

# Dayanıklılık Sporcularında Maksimal ve Submaksimal Egzersiz Sonrası Oluşan Oksidan Stres ve Antioksidan Düzeylerinin Karşılaştırılması\*

Esin GÜLLÜ<sup>1</sup>, Kemal TAMER<sup>2</sup>, Çiğdem ÖZER<sup>3</sup>,  
Abdullah GÜLLÜ<sup>1</sup>, İbrahim CİCİOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup> İnönü Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü, Malatya, Türkiye (e-mail: gullu.esn@hotmail.com)

<sup>2</sup> Gazi Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Ankara.

<sup>3</sup> Gazi Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji A.B.D., Ankara.

\*Bu makale E. Güllü'nün aynı isimli doktora tezinden derlenmiştir ve 11. Uluslar arası Spor Bilimleri Kongresi'nde bildiri olarak sunulmuştur (10-12 Kasım 2010).

## ÖZET

Bu çalışmada, dayanıklılık sporcularında maksimal ve submaksimal egzersiz sonrası oluşan oksidan stres ve antioksidan düzeylerinin karşılaştırılması amaçlandı. Bu çalışmaya ortalama Maks VO<sub>2</sub> kapasiteleri 69.50±8.19 ml/kg/dk ve ortalama yaşları 19.30±1.64 yıl olan 10 dayanıklılık sporcusu ile ortalama Maks VO<sub>2</sub> kapasiteleri 34.15±8.08 ml/kg/dk ve ortalama yaşları 19.70±1.16 yıl olan 10 sedanter üniversite öğrencisi olmak üzere toplam 20 erkek denek gönüllü olarak katıldı. Deneklerin Maks VO<sub>2</sub> seviyeleri, Bruce Protokolü ile belirlendi. Denekler, submaksimal egzersizlerini %70 Maks VO<sub>2</sub> şiddetinde 30 dk, Maksimal egzersizlerini ise %100 Maks VO<sub>2</sub> şiddetinde tükeninceye kadar devam ettirdi. Deneklerin kan örnekleri egzersiz öncesi ve sonrası, plazmada Malondialdehit (MDA), Total Sülfidril grubu (RSH) ve Nitrik oksit (NO<sub>x</sub>) düzeylerine bakılmak üzere toplandı. Elde edilen sonuçlar, dayanıklılık sporcuları ve kontrol grubu submaksimal egzersiz öncesi ve sonrası MDA ve NO<sub>x</sub> seviyeleri arasında anlamlı bir fark olmadığını gösterdi (p<0.05). Sadece, kontrol grubunda RSH düzeyinde submaksimal egzersiz öncesi ve sonrası anlamlı bir fark bulundu (P<0.05). Maksimal egzersiz öncesi ve sonrası karşılaştırıldığında her iki grupta da MDA ve NO<sub>x</sub> düzeylerinde anlamlı bir fark bulundu (p<0.05). Submaksimal egzersiz sonrası ile maksimal egzersiz sonrası MDA, RSH ve NO<sub>x</sub> değişkenleri karşılaştırıldığında her iki grup için MDA ve NO<sub>x</sub> değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunurken (p<0.05) bu değişkenler maksimal egzersiz sonrası artış gösterdi. RSH değerlerinde ise istatistiksel açıdan anlamlı bir fark oluşmadı. Ayrıca, her iki grup karşılaştırıldığında VKI (p<0.05), Maks VO<sub>2</sub> kapasiteleri, KAH<sub>Dinlenim</sub> ve KAH<sub>Maks</sub> değişkenlerinde ise anlamlı bir fark bulundu (P<0.001). Sonuç olarak, submaksimal egzersizler insanlar için sağlıklı çalışmalar olabilirken, maksimal egzersizler serbest radikal oluşumunu tetikleyebilir. Bu duruma bir kanıt olarak da lipid peroksidasyonun artışı ve oksidatif stres gösterilebilir. Böylece, gerek dayanıklılık sporcularında ve gerekse de sedanterlerde egzersizin şiddeti, serbest radikal oluşumunun önemli bir tanımlayıcısı olabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Sedanter, dayanıklılık sporcusu, egzersiz, serbest radikaller, antioksidan.

## Comparison of the Oxidative Stress and Antioxidant Levels of the Endurance Athletes After Maximal and Submaximal Exercise

### ABSTRACT

The purpose of this study was to compare the oxidative stress and antioxidant levels of the endurance athletes after maximal and submaximal exercise. In this study total of 20 male subjects who voluntarily participated (10 sedentary university students and 10 endurance athletes). Mean Max VO<sub>2</sub> capacity was 69.50±8.19 ml/kg/min and mean age was 19.30±1.64 yrs old for endurance athletes and respectfully 34.15±8.08 ml/kg/min and 19.70±1.16 yrs old for sedentary. Max VO<sub>2</sub> levels of subjects were determined by Bruce Protocol. The subjects performed their submaximal exercise with intensity of 70% of Max VO<sub>2</sub> during 30 minute period. Maximal exercise with intensity of 100% of Max VO<sub>2</sub> was executed until they were exhausted. Blood samples of subjects were collected before and after exercise to analyse plasma Malondialdehit (MDA), Total sülfhidril group (RSH) and Nitric oxide (NO<sub>x</sub>) levels. The results indicated that there were no significant differences among levels of MDA and NO<sub>x</sub> parameters between pre-submaximal and post-submaximal exercise in endurance athletes and control group (P<0.05). Only there was significant difference the level of RSH parameter between pre-submaximal and post-submaximal exercise for control group (P<0.05). Before and after maximal exercise, MDA and NO<sub>x</sub> levels were found significantly different for sedentary and endurance subjects (P<0.05). There were significant differences among levels of MDA, RSH and NO<sub>x</sub> parameters between post-submaximal and post-maximal exercise for two groups (P<0.05) and these variables increased after maximal exercise. There were also no significant differences in RSH parameters. Also, there were

significant differences among BMI scores ( $P<0,05$ ),  $MaxVO_2$ ,  $KAH_{rest}$  and  $KAH_{max}$  of the endurance athletes and sedentary ( $P<0,001$ ). Consequently, submaximal exercise could be healthy practice for humans; however, maximal exercise could trigger occurring of free radicals. This could be evidenced by increasing in lipid peroxidation and oxidative stress during maximal exercise. Thus, the intensity of exercise could be very important to definition of the accumulation of free radicals for sedentary and endurance athletes.

**Key Words:** Sedentary, endurance athlete, exercise, free radicals, antioxidant.

## GİRİŞ

Fiziksel aktivite çok sayıda pozitif adaptasyonu (kas kuvveti, reaksiyon zamanı, nöromusküler koordinasyon, denge, vücut kompozisyonu, mitokondrial artış, aerobik-anaerobik kapasiteler gibi) beraberinde getirmektedir (11). Fakat bağışıklık sisteminde ve inflamasyon durumunda buna bağlı asthma, arthrit gibi (6) ya da egzersize bağlı oluşan serbest radikal (SR) jenerasyonu ve bunun başlattığı lipit peroksidasyon ile organizmaya zarar veren mekanizmaların oluşumu gibi (3,18,27) bazı negatif etkilere de rastlanmaktadır.

Egzersiz sırasında tüketilen oksijen miktarı egzersiz şiddeti ve tipine bağlı olarak değişiklik göstermekle birlikte genel olarak istirahata oranla önemli oranda artabilmektedir (3,18). Normalde istirahat sırasında bile binlerce molekül SR üretiminin olduğu düşünülürse, metabolizmanın ileri derecede hızlandığı egzersizlerde SR oluşumunun belirgin bir düzeyde artması doğal bir beklentidir. Elde edilen kaynaklar incelendiğinde egzersiz, artan oksijen tüketimi ve bu durumun mitokondriyal elektron taşıma zincirini etkilemesi, katekolamin ve laktik asit düzeylerindeki artış, hemogloblin otooksidasyonu, oluşan hipertermi, kas ile eklemlerde geçici hipoksi ve reoksijenasyonu ayrıca bazı immünolojik mekanizmalardaki değişiklikler SR oluşumuna neden olmaktadır (1,2,29).

İnsanlarda, birçok enzim kompleksi ve non-enzimatik sistemlerden oluşan, SR oluşumunu önleyen ve radikallerin antioksidanlarla etkileşimini içeren kompleks bir antioksidan savunma sistemi (AOSS) bulunmaktadır. Yapılan kronik egzersizin kişilerde antioksidan adaptasyonunu geliştirebileceği belirtilmektedir (32). Kanserden kalp hastalıklarına kadar çok sayıda patolojik durumda etkileri ayrıntılı olarak incelenen SR' ler ve oksidatif stresin egzersiz tarafından da etkileeneceği belirtilmiş, SR oluşumu ile AOSS arasındaki dengenin egzersiz sırasında bozulabileceği bildirilmiştir (1,35). Yoğun egzersiz ve egzersiz şiddeti kasta bu dengeyi bozabilen iki durumdur. Her iki durumda da SR' nin fazla üretimi oksidatif hasar oluşturma potansiyeline sahiptir (17).

Egzersiz sağlığı için yararları yanında potansiyel yan etkileri de olabilir. Sürekli antrenman yapmak zorunda olan performans sporcularının ve sağlığı için spor yapanların daha bilinçli olmalarının sağlanması, sağlığı için spor yapan bireylerin ne tür egzersizi tercih etmeleri gerektiği ve şiddetinin belirlenmesi adına bu çalışmada maksimal ve submaksimal egzersiz sonrası

oluşan oksidan stres ve antioksidan düzeylerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmaya 18-23 yaş aralığında 10 sedanter ve 10 dayanıklılık sporcusu olmak üzere toplam 20 erkek birey gönüllü olarak katıldı. Sedanter gönüllüler; Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi öğrencilerinden, dayanıklılık sporcuları ise ortalama 7 yıldır aktif spor yapan ve uzun mesafe koşan (3000m-5000m-10000m) dayanıklılık sporcularından seçildi. Denekler çalışma öncesinde, tam bir sağlık kontrolünden geçirildi. Deneklerin hiç birinin sigara tüketicisi olmamasına dikkat edildi.

Araştırmanın yapılabilmesi için Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Yerel Etik Kurulu' ndan 15 sayılı Etik kurul kararı alındı.

## Deney Protokolü

Çalışma öncesinde deneklerin metabolik cevapları değişmemesi ve standardın korunması için; deney gününden en az 1 hafta önce herhangi bir ilaç almamaları, en az 24 saat öncesine kadar alkol, kafein gibi içeceklerle, sosis, salam, sucuk vb. gibi yiyecekleri tüketmemeleri (34), testlerden en az 48 saat öncesine kadar ağır fiziksel aktivite yapmamaları (15) ve testlere en az 4 saat öncesinden aç olarak gelmeleri istendi. Deney aşağıda belirtilen aşamalarda yapıldı.

I. Öğle saatlerinde en az 4 saat süresince aç olarak laboratuara gelen denekler, koşu bandı üzerinde 5 dk'lık ısınma sonrası KGY505-87M marka koşu bandı üzerinde Bruce Protokolüne göre koşturularak performans devreleri her bir denek için kaydedildi ve  $MaxVO_2$  değerleri her bir denek için ayrı ayrı hesaplandı (31).

II. Denekler  $MaxVO_2$  ölçümünden 1 hafta sonra yukarıdaki koşulları sağlamak kaydıyla laboratuara öğle saatlerinde geldiler. 20 dk'lık istirahattan sonra dinlenme değerlerini ölçmek amacıyla ilk kan örneği 10 ml sıtrath tüpe alındı ve 5 dk'lık ısınma sonrası kas esnekliklerini sağlamak ve olabilecek sakatlıkları önlemek amacı ile önerilen 3 dk'lık germe egzersizleri yapıldıktan sonra submaksimal egzersiz protokolü uygulandı. Egzersizin hemen bitiminde 10 ml 2'inci kan örneği alındı.

III. Denekler submaksimal egzersiz protokolünün uygulanmasından 1 hafta sonra yine aynı koşullar sağlanarak maksimal test protokolünü uygulamak üzere laboratuara bir kez daha geldiler, 20dk'lık istirahat sonrası deneklerden dinlenme değerlerini

ölçmek amacıyla ilk kan örneği 10 ml sitratlü tüpe alındı ve sonrasında 5 dk'lık ısınma ve kas esnekliklerini sağlamak ve olabilecek sakatlıkları önlemek amacı ile önerilen 3 dk'lık germe egzersizlerini takiben maksimal test protokolüne geçildi. Egzersizin hemen bitiminden sonra derhal 10 ml 2'inci kan örneği alındı.

### Submaksimal Egzersiz Protokolü

Deneklerin MaksVO<sub>2</sub> kullanma kapasiteleri Bruce Test Protokolü uygulanarak belirlendi. Deney protokolünde açıklandığı gibi deneklerin belirlenen MaksVO<sub>2</sub> kapasitelerine uygun olarak, koşu bandında MaksVO<sub>2</sub>'ye ulaştıkları hızın ve eğimin %70'i ile 30 dk'lık koşu egzersizi yaptırıldı.

### Maksimal Egzersiz Protokolü

Deneklerin MaksVO<sub>2</sub> kullanma kapasiteleri Bruce Test Protokolü uygulanarak hesaplandıktan sonra koşu bandında MaksVO<sub>2</sub>'ye ulaşılan hız ve eğimde MaksVO<sub>2</sub>'nin %100' ü ile yorulana kadar koşu egzersizi yaptırıldı. Deneklerin egzersizi devam ettiremeyecekleri kendi beyanlarına, kalp atım sayılarına ve kendi gözlemlerimize göre tespit edildi. Egzersizler süresince deneklerin kalp atım sayıları Polar (S810i) marka portatif nabız ölçer cihazı ile kontrol altında tutuldu.

### Kan Analizleri

Deneklerin kan analizleri Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı Laboratuvarı'nda ve aşağıda belirtilen şekilde yapıldı.

### Lipid Peroksidasyon Düzeyi Tayini

Plazma lipid peroksit düzeyleri Kurtel ve arkadaşlarının yöntemiyle tayin edildi. Plazma MDA (Malondialdehit) düzeyleri nmol/ml plazma olarak hesaplandı (19).

### Total Sülfidril Gruplarının (RSH) Tayini

Plazma RSH (Total sülfhidril group) düzeyleri Kurtel ve arkadaşlarının yöntemiyle tayin edildi.

Plazma RSH düzeyleri nmol/ml plazma olarak hesaplandı (19).

### NO<sub>x</sub> Düzeyi Tayini

NO<sub>x</sub> (Nitric oksit) (nitrit+nitrat) düzeyleri Miranda ve arkadaşlarının yöntemiyle çalışıldı. İnkübasyon sonrası numuneler ELİSA okuyucusunda 540 nm'de okundu (22).

### Verilerin Analizi

Verilerin istatistiksel analizleri için SPSS 11.5 for Windows istatistik paket programı kullanıldı. Grup içi değerlendirmelerde Paired Samples-t test ve gruplar arası değerlendirmelerde ise Independent-Samples t test'i kullanıldı. Önemlilik seviyesi olarak 0.001 ve 0.05 kullanıldı.

### BULGULAR

Kontrol grubu ile dayanıklılık sporcularının fiziksel özellikleri karşılaştırıldığında vücut ağırlıkları, vücut kitle indeksleri, Maks VO<sub>2</sub> kapasiteleri ve KAH<sub>Dinlenim</sub> ile maksimal egzersizdeki KAH<sub>Maks</sub> arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Bu bulgulara göre sporcularda vücut ağırlıkları, vücut kitle indeksleri, dinlenim ve maksimal egzersizdeki kalp atım sayıları daha düşük, Maks VO<sub>2</sub> kapasiteleri ise daha yüksek olarak bulunmuştur.

Kontrol grubunda submaksimal egzersiz öncesi ve sonrası MDA, RSH ve NO<sub>x</sub> Değişkenleri karşılaştırıldığında sadece RSH düzeylerinde istatistiksel anlamlı bir fark bulunmuştur. Dayanıklılık sporcularında ise istatistiksel anlamlı bir farka rastlanmamıştır.

Gerek kontrol grubunda gereksede dayanıklılık sporcularında maksimal egzersiz öncesi ve sonrası MDA, RSH ve NO<sub>x</sub> Değişkenleri karşılaştırıldığında MDA ve NO<sub>x</sub> değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunurken bu değişkenler maksimal egzersiz sonrası her iki grupta da artış göstermiştir. RSH değerlerinde ise egzersiz sonrası bir artış olmuş fakat istatistiksel açıdan anlamlı bir fark oluşmamıştır.

**Tablo 1.** Kontrol grubu ile sporcuların bazı fiziksel özellikleri.

Değişkenler	Sedanter (n=10) x±Sd	Sporcu (n=10) x±Sd	t	p
Yaş (yıl)	19.70 ± 1.16	19.30 ± 1.64	0.631	0.536
Boy (cm)	177.2 ± 5.58	174.3 ± 4.35	1.297	0.211
Vücut Ağırlığı (kg)	74.54 ± 13.94	60.23 ± 5.57	3.013	0.011*
VKİ (kg/m <sup>2</sup> )	23.63 ± 3.47	19.84 ± 1.53	3.170	0.005*
KAH <sub>Dinlenim</sub>	70.40 ± 3.38	58.0 ± 3.89	7.619	0.001**
KAH <sub>SUB</sub>	154.90 ± 4.46	153.30 ± 2.10	1.026	0.324
KAH <sub>MAKS</sub>	195.70 ± 3.80	185.70 ± 3.80	5.881	0.001**
MaksVO <sub>2</sub> (ml/kg/dk)	34.15 ± 8.08	69.50 ± 8.19	-9.717	0.001**

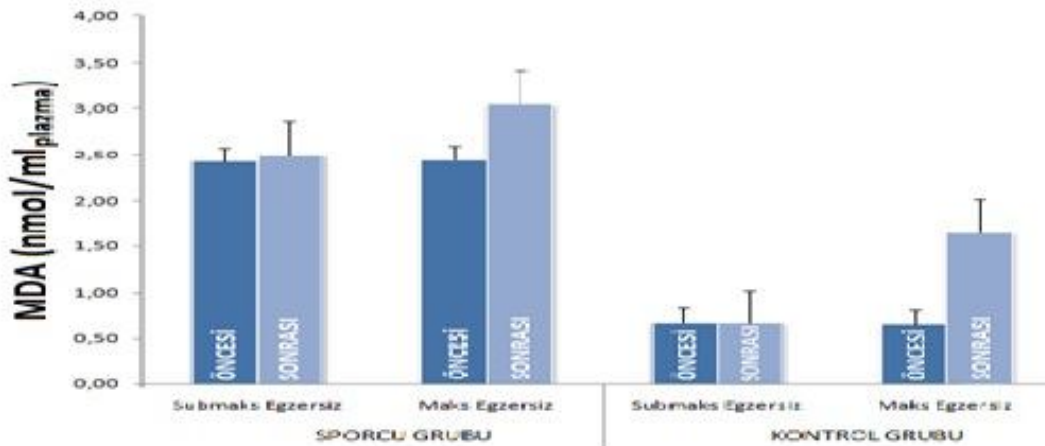
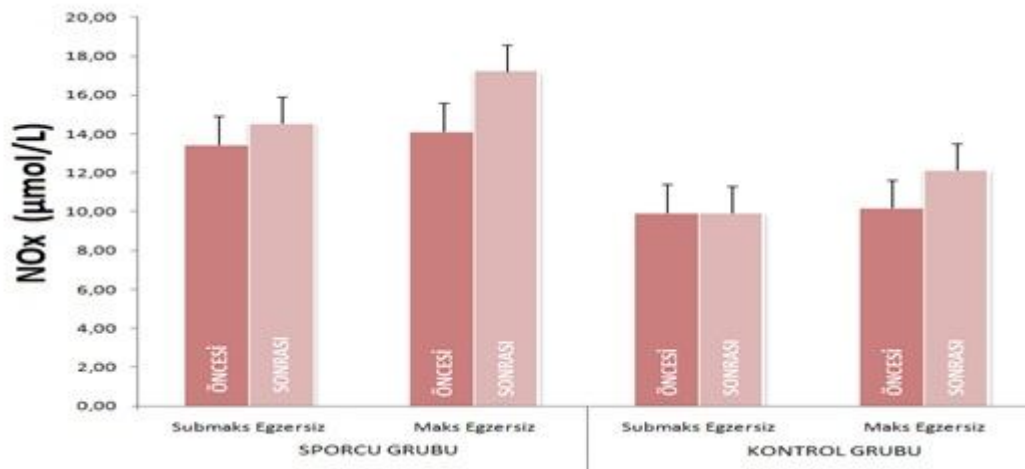
\* p<0,05; \*\* p<0,01 düzeyinde anlamlıdır.

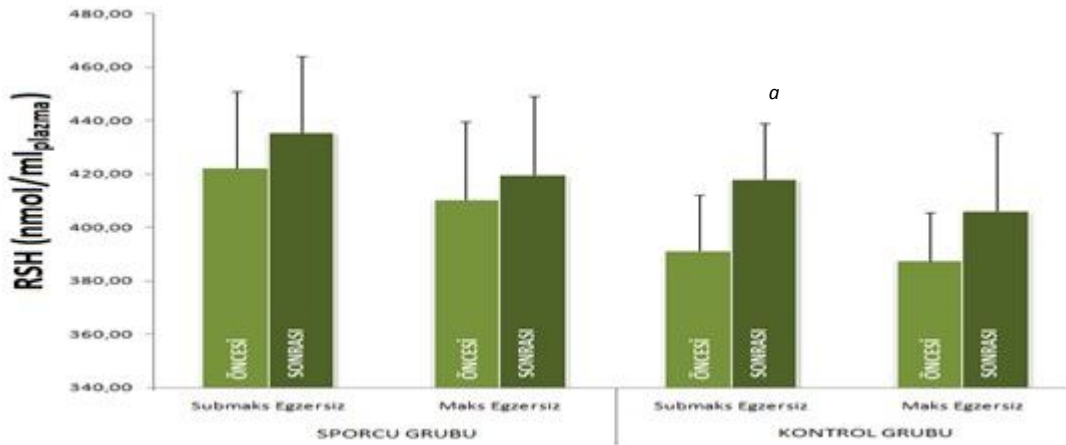
**Tablo 2.** Kontrol Grubu ile Sporcuların MDA, RSH ve NO<sub>x</sub> Değişkenlerinin Karşılaştırılması

Denekler	Egzersiz Şiddeti	Egzersiz Zamanı	MDA (nmol/ml <sub>plazma</sub> )	NO <sub>x</sub> (µmol/L)	RSH (nmol/ml <sub>plazma</sub> )
Dayanıklılık Sporcuları	Submaksimal egzersiz	Egzersiz Öncesi	2.42 ± 0.18	13.45 ± 1.15	422.40 ± 30.41
		Egzersiz Sonrası	2.50 ± 0.24	14.55 ± 1.21	435.53 ± 29.96
	Maksimal egzersiz	Egzersiz Öncesi	2.44 ± 0.16	14.13 ± 1.60	410.37 ± 31.21
		Egzersiz Sonrası	3.05 ± 0.47 (ab)	17.23 ± 1.61 (ab)	419.60 ± 32.52
Kontrol Grubu	Submaksimal egzersiz	Egzersiz Öncesi	0.67 ± 0.16	9.95 ± 1.71	391.13 ± 19.40
		Egzersiz Sonrası	0.66 ± 0.03	9.93 ± 0.71	417.92 ± 20.89 (*)
	Maksimal egzersiz	Egzersiz Öncesi	0.65 ± 0.11	10.19 ± 1.31	387.46 ± 15.59
		Egzersiz Sonrası	1.65 ± 0.73 (ab)	12.15 ± 1.92 (ab)	406.21 ± 31.29

<sup>a</sup> Egzersiz öncesi ve sonrası anlamlı fark (p<0.05)

<sup>b</sup> Submaksimal ve maksimal egzersiz sonrası aralarındaki anlamlı fark (p<0.05)

**Grafik 1.** Sporcu ve kontrol gruplarında MDA düzeyleri.**Grafik 2.** Sporcu ve kontrol gruplarında NO<sub>x</sub> düzeyleri.



**a**: Egzersiz öncesi ve sonrası anlamlı fark ( $p<0.05$ ), **b**: Submaksimal ve maksimal egzersiz arasında anlamlı fark ( $p<0.05$ ).

**Grafik 3:** Sporcu ve kontrol gruplarında RSH düzeyleri.

Submaksimal egzersiz ile maksimal egzersiz sonrası MDA, RSH ve  $NO_x$  Değişkenleri karşılaştırıldığında her iki grup için MDA ve  $NO_x$  değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunurken bu değişkenler maksimal egzersiz sonrası artış göstermiştir. RSH değerlerinde ise istatistiksel açıdan anlamlı bir fark oluşmamıştır.

## TARTIŞMA

Bu çalışma, dayanıklılık sporcularında submaksimal ve maksimal egzersizin oksidan stres ve antioksidan düzeylerini karşılaştırarak bu iki egzersiz türünden hangisinin oksidan strese neden olduğunu bulmak amacı ile yapılmıştır.

Yapılan çalışmalarda egzersizin tipi, yoğunluğu, süresi ve bireysel farklılıklar, kullanılan ölçüm yöntemlerinin değişkenliği gibi birçok neden sonuçların yorumlanabilmesini zorlaştırmıştır. Bu duruma ışık tutmak amacı ile çalışmada, egzersiz deneylerinin standardında en çok kullanılan Maks  $VO_2$  ölçümleri (16) temel alınarak %70 yoğunluktaki (submaksimal) egzersiz ile %100 yoğunluktaki (maksimal) egzersizin etkileri incelendi. LP ürünlerinin ölçümünde sıklıkla kullanılan MDA son ürünü (4) ve SR ürünlerinden biri olan  $NO_x$  (Nitrat+Nitrit), antioksidan savunmanın bir göstergesi olarak plazma RSH grubu içeriği (10,24) dayanıklılık sporcularında ve kontrol grubunda ölçüldü.

Bu çalışmada kontrol grubunda ve sporcularda submaksimal egzersiz öncesi ve sonrası MDA, RSH ve  $NO_x$  değişkenleri incelendi. Buna göre sadece kontrol grubunda submaksimal egzersiz sonrası RSH düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulundu.

Lovlin ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada %40 Maks $VO_2$  şiddetinde yapılan egzersizlerin MDA düzeyini %10.3 düşürdüğünü, %70 Maks $VO_2$  şiddetindeki egzersizlerin ise MDA düzeylerinde önemli bir fark yaratmadığını göstermişlerdir (20). Bir

diğer çalışmada ise %60 Maks $VO_2$  şiddetinde 30 dk'lık bir egzersiz sonrasında MDA oranlarında önemli bir değişikliğin olmadığını vurgulamışlardır (14). Schneider ve arkadaşları da yapmış oldukları bir başka çalışmada orta şiddetteki bir egzersiz öncesi ve sonrası lipid peroksidasyonlarında ve total antioksidan kapasitelerinde hem antrenmanlı hem de antrenmansız deneklerde anlamlı bir fark bulamadıklarını ifade etmişlerdir (28).

Çalışmada submaksimal egzersiz uygulaması için seçilen 30 dk'lık süre sonunda egzersiz öncesine göre oksidan ve antioksidan düzeylerinde istatistiksel bir fark olmayışı literatürle uyumludur.

Belli bir yoğunluktaki egzersizin oksidatif stres indekslerini etkilediği ve bunun antrenmanlık düzeyinden çok akut egzersizin tipi, süresi ve yoğunluğu ile ilgili olduğu bildirilmektedir(12,25). SR'ler normal metabolizmanın bir sonucu olarak düşük düzeyde üretilir ve dokuları oksidatif hasardan koruyan antioksidan sistemler tarafından dengelenebilmektedir (12,36). Myazaki ve arkadaşları antioksidan savunma mekanizmasının egzersiz esnasında artan lipid peroksidasyonuna karşı artarak bir savunma gerçekleştirdiğini vurgulamışlardır (23). Orta düzeyde egzersizin antioksidan aktivite üzerinde daha etkili olduğu belirtilmektedir (13). Bu sonuçlar doğrultusunda yapılan submaksimal egzersizin süresi ve şiddeti lipid peroksidasyon oluşumunu artırmaya yeterli olmamış ya da oluşan muhtemel lipid peroksidasyon mevcut antioksidanlar tarafından dengelenmiş olabilir. Çünkü günlük yapılacak olan orta şiddetteki egzersizlerin sonucunda yılda 1.72 kg süperoksit ( $O_2^-$ ) oluşabileceğini buna karşılık organizmanın antioksidan savunma mekanizmasının bu oramı tolere edebileceği vurgulanmaktadır (7).

Çalışmada sedanterlerde ve sporcularda maksimal egzersiz öncesi ve sonrası MDA ve  $NO_x$  oranlarında  $P<0,05$  anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır. Her iki grupta ise RSH

düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı.

Davies ve arkadaşları sıçanlarda yaptığı çalışmada bitkinlik düzeyine kadar yaptırılan egzersizi hemen takiben gastroknemius, soleus ve plantaris kaslarındaki MDA içeriğinin %80 oranında arttığını bulmuşlardır (9). Lovlin ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada %100 MaksVO<sub>2</sub> şiddetinde yapılan egzersizlerin MDA düzeyinde %26 oranında bir artışa neden olduğunu belirtmiştir (20). Yapılan diğer bir çalışmada, kan ve plazmada egzersizden sonra total glutasyon düzeylerinin arttığını, NO<sub>x</sub>'in kan dolaşımında devamlı üretilebildiğini ve egzersizin seviyesine bağlı olarak artış gösterebileceği belirtilmiştir (27).

Literatürde, farklı şiddetlerde yapılan egzersizlere bağlı olarak (Nitrat/Nitrit=NO<sub>x</sub>) değişimleri incelendiğinde düşük ve orta şiddette yapılan egzersizlerde NO<sub>x</sub> oluşumunda önemli bir değişiklik görülmezken yüksek seviyede yapılan egzersizin NO<sub>x</sub> konsantrasyonunda bir artışa neden olduğunu bulmuşlardır (33). Radak ve arkadaşları da, eksantrik kasılmada iskelet kaslarında NO<sub>x</sub> üretiminin artışına bağlı olarak kas hasarının olabileceğini ifade etmektedirler (26). Cuzzolin ve arkadaşları 6 aktif ve 6 aktif olmayan denek üzerinde yapmış oldukları çalışmada, akut egzersizin NO<sub>x</sub> oluşumuna neden olabileceğini vurgulamaktadırlar (8).

Sumida ve arkadaşları bisiklet ergometresinde yapılan maksimal egzersizlerden hemen sonra MDA düzeylerinin arttığını belirtmektedirler (30). Yapılan diğer bir çalışmada, 18 erkek denegın 30 sn'lik bisiklet ergonometresinde yaptıkları anaerobik bir egzersizin sonunda MDA düzeylerinde hızlı bir artışın olduğunu bulmuşlardır (5). Maksimal egzersiz sonrası MDA ve NO<sub>x</sub> düzeylerine ait bulgularımız literatürü destekler niteliktedir.

Egzersizin oksidatif strese neden olduğunun bilinmesine rağmen antrenmanlılık düzeyinin, SR belirleyicileri (27) ve antioksidan sistemlere (12) etki ettiği ve egzersiz programlarının uygun hazırlanması ile bu sorunun çözümlenebileceği bildirilmiştir (21).

Sonuç olarak maksimal egzersizlerin hem sporcularda hem de sedanterler de serbest radikal oluşumunu önemli oranda artırdığı gözlenirken submaksimal egzersizler sonunda her iki grupta da bu olumsuz durum gözlenmemiştir. Bu verilere dayanarak submaksimal egzersizlerin serbest radikal oluşumu açısından daha güvenli ve uygun egzersizler olduğu söylenebilir.

## KAYNAKLAR

- 1- Carlsohn A, Rohn S, Mayer F, Schweigert FJ. Physical activity, antioxidant status, and protein modification in adolescent athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2010, vol. 42, no. 6, pp. 1131–1139.
- 2- Akkova B. *E vitamini ve Estradiol'ün kas performansı, antioksidan savunma ve egzersize bağlı olarak gelişen kas hasarı ile lipid peroksidasyonu üzerine etkileri*. Uzmanlık Tezi, Bursa, 1998.
- 3- Allession HM. Exercise Induced Oxidative Stress. *Med Sci Sports Exerc* : 1993, 25:218-224.
- 4- Badcock NR, Zoanetti GD, Martin ES. Non chromatographic assay for MDA-TBA adduct with HPLC equivalence. *Clin. Chem.* 1997, 43 (9): 1655-1657.
- 5- Baker SJ, Hullin D, Davies B. Metabolic implications of resistive force selection for oxidative stress and markers of muscle damage during 30s of high-intensity exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2004, 92: 321-327.
- 6- Pedersen BK, Hoffman-Goetz L. Exercise and the immune system: regulation, integration, and adaptation," *Physiological Reviews*, vol. 80, no. 3, pp. 1055–1081, 2000.
- 7- Chandan K. Sen, *Handbook of Oxidants and Antioxidants in Exercise*. Elsevier Science B.V. All rights reserved 2000.
- 8- Cuzzolin L, Lussignoli S, Crivellente F, Adami A, Schena F, Bellavite P, Brocco G, Benoni G., "Influence of an acute exercise on neutrophil and platelet adhesion, nitric oxide plasma metabolites in inactive and active subjects." *Int J Sports Med.* 2000, 21(4):289-93.
- 9- Davies KJA, Quintanilha AT, Brooks GA, Packer L. Free Radicals and tissue damage produced by exercise. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 1982, 107 (4): 1196-1205.
- 10- Demir S, Özkurt S, Köseoğlu MH, Enli Y, Aslan D, Gümüşsü N. Sigara içenlerde Plazma Lipid Peroksidasyonu. *Solunum* 2001, 3: 57-59.
- 11- Cooper DM, Nemet D, Galassetti P. Exercise, stress, and inflammation in the growing child: from the bench to the playground. *Current Opinion in Pediatrics*, 2004, 16(3): 286–292.
- 12- Dudek IM, Kowalczyk P, Fijalkowski P, Kedziora J. Effect of a submaximal physical exercise on antioksidan enzymes in the erythrocytes of healthy men. *Biol. Sport*: 1994, 11: 227-231.
- 13- Düzova H, Emre MH, Karakoç Y, Karabulut AB, Yılmaz Z, Gürsul C, Yoloğlu S. Orta ve yüksek düzeyde treadmill egzersizinin sıçanların kas ve eritrosit oksidan/antioksidan sistemine etkisi. *İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*: 2006, 13(1): 1-5.
- 14- Gür ES, Erdinç A, Serdar Z, Gür H. Influence of acute exercise on oxidative stress in chronic smokers. *Journal of sports in science and medicine*, 2003, 2: 98-105.
- 15- Hughes EF, Turner SC, Brooks GA. Effects of glycogen depletion and pedalling speed on 'anaerobic threshold'. *J. Appl. Physiol. Respt. Emv.* 1982, 52 (6): 1598-1607.
- 16- Jeukendrup A, Saris WHM, Brouns F, Kester AOM. A new validated endurance performance test. *Med. Sci. Sport & Exerc.* 1996, 28(2): 266-270.

- 17- Ji LL. Exercise and oksidative stress: Role of the cellular antioxidant systems. *Ed. Exercise Sport Sci. Rev. Baltimore, MD: Williams & Wilkins*, 1995, 135-166.
- 18- Kanter M. Free Radicals and Exercise: Effects of nutritional antioxidant supplementation. *Exerc Sport Sci Rev* 1995, 23:375-398.
- 19- Kurtel H, Granger DN, Tso P, Grisham BM. Vulnerability of intestinal interstitial fluid to oksidant stress. *Am. J Physiol*, 1992, 263: 573-578.
- 20- Lovlin R, Cottle W, Pyke I, Kavanagh M, Belcastro AN. Are indices of free radical damage related to exercise intensity. *Eur. J. Appl. Physiol.* 1987, 56:313-316.
- 21- Margaritis I, Tessier F, Richard MJ, Marconnet P. No evidence of oxidative stress after a triathlon race in highly trained competitors. *Int. J. Sports Med.* 1997, 18 (3): 186-190.
- 22- Miranda KM, Espey MG, Wink DA. Simple spectrophotometric method for simultaneous detection of nitrate and nitrite. *Nitric oxide Biology and chemistry.* 2001, 5(1): 62-71.
- 23- Miyazaki H, Oh-Ishis, Kizakit OT, Toshinai K, Haga SS, Jil L, Ohno H. Strenuous endurance training in humans reduces oxidative stress following exhausting exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2001, 84: 1-6.
- 24- Özkurt S, Demir S, Köseoğlu MH, Enli Y, Aslan D, Sevinç C. Akciğer Kanserli Hastalarda Plazma Malondialdehit düzeyi ve Total Sülfhidril İçeriği. *Solunum* 2000, 2: 96-99.
- 25- Powers SK, Howley ET. *Exercise Physiology.* Brown and Benchmark Publishers, 1997.
- 26- Radak Z, Pucsok S, Mecseki T, Ferdinandy P. Muscle soreness-induced reduction in force generation is accompanied by increased nitric oxide content and DNA damage in skeletal muscle. *Free Rad. Biol. Med.* 26: 1999, 1059-1063.
- 27- Sahlin K, Ekberg K, Cizinsky S. Changes In Plasma Hypoxanthine And Free Radical Markers During Exercise In Man. *Acta Physiol Scand.* 1991, 145:275-281.
- 28- Schneider CD, Barp J, Ribeiro JL, Klein BA, Oliveira AR. Oxidative stress after three different intensities of running. *Can. J. Appl. Physiol.* 2005, 30 (6): 723-734.
- 29- Smith J.K., Grisham M.B., Granger D.N., Kothus R.J., "Free radical defence mechanisms and neutrophil in postischemic skeletal muscle." *Am. J. Physiol.* 1989, 256:H789-H793.
- 30- Sumida S, Tanaka K, Kitao H, Nakadomo F. Exercise-induced lipid peroxidation and leakage of enzymes before and after Vitamin E supplementation. *Int. J. Biochem.* 1989, 21(8).
- 31- Tamer K. *Sporda fiziksel-fizyolojik performansın ölçülmesi ve değerlendirilmesi.* Bağrgan yayımevi, 2. baskı: 2000, s: 4-10,124-126, Ankara.
- 32- Tong TK, Lin H, Lippi G, Nie J, Tian Y. Serum Oxidant and Antioxidant Status in Adolescents Undergoing Professional Endurance Sports Training. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity Article ID 741239, 7 pages doi: 10.1155/2012/741239*, 2012.
- 33- Traverse JH, Wank YL, Ruisheng D, Nelson D, Lindstorm P, Archer LS, Gong G, Bache JR. Coronary NO production in response to exercise and endothelium dependent agonist. *Circulation* 101: 2000, 2526- 2531.
- 34- Williams JH. Caffeine, neuromuscular function and high intensity exercise performance. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 1991, 31: 481-489.
- 35- Witt EH, Reznick AZ, Viguie CA, Stark-Reed P, Packer L. Exercise, oksidative damage and effects of antioxidant manipulation. *J. Nutr.* 1992, 122: 766-773.
- 36- Wozniak EH, Panczenko-Kresowska B, Lerczak K, Posnik J. Effects of graded treadmill exercise on the activity of blood antioksidan enzymes, lipid peroxides and non enzymatic antioxidants in long distance skiers. *Biol. Sport*, 1994, 11: 217-226.