

ALP DİSİPLİNİ KAYAKÇILARINDA SÜRAT EGZERSİZLERİ SONRASI KAN ANTIOKSİDAN DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

¹Fatih KIYICI, ¹Necip Fazıl KİSHALI

¹Atatürk Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, ERZURUM

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, kayakçılarda sürat egzersizleri sonrasında antioksidan savunma (serum süperoksit dismutaz (SOD), serum katalaz (CAT)) ve (serum malondialdehid (MDA) değişimlerini incelemektir.

Çalışmada, branşlarında faal sporculuk yapan 20 elit erkek kayakçı üzerinde uygulanmıştır. Araştırma grubuna, 10 tekrarlı 20 m lik sürat testi uygulanmıştır (Test₁). Bir aylık antrenman periyodundan sonra tekrar aynı test (test₂) uygulanmıştır. Kan numuneleri, Test₁ ön-son ve Test₂ ön-son olmak üzere 4 kez alınmıştır. Test₁ ön-son ölçümlerinde serum SOD seviyesindeki artış istatistiksel olarak anlamlı (p<0.05), CAT seviyesindeki artış anlamsız (p>0.05) ve serum MDA seviyesindeki düşüş anlamlı bulunmuştur (p<0.05). Test₂ ön-son ölçümlerinde serum SOD seviyesindeki düşüş anlamlı (p<0.05), serum CAT seviyesindeki artış ve serum MDA seviyesindeki düşüş anlamsız bulunmuştur (p>0.05).

Düzenli yapılan antrenmanlar ile serum SOD ve CAT' in artması antioksidan savunmanın güçlenmesi anlamına gelmektedir. Test₂ de toplam değer olarak MDA' nın artması ise lipid peroksidasyonun artmasından kaynaklanmıştır. Yapılan antrenmanlarda dinlenme süresinin kısa olması oksidan maddeleri artırmış olabilir.

Anahtar kelimeler: Kayak, Süperoksit Dismutaz, Katalaz, Malondialdehit, Egzersiz.

ASSESSMENT OF SOME ANTIOXIDANT LEVELS IN ALPINE-SKIERS AFTER SPRINT EXERCISES

ABSTRACT

The aim of this study was to investigated the changes in some antioxidant levels (serum superoxide dismutase (SOD), malondialdehyde (MDA), and catalase (CAT)) in alpine-skiers after speed exercises.

This study was carried out on 20 elite male skiers who do sports activities. The research group examined 20 m sprint test was repeated 10 (Test₁). After one-month training period the same test was administered again (Test₂). Blood samples were taken twice just before and immediately after the exercise (Test₁) and these blood samples were taken again twice after training period for one month (Test₂). In pre- post-measurements of test₁, the increase in serum SOD levels was found to be statistically significant (p <0.05), the increase in CAT level was insignificant (p>0.05), and the decrease in serum MDA level was significant (p <0.05). In pre- post-measurements of test₂ the decrease in serum SOD levels was found to be statistically significant (p <0.05), the increase in CAT level was insignificant (p>0.05), and the increase in serum MDA level was insignificant (p <0.05).

The fact that serum SOD and CAT increases in those with regular exercise indicates the strengthening of antioxidant defense. On the other hand, in the Test₂ increase the total MDA, which is a sign of oxidative stress, has emerged due to the increase in lipid peroxidation. The short period of rest during exercise may have increased oxidants.

Key words: Skiing, Superoxide dismutase, Catalase, Malondialdehyde, Exercise

GİRİŞ

Günümüzde spor ve egzersiz, insanoğlunun stresten uzaklaşması, hayat standartlarını yükseltmesi ve beden zindeliğini iyi durumlara getirmesi için milyonlarca kişi tarafından uygulanmaktadır¹.

Antioksidanlar, serbest radikallerle tepkimeye girerek, bunların başlattığı radikalik zincir reaksiyonu durduran veya tamamen yok eden ve böylece vücudumuzdaki hayati bileşenlerin zarar görmesini engelleyen moleküllerdir².

Oksidatif stresi azaltmak ve serbest radikalleri vücuttan atmak için antioksidan molekül ve enzimleri, CAT ve SOD gibi çok etkili antioksidatif enzimleri kullanır. Eğer serbest radikallerin düzeyi antioksidan kapasitesini aşarsa yağlar, proteinler ve diğer hücre bileşenleri oksitlenir²⁻⁴. Ağır fiziksel egzersizlerin tüm vücutta, özellikle iskelet kaslarında, hızlı bir oksijen artışı meydana getirmektedir⁵. Bu da vücutta serbest radikal oluşumunu yani oksidatif stres tetiklemektedir.

Fiziksel egzersiz sırasında metabolizma hızı, kas aktivitesinin şiddetiyle orantılı olarak artmaktadır. Egzersiz şiddet ve süresine göre oksidatif strese neden olabilmektedir. Buna bağlı olarak egzersiz sırasında serbest oksijen radikallerinin seviyesinde artış, hücrelerin savunma kapasitesindeki antioksidanları geçerse lipid peroksidasyonun olduğu düşünülmektedir⁶⁻⁸. Lipid peroksidasyonu

sonucu ortaya çıkan maddelerden biri olan malondialdehid (MDA) oksidatif stresin bir indikatörü olduğu bilinmektedir. Vücutta oluşan hasarın boyutunun sporculara rejenarasyon süresini etkileyebileceği düşünülebilir. Ancak egzersiz belirli şiddette ve düzenli olarak yapıldığında antioksidan savunmayı kuvvetlendirebilmektedir⁹.

Zor ortamlarda tekrarlanan yoğun eforlardan dolayı, alp disiplini kayakçıların günlük antrenmanları sırasında, oksidatif stres göstergelerindeki artış ve antioksidan durumu tehlikeli boyutlara ulaştığı tahmin edilmektedir¹⁰.

MATERYAL METOD

Deneklerin Seçimi: Bu çalışma; alp disiplini dalında faal olan, herhangi bir sağlık sorunu bulunmayan dışarıdan antioksidan madde takviyesi almayan, yaş ortalaması (22.90 ± 4.33 yıl), kilo ortalaması ($73,50 \pm 3,24$ kg) ve boy uzunlukları ($1,74 \pm 0,03$ cm) olan 20 erkek milli sporcu ile yapıldı.

Metod: Deneklere kapalı alanda ve parke zemin üzerinde ısınma yaptırıldıktan sonra test uygulanmıştır. Uygulanan test toplam 10 adet 20 metrelik sürat koşusu ve 50 metrelik hafif tempo koşu (jog) şeklinde gerçekleştirilmiştir. Kan ölçümleri dinlenme durumunda ve egzersizin hemen sonrasında olmak üzere iki kez yapılmıştır. Aynı ölçüm egzersiz programından sonra tekrarlanmıştır.

Kan Örneklerinin Alınması:

Antekübital venden alınan heparinize kan örneklerinde SOD, CAT ve MDA düzeyleri belirlendi. Kan örnekleri EDTA 'lı ve normal deney tüplerine alındı. Alınan numuneler 3–5 dakika alt üst edildi, oda sıcaklığında 5–10 dakika bekletildikten sonra 3500 rpm de 5 dakika santrifüj edilerek şekilli elemanlar çöktürüldü. Üstte kalan plazma kısmı Ependorf tüplerin alınarak -80 °C de analizin yapılacağı güne kadar saklandı.

Biyokimyasal Analizler: -80 °C den alınan numuneler (serumlar) önce -20 °C ye sonra +4°C ye alınarak yavaş çözülme sağlandı. Sun ve arkadaşlarının metoduyla SOD tayini yapıldı¹¹. Jain ve arkadaşlarının tarif ettiği metotla MDA tayini yapıldı¹².

İstatistiksel Analiz: Egzersizin antioksidan enzimleri üzerine etkisini belirlemek için Two-way ANOVA

General Linear Model testi kullanılmıştır (SPSS, ver 11.5.0, Chicago, IL, USA).

BULGULAR

Tablo 1' de, çalışma grubunun yaş, boy ve kilo ortalama değerleri verilmiştir. Grubunun ortalama değerleri, yaş 22.90 ± 4.33 yıl, boy 1.74 ± 0.03 cm, kilo 73.50 ± 3.24 kg'dir. Tablo 2' de, çalışma grubunun kan değerleri verilmiştir. T₁ sonuçlarında, SOD ($1,86 \pm 0,18$ ve $3,10 \pm 0,28$, (U/ml) **P<0.05**) ve MDA ($11,31 \pm 1,46$ ve $2,30 \pm 0,82$, (mmol/L) **P<0.05**) değerlerinde etkili olmuştur. T₂ sonuçlarında ise sadece SOD ($2,83 \pm 2,18$ ve $0,62 \pm 0,18$ (U/ml) **P<0.05**) değerinde etki görülmüştür (Tablo 2, Grafik 1, 2).

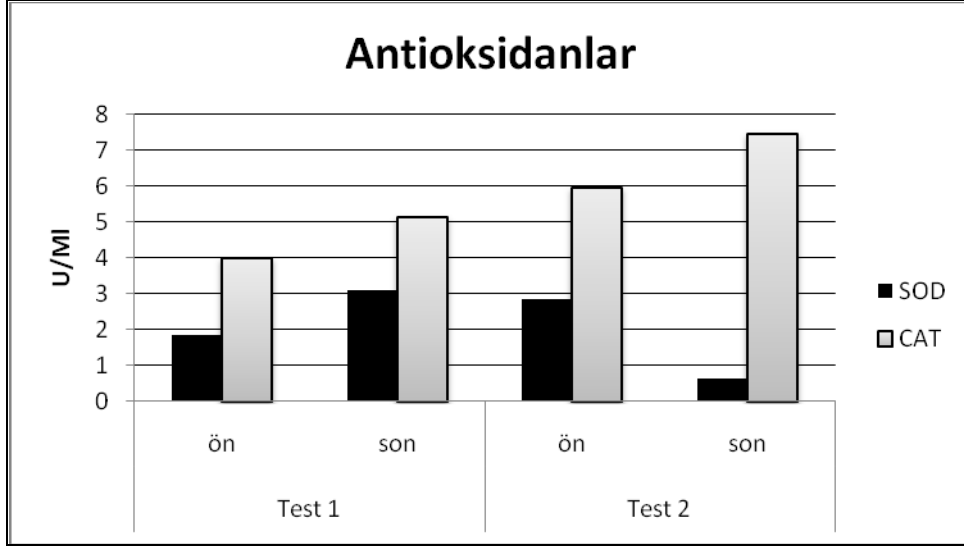
Tablo 1: Kayakçıların yaş (yıl), boy (cm) ve kilo (kg) değerleri

	N	Ortalama	Minimum	Maksimum
Yaş (yıl)		22.90 ± 4.33	16.00	28.00
Boy (cm)	20	1.74 ± 0.03	1.68	1.78
Kilo (kg)		73.50 ± 3.24	68.00	79.00

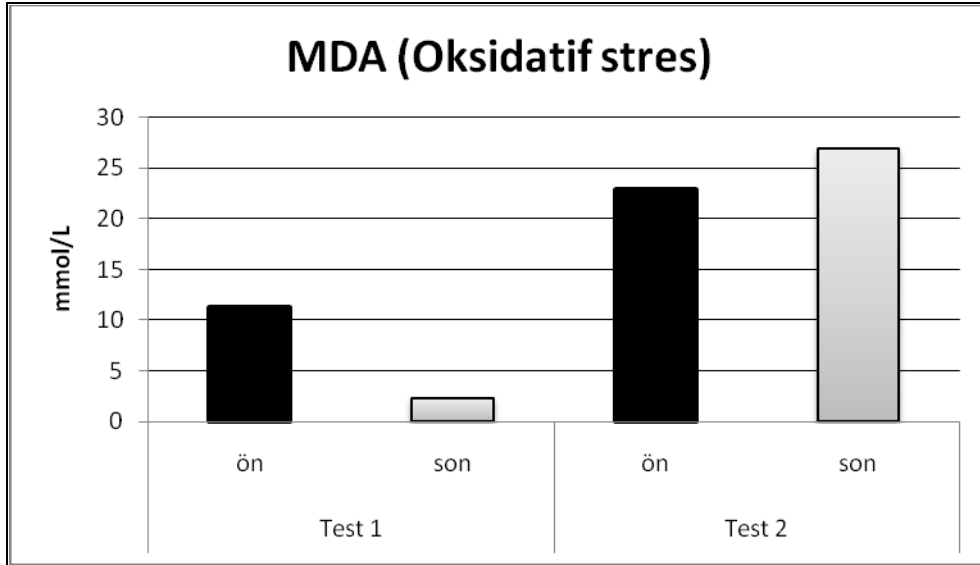
Tablo 2: Egzersizin serum SOD, CAT ve MDA düzeylerine etkisi¹.

Değerler ¹	Testler					
	Program öncesi (T ₁)		Program sonrası (T ₂)		Etki, P <	
	Dinlenme	E.Sonrası	Dinlenme	E.Sonrası	Test ₁	Test ₂
	X±SD	X±SD	X±SD	X±SD		
SOD (U/ml)	$1,86 \pm 0,18$	$3,10 \pm 0,28$	$2,83 \pm 2,18$	$0,62 \pm 0,18$	<0.05	<0.05
CAT (U/ml)	$4,0 \pm 0,31$	$5,13 \pm 0,64$	$5,96 \pm 1,14$	$7,44 \pm 1,20$	>0,05	>0,05
MDA (mmol/L)	$11,31 \pm 1,46$	$2,30 \pm 0,82$	$22,82 \pm 2,92$	$26,95 \pm 1,81$	<0.05	>0,05

SOD= Superoksid Dimutaz, CAT= Katalaz, MDA= Malondialdehid



Grafik 1: SOD ve CAT T₁ ve T₂ ön-son test değerleri



Grafik 2: MDA T₁ ve T₂ ön-son test değerleri

TARTIŞMA

Fiziksel aktivitelerin sağlığa faydalı etkilerinin olduğu bilinmesine rağmen¹³, fiziksel egzersizin reaktif oksijen türlerinin (ROS) varlığını artırarak, oksidatif stresi sebep olduğu birçok araştırma sonuçlarında ortaya çıkmıştır^{14,16}.

Alp disiplini kayak yarışı ve antrenmanları, yoğun tempo ve zor egzersizler içermektedir. Kar üzerindeki aktiviteler esnasında yapılan hesaplamalar, elit kayakçıların maksimum oksijen tüketiminin % 90–200 ve laktat seviyelerinin 10 mmol/L aştığını göstermektedir¹⁰. Bu nedenle

vücuttaki antioksidan savunma ve oksidatif stres dengesi önemlidir.

SOD ve CAT antioksidan durumunu gösteren enzimlerdir¹⁷. Serum SOD, hücrede süperoksit radikallerine karşı mücadele eden en önemli enzimatik antioksidanlardan biri olarak işlev görür¹⁸. SOD enzimdeki artış oksidatif strese yönelik mukavemeti de artırır¹⁹.

T₁ ön-son değişimine bakarsak SOD seviyesinde anlamlı bir artış görülmektedir. Yapılan yüksek şiddetli yüklenme vücutta serbest radikal artışına neden olup, bu durumda vücut direncini SOD artışı ile göstermiştir. Daha sonra yapılan çalışmalarda SOD seviyesi başlangıçtan daha yüksek seviyelere gelmiştir. T₂ ön-son değişiminde ise mevcut SOD seviyeleri ile artan serbest radikallere karşı mücadele edildiği ve SOD seviyesinde anlamlı bir düşüş olduğu görülmektedir (Tablo 2, Grafik 1).

Birites ve ark. futbolcular üzerinde yaptığı araştırmada yüksek oranda plazma SOD aktivitesi gözlemlenmiştir²⁰. Marzatico ve ark kısa mesafe koşucuları ve maraton koşucuları ile yaptığı çalışmada ise eritrosit SOD aktivitesinde önemli bir yükseliş görmüştür²¹. Yapılan bir başka çalışmada ise elit Türk judocularında antrenman öncesi ve

sonrası SOD değerleri incelenmiş ve antrenman sonrasında anlamlı artış görülmüştür²².

Bununla birlikte her çalışma aynı sonucu vermemektedir. Örneğin 8 hafta süren orta yoğunluktaki bisiklet egzersizi programını tamamlayan sporcularda SOD aktivitesinde artış görülmemiştir²³. Tauler ve ark. orta yoğunlukta biatlon aktivitesinin ardından SOD aktivitesinde herhangi bir değişim görmemiştir²⁴. Antrenmanlı sporcular ile antrenmansız sporcular karşılaştırıldığında, mitokondrideki SOD aktivitesi antrenmanlı sporcularda daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir²⁵.

Hidrojen peroksidin parçalanması hücrede CAT vasıtasıyla olur. Bu antioksidan enzimler hücrede yayılır, aktivitenin çoğunluğunda mitokondri ve peroksizomlarda gerçekleşir²⁶.

Araştırmada T₁ ve T₂ ön-son değişimine bakarsak, CAT seviyesinde bir artış olduğu ancak bunun anlamlılık ifade etmediği görülmektedir (Tablo 2, Grafik 1).

Tiidus ve ark. uyguladıkları 8 haftalık aerobik antrenman çalışmasında CAT aktivitesinin değiştiğini bildirmişlerdir²³. Rokitzki ve ark. maraton koşusundan

sonra eritrosit CAT aktivitesinde hiçbir değişiklik tespit edememişlerdir²⁷. Aynı şekilde Marzatiko ve ark., siprint egzersizi yapan koşucularda eritrosit CAT aktivitesinde değişiklik gözlemediler ancak uzun mesafe koşucularında dayanıklılık egzersizinden 24 ila 28 saat sonra CAT aktivitesinde artış gözlemlenildi²⁸. Mena ve ark., bisikletçilerde CAT değerinin düştüğünü tespit etmişlerdir²⁹.

Bazı çalışmalarda, fiziksel egzersizdeki oksijen tüketimindeki artış ile serbest radikal oluşumu arasında bir bağlantı olduğunu bildirmektedir³⁰. MDA mevcudiyeti serbest radikallerle reaksiyon sonucu oluşan lipid peroksidasyon derecesini yansıttığından, maksimum egzersizin önemli miktarda serbest radikallerin oluşumuna yol açtığı da çeşitli kaynaklarda bildirilmiştir³¹.

Çalışmada MDA seviyesinde, T₁ ön-son ölçüm değerleri, T₂ ön-son değerlerinin aksine anlamlı derecede düşük bulundu (Tablo 2, Grafik 2).

MDA' nın egzersizin şiddet ve süresiyle orantılı olarak arttığı, lipid peroksidasyon ürünü olduğu bilinmektedir^{26, 32}. Oksijen kullanımının düşük olduğu durumlarda süperoksit radikali ve

onun türevleri antioksidan savunma ile etkisizleştirilir. Ancak oksijen tüketim hızının önemli derecede arttığı egzersiz durumunda bu savunma mekanizmaları, serbest radikal oluşumuna ayak uyduramayabilir, bu da hücre hasarı ile sonuçlanabilir³³.

Marzatiko ve ark. yaptıkları çalışmada yüksek seviyede sprint egzersizi yapmış sprinterlerde ve yüksek seviyede antrenman yapmış maratoncularda plazma MDA' sını yüksek bulmuşlardır²⁰. Kanter ve ark. Elit sporculara uyguladıkları aşırı dayanıklılık antrenmanını takiben plazma MDA da artma olduğunu bildirmişlerdir³⁴. Child ve ark.³⁵, yarı maraton koşusunda, Lovlin ve ark.³⁶ tüketici egzersizde, Mena ve ark.²⁹. Bisikletçilerde yapılan egzersizde MDA' nın arttığını tespit etmişlerdir.

Alessio ve ark.³⁷ tüketici aerobik egzersizde MDA' nın değişmediğini, Duffaux ve ark.³⁸ beden eğitimi öğrencilerinde yoğun koşu testinden sonra MDA nın belirgin bir artış göstermediğini, Leaf ve ark. maksimal egzersizde, egzersiz öncesi ve sonrası MDA da değişme olmadığını belirlemiştir³⁹. Grisham yaptığı çalışmada akut

egzersizde MDA da anlamlı fark bulamamıştır⁴⁰.

Akut olarak yapılan bu tip çalışmalarda kan numuneleri egzersizden 5 dk sonra, 6, 24 ve 48 saat sonra alınabilir. Bu antioksidan savunma ve kandaki diğer değişikliklerin belirlenmesinde daha belirgin sonuçlar bulunmasına yardımcı olabilir. Yapılan çalışmada⁴¹, üst düzey dayanıklılık antrenmanları ve yarışmalarında artan oksidatif strese karşı antioksidan savunma sisteminin incelenmiş.

Kan örneklerinin analizi sonrasında MDA seviyesinde yarışmadan bir gün sonra anlamlı bir artış, SOD ve CAT seviyelerinde yarışma sonrasında anlamlı bir azalma görülmüştür. Bütün oksidatif stres yapıcıları yarışmadan 5 gün sonra yarışma öncesi değerlere döndüğü görülmüştür.

SONUÇ

Yapılan maksimal egzersizde vücut artan serbest radikallerden dolayı oksidatif strese maruz kalmaktadır. Buna karşılık vücudun antioksidan sistemleri harekete geçerek olası zararlara karşı mücadele etmektedir. İlk test öncesi ve sonrasında oksidatif stresin göstergesi olan MDA'nın anlamlı derecede

düşmesi sporcuların antioksidan savunma sistemlerinin güçlü olduğunun bir işareti olabilir. Diğer taraftan yapılan antrenmanlar sporcuların antioksidan enzimlerini (SOD ve CAT) yükseltmiştir. Ancak son ölçümlerde oksidatif stres göstergesi MDA'nın başlangıç seviyesinden daha yüksek olması yapılan antrenmanlarda serbest radikalleri arttırdığı düşünülebilir. Buna neden olarak, dinlenme süresinin kısa ve antrenmanlarda ağırlıklı olarak anaerobik çalışmalar yapılmasından dolayı serbest radikal üretiminin artışa geçtiğini söyleyebiliriz.

KAYNAKLAR

1. Taş M, Kıyıcı F, Kishali NF. Alp disiplini kayakçılarda 4 haftalık sürat egzersizlerinin nitrik oksit (no) seviyesine kronik etkisi. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 2008; 10: 34-41.
2. Clarkson PM, Thompson HS. Antioxidants: what role do they play in physical exercise and health? *Am J Clin Nutr*, 2000; 72: 637-646.
3. Ji LL. Free radicals and antioxidants in exercise and sports. In: Garrett WE, Kirkendall Exercise and Sport Science. Lippincott Williams and Wilkin, Philadelphia, 2000; 299-317.
4. Smith LL, Miles MP. Exercise induced muscle injury and inflammation. In: Garrett WE, Kirkendall Exercise and Sport Science. Lippincott Williams and Wilkin, Philadelphia, 2000; 401-411.
5. König D, Wagner KH, Elmadfa I, Berg A. Exercise and oxidative stress: significance of antioxidants with reference to inflammatory, muscular, and systemic stress. *Exerc Immunol Rev*, 2001; 7: 108-133.
6. Leaf DA. The effect of exercise intensity on lipid peroxidation. *Med. Sci.Sports Exerc*, 1997; 29: 1106-1109.
7. Schröder H. Nutrition antioxidant status and oxidative stress in professional basketball players: Effects of a three compound

- antioxidative supplement. *Int. J. Sports Med*, 2000; 21: 146-150.
8. Turgut A, Özgürbüz C, Azboy O, Akyüz F, İnal M, Göktürk E, Seber S. Yüzücülerde aerobik ve anaerobik ağırlıklı yüklenmelerde oksidatif stresin karşılaştırılması. *Spor Hekimliği Dergisi*, 1999; 341-10.
9. Çelik KA. Akut egzersizin futbolcularda antioksidan sistem parametrelerine etkisi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü Spor Sağlık Bilimleri ABD (Yüksek lisans tezi). Ege Üniversitesi İzmir, 2001.
10. Subudhi AW, Davis SL, Kipp RW, and Askew W. Antioxidant status and oxidative stress in elite alpine ski racers. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 2001; 11: 32-41.
11. Sun Y, Oberley L, Li Y. A simple method for clinical assay of superoxide dismutase. *ClinChem*.1988; 34:497-500.
12. Jain S, McVie R, Duett J, Herbst J. Erythrocyte membrane lipid peroxidation and glycosylated hemoglobine in diabetes. *Diabetes* 1989; 38,1539-1543.
13. Sato Y. Diabetes and life-styles: role of physical exercise for primary prevention. *Br J Nutr*, 2000; 84: 187-190.
14. Sanchez-Quesada JL, Holms-Serradesanferm R, Serrat-Serrat J, Serra-Grima JR, Gonzalez-Sastre J, Ordonez-Llanos J. Increase of LDL susceptibility to oxidation occurring after intense, long duration aerobic exercise. *Atherosclerosis*, 1995; 118: 297-305.
15. Bergholm R, Makimattila S, Valkonen M, Liu M, Lahdenpera S, Taskinen MR, Sovijarvi A, Malmberg P, Yki-Jarvinen H. Intense physical training decreases circulating antioxidants and endothelium dependent vasodilatation in vivo. *Atherosclerosis*, 1999; 145: 341-349.
16. Kaikkonen J, Kosonen L, Nysönen K, Porkkala-Sarataho E, Salonen R, Korpela H, Salonen JT. Effect of combined coenzyme Q 10 and tocopheryl acetate supplementation on exercise-induced lipid peroxidation and muscular damage a placebo controlled double blind study in marathon runners. *Free Rad Res*.1998; 29: 85-92.
17. Knez WL, Jenkins, DG, Coombes, JS. Oxidative stress in half and full ironman triathletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2007; 39: 283-288.
18. Powers, SK, Lennon, SL, Analysis of cellular response to free radicals focus on exercise and skeletal muscle. *Proc. Nutr. Soc*, 1999; 58: 1025-1033.
19. Fielding RA, Meydani M. Exercise, free radical generation, and aging. *Aging Clin. Exp. Res*, 1997; 9: 12-18.
20. Brites FD, Evelson PA, Christiansen MG, Nicol MF, Basílico MJ, Wilkinski RW, Llesuy SF. Soccer players under regular training show oxidative stress but an improved plasma antioxidant status. *Clin. Sci*, 1999; 96: 381-385.
21. Marzatico F, Pansarasa O, Bertorelli L, Somenzini L, Della Valle G. Blood free radical antioxidant enzymes and lipid peroxides following long-distance and lactacidemic performances in highly trained aerobic and sprint athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 1997; 37: 235-239.
22. Cavas, L; Arpinar, P; Yurdakoc, K. Possible interactions between antioxidant enzymes and free sialic acids in saliva: A preliminary study on elite judoists. *Int. J. of Sports Medicine*, 2005; 26: 832-835.
23. Tiidus PM, Pushkarenko J, Houston ME. Lack of antioxidant adaptation to short-term aerobic training in human muscle. *Am. J. Physiol*, 1996; 271: 832-836.
24. Tauler P, Gimeno I, Aguilo A, Guix MP, Pons A. Regulation of erythrocyte antioxidant enzyme activity during competition and short-term recovery. *Pflugers Arch*, 1999; 438:782-787.
25. Ortenblad N.S, Madsen K, Djurhuus MS. Antioxidant status and lipid peroxidation after short-term maximal exercise in trained and untrained humans. *Am. J. Physiol*. 1997; 272: 1258-1263.
26. Gönenç S, Açıkgöz O. Akut egzersizin lipid peroksidasyon düzeylerine etkisi. *Spor Hekimliği Dergisi*, 1997; 32: 155-160.
27. Rokitzki L, Logemann E, Sagredos AN, Murphy M, Wetzel-Roth W, Keul J. Lipid peroxidation and antioxidative vitamins under extreme endurance stress. *Acta Physiol. Scand*, 1994; 151: 149-158.
28. Marzatico F, Pansarasa O, Bertorelli L, Somenzini L, Della Valle G. Blood free radical antioxidant enzymes and lipid peroxides following long-distance and lactacidemic performances in highly trained aerobic and sprint athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 1997; 37: 235-239.
29. Mena P, Maynar M, Gutierrez JM, Maynar J, Timon J, Campillo JE. Erythrocyte free radical scavenger enzymes in bicycle professional racers, adaptation to training. *Int. J. Sports Med*, 1991; 12: 563-566.
30. Chance B, Sies H, Boveris A. Hydroperoxide metabolism in mammalian organs. *Physiol Rev*, 1979; 59: 527-605.

31. Halliwell B, Gutteridge JMC, Cross CE. Free Radicals, Antioxidants and Human Disease: Where are we now? *J Lab Clin Med*, 1992; 119: 598-620.
32. Goldfarb AH, McIntosh MK, Bayer BT, Fatouros J. Vitamin E effects on indexes of lipidperoxidation in muscle from dhea-treated and exercised rats. *J. Appl. Physical*, 1994; 76: 1635-1637.
33. Cheeseman KH, Slater TF. An Introduction to free radical biochemistry. *Brit Med Bull*, 1993; 49: 481-493.
34. Kanter MM, Hamlin RL, Unverferth DV, Davis HW, Merola AJ. Effect of exercise training on antioxidant enzymes and cardiotoxicity of doxorubicin. *J. Appl. Physiol*, 1985; 59: 1298-1304.
35. Child RB, Wilkinson DM, Fallovyfield JL, Donnelly AE. Elevated serum antioxidant capacity and plasma malondialdehyde concentration in response to a simulated half-marathon. *Rua Med. Sci. Sports exerc*, 1998; 30: 1603-1607.
36. Lovlin R, Cottle W, Pyke I, Kavanagh M, Belcastro AN. Are indices of freeradical damage related to exercise intensity. *Eur J. Apply Physiol*, 1987; 56: 313-316.
37. Alessio HM, Hagerman AE, Fulkerson BK, Ambrose J, Rice RE, Wile RL. Generation of reactive oxygen species after exhaustive aerobic and isometric exercise. *Med Sci. Sports Exerc*, 2000; 32: 1576- 1581.
38. Duffaux B, Heine O, Kothe A, Prinz U, Rost R. Blood glutathione status following distance running. *Int. J. Sports Med*, 1997; 18: 89-93.
39. Leaf D.A. The effect of Exercise Intensity on lipid peroxidation. *Med. Sci.Sports Exerc*, 1997; 29: 1106-1109
40. Grisham MB. Reactive metabolites of oxygen and nitrogen in biology and medicine, 1992; 5-28.
41. Neubauer, O, Konig, D, Kern, N, Nics, L, Wagner, Kh. No indications of persistent oxidative stress response to an ironman triathlon. *Medicine and Science in Sports And Exercise*, 2008; 40: 2119-2128.