

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SIÇANLARDA AKUT VE KRONİK ANTRENMANIN TOTAL DEMİR
BAĞLAMA KAPASİTESİNE ETKİSİ**

Zeliha ALTAY ÖCAL

**BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

DANIŞMAN

Prof.Dr. Mehmet KUTLU

**Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Tarafından 2012 /114 Nolu Proje Olarak
Desteklenmiştir.**

2014 – KIRIKKALE

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SIÇANLARDA AKUT VE KRONİK ANTRENMANIN TOTAL DEMİR
BAĞLAMA KAPASİTESİNE ETKİSİ**

Zeliha ALTAY ÖCAL

**BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

DANIŞMAN

Prof.Dr. Mehmet KUTLU

2014 – KIRIKKALE

Kırıkkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü

Bedens Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı çerçevesinde yürütölmüş olan bu çalışma aşğıdaki jüri üyeleri tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 29 / 12 /2014

İmza

Prof. Dr. Mehmet KUTLU
Kırıkkale Üniversitesi, Eğitim Faköltesi
Jüri Başkanı

İmza

Prof. Dr. Siyami KARAHAN
Kırıkkale Üniversitesi, Veteriner Faköltesi
Üye

İmza

Yrd. Doç. Mehmet ÖÇALAN
Kırıkkale Üniversitesi, Eğitim Faköltesi
Üye

İÇİNDEKİLER

İçindekiler	i
Önsöz	ii
Simgeler ve Kısaltmalar	iii
Şekiller	iv
Çizelgeler	v
ÖZET	vi
SUMMARY	viii
1.GİRİŞ	1
1.1. Demirin Sporcu Performansındaki Rolü	1
1.2. Oksijenin Kanda Taşınması	2
1.3. Hemoglobinin Yapısı	3
1.4.Demirin Vücuttaki Dağılımı	3
1.5.Demirin Vücuttaki Taşınması	4
1.6. Demir Durumunun Değerlendirilmesinde Yararlanılan Parametreler	4
	6
2.MATERYAL ve YÖNTEM	
2.1. Hayvan materyali	6
2.2. Egzersiz protokolü	7
2.3. Laboratuvar analizleri	9
2.4. İstatistiksel Analiz	9
	11
3. BULGULAR	
3.1. Hayvan bulguları	11
3.2. Laboratuvar analiz bulguları	11
3.2.1. Demir analiz bulguları	11
3.2.2. Hematolojik bulgular	15
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	17
KAYNAKLAR	21
ÖZGEÇMİŞ	25

ÖNSÖZ

Sporde başarının kriteri kuşkusuz ki kazanmaktır. Sporcunun başarısına etki eden çok sayıda faktörün varlığı bilinmektedir. Sporcu performansına etki eden yeni faktörlerin belirlenmesi ve bilinen faktörlerin etki düzeyleri ve etki şekillerinin ortaya konması için çok sayıda bilimsel çalışmalar yapılmaktadır. Yaptığımız çalışmanın da bu bağlamda, egzersizin vücudun demir durumunu nasıl etkilediği konusunun akut ve kronik egzersiz modellerinde incelemesi amaçlanmıştır. Bu çalışma ile tüm canlılar için gerekli olan oksijenin vücutta taşınmasından sorumlu alyuvarların yapısında bulunan demir elementinin vücuttaki düzeyinin egzersize bağlı olarak düştüğü ortaya konmuştur. Vücut demir düzeyindeki bu düşüş, egzersizin süresine ve şiddetine bağlı olarak, egzersiz sırasında oluşan metabolik değişiklikler, terleme, gastrointestinal kan kayıpları ve alyuvarların hemolizi nedeniyle oluşan demir kaybından kaynaklandığı yönünde değerlendirildi.

Çalışma sonucunun sporcu performansına katkı sağlayan faktörlerin başında gelen beslenme konusunda ışık tutacağını, spor ve sağlık alanında bilimsel bir katkı sağlayacağını düşünmekteyiz.

Yüksek lisans tez çalışması için böyle bir konunun belirlenmesinde ve çalışmanın tüm aşamalarında desteğini esirgemeyen başta danışman hocam Prof. Dr. Mehmet KUTLU olmak üzere eşim ve tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim. Ayrıca, 2012/114 sayılı proje ile tezi destekleyen Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne ve çalışmanın gerçekleştirilmesinde imkanlarından faydalandığım Kırıkkale Üniversitesi Hüseyin Aytemiz Deneysel Araştırma ve Uygulama Laboratuvar'ına ve katkılarından dolayı Prof.Dr. Siyami KARAHAN'a ve örneklerin biyokimyasal analizlerini yapan Doç.Dr. Tünay KONTAŞ AŞKAR'a da sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

SİMGELER ve KISALTMALAR

TDBK: Total demir bağlama kapasitesi

TIBC: Total demir bağlama kapasitesinin ingilizce kısaltması

DDBK: Doymamış demir bağlama kapasitesi

UIBC: Doymamış demir bağlama kapasitesinin ingilizce kısaltması

SDK : Serum demir konsantrasyonu

sTfr : Serum soluble transferrin reseptör düzeyi

ELİSA: Enzyme – Linked (Enzim bağlantılı) Immunosorbent Assay

GI: Akut antrenman grubu

GII: Kronik antrenman grubu

GIII: Kontrol grubu

EPO : Eritropoetin hormonu

Hb : Hemoglobin

RBC : Alyuvar sayısı

HCT: Hematokrit değeri

MCV: Ortalama hücre volümü

MCH: Ortalama alyuvar hemoglobini

MCHC: Ortalama alyuvar hemoglobin konsantrasyonu

RDW: Alyuvar dağılım genişliği

ŞEKİLLER

Şekil: 1. Hemoglobinin yapısı	3
Şekil: 2. Demirin vücuttaki dağılım durumu	4
Şekil: 3. Sıçanların hassas terazide tartılması	6
Şekil: 4. Çalışma gruplarındaki sıçanların bakım ve beslenmesi	7
Şekil: 5. Çalışmada kullanılan beş bantlı treadmill	8
Şekil: 6. Sıçanların treadmillde koşturulması	8

ÇİZELGELER

Çizelge 1. Demir analiz sonuçları	11
Çizelge 2. Demir parametrelerinin korelasyon analiz bulguları	14
Çizelge 3. Total kan sayımı sonuçları	15
Grafik 1. Çalışma gruplarındaki demir düzeyi grafiği	12
Grafik 2. Çalışma gruplarındaki total demir bağlama kapasitesi	12
Grafik 3. Çalışma gruplarındaki doymamış demir bağlama kapasitesi	13
Grafik 4. Çalışma gruplarındaki transferin düzeyleri	13
Grafik 5. Çalışma gruplarındaki ferritin düzeyleri	14
Grafik 6. Çalışma gruplarındaki hepsidin düzeyleri	14

ÖZET

Demirin biyolojik fonksiyonlarda, immunitede ve çalışma performansındaki rolü insanlarda ve deney hayvanlarında yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur. Hemoglobinin demirindeki yetersizlik (anemi), egzersiz yapan kaslara oksijen taşınmasında düşüşe neden olacağından egzersiz performansını etkileyen çok önemli bir durumdur. Çalışmamızda, antrenmanın vücudun demir durumunu nasıl etkilediği konusunun akut ve kronik egzersiz modellerinde incelemesi amaçlanmıştır.

Çalışmada deney hayvanı olarak, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Deney Hayvanları Araştırma ve Yetiştirme Ünitesi'nden sağlanan 21 tane, 12-14 haftalık yaşta, ağırlıkları 320-350 gr. arasında değişen, erkek, Wistar-Albino sıçan kullanıldı. Bu hayvanlar rastgele, akut antrenman grubu (GI, n=7) ve kronik antrenman grubu (GII, n=7) ve kontrol (antrenman yapmayan) grubu (GIII, n=7) olarak üç gruba ayrıldı. Sıçanlar çalışma boyunca oda ısısı 22-23 °C ve nem oranı ortalama % 60 olan ortamda, plastik kafeslerde tutuldu. Hayvanlar *ad libitum* ticari sıçan yemi ve su ile beslendi. Sıçanlar bir haftalık ortam adaptasyonundan sonra treadmill adaptasyonu için günde 10 dakika, 5 gün, %0 eğimde, 0,5 km/h hızda treadmillde koşuruldu. Bu şekilde koşuya adapte edilen sıçanlardan, haftada 5 gün (10⁰⁰-14⁰⁰ saatleri arası) olmak üzere akut antrenman grubu (GI) 2 hafta, kronik antrenman grubu (GII) 6 hafta süreyle antrenmana alındı. Antrenman, 2 dakika içinde 1,5 km/h hıza ulaşacak şekilde ve %0 eğime ayarlanmış treadmillde günde 30 dakika koşurma şeklinde uygulandı.

Çalışma sonunda sıçanlar 48 saat dinlendirildikten sonra ötenazi edilerek kalpten kan örnekleri alındı. Bu örneklerden tam kan sayımı yapıldı. Daha sonra bu örneklerden plazma demir konsantrasyonu, serum demir bağlama kapasitesi, plazma transferrin ve plazma ferritin seviyeleri ticari kitler kullanılarak kolorimetrik yöntemle belirlendi. Plazma hepsidin düzeyleri ise ticari kit kullanılarak, ELISA ile belirlendi.

Sonuç olarak, akut ve kronik antrenman uygulanan sıçanlarda antrenman yapmayan sıçanlara göre total demir bağlama kapasitesinin arttığı, vücut demirinin hem akut hem de kronik antrenman gruplarında ciddi şekilde düştüğü görülmüştür

($P<0.001$). Elde edilen, total demir bağlama kapasindeki artış ($P<0.001$), plazma demir düzeyindeki düşme, transferin ($P<0.05$), ferritin ve hepsidin ($P<0.001$) düzeylerindeki düşüş ve bunlara paralel olarak kan tablosundaki mikrositik karakterdeki anemi gibi parametreler vücut demirindeki düşüşün önemli göstergeleri olarak dikkate değer bulundu.

Anahtar sözcük: Antrenman, demir, hepsidin, mikrositik anemi, TDBK.

SUMMARY

The role of iron on biological functions, immunity and physical performance has been documented through studies on humans and experimental animal. Impairment in hemoglobin iron content (anemia) is an important condition affecting physical exercise performance as it causes a decrease in oxygen transport to musculature. In this study, it was aimed to evaluate how exercise effected the body iron concentration using acute and chronic exercise models.

In this study, at a total of 21 male weighing 320-350 gr 12-14 weeks old Wistar Albino rats, which were obtained from the Unit for Experimental Animal Breeding and Use, Medical Faculty of Hacettepe University, were used. Rats were divided into three groups: Acute exercise group (GI) (n=7), and chronic exercise group (GII)) (n=7) and control group (GIII)) (n=7) with no exercise. Throughout the study period, the rats were house in polypropylene cages and fed *ad libitum* under 22-23 °C room temperature and mean %60 humidity.

Following a week of adaptation to new environment, rats were run on a platform with a 0% slope at a speed of 0.5 km/h for 10 min for 5 consecutive days for treadmill adaptation. Following adaptation to treadmill, rats were undergone an exercise regimen 5 days a week (between 10:00-14:00 hours) either for 2 weeks or 6 weeks in GI group and GII, respectively. The exercise regime was set as the rats would reach to a speed of 1.5km/h in a minute on a platform with a 0% slope. Each rat run for 30 minutes.

Forty-eight hours after completion of the clinic part of the study, rats were anesthetized and blood samples were collected by cardiac puncture and total blood count was obtained. Later on serum iron concentration, serum iron binding capacity, serum transferrin and serum ferritin levels were determined by a colorimetric method using commercial kits. Plasma hepsidin levels were determined by ELISA using a commercial kit.

In conclusion, the body iron levels are remarkably decreased in rats after acute and chronic exercise regimens compared to control rats ($P<0.001$). The decline

in plasma iron ($P < 0.001$), transferrin ($P < 0.05$), ferritin and hepcidin levels ($P < 0.001$) and increase in total iron bound capacity ($P < 0,001$) as well as microcytic anemia in blood in parallel to these are indicatives of drops in the body iron content.

Key words: Exercise, hepcidin, iron, microcytic anemia, TICB.

1. GİRİŞ

1.1. Demirin Sporcu Performansındaki Rolü

Demirin biyolojik fonksiyonlarda, immunitede ve çalışma performansındaki rolü insanlarda ve deney hayvanlarında yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur (Beard ve ark. 2000). Demirin sporcu performansındaki rolü vücutta oksijenin dokulara taşınmasıyla daha kolay açıklanabilir. Çünkü dokulara oksijenin taşınmasından sorumlu olan alyuvarların (eritrositlerin) yapısında bulunan hemoglobin, demir içeren ve dokulara oksijen taşıyan bir proteindir. Demir yetersizliğine bağlı olarak şekillenen hemoglobin eksikliği nedeniyle dokulara ve dolayısıyla kaslara oksijen taşınmasında yetersizlik, enerji oluşumunda gecikme ve buna bağlı olarak sporcu verimliliğinde düşme şekillenir (Sevim, 2002).

Hemoglobin demirindeki yetersizlik (anemi), egzersiz yapan kaslara oksijen taşınmasında düşüşe neden olacağından egzersiz performansını etkileyen çok önemli bir durumdur. Ayrıca, total vücut demirinin yaklaşık %1'ini oluşturan enzim sistemindeki demir eksikliği de sporcu performansını olumsuz etkilemektedir. Schoene ve ark. (1983) demir eksikliği anemisi olan bayan sporculara demir tedavisi uygulamasının maksimal egzersiz laktat konsantrasyonunu azalttığını ve performansını artırdığını belirtmektedirler.

Demir eksikliği, ya gıdalarla yeteri miktarda demir alınamamasından ya da vücuttan çeşitli yollarla fazla demir kayıplarından kaynaklanmaktadır. Magazanik ve ark. (1988), Che ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmalarda, yoğun fiziksel egzersizin demir eksikliğine yol açtığı belirlenmiştir. Diğer bazı çalışmalar, Weaver ve ark. (1992), Cook (1994) yoğun egzersizin demir dengesini bozabileceğini ve bu durumun koşucularda koşmanın etkisiyle bağırsaklardan ve ayak dolaşımındaki alyuvarların yırtılmalarına bağlı olarak da böbreklerden hemoglobüri şeklindeki demir kayıplarından kaynaklanabileceğini ortaya koymuştur. Ancak, Buono ve ark. (2005) yaptıkları bir çalışmada egzersize bağlı oluşan vücut içi ısı artışı (hipertermi)'nin demir düzeyinin etkilemediğini belirtmektedirler. Vücutta maksimal oksijen kullanımı kanın oksijen taşıma kapasitesine bağlıdır. Oksijen taşıma kapasitesi ise eritrositlerdeki hemoglobin demiriyle ilişkilidir (Bassett ve ark. 2000).

Demir elementi ve eritropoetin (EPO) hormonu alyuvar üretimi için oldukça gereklidir.

1.2. Oksijenin Kanda Taşınması

Açık havada standart atmosfer basıncında parsiyal oksijen basıncı (PO_2) 159 mmHg'dır. Hava solunumla vücuda alındığında, akciğer alveollerine geldiğinde PO_2 100-105 mmHg'ya kadar düşer. Oksijenin büyük bir kısmını dokulara bırakarak akciğer alveol kapillar damarlarına gelen kandaki PO_2 40-45 mmHg düzeyindedir. Bu alveollerdeki yüksek oksijen basıncı ve kandaki düşük oksijen basıncı nedeniyle oksijen alveol duvarından kapiller içine geçerek hemoglobine bağlanır.

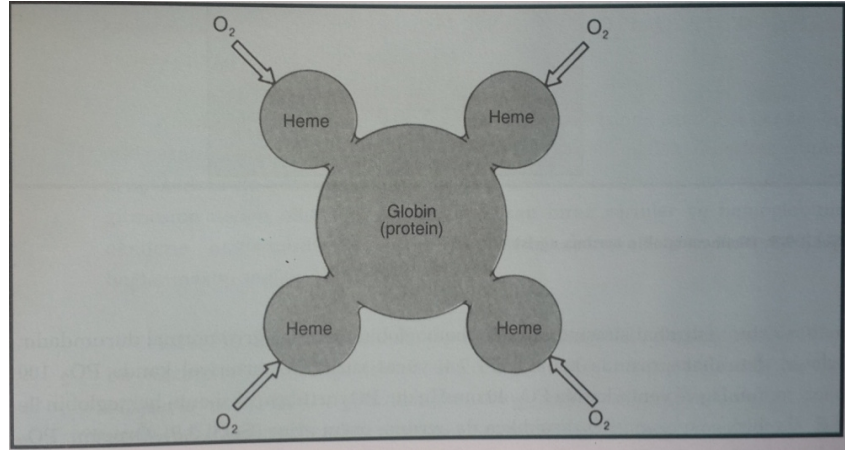
Oksijen dolaşımında, küçük bir oranda (%2) kanın sıvı kısmında (plazmada) çözülmüş olarak ve yaklaşık %98 gibi büyük bir oranda da eritrositlerde bulunan hemoglobine bağlı olarak bulunur. Oksijenin plazmadaki çözünürlüğü oldukça düşük olduğundan dokulara çözülmüş olarak taşınan oksijen miktarı da çok az olmaktadır. İnsanlarda dinlenme halinde dakikada ihtiyaç duyulan oksijenin sadece %3-4'ü çözülmüş oksijenle karşılanabilir (Fox,1990).

Vücuttaki yaklaşık 4-6 milyar kırmızı kan hücresi (alyuvar) içinde bulunan hemoglobinin oksijen bağlama ve taşıma kapasitesi plazmada çözünebilir oksijen miktarının 70 katından daha fazladır. Kanda bulunan oksijenin yaklaşık %98'i kimyasal olarak hemoglobine bağlı olarak taşınır. Bu nedenle kanın oksijen taşıma kapasitesi temel olarak hemoglobin miktarına bağlıdır. Her hemoglobin molekülünde 4 hem (demir) grubu bulunur. Her bir hem grubu kimyasal olarak bir oksijen molekülü ile bağlanır (Şekil 1). Dolayısıyla bir hemoglobin molekülü maksimal olarak 4 oksijen molekülü ile birleşerek (oksihemoglobin) oksijeni dokulara taşır ve oksijenin büyük bir kısmını metabolizma sonucu dokulara bırakır (Sönmez, 2002). Egzersiz sırasında artan karbondioksit ve laktik asit, kanın ve kas dokusunun pH değerinde azalmaya (asiditenin artmasına), artan ısı üretimi de vücut ısısında artmaya neden olur ki bu değişiklikler oksijenin hemoglobinden ayrılarak serbest kalmasını ve oksijene ihtiyacı olan hücrelere girmesini artırır (Powers ve Howley, 1990).

Ayrıca, hemoglobin dokulardan dönüşte metabolizma sonucu oluşan karbondioksitin az bir kısmını bağlayarak akciğerlere taşır (Sönmez 2002).

1.3. Hemoglobinin Yapısı

Hemoglobin dört tane heme (demir) atomu ve bir proteinden (globülinden) oluşan kompleks bir moleküldür (Sönmez 2002). Hemoglobinin oksijene olan duyarlılığı yapısındaki demir atomlarından kaynaklanmaktadır.



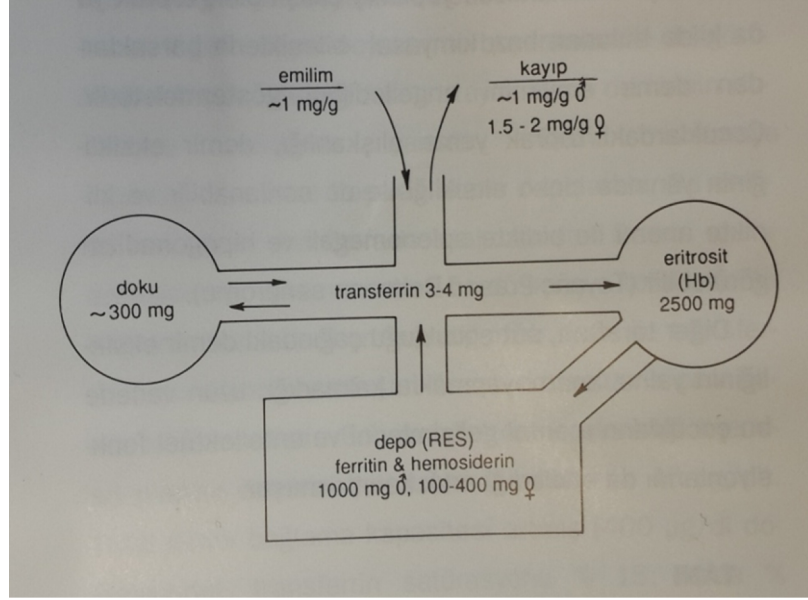
Şekil: 1. Hemoglobinin yapısı (Sönmez, 2002).

1.4. Demirin Vücuttaki Dağılımı

Toplam vücut demirinin en önemli bölümünü yaklaşık 2500 mg'la eritrositlerin içindeki hemoglobin demiri oluşturmaktadır (Tangün, 1991). Erkek bir erişkin vücudunda toplam 4 gram demir mevcuttur. Kadınlarda bu değer yaklaşık %30 daha düşüktür.

Sağlıklı erginlerde bağırsaklardan günde 1-2 mg demir emilmektedir. Ergin bir insanda, vücuttaki demirin yaklaşık 1800-2000 mg eritrositlerde (hemoglobinde), 300 mg iskelet kaslarında (miyoglobinde), 600 mg ise karaciğerde (ferritin veya

hemosiderin olarak), kemik iliğinde ve dalağın retkuloendotelyal hücrelerinde depolanmaktadır (Beserab ve ark. 2009).



Şekil: 2. Demirin vücuttaki dağılım durumu (Tangün, 1991).

1.5. Demirin Vücuttaki Taşınması

Demirin vücutta bağırsak, kas, makrofajlar ve kemik iliği gibi kompartmanlar arasında taşınması taşıyıcı protein transferin'e bağlanarak gerçekleştirilmektedir. Demirin taşınma oranı serum total demir bağlama kapasitesi (TDBK) ile yakın ilişkilidir. Serum total demir bağlama kapasitesi, serum demiri + doymamış demir bağlama kapasitesini ifade etmektedir (Tangün, 1991). Başka bir deyişle; organizmanın serum proteinleri tarafından bağlanabilen maksimum demir konsantrasyonunu ifade eder (Yamanishi ve ark. 2003).

1.6. Demir durumunun değerlendirilmesinde Yararlanılan Parametreler

Vücudun demir durumunun değerlendirilmesinde, kandaki hemoglobin konsantrasyonu (Hb), alyuvar sayısı (RBC), serum demir konsantrasyonu (SDK),

serum total demir bağlama kapasitesi (TDBK), serum soluble transferrin reseptör (sTfr) düzeyi ve serum ferritin seviyeleri önemli parametreler olarak dikkate alınmaktadır. Ayrıca, serum ferritin seviyesi kemik iliği demir deposuyla pozitif korelasyon içinde olması nedeniyle vücudun demir rezervi için de önemli bir belirleyicidir (Magazanik ve ark. 1988; Beard 2001; Schumacher ve ark. 2002; Wu ve ark. 2002; Yamanishi ve ark. 2003; Koçyiğit ve ark. 2011; Peeling ve ark. 2014).

Son yıllarda yapılan çalışmalarda peptid yapılı bir hormon olan, barsaklardan demir emilimini, makrofajlardaki demir döngüsünü ve hepatik depolardan demir salınımını homeostatik olarak düzenleyen hepsidinin üzerine yoğunlaşmıştır (Peeling ve ark. 2014; Skarpariska-Stejnborn ve ark. 2014). Hepsidinin demir yüklemesi veya yangı sırasında vücuttaki düzeyi yükselirken (McClung ve ark. 2013); özellikle demir eksikliği anemisinde azaldığı gösterilmiştir (Başol ve ark, 2007). Anemide hepsidin üretimi azalır, hepsidinin demir emilimi ve makrofajlardan demir salınımı üzerine olan inhibitör etkisi ortadan kalkarak, daha fazla demirin eritropoez için kullanılması sağlanır (Ganz 2003; Ganz 2006; Başol ve ark, 2007). Demir eksikliğine bağlı olmayan B12 vitamini ve folat eksikliği anemilerindeki düzeyleri ile ilgili yeterli çalışma bulunmamaktadır.

Demirin vücuttaki durumu ile ilgili, deney hayvanları ve çeşitli dallarda spor yapan sporcular üzerinde, yapılan çalışmaların daha çok demir eksikliğinin egzersiz performansı üzerine etkisi konusunda yoğunlaştığı görülmektedir (Zimmermann 2003). Bu nedenle, çalışmamızda başka bir açıdan egzersizin, demirin önemli göstergelerinden olan başta totaldemir bağlama kapasites (TDBK) olmak üzere seçilmiş parametreler üzerinden, vücudun demir durumunu nasıl etkilediği konusunun sıçanlarda akut ve kronik egzersiz modellerinde incelemesi amaçlanmıştır.

2.MATERYAL ve YÖNTEM

2.1. Hayvan Materyali

Çalışmada, deney hayvanı olarak aşağıdaki belirtilen sayıda sıçanın kullanılmasının Kırıkkale Üniversitesi Hayvan Etik Kurulu Yönergesi'nde belirtilmiş olan Etik İlkelerine uygunluğuna Kırıkkale Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'nun 16/02/12 tarihli ve 12/05 nolu kararı ile onay verilmiştir.

Çalışmaya deney hayvanı olarak, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Deney Hayvanları Araştırma ve Yetiştirme Ünitesi'nden sağlanan 21 tane, 12-14 haftalık yaşta, ağırlıkları 320-350 gr. arasında değişen, erkek, Wistar-Albino sıçan alındı. Bu hayvanlar rastgele tartılarak, akut antrenman grubu (GI, n=7) ve kronik antrenman grubu (GII, n=7) ve kontrol (antrenman yapmayan) grubu (GIII, n=7) olarak üç gruba ayrıldı. Sıçanlar çalışma boyunca oda ısısı 22-23 °C ve nem oranı % 60 olan ortamda, plastik kafeslerde tutuldu. Hayvanlar *ad libitum* ticari sıçan yemi ve su ile beslendi.



Şekil: 3. Sıçanların hassas terazide tartılması



Şekil: 4. Çalışma gruplarındaki sıçanların bakım ve beslenmesi

2.2. Egzersiz Protokolü

Sıçanlar, Kırıkkale Üniversitesi Hüseyin Aytemiz Deneysel Araştırma ve Uygulama Laboratuvarı'nda, bir haftalık ortam adaptasyonundan sonra treadmill adaptasyonu için günde 10 dakika, 5 gün, %0 eğimde, 0,5 km/h hızda treadmillde koşturuldu (May TME 0805 TREADMILL EXERCISER, Türkiye).

Bu şekilde koşuya adapte edilen sıçanlardan, haftada 5 gün (sabah 10⁰⁰- öğleden sonra 14⁰⁰ arası) olmak üzere akut antrenman grubu (GI) 2 hafta, kronik antrenman grubu (GII) 6 hafta süreyle antrenmana alındı. Antrenman, Liu ve ark. (2000), Mello ve ark. (2008)'den modifiye edilerek; 2 dakika içinde 1,5 km/h hızı

ulaşacak şekilde ve %0 eğime ayarlanmış treadmillde günde 30 dakika koşturma şeklinde uygulandı.



şekil 5. Çalışmada kullanılan beş bantlı treadmill



şekil 6. Sıçanların treadmillde koşturulması

Belirtilen antrenman sürelerinin tamamlanmasından 48 saat sonra deneklerin kalplerinden antikoagülanlı (lityum heparinli) tüplere 3'er ml kan örnekleri alındı. Örneklerin alınmasından sonra denekler derin Xylazin+Ketamin anestezisi ile uyutuldu.

2.3. Laboratuvar Analizleri

İki haftalık antrenman sonunda akut antrenman grubu ve kontrol grubundan, altı haftalık antrenmandan sonra da kronik antrenman grubundan antikogülanlı tüplere toplanan kan örneklerinden total kan sayımı yapıldıktan sonra, örnekler 3000 rpm da 10 dakika santrifüj edilerek plazmalar elde edildi. Elde edilen plazma örnekleri ependorf tüplerine konularak laboratuvar incelemesi yapılana kadar -20 °C'de saklandı.

Antrenmanın vücudun demir durumuna etkisini belirlemek için total kan sayımı MS9 kan sayım cihazında otomatik olarak yapıldı. Plazma örneklerinde demir konsantrasyonu (SDK) kolorimetrik yöntemle, ticari kit (RDA Demir Ölçüm Kiti) kullanılarak spektrofotometre ile, total demir bağlama kapasitesi (TDBK) ise serum demir ve doymamış demir bağlama kapasitesi (DDBK) değerlerinin toplanması ile belirlendi.

Transferin (STF) düzeylerinin ölçümü, türbidimetrik yöntemle ticari kit (RDA Demir Ölçüm Kiti) kullanılarak, ferritin (SF) düzeyi analizi ise ticari kit (AssayPro, Cat No. EF2003-1, China) kullanılarak ELISA ile ölçülmüştür. Plazma hepsidin düzeyleri ise ticari kit (AssayPro, Cat No. EF2003-1, WUHAN EIAab, China) kullanılarak ELISA ile belirlendi.

2.4. İstatistiksel Analiz

Üç gruba ait, demir durumunun belirlenmesinde baz alınan bağımlı değişken parametre sonuçlarının gruplar arasında değişimlerinin değerlendirilmesinde SPSS 15. paket programında One Way Anova teti ile varyans analizine gidilmiştir. Önemlilik derecesi $P < 0.05$ olarak kabul edilmiş ve önemli olarak çıkan farkların

hangi gruplar arasında ve hangi parametreler arasında olduğunun ortaya konması içinde de izleme (post hoc) testi olan Tukey testinden yararlanılmıştır (Akbulut 2010). Elde edilen sonuçlar ortalama değerler ve \pm standart sapma şeklinde tablolar halinde sunulmuştur.

Değişkenler arasında bağıntının (korelasyonun) olup olmadığını, varsa yönünü ve gücünü ortaya koymak amacıyla Pearson Correlation testinde yararlanılmıştır. İstatistiksel olarak “r” değerine göre korelasyonun gücü; $r= 0.1-0.29$ düşük, $r=0.30-0.40$ orta, $r=0.50-1.0$ yüksek olarak değerlendirilmiştir (Akbulut 2010). Sonuçlar tablo şeklinde sunulmuştur.

3. BULGULAR

3.1. Hayvan Bulguları

Çalışmaya alınan sıçanların tamamının parlak tüylü, hareketli, dikkatli ve iştahlarının iyi olduğu gözlemlendi. Hassas terazi ile yapılan tartımlarda, sıçanların ağırlıkları ortalaması çalışma başlangıcında; akut antrenman grubu (GI)=331,85, kronik antrenman grubu (GII)=331,74 ve kontrol grubu (GIII)=329,00 gr, çalışma sonunda ise GI=331,00, GII=336,00 ve GIII=334,00 gr olarak saptanmıştır.

3.2. Laboratuvar Analiz Bulguları

3.2.1. Demir Analiz Bulguları

Demir analiz bulguları çizelge 1’de sunulmuştur.

Çizelge 1. Demir analiz sonuçları

Parametreler	GI	GII	GIII	P
Demir (µg/dL)	55.34±9.43 ^a	75.81±12.97 ^b	100.91±4.30 ^c	(a-b)**,(a,b-c)***
TDBK (µg/dL)	283,30±27.53 ^a	264.00±11.87 ^{ab}	194.55±22.72 ^c	(a,ab-c)***
DDBK (µg/dL)	211.41±16.38 ^a	185.21±16.73 ^b	108.24±19.64 ^c	(a-b)*, (a,b-c)***
Transferin (µg/dL)	91.28±4.88 ^a	97.42±7.63 ^{ab}	112.42±14.67 ^c	(a-c)**,(ab-c)*
Ferritin (ng/mL)	61.15±8.40 ^a	81.97±10.23 ^b	97.74±10.97 ^c	(a-b)**,(a-c)***, (b-c)*
Hepsidin (ng/mL)	150.94±10.49 ^a	170.57±7.99 ^b	189.87±10.14 ^c	(a-b)**,(a-c)***, (b-c)**

*:p<0.05, **: p<0.01 ***: p<0,001

Tablodaki kısaltmalar:

GI : Akut antrenman grubu

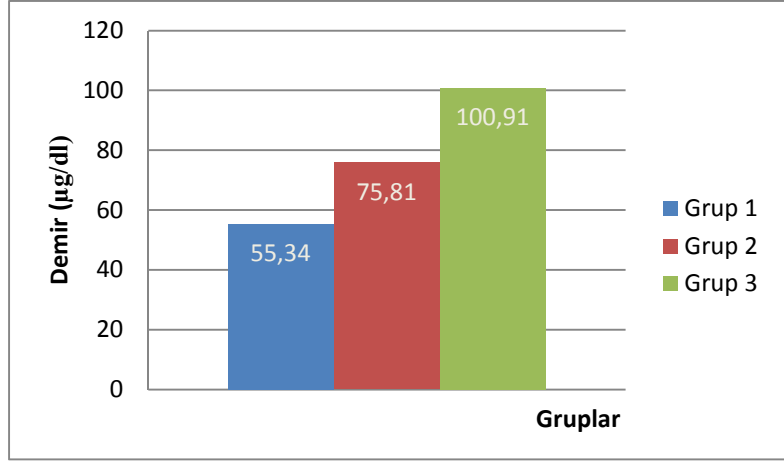
GII : Kronik antrenman grubu

GIII: Kontrol grubu

TDBK: Total demir bağlama kapasitesi

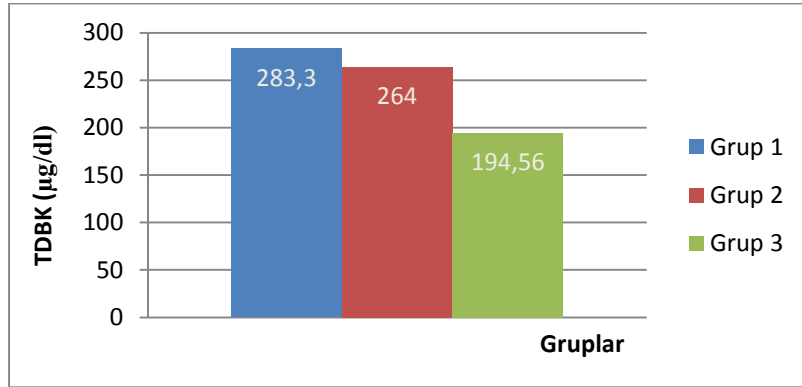
DDBK: Doymamış demir bağlama kapasitesi

Çizelge 1’de verilen demir durumu ile ilişkili parametrelerden plazma demir düzeyinin istatistiksel olarak GI ile GII arasında P<0.01, GIII ile GI ve GII arasında P<0.001 düzeyinde çarpıcı bir farkın olduğu saptanmıştır (Grafik 1).



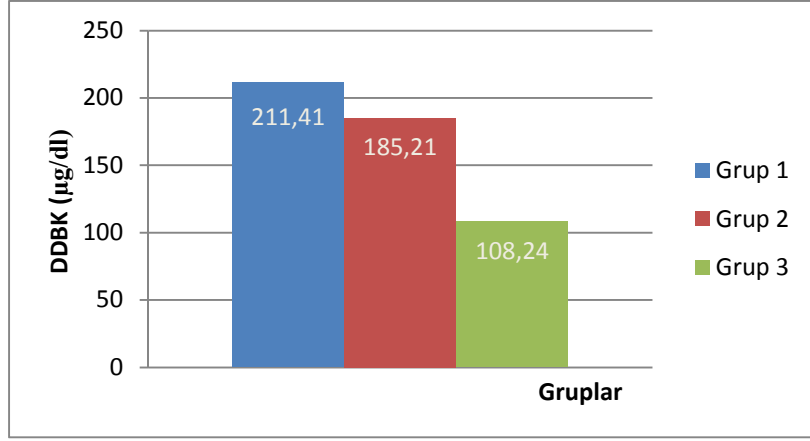
Grafik 1. Çalışma gruplarındaki demir düzeyi grafiği

Total demir bağlama kapasitesi (TDBK) değeri ortalamalarının üç grupta da farklı olmasına rağmen, istatistiksel olarak GI ile GII arasında bir fark görülmezken GIII ile GI ve GII arasında $P<0.001$ düzeyinde çarpıcı bir farkın olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1, Grafik 2).



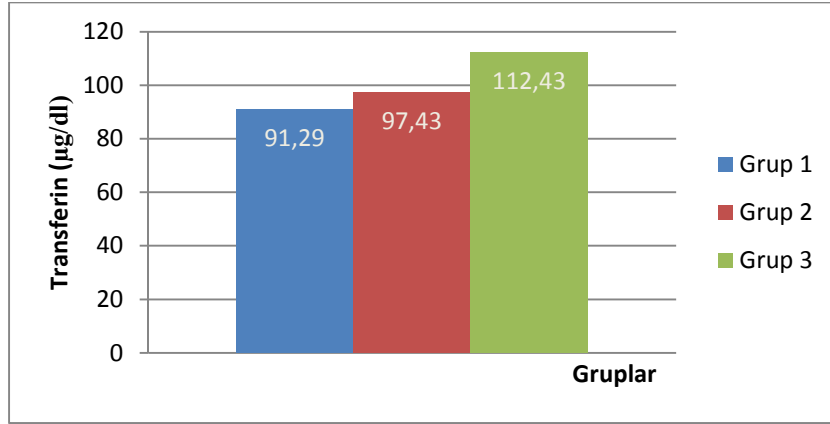
Grafik 2. Çalışma gruplarındaki total demir bağlama kapasitesi

Doymamış demir bağlama kapasitesi (DDBK) değeri ortalamalarının üç grupta da farklı olmasının yanında, istatistiksel olarak GI ile GII arasında $P<0.05$, GIII ile GI ve GII arasında $P<0.001$ düzeyinde çarpıcı bir farkın olduğu saptanmıştır (Çizelge 1, Grafik 3).



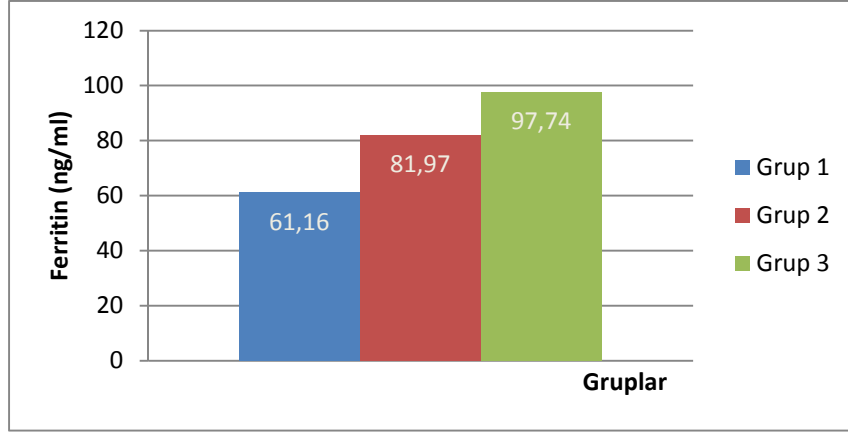
Grafik 3. Çalışma gruplarındaki doymamış demir bağlama kapasitesi

Plazma transferin düzeyi ortalamalarının üç grupta da farklı olmasına rağmen, istatistiksel olarak GI ile GII arasında fark saptanmazken, GI ile GIII arasında $P<0.01$, GII ile GIII arasında $P<0.05$ düzeyinde bir farkın olduğu saptanmıştır (Çizelge 1, Grafik 4).



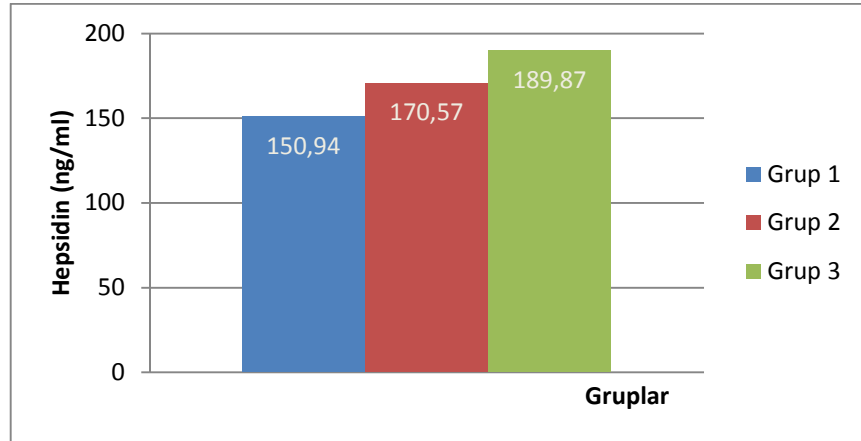
Grafik 4. Çalışma gruplarındaki transferin düzeyleri

Plazma ferritin düzeyi ortalamalarının üç grupta da farklı olmasının yanında, istatistiksel olarak GI ile GII arasında $P<0.01$, GI ile GIII arasında $P<0.001$, GII ile GIII arasında $P<0.05$ düzeyinde çarpıcı bir farkın olduğu saptanmıştır (Çizelge 1, Grafik 5).



Grafik 5. Çalışma gruplarındaki ferritin düzeyleri

Plazma hepsidin düzeyi ortalamalarının üç grupta da farklı olmasının yanında, istatistiksel olarak GI ile GII arasında $P < 0.01$, GI ile GIII arasında $P < 0.001$, GII ile GIII arasında $P < 0.01$ düzeyinde çarpıcı bir farkın olduğu saptanmıştır (Çizelge 1, Grafik 6).



Grafik 6. Çalışma gruplarındaki hepsidin düzeyleri

Çizelge 2. Demir parametrelerinin korelasyon analiz bulguları

Parametreler	Demir (µg/dL)	TDBK (µg/dL)	DDBK (µg/dL)	Transferin (µg/dL)	Ferritin (ng/mL)	Hepsidin (ng/mL)
Demir (µg/dL)	1					
TDBK (µg/dL)	-0,72**	1				
DDBK (µg/dL)	-0,85**	0,94**	1			
Transferin (µg/dL)	0,66**	-0,74**	-0,72**	1		
Ferritin (ng/mL)	0,79**	-0,71**	-0,77**	0,43*	1	
Hepsidin (ng/mL)	0,73**	-0,64**	-0,74**	0,43*	0,72**	1

** : $P < 0.01$ düzeyinde korelasyon.

* : $P < 0.05$ düzeyinde korelasyon.

Demir parametrelerinin korelasyon analiz sonuçlarına göre, plazma demir düzeyindeki azalmaya karşın total demir bağlama kapasitesi (TDBK) ve doymamış demir bağlama kapasitesinde (DDBK) artış gerçekleşmiştir. Bu ilişkide önemli düzeyde ($P<0.01$) negatif korelasyon saptanmıştır (Çizelge 2).

Plazma demir düzeyindeki azalmaya plazma transferin, ferritin ve hepsidin düzeylerinde de azalma eşlik etmiştir. Dolayısıyla bu ilişki arasında ise önemli düzeyde ($P<0.01$) pozitif korelasyon tespit edilmiştir (Çizelge 2).

3.2.2. Hematolojik Bulgular:

Hematolojik bulgular çizelge 3’de sunulmuştur.

Çizelge 3. Total kan sayımı sonuçları

Parametre	GI	GII	GIII	P
Eritrosit ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	5.78±1.21 ^a	6.70±1.74 ^{ab}	7.92±0.53 ^b	(0.023)*
Hb (g/dL)	10.08±2.85 ^a	12.90±4.92 ^{ab}	15.18±1.79 ^b	(0.031)*
Hct (%)	27.95±5.96 ^a	33.30±8.23 ^{ab}	39.12±2.13 ^b	(0.017)*
MCV (fL)	48.33±1.21	51.00±2.54	56.50±12.02	-
MCH (pg)	17.25±2.21	19.26±2.44	19.35±3.60	-
MCHC (g/dL)	35.68±5.40	38.30±5.30	39.06±6.32	-
RDWC (%)	16.11±0.69	15.88±0.82	16.60±0.79	-

*: $p<0.05$

Tablodaki kısaltmalar:

GI : Akut antrenman grubu

GII : Kronik antrenman grubu

GIII: Kontrol grubu

Hb: Hemoglobin

HCT: Hematokrit değeri

MCV: Ortalama hücre volümü

MCH: Ortalama alyuvar hemoglobini

MCHC: Ortalama alyuvar hemoglobin konsantrasyonu

RDW: Alyuvar dağılım genişliği

Çizelge 3’de verilen total kan sayımı sonuçlarına göre, eritrosit sayısı, hemoglobin (Hb) miktarı ve hematokrit (HCT) değeri ortalamalarının üç grupta da farklı olmasına rağmen, istatistiksel olarak GII değerinin GI ve GIII değerleri ile bir fark oluşturmadığı görülürken, GI ile GIII arasında $P<0.05$ düzeyinde bir farkın olduğu saptanmıştır.

Ortalama alyuvar volümü (MCV), ortalama alyuvar hemoglobini (MCH), ortalama alyuvar hemoglobin konsantrasyonu (MCHC) ve alyuvar dağılım genişliği

(RDW) değeri ortalamalarının farklı olmasına rağmen bu değerler açısından gruplar arasında istatistiksel olarak bir farkın olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 3).

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Demirin vücuttaki durumu ile ilgili, deney hayvanları ve çeşitli dallarda spor yapan sporcular üzerinde, yapılan çalışmalarda daha çok demir eksikliğinin egzersiz performansı üzerine etkisi konusuna yoğunlaşmıştır (Schoene ve ark. (1983) (Beard ve ark. 2000). Bu nedenle başka bir açıdan, vücudun demir durumunun önemli biyomarkırlarından total demir bağlama kapasitesi (TDBK), plazma demir konsantrasyonu, DDBK, transferin, ferritin ve hepsidin parametrelerinin egzersize bağlı olarak nasıl değiştiği konusu, sıçanlarda akut ve kronik egzersiz modellerinde incelenmiştir.

Çalışmada plazma demir düzeyinde, hem akut antrenman grubunda (GI) (55.34 µg/dL) hem de kronik antrenman grubunda (GII) (75.81 µg/dL) kontrol grubuna (GIII) (100.91 µg/dL) göre önemli düzeyde düşüş saptanmıştır (Çizelge 1). Bu bulgu, Magazanik ve ark. (1988) yoğun fiziksel egzersizin demir eksikliğine yol açabileceği görüşünü destekler bulundu. Plazma demir düzeyindeki düşüşün kontrol grubuna göre, kronik antrenman grubunda %24.87, akut antrenman grubunda ise %45.15'lik bir oranla daha şiddetli olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum akut antrenmanda demir kayıplarının daha yoğun olduğunu ve antrenman kronikleştikçe sıçanlarda homeostazis yeteneğinin ve antrenmana toleransın arttığını göstermektedir (Liu ve ark. 2000; Elosua ve ark. 2003; Öztaşan ve ark. 2004; Revan ve ark. 2008).

Demir eksikliği, sporcularda ya gıdalarla yeterli demir alınamamasından ya da vücuttan çeşitli yollarla aşırı kayıplardan kaynaklanmaktadır. Çalışmada sıçanların aynı standart yemle beslenmesi söz konusu olduğundan gıdaya bağlı bir eksikliğinden daha çok antrenmana bağlı bir eksiklik düşünüldü. Weaver ve ark. (1992), Cook (1994) ve Telford ve ark. (2003) koşucularda antrenmana bağlı demir eksikliğinin, koşmanın etkisiyle ayak dolaşımı içerisindeki alyuvarların yırtılmalarına, dehidrasyonun etkisiyle alyuvar yıkımlanmalarına bağlı olarak hematüri-hemoglobinüri şeklinde böbreklerden ve bağırsaklardan demir kayıplarından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmada da ortaya konan demir eksikliğinin benzer durumlardan kaynaklanmış olabileceğini söyleyebiliriz. Ayrıca, egzersize bağlı oluşan oksidatif stresin etkisiyle lipid peroksidasyon yoluyla

alyuvarlarda oluşan hemolizden açığa çıkan hemoglobinin bir kısmının idrar yoluyla atılmasının da egzersiz bağlı oluşan demir eksikliğine katkı sağlayacağına dikkate alınması gerekmektedir (Elosua ve ark. 2003; Öztaşan ve ark. 2004; Revan ve ark. 2008).

Her iki antrenman grubunda da plazma demir düzeyinde düşüşe karşın total demir bağlama kapasitesi (TDBK) ve doymamış demir bağlama kapasitesi (DDBK) değerinde $P<0.001$ düzeyinde bir artış ve negatif korelasyon ($r= -0.72, -0.85$) belirlenmiştir (Çizelge 1, 2). Bu durum demir eksikliğinde beklenen bir tablodur. Şöyle ki, TDBK serum ya da plazmada demirin taşınmasından sorumlu olan başta transferin olmak üzere taşıyıcı proteinlerin bağlayabileceği maksimum demir miktarını göstermektedir (Yamanishi ve ark. 2003). Dolayısıyla plazma demiri azaldıkça taşıyıcı proteinlerin demire doyumluğu azalacak, TDBK ve taşıyıcı proteinlerin demire doyması için gerekli demir (DDBK) miktarında artış olacaktır. (Çizelge 1, Grafik 2).

Plazma transferin düzeyinde, antrenman grupları (GI-GII) arasında istatistiksel farka rastlanmazken bu gruplar ile kontrol grubu arasında $P<0.01$, $P<0.05$ düzeyinde bir fark saptanmıştır (Çizelge 1, Grafik 4). Demir eksikliği ile birlikte transferin düzeyindeki bu düşüş, Weight ve ark. (1991), egzersizin demir metabolizması üzerine yangısal reaksiyona benzer bir etki oluşturduğu ve fibrinojen gibi akut faz proteinlerinde artışa, Turgut (2000) ise yangısal reaksiyonun transferin ve albumin gibi bazı proteinlerin sentezinde azalmaya neden olabileceği görüşü ile açıklanabilir. Ayrıca, aynı gruplarda tam kan parametrelerinden Hct değerindeki düşüşün (Çizelge 3) de transferin düzeyinde relatif bir azalmaya katkı sağladığı düşünülmüştür.

Ferritin değeri, vücut demir rezervinin indirekt belirleyicisi olarak en çok yararlanılan bir parametredir. Ayrıca, serum ferritin seviyesi kemik iliği demir deposuyla pozitif korelasyon içindedir (Magazanik ve ark. 1988; Beard 2001; Schumacher ve ark. 2002; Wu ve ark. 2002; Yamanishi ve ark. 2003). Demir kaybının arttığı durumlarda ilk etkilenen rezervin kemik iliği olması nedeniyle ferritin düzeyindeki düşüş önemli bir parametre olarak dikkate alınmalıdır.

Çalışmada, her iki antrenman grubunda da plazma demir düzeyindeki azalmaya eşlik eden ferritin düzeyindeki azalma, antrenmana bağlı olarak vücutta demir eksikliği oluştuğunu göstermektedir. Ayrıca, ferritin değerindeki azalma plazma demirindeki azalmaya benzer şekilde akut antrenman grubunda daha belirgin ($P<0.001$) olarak dikkat çekti (Çizelge 1, Grafik 5).

Çalışmada, demir eksikliği anemisine paralel olarak, demir metabolizmasında düzenleyici role sahip bir peptid hormon olan hepsidinin de antrenman gruplarında düştüğü görülmektedir (Çizelge 1, Grafik 6). Bu tablo, Ganz (2003), Ganz (2006) belirttiği gibi, yangısal etkiye bağlı demir düşüşünde serum hepsidin düzeyi yüksek olur iken, demir eksikliği anemisinde ise hepsidinin üretimi azalarak; hepsidinin demir emilimi ve makrofajlardan demir salımı üzerine olan inhibitör etkisi ortadan kalkar ve daha fazla demirin eritropoez için kullanılmasına olanak sağlanır görüşü ile açıklanabilir. Dolayısıyla çalışmada saptanan plazma hepsidin düzeyinde azalma antrenmana bağlı şekillenen demir eksikliğine bir yanıt olarak dikkate alınmalıdır (Başol ve ark. 2007).

Antrenman yapan sıçanlarda saptanan demir eksikliğinin önemli bir etkisi de kan tablosu üzerine olmuştur. Hem akut antrenman hem de kronik antrenman yaptırılan sıçanların eritrosit (alyuvar) sayıları ve hemoglobin değerleri hem fizyolojik değerlerden (Car ve ark. 2006), hem de kontrol grubundan $P<0.05$ düzeyinde düşük bulunmuştur. Bu bulgu, Magazanik ve ark. (1988)'nin bayan ve erkek üzerinde yaptığı çalışmada elde ettiği sonuçları destekler yöndedir. Ayrıca, kan tablosunda ortalama hücre volümü (MCV)'ndeki düşme (GI= 48.33 fL, GII= 51.00 fL, Kontrol grubu=56.50 fL) de demir eksikliği anemisinin karakteristik bulgusu olan mikrositik anemiye işaret etmiştir (Çizelge 3). Mikrositozun kaynağı, demirin sınırlı hale gelmesine yanıt olarak eritroid hücreler daha fazla bölünerek normalden küçük eritrositlerin şekillenmesidir (Turgut, 2000).

Egzersiz bağlı olarak şekillenen demir eksikliği ile alyuvar sayısında ve hemoglobin miktarındaki düşmenin temelinde yatan önemli bir faktör de oksidatif strestir (Öztaşan ve ark. 2004). Oksidatif stres durumunda yoğunluğu artan serbest radikallerin (reaktif oksijen türleri=ROS) diğer doku ve hücrelerde olduğu gibi

alyuvar hücrelerinde de lipidperoksidasyonu ile hasar oluşturması ve dolayısıyla alyuvarların hemoliz olması söz konusudur (Ji 1999; Kelle ve ark. 1999; Öztaşan ve ark. 2004; Abd Hamid ve ark. 2011; Chaudhary ve ark. 2014). Alyuvarların hemolizi sonrası açığa çıkan hemoglobinin de bir kısmı idrarla dışarı atılarak belirli ölçüde demir kaybı şeklenmiş olacaktır.

Oksidatif stres ve oksidatif hasarın derecesi egzersizin yoğunluğuna ve tipine bağlı olmakla birlikte, daha belirgin olarak akut ve yoğun egzersizin oksidatif strese neden olduğu, buna karşın düzenli yapılan dayanıklılık egzersizlerinin oksidatif stresi düşürdüğü (antioksidant kapasiteyi geliştirdiği), doku ve hücrelerdeki oksidatif hasarı azalttığı belirtilmektedir (Liu ve ark. 2000; Elosua ve ark. 2003; Öztaşan ve ark. 2004; Revan ve ark. 2008). Çalışmamızda da, akut egzersiz grubunda şekillenen demir düşüşünün kronik egzersiz grubundaki düşüşten daha şiddetli olması belirtilen görüşü destekler bulundu.

Sonuç olarak, akut ve kronik antrenman uygulanan sıçanlarda antrenman yapmayan sıçanlara göre vücut demir durumunun ciddi şekilde etkilendiği ve total demir bağlama kapasitesinin arttığı görülmüştür. Elde edilen, total demir bağlama kapasitesinde artış, plazma demir düzeyindeki düşme, transferin, ferritin ve hepsidin düzeylerindeki düşüş ve bunlara paralel olarak kan tablosundaki mikrositik karakterdeki anemi gibi parametreler vücut demirindeki düşüşün önemli bulguları olarak dikkat değer bulundu.

Çalışma sonucunun, sporcu performansında ve kaslara oksijen taşınmasında kilit role sahip olan demirin sporcularda yakından izlenmesinde ve sporcu beslenmesinde gıdaların demir içeriklerinin düzenlenmesinde yol gösterici olacağı kanısına varılmıştır.

KAYNAKLAR

- ABD HAMID NA, HASRUL MA, RUZANNA RJ, IBRAHİM IA, BARUAH PS, MAZLAN M, MOHD YUSOF YA, WAN NGAH WZ (2011) Effect of vitamin E (Tri E) on antioxidant enzymes and DNA damage in rats following eight weeks exercise. *Nutrition Journal*, 10:37.
- AKBULUT Y (2010) Sosyal Bilimlerde SPSS Uygulamaları. 1. Baskı, Pasifik Ofset, İstanbul, Türkiye. 3-189.
- BASSETT JRDR, HOWLEY ET (2000) Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, 32:70-84.
- BAŞOL G, BARUTÇUOĞLU B, BOZDEMİR AE (2007). Demir homeostazının yeni düzenleyicisi hepsidin. *Türk Klinik Biyokimya Derg*, 5:117-125.
- BEARD J, TOBİN B (2000) Iron status and exercise. *Am J Clin Nutr*, 72 (suppl):594-597.
- BEARD JL (2001) Iron biology in immune function, muscle metabolism and neuronal functioning. *JN The Journal of Nutrition*, 568-580.
- BESERAB A, HÖRL WH, SİLVERBERG D (2009) Iron metabolism, Iron deficiency, Thrombocytosis and Cardiorenal Anemia Syndrome. *The Oncologist*, 14 (suppl 1):22-33.
- BUONO MJ, BARRAK MT, BOUTON-SANDER F, BRADLEY P, COTTONARO KAM (2005) Effect of exercise-induced hyperthermia on serum iron concentration. *Biological Trace Element Research*, 108:61-63.
- CAR BD, ENG VM, EVERDS NE, BOUNUOS DI (2006) Clinical pathology of the rat. İn: Suckow MA, Weisbroth SH, Franklin CL (eds), *The Laboratory Rat*, Second ed. Elsevier Academic Press, Burlington, USA. 127-143.
- CHAUDHARY N, PARAJULI A, GURUNG B, KARKÍ K-D, RAJBHANDARI P (2014) Evaluation of oxidative stress and antioxidant status in iron deficiency anemia. *Int J Health Sci Res*. 4(11):216-222.
- CHE L-L, LIU S-J, XU H-X, XIAO D-S (2007) Influence of long-term exercise on iron distribution in the brain region of rats. *Journal of Clinical Rehabilitative Tissue Engineering Research*, 11:49, 9933-9936.
- COOK JD (1994) The effect of endurance training on iron metabolism. *Semin Hematol*, 31:146-154.

- ELOSUA R, MOLINA L, FITO M, ARQUER A, SANCHEZ-QUESADA JL, COVAS MI, DONEZ-LLANOS J, MARRUGAT J (2003) Response of oxidative stress biomarkers to a 16-week aerobic physical activity program and to acute physical activity in healthy young men and women. *Atherosclerosis*, 167:327-334.
- GANZ T (2003) Hepcidin, a key regulator of iron metabolism and mediator of anemia of inflammation. *Blood*, 102:783-788.
- FOX SI (1990) Human Physiology. 3rd edition, Wm. C. Brown Publishers. Dubuque, Iowa. 204-241.
- GANZ T (2006) Hepcidin and Its role in regulating systemic iron metabolism. *Hematology*, 29-35.
- JILL (1999) Antioxidants and oxidative stress in exercise. *Poc Soc Exp Biol Med*, 222:283-292.
- KELLE M, DİKEN H, ŞERMET A, ATMACA M, TÜMER C (1999) Effect of exercise on blood antioxidant status and erythrocyte lipid peroxidation: role of dietary supplementation of vitamin E. *Tr J of Medical Sciences*, 29:95-100.
- KOÇYİĞİT Y, AKSAK MC, ATAMER Y, AKTAŞ A, UYSAL E (2011) Antrene sporcularda C vitamini yüklemesinin demir ve demir bağlama kapasitesi üzerine etkileri. *Klinik ve Deneysel Araştırmalar Dergisi*, 2(2):175-180.
- LIU J, YEO HC, ÖVERVIK-DOUKI E, HAGEN T, DONIGER SJ, CHU DW, BROOKS GA, AMES BN (2000) Chronically and acutely exercised rats: biomarkers of oxidative stress and endogenous antioxidants. *J Appl Physiol*, 89:21-28.
- MAGAZANİK A, WEINSTEİN Y, DLİN RA, DERİN M, SCHWARTZMAN S (1988) Iron deficiency caused by 7 week of intensive physical exercise. *Eur J Appl Physiol*, 57:198-202.
- McCLUNG JP, MARTIN S, MURPHY NE, MONTAİN SJ, MARGOLIS LM, THRANE I, SPITZ MG, BLATNY J-M, YOUNG AJ, GUNDERSEN Y, PASIAKOS SM (2013) Effect of a 7-day military training exercise on inflammatory biomarkers, serum hepcidin, and iron status. *Nutrition Journal*, 12:141.
- MELLO PB, BENETTİ F, CAMMAROTA M, IZQUIERDO I (2008) Effects of acute and chronic physical exercise and stress on different type of memory in rats. *An Acad Bras Cienc*, 80(2):301-309.
- ÖZTAŞ N, TAYSI S, GÜMÜŞTEKİN K, ALTINKAYNAK K, AKTAŞ Ö, TİMUR H, SIKTAR E, KELEŞ S, AKAR S, AKÇAY F, DANE Ş, GÜL M (2004) Endurance training attenuates exercise-induced oxidative stress in erythrocytes in rat. *Eur J Appl Physiol*, 91:622-627.

- PEELING P, SIM M, BADENHORST CE, DAWSON B, GOVUS AD, et al. CHRIS RA, SWINKELS DW, TRINDER D (2014) Iron status and the acute post-exercise hepcidin response in athletes. *PLOS ONE* 9(3): e93002. doi:10.1371/journal.pone.0093002
- POWERS SK, HOWLEY ET (1990) Theory and Application to Fitness and Performance. In: Exercise Physiology. Wm.C. Brown Publishers. Dubuque, Iowa. 207-249.
- REVAN S, EROL AE (2008) Farklı dayanıklılık antrenmanlarının oksidatif stres oluşumu ve antioksidan düzeyleri üzerine etkisi. *S.Ü. BES Bilim Dergisi*, 10(1):11-20.
- SCHOENE R, ESCOURROU P, ROBERTSON HT, NILSON KL, PARSONS JR, SMITH NJ (1983) Iron repletion decreases maximal exercise lactate concentrations in female athletes with minimal iron-deficiency anaemia. *J Lab Clin Med*, 102:306-312.
- SCHUMACHER YO, SCHMID A, KÖNIG D, BERG A (2002) Effects of exercise on soluble transferrin receptor and other variables of the iron status. *Br J Sports Med*, 36:195-200.
- SEVİM Y (2002) Sporcu beslenmesi. Antrenman Bilgisi. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, Türkiye. 293-302.
- SKARPANSKA-STEJNBORN A, BASTA B, TRZECIAK J, SZCZESNIAK-PLACZYNSKA L (2014) Effect of intense physical exercise on hepcidin levels and selected parameters of iron metabolism in rowing athletes. *Eur J Appl Physiol*. DOI 10.1007/s00421-014-3018-3.
- SÖNMEZ GT (2002) Egzersiz ve Spor Fizyolojisi. Ata Ofset Matbaacılık, Ankara, Türkiye. 177-207.
- TANGÜN Y (1991) Demir eksikliği anemisinde tanı ilkeleri. Güvenilir Demir Tedavisi Sempozyum'91, Sempozyum Kitapçığı, Abdi İbrahim İlaç Sanayi ve Ticaret AŞ. Türkiye. 9-14.
- TELFORD R, SLY GJ, HAHN AG, CUNNINGHAM DB, BRYANT C, İN SMITH JA (2003). Foot strike is the major cause of hemolysis during running. *J Appl Physiol*, 94 (1):38-42.
- TURGUT K (2000) Veteriner Klinik Laboratuvar Teşhis. İkinci baskı, Bahçivanlar Basım Sanayi A.Ş. Konya, Türkiye. 25-26.
- WEAVER CM, RAJARAM S (1992) Exercise and iron status. *J Nutr*, 122:129.
- WEIGHT LM, ALEXANDER D, JACOBS P (1991) Strenuous exercise: analogous to the acute-phase response. *Clin Sci*, 81:677-683.
- WU AC, LESPERANS L, BERNSTEIN H (2002) Screening for iron deficiency. *Pediatrics in Review*, 23:171-178.

YAMANISHI H, IYAMA S, YAMAGUCHI Y, KANAKURA Y, IWATANI Y (2003) Total Iron-binding capacity calculated from serum transferrin concentration or serum iron concentration and unsaturated iron-binding capacity. *Clinical Chemistry* 49(1):175-178.

ZIMMERMANN MB (2003) Vitamin and mineral supplementation and exercise performance. *Schweizerische Zeitschrift für (Sportmedizin und Sporttraumatologie)*, 51(1):53-57.

ÖZGEÇMİŞ

1980 yılında Ankara'da doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Ankara'da tamamladım. 2002 yılında Kırıkkale Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Antrenörlük Bölümünü kazandım. 2006 yılında mezun oldum. 2011 yılında Kırıkkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Beden Eğitimi ve Spor Bölümünde Yüksek Lisansa başladım.

Branşım kapsamında Atletizm Kıdemli Antrenör Belgesi, Atletizm Hakemliği, Pilates Antrenörlüğü, Bocce Lisans ve Hakemlik belgem bulunmaktadır.

Yurtiçi dergilerde yayımlanmış bir adet makalem bulunmaktadır.

Evli ve bir çocuk annesiyim.