

## Farklı Sürelerdeki Koşu Bandı Egzersizinin Sıçan Kas Dokusundaki Oksidatif Stres Parametreleri Üzerine Etkisi\*

### The Effect of Different Running Treadmill Exercises on Oxidative Stress Parameters in Rats Muscle Tissue

#### ORIJİNAL ARAŞTIRMA ORIGINAL RESEARCH

Rahime TAŞ<sup>1</sup>  
Recep SOSLU<sup>2†</sup>  
Murat TAŞ<sup>3</sup>  
Murat AKYÜZ<sup>3</sup>  
Fazile Nur EKİNCİ AKDEMİR<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Kazım Karabekir Ortaokulu,  
Manisa

<sup>2</sup>Karamanoğlu Mehmetbey  
Üniversitesi Beden Eğitimi ve  
Spor Yüksekokulu

<sup>3</sup>Manisa Celal Bayar  
Üniversitesi Spor Bilimleri  
Fakültesi

<sup>4</sup>Ağrı İbrahim Çeçen  
Üniversitesi, Sağlık  
Yüksekokulu

#### Öz

Bu çalışmanın amacı; farklı sürelerde yapılan koşu bandı egzersizlerinin sıçan kas dokusu üzerinde meydana gelen oksidatif stres parametrelerine etkisini belirlemektir. Sunulan çalışmada ağırlıkları 280-350 gram olan Albino Wistar cinsi 32 adet erkek sıçan kullanılmıştır. Sıçanlara, 13 hafta boyunca koşu bandı egzersiz protokolü, kısa (15 dakika, n:8), orta (30 dakika, n:8) ve yüksek (60 dakika, n:8) düzeyde, beş gün arasında uygulanmıştır. Biyokimyasal çalışmalar için her süpernatanttan süperoksit dismutaz aktivitesi (SOD), malondialdehit (MDA) seviyeleri ve glutatyon (GSH) seviyeleri sırasıyla ELISA kitleriyle her bir rat kas dokusu ikiye tekrarlamalı olarak ölçülmüştür. Deneylemlerden elde edilen sonuçlar ortalama  $\pm$  standart sapma olarak verildi ve 0.05'in altındaki P değerleri, istatistiksel açıdan anlamlı olarak kabul edilmiştir. Gruplar arası farkın önemlilik derecesi tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi ile ve post-hoc testlerinden "LSD" tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Kontrol grubu  $23,07 \pm 3,38$  (U/mg protein), Koşu 15 dk. grubu  $19,82 \pm 4,77$  (U/mg protein), Koşu 30 dk.  $20,88 \pm 4,18$  (U/mg protein) Koşu 60 dk.  $22,15 \pm 3,85$  (U/mg protein) SOD değeri olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubu  $0,43 \pm 0,6$  (nmol/mg protein), Koşu 15 dk. grubu  $0,35 \pm 0,3$  (nmol/mg protein), Koşu 30 dk.  $0,23 \pm 0,6^{ab}$  (nmol/mg protein), Koşu 60 dk.  $0,24 \pm 0,1$  (nmol/mg protein), GSH değeri olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubu  $0,19 \pm 0,02$  (nmol/mg protein), Koşu 15 dk. grubu  $0,12 \pm 0,03$  (nmol/mg protein), Koşu 30 dk.  $0,14 \pm 0,01$  (nmol/mg protein), Koşu 60 dk.  $0,14 \pm 0,01$  (nmol/mg protein), GSH değeri olarak tespit edilmiştir. Sonuç olarak farklı sürelerde yapılan koşu bandı egzersizi sıçan kas dokusunda meydana gelen oksidatif stres parametreleri üzerinde pozitif etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Farklı sürelerde yapılan egzersizler ile birlikte alınan antioksidan desteğinin kas dokusu üzerinde daha etkili olabileceği önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Egzersiz, Antioksidan, Serbest Radikal.

#### Abstract

Aim of this study was planned to determine the effect of treadmill exercises made on different occasions on the oxidative stress parameters on the rat muscle tissue. In the present study, 32 Male Albino Wistar rats weighing 280-350 grams were used. Rats were administered a treadmill exercise protocol for 13 weeks, short (15 minutes, n:8), moderate (30 minutes, n:8) and long time (60 minutes, n:8) for five days. For each biochemical study, superoxide dismutase activity (SOD), malondialdehyde (MDA) levels and glutathione (GSH) levels from each supernatant were measured in duplicate in each rat muscle tissue by ELISA kits, respectively. Results from the experiments were given as mean  $\pm$  standard deviation, and P values below 0.05 were considered statistically significant. The significance level difference between groups was determined using the one-way analysis of variance (ANOVA) test and post-hoc tests using the "LSD" technique. The control group consisted of  $23,07 \pm 3,38$  (U/mg protein), 15 min group ( $19,82 \pm 4,77$  U/mg protein) and  $30,88 \pm 4,18$  (U/Running was determined as SOD value of 60 min  $22.15 \pm 3.85$  (U/mg protein). The control group consisted of  $0,43 \pm 0,6$  (nmol/mg protein), 15 minutes group with  $0,35 \pm 0,3$  (nmol/mg protein), 30 minutes  $0,23 \pm 0,6^{ab}$  (nmol/mg protein), Running 60 min  $0,24 \pm 0,1$  (nmol / mg protein), GSH value. The control group consisted of  $0.19 \pm 0.02$  (nmol/mg protein), 15 min group of running  $0.12 \pm 0.03$  (nmol/mg protein), running 30 min  $0.14 \pm 0.01$  (nmol/mg protein), Running was  $0,14 \pm 0,01$  (nmol/mg protein), GSH value for 60 min. As a result, it was determined that treadmill exercise performed at different times had a positive effect on the oxidative stress parameters occurring in rat muscle. It may be suggested that the antioxidant supplementation taken with the exercises made at different times may be more effective on muscle tissue.

**Keywords:** Exercise, Antioxidant, Free Radical.

#### Yayın Bilgisi

Gönderi Tarihi: 10.02.2018

Kabul Tarihi: 30.06.2018

Online Yayın Tarihi: 30.06.2018

\*Bu çalışma 23-26 Kasım tarihleri arasında Manisa' da düzenlenen Dünya Spor Bilimleri Araştırmaları Kongresinde Sözel Bildiri olarak sunulmuştur.

† Sorumlu yazar: Recep SOSLU, [receptoslu@gmail.com](mailto:receptoslu@gmail.com)

## GİRİŞ

Egzersizin insan sağlığı üzerine olan olumlu etkileri kabul görmekle birlikte, sporun günlük hayatımıza yerleştirilmesinin önemi gün geçtikçe artmaktadır. Egzersiz ile form tutma; kardiyovasküler hastalıklar, kronik solunum yolu hastalıkları, diabetes mellitus, obezite, kanser, osteoporoz, psikolojik ve anksiyete gibi hastalıkların gelişim riskinin azalmasına yardımcı olurken, bu hastalıkların semptomlarının da kontrol altına alınmasına da katkıda bulunur. Ayrıca egzersiz: Vücuttaki fazla yağları yakmayı; kilo vererek ideal vücut ağırlığına kavuşmayı, kasların kuvvetlenmesini, kan akışını, enerjinin artmasını, dolaşımı, kemik yoğunluğu ve kuvvetini artırır (Soslu, 2014).

Egzersiz, şiddet ve yoğunluğuna bağlı olarak, metabolik süreçleri ve oksijen tüketimini artırarak daha fazla serbest radikal oluşumuna neden olabilir. Serbest radikallerdeki artış antioksidan savunma kapasitesini aşarak lipid peroksidasyonu zincir reaksiyonunu tetikler. Fiziksel yorgunluğa yol açacak düzeydeki egzersiz, çok iyi antrenmanlı atletlerde bile kas dokusunda harabiyete neden olabilir (Taş, Soslu ve Kıyıcı, 2018).

Antioksidanlar, serbest radikallerle tepkimeye girerek, oluşan radikalik zincir reaksiyonunu durduran veya tamamen yok eden ve vücudumuzdaki hayati bileşenlerin zarar görmesini engelleyen moleküllerdir (Soslu, 2014). Antioksidan maddeler ( $\alpha$ -tokoferol (vitamin E),  $\beta$ -karoten, Askorbik asit (vitamin C), Folik asit, aktif oksijen oluşumunu engelleyerek ya da oluşan aktif oksijenleri temizleyerek, oksidasyonun teşvik etmiş olduğu zararları hücresele düzeyde engellemekte (DNA bozulmalarını ve yağların peroksidasyonunu azaltan, meydana gelen hasarın tamirinde görev alan), dolayısıyla dejeneratif hastalıkların oluşumunu durdurmaktadır (Soslu, 2014).

Literatürde bakıldığında birçok akut ve kronik koşu bandı çalışma olmasına rağmen, kısa, orta ve uzun süreli uygulanan protokol çalışması oldukça azdır. Buradan yola çıkarak çalışmada, farklı sürelerde yapılan koşu bandı egzersizlerinin sıçan kas dokusu üzerinde meydana gelen oksidatif stres parametrelerine etkisini belirlemek amaçlanmıştır.

## YÖNTEM

### **Koşubandı (Treadmill) Egzersiz Programı**

Sunulan çalışmada ağırlıkları 280-350 gram olan Albino Wistar cinsi 32 adet erkek sıçan kullanılmıştır. Bu sıçanlar Atatürk Üniversitesi Tıbbi ve Cerrahi Araştırma Merkezi'nden temin edilmiştir. Bu merkezde hayvanlar yem ve su kısıtlaması olmaksızın doğal aydınlık-karanlık döngüsünde 80-100 günlük oluncaya kadar yetiştirilmiştir. Günümüzde koşu bandı egzersiz testi, farklı fonksiyon ve kapasitelerin değerlendirildiği klinik yöntem olarak insanlarda ve hayvanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Sıçanlara, 13 hafta boyunca haftada beş gün Rico'nun (Rico ve ark., 1999) koşu bandı egzersiz protokolü modifiye edilerek, hafif (15 dakika, n:8), orta (30 dakika, n:8) ve yüksek (60 dakika, n:8) düzeyde, haftanın beş günü (pazartesi-cuma), saat 10.00-12.00 arasında uygulanmıştır. Fiziksel egzersiz süreci boyunca oluşma ihtimali olan stresi engellemek amacıyla koşu bandına alıştırmaya egzersizi, her gün beş dakika koşu bandının en düşük hızında 14 gün boyunca uygulanmıştır. Hayvanların koşuya motivasyonunda zorunlu egzersiz devamlılığı sağlamak için elektriksel uyarıcı uygulanarak 1-6 mA arası kademeli elektrik şokundan yararlanılmıştır. Çalışmada, uluslararası CE belgesi olan 4 kulvarlı "May Time 0804 Animal Treadmill" modeli koşu bandı kullanılmıştır.

### **Kas Dokusunda Yapılan Analizler**

Makroskopik analizlerden sonra, rat kas dokuları -80°C'de saklanmıştır. Her ratın 100 mg dokusu spesifik homojenat tamponunda (uygun bufferda) buz üzerinde ultra-turrax ile homojenize edilmiştir. Sonrasında kitteki direktiflere göre santrifüj edilmiştir. Biyokimyasal çalışmalar için her süpernatanttan süperoksit dismutaz aktivitesi (SOD), malondialdehit (MDA) seviyeleri ve glutatyon (GSH) seviyeleri sırasıyla özellikle rat dokusu için dizayn edilmiş yüksek hassasiyetteki Cayman Chemical Superoxide Dismutase Assay Kit Item Number 706002, Cell Biolabs OxiSelect™ TBARS Assay Kit (MDA Quantitation) STA-330 ve Cell Biolabs OxiSelect™ Total Glutathione (GSSG/GSH) Assay Kit STA-312 ELISA kitleleriyle her bir rat karaciğeri ikişer tekrarlamalı olarak ölçülmüştür. Ayrıca uygun tampon ile homojenize edilmiş tüm kas süpernatantlarında bütün datalar her mg protein için ort ± standart sapma olarak gösterilmiştir. Protein tayini: Protein konsantrasyonları ticari protein standartları kullanılarak Lowry metodu ile tespit edilmiştir (Sigma Aldrich, Total protein kit-TP0300-1KT-USA) (Soslu, 2014).

## İstatistiksel Analiz

Deneylemlerden elde edilen sonuçlar ortalama  $\pm$  standart sapma olarak verilmiş ve 0.05'in altındaki P değerleri, istatistiksel açıdan anlamlı olarak kabul edilmiştir. Gruplar arası farkın önemlilik derecesi tek yönlü varyans analizi (ANOVA) testi ile ve post-hoc testlerinden "LSD" tekniği kullanılarak belirlenmiştir.

## BULGULAR

**Tablo 1:** Rat Kas Dokusunda Ölçülen SOD Miktarı.

GRUP	N	SOD (U/mg protein)
Kontrol grubu	8	23.07 $\pm$ 3.38
Koşu 15 dk	8	19.82 $\pm$ 4.77 <sup>a</sup>
Koşu 30 dk	8	20.88 $\pm$ 4.18 <sup>a</sup>
Koşu 60 dk	8	22.15 $\pm$ 3.85

a:p<0,05

Tablo 1 incelendiğinde; Kontrol grubu 23,07 $\pm$ 3,38 (U/mg protein), Koşu 15 dk. grubu 19,82 $\pm$ 4,77 (U/mg protein), Koşu 30 dk. 20,88 $\pm$ 4,18 (U/mg protein) ve Koşu 60 dk. 22,15 $\pm$ 3,85 (U/mg protein) SOD değeri olarak tespit edilmiştir. Tablo 1'de gruplar arasında SOD miktarında istatistikî açıdan anlamlı bir farklılık yoktur. Ancak Koşu 15 dk'lık grupta; Koşu 30 dk. ve Koşu 60 dk'lık gruba göre SOD miktarında farklılık saptanmıştır.

**Tablo 2:** Rat Kas Dokusunda Ölçülen GSH Miktarı.

GRUP	N	GSH (nmol/mg protein)
Kontrol grubu	8	0.43 $\pm$ 0.6
Koşu 15 dk	8	0.35 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>
Koşu 30 dk	8	0.23 $\pm$ 0.6 <sup>ab</sup>
Koşu 60 dk	8	0.24 $\pm$ 0.1 <sup>b</sup>

a: p<0,001; b:p<0,05

Tablo 2 incelendiğinde; Kontrol grubu 0,43 $\pm$ 0,6 (nmol/mg protein), Koşu 15 dk. grubu 0,35 $\pm$ 0,3 (nmol/mg protein), Koşu 30 dk.0,23 $\pm$ 0,6<sup>ab</sup> (nmol/mg protein), Koşu 60 dk.0,24 $\pm$ 0,1 (nmol/mg protein), GSH değeri olarak tespit edilmiştir.

**Tablo 3:** Rat Kas Dokusunda Ölçülen MDA Miktarı.

GRUP	N	MDA (nmol /mg protein)
Kontrol grubu	8	0.19±0.02
Koşu 15 dk	8	0.12±0.03 <sup>a</sup>
Koşu 30 dk	8	0.14±0.01 <sup>a</sup>
Koşu 60 dk	8	0.14±0.01 <sup>a</sup>

a: p<0,05

Tablo 3 incelendiğinde; Kontrol grubu 0,19±0,02 (nmol/mg protein), Koşu 15 dk. grubu 0,12±0,03 (nmol/mg protein), Koşu 30 dk.0,14±0,01 (nmol/mg protein), Koşu 60 dk.0,14±0,01 (nmol/mg protein), MDA değeri olarak tespit edilmiştir.

### TARTIŞMA VE SONUÇ

Egzersiz esnasında oksijen tüketimindeki artış en belirgin değişim olarak göze çarpmaktadır. Bu artışa paralel olarak egzersiz öncesi koşullara göre serbest radikal üretimi hızlanmaktadır. Lipid peroksidasyonu hücre zarlarında çoklu doymamış yağ asitlerine saldıran radikaller tarafından başlatılan bir serbest radikal aracılı zincir reaksiyonu olup bu yüzden oksidatif hasar ile sonuçlanan ve sonunda membran kararlılığını etkileyen bir reaksiyondur (Rokizki, Logemann, Huber, Keck. & Keul, 1994).

Beyinde dâhil olmak üzere, vücudun hemen hemen her sistemi üzerine egzersizin etkili olduğunu bildirmişlerdir (Cotman and Berchtold, 2002; Cotman and Engesser-Cesar, 2002). Egzersizin serebral bölgedeki kan akımını, kan-beyin bariyerinde taşınan amino asit miktarını artırdığını, endojen peptidleri değiştirdiğini ve sinir uyarımın da değişiklikler meydana getirdiği saptamışlardır (Herholz ve ark. 1987; Hollmann ve ark. 1994; Ide, Horn & Secher, 1999). Cotman and Berchtold (2002), egzersizin sinaps ve sinir uçlarını uyardığını ve yaşa bağlı beyin fonksiyonlarındaki dejenerasyonunu da önlediğini tespit etmiştir. Kirana, Subramanyamb & Asha'nın (2003) yaptıkları çalışmada; sıçanlara düşük, orta ve yüksek şiddetle 4 hafta boyunca her gün 20 ve 40 dk (vücut ağırlıkları %2, %3 ve %5' lik oranda artırılmış) yüzme egzersizi uygulamışlar ve 20 dk. düşük yoğunluklu egzersiz yapan sıçanlarda, orta ve yüksek şiddetli egzersiz yapan sıçanlara göre oksidatif strese karşı daha koruyucu etki gösterdiğini saptamışlardır.

Gündüz, Şentürk, Kuru, Aktekin & Aktekin (2004) yaptıkları çalışmada, sıçanlara bir yıl boyunca haftada 5 gün, günde 1 saat yüzme egzersizi yaptırmışlardır. Çalışma sonunda sıçanların böbrek, karaciğer, kalp ve kas dokularını analiz etmiş, SOD aktivitenin egzersiz yapan yaşlı grupta kalp ve gastroknemius kasında yükseldiğini, egzersiz yapan yaşlı grup, genç kontrol grubuna göre akciğerde oluşan SOD aktivitenin daha yüksek olduğunu fakat diğer dokularda herhangi bir farkın olmadığını tespit etmişlerdir.

Fiziksel aktivitelerin sağlığa faydalı etkilerinin olduğu bilinmesine rağmen, egzersizin reaktif oksijen türlerini (ROS) artırarak, oksidatif strese sebep olduğu bildirilmiştir (Kıyıcı ve Kışalı, 2010). Hücre ve dokuların yapısal bütünlüğünün korunmasında ve normal fonksiyonlarını yerine getirmelerinde oksidan ve antioksidanlar büyük önem taşımaktadır. Oksidan ve antioksidanların normal düzeylerinden düşük olması organizmada oksidatif strese yol açar. Oluşan serbest radikaller ve reaktif oksijen molekülleri ise vücudumuzun temel yapısal molekülleri olan lipid, DNA ve proteinlerin oksidasyona maruz kalmasına neden olduğunu bildirmişlerdir (Paz-Elizur ve ark.; Gackowski ve ark., 2003).

Akut ve kronik egzersizden sonra sıçanlarda SOD aktivitesi daha çok iskelet kası, karaciğer, kalp ve diğer dokularda incelenmiştir, plazmada egzersizle meydana gelen SOD değişiklikleri inceleyen çalışmalar sınırlı sayıdadır. Akut tek devrelik egzersizin karaciğer (Ji ve ark., 1990), iskelet kası (Ji ve Fu, 1992), kalp (Ji ve Mitchell, 1994) ve eritrosit (Mena ve ark., 1991; Ohno ve ark., 1988) gibi pek çok dokuda SOD aktivitesini artırmasına rağmen, akut egzersiz ile SOD aktivitelerinin değişmediğini (Tauler ve ark., 2004) veya kalp dokusunda (Gül ve ark., 2006) azaldığını iddia eden çalışmalar da mevcuttur. Çalışmamızda kronik egzersiz yapan sıçanlarda plazma SOD aktivitesi, kontrol ve kronik egzersiz yapanlara kıyasla az orandadır. Antioksidan enzim aktivitesinde gözlenen bu azalma enzimlerin allosterik azalmasını yansıtmaya ilaveten egzersiz esnasında artan oksidatif streste enzimlerin inaktive olmasına bağlanabilir. Elosua ve arkadaşları (2003) insanlarda 30 dakikalık bir egzersizden sonra eritrosit SOD aktivitelerinin azaldığını göstermiş ve bu durumu egzersizin yol açtığı ROS üretiminin enzim aktivitelerinin tükenmesine neden olduğu şeklinde yorumlamışlardır.

Egzersizle beraber serbest radikal üretimi ve antioksidan aktivite artar. Bu artışın egzersizin şiddeti ve süresi ile ilişkili olup olmadığı tartışmalıdır (Ortenblad, Madsen & Djurhuus, 1997; Powers ve Lennon, 1999). Ancak egzersiz sırasında oluşan oksidatif stres nedeniyle kandaki düzeyleri artan serbest radikallerin ortadan kaldırılmasında egzersizin yoğunluğuna da bağlı olarak vücudun antioksidan sistemleri bazen yetersiz kalabilmektedir.

Antioksidan savunma sistemlerinin en üst kapasite sınırına yakın ama onu aşmayacak şekilde sürekli aktivitede bulunmaları halinde, bu sistemin faaliyette olduğunun bir göstergesi olarak kandaki GSH düzeyinin azaldığını bildirmişlerdir (Gohil, Rothfuss, Lang & Packer, 1987).

Egzersizle birlikte GSH düzeyi (Childs, Jacobs, Kaminski, Halliwell & Leeuwenburgh, 2001; Hellsten, Sjödın, Richter & Bangsbo, 1998; Hellsten ve ark., 2001; İnal Akyüz, Turgut, & Getsfrid, 2001; Marzatico, Pansarasa, Bertorelli, Somenzini & Della Valle, 1997; Svensson ve ark., 2002 ve Thompson ve ark., 2003) yaptıkları çalışmalarda deneklerin GSH değerlerinde önemli bir azalma belirlendiğini kaydetmişlerdir. Çolakoğlu ve arkadaşları (1999) ise yaptıkları çalışmada deneklerin GSH değerlerinde önemli bir farklılık tespit edilemediğini bildirmişlerdir. Nitekim yoğun fiziksel egzersiz yapan kişilerin kan GSH düzeylerinde azalma olduğunu kaydeden Gohil ve arkadaşları da (1987) elde edilen birbirinden farklı sonuçların değişik egzersiz programlarından mı, farklı test programlarından mı yoksa diğer farklılıklardan mı kaynaklandığının araştırmaya açık konular olduğunu bildirmişlerdir. Gerek bizim gerekse diğer araştırmacıların (Gohil ve ark., 1987; Hellsten ve ark., 1998; Svensson ve ark., 2002; Thompson ve ark., 2003) kandaki GSH düzeyindeki azalma egzersizle birlikte artan serbest radikal üretiminin, artan antioksidan aktivite ile birlikte GSH gibi antioksidanlar tarafından tamponlanması nedeniyle olabileceğini tespit etmişlerdir. Çalışmamızda GSH düzeyinin 30dk. koşu grubunda daha düşük olduğu tespit edilmiş, bununda 30dk. koşu egzersizlerinde oluşan serbest radikal düzeyin daha fazla olduğunu ve artan serbest radikali tamponlamak için GSH aktivitesinin devreye girerek durdurulmasında etkin olduğunu düşünmekteyiz.

MDA değerlerinin akut ve kronik egzersizle nasıl değiştiğini inceleyen çalışmalarda farklı sonuçlar ortaya konulmuştur. Birçok araştırmada (Davies, Qumtanilha, Brooks & Packer, 1982; Gül ve ark., 2001) akut egzersizle plazma, iskelet kası, karaciğer ve akciğer gibi dokularda MDA değerlerinin arttığı bildirilirken, MDA'nın değişmediğini (Dixon ve ark., 2003; Leaf, Kleinman, Hamilton & Barstow, 1997; Quindry, Stone, King & Broeder, 2003), hatta azaldığını (Kretzschmar, Müller, Hübscher, Marin & Klinger, 1991) öne süren çalışmalar da mevcuttur. Antrenmanın etkisi ile ilgili olarak, düzenli egzersiz sonucunda MDA değerinin azaldığı yönünde olmasına rağmen (Clarkson, 1995) değişmediğini ifade etmiştir (Husain, 2003). Egzersiz çalışmalarının sonuçlarındaki bu farklılık büyük ölçüde egzersizin tipine, şiddetine, sıklığına ve süresine (egzersiz protokollerinin farklılığına) bağlıdır. Farklı tiplerdeki egzersizlerin farklı seviyelerde oksidatif hasara neden olduğu iyi bilinmektedir. Çalışmamızda elde edilen sonuçlarda 15 dk. koşu grubunda diğer gruplara göre MDA seviyesinin daha düşük

olduğu tespit edilmiştir. Bunun mevcut enzimatik antioksidan seviye miktarının başta daha yüksek olduğu ve oluşan MDA seviyesini tamponlayarak daha düşük seviyede tutmuş egzersiz süresi arttıkça oksidasyon arttığı için MDA seviyesinde artış göstermektedir. Sonuç olarak farklı sürelerde yapılan koşu bandı egzersizi sıçan kas dokusunda meydana gelen oksidatif stres parametreleri üzerinde pozitif etkisinin olduğu tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Akdemir, F.N.E., Gülçin, İ., Karagöz, B., & Soslu, R. (2016). Quercetin protects rat skeletal muscle from ischemia reperfusion injury. *Journal Of Enzyme Inhibition And Medicinal Chemistry*, 31(2), 162-166. [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(01\)00640-2](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(01)00640-2).
- Childs, A., Jacobs, C., Kaminski, T., Halliwell, B. & Leeuwenburgh, C. (2001). Supplementation with vitamin C and N-acetyl-cysteine increases oxidative stress in humans after an acute muscle injury induced by eccentric exercise. *Free Radical Biology and Medicine*, 31, 745-53.
- Clarkson, P.M. (1995). Antioxidants and physical performance. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 35, 131-41. <https://doi.org/10.1080/10408399509527692>.
- Cotman, C.W., & Berchtold, N.C. (2002). Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trend Neuroscience*, 25, 295–301. [https://doi.org/10.1016/S0166-2236\(02\)02143-4](https://doi.org/10.1016/S0166-2236(02)02143-4).
- Cotman, C.W., & Engesser-Cesar, C. (2002). Exercise enhances and protects brain function. *Exercise Sport Science Review*, 30, 75–79.
- Çolakoğlu, S., Çolakoğlu, M., Kırkalı, M., Örmən, M., & Akan, P. (1999). E vitamini desteğinin submaksimal egzersizde oksidan stres ve dayanıklılık üzerine etkileri. *Beden Eğitimi Spor Bilimleri Dergisi*, 3(3), 1-8.
- Davies, K.J.A., Qumtanilha, A.T., Brooks, G.A., & Packer, L. (1982). Free radicals and tissue damage produced by exercise. *Biochemical, Biophysical Research Communications*, 107, 1198- 1205. [https://doi.org/10.1016/S0006-291X\(82\)80124-1](https://doi.org/10.1016/S0006-291X(82)80124-1).
- Dixon, C.B., Robertson, R.J., Goss, F.L., Timmer, J.M., Nagle, E., & Evans, R.W. (2003). Effect of resistance training status on free radical production and muscle damage following acute exercise. *Medical Science Sports Exercise*, 35, 157. DOI: 10.1097/00005768-200305001-00867.
- Elosua, R., Molina, L., Fito, M., Arquer, A., Sanchez-Quesada, J.L., & Covas, M.I. (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, 327-34.
- Gackowski, D., Speina, E., Zielinska, M., Kowalewski, J., Rozalski, R., & Siomek, A. (2003). Products of oxidative DNA damage and repair as possible biomarkers of susceptibility to lung cancer. *Cancer Research*, 63(16), 4899–902.
- Gohil, K., Rothfuss, L., Lang, J., & Packer, L. (1987). Effect of exercise training on tissue vitamin E and ubiquinone content. *Journal of Applied Physiology*, 63, 1638-41. DOI: 10.1097/00005768-200305001-00867.
- Gül, M., Demircan, B., Taysi, S., Oztasan, N., Gumustekin, K., & Sıktar, E. (2006). Effects of endurance training and acute exhaustive exercise on antioxidant defense mechanisms in rat heart. *Comparative Biochemistry and Physiology-Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 43, 239-45.
- Gündüz, F., Şentürk, Ü.K., Kuru, O., Aktekin, B., & Aktekin, M.R. (2004). The effect of one year's swimming exercise on oxidant stress and antioxidant capacity in aged rats. *Physiology Research*, 53, 171-176.
- Hellsten, Y., Sjödin, B., Richter, E.A., & Bangsbo, J. (1998). Urate uptake and lowered ATP levels in human muscle after high-intensity intermittent exercise. *American Journal of Physiology*, 274, 600-6.
- Hellsten, Y., Svensson, M., Sjödin, B., Smith, S., Christensen, A., & Richter E.A. (2001). Allantoin formation and urate and glutathione exchange in human muscle during submaximal exercise. *Free Radical Biology and Medicine*, 31, 1313-22.



Taş, R., Soslu, R., Taş, M., Akyüz, M., ve İkinci Akdemir, F.N. (2018). Farklı sürelerdeki koşu bandı egzersizinin sıçan kas dokusundaki oksidatif stres parametreleri üzerine etkisi. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 13(1), 115-124.

---

- Herholz, K., Buskies, W., Rist, M., Pawlik, G., Hollmann, W., & Heiss, W.D. (1987). Regional Cerebral Blood Flow on Man At Rest And During Exercise. *Journal of Neurology*, 234(1), 9-13.
- Hollmann, W., Fischer, H., De Meirleir, K., Herzog, H., Herholz, K., & Feinendegen, L.E. (1994). The Brain: Regional Cerebral Blood Flow, Metabolism And Psyche During Ergometer Exercise. *Fitness And Health: International Proceedings And Consensus Statement*, 490-500. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3102697>.
- Husain, K. (2003). Interaction of exercise training and chronic NOS inhibition on blood pressure, heart rate, NO and antioxidants in plasma of rats. *Pathophysiology*, 10, 47-56. <https://doi.org/10.1016/j.pathophys.2003.06.001>.
- Ide, K., Horn, A., & Secher, N.H. (1999). Cerebral metabolic response to submaximal exercise. *Journal of Applied Physiology*, 87, 1604-1608. <https://doi.org/10.1152/jap.1999.87.5.1604>.
- Inal, M., Akyüz, F., Turgut, A., & Getsfrid, W.M. (2001). Effect of aerobic and anaerobic metabolism on free radical generation swimmers. *Medical Science Sports Exercise*, 33, 564-567.
- Ji, L.L., Dillon, D., & Wu, E. (1990). Alteration of antioxidant enzymes with aging in rat skeletal muscle and liver. *American Journal of Physiology*, 258, 918-23. <https://doi.org/10.1152/ajpregu.1990.258.4.R918>.
- Ji, L.L. & Fu, R. (1992). Responses of glutathione system and antioxidant enzymes to exhaustive exercise and hydroperoxide. *Journal Applied Physiology*, 72, 549-54. <https://doi.org/10.1152/jap.1992.72.2.549>.
- Ji, L.L., & Mitchell, E.W. (1994). Effects of Adriamycin on heart mitochondrial function in rested and exercised rats. *Biochemical Pharmacology*, 47, 877-85. [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(94\)90488-X](https://doi.org/10.1016/0006-2952(94)90488-X).
- Kıyıcı, F., & Kışalı, N.F. (2010). Alp disiplini kayakçılarında sürat egzersizleri sonrası kan antioksidan düzeylerinin incelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Beden Eğitimi Spor Bilimleri Dergisi*, 12 (1), 1-9.
- Kirana, R., Subramanyamb, M.V.V., & Asha, D.S. (2004). Swim exercise training and adaptations in the antioxidant defense system of myocardium of old rats: Relationship To Swim İntensity And Duration Comparative. *Biochemistry And Physiology Part B*, 137, 187-196.
- Kretzschmar, M., Müller, D., Hübscher, J., Marin, E. & Klinger, W. (1991). Influence of aging, training and acute, physical exercise on plasma glutathione and lipid peroxides in man. *International Journal of Sports Medicine*, 12, 218-22.
- Leaf, D.A., Kleinman, M.T., Hamilton, M., & Barstow, T.J. (1997). The effect of exercise intensity on lipid peroxidation. *Medicine and Science Sports Exercise*, 29(8), 1036-1039.
- Marzatico, F., Pansarasa, O., Bertorelli, L., Somenzini, L., & Della Valle, G. (1997). Blood free radical antioxidant enzymes and lipid peroxides following long-distance and lactacidemic performances in highly trained aerobic and sprint athletes. *Journal Sports Medicine Physical Fitness*, 37, 235-239.
- Mena, P., Maynar, M., Gutierrez, J.M., Maynar, J., Timon, J., & Campillo, J.E. (1991). Erythrocyte free radical scavenger enzymes in bicycle professional racers. *Adaptation to training. International Journal of Sports Medicine*, 12(6), 563-6.
- Ohno, H., Yahata, T., Sato, Y., Yamamura, K., & Taniguchi, N. (1988). Physical training and fasting erythrocyte activities of free radical scavenging enzyme systems in sedentary men. *European Journal of Applied Physiology*, 57(2), 173-176.
- Ortenblad, N., Madsen, K., & Djurhuus, M.S. (1997). Antioxidant status and lipid peroxidation after short-term maximal exercise in trained and untrained humans. *American Journal of Physiology*, 272(4), 1258-63.
- Paz-Elizur, T., Krupsky, M., Blumenstein, S., Elinger, D., Schechtman, E., & Livneh, Z. (2003). DNA repair activity for oxidative damage and risk of lung cancer. *Journal of the National Cancer Institute*, 95(17), 1312-1316.
- Powers, S.K. & Lennon, S.L. (1999). Analysis Of Cellular Response To Free Radicals Focus On Exercise And Skeletal Muscle. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 58(4), 1025-1033.
- Quindry, J.C., Stone, W.L., King, J., & Broeder, C.E. (2003). The effects of acute exercise on neutrophils and plasma oxidative stres. *Medical Science Sports Exercise*, 35(7), 1139-1145.
- Rico, H., Gervas, J., Hernandez, E.R., Seco, C., Villa, L.F., Revilla, M., & Sanchez-Atrio, A. (1999). Effects of alprazolam supplementation on vertebral and femoral bone mass in rats on strenuous treadmill training exercise. *Calcified Tissue Research*, 65(2), 139-142.

Taş, R., Soslu, R., Taş, M., Akyüz, M., ve İkinci Akdemir, F.N. (2018). Farklı sürelerdeki koşu bandı egzersizinin sıçan kas dokusundaki oksidatif stres parametreleri üzerine etkisi. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 13(1), 115-124.

---

Rokizki, L., Logemann, E., Huber, G., Keck, E., & Keul, J. (1994). Alpha-Tocopherol supplementation in racing cyclists during extreme endurance training. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 4(3), 253-64.

Soslu, R. (2014). *Penisilin ile Deneysel Epilepsi Oluşturulan Sıçan Beyin Dokusuna Yüzme Egzersizi ve Üzüm Çekirdeği Ekstresinin Oksidatif Stres Parametreleri Üzerine Etkisi*. Kırıkkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü/ Doktora Tezi.

Svensson, M.B., Ekblom, B., Cotgreave, I.A., Norman, B., Sjöberg, B., Ekblom, O., Sjödin, B., & Sjödin, A. (2002). Adaptive stress response of glutathione and uric acid metabolism in man following controlled exercise and diet. *Acta Physiologica Scandinavica*, 176(1), 43-56. <https://doi.org/10.1046/j.1365-201X.2002.01008.x>.

Taş, M., Soslu, R., & Kılıcı, F. (2018). The Effect Of Six Weeks Sprint Training On Serum Antioxidant Levels In Soccer Players. *European Journal Of Physical Education And Sport Science*, 4, 1, 35-45.

Tauler, P., Aguilo, A., Gimeno, I., Guix, P., Tur, J.A., & Pons, A. (2004). Different effects of exercise tests on the antioxidant enzyme activities in lymphocytes and neutrophils. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 15, 8, 479-84.

Thompson, D., Williams, C., Garcia-Roves, P., McGregor, S.J., McArdle, F., & Jackson, M.J. (2003). Post-exercise vitamin C supplementation and recovery from demanding exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 89(3), 393-400.