

# VERİLİ ANTRENMAN ŞİDDETLERİNDE YAPILAN EGZERSİZLERE VERİLEN METABOLİK YANITLAR

Sinem HAZIR, Tahir HAZIR, Alper AŞÇI, Caner AÇIKADA  
Hacettepe Üniversitesi Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu

## ÖZET

Bu çalışmanın amacı, verili antrenman şiddetlerinde yapılan egzersizlerde, kalp atım hızı (KAH), kan laktat konsantrasyonu ([La]) ve oksijen tüketimi ( $VO_2$ ) parametrelerinde ortaya çıkan farklılıkları saptamaktır. Çalışmaya, düzenli olarak antrenman yapan yedi yol, dört dağ bisikletçisi katıldı (yaş:  $25,2 \pm 6,2$  yıl, boy:  $175,1 \pm 5,1$  cm, vücut ağırlığı:  $70,4 \pm 7,3$  kg). Denekler, test-tekrar test  $VO_{2max}$  ve laktat testi (LT), birer kez 2,0 (SŞE-2), 3,0 (SŞE-3) ve 4,0 (SŞE-4) mM kan [La] karşılık gelen sabit şiddetli egzersizlerde (SŞE), [La]  $\pm 1$  mM değişene kadar veya 30 dk egzersiz yaptılar. Testler sırasında portatif  $O_2$  analizörü (Cosmed K4b2, Italy) ile  $VO_2$  ve KAH, her üç dakikada bir kulak memesinden alınan kapiller kandan YSI 1500 laktik asit analizörü ile [La] ölçüldü. Test, tekrar-test güvenilirlik katsayısı tüm değişkenlerde 0,92'den büyüktür. Deneklerin tümü SŞE-2 testini tamamladı, SŞE-3 testini dört denek, SŞE-4 testini iki denek tamamlayabildi. SŞE-3'te yanıt (Y) KAH ile kestirim (K) KAH ve SŞE-4'te incelenen tüm parametrelerde, egzersize verilen yanıt ve kestirilen değerler arasındaki fark anlamlı bulundu ( $p < 0,05$ ). Sonuç olarak, heterojen yapıya sahip bir denek grubunda 3,0 ve 4,0 mM [La]'na denk gelen antrenman şiddetlerinde yapılan uzun süreli egzersizlerdeki çalışma süresi, KAH,  $VO_2$  ve  $VO_{2max}$ 'ın kullanılan yüzdesi bireysel olarak değişmekte ve bireyler arasında farklı metabolik zorlanmalar yaratabilmektedir. Buradan hareketle, bireysel cevaplar üzerinden iş yükü belirlenmesinde verili bir antrenman şiddetine verilen cevap ve çalışma süresinin belirlenmesi önemlidir.

**Anahtar Sözcükler:** Dayanıklılık antrenmanı, Antrenman şiddeti, Antrenman süresi, Sabit şiddetli egzersiz, Kararlı denge

## METABOLIC RESPONSES TO VARIOUS EXERCISE INTENSITIES

### ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the differences on heart rate (HR), blood lactate concentrations ([La]) and oxygen consumption ( $VO_2$ ) parameters in various exercise training intensities. Subjects of this study were seven road and four mountain cyclists (age:  $25.2 \pm 6.2$  years, height:  $175.1 \pm 5.1$  cm, body mass:  $70.4 \pm 7.3$  kg) who were regularly trained. Subjects were tested with cycle ergometer for  $VO_{2max}$  and lactate test (LT) against constant intensity work loads (CIE) at 2.0, 3.0 and 4.0 mM blood [La] levels respectively. Tests were terminated when blood [La] changed  $\pm 1.0$  mM at each exercise intensity or after 30 min of exercise duration. During exercise tests  $VO_2$  and HR were

measured with a portable oxygen analyzer (Cosmed K4b2, Italy) in every minute, and [La] was measured every 3 min in capillary blood samples from the earlobe. Test-retest reliability coefficient values were greater than 0.92 for all variables. 30 min exercise was completed without deviation in [La] level by all subjects in the CIE-2 test, by four subjects in the CIE-3 test, and by two subjects in the CIE-4 test. In the CIE-3 test there was a significant difference ( $p < 0.05$ ) in HR between measured and estimated values. On the other hand, in CIE-4 all parameters (HR,  $VO_2$ ,  $\%VO_{2max}$ ) revealed significant differences between measured and estimated values. It was concluded that in a heterogenous subject group; prolonged exercise duration, HR,  $VO_2$  and  $\%VO_{2max}$  parameters at 3.0 and 4.0 mM exercise intensities show individual differences and result in different metabolic stress, and it, therefore, is more reliable to consider individual responses to a given intensity and duration of work at a given intensity.

**Key Words:** Endurance training, Training intensity, Training duration, Constant load exercise, Steady state

## GİRİŞ

Dayanıklılık, sporcuların yorgunluğa karşı direnme kapasitesi olarak tanımlanmakta (Harre, 1982) ve aynı zamanda belirli bir şiddetteki çalışmanın ortaya konacağı sürenin sınırlarını belirtmektedir (Bompa, 1998). Maksimal oksijen tüketimi ( $VO_{2maks}$ ), bireylerin dayanıklılık egzersizlerindeki performans kapasitesini belirlemede önemli bir kriter olmasına rağmen, aynı  $VO_{2maks}$  değerlerine sahip bireyler karşılaştırıldığında (Costill, Thomason ve Robert, 1973)  $VO_{2maks}$  ve dayanıklılık performansı arasında zayıf bir korelasyon gözlenmiştir (Maffulli, Capasso ve Lancia, 1991; McLellan ve Cheung, 1992). Tanaka ve Matsura (1984) antrenmanla  $VO_{2maks}$ 'daki gelişmenin sınırlı olup  $VO_{2maks}$ 'ın bir üst sınıra ulaşmasına rağmen dayanıklılığın gelişmeye devam ettiğini gözlemlemişlerdir. Bu nedenle, dayanıklılık performansında bireysel farklılıklar,  $VO_{2maks}$ 'tan çok anaerobik eşik (AE) olarak bilinen spesifik [La]'na karşılık gelen iş yükü veya  $VO_2$  ile daha yakın ilişki içerisinde (Allen, Seals, Hurley, Ehsani ve Hagberg, 1985; Farrel, Wilmore, Coyle, Billing ve Costill, 1979).

Antrenman şiddeti sporcuların performansları için kritik bir rol oynar.

Dayanıklılık antrenman programlarında sporcular ilk olarak egzersizin kapsamını, daha sonra da egzersizin şiddetini artırırlar (Dennis ve Noakes, 1998). Optimal şiddette olmayan bir antrenman programı aerobik performansı geliştirmemekte, yüksek şiddetli bir antrenman programı ise aşırı antrenmana yol açabilmektedir. Bu yüzden, antrenman şiddetinin gözlenmesi antrenör ve sporcular için oldukça önemlidir (Gilman, 1996). Egzersiz şiddetinin kontrol edilmesinde genelde kalp atım hızı (KAH), güç çıktısı, hız,  $VO_{2maks}$ 'ın kullanılan yüzdesi ( $\%VO_{2maks}$ ), [La] ve solunumsal parametreler kullanılmaktadır (Boulay, Simoneau, Lortie ve Bouchard, 1997). Egzersiz şiddeti, genellikle  $VO_{2maks}$  veya maksimal KAH ( $KAH_{maks}$ ) yüzdesinden tanımlanmakla beraber, son zamanlarda yapılan çalışmalar egzersize verilen [La] yanıtlarının,  $VO_2$  veya KAH'ye oranla metabolik stresin ölçümü için daha iyi bir kriter olabileceğini göstermektedir (Stoudemire ve ark., 1996). Bu yüzden, AE ölçümü antrenman programında  $VO_{2maks}$ 'dan daha duyarlıdır (Rotstein, Dotan, Bar-Or ve Tenenbaum, 1986). Dayanıklılık kapasitesini belirlemede ve antrenman kontrolünü sağlamada ise kan laktat profili çok önemli bir araçtır (Foster ve ark., 1993).

Bir çok spor bilimcisi AE parametrelerini sporcuların fizyolojik kapasitesini tahmin etmek ve antrenman şiddetini belirlemede kullanmışlardır (Astrand ve Rodahl, 1986; Bentley, Newell ve Bishop, 2007; Foxdal, Sjödin A., Sjödin, B ve Östman, 1994; Hoogeveen ve Schep, 1997; Nicholson ve Sleivert, 2001). Dayanıklılık antrenmanları da 0,5 ile 12,0 mM arasında değişen [La]'na denk gelen antrenman şiddetlerinde ve farklı sürelerde planlanmaktadır (Jansen, 2001). Bununla beraber, belirlenen [La] değeri karşılığı şiddette yapılan çalışmalarda; ilerleyen çalışma süresiyle birlikte sabit şiddet karşılığı olarak metabolik değerler artmakta ve farklı bir şiddet karşılığı metabolik eşik oluşturmaktadır (Urhausen ve Kindermann, 1992). Bu durum, sabit şiddetli çalışmalarda, başlangıç yükünün hangi sürede değişime uğradığı sorusunu gündeme getirmektedir. Buradan hareketle bu araştırmanın amacı; sabit [La]'larındaki (2,0, 3,0 ve 4,0 mM) farklı antrenman şiddetleri ile yaptırılan sabit şiddetli bisiklet egzersizlerinde [La], KAH ve  $VO_2$ 'deki değişimleri gözlemek ve [La]'daki değişime bağlı olarak verilen antrenman şiddetine ait optimal antrenman süresini belirlemektir.

## YÖNTEM

**Araştırma Grubu:** Bu çalışmanın araştırma grubu, düzenli olarak antrenman yapan yedisi yol, dördü dağ bisikletçisi olmak üzere 11 denekten oluşturuldu (yaş (yıl):  $25,2 \pm 6,2$ , boy (cm):  $175,1 \pm 5,1$ , vücut ağırlığı (kg):  $70,4 \pm 7,3$ ). Çalışma süresince incelenen değişkenlerin etkilenmemesi için deneklerden, antrenman programlarına ara vermeleri, beslenme alışkanlıklarını değiştirmemeleri ve herhangi bir ilaç kullanmamaları istendi. Her denek test ve tekrar-test  $VO_{2maks}$  ve laktat eşikleri (LT); birer kez de 2,0, 3,0 ve 4,0 mM [La]'na karşılık gelen sabit şiddetli egzersizler (SŞE) olmak üzere toplam 5 kez test edildi. Test-

ler iki tam gün ara ile günün aynı saatinde yapıldı. Denekler 2,0, 3,0 ve 4,0 mM sabit şiddetteki egzersizlere rastgele sıra ile alındı.

## Veri Toplama Araçları ve İşlem Yolu Antropometrik Ölçümler:

Boy uzunlukları, 1mm hassasiyetle ölçüm yapan bir stadiometrede (Holtain Ltd., UK), vücut ağırlıkları her test öncesi 0,1 kg hassasiyetle ölçüm yapan bir baskülde (Tanita 401 A, Japonya) ölçüldü.

**$VO_{2maks}$  LT ve sabit şiddetli egzersiz testleri:**  $VO_{2maks}$  ve LT testi bisiklet ergometresinde (Monark 834 E Ligindo, İsviçre) giderek artan iş yükü protokolüne göre yapıldı (Weltman ve ark., 1990). Denekler, 60-70 watt (W) yük ile 3 dakika ısındıktan sonra, 90 devir/dk sabit pedal hızında ve 90 W başlangıç yükünde olmak üzere egzersize başladılar ve her üç dakikada bir yük 45 W artırıldı. Teorik KAH<sub>maks</sub>'ın %90'nının aşılması, solunum değişim oranının (RER) 1,1'in üzerine çıkması ve 8,0 mM [La]'ndan yüksek değerlere (Shephard, 1992) varılması veya pedal hızının 85 devir/dk'nın altına düşmesi veya deneğin kendi isteğiyle testi sonlandırması  $VO_{2maks}$  için kriter olarak alındı. Her yük artımından önceki 30 saniye içerisinde kulak memesinden [La] analizi için kan alındı. Bu test protokolü iki gün sonra tekrarlandı.

**Sabit şiddetli egzersiz (SŞE) testleri:** Denekler son  $VO_{2maks}$  testinden 48 saat sonra rastgele sırayla 2,0 (SŞE-2), 3,0 (SŞE-3) ve 4,0 (SŞE-4) mM [La]'larına karşılık gelen şiddetlerde olmak üzere üç kez egzersiz yaptılar. Egzersizlerden önce 60-70 W yükte 3 dakika ısındılar. SŞE-2 testinde denekler 2,01,0 mM [La] aralığında, SŞE-3 testinde denekler 3,01,0 mM [La] aralığında, SŞE-4 testinde denekler 4,01,0 mM [La] aralığında değerlendirildi. Bu değerlerin altına inildiğinde veya üzerine çıkıldığında veya 30 dakika sonra test sonlandırıldı (Heck ve ark.,

1985). Testler sırasında  $VO_2$ , KAH ve her üç dakikada bir kulak memesinden alınan arteriyalize kandan [La] ölçüldü. 2,0, 3,0 ve 4,0 mM [La] karşılık gelen iş yükü,  $VO_2$  ve KAH'lar;  $VO_{2maks}$  ve LT testlerinden elde edilen iş yükü-[La], iş yükü-KAH ve iş yükü- $VO_2$  grafiklerinden Microsoft Excel programında en uygun 2. ve 3. dereceden polinom eğrilerinden elde edilen denklemler yardımıyla hesaplandı (Hoogeveen ve Schep, 1997; Vachon, Basset ve Clarke, 1999). Tüm bu denklemlerde  $R^2 > 0,98$ 'dir. [La]'da  $\pm 1,0$  mM sapma süresi [La]-zaman grafiğinden hesaplandı. Belirlenen şiddetlerde  $VO_2$  ve KAH'daki zaman süreleri  $VO_2$ -zaman ve KAH-zaman grafiklerinden hesaplandı.  $VO_2$ 'de sapma kriteri  $\pm 2,1$  ml.dk-1.kg-1 (Shephard, 1982), KAH 'da  $\pm 5$  atım.dk-1 (Astrand ve Rodalh, 1986) kabul edildi.

**Laktik Asit Ölçümü :** Dinlenik ve testler esnasında alınan kan örneklerinde, [La] hiçbir işleme tabi tutulmadan ve bekletilmeden elektroenzimatik yöntemle YSI 1500 laktik asit analizöründe (Yellow Springs Instrument, USA) hemolize tam kan şeklinde ölçüldü. Analizörün kalibrasyonu her denek için, 5,0 mM ve 30,0 mM laktat standart çözeltileri ile testlere başlamadan önce ve membran veya çözelti değişikliklerinde yapıldı.

**Oksijen Tüketimi ve KAH Ölçümleri:** Testler sırasında  $VO_2$  ve KAH, K4b<sup>2</sup> Cosmed portatif telemetrik ölçüm sistemiyle ölçüldü (Vacumetrics Inc., Ventura, İtalya). Analizör her test günü konsantrasyonu bilinen sertifikalı gaz karışımı ( $O_2 = \%15,6$ ,  $CO_2 = \%4,1$ ,  $N_2 =$  Balans) ile; akımmetre ise 3L şırınga ile üretici firmanın önerdiği şekilde kalibre edildi. Testler sırasında oksijen analizörünün hafızasına kaydedilen veriler bilgisayara aktarıldı.  $VO_{2maks}$  ve LT testinde her iş yükünün son dakikasındaki, sabit şiddette egzersizlerde ise her dakikadaki  $VO_2$  ve

KAH'ların ortalamaları belirlendi.

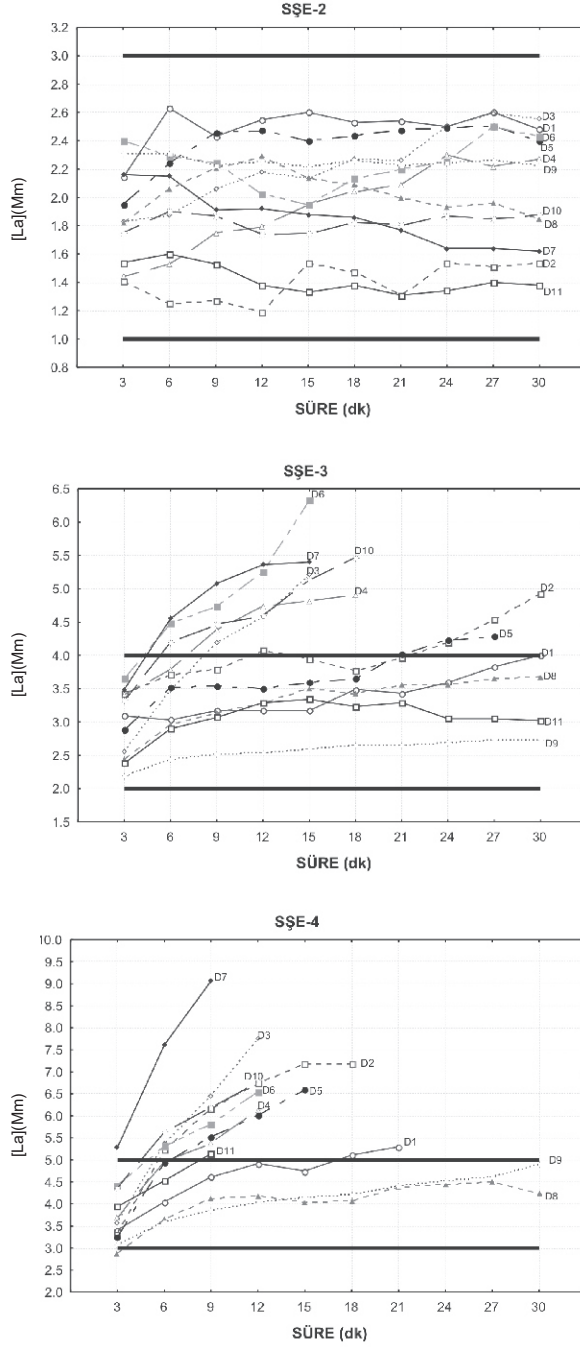
**Verilerin Analizi:** Elde edilen verilerin tanımlayıcı istatistikleri ( $\bar{X}$ , Ss) hesaplandıktan sonra;  $VO_{2maks}$  ve LT testlerindeki değişkenler arasındaki test ve tekrar-test güvenilirlik katsayıları sınıfıçı korelasyon analizi ile belirlendi. SŞE-2, SŞE-3 ve SŞE-4 testlerine verilen [La], KAH ve  $VO_2$  yanıtları bireysel olarak değerlendirildi.  $VO_{2maks}$  ve LT'den 2,0, 3,0 ve 4,0 mM [La]'na denk gelen KAH ve  $VO_2$  ile SŞE-2, SŞE-3 ve SŞE-4 testlerindeki yanıt KAH ve  $VO_2$  değerleri arasındaki fark eşleştirilmiş iki örnek testi ile değerlendirildi. Tüm istatistik işlemler SPSS 10,0 paket programında yapıldı ve  $p < 0,05$  güven aralığı kullanıldı.

#### BULGULAR

Deneklerin  $VO_{2maks}$  ve LT'den elde edilen ortalama  $VO_{2maks}$ , KAH<sub>maks</sub> ve [La]<sub>maks</sub> değerleri sırasıyla 61,09,1 ml.dk-1.kg-1, 191,57,9 atım.dk-1 ve 10,71,4 mM olarak bulundu. SŞE-2, SŞE-3 ve SŞE-4 testlerinde 30 dakika boyunca her 3 dakikada bir ölçülen bireysel [La] yanıtları Şekil 1'de verildi. SŞE-2'de deneklerin tümü 30 dakikalık egzersiz süresince [La] değerlerinde sapma olmadan (1,0 mM) egzersizi tamamladı (Tablo 1). SŞE-3 testine deneklerin verdiği [La] yanıtlarındaki sapma süresi (SS) 4,2-30,0 dakika arasında değişmektedir. SŞE-3 testinde grubun ortalama SS 17,411,5 dakika olarak bulundu (Tablo 1). SŞE-3 testinde SS'nin varyasyon katsayısı %63,4'tür. SŞE-4 testine deneklerin verdiği [La] yanıtlarındaki SS 2,4-30,0 dakika arasında değişmektedir. SŞE-4 testinde grubun ortalama SS 10,710,1 dakika olarak bulundu (Tablo 1). Bu egzersiz şiddetinde SS 'nin varyasyon katsayısı % 94,6 bulundu.

$VO_{2maks}$  ve LT'den hesaplanan (H) H-KAH, H- $VO_2$  ve H- $VO_{2maks}$  ile SŞE'lere sapma süresine kadar verilen yanıt (Y) Y-

## Verili Antrenman Şiddetlerinde Metabolik Yanıtlar



Şekil 1. SŞE-2, SŞE-3 ve SŞE-4 testlerinde 1 mM sapma süresine kadar her 3 dk'da bir ölçülen bireysel [La] değerleri (— ±1 mM).

**Tablo 1.** SŞE-2, SŞE-3 ve SŞE-4 testlerinde ölçülen [La] değerinde 1 mM sapmaya denk gelen sapma süreleri (dk)

Denekler	Sapma Süresi (dk)		
	SŞE-2	SŞE-3	SŞE-4
D1	30,0	20,1	6,2
D2	30,0	30,0	30,0
D3	30,0	30,0	15,4
D4	30,0	4,3	2,4
D5	30,0	4,2	4,5
D6	30,0	21,3	5,2
D7	30,0	8,1	5,3
D8	30,0	5,2	4,2
D9	30,0	30,0	8,2
D10	30,0	30,0	30,0
D11	30,0	7,8	6,1
Ortalama	30,0	17,4	10,7
Ss	0,0	11,5	10,1

KAH,  $Y\text{-VO}_2$  ve  $Y\text{-}\%VO_{2\text{maks}}$  ortalamaları arasındaki fark Tablo 2'de verildi. SŞE-2'de anlamlı fark gözlenmezken ( $p>0,05$ ), SŞE-3'de KAH'ında ölçülen ve hesaplanan değişkenler arasında fark anlamlı ve düşüktür ( $p<0,05$ ). SŞE-4'de hesaplanan ve ölçülen tüm değişkenler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ). SŞE'lerdeki şiddetler  $\%VO_{2\text{maks}}$  olarak ifade edildiğinde ise SŞE-2'de %61,810,3, SŞE-3'te 73,08,3 ve SŞE-4'te 80,07,3  $\%VO_{2\text{maks}}$ 'a denk gelmiştir (Tablo 2).

SŞE'lere verilen yanıt KAH ve  $VO_2$  değerleri Şekil 2 A ve B'de verildi. H-KAH'dan 5 atım.dk-1 farklı KAH kararlı denge kriterine göre deneklerin SŞE'lere verdikleri KAH yanıtları incelendiğinde, SŞE-2 testinde beş denek, SŞE-3 testinde altı denek, SŞE-4 testinde ise iki denek hesaplanan KAH'da sapma olma-

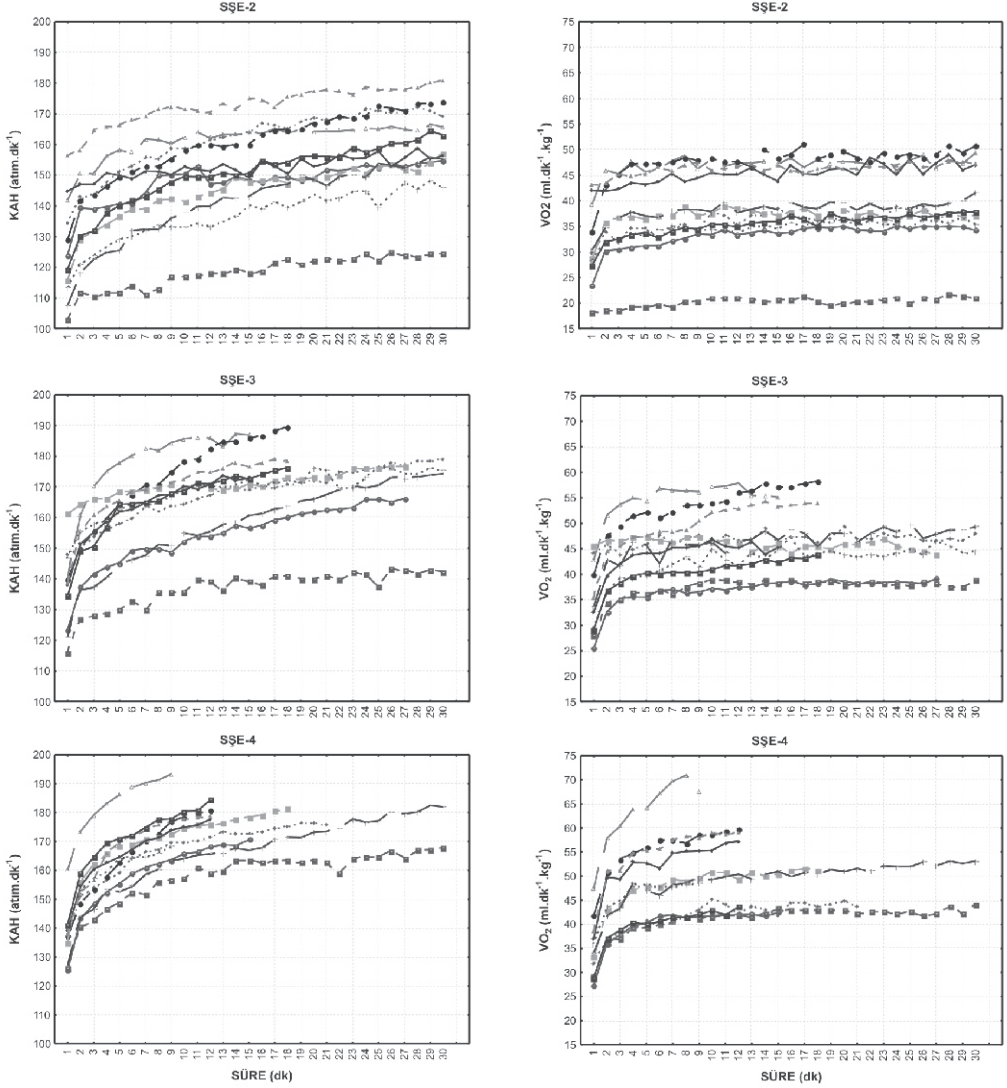
**Tablo 2.**  $VO_{2\text{maks}}$  ve LT testinden hesaplanan ortalama H-KAH, H- $VO_2$  ve H- $\%VO_{2\text{maks}}$  ile SŞE'lere verilen Y-KAH, Y- $VO_2$  ve Y- $\%VO_{2\text{maks}}$  yanıtları arasındaki fark ve bireysel minimum ve maksimum değerleri.

	$\bar{X}$	Ss	t	Bireysel değerler	
				minimum	maksimum
Y2-KAH (atım.dk <sup>-1</sup> )	149,8	14,8	0,60	118,4	172,8
H2-KAH (atım.dk <sup>-1</sup> )	148,4	13,4		119,0	163,0
Y2- $VO_2$ (ml.dk <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> )	38,3	8,1	0,84	20,2	47,9
H2- $VO_2$ (ml.dk <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> )	37,2	6,3		28,8	46,7
Y2- $\%VO_{2\text{maks}}$	63,3	12,0	0,67	32,6	76,1
H2- $\%VO_{2\text{maks}}$	61,8	10,3		46,3	79,8
Y3-KAH (atım.dk <sup>-1</sup> )	157,1	9,6	-2,23*	134,9	169,4
H3-KAH (atım.dk <sup>-1</sup> )	163,1	11,3		141	178,0
Y3- $VO_2$ (ml.dk <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> )	43,7	4,8	-0,46	36,5	51,6
H3- $VO_2$ (ml.dk <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> )	44,2	6,5		36,4	56,6
Y3- $\%VO_{2\text{maks}}$	72,7	11,0	-0,16	66,6	98,7
H3- $\%VO_{2\text{maks}}$	73,0	8,3		60,4	86,5
Y4-KAH (atım.dk <sup>-1</sup> )	159,5	6,3	-3,15*	148,9	169,6
H4-KAH (atım.dk <sup>-1</sup> )	171,1	9,8		154	184
Y4- $VO_2$ (ml.dk <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> )	45,7	5,7	-2,85*	37,8	54,7
H4- $VO_2$ (ml.dk <sup>-1</sup> .kg <sup>-1</sup> )	48,4	6,3		39,9	61,8
Y4- $\%VO_{2\text{maks}}$	75,3	5,9	-2,95*	66,5	86,1
H4- $\%VO_{2\text{maks}}$	80,0	7,4		70,0	92,8

\* $p<0,05$

dan egzersizi tamamladılar. H-VO<sub>2</sub>'den 2,1 ml.dk<sup>-1</sup>.kg<sup>-1</sup> VO<sub>2</sub> kararlı denge kriterine göre deneklerin SŞE'lere verdikleri VO<sub>2</sub> yanıtları incelendiğinde SŞE-2 testinde

altı denek, SŞE-3 testinde beş denek, SŞE-4 testinde ise üç denek kestirilen VO<sub>2</sub>'de sapma olmadan egzersizi tamamladılar.



Şekil 2. SŞE-2, SŞE-3 ve SŞE-4 testlerinde 30 dk boyunca her 1 dk'da bir ölçülen bireysel KAH (A) ve VO<sub>2</sub> (B) değerleri (—○— D1, —□— D2, —◇— D3, —△— D4, —●— D5, —■— D6, —◆— D7, —▲— D8, —+— D9, —\*— D10, —◻— D11)

## TARTIŞMA

Giderek artan iş yükü egzersiz testlerinden elde edilen fizyolojik değişkenler genellikle uzun süreli egzersiz şiddetinin tahmin edilmesinde kullanılmaktadır (Bentley ve ark., 2007; Heck ve ark., 1985; Jacobs, 1986; Magnoni, Sirtori, Lorenzelli ve Cerretelli, 1990). Bu çalışmada da, 2,0, 3,0 ve 4,0 mM [La]'na karşılık gelen egzersiz şiddetlerindeki fizyolojik yanıtlar incelenmiştir. SŞE-2 testinde deneklerin tümü 1,0 mM [La]'nda sapma olmadan 30 dakikalık egzersizi tamamladılar. Bu bulgu, SŞE-2'de laktat üretimi ve eliminasyonun dengede olduğunu düşündürmektedir. Buna karşılık, SŞE-3 testinde dört denek, SŞE-4 testinde ise sadece iki denek 30 dakikalık egzersiz süresini 1,0 mM [La]'nda sapma olmadan tamamlayabildiler. İş yükü arttıkça o iş yükündeki çalışma süresi azaldı. SS'nin varyasyon katsayısının SŞE-3'de %63,4, SŞE-4'de ise %94,6 olması, egzersizin şiddeti arttıkça verilen fizyolojik yanıtların bireysel seviyede çok değişken olduğunu göstermektedir. Bu bulgular, benzer şiddetlerde yapılan diğer çalışmaların sonuçlarıyla uyumludur (Orok, Hughson, Green ve Thomson, 1989; Oyono-Enguelle ve ark., 1990; Ribeiro ve ark., 1986). AE iş yükünün sabit şiddetli egzersizlerde laktat üretimi ve eliminasyonunun dengede olduğu iş yükünün üst limitini yansıttığı belirtilmekle beraber (Allen ve ark., 1985; Foxdal, Sjodin ve Sjodin 1996; Robinson, Robinson, Hume ve Hopkins, 1991; Wassermann, Whipp, Koyal ve Beaver, 1973); Aunola ve Rusko (1992) 4,0 mM sabit [La]'nın bu limiti yansıtmadığını ve AE'deki egzersizlerin [La]'nın denekler arasında %81 varyasyon gösterdiğini belirtmiştir. Benzer bulguları diğer araştırmacılar da desteklemektedir (Almarwaey, Jones ve Tolfrey, 2004; Denadai, Gomide ve Greco, 2005; Heck ve ark., 1985; Rusko, Luhtanen, Viitasalo, Rehunen ve Härkönen, 1986 ).

Ribeiro ve arkadaşları, (1986), sekiz denekle giderek artan iş yükü testinden belirledikleri aerobik eşik (AerT)'de, AE 'de, AerT ile AE arası ve son olarak AE ile  $VO_{2maks}$  arası egzersiz şiddetlerinde 40 dakika egzersiz yaptırmışlardır. Deneklerin tümü 40 dakikalık egzersizi AerT'de ve AerT ile AE arası egzersiz şiddetinde tamamlamışlar; AE egzersiz şiddetinde bir denek %87 KAH ve 4,7 mM sabit [La]'na rağmen yorgunluk nedeniyle 32. dakikada egzersizi sonlandırmıştır. AE ve  $VO_{2maks}$  arası egzersiz şiddetinde ise hiçbir denek egzersizi tamamlayamamış, 12 ile 22 dakika arasında yorgunluk meydana gelmiştir. Buradaki araştırmada SŞE-2'nin AerT'ye, SŞE-3'ün AerT ile AE arasına, SŞE-4'ün AE'ye karşılık geldiği kabul edilirse; SŞE-3 ve SŞE-4'deki egzersiz süreleri Ribeiro ve arkadaşlarınıninkinden (1986) farklı olduğu gözlenir. Ribeiro ve arkadaşlarının (1986) çalışmasındaki deneklerin  $VO_{2maks}$  değerlerinin ortalamaları (54,08,0 ml.dk-1.kg-1) bu çalışmadaki deneklerden daha düşüktür. Bu bulgular, submaksimal sabit şiddetteki egzersizlerde fizyolojik yanıtların  $VO_{2maks}$  'dan bağımsız olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada % $VO_{2maks}$  'da bireysel değerler geniş bir aralıkta değişkenlik gösterdi (Tablo 2). Birçok araştırmada, % $VO_{2maks}$  'ın 60-85'ine kadar olan egzersiz şiddetlerinde [La]'nın sabit kaldığı, bu şiddetlerin üzerinde ise arttığı saptanmıştır (Costill ve ark., 1973; Denis ve ark., 1998; Farrel ve ark., 1979; LaFontaine, Londeree ve Spath, 1981). Costill ve arkadaşları (1973), [La]'nın artmaya başladığı egzersiz şiddetinin %70  $VO_{2maks}$  olduğunu belirtmişlerdir. Yedi antrenmanlı bisikletçide  $VO_{2maks}$  'ın %40, %62 ve %83'üne karşılık gelen şiddetlerde 60 dakikalık egzersiz esnasında sadece en düşük şiddette [La] 'nın sabit kaldığı, diğer şiddetlerde ise zamana bağlı olarak değiştiği saptan-



miştir (Orok ve ark., 1989). Laktat eşiklerini dikkate almadan sadece  $\%VO_{2maks}$  ve  $\%KAH_{maks}$  şiddetlerine göre uygulanan antrenmanlarda bireyler arasında farklı metabolik zorlanmanın oluştuğunu belirlenmiştir (Hofmann, Von Duvillard, Seibert, Pokan ve Wonish, 2001; Meyer, Gabriel ve Kindermann 1999).

Dayanıklılık antrenmanlarının şiddeti genellikle kullanımındaki kolaylık nedeniyle [La]'larına karşılık gelen KAH'lerine dayanmaktadır (Foster, Fitzgerald ve Spatz, 1999; Esteve-Lanao, Foster, Seiler, ve Lucia, 2007; Güner, Kunduracıoğlu, Ulkar, 2006; Güner, Kunduracıoğlu, Ulkar, Ergen, 2005). Buna karşın, uzun süreli egzersizlerde KAH ve  $VO_2$ 'nin sürekli artış gösterdiği gözlenmiştir (Kindermann, Simon ve Keul, 1979). Bu çalışmada da SŞE'lerde Y-KAH ve Y- $VO_2$  değerleri bazı deneklerde hesaplanan değerlerin altında bazılarında ise üstünde ölçüldü. Giderek artan iş yükü egzersiz testinden elde edilen sabit [La]'larına karşılık gelen KAH ve  $VO_2$ 'nin uzun süreli egzersizlerde bireysel olarak değiştiği ve egzersiz şiddetini belirlemede gruba genellenemeyeceği söylenebilir. SŞE-2 hariç, diğer şiddetlerde H-KAH, H- $VO_2$  ve H- $\%VO_{2maks}$  ile Y-KAH, Y- $VO_2$  ve Y- $\%VO_{2maks}$  yanıtları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı (Tablo 2). Bu bulgular, 2,0 mM [La] düzeyi yüklenmelerde herhangi bir fizyolojik parametre verili egzersiz şiddetini yansıtırken, daha yüksek şiddetli yüklenmelerde hesaplama yöntemi ile saptanan hiçbir değişkenin, verili bir egzersiz şiddetini belirlemek için uygun olmadığını göstermektedir. Magnoni ve arkadaşları (1990), artan vücut sıcaklığıyla birlikte KAH ve  $VO_2$ 'de artış olduğunu, bu nedenle giderek artan iş yükü egzersiz testinde elde edilen KAH'ye karşılık gelen iş yükünde egzersiz yapıldığında, hesaplanan KAH'ı yansıtmadığını belirtmişlerdir.

Bu konuda yapılan diğer çalışmaların sonuçları da bu çalışmanın bulgularıyla uyumludur (Lajoie, Laurencelle ve Trudeau 2000; Maciejewski, Messonnier, Moyen ve Bourdin, 2007; Parker, Robergs, Quintana, Frankel ve Dallam, 1997; Scott, 1999).

Bu çalışmanın bulguları, giderek artan iş yükü egzersiz testiyle belirlenen ve sabit [La]'a dayanan antrenman şiddetlerinde yapılan uzun süreli egzersizlerdeki çalışma süresi, 2,0 mM [La] antrenman şiddetinde benzer, 3,0 ve 4,0 mM [La] antrenman şiddetlerinde ise bireyler arasında farklı olduğunu gösterdi. Bu sonuçlar, heterojen yapı bir denek grubunda hesaplama yönteminin iş yükünü belirlemede uygun bir yaklaşım olmadığını, elit sporcularda grup ortalamaları yerine verili bir antrenman şiddetine verilen bireysel yanıtlar üzerinden iş yükü ve çalışma süresinin belirlenmesinin daha uygun bir yaklaşım olduğunu düşündürmektedir.

**Yazar Notu:** Bu çalışma, "Verili Antrenman Şiddetlerinde Yapılan Egzersizlerde Metabolik Parametrelerde (KAH, La ve  $VO_2$ ) Ortaya Çıkan Farklılıklar", Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Spor Bilimleri ve Teknolojisi Programı Bilim Uzmanlığı Tezi, Ankara, 2003'de yapılan tez çalışmasının özetidir.

#### **Yazışma Adresi (Corresponding Address)**

Sinem HAZIR

Hacettepe Üniversitesi

Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu

06810 Beytepe / ANKARA

e-posta: shazir@hacettepe.edu.tr

#### **KAYNAKLAR**

Allen, W.K., Seals, D.R., Hurley, B.F., Ehsani, A.A. & Hagberg, J.M. (1985). Lactate threshold and distance-running performance in young and older endurance athletes. **J Appl**

- Physiol**, 58,1281-4.
- Almarwaey, O.A., Jones, A.M. & Tolfrey, K. (2004). Maximal lactate steady state in trained adolescent runners. **J Sports Sci**, 22(2), 215-25.
- Astrand, P. & Rodahl, K. (1986). **Textbook of Work Physiology**. 3th Ed. USA: Mc Graw-Hill Book Company.
- Aunola, S. & Rusko, H. (1992). Does anaerobic threshold correlate with maximal lactate steady-state? **J Sports Sci**, 10(4), 309-23.
- Bentley D.J., Newell, J. & Bishop, D. (2007). Incremental exercise test design and analysis: Implications for performance diagnostics in endurance athletes. **Sports Med**. 37(7), 575-86.
- Bompa, T.O. (1998). **Antrenman Kuramı ve Yöntemi**. Çev: İlknur Keskin, A.Burcu Tüner. Ankara: Kültür Ofset.
- Boulay, R.M., Simoneau, J.A., Lortie, G. & Bouchard, C. (1997). Monitoring high-intensity endurance exercise with heart rate and thresholds. **Med Sci Sports Exerc**, 29(1), 125-32.
- Costill, D.L., Thomason, H. & Robert, E. (1973). Fractional utilization of the aerobic capacity during distance running. **Med Sci Sports Exerc**, 5, 248-52.
- Denadai, B.S., Gomide, E.B. & Greco, C.C. (2005). The relationship between onset of blood lactate accumulation, critical velocity, and maximal lactate steady state in soccer players. **J Strength Cond Res**, 19(2), 364-8.
- Denis, C., Dormois, D., Castells, J., Bonnefoy, R., Padilla, S., Geysant, A. & Lacour, J.R., (1998). Comparison of incremental and steady state tests of endurance training. **Eur J Appl Physiol**, 57, 474-81.
- Dennis, S.C. & Noakes, T.D. (1998). Physiological and metabolic responses to increasing work rates: Relevance for exercise prescription. **J Sports Science**, 16, 77-84.
- Esteve-Lanao, J., Foster, C., Seiler, S. & Lucia, A. (2007). Impact of training intensity distribution on performance in endurance athletes. **J Strength Cond Res**, 21(3), 943-949.
- Farrel, P.A., Wilmore, J.H., Coyle, E.F., Billing, J.E. & Costill, D.L. (1979). Plasma lactate accumulation and distance running performance. **Med Sci Sports Exerc**, 11(4), 338-344.
- Foster, C., Cohen, J., Donovan, K., Gastrau, P., Killian, P.j., Schrage, M. & Snyder, A.C. (1993). Fixed time versus fixed distance protocols for the blood lactate profile in athletes. **Int J Sports Med**, 14(5), 264-268.
- Foster, C., Fitzgerald, D.J. & Spatz, P. (1999). Stability of blood lactate-heart rate relationship in competitive athletes. **Med Sci Sports Exerc**, 31(4), 578-582.
- Foxdal, P., Sjodin, A. & Sjodin, B. (1996). Comparison of blood lactate concentrations obtained during incremental and constant intensity exercise. **Int J Sports Med**, 17(5), 360-365.
- Foxdal, P., Sjodin, B., Sjodin, A. & Östman, B. (1994). The validity and accuracy of blood lactate measurements for prediction of maximal endurance running capacity. **Int J Sports Med**, 15(2), 89-95.
- Gilman, M.B. (1996). The use of heart rate to monitor the intensity of endurance training. **Sports Med**, 21(2), 73-79.
- Guner, R., Kunduracioglu, B. & Ulkar, B., (2006). Running velocities and heart rates at fixed blood lactate concentrations in young soccer players. **Adv Ther** 23(3), 395-403.
- Guner, R., Kunduracioglu, B., Ulkar, B. &

- Ergen, E. (2005). Running velocities and heart rates at fixed blood lactate concentrations in elite soccer players. **Adv Ther**, 22(6), 613-620.
- Harre, D. (1982). **Principles of Sports Training**. Berlin: Sportverlag.
- Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mucke, S., Muller, R. & Hollmann, W. (1985). Justification of the 4 mmol/L lactate threshold. **Int J Sports Med**, 6, 117-130.
- Hofmann, P., Von Duvillard, S.P., Seibert, F.J., Pokan, R. & Wonish, M. (2001). %HRmax target heart rate is dependent on heart rate performance curve deflection. **Med Sci Sports Exerc**, 33(10), 1726-1731.
- Hoogeveen, A.R. & Schep, G. (1997). The plasma lactate response to exercise and endurance performance: Relationships in elite triathletes. **Int J Sports Med**, 18(7), 526-530.
- Jacobs, I. (1986). Blood lactate: Implications for training and sports performance. **Sports Med**, 3(1), 10-25.
- Janssen, P. (2001). **Lactate Threshold Training. USA: Human Kinetics**.
- Kindermann, W., Simon, G. & Keul, J. (1979). The significance of the anaerobic determination of work load intensities during progressive exercise. **Eur J Appl Physiol**, 42, 25-34.
- LaFontaine, T.P., Londeree, B.R. & Spath, W.K. (1981). The maximal steady state versus selected running events. **Med Sci Sports Exerc**, 13(3), 190-193.
- Lajoie, C., Laurencelle, L. & Trudeau, F. (2000). Physiological responses to cycling for 60 minutes at maximal lactate steady state. **Can J Appl Physiol**, 25(4), 250-261.
- Maciejewski H, Messonnier L, Moyon B & Bourdin M. (2007). Blood lactate and heat stress during training in rowers. **Int J Sports Med**, 24 (Basımda).
- Maffulli, N., Capasso, G. & Lancia, A. (1991). Anaerobic threshold and performance in middle and long distance running. **J Sports Med Phys Fitness**, 31, 332-340.
- Magnoni, P., Sirtori, M.D., Lorenzelli, F. & Cerretelli, P. (1990). Physiological responses during prolonged exercise at the power output corresponding to the blood lactate threshold. **Eur Appl Physiol**, 60, 239-243.
- McLellan, T.M. & Cheung, K.S. (1992). A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. **Med Sci Sports Exerc**, 24(5), 543-550.
- Meyer, T., Gabriel, H.H.W. & Kindermann, W. (1999). Is determination of exercise intensities as percentages of VO<sub>2</sub>max or HRmax adequate?. **Med Sci Sports Exerc**, 31(9), 1342-1345.
- Nicholson, R.M. & Sleivert, G.G. (2001). Indices of lactate threshold and their relationship with 10-km running velocity. **Med Sci Sports Exerc**, 33(2), 339-342.
- Orok, C.J., Hughson, R.L., Green, H.J. & Thomson, J.A. (1989). Blood lactate responses in incremental exercise as predictors of constant load performance. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, 59(4), 262-267.
- Oyono-Enguelle, S., Heitz, A., Marbach, J., Ott, C., Gartner, M., Pape, A., Vollmer, J.C. & Freund, H. (1990). Blood lactate during constant-load exercise at aerobic and anaerobic thresholds. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, 60(5), 321-330.
- Parker, D., Robergs, R.A., Quintana, R., Frankel, C.C. & Dallam, G. (1997). Heart rate threshold is not a valid estimation of the lactate threshold.

- Med Sci Sports Exerc**, 29(5), 1344.
- Ribeiro JP, Hughes V, Fielding RA, Holden, W., Evans, W. & Knuttgen H.G. (1986). Metabolic and ventilatory responses to steady state exercise relative to lactate thresholds. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, 55(2), 215-221.
- Robinson, D.M., Robinson, S.M., Hume, P.A. & Hopkins, W.G. (1991). Training intensity of elite male distance runners. **Med Sci Sports Exerc**, 23(9), 1078-1082.
- Rotstein, A., Dotan, R., Bar-Or, O. & Tenenbaum, G. (1986). Effect of training on anaerobic threshold, maksimal aerobic power and anaerobic performance of preadolescent boys. **Int J Sports Med**, 7(5), 281-286.
- Rusko, H., Luhtanen, P., Viitasalo, J., Rehunen, S. & Härkönen, M. (1986). Muscle metabolism, blood lactate and oxygen uptake in steady state exercise at aerobic and anaerobic thresholds. **Eur J Appl Physiol**, 55, 181-186.
- Scott, C.B. (1999). Oxygen deficit and slow oxygen component relationships between intermittent and continuous exercise. **J Sports Sci**, 17, 951-956.
- Shephard, R.J. (1992). Maximal oxygen intake. Shephard R.J- Astrand, P.O. (Eds) **Endurance in Sport**. (pp 192-200) USA: Balackwell Scientific Publication.
- Stoudemire, M.N., Wideman, L., Pass, A.K., Mcginnes, L.C., Gaesser, A.G. & Weltman, A. (1996). The validity of regulating blood lactate concentration during running by ratings of perceived exertion. **Med Sci Sports Exerc**, 28(4), 490-495.
- Tanaka, K. & Matsuura, Y. (1984). Marathon performance, anaerobic threshold, and onset of blood lactate accumulation. **J Appl Physiol**, 57, 640-643.
- Urhausen, A. & Kindermann, W. (1992). Blood ammonia and lactate concentrations during endurance exercise of differing intensities. **Eur J Appl Physiol Occup Physiol**, 65(3), 209-214.
- Vachon, A.J., Basset, D.R.Jr. & Clarke, S. (1999). Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running. **J Appl Physiol**, 87(1), 452-459.
- Wassermann, K., Whipp, B.J., Koyal, S.N. & Beaver, W.L. (1973). Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. **J Appl Physiol**, 35, 235-243.
- Weltman, A., Snead, D., Stein, P., Seip, R., Schurrer, R., Rutt, R. & Weltman, J. (1990). Reliability and validity of continuous incremental treadmill protocol for the determination of lactate threshold, fixed blood lactate concentration, and VO<sub>2</sub>max. **Int J Sports Med**, 11(1), 26-32.