daha uzun süre ve yüksek hızda sürdürmüş, kontroller sürdürmemiştir.

Eksentrik egzersizler kontrollerde daha fazla kas hasarına neden olmuştur.

Hem sporcularda, hem kontrollerde eksentrik yüklenme sonunda yüksek DOMS değerleri bulunmuştur. Konsantrik egzersizde bu durum oluşmamıştır.

Yokuş yukarı (konsantrik) yapılan egzersizin daha fazla La birikimine, KAH'na ve yüksek Borg cevaplarına sebep olduğu görülmüştür.

Konsantrik egzersiz daha yüksek La ve KAH değerleri oluşturduğu için egzersiz sonunda bu değerler eksentrik egzersize göre yüksek görülmüştür. Konsantrik egzersiz sonrası KAH ve La 'daki yükselme bir süre devam etmiş ve toparlanma süreci uzamıştır. Buna paralel de toparlanma sonucu KAH daha yüksek değerlerde bulunmuştur.

7. ÖNERİLER

Bu çalışmanın sonucuna göre eksentrik egzersizlerin konsantrik egzersizlerin aksine daha fazla kas hasarı yarattığı ve performans parametrelerine konsantrik egzersizde daha erken ulaşıldığı saptanmış ve aşağıda öneriler ile bu çalışmalar geliştirilebileceği düşünülmüştür.

Yapılacak yeni çalışmalar bu çalışmada olduğu gibi farklı grup, spor branşı ve cinsiyet ile yapılabilir.

Yokuş aşağı ve yokuş yukarı egzersizlere eğimsiz düz zeminde eklenebilir ve bununla karşılaştırılabilir.

Farklı eğimler birbirleri ile karşılaştırılabilir.

Bu tarz çalışmalar için gerekli bilimsel araştırmaların çoğalması gerekmektedir.

8. ÖZET

TÜKETİCİ ŞİDDETTE EKSENTRİK VE KONSENTRİK YÜKLENME SONRASİ TOPARLANMA DÜZEYLERİ VE KAS HASARI SEVİYELERİNİN İNCELENMESİ

Bu araştırma ile, konsantrik ve eksentrik egzersizlerin etkileri saptanmış olacak ve bu bilgiler ışığında sporcular için en etkili antrenman programlarının oluşturulması sağlanacaktır.

Bu amaçla 12 sporcu ve 10 spor yapmayan toplamda 22 kişiden oluşan 2 grup oluşturuldu. Teste 8 km/s hızda yokuş yukarı %10 sabit eğimde başlanmış, 3 dk. da bir hız 1 km/s arttırılarak koşu denek testi bırakana kadar sürdürülmüştür. Sporcuların KAH'ları telemetrik sistemle kaydedilmiştir. Teste başlamadan önce ve 1dk. aralarda sporcuların kulak memesinden kan alınmıştır. Algılanan zorluk derecesi her 1dk. aralarda sorulmuştur. Test bittikten sonra 2mmol laktik asite inene kadar toparlanma süreleri takip edilmiştir. 15 gün sonra % 10 sabit eğimde yokuş aşağı aynı test uygulanmıştır. CK, AST, LDH belirlenmesi amacıyla Eö ve egzersiz sonrası Es, 24s, 48s, olmak üzere 4 kez ön koldan kan alınmıştır.

Çalışma sonunda; iki grupta da yüklenmeler sonrası koşu hızlarına verilen KAH, La ve Borg değerlerinde farklar bulunmuştur ($p<0.05$). Grup içi karşılaştırmada -10 ve +10 eğimde, ve -10 eğimde sporcu ve kontrol grubunun 24 saat sonra DOMS gelişmiştir ($p<0.05$). +10 ve -10 eğimde yapılan gruplararası karşılaştırmada sporcuların toparlanma sonu KAH cevaplarında anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$). +10 eğimde Eö AST, CK, Es AST, CK, LDH, 24. saat AST vE LDH kas hasarı değerlerinde, -10 eğimde ise Eö LDH ve Es LDH değerlerinde farklar

bulunmuştur ($p<0.05$). Sporcuların +10 ve -10 eğitimde Eö AST, LDH, Es AST değerlerinde, kontrol grubunun da Eö LDH ve 48s AST, CK değerlerinde farklar anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Sporcuların +10 eğitimde Es – 24s AST ve Es – 48s AST, kontrol grubunda ise -10 eğitimde Eö - 48s ve Es – 48s AST değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$). +10 eğitimde sporcularda Es - 24s CK, kontrol grubunda ise -10 eğitimde Eö - 24s ve Es - 24s CK değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklar bulunmuştur ($p<0.05$). +10 eğitimde kontrol grubunda Eö - 24s LDH ve Eö - 48s LDH değerlerinde sporcularda ise +10 eğitimde Es – 48s LDH ve - 10 eğitimde sporcularda Es - 48s LDH değerinde istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$).

Çalışma sonucunda; eksentrik egzersiz de daha fazla kas hasarı meydana gelmiştir. Konsentrik olarak yapılan egzersizlerde La ve KAH'ın eksentrik egzersize göre daha fazla görülmesi egzersiz sonrası toparlanmanın daha uzun sürmesine ve toparlanma sonrası KAH'ın daha yüksek düzeyde olmasına sebep olmuştur. Yorgunluk parametrelerinin konsentrik egzersizde daha çabuk ve fazla oluşması bireylerin bu yüklenme biçiminde daha fazla zorlandığını düşündürmektedir.

Anahtar Kelimeler: Eksentrik, konsantrik, kas hasarı, toparlanma

9. ABSTRACT

LEVELS OF STUDY RECOVERY LEVELS AND MUSCLE DAMAGES FOLLOWING EXHAUSTED INTENSITY ECCENTRIC AND CONCENTRIC LOADING

This study aims to determine the effects of concentric and eccentric exercises and therefore, to provide the opportunity to construct the most effective exercise programs for athletes under the light of this information.

To that end, 2 groups were created consisting of total 22 individuals, 12 of whom were athletes and 10 of whom were not subjected to any kind of sports. The running test was begun to uphill at 8 km/sec speed with 10% constant slope and was continued by increasing 1 km/sec per each 3 min. until sample quitted the test. Heart rates of athletes were recorded via telemetring system. Blood samples were taken from athletes from their ear lobes before beginning tests and in 1min. intervals. Perceived difficulty levels were asked in each 1 minute. After completing test, their recovery periods were followed up until it decreased to 2 mmol lactic acid. After 15 days, the same test was applied to downhill with 10% constant slope. In order to determine CK, AST and LDH, blood samples were taken 4 times from their forearms in post-exercise, in 24h and 48h before and after exercise.

The results of the study indicated differences in HR, La and Borg values given in running speeds after loadings in two groups ($p < 0.05$). In in-group comparison made at 10 and +10 slope, DOMS developed in athletes and control group after 24 hours at -10 slope ($p < 0.05$). In intergroup comparisons made at +10 and -10 slope, significant differences

were found in HR responses following the recovery of athletes ($p<0.05$). Differences were found in pre-exercise AST, CK, post-exercise AST, CK, LDH, 24th hour AST and LDH muscle damage values at +10 slope, and pre-exercise LDH and post-exercise LDH values at -10 slope ($p<0.05$). Significant differences were found in pre-exercise AST, LDH, post-exercise AST values in athletes group and in pre-exercise LDH and 48h AST, CK values in control group at +10 and -10 slope ($p<0.05$).

Statistically significant differences were found between post-exercise- 24h AST and post-exercise- 48h AST values at +10 slope in athletes group; and between pre-exercise- 48h and post-exercise 48h AST values at -10 slope in control group ($p<0.05$). Statistically significant differences were found in post-exercise 24h CK at +10 slope in athletes; and pre-exercise 24h and post-exercise 24h CK values at -10 slope in control group ($p<0.05$). Statistically significant differences were found in pre-exercise 24h LDH and post-exercise 48h LDH values at +10 slope in control group; and post-exercise 48h LDH at +10 slope and post-exercise 48h LDH values at -10 slope in athletes ($p<0.05$).

At the end of the study, muscle damage occurred more in eccentric exercise. The existence of more La and HR values in concentric exercises than eccentric exercises caused the recovery following exercise to last more and HR to have higher values following recovery. Fatigue parameters have occurred in higher values and more quickly in concentric exercise, which may suggest that individuals have more difficulty in this loading type.

Key Words: Eccentric, Concentric, Muscle Damage, Recovery

10. KAYNAKLAR

- 1- Demirel H. Egzersizle Oluşan Kas Hasarı.7. Uluslararası Spor Bilimleri Kongre Kitabı. Antalya: 2002; 291–295.
- 2- Brown, L.M., Hill,L.M., Some observation on variations in filament overlap in tetanized muscle fibres and fibres stretched during a tetanus, detected inthe electron microscope after rapid fixation. J.Muscle Res. Cell Motil. 12:171- 182, 191, 1991
- 3- Allen, D.G., Eccentric muscle damage: mechanisms of early reduction of force. Acta Physiol Scand, Mar;171(3):311-9. Review, 2001.
- 4- Morgan, D.L., Allen, D.G., Early events in stretch-induced muscle damage.J.Appl. Physiol. 87(6) 2007-2006, 1999.
- 5- Friden J. Liyeber RL. Eccentric Exercise Induced Injuries Tocontractile and Cytoskeletal Muscle Fibre Components. Acta Physiol 2001;171(3): 321-326
- 6- Smith LL, Miles MP. Exercise Induced Muscle Injuryand Inflammation. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2000
- 7- Fox, E. (1988,1989), *The Physiological Basis of Phtsical Education and Athletics*. 4 th edition, Saunders College Publioing, Philadelphia

- 8- Fox L E, Bowers R W, Foss M L .Beden Eğitimi ve Sporun Fizyolojik Temelleri. Çev: Mesut C. Ankara: Bağırğan Yayınevi; 2012.
- 9- Günay, M. Egzersiz Fizyolojisi. Ankara: Bağırğan Yayınevi;1999.
- 10-Janssen I, et al. Estimation of Skeletal Muscle Mass by Bioelectrical Impedance Analysis.J Appl Physiol 2000; 89; 465-471.
- 11-Bompa T O. Theory & Methodology of Training, Huntuplishink; 2001.
- 12-Fox E L, Bowers R W, Foss M L. The phtsiological basis of physical education and athletics.Philadelphia: Saunders Collage Company; 1998. 1999
- 13-Guyton A C, Hall J H, Tıbbı Fizyoloji (Textbook of Medical Psicology), 9. Baskı, Nobel Tıp Kitabevi. İstanbul: 1996.,1989
- 14-Bompa T O, Antrenman Kuramı ve Yöntemi. çev: İlknur Keskin, A. Burcu Tuner. Ankara-Kültür Ofset; 1998.
- 15-Foss M L, Keteyian S J. Fox's the Physiological Basis of Physical Education and Athletics, Sounders Collage Publishing, Philadelphia, 1998.

16-Stainsb Y W N, Brooks G A. Control of Lactic Acid Metabolism in Contracting Skeletal Muscle and During Exercise, Exercise and Sport Science reviews, 1990; 18:29-63.

17-Nindl B C, Mahar M T, Harman E A, Patton J F. Lower and Upper Anaerobic Performance in Male and Female Adolescent Athletes, Med.Sci. Sports Exe. 1995; 27 (2); 235-241

18-Howley E T, Powers S K, Exercise Physiology. USA: WMC Brown Publishers; 1990.

19-Urhasen A, Coen B. Individual Anaerobic Threshold and Maximum Lactate Steady-State, International Journal of Sports Medicine, 1993; 14:134–139.

20-Astrand P O, Rodahl K. Textbook of Work Physiology. New York: 1986; McGraw-Hill Book.

21-Sahlin K. 'Metabolic Aspects of Fatigue in Human Skeletal Muscle'. Med Sport Sci. 1992; 34, 54-68.

22-Wasserman K, Beauer W L, Wpipp B. 'Mechanism and Patterns of Blood Lactate Increase during Exercise in Man'. Med. and Sci. In Sports and Exercise. 1986; 18 (3).

- 23- Fleck S J, Kraemer W J. Designing Resistance Training Programs, 3.Baskı, Human Kinetics, USA, 2004.
- 24-American Collage of Sport Medicine. Guidelines For Exercise Testing and Prescription, 4.Baskı, Lippincott Williams and Wilkins, USA, 2001.
- 25-Açıkada C, Ergen E. Bilim ve Spor, 1990; Ankara: Büro-Tek Ofset.
- 26-Burke R E. Heard Rate Moniter and Training.E.Burke (Ed.) Haerd Rate Training Champaign, Human Kinetics Boks; 1998.
- 27-Açıkada C, Özkara A, Hazır T, Aşçı A, Turnagöl H, Tınazcı C. Bir Kısım Profesyonel Birinci Lig Takımlarında Oynayan Futbolcuların Kuvvet ve Dayanıklılık Özellikleri. Spor Hekimliği Dergisi 1997; 4,(32)181–192.
- 28-Hoffmann R L. “Effects of Training at the Ventilatory Threshold on the Ventilatory Threshold and Performance in Trained Distance Runner.”Journal of Sterngt and Conditioning Research. 1994; 13(2):1726–1731.
- 29-Hoff J, Wisloff U, Engen L C, Kemi O J and Helgeru Soccer, specific aerobic endurance Training; Br J Sport Med; 2002; 36.218–221.
- 30-Ergen , E. Physiological Responses to High Intensity Shuttle Running.(Mater Project).Depatment of Physical Education and Sport Science.Loughborough University of Technology; 1988.

- 31-Wasserman K, McIlroy M B. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. Am. J. Cardiology 1964; 14,844-852.
- 32-Dinç S C. Bir Anaerobik Eşik Belirleme Yönteminin (M.C.T)Güvenirlik ve Geçerliliği. Yayımlanmış Bilim Uzmanlığı Tezi, Ankara: H.Ü. ; 1998.
- 33-Hollman W. 'Historical Remarks on the Development of the Aerobic-Anaerobic Threshold Upto 1966'. Int.J. Sports Med. 1985; 6,109-116.
- 34-Çolakoğlu M, Turgay F, DüNDAR U, Çolakoğlu S, Turan M, Acarbay Ş. 'Belirli plazma Laktat Konsantrasyonu Veren Koşu Hızları ve 5000m Koşu Performansı Arasındaki İlişkiler'.ABTD. 1995; 1(6).3-12.
- 35-Pfitzinger P, Fredson P S. 'The Reliability of Lactate Measurements During Exercise'.Int. J.Sports Med. 1998;19, 349-357.
- 36-Weltman A, Snead D, Stein P, Seip R, Schurrer R, Rutt R, Weltman J. 'Reliability and Validity of Continuous Incremental Treadmill Protocol For the Determination of Lactate Threshold, Fixed Blood Lactate Concentration, and VO₂max '.Int J Sports Med. 1990; 11 (1), 26-32.
- 37-Maglischo E W, Swimming Even Faster. Mountain View, California; Mayfield Pub. Com. 1993; 72-79, 144-147.

- 38-Stegman H, Klinderman W. "Comparison of Prolonged Exercise Tests at Individual Anaerobic Threshold and the Fixed Anaerobic Threshold of 4 mmol.L-1 Lactate" Int. J.Sports Med. 1982; 3: 105-110.
- 39-Heck H, Mader A, Hess G, Mücke S, Müler R, Hollman W, "Justification of the 4 mmol/L Lactate Threshold" Int. J. Sports Med. 1985; 117-130.
- 40-Tamer K, Çağlar A, Günay M, Gökdemir K, Gökmen A, "Anaerobik Antrenmanın Anaerobik Eşik Üzerine Etkisi" Spor Bilimleri 3. Ulusal Kongresi Bildiri Özetleri. Ankara: Hacettepe Üniversitesi; 1994.
- 41-Kara M, Gökbel H. 'Anaerobik Eşik ve Önemi'.Spor Hekimliği Dergisi. 1994; 29:167-175.
- 42-Akgün N. Egzersiz Fizyolojisi.(3.baskı).1989; Ankara Gökçe Ofset Matbaacılık
- 43-Ivy J L, Withers R T, Vanhandel P J, Elger D H, Costill D L. Muscle Respiratory Capacity and Fiber Teyp Us Determinants of the Lactate Threshold.J Appl Physiol. 1980; 48,523-527.,
- 44-Tanaka K, Takashema N, Kato T, Nihata S, Ueda K. Critical Determinants of Endurance Performans in Middle Age and Eldely Endurance Runners with Heterogeneous Training Habits. Eur J Appl Physiol. 1990; 59, 443-449.

- 45-Evans S L, Davy K P, Stevenson ET, Seals D R. Physiological Determinants of 10-km Performance in Highly Trained Female Runners of Different Ages J Appl Physiol. 1995; 78, 1931-1941.
- 46-Casaburi R T, Storer T W , Sullivan C S , Wasserman K. Evaluation of Blood Lactate Elavation as an Intensity Criterion for Exercise Training.Med.Sci.Sports Exerc. 1995; 27(6), 852-862.
- 47-Jassen P. Training Lactate Pulse Rate. FINLAND: Polar Electro Oy. ; 1994.
- 48-Alpar R. Yüzme ve Sutopu Antrenmanının Temelleri.Ankara.Yüzme, Atlma ve Sutopu fed.Yay. 1988; 29-34
- 49-Demirel H. 'Anaerobik Eşiğin Fizyolojik Anlamı '.Spor Bilimleri 1. Ulusal Sempozyum Bildirileri.Ankara: Spor-toto Teşkilat Müdürlüğü 1990; 567-585.
- 50-Mader A, Hess G, Mücke S, Müller R, Hollman W, "Justification of the 4 mmol/L Lactate Threshold" Int. J. Sports Med. 1985; 117-130.
- 51-Wasserman K, Whipp B J, Koyal S N, Beaver W L. "Anaerobic threshold and respiratory gas Exchange during exercise". J Apply Physiol 1973; 35:235-243.
- 52-Mc Ardle, W.D., Katch, F.I. And Katch.V.L. (1986), *Exercise Physiology*. Energy, Nutrition and Human Performance. Ed. Lea and Febiger, Philadelphia.

53-Modernk Athlete And Coach, (1994), *Yüklenmeler Sonrası Toparlanma*, (Çeviren: Kin,A.)

54-Sönmez, G.T. (2002),*Egzersiz ve Spor Fizyolojisi*, Ata ofset matbaacılık

55-Noyan, A. (2003), *Yasamda Ve Hekimlikte Fizyoloji*, Meteksan A.S, Ankara.

56-Ergen, E., Demirel, H., Güner, R., Tumagöl, H., Basoğlu, S., Zergeroğlu, A.M. (2002), *Egzersiz Fizyolojisi*, Nobel Yayınları, Ankara.

57-Bowers, R.W., Fox, E.L. (1988), *Sports Physiology*, End Edition, Dubuque, Iowa: Wm.C.Brown Publishers, S.12-35 , 211-215. 1989

58-Mc Dougall, J.D. (1977), "Muscle glicogen repletion after high-intensity intermittent exercise". J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. *Exercise physiol* (42: 129-132).

59-Sacco, P., Jones, D.A. (1992). The protective effect of damaging eccentric exercise against repeated bouts of exercise in the mouse tibialis anterior. *Experimental Physiology*, 77:757-760.).

60-Borg, G.A.V. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exercise*, 14:311–381.

61-Brown, S.J., Child, R.B., Day, S.H., Donnelly, A.E. (1997). Exercise-induced skeletal muscle damage and adaptation following

repeated bouts of eccentric muscle contractions. J Sports Sci., Apr;15(2):215-22.

62-Byrne, C., Eston, R. (2002). The effect of exercise-induced muscle damage on isometric and dynamic knee extensor strength and vertical jump performance. J Sports Sci., May;20(5):417-25.).

63-Christopher T. Daley W. Editors: R. William O. Bull's Handbook Of Sports Injuries. 2'nd edition. Mc Graw Hill Comp; 2004.

64-Ebbeling, C.B., Clarkson, P.M. (1998). Exercise-induced muscle damage and adaptation. Sports Med., 1:201-234

65- Talbot JA. Morgan DL. The Effects of Stretch Parameters on Eccentric exercise-Induced Damage to Skeletal Muscle. Journal of Muscle Resarch and Cell Motility 1998. Vol.(3):19.

66- Ji-Guo Y. Malm C, Thornell LE. Eccentric Contractions Leading to Doms do not Cause Loss of Desmin nor Fibre Necrosis in Human Muscle. Histochemistry and Cell Biology Journal 2002;118 (1):29–34

67-Murray RK. Granner DK. Mayes PA. Rodwel VW. Harper'in Biyokimyası. 24.Baskı. İstanbul: Barış Kitabevi; 1998.

68-Aydın T. Yıldız Y. Kalyon TA. Spor Yaralanmaları. Ankara: GATA Basımevi; 2000.

69-Wals B. Tonkonogi M. Malm C. Effect Of Eccetric Exercise On Muscle Oxidative Metabolism In Humans. Medicine And Science In Sports And Exercise. 2000;33(3):1067–72.

70-Lawrence A. Kaplan A. Pesce J. Clinical Chemistry Third ed. Theory Analysis and Correlation:1996.

71-Wallach A. Interpretation of Diagnostic Tests. Seventh Edition:2000.

72- Burtis CA. Ashwood ER. Tietz Textbook of Clinical Chemistry. 3rd ed.: London; 1999.

73- Duman C. Erden F. Birinci Basamak Sağlık Hizmetlerine Yönelik Biyokimyasal Laboratuvar Verilerinin Kısa Yorumu. Sted 2004; Cilt 13 (7):256.

74- Günay M. Cicioğlu İ. Spor Fizyolojisi. Ankara: Gazi Kitapevi; 2001.

75-Vassilis M. Reference Intervals for Serum Creatine Kinase in Athletes. BJSM 2007; 41:674–78.

76-Vural S. Çetin E. Tuzlacı U. Klinik Teşhiste Laboratuvar. İstanbul: Uycan Basım Sanayi; 1986.

77-Kurdak S. Sporda Doping ve İlaç Kullanımı. Ankara:Bağırgan Yayımevi;1998.

78-Archana P. Lal AK. Negi S. Serum Creatine Kinase Activity in Thyroid Disorders. JK Science 2007; Vol. 9 (1):14-19

79-Bernard JH. Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods. 20th Ed.W.B.

80-Saunders Company;2001. Wallach A. Interpretation of Diagnostic Tests. Seventh Edition:2000.

81-Silva JF. Pannall PR. Tanı ve Tedavide Klinik Biyokimya. Çev: Tuncay Özgönen. İkinci Baskı;1987.

82-Bernard JH. Clinical Diagnosis and Management by Laboratory Methods. 20th Ed.W.B. Saunders Company;2001.

83-Ergen E. Sporda Sağlık Sorunları ve Sakatlıklar. Milli Eğitim Basım Evi Yayın No 29:Ankara;1986.

84-Ross M. Delayed-Onset Muscle Soreness Work OutNow, Pay Later? The Physician An D Sportsmedicine 1999; Vol 27;(1) : 9,13.

85-Kalyon AT. Spor Hekimliği. 5.Bsk Ankara: GATA Basımevi; 2000.

86-Cheung K. Hume P. Maxwell L. Delayed Onset Muscle Soreness. Treatment Strategies and Performance Factors Sports Med. 2003;33(2):145–64.

87-Bobbert MF. Hollander AP. Huijing, PA. Factors in Delayed Onset Muscular Soreness of Man. Medicine & Science in Sports & Exercise1986; 18(1):75–81.

- 88-Dudley G. Muscle Pain Prophylaxis. Birkhäuser Basel Publisher 1999;Volume 7, (3):12–13.
- 89-Browns JC. Days RB. Donnelly AE Exercise- Induced Skeletal Muscle Damage And Adaptation Following Repeated Bouts Of Eccentric Muscle Contractions. Journal of SportsSciences 1997; Volume 15, Issue 2: 215 – 222
- 90-Clarkson, Priscilla, Nosaka, Kazunori; Braun, Barry Muscle Function After Exercise Induced Muscle Damage and Rapid Adaptation. ACSM 1992; Volume 24 - Issue 5:13–19
- 91-Rodenburg j. Bar PR. De Boer RW. Relations Between Muscle Soreness and Biochemical and Functional Outcomes of Eccentric Exercise. J Appl Physiol 1993;74: 76–83.
- 92-Linari, M., Piazzesi, G., Dobbie, I., Koubassova, N., Reconditi, M., Narayanan, T., Diat, O., Irving, M., Lombardi, V., Interference fine structure and sarcomere length dependence of the axial x-ray pattern from active single muscle fibers.Proc Natl Acad Sci U S A. Jun 20;97(13):7226-31, 2000.
- 93-Friden, J. ve Lieber, R.L., Eccentric exercise- induced injuries to contractileand cytoskeletal muscle fibre components. Acta. Physiol scand 171: 321-326, 2001.
- 94-Wang, K., McCarter, R., Wright, J., Beverly, J., Ramirez-Mitchell, R., Viscoelasticity of the sarcomere matrix of skeletal muscles. The titinmyosin composite filament is a dual-stage molecular spring. Biophys J. Apr;64(4):1161-77, 1993.

- 95-Morgan, D.L., Claflin, D.R., Julian, F.J., The effects of repeated activestretches on tension generation and myoplasmic calcium in frog single muscle fibres. *J Physiol.* Dec 15;497 (Pt 3):665-74, 1996.
- 96-Brockett, C.L., Morgan, D.L., Proske, U., Human hamstring muscles adapt to eccentric exercise by changing optimum length. *Med Sci Sports Exerc.* May;33(5):783-90, 2001.
- 97-Jones, C., Allen, T., Talbot, J., Morgan, D.L., Proske, U., Changes in the mechanical properties of human and amphibian muscle after eccentric exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.*;76(1):21-31, 1997.
- 98-Friden, J., Sjöström, M., Ekblom, B., Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man. *Int. J. Sports Med.* 4:170-176, 1983.
- 99-Brown, L.M., Hill, L.M., Some observations on variations in filament overlap in tetanized muscle fibres and fibres stretched during a tetanus, detected in the electron microscope after rapid fixation. *J. Muscle Res. Cell Motil.* 12: 171- 182, 191, 1991.
- 100- Lieber, R.L., Friden, J., Muscle damage is not a function of muscle force but active muscle strain. *J. Appl. Physiol.* 74:520-7, 1993.

- 101- Clarkson, P.M., Hubal, M.J., Muscle function after Exercise-induced damage and rapid adaptation. *Amed.and Sci. in Sports and Exercise*, 24 (5) 512-520, 2002a.
- 102- Macpherson, P.C., Schork, M.A., Faulkner, J.A., Contraction-induced injury to single fiber segments from fast and slow muscles of rats by single stretches. *Am J Physiol.* Nov;271(5 Pt 1):C1438-46, 1996.
- 103- Morgan, D.L., New insight into the behavior of muscle during active lengthening, *Biophys.* 57, 209-221, 1990.
- 104- Warren, G.L., Hayes, D.A., Lowe, D.A., Prior, B.M., Armstrong, R.B., Materials fatigue initiates eccentric contraction-induced injury in rat soleus muscle. *J Physiol.* May;464:477-89. 1993a.
- 105- König D. Schumacher Y. Heinrich L. Schmid A. Berg A. Myocardial Stress After Competitive Exercise in Professional Road Cyclists. *Med Sci Sports Exercise* 2003; 35 (10):1678–83.
- 106- Ohba H. Takada H. Effects of Prolonged Strenuous Exercise on Plasma Levels of Atrial Natriuretic Peptide and Brain Natriuretic Peptide in Healthy Men. *American Heart Journal* 2001; 141(5):751–758.

- 107- Smith LL. Cytokine Hypothesis of Overtraining: a Physiological Adaptation to Excessive Stress? Med. Sci. Sports Exerc. 2000; Vol. 32, No. 2: 317–331.
- 108- Roth S. Why Does Lactic Acid Build up in Muscles? And Why Does it Cause Soreness? Retrieved On July 24 Available from [URL:http //www.Scientificamerica.com](http://www.Scientificamerica.com).
- 109- Cheung K. Hume P. Maxwell L. Delayed Onset Muscle Soreness. Treatment Strategies and Performance Factors Sports Med. 2003;33(2):145–64.
- 110- Brassinne E. Poortmans J. Effect of Eccentric Hamstring Contractions at Short and Long Length on DOMS. Isokinetics and Exercise Science 2003;11:59-60.67.
- 111- Guo JY. Evaluation of Exercise-Induced Muscle Soreness. Unpublished Doctoral Dissertation, Umeå University, Sweden. Isbn 91–7305-503-4.
- 112- Hazar S. Egzersize Bağlı İskelet ve Kalp Kası Hasarı. Spormetre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi 2004; Cilt:2 Sayı 3: 119–124.
- 113- Morgan DL. Proske U. Muscle Damage from Eccentric Exercise: Mechanism, Mechanical Signs, Adaptation and Clinical Applications. The Journal of Physiology 2001; 537: 333-345.

- 114- Newham DJ, Jones DA, Ghosh G, Aurora P. Muscle Fatigue and Pain After Eccentric Contractions at Long and Short Length. *Clinical Science* 1988; 74: 553–557.
- 115- Drews CM. *Physiology of Sport and Exercise Study Guide*. Human Kinetics.1997.
- 116- Günay M. Tamer K. Cicioğlu İ. *Spor Fizyolojisi ve Performans Ölçümü*. Ankara: Gazi Kitabevi; 2006.
- 117- Amelink GJ. Kamp HH. Bar PR. Creatin Kinase Isoenzyme Profiles After Exercise in the Rat: Sex Linked Differences in Leakage of CK-MM. *Pfugers Arch*. 1988; 412(4):21.
- 118- Amelink GJ. Wal WA. Wokke JH. Asbeck BS. Exercise Induced Muscle Damage in the Rat: the Effect of Vitamin E Deficiency. *Pfugers Arch* 1991; 419(3–4):304.
- 119- Clarkson, P.M., Byrnes, W.C., McCormick, K.M., Turcotte, L.P., White, J.S. (1986). Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric and concentric exercise. *Int J Sports Med.*, 7(3):152-5.
- 120- Thompson, H.S., Maynard, E.B., Morales, E.R., Scordilis, S.P. (2003). Exercise– induced HSP27 and HSP70 and MAPK responses in human skeletal muscle. *Acta Physiol Scand.*, 178:61-72.

- 121- Allen, D., (2001). Eccentric muscle damage: mechanisms of early reduction of force. *Acta Physiol Scand.*, 171;311-319.
- 122- Balnave, C.D., Thompson, M.W. (1993). Effects of training on eccentric exercise induced muscle damage. *Journal of Applied Physiology*, 75:1545–1551.
- 123- Cheiboun, G.S., Howell, J.N., Conatser, R.R., Giesey, J.J. (1998). Relationship between muscle swelling and stiffness after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exercise*, 30:529–535.
- 124- Piernowski, M.R., Tiidus, P.M. and Plyley, M.J. (1987). Effects of downhill or uphill training prior to a downhill run. *European Journal of Applied Physiology*, 56:668- 672.
- 125- Eston, R.G., Finney, S., Baker, S. And Baltzopoulos, V. (1996). Muscle tenderness and peak torque changes after downhill running following a prior bout of isokinetic eccentric exercise. *Journal of Sports Science*, 14:291-299.
- 126- Evans, W.J., Meredith, C.N., Cannon, J.G., Dinarello, C.A., Frontera, W.R., Hughes, V.A., Jones, B.H. and Knuttgen, H.G. (1986). Metabolic changes following eccentric exercise in trained and untrained men. *Journal of Applied Physiology*, 61:1864-1868.
- 127- Golden, C.L., Dudley, G.A. (1992). Strength after bout of eccentric or concentric actions. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, 24:926-933.

- 128- Garret, K., Kirkendall, L. (2000). The consequences of eccentric contractions and their relationship to delayed onset muscle pain. *Eur J Appl Physiol Oecup Physiol.*, 51:353-359.
- 129- Harbili, S., (2007). Sıcak stresinin ekzentrik egzersizin neden olduğu kas hasarına etkisi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Spor Bilimleri ve Teknolojisi Programı Doktora Tezi.
- 130- Newham, D.J., Jones, D.A., Clarkson, P.M. (1981). Repeated high-force eccentric exercise: effects on muscle pain and damage. *J App Physiol.*, 63:1381-1386.
- 131- Van Nieuwenhoven, M.A., Brummer, R.J.M., Brouns, F. (2000). Gastrointestinal function during exercise; comparison of water, sport drinks, and sport drink with caffeine. *J Appl Physiol.*, 89:1079-86.
- 132- Walsh, M. (2001). Repeated high-force eccentric exercise: effects on muscle pain and damage. *J App Physiol.*, 63:1381-1386.
- 133- Warren, G.L., Lowe, D.A., Armstrong, R.B. (1999). Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *Sports Medicine*, 27:163-172.
- 134- Newham, D.J, Mills, K.R., Quigley, B.M. and Edwards, R.H. (1983b). Pain and fatigue after concentric and eccentric muscle contractions. *Clinical Science*, 64:55-62.

- 135- Friden, J., Lieber, R.L. (1992) Structural and mechanical basis of exercise-induced muscle injury. *Med Sci Sports Exercise*, 24:521-530.
- 136- Cheiboun, G.S., Howell, J.N., Conatser, R.R., Giesey, J.J. (1998). Relationship between muscle swelling and stiffness after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exercise*, 30:529–535.
- 137- Piernowski, M.R., Tiidus, P.M. and Pyley, M.J. (1987). Effects of downhill or uphill training prior to a downhill run. *European Journal of Applied Physiology*, 56:668- 672.
- 138- Bakhtiary, A.H., Safavi, Z., Aminian, A. (2007). Influence of vibration on delayed onset of muscle soreness following eccentric exercise. *Br J Sports Med*. Mar;41(3):145–8.
- 139- Beck, T.W., Housh, T.J., Johnson, G.O., Mielke, M. (2007). Effects of a protease supplement on eccentric exercise-induced markers of delayed-onset muscle soreness and muscle damage. *J Strength Cond Res*. Aug;21(3):661–7.
- 140- Connolly, D.A.J., Louson, C. (2006). The effects of vitamin C supplementation on symptoms of delayed onset muscle soreness. *Sports Med Phys Fitness*, Sep;46(3):462-7.
- 141- Çelik, B., (2003). Ultrason uygulamasının kas hasarı üzerine etkisi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Spor Bilimleri ve Teknolojisi Programı Yüksek Lisans Tezi.

- 142- Douris, P., Southart, V., Ferrigi, R. (2006). Effect of phototherapy on delayed onset muscle soreness. *Photomed Laser Surg*, Jun;24(3):377-82.
- 143- Herbert, R.D., Noranha, M. (2007). Stretching to prevent or reduce muscle soreness after exercise. *Cochrane Database Syst Rev.*, Oct 17;(4). Review.
- 144- Law, R.Y., Herbert, R.D. (2007). Warm up reduces delayed onset muscle soreness but cool down does not: a randomised controlled trial. *Aust J Physiother.*, 53(2):91-5.
- 145- Lin, J.G., Yang, S.H. (1999). Effects of acupuncture on exercise-induced muscle soreness and serum creatine kinase. *American Journal of Chinese Medicine*, 27:299- 305.
- 146- Vaile, J., Halson, S., Gill, N., Dawson, B. (2008). Effect of hydrotherapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. *Eur J Appl Physiol.*, Mar;102(4):447-55.
- 147- Vaile, J., Gill, N. (2007). The effect of contrast water therapy on symptoms of delayed onset muscle soreness. *J Strength Cond Res.*, Aug;21(3):697-702.
- 148- Zainuddin, Z., Newton, M., Sacco, P., Nosaka, K. (2005). Effects of massage on delayed onset muscle soreness, swelling and recovery of muscle function. *J Athl Train.*, Jul-Sep; 40(3): 174-180.

- 149- Demarle A P, Heugas A M, Slawinski J J, Tricot V M, Koralsztein J P, Billat V L. Whichever the initial training status, any increase in velocity at lactate threshold appears as a major factor in improved time to exhaustion at the same severe velocity after training. *Arch Physiol Biochem* 2003; 111,167-176.
- 150- Borg's Perceived Exertion and Pain Scales. Champaign, IL: Human Kinetics; 1998
- 151- Clarkson, P.M., Tremblay, I., Exercise-induced muscle damage, repair and adaptation in humans. *J. Appl. Physiol.* 65(1): 1-6, 1988.
- 152- Wals B. Tonkonogi M. Malm C. Effect Of Eccentric Exercise On Muscle Oxidative Metabolism In Humans. *Medicine And Science In Sports And Exercise.* 2000;33(3):1067–72
- 153- Borg, G.A.V. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exercise*, 14:311–381.
- 154- Brown, S.J., Child, R.B., Day, S.H., Donnelly, A.E. (1997). Exercise-induced skeletal muscle damage and adaptation following repeated bouts of eccentric muscle contractions. *J Sports Sci.*, Apr;15(2):215-22.
- 155- Byrne, C., Eston, R. (2002). The effect of exercise-induced muscle damage on isometric and dynamic knee extensor strength and vertical jump performance. *J Sports Sci.*, May;20(5):417-25.

- 156- Navalta J. W., Sedlock D., Kyung-Shin P..Physiological responses to downhill walking in older and younger individuals.Journal of exercise physiology. 2004, 7 (6) :45-51.
- 157- Amelink, G.J., Kamp, H.H., Bär, P.R. (1988). Creatine kinase isoenzyme profiles after exercise in the rat. Sex linked differences in leakage of CK-MM. Pflügers Arch.,n 412:417-21.
- 158- Gleeson, M., Blannin, A.K., Walsh, N.P., Field, C.N. and Pritchard, J.C. (1998). Effects of exercise induced muscle damage on the blood lactate response to incremental exercise in humans. European Journal of Applied Physiology, 77:292-295.
- 159- Kudak, H.H., (2003). Taurinin kas hasarı üzerine etkisi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Spor Bilimleri ve Teknolojisi Programı Yüksek Lisans Tezi.
- 160- Schwane, J.A., Johnson, S.R., Vandenakker, C.B., Armstrong, R.B. (1983). Delayed onset muscular soreness and plasma CPK and LDH activities after down-hill running. Med Sci Sports Exercise. 15:51-56.
- 161- Smith, L.L. (1991). Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed onset muscle soreness. Med Sci Sports Exerc., May;23(5): 542-51.
- 162- Smith, L.L., Fulmer, M.A. (1994). The impact of a repeated bout of exercise on muscular strenght, muscle soreness and creatine kinase. Br J Sports Med., 28(4):67- 71.

- 163- Vassilis M. Reference Intervals for Serum Creatine Kinase in Athletes. *BJSM* 2007; 41:674–78.
- 164- Schwane, J.A., Johnson, S.R., Vandenakker, C.B., Armstrong, R.B. (1981). Blood markers of delayed onset muscular soreness with downhill treadmill running. *Med Sci Sports Exerc.*, 13:80-91.
- 165- Eston, R.G., Finney, S., Baker, S. and Baltzopoulos, V., Muscle tenderness and peak torque changes after downhill running following a prior bout of isokinetic eccentric exercise. *Journal of Sports Science* 14, 291-299, 1996.).
- 166- Kubli, M., Seed, P.T., Scrutton, M.J. (2002). An evaluation of isotonic "sport drinks" during labor. *Anesth Analg.*,Feb;94(2):404-8, table of contents.
- 167- Schwane JA. Johnson SR. Vandenakker CB. Armstrong RB. Delayed-Onset Muscular Soreness and Plasma Cpk and Ldh Activities After Downhill Running. *Med. Sci. Sports Exercise*.1983;15(1):51–6training period on muscle damage and inflammation. *Med Sci Sports Exerc.* Oct;33(10):1732-8, 2001.
- 168- Milias, G.A., Nomikos, T., Fragopoulou, E., Athanasopoulos, S.,Antonopoulou, S., Effects of eccentric exercise-induced muscle injury on blood levels of platelet activating factor (PAF) and other inflammatory markers. *Eur J Appl Physiol.* Dec;95(5-6):504-13. Epub 2005 Sep 6, 2005.

- 169- Siegel A. Silverman L. Lopez R. Creatine Kinase Elevations in Marathon Runners. Relationship to Training and Competition. Yale J Biol Med. 1980.53(4);275–9.
- 170- Jones, D.A., Newham, D.J., Experimental human muscle damage:morphological changes in relation to other indices of damage. J. Physiology.375:435-448, 1986.,
- 171- Kayashima, S., Ohno, H., Fujioka, T., Taniguchi, N., Nagata, N.,Leucocytosis as a marker of organ damage induced by chronic strenuous physical exercise. Eur J Appl Physiol Occup Physiol.;72(1-2):187-8, 1995.,
- 172- Van der Meulen, J.H., Kuipers, H., Drukker, J., Relationship between exercise-induced muscle damage and enzyme release in rats. J Appl Physiol.Sep;71(3):999-1004, 1991.)
- 173- Newham, D.J. (1989). Delayed muscle soreness: a review. Eur J Appl Physiol Occup Physiol., 51:53-59.
- 174- Dannacker, E., Heather, H., Kaminski, T., Robinson, M., (2005). Sex differences in delayed onset muscle pain. Clin J Pain.,21:120–126.
- 175- Nosaka, K.M., Clarkson, P.M. (1991). Delayed muscle soreness: a review. J Orthop Sports Phys., 510-13

- 176- Clarkson, P.M., Nosako, K., Braun, B. (1992). Initial events in exercise-induced muscular injury. *Med Sci Sports Exercise*, 22:429-435.
- 177- Gleeson, N., Eston, R., Marginson, V., McHugh, M., Effects of prior concentric training on eccentric exercise induced muscle damage. *Br J Sports Med*. Apr;37(2):119-25; 2003.
- 178- McHugh, M.P., Tetro, D.T., Changes in the relationship between joint angle and torque production associated with the repeated bout effect. *J Sports Sci*. Nov;21(11):927-32, 2003.
- 179- Nosaka, K. Newton, M., Repeated eccentric exercise bouts do not exacerbate muscle damage and repair. *J Strength Cond res*. 16 (1): 117-122, 2002b.).
- 180- Brooks, GA, Butterfield GE, Wolfe RR, et al. (1991). Decreased reliance on lactate during exercise after acclimatization to 4,300 m. *J Appl Physiol* 71:333-341.
- 181- Brooks, GA. (1986). Lactate production under fully aerobic conditions: the lactate shuttle during rest and exercise *Fed Proc* 45: 2924-2929.
- 182- Dubouchaud H, Butterfield GE, Wolfel EE, et al. (2000). Endurance training, expression, and physiology of LDH, MCT1, and MCT4 in human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 278(4):E571-9.)

- 183- Oosthuyse T., Carter RN. Plasma lactate decline during passive recovery from high-intensity exercise. *Med Sci Sport Exerc.* 1999 May; 31 (5): 670-4).
- 184- Juel C, Holten MK, Dela F. (2004). Effects of strength training on muscle lactate release and MCT1 and MCT4 content in healthy and type 2 diabetic humans. *J Physiol* Apr 1;556(Pt 1):297-304.).
- 185- Francaux MA, Jacqmin PA, Sturbois XG . (1993). The maximum lactate clearance: a new concept to approach the endurance level of an athlete. *Arch Int Physiol Biochim Biophys.* Jan- Feb 101(1):57-61.).
- 186- Thomas C, Sirvent P, Perrey S, et all. (2004). Relationships between maximal muscle oxidative capacity and blood lactate removal after supramaximal exercise and fatigue indexes in humans. *J Appl Physiol* Dec 97(6):2132-8.
- 187- Freund H, Zouloumian P. (1981). Lactate after exercise in man. I. Evolution kinetics in arterial blood. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 46: 121–133
- 188- Freund H, Oyono-Enguelle S, Heitz A, et all. (1986). Work rate-dependent lactate kinetics after exercise in humans. *J Appl Physiol* 61: 932–939.).
- 189- Dubouchaud H, Butterfield GE, Wolfel EE, et all. (2000). Endurance training, expression, and physiology of LDH, MCT1, and MCT4 in human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 278(4):E571-9.).

- 190- Yamamoto K, Miyachi M, Saitoh T, et al. (2001). Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Med Sci Sports Exerc* 33: 1496-1502
- 191- Imai K, Sato H, Hori M, et al. (1994). Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 24:1529-1535.).
- 192- Sugawara J, Murakami H, Maeda S, et al. (2001). Change in post-exercise vagal reactivation with exercise training and detraining in young men *Eur J Appl Physiol* Aug;85(3-4):259-63

BORG SKALASI

6	
7	Çok, çok hafif
8	
9	Çok hafif
10	
11	Oldukça hafif
12	
13	Biraz zor
14	
15	Zor
16	
17	Çok zor
18	
19	Çok, çok zor
20	Bittim...

DENEK ONAY FORMU

Bu form bir tez çalışması için düzenlenmiştir. Bu çalışma 'Maksimal ekzentrik ve konsantrik yüklenme sonrası toparlanma düzeyleri ve kas hasarı' nı belirlemek amacı ile planlanmıştır.

Bu çalışma bilimsel amaçlı bir çalışma olduğundan alınan kayıtlar kesinlikle gizli tutulacak ve başkalarına dağıtılmayacaktır. Bununla birlikte kayıtlarınız kurumun yerel etik kurul komitesine ve sağlık bakanlığına açık olacaktır. Çalışma verileri herhangi bir yayın ve raporda kullanılırken bu yayında isminiz kullanılmayacak ve veriler izlenerek size ulaşılacaktır. Gönüllü bu çalışmayı reddetme ya da araştırma başladıktan sonra devam etmeme hakkına sahiptir.

Yukarıda gönüllüye verilmesi gereken bilgileri okudum ve deney öncesinde araştırmada uygulanacak testler hakkında yazılı ve sözlü açıklamalar yapıldı. Bu koşullarda söz konusu araştırmaya kendi rızamla, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın katılmayı kabul ediyorum.

Katılımcının;

Ad-Soyadı:

Adresi:

Tel:

Tarih ve imza:

Açıklamaları yapan araştırmacının;

Ad-Soyadı: Gamze Erikoğlu

Görevi: Doktora Öğrencisi

Adresi: Güzaltan sok. 8/2 Maltepe/Ankara

Tel: 0505 625 04 60

Tarih ve imza:

Olur Alma İşlemine Başından Sonuna Kadar Tanıklık Eden Kuruluş Görevlileri:

Ad-Soyadı: **Doç.Dr. Nevin Atalay GÜZEL**

Tel:

Tarih :

İmza:

12. ÖZGEÇMİŞ

1.KİŞİSEL BİLGİLER

Adı-soyadı: Gamze ERİKOĞLU ÖRER
Doğum tarihi ve yeri: 13 Şubat 1983 Ankara
Görevi: Öğr. Gör.
Yazışma adresi: Güzaltan sok. 8/2 Maltepe/Ankara
Telefon: 0 505 625 04 60
E-mail: gamzeorer@gmail.com, basketball.08@hotmail.com

2. EĞİTİM

DERECE	ÜNİVERSİTE - FAKÜLTE	BÖLÜM	BİTİRME YILI
Lisans	Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu	Spor Bilimleri- Antrenörlük eğitimi	2006
Y. Lisans	Gazi Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu	Sağlık Bilimleri Enstitüsü Antrenman ve Hareket Bilimleri Anabilim Dalı	2009
Doktora/Tıpta Uzmanlık	Gazi Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu	Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı	-

3. AKADEMİK DENEYİM

GÖREV DÖNEMİ (YIL)	ÜNVAN	BÖLÜM	ÜNİVERSİTE
2009- Hâlen	Öğr. Gör.	Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu	Aksaray Üniversitesi

4. ÇALIŞMA ALANLARI

ÇALIŞMA ALANI/ALANLARI	ANAHTAR SÖZCÜKLER
Antrenman ve Hareket Bilimleri, Beden Eğitimi ve Spor	Antrenman, Performans, Egzersiz, Beden Eğitimi

5. YABANCI DİL (ÜDS: 63.750)

6.YAYINLAR :

Uluslar arası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (Proceedings) basılan bildiriler :

1. Erikoğlu G, Atalay Güzel N. Sporcularda akut l-karnitin yüklemesinin dayanıklılık performansı üzerine etkileri.11. Uluslararası Spor Bilimler Kongresi,10-12 Kasım 2010, Antalya, Türkiye.
2. Erikoğlu G, Atalay Güzel N, Erikoğlu Ö, Aktaş M.The effects of training on body composition and sports performance in adolescent basketball and soccer players at 12-14 years old boys with Eurofit test battery.15. ECSS CONGRESS 23-26 June 2010 Antalya, Turkey.
3. Erikoğlu G, Cinemre A, Şahin Z, Pense M.Bayan Basketbolcularda 100 M Dairesel ve Gidiş-Dönüşlü 20 M. Modifiye Mekik Testine Verilen Fizyolojik Cevapların Karşılaştırılması. 9.Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi, 2006, Muğla.

Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler :

1. Erikoğlu G, Özkamçı H, Golmoghani N, Suveren C, Tot T, Şahin N, Selçuk Z , Zorba E, Atalay Güzel N. 7–12 Yaş Çocuklarda Cinsiyet ve Yaş Gruplarına Göre Eurofit Test Bataryası İle Performans Parametrelerinin Değerlendirilmesi. G.Ü. Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi.2009

Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler:

1. Aral, Tuna Z, Güzel NA, Erikoğlu G, Elbeğ Ş, Pınar L.Sedanter ve antrenere genç erkeklerde eşik düzeyine kadar ulaşılan aerobik egzersizlerin serum sitokin düzeyleri ile testosteron/kortizol oranı üzerine etkisi. 36.Ulusal Fizyoloji Kongresi, 2010 Edirne.
2. Atalay Güzel N, Erikoğlu G, Coşkun-Cevher Ş,Bircan FS. İki farklı dozda akut L-karnitin yüklemesinin oksidatif stres ve antioksidan sistem üzerine etkileri. 35. Ulusal Fizyoloji Kongresi, 30 Eylül -3 Ekim 2009, Ankara.
3. Atalay Güzel N, Erikoğlu G, Golmoghani N, Özkamçı H, Suveren C, Selçuk Z. 7–12 yaş arası çocuklarda vücut kompozisyonu ve solunum fonksiyonları ilişkisi. 2. Ulusal Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Kongresi, 14-16 Mayıs 2009, İzmir.
4. Erikoğlu G, Atalay Güzel N.Futbolcularda maksimal yüklenmenin denge performansı üzerine etkileri. 2. Ulusal Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Kongresi, 14-16 Mayıs 2009, İzmir.

Diğer yayınlar: Diğer Uluslar arası indekslere (CINAHL, EMBASE, AMED Physiotherapy Index) dahil dergilerde yayımlanan makaleler:

1. Karacan S, Atalay Güzel N, Çolakoğlu F, Akyüz M, Erikoğlu G.Does callistenic exercise affect the relationship between body composition and lung function in women? Science,Movement and Health, 1; 2009.

VERDİĞİ LİSANS DESLERİ

Basketbol Temel Eğitimi

Yüzme

Beden Eğitimi ve Oyun Öğretimi

Mesleki Yabancı Dil

Çocuklarda Hareket Gelişimi ve Eğitimi

Spor Tarihi ve Kültürü

Sporcu Beslenmesi

Temel Bilgisayar Eğitimi

Öğretim Teknolojileri ve Materyal Geliştirme

7. SPORCULUK GEÇMİŞİ:

1995 - 1999 MKE Ankaragücü (küçük kız- yıldız kız)

1999 -2004 MTA Spor Klübü

(genç kız, 1999-2000 yılında bayanlar 1.lig, 2000-2004 bayanlar 2.lig)

2004 – 2006 Hacettepe Üniversitesi Spor Klübü (bayanlar 2.lig)

2001 – 2006 Hacettepe Üniversitesi (üniversite takımı)

8. ÇALIŞTIĞI KULÜPLER :

2004 - 2005 Hacettepe Üniversitesi Minik Kız Takımı Yardımcı
Antrenörlüğü

2006 - 2010 Ankara Tofaş Küçük Erkek Takımı Antrenör Asistanı

2006 - 2010 Ankara Tofaş Spor Okulları Yenilmahalle Bölgesi
Basketbol Eğitmeni

Kazanılan Belgeler :

- * 2004–2005 Minikler Festivali’nde Başarı Belgesi
- * Bronz Cankurtaran Sporcu
- * 9. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi’nde Sunum Belgesi
- * 3.Kademe Kıdemli Antrenör Belgesi (Basketbol)
- * Basketbol Aday Orta Saha Hakemi

8. ÖLÇÜM YAPTIĞIM KULÜP VE OKULLAR:

- Şekerspor ::

Şekerspor Bal Takımın 2006 yılında aerobik-anaerobik dayanıklılık ölçümleri yapıldı.

-Tofaş-Ankara:

- Basketbol minik erkek takımının 2007 yılında performans ölçümleri, (sürat, anaerobik dayanıklılık, antropometrik ölçümler, sıçrama) yapıldı.

- Ankara Demir Spor (Gazi Üniversitesi Performans Ölçüm Laboratuvarı adına):

- 2008 Temmuz ayında Ankara Demir Spora sezon öncesi performans ölçümü yapıp antrenman alanları belirlendi.

- Belediyeler Sedanter Bayanlar:

- 2008 Eylül ayından bu yana yürütülen projede “Ankara’da bulunan sedanter bayanlarda uygulanan düzenli egzersizin akciğer hacim

kapasiteleri, antropometrik ölçümleri ve kan değerleri” her 3 ayda bir düzenli olarak alınmış ve 2 ay sonra son ölçüm yapıp değerlendirilmeye başlanmıştır.

-Maya Koleji-Ankara (2009 Gazi Üniversitesi Performans Ölçüm Laboratuvarı adına):

- 228 Öğrenciye eurofit test bataryası uygulandı ve akciğer hacim kapasiteleri, antropometrik ölçümleri alındı.

- Ankaragücü A2 Takımı (Gazi Üniversitesi Performans Ölçüm Laboratuvarı adına):

- 2009 yılında sezon arası performans ölçümü yapıp antrenman alanları belirlendi.

- Mersin İdman Yurdu Spor Kulübü (Gazi Üniversitesi Performans Ölçüm Laboratuvarı adına):

- 2009 Temmuz ayında sezon öncesi performans ölçümü yapıp antrenman alanları belirlendi.

- Buz Hokeyi Milli Takımı(Gazi üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü Adına):

- 2010 yılında kamp öncesi ve sonrası dayanıklılık ölçümleri yapıldı ve antrenman alanları belirlendi. (Bu çalışma şuan Ankara Üniversitesi Spormetre Dergisinde hakem değerlendirmesindedir.)

-Ted Ankara Kolejliler Spor Kulübü ve Ted Ankara Koleji Özel Lisesi

- 2011 Temmuz; U 17 Erkek Futbol Takımı sezon öncesi performans ölçümleri yapıldı ve değerlendirildi antrenman alanları belirlendi.

13. TEŞEKKÜR

Tezimin başlangıcından, bu son haline gelene kadar benim yanımda olan ve her türlü desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Doç.Dr. Nevin Atalay GÜZEL'e çok teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Ölçümlerime denek olarak katılan Pursaklar Belediye Spor Klübünde oynayan ve Gazi Üniversitesi Fizyoterapi Ve Rehabilitasyon Bölümünde okuyan sevgili arkadaşlarıma özverilerinden dolayı teşekkür ederim.

Ölçümlerimin alınmasından tez bitimine kadar gece-gündüz yanımda olan eşim M.Murat Örer'e, canım kardeşim Özgür Erikoğlu'na, arkadaşım Zeynep Tuna' ya ve aynı zamanda aileme maddi-manevi desteğinden dolayı çok teşekkür ederim.



**GAZİ ÜNİVERSİTESİ (GİRİŞİMSSEL OLMAYAN) KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU
DEĞERLENDİRME FORMU**

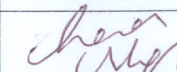
DEĞERLENDİRME KURULUNUN ADI	Gazi Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu
AÇIK ADRES	Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekanlık Binası 06500 Beşevler/Ankara
TELEFON	0312 202 69 58
FAKS	0312 202 46 73
E-POSTA	tipetikkurul@gazi.edu.tr

BAŞVURU BİLGİLERİ	ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	Maksimal Şiddette Eksentrik Ve Konsentrik Yüklenmelere Kas Hasarı, Pazma Sitokin Ve Oksidatif Stres Cevabı		
	SORUMLU ARAŞTIRMACI ÜNVANI/ADI/SOYADI	Doç.Dr.Nevin ATALAY GÜZEL		
	UZMANLIK TEZİ/AKADEMİK AMAÇLI	UZMANLIK TEZİ ☐	AKADEMİK AMAÇLI ☐	
		DİĞER ☐	Bireysel Araştırma Projesi	
		İLAÇ DIŞI ARAŞTIRMA ☒	☐ İLAÇ DIŞI GİRİŞİMSSEL ☒ İLAÇ DIŞI GİRİŞİMSSEL OLMAYAN 4.Rutin takip ve tedavi sırasında elde edilmiş materyallerle yapılacak araştırmalar	

DEĞERLENDİRİLEN BELGELER	Belge Adı	Tarihi	Versiyon No	Dili
	ARAŞTIRMA PROTOKOLÜ			Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐
	BİL. GÖNÜLLÜ OLUR FORMU			Türkçe ☒ İngilizce ☐ Diğer ☐
DEĞERLENDİRİLEN DİĞER BELGELER	Belge Adı			Açıklama
	ARAŞTIRMA BÜTÇESİ	☒		
	SİGORTA	☐		

KARAR BİLGİLERİ	Karar No: 122	Toplantı tarihi: 21.03.2012
	Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesinde Doç.Dr.Nevin Atalay Güzel'in sorumluluğunda yapılması tasarlanan ve yukarıdaki künyede kayıtlı başvuru bilgileri verilen, <i>Bireysel Araştırma Projesi</i> olan klinik araştırma başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş ve Kardiyoloji bölümünce efor testi yapıldıktan sonra çalışmanın yapılabileceğine, G.Ü.T.F. Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu üyelerinin oybirliği ile karar verilmiştir.	

ETİK KURUL BİLGİLERİ

ÇALIŞMA ESASI	Dünya Tıp Birliği Helsinki Bildirgesinin son versiyonu, İyi Klinik Uygulamaları (Uluslararası ICH-GCP) kılavuzu ve bununla ilgili 2001/20/EC ve 2005/28/EC sayılı Avrupa Birliği direktifleri, Biyoloji ve Tıbbın uygulanması bakımından İnsan Hakları ve İnsan haysiyetinin korunması sözleşmesi ve İnsan Hakları ve Biyotıp Sözleşmesinin onaylanmasının uygun bulunduğu dair kanun (9.12.2003 tarihli 25311 sayılı Resmi Gazete), 2547 sayılı Yükseköğretim Kanunu (06.11.1981 tarihli 17506 sayılı Resmi Gazete), Klinik Araştırmalar Hakkında Yönetmelik , İyi Klinik Uygulamaları Kılavuzu							
	ETİK KURUL BAŞKANI UNVANI/ADI/SOYADI: Prof.Dr.Canan ULUOĞLU							
Unvanı/Adı/Soyadı	Uzmanlık Alanı	Kurumu	Cinsiyet	İlişki *		Katılım **		İmza
Prof.Dr.Canan ULUOĞLU BAŞKAN	Tıbbi Farmakoloji	G.Ü.T.F Tıbbi Farmakoloji A.D	K	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	

Doç.Dr.Arzu BAKIRTAŞ BAŞKAN YRD.	Çocuk Sağ.ve Hast. Çocuk Allerji	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları A.D	K	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	288
Prof.Dr.Gonca AKBULUT RAPORTÖR	Fizyoloji	G.Ü.T.F Fizyoloji A.D.	K	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof.Dr.Fusun BOZKIRLI ÜYE	Anesteziyoloji ve Reanimasyon	G.Ü.T.F Anest.ve Rea. A.D	K	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof.Dr.Emin TÜRKÖZ ÜYE	Restoratif Diş Tedavisi ve Endodonti	G.Ü.D.F Restoratif Diş Ted. ve Endodonti A.D	E	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof.Dr.Seyhan ERSAN ÜYE	Farmasötik Kimya	G.Ü.E.F (Ecz.Mes.Bil.) Farmasötik Kimya A.D.	K	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof.Dr.Sefer AYCAN ÜYE	Halk Sağlığı	G.Ü.T.F Halk Sağlığı A.D	E	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof.Dr.Mustafa KAVUTÇU ÜYE	Tıbbi Biyokimya	G.Ü.T.F Tıbbi Biyokimya A.D	E	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof.Dr.Öznur L.BOYUNAĞA ÜYE	Radyoloji	G.Ü.T.F Radyoloji A.D	K	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof.Dr.Galip GÜZ ÜYE	İç Hastalıkları Erişkin Nefroloji	G.Ü.T.F İç Hastalıkları A.D.	E	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof.Dr.Aylar POYRAZ ÜYE	Tıbbi Patoloji	G.Ü.T.F Tıbbi Patoloji A.D	K	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Prof.Dr.Metin YILMAZ ÜYE	Kulak-Burun-Boğaz Hast.	Kulak-Burun-Boğaz Hast. A.D	E	E ☐	H ☒	E ☐	H ☒	Katılmadı
Prof.Dr.Nesrin ÇOBANOĞLU ÜYE	Tıp Etiği ve Tıp Tarihi	G.Ü.T.F Tıp Etiği ve Tıp Tarihi A.D	K	E ☐	H ☒	E ☐	H ☒	Katılmadı
Doç.Dr.Birol DEMİREL ÜYE	Adli Tıp	G.Ü.T.F Adli Tıp A.D.	E	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Av.Adem GELİR ÜYE	Hukuk	Rektörlük Hukuk Müşavirliği	E	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	
Emine ŞEKER ÜYE	Sivil Temsilci	Sivil Temsilci	K	E ☐	H ☒	E ☒	H ☐	

* :Araştırma ile İlişki

** :Toplantıda Bulunma