

## FARKLI DAYANIKLILIK ANTRENMANLARININ OKSİDATİF STRES OLUŞUMU VE ANTIOKSİDAN DÜZEYLERİ ÜZERİNE ETKİSİ\*

Serkan REVAN\*\* Ali Emre EROL\*\*\*  
ÖZET

Bu çalışma, sürekli koşu ve interval koşu antrenman metodlarının, oksidatif stres oluşumu ve antioksidan düzeyleri üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yapıldı. Çalışmaya, düzenli olarak egzersiz yapmayan, yaş ortalamaları  $24\pm 3.9$  yıl olan, gönüllü 38 erkek öğrenci katıldı. Denekler, sürekli koşular (n=13), interval koşular (n=12) ve kontrol (n=13) olmak üzere 3 gruba ayrıldı. Antrenman gruplarına, 8 hafta boyunca, haftada 3 gün antrenman programı uygulanırken, kontrol grubu herhangi bir programa dahil edilmedi. Deneklerin her birinden, çalışma öncesi ve 8 haftalık çalışma programı sonrasında, dinlenim durumunda ve tükenme egzersizi sonrası kan örnekleri alındı. Alınan kan örneklerinde plazma malondialdehid (MDA), laktat dehidrogenaz (LDH), glutatyon peroksidaz (GPx) ve katalaz (CAT) düzeyleri analiz edildi.

Sürekli koşular 8 hafta sonunda, tükenme egzersizi sonrası MDA değerlerini anlamlı düzeyde azalttı ( $p<0.05$ ). İnterval koşular sadece dinlenim GPx değerlerini ( $p<0.05$ ), sürekli koşular ise dinlenim ve tükenme egzersizi sonrası GPx değerlerini anlamlı düzeyde artırdı ( $p<0.01$ ). Sürekli koşular, dinlenim CAT değerlerini anlamlı düzeyde azaltırken ( $p<0.01$ ), tükenme egzersizi sonrası CAT değerlerini etkilemedi. İnterval koşular ise hem dinlenim hem de tükenme egzersizi sonrası CAT değerlerini anlamlı düzeyde azalttı. Ayrıca sürekli koşular 8 hafta sonunda, tükenme egzersizi sonrası CAT değerlerini anlamlı düzeyde artırdı ( $p<0.01$ ).

Sonuç olarak sürekli koşuların, interval koşulara göre özellikle antioksidan enzimleri daha fazla aktive ederek, tükenme egzersizi sonrası oluşan lipid peroksidasyonunu önlemede daha etkili olduğu söylenebilir.

**Anahtar kelimeler:** Dayanıklılık antrenmanı, Oksidatif stres, Antioksidan.

### The Effects of Different Endurance Training on Oxidative Stress and Antioxidant Levels

#### ABSTRACT

This study was aimed to investigate the effects of continuous and intermittent training methods on oxidative stress and antioxidant levels. Thirty eight voluntary male students whose average age is  $24\pm 3.9$  years old, participated in this study. None of the subjects had performed regular exercise. Subjects were divided into three groups as continuous running (n=13), intermittent running (n=12) and control group (n=13). The control group was not taken in any programs, while a training program was carried out on training groups three times a week during 8 weeks. Blood samples collected at rest and after exhaustive exercise before and after 8 weeks, were analysed for the determination of plasma malondialdehyde (MDA), lactate dehydrogenase (LDH), glutathione peroxidase (GPx) and catalase (CAT).

Continuous running decreased MDA values after exhaustive exercise at the end of 8 weeks. While continuous running increased significantly rest and after exhaustive exercise GPx values, intermittent running increased significantly only rest GPx values. While continuous running decreased significantly rest CAT values, it did not effect after exhaustive exercise CAT values. However, intermittent running decreased significantly both rest CAT values and after exhaustive exercise CAT values. In addition, continuous running increased significantly CAT values after exhaustive exercise at the end of 8 weeks.

As a result it could be said that continuous running activated antioxidant enzymes more than intermittent running and it was more efficient to prevent exhaustive exercise-induced lipid peroxidation.

**Key words:** Endurance training, Oxidative stress, Antioxidant.

\* Serkan REVAN'ın doktora tezinin bir bölümünden özetlenmiştir.

\*\* S.Ü. Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Konya.

\*\*\* G.Ü. Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Ankara.

## GİRİŞ

Aerobik egzersiz, oksijen tüketimini dinlenme şartlarına göre tüm vücutta 10–20 kat, iskelet kasında 100–200 kat artırır (Packer 1997). Egzersiz sırasında artan oksijen tüketimi, reaktif oksijen türlerinin üretimini artırır (Bailey ve ark 2003) ve oksidatif strese yol açar (Alessio 1993, Williams ve ark 2006). Oksidatif stres, doğrudan veya dolaylı olarak hücre hasarı ile sonuçlanan, serbest radikal üretimi ile organizmaların antioksidan savunma mekanizmaları arasındaki dengesizlik olarak tanımlanabilir (Jenkins 2000).

Fiziksel egzersizin, sağlık üzerine pekçok faydalı etkilere sahip olmasının yanında (Packer 1997, Vina ve ark 2000), reaktif oksijen türlerinin ve serbest radikal oluşumunun özellikle şiddetli egzersiz sırasında arttığına ve oksidatif hasarın kas, karaciğer, kan ve diğer dokularda oluştuğuna dair bulgular da mevcuttur (Ji 1995,1999). Fiziksel egzersizle ilgili olan oksidatif hasar, egzersizin tipi ve yoğunluğuna bağlıdır. Egzersizin yoğunluğu ne kadar yüksek olursa, oksidatif stres ve serbest radikal oluşumu da o kadar fazla olur (Finaud ve ark 2006). Özellikle akut, yoğun egzersizlerin oksidatif strese neden olduğu belirtilirken, düzenli dayanıklılık antrenmanlarının egzersiz sonrası oksidatif stresi ve kas hasarını düşürdüğü ve antioksidan savunma kapasitesini geliştirdiği ileri sürülmektedir (Aslan 1997, Elosua ve ark 2003).

Sürekli koşu ve interval koşu antrenmanları, aerobik güç ve kapasitenin geliştirilmesinde kullanılan çok etkili metodlardır. Bu bağlamda çalışmada, hangi antrenman metodunun, oksidatif stresi önlemede ve antioksidan enzim düzeyleri üzerine daha etkili olduğunun araştırılması amaçlanmaktadır.

## MATERYAL ve METOT

*Denek seçimi:* Çalışmaya, düzenli olarak egzersiz yapmayan, orta düzeyde aktif, sigara içmeyen ve herhangi bir ek vitamin tableti kullanmayan gönüllü 38 erkek üniversite öğrencisi katıldı. Çalışma boyunca deneklerin beslenme alışkanlıklarında herhangi bir değişiklik olmamasına dikkat edildi. Denekler rasgele olarak sürekli koşu (n=13), interval koşu (n=12) ve kontrol (n=13) olmak üzere 3 gruba ayrıldı.

*Uygulanan testler:* Deneklerin maksimal oksijen kullanma kapasiteleri ( $\text{maksVO}_2$ ), antrenmanlara başlamadan önce ve 8 haftalık antrenmanların sonunda, klinik egzersiz testleri arasında en sık kullanılan, eğim ve hızın 3'er dakikalık periyodlarla artırılması şeklinde gerçekleştirilen Bruce Test Protokolü uygulanarak belirlendi (Cooper ve Storer 2003, Tamer 2000). Deneklerin  $\text{maksVO}_2$  değerleri, Foster ve arkadaşlarının geliştirdiği formül yardımıyla hesaplandı (Noonan ve Dean 2000). Deneklerin maksimal oksijen kullanma kapasiteleri belirlendikten 2 gün sonra, her deneğe koşu bandında kendi  $\text{maksVO}_2$ 'sine ulaştığı hız ve eğimde, %100  $\text{maksVO}_2$  ile tükenene kadar koşu egzersizi

yaptırıldı. Deneklerin egzersizi devam ettiremeyecekleri, kendi beyanları alınarak ve polar telemetre yardımı ile kalp atım sayılarına bakılarak tespit edildi. Deneklerin maksimal kalp atım sayılarına (220-yaş) ulaşmalarına dikkat edildi. Bu maksimal egzersiz protokolü öncesinde, deneklerin test gününden en az 1 hafta önce herhangi bir ilaç almayı kesmeleri, 24 saat öncesinden itibaren alkol ve kafein içeren gıdaları tüketmemeleri, testlerden 48 saat öncesinde ağır fiziksel aktivite yapmamaları ve test saatinden en az 4 saat öncesinden aç olmaları istendi. Aynı egzersiz testi, 8 haftalık antrenman periyodu sonunda son antrenmandan 2 gün sonra tekrarlandı. Antrenmanların etkisini görmek amacıyla, deneklerin antrenmanlara başlamadan önceki Bruce Test Protokolüne göre maksVO<sub>2</sub>'ye ulaştığı hız ve eğimde, %100 maksVO<sub>2</sub> ile tükenene kadar koşu egzersizi yaptırıldı ve testin öncesi ve sonrası kan örnekleri alındı.

*Antrenman programı:* Sürekli koşu grubundaki deneklerin, hedef kalp atım sayıları, Karvonen metoduyla tespit edildi (Fox ve ark 1999, Özer 2006) ve deneklere %50–70 şiddetinde, 8 hafta, haftada 3 gün, 25–60 dk arasında koşu egzersizi yaptırıldı. Yaygın interval antrenman programı uygulanan her bir deneğin 250m, 400m, 650m ve 900m mesafelerinin en iyi koşu dereceleri tespit edildi ve bu mesafeleri, en iyi derecelerine %60–80 oranı ilave edilerek piramidal yüklenme şeklinde (250m-400m-650m-900m-650m-400m-250m) koşmaları istendi. İnterval antrenman grubuna, 8 hafta süreyle, haftada 3 gün koşu egzersizi yaptırıldı. Yüklenmeler arasında kalp atım sayısı 120-130 'a düşüncüye kadar aktif dinlenme uygulandı. İnterval antrenman programı, deneklerin antrenmanlara adapte olmaları amacı ile ilk 2 hafta 1 set, 3. haftadan 7. haftaya kadar 2 set, son 2 hafta ise 3 set uygulandı. Her iki gruba da antrenmana başlamadan 5–10 dk ısınma egzersizi, antrenman sonunda 5–10 dk soğuma egzersizi yaptırıldı.

*Kan Analizleri:* Deneklerin her birinden, çalışma öncesi ve 8 haftalık çalışma programı sonrasında, dinlenme durumunda ve tükenme egzersizi sonrası EDTA'lı tüplere alınan kanlar soğuk zincirde S.Ü. Veteriner Fakültesi Biyokimya laboratuvarına ulaştırılarak +4 °C de 2500 rpm'de 10 dk santrifüj sonrasında plazmalar elde edildi. Eppendorf tüplere aktarılan plazma örnekleri analiz için –85 °C de depolandı. Kan alımı periyodunun tamamlanmasını takiben analizler gerçekleştirildi. MDA düzeyi; ticari kitler kullanılarak (Cayman marka, katalog no: 705002), spektrofotometrede (Shimadzu-UV 2100 Japan) 500 nm'de elde edilen absorbanların standart eğri grafiğine uyarlanması ile belirlendi. GPx düzeyi; ticari kitler kullanılarak (Cayman marka, katalog no: 703102), her bir numunenin absorbanları mikropate'lerde 340 nm'de okundu ve standart absorbanlar yardımı ile belirlendi. CAT düzeyi; ticari kitler kullanılarak (Cayman marka, katalog no: 707002), her bir numunenin absorbanları mikropate'lerde 540 nm'de okundu (MWGt Lambda Scan 200 Biotech Instruments Inc. USA 139906 cihazında) ve

standart absorbanlar yardımı ile belirlendi. LDH düzeyi; her bir örneğin 340 nm'de spektrofotometrik olarak absorbanları 1 dk aralıklarla ticari kitler (Spinreact marka, katalog no: 41215) kullanılarak belirlendi. LDH konsantrasyonları ise, AA/dk değişimlerine göre hesaplandı.

*İstatistiksel Analizler:* Verilerin hesaplanmasında SPSS 15 istatistik paket programı kullanıldı. Grupların fiziksel özelliklerinin antrenmanlar öncesi-sonrası farkları ve çalışma gruplarında lipid peroksidasyon ve enzim değerlerinin antrenmanlar öncesi-sonrası dinlenme durumunda ve tükenme egzersizi sonrası değerleri arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığı ilişkili ölçümlerde t testi ile analiz edildi.

### **BULGULAR**

Deneklerin yaş ortalamaları sürekli koşular, interval koşular ve kontrol gruplarında sırasıyla; 24.2±3.1 yıl, 24.1±4.7 yıl ve 23.8±4.1 yıl olarak tespit edilmiştir. Deneklerin ön test - son test maksVO<sub>2</sub> değerleri sırasıyla; sürekli koşular grubunda 51.8±4.7 – 56.5±3.3 ml/kg/dk, interval koşular grubunda 53.2±5.5 – 58.4±6 ml/kg/dk ve kontrol grubunda ise 51.5±4.5 – 52.1±4 ml/kg/dk olarak belirlenmiş olup, antrenman öncesi ve sonrası maksVO<sub>2</sub> değerleri karşılaştırıldığında, sürekli koşular ve interval koşular grubunda istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilirken (p<0.01), kontrol grubunda istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmemiştir.

Tablo 1. Grupların antrenman öncesi ve sonrası, dinlenme durumunda ve tükenme egzersizi sonrası değişkenlerin ortalama (Ort) ve standart sapma değerleri (SD)

Değişkenler	Sürekli Koşular (n=13)			Interval Koşular (n=12)			Kontrol (n=13)		
	Dinlenik Ort±SD	Tükenme Ort±SD		Dinlenik Ort±SD	Tükenme Ort±SD		Dinlenik Ort±SD	Tükenme Ort±SD	
<b>MDA</b> (nmol)	Ön Test 5,0 ± 0,6	5,1 ± 0,4		5,1 ± 0,3	4,9 ± 0,8		5,1 ± 0,4	5,2 ± 0,5	
	Son Test 5,3 ± 0,5	4,6 ± 0,8		5,1 ± 0,6	5,0 ± 0,6		4,8 ± 0,5	5,0 ± 0,4	
<b>LDH</b> (U/L)	Ön Test 292,9 ± 73,2	395,1 ± 81,2		328,6 ± 84,9	424,1 ± 128,0		274,8 ± 79,9	350,5 ± 117,1	
	Son Test 181,2 ± 32,1	217,5 ± 65,5		161,3 ± 23,8	184,3 ± 36,3		245,7 ± 113,4	287,4 ± 102,4	
<b>GPx</b> (nmol/min/ml)	Ön Test 32,3 ± 10,3	31,0 ± 4,5		33,9 ± 5,6	37,4 ± 13,0		32,4 ± 11,6	28,5 ± 7,0	
	Son Test 50,6 ± 18,8	58,1 ± 25,9		55,1 ± 26,7	50,8 ± 21,1		45,0 ± 25,7	42,5 ± 16,9	
<b>CAT</b> (nmol/min/ml)	Ön Test 27,9 ± 9,5	24,9 ± 9,4		25,7 ± 7,5	28,4 ± 11,5		26,2 ± 8,6	36,8 ± 12,2	
	Son Test 13,4 ± 6,1	20,6 ± 6,2		16,9 ± 9,3	17,9 ± 7,1		21,9 ± 8,0	20,9 ± 9,6	

MDA= Malondialdehit, LDH= Laktat dehidrogenaz, GPx= Glutiyon peroksidad, CAT= Katalaz

Tablo 2. Çalışma gruplarında değişkenlerin antrenmanlar öncesi ve sonrası dinlenme durumunda ve tükenme egzersizi sonrası değerlerinin ilişkili ölçümlerde t test sonuçları

Değişkenler		Sürekli Koşular (n=13) T	İnterval Koşular (n=12) t	Kontrol (n=13) t
MDA (nmol)	ÖT din	-0.123	1.022	-0.424
	ÖT tük			
	ST din	2.201*	0.494	-1.106
	ST tük			
LDH (U/L)	ÖT din	-1.026	-0.066	1.318
	ÖT tük	1.655	-0.403	1.249
	ST din	-3.241**	-2.229*	-3.074**
	ST tük	-1.719	-2.050	-1.430
GPx (nmol/min/ml)	ÖT din	5.823**	6.884**	0.836
	ÖT tük	5.908**	6.272**	1.388
	ST din	0.375	-1.106	1.293
	ST tük	-0.827	0.545	0.283
CAT (nmol/min/ml)	ÖT din	-3.147**	-2.734*	-1.713
	ÖT tük	-3.923**	-1.671	-2.978*
	ST din	0.878	-0.775	-2.509*
	ST tük	-3.186**	-0.309	0.322
	ÖT din	5.226**	2.957*	1.390
	ÖT tük	1.765	4.129**	3.639**

\* P&lt;0.05 \*\* p&lt;0.01

MDA= Malondialdehit, LDH= Laktat dehidrogenaz, GPx= Glutasyon peroksidaz, CAT= Katalaz, ÖT din= Ön Test dinlenme, ÖT tük= Ön Test tükenme, ST din= Son Test dinlenme, ST tük= Son Test tükenme.

Deneklerin antrenmanlar öncesi ve sonrasında, dinlenme durumunda ve tükenme egzersizi sonrası MDA değerleri karşılaştırıldığında, sadece sürekli koşular grubunda antrenmanlar sonunda istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir (p<0.05) (Tablo 1).

Deneklerin antrenmanlar öncesi ve sonrasında, dinlenme durumunda ve tükenme egzersizi sonrası LDH değerleri karşılaştırıldığında, sürekli koşular ve kontrol gruplarında p<0.01, interval koşular grubunda ise p<0.05 düzeyinde, sadece antrenmanlardan önce istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir (Tablo 1).

Deneklerin antrenmanlar öncesi ve sonrasında, dinlenme durumunda ve tükenme egzersizi sonrası CAT değerleri karşılaştırıldığında, kontrol grubunda antrenmanlardan önce p<0.05, sürekli koşular grubunda ise antrenmanlardan sonra p<0.01 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir (Tablo 1).

### TARTIŞMA ve SONUÇ

Son yıllarda egzersizin, oksidatif stres oluşumu ve antioksidan sistem üzerine etkilerine artan bir ilgi vardır. Bu araştırmaların yoğunlaşmasındaki en önemli faktör, egzersizin tipi,

süresi ve yoğunluğuyla ilişkili olarak egzersiz sırasında organizmada serbest radikallerin arttığının saptanmış olmasıdır (Aslan ve Şekeroğlu 1996).

Akut ve düzensiz egzersizin olumsuz etkilerinin yanı sıra düzenli fiziksel aktivitelerin, gelişmiş bir antioksidan sisteme ve lipid peroksidasyonunda ise azalmaya neden olduğu ileri sürülmektedir (Clarkson 1995). Çalışmada, farklı dayanıklılık antrenman metodlarının, oksidatif stres oluşumu ve antioksidan düzeyleri üzerine etkileri araştırıldı.

Serbest radikallerin son derece reaktif ve kısa ömürlü olmaları, doğrudan ölçümlerini engelleyen başlıca faktör olarak gösterilmektedir. Bu nedenle lipid peroksidasyonu göstergelerinin ölçümü serbest radikallerin dolaylı ölçümünde yaygın olarak başvurulan bir prensiptir. Lipid peroksidasyonunu göstermek için birçok deneysel teknik geliştirilmiştir (Inder ve ark 2002, Valenzuela 1991). MDA, serbest oksijen radikallerinin dokularda oluşturduğu lipid peroksidasyonunun, dolayısıyla oksidatif stresin en duyarlı göstergelerinden biridir (Bilazer 2006).

Çalışmamızda sürekli koşular metodu 8 hafta sonunda, tükenme egzersizi sonrası MDA değerlerini önemli düzeyde azaltmıştır ( $p<0,05$ ).

Dayanıklılık antrenmanından sonra uygulanan akut tükenme egzersizinin MDA seviyesini, antrenman grubunda değiştirmezken, kontrol grubunda artırdığını belirten çalışmaların yanı sıra (Alessio ve Goldfarb 1988, Öztaşan ve ark 2004), MDA seviyesinin her iki grupta da değişmediğini belirten çalışmalar da mevcuttur (Gül ve ark 2006, Rahnama ve ark 2007).

Metin ve arkadaşları (2003) yapmış oldukları çalışmada, düzenli olarak antrenman yapan genç futbolcular ve düzenli olarak spor yapmayan sağlıklı sedanter öğrencilerin, koşu bandı üzerinde maksimal eforun sergilendiği Bruce test protokolü sonrası MDA seviyelerini futbolcularda, kontrol grubuna göre önemli düzeyde düşük bulurken, Lekhi ve arkadaşları (2007) ise, tükenme egzersizi sonrası elit bisikletçilerde sedanterlere göre yüksek serum MDA aktivitesi tespit etmişlerdir.

Tükenme egzersizinin, oksijen kullanımını artırarak hücre içi prooksidan-antioksidan homeostasisini bozduğu belirtilmiştir (Ji 1999). Literatür incelendiğinde, tükenme egzersizi sonunda lipid peroksidasyon değişimlerinde farklılıklar olduğu görülmektedir. Çalışma sonuçları arasındaki çelişkilerin olası sebepleri arasında, lipid peroksidasyonu göstergelerinin zamanla değişebilmesi sebebiyle, çalışılacak numunenin egzersizden ne kadar sonra alındığı ve alındıktan ne kadar süre sonra çalışıldığı gibi faktörlerin yanı sıra (Clarkson 1995), deneklerin antrenman durumu da gösterilebilir (Gönenç 1995).

Çalışmamızda tükenme egzersizi, LDH değerlerini bütün gruplarda sadece antrenmanlardan önce önemli düzeyde artırırken, her iki antrenman metodu da, hem

dinlenme hem de tükenme egzersizi sonrası LDH değerlerini önemli düzeyde azaltmıştır ( $p<0.01$ ).

Laktat dehidrogenaz (LDH), laktik asidi piruvik aside çeviren sitoplazmik bir enzimdir. Hücre içi LDH düzeyleri serum seviyesinden 500 kat daha fazla olduğu için, serumdaki en ufak bir artış hücre hasarının bir göstergesidir (Karaçalıoğlu ve ark 2006). Yapılan çalışmalarda, egzersizin mikro düzeyde kas hasarı oluşturduğu, egzersiz türünün ve boyutunun ise hasarın miktarında belirleyici olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle eksantrik kasılma türünde ve maraton, ultra maraton gibi uzun süre efor gerektiren sporlarda hasarın daha fazla meydana geldiği ve kas hasarının; ırk, cinsiyet, yaş ve antrenman durumu ile yakından ilgili olduğu belirtilmiştir (Hazar 2004).

Çalışmamızda tükenme egzersizi; GPx değerlerini hiçbir grupta önemli düzeyde etkilemezken, CAT değerlerini; kontrol grubunda antrenmanlardan önce, sürekli koşular grubunda antrenmanlardan sonra önemli düzeyde artırmıştır. Sürekli koşular, dinlenme ve tükenme egzersizi sonrası GPx değerlerini önemli düzeyde artırırken ( $p<0.01$ ), interval koşular sadece dinlenme GPx değerlerini önemli düzeyde artırmıştır ( $p<0.05$ ).

Birçok araştırmacı, dayanıklılık antrenman periyodundan sonra yapılan akut maksimal egzersizle, GPx enzim aktivitesinde değişme saptamazken (Miyazaki ve ark 2001, Öztaşan ve ark 2004), kimileri artma (Elosua ve ark 2003, Fatouros ve ark 2004, Servais ve ark 2003), kimileri ise azalma (Balakrishnan ve Anuradha 1998, Gül ve ark 2006) tespit etmişlerdir. Yine benzer şekilde bazı araştırmacılar, CAT enzim aktivitesinde değişme saptamazken (Balakrishnan ve Anuradha 1998, Gül ve ark 2006, Miyazaki ve ark 2001), artma tespit eden araştırmacılar da vardır (Alessio ve Goldfarb 1988, Poprzecki ve ark 1997, Servais ve ark 2003).

Antioksidan bileşenlerin ölçümünde kullanılan farklı göstergeler, sonuçlar üzerinde etkili olabilmektedir. Örneğin, GPx ve CAT'ın etki mekanizması ve reaksiyonları aynı olsa da, CAT'ın tüm hücresel bileşenlerde bulunmaması, etkinliğinin görülebilmesi için gerekli Michaelis-Menten sabitinin yüksek olması ve antioksidan aktivitedeki payının GPx'e göre çok düşük olması antioksidan yapıya ilişkin farklı kanılara neden olabilir (Aslan ve Şekeroğlu 1996). Ayrıca son yıllarda spesifik bir parametre yerine, total antioksidan kapasite değerlendirmesinin daha sağlıklı sonuçlar vereceği vurgulanmaktadır (Finaud ve ark 2006). Ancak biz çalışmamızda teknik nedenlerden dolayı bu parametreyi dikkate almadık. İlerde buna benzer çalışmalarda total antioksidan kapasite ölçümünün de yapılmasının yararlı olabileceği düşünülmektedir.

Egzersize bağlı lipid peroksidasyonu ve antioksidan statünün belirlenmesine yönelik çalışmalardaki çelişkilerin olası nedenleri arasında; uygulanan egzersizin tipi, süresi ve



yoğunluğunun, deneklerin türü ve niteliklerinin, egzersiz öncesi ve sonrası ölçümlerin yapıldığı süreler ve kullanılan yöntemlerin farklılıklar göstermesi ve araştırmancının farklı doku ve ortamlarda yapılması gösterilebilir.

Sonuç olarak, dayanıklılık antrenmanına pozitif adaptasyon olarak hem sürekli hem de interval koşular grubunda LDH değerleri azalırken, GPx değerleri artış göstermiştir. Sürekli koşular metodu 8 hafta sonunda, tükenme egzersizi sonrası MDA değerlerini önemli düzeyde azaltmış, CAT aktivitesini ise artırmıştır. İnterval koşular ise MDA ve CAT aktivitelerini önemli düzeyde etkilememiştir. Genel olarak, tükenme egzersizi sonrası oluşan lipid peroksidasyonunu önlemede ve antioksidan enzim düzeylerine olumlu etkisi bakımından sürekli koşular metodunun, interval metoda göre daha etkili olduğu söylenebilir.

### KAYNAKLAR

- Alessio HM. Exercise-induced oxidative stress. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25:218–24.
- Alessio HM, Goldfarb AH. Lipid peroxidation and scavenger enzymes during exercise: adaptive response to training. *J Appl Physiol* 1988;64:1333–6.
- Aslan R. Sedanterlerde Akut ve Programlı Submaksimal Egzersizin Eritrosit Membranı Lipid Peroksidasyonu ve Antioksidan Savunma Sistemi Üzerine Etkilerinin Araştırılması. Doktora Tezi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van:1997.
- Aslan R, Şekeroğlu MR. Egzersize bağlı lipid peroksidasyonu ve antioksidan statüsü çalışmalarında sonuçlara etkili faktörler. *Spor Hekimliği Dergisi* 1996;31:145–52.
- Bailey DM, Davies B, Young IS, Jackson MJ, Davison GW, Isaacson R, Richardson RS. EPR spectroscopic detection of free radical outflow from an isolated muscle bed in exercising humans. *J Appl Physiol* 2003; 94(5):1714–8.
- Balakrishnan SD ve Anuradha CV. Exercise, depletion of antioxidants and antioxidant manipulation. *Cell Biochem Funct* 1998;16:269–75.
- Bilazer CA. Mekonyum Boyalı Yenidoğanlarda Kordon Kanı MDA Konsantrasyonları ve Perinatal Döneme Ait Faktörlerle İlişkisi. Uzmanlık Tezi. T.C. Sağlık Bakanlığı Bakırköy Dr. Sadi Konuk Eğitim ve Araştırma Hastanesi Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Kliniği, İstanbul: 2006.
- Cooper CB, Storer TW. Egzersiz Testleri ve Yorumu. Kayserilioğlu A, Çavuşoğlu H (Çeviren). İstanbul: Yüce Yayınları;2003.
- Clarkson PM. Antioxidants and physical performance. *Crit Rev Food Sci Nutr* 1995;35:131–41.
- Elosua R, Molina L, Fito M, Arquer A, Sanchez-Quesada JL, Covas MI, Ordóñez-Llanos J, Marrugat J. 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* 2003;167:327–34.
- Fatouros IG, Jamurtas AZ, Viliotou V, Pouliopoulou S, Fotinakis P, Taxildaris K, Deliconstantinos G. Oxidative stress responses in older men during endurance training and detraining. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:2065–72.
- Finaud J, Lac G, Filaire E. Oxidative stress relationship with exercise and training. *Sports Med* 2006;36(4):327–58.
- Fox EL, Bowers RW, Foss ML. Beden Eğitimi ve Sporun Fizyolojik Temelleri. Cerit M (Çeviren). Ankara: Bağırğan Yayınevi;1999.
- Gül M, Demircan B, Taysi S, Oztasan N, Gümüştekin K, Siktar E, Polat MF, Akar S, Akcay F, Dane S. Effects of endurance training and acute exhaustive exercise on antioxidant defense mechanisms in rat heart. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* 2006;143:239–45.
- Gönenç S. Çocuklarda 4 Haftalık Yüzme Egzersizinin Antioksidan Enzimler ve Lipid Peroksidasyonuna Etkisi. Uzmanlık Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir:1995.
- Hazar S. Egzersize bağlı iskelet ve kalp kası hasarı. *Sportmetre* 2004;2:119–26.
- Inder T, Mocatta T, Darlow B, Spencer C, Senthilmohan R, Winterbourn CC, Volpe JJ. Markers of oxidative injury in the cerebrospinal fluid of a premature infant with meningitis and periventricular leukomalacia. *J Pediatr* 2002;140:617–21.
- Jenkins RR. Exercise and oxidative stress methodology: a critique. *Am J Clin Nutr* 2000;72: 670–4.
- Ji LL. Oxidative stress during exercise: implication of antioxidant nutrients. *Free Radic Biol Med* 1995;18:1079–86.

- Ji LL. Antioxidants and oxidative stress in exercise. *Proc Soc Exp Biol Med* 1999;222:283–92.
- Karaçalıoğlu AÖ, Kılıç S, Çelik T, Arslan Z, Yaman H, İlğan S, Özgüven MA. Geri dönüşümlü iskeminin miyokard hasarı ile ilgili biyokimyasal belirteçlerin serum düzeyleri üzerine olan etkisinin araştırılması. *Gülhane Tıp Dergisi* 2006;48:87–93.
- Lekhi C, Gupta PH, Singh B. Influence of exercise on oxidant stress products in elite Indian cyclists. *Br J Sports Med* 2007; [Epub ahead of print]
- Metin G, Gümüştaş MK, Uslu E, Belce A, Kayserilioglu A. Effect of regular training on plasma thiols, malondialdehyde and carnitine concentrations in young soccer players. *Chin J Physiol* 2003;46:35–39.
- Miyazaki H, Oh-ishi S, Ookawara T, Kizaki T, Toshinai K, Ha S, Haga S, Ji LL, Ohno H. Strenuous endurance training in humans reduces oxidative stress following exhausting exercise. *Eur J Appl Physiol* 2001;84:1–6.
- Noonan V ve Dean E. Submaximal exercise testing: clinical application and interpretation. *Phys Ther* 2000;80:782–807.
- Özer MK. Fiziksel Uygunluk. 2. Baskı. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım; 2006.
- Öztaşan N, Taysi S, Gümüştekin K, Altınkaynak K, Aktaş O, Timur H, Siktar E, Keleş S, Akar S, Akcay F, Dane S, Gül M. Endurance training attenuates exercise-induced oxidative stress in erythrocytes in rat. *Eur J Appl Physiol* 2004;91:622–7.
- Packer L. Oxidants, antioxidant nutrients and the athlete. *J Sports Sci* 1997;15:353–63.
- Poprzecki S, Klapcinska B, Sadowska-Krepa E. Activity of antioxidant enzymes in blood of hurdlers following maximal exercise. *Biol Sport* 1997;14:283–90.
- Rahnama N, Gaeini AA, Hamedinia MR. Oxidative stress responses in physical education students during 8 weeks aerobic training. *J Sports Med Phys Fitness*. 2007;47:119–23.
- Servais S, Couturier K, Koubi H, Rouanet JL, Desplanches D, Sornay-Mayet MH, Sempore B, Lavoie JM, Favier R. Effect of voluntary exercise on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> release by subsarcolemmal and intermyofibrillar mitochondria. *Free Radic Biol Med* 2003;35:24–32.
- Tamer K. Sporda Fiziksel-Fizyolojik Performansın Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi. 2. baskı. Ankara: Bağırgan Yayımevi;2000.
- Valenzuela A. The biological significance of malondialdehyde determination in the assessment of tissue oxidative stress. *Life Sci* 1991;48:301–9.
- Vina J, Gomez-Cabrera MC, Lloret A, Marquez R, Minana JB, Pallardo FV. Free radicals in exhaustive physical exercise: mechanism of production and protection by antioxidants. *IUBMB Life* 2000;50:271–7.
- Williams SL, Natalie AS, Louise AL, Jeff SC. Antioxidant requirements of endurance athletes: implications for health. *Nutrition Reviews* 2006;64:93–108.