



## Orta ve Yüksek Düzeyde Treadmill Egzersizinin Sıçanların Kas ve Eritrosit Oksidan/Antioksidan Sistemine Etkisi<sup>+</sup>

Halil Düzova\*, M.Hanifi Emre\*, Yunus Karakoç\*, Aysun Bay Karabulut\*\*, Zümrüt Yılmaz\*,  
Cebrail Gürsul\*, Saim Yoloğlu\*\*\*

\*İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fiziyoloji AD. Malatya

\*\* İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi, Biyokimya AD. Malatya

\*\*\* İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi, Biyoistatistik AD. Malatya

**Amaç:** Sıçanların kas ve eritrosit antioksidan enzim aktivitesi üzerine antrenman süre ve şiddetinin etkisini göstermek için çalışma planlandı.

**Gereç ve yöntem:** Çalışmada kullanılan yirmi beş adet erkek Wistar-albino sıçan; kontrol, orta ve yüksek şiddette antrenman yaptırılmak üzere üç gruba ayrıldı. Orta ve yüksek düzeyde antrenman yaptırılan sıçanlar on üç hafta boyunca günde yarım ve bir saatlik süre ile deney protokolüne bağlı olarak koşu bandı eğimi değiştirilerek koşturuldu. Çalışmanın sonunda eritrosit ve gastroknemius kasından alınan örneklerden superoksit dismutaz (SOD) ve glutatyon peroksidaz (GSHPx) aktiviteleri, nitrit/nitrat, tiobarbiturik asit türevi aktif maddeler (TBARS) düzeyleri ve kas katalaz (CAT) aktivitesi spektrofotometrik yöntemle ölçüldü. Gruplar arasındaki farklılığı değerlendirmek için Mann-Withney-U ve parametrelerin korelasyonu için Spearman rank testi kullanıldı.

**Bulgular:** Her iki antrenman grubunda eritrosit SOD ve GSH-Px aktivitesinin artmasına karşılık TBARS düzeyleri azaldı. Orta şiddette antrenman yapan grubun gastroknemius kas dokusu CAT aktivitesi artış gösterdi. Orta düzeyde egzersiz yaptırılan sıçanların kas CAT ile nitrik oksit seviyeleri arasında negatif bir korelasyon tespit edildi ( $r=-0,743$   $p<0,05$ ). Ayrıca günde yüksek düzeyde egzersiz yaptırılan sıçanların eritrosit GSH-Px ve SOD aktiviteleri ile NO düzeyleri arasında negatif korelasyon görüldü ( $r=-0,865$   $p<0,012$  ve  $r=-0,847$   $p<0,016$ ).

**Sonuç:** Orta düzeyde egzersizin antioksidan aktivite üzerinde daha etkili olduğu, ancak; yüksek düzeyde antrenmanlı hayvanlarda oksidan/antioksidan sistemler arasındaki dengenin daha iyi düzenlendiği saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sıçan, Egzersiz, Eritrosit, Gastroknemius, Nitrik oksit, TBARS, Antioksidan enzim

### The Effects of Moderate and Strenuous Running Exercise on Muscle and Erythrocyte Oxidant/Antioxidant Status

**Background:** This study was designed to investigate the effects of duration and intensity of training on oxidant status and antioxidant enzyme activities of muscle and erythrocyte.

**Material and methods:** Twenty five male Wistar-albino rats were divided into three groups as a control (n=10), moderate (n=8) and strenuous (n=7) exercise. Moderate and strenuous exercise groups were trained for half an hour and one hour throughout thirteen weeks, respectively. The gastrocnemius muscle tissues and the erythrocytes were taken for spectrophotometric analyses of SOD, CAT, GSHPx activities, and NO and thiobarbituric acid-reactive substances (TBARS) levels after the experimental procedure ended. Statistical evaluations were done by Mann-Withney-U and Spearman rank tests.

**Results:** SOD and GSH-Px activities in erythrocyte of two experimental groups significantly increased, whereas TBARS levels significantly decreased. Catalase activity only increased slightly in muscle tissue of moderate exercise group. There was a negative correlation between SOD activity and NO level of gastrocnemius muscle in moderate exercise group. In strenuous exercise group, we found negative correlations among SOD and GSHPx activities and NO level in muscle and erythrocyte tissues.

**Conclusion:** Moderate exercise has great influence on antioxidant enzyme activities rather than the strenuous exercise. However, strenuous exercise plays a regulator role in balance between oxidant and antioxidant status.

**Key Words:** Rat, Exercise, Erythrocyte, Gastrocnemius, Nitric oxide, TBARS, Antioxidant enzyme

+Bu çalışma 31, Ulusal Fizyoloji Kongresinde poster olarak sunulmuştur.

Aerobik solunum yapan canlılarda tüketilen oksijenin % 3'lük bir kısmı süperoksit anyonuna dönüşür. Süperoksit anyonu oksijen kaynaklı diğer serbest radikallerin öncüsüdür. Serbest radikaller başta kanser, yaşlanma dâhil olmak üzere birçok hastalığın nedeni olarak gösterilmektedirler.<sup>1</sup> Aerobik canlılar çeşitli kaynaklardan oluşan oksijen ve diğer iyon kaynaklı serbest radikalleri etkisiz hale getirmek için enzimatik ve nonenzimatik yapıda olan antioksidan özellikte bir koruma sistemine sahiptirler.<sup>2-3</sup>

Yaşlanma, serbest radikallerin aşırı üretimine yol açan iskemi-reperfüzyon, dolaşımdaki nötrofillerin sayısal artış ve birikimine ve dolası ile "respiratuvar patlama" olayına neden olabilecek çeşitli durumlarda canlının sahip olduğu oksidan ve antioksidan sistem arasındaki denge, oksidan maddelerin lehine kayabilir.<sup>3</sup> Antioksidan kapasite bakımından doku sistemleri birbirinden farklılıklar gösterirler. Yüksek metabolik aktivite gösteren beyin, karaciğer ve böbrek gibi fazla miktarda oksijen tüketen dokular, diğer dokulara göre daha yüksek bir antioksidan kapasiteye sahiptirler.<sup>4</sup>

Egzersiz her türlü kas hareketlerini tanımlamak için kullanılan bir terim olmakla beraber ortaya çıkan sonuçlar kas liflerin tipine, sayısına, hareketin şiddetine, süresine ve tüketilen enerjinin elde edilme yoluna bağlıdır. Egzersizin, oksijen ve diğer türden serbest radikal üretiminde artışa neden olduğu çok sayıda araştırmacı tarafından rapor edilmiştir. Antioksidan kapasite kas lifi tipine bağlı olarak değişir. Egzersizin kas liflerinin antioksidan enzim aktiviteleri üzerindeki etkileri konusunda literatürde görüş birliği yoktur. Bazıları enzim aktivitelerinde artış kaydederken bazıları bir değişimin olmadığını belirtmektedirler.<sup>4</sup>

Bu nedenlerle yaşam kalitesi ve verimlilik yönünden egzersizin süresi ve şiddetinin kas ve eritrosit antioksidan enzim aktiviteleri ve oksidan maddeler üzerindeki etkilerini açıklamak için, koşu bandında orta ve yüksek düzeyde antrenman yaptırdığımız sıçanlarda antioksidan enzim aktivitelerini incelemeyi amaçladık.

## GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamızda ağırlıkları 145 ile 170 gram arasında değişen 60-70 günlük 25 tane Wistar-albino türü erkek sıçan kullanıldı (Tablo 1). İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Deney Hayvanları Etik Kurulu' nun onayı alındıktan sonra çalışma başlatıldı. Sıçanlar 3

gruba ayrıldı. Hayvanlar su ve % 1.8-2-2 kalsiyum, %1.1 fosfor içeren ve 2650 kalori enerji veren pellet yemle beslendiler. Her 3 grup yaklaşık 23 derece ortam sıcaklığında ve 12 saat aydınlık /12 saat karanlık şartlarında koloni kafeslerinde yaşatıldılar. Koşu bandına adapte olmaları için iki haftalık bir sürede protokolün en düşük hızıyla koşturuldular. Çalışma grubundakilere 13 hafta boyunca haftada beş gün Rico ve arkadaşlarının<sup>5</sup> geliştirdiği koşu bandı protokolü uyarlanarak Tablo II ve III' de görüldüğü gibi, orta ( 30 dakika, n = 8) ve yüksek (60 dakika, n = 7) düzeyde, hız 45 cm/sn olacak şekilde egzersiz yaptırıldı. Sıçanlara en son egzersiz yaptırdıktan hemen sonra, anestezi altında kan ve kas örnekleri alındı ve kalbi kanatılarak feda edildi. Üç kez serum fizyolojik ile yıkanan eritrosit süspansiyonu ve kas numuneleri çalışma anına kadar derin dondurucuda – 84 °C' de saklandı.

Eritrosit ve gastroknemius kasından alınan örneklerden total superoksit dismutaz ( Cu- Zn ve Mn SOD) aktivitesi Sun ve arkadaşlarının tanımladığı spektrofotometrik metotla<sup>6</sup>, glutasyon peroksidaz (GSHPx) aktivitesi Paglia ve Valentine 'nin geliştirdiği yöntemle 340 nm' de<sup>7</sup>, nitrit/nitrat seviyesi Griess reaksiyon metodu 545 nm'de<sup>8</sup> ve tiobarbiturik asit türevi aktif maddeler (TBARS) düzeyi ise Mihara ve Uchiyama'nın geliştirdiği spektrofotometrik yöntemle 532 nm dalga boyunda ölçüldü<sup>9</sup>. Kas katalaz, TBARS, (CAT) aktivitesi Aebi'nin yöntemi ile spektrofotometrik olarak 240 nm'de ölçüldü<sup>10</sup>. Kas protein miktarı ise Lowry ve hemoglobinin miktarı spektrofotometrik yöntem ile ölçüldü.<sup>11</sup>

İstatistiksel değerlendirme SPSS for Windows Versiyon. 13.0 programı kullanılarak yapıldı. Gruplardaki ölçülebilir değişkenlerin normal dağılım göstermediği, Shapiro Wilk normallik testi ile saptandı (p<0.05). Bu nedenle TBARS düzeylerinin istatistiksel değerlendirilmesinde parametrik olmayan testler kullanıldı. Egzersiz protokolü öncesi ve 13 haftalık antrenman sonrası vücut ağırlıklarını test etmek için Wilcoxon testi, ölçülen parametrelerin gruplar arasındaki farklılığını test etmek için Kruskal-Wallis Varyans Analizi ve Mann-Withney U testi uygulandı. Değişkenler arasındaki ilişkiler Spearman rank testi ile test edildi.P<0.05 değerleri istatistiksel olarak anlamlı olarak kabul edildi.

## BULGULAR

Sıçanların antrenman öncesi ve 13 haftalık antrenman sonrası vücut ağırlıkları Tablo 1'de gösterilmiştir. Orta düzeyde egzersiz yapan sıçanların vücut ağırlıkları

## Orta ve Yüksek Düzeyde Treadmill Egzersizinin Sıçanların Kas ve Eritrosit Oksidan/Antioksidan Sistemine Etkisi

antrenman sonrası kontrol grubu sıçanlara göre anlamlı olarak artmıştır ( $p<0,01$ ).

Orta düzeyde egzersiz yapan sıçanlarda kontrol grubuna göre gastroknemius kası CAT aktivitesinde artış bulundu ( $p<0,01$ ). Orta düzeyde egzersiz yapan sıçanlarda eritrosit TBARS düzeyinde kontrol grubuna göre azalma saptandı ( $p<0,05$ ). Orta düzeyde egzersiz yapan sıçanların eritrosit total SOD ve GSH-Px aktivitelerinde kontrol grubuna göre artış saptandı ( $p<0,01$  ve  $p<0,05$ ). Ağır egzersiz yapan sıçanların eritrosit total SOD ve GSH-Px aktivitelerinde kontrol grubuna göre artış saptandı ( $p<0,05$ ). Ayrıca, ağır egzersiz yapan sıçanların eritrosit TBARS düzeyinde kontrol grubuna göre azalma saptandı ( $p<0,01$ ) (Tablo IV).

**Tablo 1.** Antreman öncesi ve sonrası sıçanların vücut ağırlıkları (ortalama±standart sapma, gram)

	Antreman öncesi	Antreman sonrası
<b>Kontrol (n=10)</b>	155.0±5.7	232.8±20.6
<b>30 dk (n=8)</b>	164.0±4.1	295.8±16.7*
<b>60 dk (n=7)</b>	160.1±7.9	269.4±15.5

\* Kontrol grubunda farkı  $p<0,01$ .

**Tablo 2.** 30 dakikalık egzersiz (orta) grubunun koşu bandı hızı, eğim açısı ve koşma sürelerinin haftalık olarak değişimi.

Gün	Hafta								
	1	2	3	4	5	6	7	8-13	
Pazartesi	cm/saniye	17	17	19	22	28	32	37	45
	EğimAçısı(°)	5	10	15	15	15	15	18	18
	Dakika	15	15	30	30	30	30	30	30
Salı	cm/saniye	17	17	19	22	28	32	37	45
	EğimAçısı(°)	5	13	15	15	15	15	18	18
	Dakika	15	15	30	30	30	30	30	30
Çarşamba	cm/saniye	17	19	19	22	28	32	37	45
	EğimAçısı(°)	8	13	15	15	15	15	18	18
	Dakika	15	15	30	30	30	30	30	30
Perşembe	cm/saniye	17	19	19	22	28	32	37	45
	EğimAçısı(°)	8	15	15	15	15	15	18	18
	Dakika	15	15	30	30	30	30	30	30
Cuma	cm/saniye	17	19	22	28	32	37	45	45
	EğimAçısı(°)	10	15	15	15	15	15	18	18
	Dakika	15	30	30	30	30	30	30	30

**Tablo 4.** Orta ve ağır koşu bandı egzersizi yaptırılan sıçanların antrenman sonrası ölçülen eritrosit ve gastroknemius kası antioksidan enzim aktiviteleri ile no ve tbars düzeyleri (ortalama±standart hata).

	Kontrol (n=10)		Orta Düzeyde Egzersiz (n=8)		Ağır Egzersiz (n=7)	
	Eritrosit	Gastroknemius kası	Eritrosit	Gastroknemius kası	Eritrosit	Gastroknemius kası
TSOD	19,8±1,8	8,9±0,4	28,8±1,5 <sup>a</sup>	10,7±1,07	29,1±2,8 <sup>b</sup>	9,2±0,7
GSHPx	55,0±4,1	20,8±4,4	71,2±10,8 <sup>b</sup>	17,3±0,7	75,5±7,3 <sup>b</sup>	18,4±1,8
CAT	-	521,2±23,4 <sup>a</sup>	-	721,5±61,2 <sup>c</sup>	-	643,3±52,8
NO	362,3±10,6	100,4±2,4	361,9±18,3	101,3±1,6	358,7±21,8	100,7±1,6
TBARS	504,6±97,6	318,2±43,1	277,2±33,8 <sup>b</sup>	296,0±41,7	206,0±31,3 <sup>a</sup>	280,8±43,7

<sup>a</sup>  $p<0,01$  ve <sup>b</sup>  $p<0,05$  Kontrol grubu eritrosit düzeylerine göre farklılık; <sup>c</sup>  $p<0,01$  Kontrol grubu gastroknemius kasına göre farklılık

Orta düzeyde egzersiz yaptırılan sıçanların kas CAT ile nitrik oksit seviyeleri arasında negatif bir korelasyon tespit edildi ( $r=-0,743$   $p<0,05$ ). Yüksek düzeyde egzersiz yaptırılan sıçanların kas SOD ile GSH-Px aktiveleri arasında pozitif korelasyon bulundu ( $r=0,857$   $p<0,014$ ). Ayrıca günde bir saat egzersiz yaptırılan sıçanların eritrosit GSH-Px ve SOD aktiviteleri ile NO düzeyleri arasında negatif korelasyon görüldü ( $r=-0,865$   $p<0,012$  ve  $r=-0,847$   $p<0,016$ ).

**Tablo 3.** 60 dakikalık egzersiz grubunun koşu bandı hızı, eğim açısı ve koşma sürelerinin haftalık olarak değişimi.

Gün	Hafta								
	1	2	3	4	5	6	7	8-13	
Pazartesi	cm/saniye	17	17	19	22	28	32	37	45
	EğimAçısı(°)	5	10	15	15	15	15	18	18
	Dakika	15	15	60	60	60	60	60	60
Salı	cm/saniye	17	17	19	22	28	32	37	45
	EğimAçısı(°)	5	13	15	15	15	15	18	18
	Dakika	15	15	60	60	60	60	60	60
Çarşamba	cm/saniye	17	19	19	22	28	32	37	45
	EğimAçısı(°)	8	13	15	15	15	15	18	18
	Dakika	15	15	60	60	60	60	60	60
Perşembe	cm/saniye	17	19	19	22	28	32	37	45
	EğimAçısı(°)	8	15	15	15	15	15	18	18
	Dakika	15	15	60	60	60	60	60	60
Cuma	cm/saniye	17	19	22	28	32	37	45	45
	EğimAçısı(°)	10	15	15	15	15	15	18	18
	Dakika	15	45	60	60	60	60	60	60

## TARTIŞMA

Antrenmanın antioksidan enzim kapasitesinde artış sağladığını gösteren bazı çalışmalar olmakla beraber sonuçlar açık değildir.<sup>12-13</sup> Sonuçlar yapılan antrenmanın tipi, süresi, beslenme durumu, incelenen dokunun antioksidan kapasitesi, örneklerin egzersizden sonraki alınma zamanına bağlı olarak değişmektedir. Dayanıklılık antrenmanı eritrosit glutatyon peroksidaz aktivitesinde artış, buna karşılık total glutatyon, glutatyon disulfid miktarında azalmaya neden olmaktadır.<sup>14</sup> Diğer taraftan Gündüz ve arkadaşları antrenmanlı gruplarda tüketici egzersizin böbrek ve eritrosit SOD aktivitesi üzerinde önemli bir etki yapmadığını rapor etmişlerdir. İskelet kası antiok-

sidant enzim aktivitesi deneklerin yaşına<sup>3</sup> incelemek için alınan örneğe ve deneklerin beslenme şekline<sup>12</sup> bağlı olarak değişir. Çalışmamızda her iki deney grubunun eritrosit SOD ve glutatyon peroksidaz aktivitesinde artış, buna karşılık TBARS düzeyinde azalma saptandı. Sonuçlarımız literatür ile paralellik göstermekle beraber sporcular ve deney gruplarından elde edilen bulgular seçilen deneklerin türü, yaşı, yaptırılan antrenmanın tipi, incelenen doku tipi ve incelenen örneklerin egzersizden sonraki alınma zamanına bağlı olarak değişebilir. Egzersizin CAT aktivitesi üzerindeki etkisi konusunda araştırmacılar arasında görüş birliği yoktur. Bazı araştırmacılar, tüketici tipteki egzersizin eritrosit ve soleus kası CAT aktivitesinde azalmaya<sup>12, 15</sup> diğer taraftan CAT aktivitesinin antrenman süresince giderek yükselen bir artış gösterdiği literatürde rapor edilmektedir.<sup>16</sup> Elde edilen sonuçlar arasındaki farklılıklar uygulanan deney protokolleri, incelenen doku örneklerden ileri gelebileceği gibi egzersiz nedeni ile oksidan ve antioksidan arasındaki dengenin bozulması kadar koruyucu özelliği olan enzimatik ve nonenzimatik unsurlar arasındaki dengenin bozulmasından kaynaklanmış olabilir.<sup>17</sup>

Lipid peroksidasyonu reaktif oksijen türevlerinin meydana getirdiği moleküler hasar düzeyinin en iyi belirteçlerinden biridir<sup>3</sup>. Literatürde modelimize uygun çalışma bulamadığımız için sonuçlarımızı birebir karşılaştırma şansımız yoktur. Ancak; genel anlamda bir değerlendirme yapmak söz konusudur. Çalışmamızda her iki antrenman grubunda eritrosit TBARS düzeyinin anlamlı olarak azaldığını saptadık. Genel anlamda, egzersiz lipid peroksidasyonunu arttırmakla<sup>18</sup> beraber sonuç incelenen dokuya bağlı olarak değişebilir. Tek bir tüketici egzersiz genç ve yaşlı sıçanların soleus kası ve sedanterlerin eritrosit TBARS düzeyinde artış ya da önemli bir değişiklik yol açmayabileceği gibi<sup>15,16,19</sup> buna karşılık gastroknemius kasında azalmaya sebep olur.<sup>12</sup> Bulgumuz gastroknemius kasından elde edilen sonuçla aynı olmakla beraber lipid peroksidasyonu sonuçları uygulanan egzersiz protokolü ve deneklerin yaşına bağlı olarak değişebilir.<sup>20</sup> Ayrıca, genel anlamda egzersizin antioksidan savunma kapasitesinde sağladığı artış nedeni ile TBARS düzeyi azalmış olabilir. SOD aktivitesi ve TBARS arasındaki ilişki deneklerin yaşı, incelenen doku örneği ve yapılan antrenmanın tipine bağlıdır. Şöyle ki, kısa süre antrenman yaptırılmış genç sıçanların iskelet kaslarının TBARS düzeyi kontrol grubuna göre değişmezken, bu deneklerin TBARS düzeyi yorgun sıçanlara göre daha düşüktür. Aynı şekilde SOD aktivitesi kontrol grubuna benzer fakat genç yorulmuş

sıçanlardaki SOD değerinden daha düşüktür<sup>3</sup>. Kas ve eritrosit SOD aktivitesi ve nitrik oksit düzeyleri arasında pozitif bir korelasyon saptamamıza karşılık literatürde çalışma modelimize uygun çalışma modelleri ve buna benzer kayıtlara rastlanmamıştır. Egzersizde kan akımı dokuların oksijen tüketimindeki artışı karşılayamaz.<sup>21</sup> Organizmada kan akımındaki azalma veya yetersizliğinde NO üretimi artar. Diğer taraftan süperoksit anyon kaynağı olan ksantin oksidazın iskemi süresince ksantin dehidrogenaza dönüşümü ile meydana gelir.<sup>1,22</sup> Bu nedenlerle SOD aktivitesi ve nitrik oksit düzeyi orta ve yüksek düzeydeki egzersizde paralel bir artış göstermiş olabilir. Buna karşılık orta şiddetteki egzersizde CAT aktivitesi ve NO arasında negatif bir korelasyonun olması egzersizin sağladığı antioksidan kapasite artışının bir sonucu olduğu gibi kas dokusu süperoksit dismutaz enzim aktivitesindeki bir artışın sonucu da olabilir.

Sonuç olarak orta düzeyde egzersizin antioksidan aktivite üzerinde daha etkili olduğu, ancak yüksek düzeyde antrenmanlı hayvanlarda oksidan/antioksidan sistemler arasındaki dengenin daha iyi düzenlendiği söylenebilir.

## KAYNAKLAR

- Joannidis M, Gstraunthaler G, Pfaller W, Xanthine oxidase: evidence against a causative role in renal reperfusion injury. *Am J Physiol Renal Physiol*.1990; 258: 232-6.
- Kinnunen S, Atalay M, Hyyppä S, Lehmuskero A, Hänninen O, Oksala N. Effects Of Prolonged Exercise On Oxidative Stress And Antioxidant Defense In Endurance Horse. *Journal of Sports Science and Medicine* 2005; 4: 415 – 21.
- Navarro-Arévalo A Sanchez-del-Pino MJ. Age and exercise-related changes in lipid peroxidation and superoxide dismutase activity in liver and soleus muscle tissues of rats. *Mech Ageing Dev* 1998; 104(1):91-102.
- Powers SK, Sen CK Part IV: Antioxidant defenses. Physiological antioxidants and exercise training. In: Edited by Sen C, L. Packer L, D Hänninen D, ed(s) *The Handbook of Oxidants and Antioxidants in Exercise* Amsterdam, Elsevier 2000: 221-42.
- Rico H, Gervas J, Hernandez ER, Seco C, Villa LF, Revilla M, Sanchez-Atrio A.. Effects of alprazolam supplementation on vertebral and femoral bone mass in rats on strenuous treadmill training exercise. *Calcif Tissue Int* 1999; 65(2):139-42.
- Sun Y, Oberley LW, Li Y. A simple method for clinical assay of superoxide dismutase. *Clin Chem* 1988; 34:497-500.
- Paglia DE, Valentine WN. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *J Lab Clin Med* 1967; 70(1):158-69.
- Cortas, NK, Wakid NW. Determination of inorganic nitrate in serum and urine by a kinetic cadmium-reduction method. *Clin Chem* 1990; 36(8 Pt 1):1440-3.
- Mihara M, Uchiyama M. Determination of malonaldehyde precursor in tissues by thiobarbituric acid test. *Anal Biochem* 1978; 86:271-8.
- Aebi H. Catalase, In: Bergmeyer HU, (ed). *Methods of Enzymatic Analysis* (edited by). New York and London: Academic Press 1974: 673-77.
- Lowry O, Rosenbraugh N, Farr L, Rondall R. Protein measurement with the folin-phenol reagent. *J Biol Chem* 1951;183:265-75
- Ohishi S, Kizaki T, Ookawara T, Toshinai K, Haga S, Karasawa F, Satoh T, Nagata N, Ji LL, Ohno H. The effect of exhaustive exercise on the antioxidant enzyme system in skeletal muscle from calcium-deficient rats. *Pflugers Arch* 1998 ; 435(6):767-74.
- McBride JM, Kraemer JW. Free Radicals, Exercise, and Antioxidants. *The Journal of Strength and Conditioning Research* 1999; 13(2): 175-83.
- Clarkson, PM, Thompson HS. Antioxidants: what role do they play in physical activity and health? *Am J Clin Nutr* 2000; 72(2 Suppl): 637S-46S.
- Gunduz F, Senturk UK. The effect of reactive oxidant generation in acute exercise-induced proteinuria in trained and untrained rats. *Eur J Appl Physiol* 2003; 90(5-6):526-32. Epub.
- Wozniak A, Drewa G, Chesny G, Rakowski A, Rozwodowska M, Olszewska D. Effect of altitude training on the peroxidation and antioxidant enzymes in sportsmen. *Med Sci Sports Exerc*. 2001; 33(7):1109-13.
- Ji LL. Antioxidants and oxidative stress in exercise. *Proc Soc Exp Biol Med*. 1999; 222(3):283-92.

## Orta ve Yüksek Düzeyde Treadmill Egzersizinin Sıçanların Kas ve Eritrosit Oksidan/Antioksidan Sistemine Etkisi

18. Duthie GG, Robertson JD, Maughan RJ, Morrice PC. Blood antioxidant status and erythrocyte lipid peroxidation following distance running. *Arch Biochem Biophys.* 1990;282(1):78-83.
19. Aoi W, Naito Y, Takanami Y, Kawai Y, Sakuma K, Ichikawa H, Yoshida N, Yoshikawa T. Oxidative stress and delayed-onset muscle damage after exercise. *Free Radic Biol Med.* 2004;15;37(4):480-7.
20. Gunduz F, Senturk UK, Kuru O, Aktekin B, Aktekin MR. The effect of one year's swimming exercise on oxidant stress and antioxidant capacity in aged rats. *Physiol Res* 2004;53(2):171-6.
21. Ferreira LF, Lutjemeier BJ, Townsend DK, Barstow TJ. Effects of pedal frequency on estimated muscle microvascular O<sub>2</sub> extraction. *Eur J Appl Physiol* 2005 Dec 21:1-6 [Epub ahead of print].
22. Saito M, Miyagawa I. Real-time monitoring of nitric oxide in ischemia-reperfusion rat kidney. *Urol Res.* 2000; 28(2):141-6.

### Yazışma Adresi:

Yrd. Doç.Dr. Halil Düzova  
İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi  
Fizyoloji Anabilim Dalı, Malatya  
Tel : 422 341 0 60- 1420  
E-Posta : hduzova@inonu.edu.tr