

T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
FİZYOLOJİ (TIP) ANABİLİM DALI

115 064

**KRİTİK GÜÇ İLE MAKSİMAL OKSİJEN TÜKETİMİ  
ve ANAEROBİK EŞİK ARASINDAKİ İLİŞKİLER**

DOKTORA TEZİ

115064

**Nilsel OKUDAN**

SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI

*Danışman*  
**Prof.Dr.Hakkı GÖKBEL**

KONYA, 2002

T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
FİZYOLOJİ (TIP) ANABİLİM DALI

**KRİTİK GÜÇ İLE MAKSİMAL OKSİJEN TÜKETİMİ ve ANAEROBİK  
EŞİK ARASINDAKİ İLİŞKİLER**

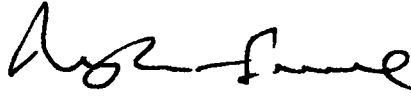
DOKTORA TEZİ

Nilsel OKUDAN

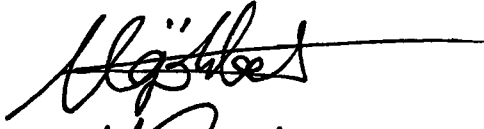
Bu tez aşağıda isimleri yazılı tez jürisi tarafından 18.12.2002 günü sözlü olarak yapılan tez savunma sınavında oy birliği ile kabul edilmiştir (S.B.E. Yön. Kur. Karar tarihi ve No 26.11.2002 ve 132/1170)

Tez Jürisi:

Jüri Başkanı : Prof.Dr.Neyhan ERGENE



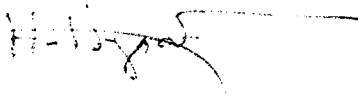
Danışman : Prof.Dr.Hakkı GÖKBEL



Üye : Prof.Dr.Mehmet GÜRBİLEK



Üye : Doç.Dr.Hüseyin UYSAL



Üye : Doç.Dr.Cem Şeref BEDİZ



**İÇİNDEKİLER**

ŞEKİL LİSTESİ.....	ii
TABLO LİSTESİ.....	iii
KISALTMA LİSTESİ.....	iv
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR BİLGİ.....	3
2.1. Maksimal Aerobik Güç .....	3
2.2. Anaerobik Eşik .....	4
2.2.1. Anaerobik Eşiğin Üstündeki Egzersize Fizyolojik Cevaplar .....	7
2.2.2. Anaerobik Eşiğin Belirlenmesi.....	8
2.3. Kritik Güç.....	13
3. MATERYAL VE METOT .....	19
3.1. Test Öncesi Şartlar .....	19
3.2. Maksimal Aerobik Güç Testi .....	20
3.3. Kritik Güç Testi.....	21
3.4. Ventilatuvar Eşiğin Bulunması .....	21
3.5. Kalp Hızı Sapma Noktasının Bulunması .....	22
3.6. Kan Laktat Birikmesinin Başlangıcının Bulunması.....	23
3.7. İstatistik Analiz .....	23
4. BULGULAR.....	24
5. TARTIŞMA VE SONUÇ .....	29
5.1. Elde Edilen Verilerin Tartışılması.....	29
5.2. Kritik Güç Verileriyle Diğer Parametreler Arasındaki İlişkiler .....	30
5.3. Anaerobik Eşikler Arasındaki İlişkiler.....	34
6. ÖZET .....	37
7. SUMMARY .....	39
8. KAYNAKLAR .....	40
9. ÖZGEÇMİŞ .....	51
10. TEŞEKKÜR.....	52

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1. Nonlineer model .....	14
Şekil 2.2. Güç-1/zaman modeli.....	15
Şekil 2.3. İş-zaman modeli.....	15



**TABLO LİSTESİ**

Tablo 2.1. Anaerobik eşiğin egzersiz cevapları üzerine etkileri .....	8
Tablo 4.1. Bütün katılımcılara ait verilerin dökümü.....	25
Tablo 4.2. Maksimal testte ve kritik güç testinde elde edilen ortalama ( $\pm$ SS), minimum ve maksimum değerler .....	26
Tablo 4.3. $VO_{2max}$ , kritik güç ve anaerobik eşik değerleri ve oluştukları yükler (Ort $\pm$ SS).....	26
Tablo 4.4. Kritik güç verilerinin $VO_{2max}$ ve anaerobik eşiklerle ilişkileri .....	27
Tablo 4.5. Kritik güç verilerinin $VO_{2max}$ 'ın ve anaerobik eşiklerin oluştuğu yüklerle ilişkileri .....	27
Tablo 4.6. Anaerobik eşiklerin kendi aralarındaki ve $VO_{2max}$ 'la ilişkileri.....	28
Tablo 5.1. Bu çalışmada ve başka çalışmalarda kritik güç ile $VO_{2max}$ ve anaerobik eşikler arasındaki ilişkiler .....	31
Tablo 5.2. Bu çalışmada ve başka çalışmalarda kritik güç ve ventilatuvar eşiğin oluştugu yükler arasındaki farklar.....	34

**KISALTMA LİSTESİ**

AE: Anaerobik eşik

AİK: Anaerobik iş kapasitesi

BAE: Bireysel anaerobik eşik

KG: Kritik güç

KLBB: Kan laktat birikmesinin başlangıcı

LE: Laktat eşiği

PaCO<sub>2</sub>: Arteriyel parsiyel karbondioksit basıncı

PETCO<sub>2</sub>: Ekspirasyon sonu parsiyel karbondioksit basıncı

PETO<sub>2</sub>: İnspirasyon sonu parsiyel oksijen basıncı

RQ: Solunum katsayısı (Üretilen CO<sub>2</sub> / Kullanılan O<sub>2</sub>)

VE: Ventilatuvar eşik

VECO<sub>2</sub>: Karbondioksit için ventilatuvar eşitlik (VE/VCO<sub>2</sub>)

VEO<sub>2</sub>: Oksijen için ventilatuvar eşitlik (VE/VO<sub>2</sub>)

VO<sub>2</sub>: Birim zamanda kullanılan O<sub>2</sub> volümü

VCO<sub>2</sub>: Birim zamanda üretilen CO<sub>2</sub> volümü

VO<sub>2max</sub>: Maksimal O<sub>2</sub> kullanımı

VE<sub>lin</sub>: Lineer yöntemle belirlenen ventilatuvar eşik

VE<sub>VE</sub> : Ventilasyon verileri kullanılarak D<sub>max</sub> yöntemiyle bulunan ventilatuvar eşik

VE<sub>CO2</sub>: VCO<sub>2</sub> verileri kullanılarak D<sub>max</sub> yöntemiyle bulunan ventilatuvar eşik

## 1. GİRİŞ

Maksimal aerobik gücün yüksek olması kişinin yorgunluk hissetmeden daha büyük yüklerde daha uzun süre egzersiz yapabilmesini sağlar. Ancak egzersiz performansının değerlendirilebilmesi için yalnızca maksimal aerobik gücün (maksimal O<sub>2</sub> tüketiminin) ölçümü yeterli değildir. Kişinin anaerobik eşiğinin de bilinmesi egzersiz reçetesinin belirlenmesinde önemlidir.

Anaerobik eşik, egzersiz yoğunluğu artarken kaslara O<sub>2</sub> taşınmasının yetersiz kaldığı, kasların oksijen ihtiyacının karşılanamadığı ve anaerobik enerji kaynaklarının kullanılmaya başladığı düzeydir. Laktat artışından dolayı anaerobik eşiğin üzerindeki egzersizler fazla sürdürülemez. Anaerobik eşiğin düşük olması sporcular için dezavantajdır. Antrenmanla VO<sub>2max</sub>'da ve anaerobik eşikte artış sağlanabilmekte ve böylece ağır egzersizler daha uzun süre yapılabilir.

Anaerobik eşik, kardiyorespiratuvar bozuklukların tanısında ve uygulanan tedavinin ne kadar faydalı olduğunun değerlendirilmesinde önemlidir. Anaerobik eşiğin belirlenmesinde invazif ve noninvazif yöntemler kullanılmaktadır. İnvazif yöntemler için gerekli cihazlar pahalıdır ve egzersiz sırasında kan alımı problemleri olabilir. Solunum gaz parametrelerinde oluşan değişiklikler belirlenerek anaerobik eşik tayin edilebilir. Bunun için de pahalı cihazlar ve ekipman gereklidir.

Yoğunluğu giderek artan egzersizler sırasında koşu hızı ile kalp hızı arasında ilişki olduğu ancak bu ilişkinin belli bir noktadan sonra bozulduğu ve bunun anaerobik eşiğin saptanmasında kullanılabileceği belirtilmektedir. Bu yöntem (Conconi yöntemi) saha koşullarına uygulanılabildiği ve pahalı olmadığı için caziptir. Ancak anaerobik eşiği yansıttığı konusundaki tartışmalar devam etmektedir.

Kritik güç kavramı, güç çıktısı ile bu güç çıktısının devam ettirilebildiği süre arasında hiperbolik ilişki olduğu temeline dayanır. Kritik güç aerobik dayanıklılık hakkında bilgi verir; ventilatuvar eşik, laktat eşiği ve maksimum oksijen tüketimi ile bağıntılıdır. Bu ilişkinin ikinci parametresi olan anaerobik iş kapasitesi, Wingate testinde yapılan iş, yüksek yoğunluktaki kesikli egzersizde yapılan iş ve oksijen açığı

ile bağıntılıdır ve anaerobik kapasitenin ölçümünü sağlar. Hem aerobik dayanıklılığın hem de anaerobik kapasitenin ölçümüne izin verdiği için kritik gücün önemi giderek artmaya başlamıştır. Farklı sporlara uygulanabildiği, yalnızca ergometre ve kronometre kullanımı ile parametre hesaplamalarına olanak sağladığı için de kritik güç testi caziptir.

Bu çalışmada çeşitli kritik güç verileri ile maksimal aerobik güç ve farklı yöntemlerle belirlenen anaerobik eşikler arasındaki ilişkilerin araştırılması amaçlanmıştır.





## 2. LİTERATÜR BİLGİ

### 2.1. Maksimal Aerobik Güç

Maksimal aerobik güç veya maksimal oksijen kullanımı ( $VO_{2max}$ ) kişinin deniz düzeyinde normal koşullarda büyük kas gruplarını kullanarak yaptığı bir dinamik egzersiz sırasında ulaşabildiği en yüksek  $O_2$  tüketimidir (Ekblom 1986).  $VO_{2max}$ 'ı belirleyen en önemli faktör dolaşım sisteminin kapasitesidir, iskelet kasına ait bazı faktörlerin de  $VO_{2max}$ 'ın belirleyicisi olabileceği iddia edilmektedir (Green ve Patla 1992).

$VO_{2max}$ 'ın belirlenmesinde önemli bir standart, yoğunluğu artan bir egzersiz sırasında oksijen kullanımının ( $VO_2$ ) plato oluşturmasıdır ve yük artışına rağmen  $VO_2$ 'nin artmaması, maksimal kalp dakika volümüne ve maksimal  $O_2$  ekstraksiyonuna ulaşıldığını gösterir.  $O_2$  kullanımında net bir plato yoksa, bir testin maksimal olup olmadığını anlamak için diğer kriterler kullanılır. Bu kriterler solunum katsayısının 1.10 veya 1.15'in üzerinde olması, venöz kandaki laktat konsantrasyonunun 8 mmol/L veya daha yüksek olması ya da tahmini maksimal kalp hızına ulaşılmasıdır. Maksimal kalp hızına ulaşılmasa da test maksimal olabilir (Stachenfeld ve ark 1992).

Maksimal aerobik güç yaş ve cinsiyete bağlıdır, bireyin gelişimi (vücut ağırlığı, yağsız vücut kitlesi, boy) ile direkt ilişkilidir.  $VO_{2max}$  hem erkeklerde hem de kızlarda 12 yaşına kadar aynı oranda artar, erkeklerde artış hızı 18 yaşına kadar devam ederken kızlarda 14 yaşından sonra azalır (Robergs ve Roberts 1997). Erişkin erkeklerde  $VO_{2max}$ , kadınlardakinden daha yüksektir, bu durum erkeklerin daha fazla kas kitlesine ve daha fazla hemoglobine sahip olmalarına bağlıdır (Armstrong ve Welsman 1994).  $VO_{2max}$  18-20 yaşlarında pik yapar (Astrand ve Rodahl 1986), 30 yaşından sonra her 10 yılda yaklaşık % 8 - 10 azalır.  $VO_{2max}$ 'daki yaşla ilişkili azalma, maksimal kalp hızının ve atım volümünün azalmasına bağlıdır (Robergs ve Roberts 1997).

Maksimal oksijen kullanımının artması kişinin yorgunluk hissetmeden daha büyük yüklerde daha uzun süre egzersiz yapabilmesini sağlar.  $VO_{2max}$  artışına maksimal kalp dakika volümünün artması eşlik eder.

Antrenmana fizyolojik cevapta önemli kişisel varyasyonlar vardır. Maksimal aerobik gücün antrenmana duyarlılığı büyük ölçüde genetik yapıya bağlıdır (Gökbel 1989). Başlangıçtaki  $VO_{2max}$  değerine bağlı olarak, artış % 2-3 kadar düşük, % 30-50 kadar yüksek olabilir (Powers ve Howley 1994). Maksimal aerobik güç her yaşta artırılabilir. Antrenmanla  $VO_{2max}$  artışı yaşlılarda gençlerdekinden daha az değildir; yaşlıların bu açıdan bir dezavantajı bulunmamaktadır. Yaş ortalamaları 73.6 yıl olan sedanter kadınlar haftada 5 gün günde 30-40 dakika yürüyerek maksimal aerobik güçlerini ortalama % 12.6 oranında artırmışlardır (Robergs ve Roberts 1997).

Düzenli egzersiz bırakılırsa  $VO_{2max}$  değerinde belirgin azalma olur ve kazanılmış özellikler zamanla kaybedilir (Grimby ve Saltin 1971, Hickson ve ark 1985, Marti ve Howald 1990). Antrenman yoğunluğunun azalması bile, önceki yüksek  $VO_{2max}$  değerlerinin azalmasına yol açar (Kara ve Gökbel 1994).

## 2.2. Anaerobik Eşik

Yoğunluğu artan bir egzersiz sırasında gerekli enerjinin aerobik mekanizmalarla sağlanamadığı ve anaerobik mekanizmaların katkısının başladığı egzersiz yoğunluğuna *anaerobik eşik* denir. Wasserman ve McIlroy 1964 yılında anaerobik eşiği (AE) “*egzersiz sırasında laktik asit oluşmadan kişinin sürdürebildiği en yüksek  $VO_2$  değeri*” olarak tanımlamışlardır (Sietsema 1994). Anaerobik eşiğin birkaç değişik tarifi yapılmıştır. Bunlardan bazıları; ‘*kan laktat konsantrasyonu ve laktat/piruvat oranında devamlı bir artış olmaksızın, kişinin ulaşabildiği en yüksek  $VO_2$  değeri*’ (Wasserman 1986), ‘*üstündeki aerobik enerji üretiminin anaerobik mekanizmalarla desteklendiği egzersiz  $VO_2$  düzeyi*’ (Wasserman 1984), ‘*yoğunluğu giderek artan bir egzersiz sırasında kan laktat konsantrasyonunun ötesinde istirahat değerinin üstünde keskin şekilde artacağı metabolik asidoza geçiş noktası*’dır (Wasserman ve ark 1973). “Anaerobik” terimi, dokulara  $O_2$  sağlanmasında yetersiz kaldığı durumlardaki laktat üretimini yansıtmak için seçilmiştir. “Eşik” terimi ise bireyde belirli bir metabolik hızda egzersiz sırasında kanda laktat birikiminin başladığı noktayı ifade etmektedir (Sietsema 1994).

*Laktat eşiği (LE) veya kan laktat birikmesinin başlangıç noktası (KLBB) 4 mmol/L kan laktat konsantrasyonu ile birlikte olan VO<sub>2</sub> ve/veya iş yükü olarak kabul edilmiştir. 4 mmol/L'lik kan laktat konsantrasyonu sürekli egzersiz sırasında laktat üretimi ile eliminasyonu arasındaki maksimal dengeyi yansıttığına inanıldığı için seçilmiştir (Heck ve ark 1985). Bazı araştırmacılar (Aunola ve Rusko 1984 ve 1986, Rusko ve ark 1986) ise kan laktatının istirahat konsantrasyonundan (2.0 mmol/L civarında) belirgin şekilde yükseldiği metabolizma düzeyinin (VO<sub>2</sub>) hemen altındaki noktayı aerobik eşik olarak kabul etmekte ve aerobik eşiğin kan laktat konsantrasyonlarının veya gaz değişim parametrelerinin tayini ile saptanabileceğini belirtmektedirler.*

Herkes için tek bir kan laktat konsantrasyonu (4.0 mmol/L) kullanılarak egzersize kan laktat cevabının değerlendirilmemesi, kişilerin değerlerinin önemli derecede farklı olabileceğinin dikkate alınması gerektiği bildirilmiştir (Weltman 1995). Stegman ve arkadaşları (1981) maksimal sabit durum egzersizi sırasında kan laktat değerlerindeki bireysel farklılıkları kabul edip *bireysel anaerobik eşik (BAE)* kavramını geliştirmişlerdir. BAE, '*kandan laktat eliminasyonunun maksimal ve egzersiz yapan kastan laktatın difüzyon hızına eşit olduğu metabolik hız*'dır. *Kan laktat birikiminde sürekli artış olmaksızın uzun süre (genellikle 15-20 dakikadan daha uzun) devam ettirilebilen en yüksek iş hızı*' olarak da tanımlanabilir (Stegman ve ark 1981).

Anaerobik eşikten sonra, biriken laktik asidin tamponlanması sonucu, CO<sub>2</sub> üretimi O<sub>2</sub> kullanımından daha hızlı artmaktadır. Biriken CO<sub>2</sub>'i atabilmek için ventilasyonun da VO<sub>2</sub>'den daha hızlı arttığı bu noktaya *ventilatuvar eşik (VE)* denir ve anaerobik eşik olarak değerlendirilir (Beaver ve ark 1986, Cheng ve ark 1992, Shimizu ve ark 1991, Brooks 1985).

Anaerobik eşik, antrenmanlı kişilerde istirahat metabolik hızınının 10-20 katına kadar görülmeyebilir, sağlıklı sedanterlerde istirahat metabolik hızının yaklaşık dört katında, kalp hastalarında ise iki katından daha az egzersiz düzeylerinde görülebilir (Wasserman 1986). Anaerobik eşiğin uzun mesafe koşucularında VO<sub>2max</sub>'ın yaklaşık % 85'ine kadar görülmeyebildiği bildirilmiştir (Bunc ve Heller 1993). Anaerobik eşik

gençlerde yaşlılardan, erkeklerde kadınlardan daha yüksektir, vücut ağırlığı ve boy ile doğru orantılı olarak artar (Wasserman ve ark 1987). Mutlak anaerobik eşik değerleri kızlarda erkek çocuklardakinden daha düşüktür ancak,  $VO_{2max}$ 'ın yüzdesi olarak ifade edilirse, arada fark yoktur (Rowland ve Green 1989) ve % 55 - 60 civarındadır (Haffor ve Kirk 1988, Palka ve Rogozinski 1986).

Dayanıklılığın tayininde anaerobik eşiğin hassas bir ölçüm olduğu düşünülmektedir (Minken ve ark 1983, Gür 1990, Tanaka ve ark 1983, Vago ve ark 1987, Palka ve Rogozinski 1986). Anaerobik eşik aerobik performansın iyi bir indeksidir, kişinin aerobik performansını  $VO_{2max}$ 'tan daha doğru şekilde temsil eder (Antonutto ve Di Prampero 1995). Dayanıklılık sporcularında anaerobik eşik yüksektir (Davis 1985) ve dayanıklılık antrenmanları kas membranından laktat transport kapasitesini artırır (McDermott ve Bonen 1993, Beneke ve von Duvillard 1996). Antrenmanla  $VO_{2max}$  artar, ancak AE'deki artış  $VO_{2max}$ 'takinden daha fazladır ve aerobik performansla daha yüksek korelasyon gösterir (Prampero 1986).

Egzersiz testlerinde yaygın olarak bisiklet ergometresi kullanılmaktadır (Hughson 1984a), ancak yükün bisiklette mi yoksa koşu bandında mı uygulandığı da anaerobik eşiği etkiler. Sedanterlerde anaerobik eşik bisiklet ergometresine göre koşu bandında % 10 daha yüksek bulunmuştur (Wasserman 1984).

Laktat eşiği kanın oksijen içeriğine (Sietsema 1994) ve dolaşımdaki insülin ve glikoz düzeylerinin artmasına bağlı olarak değişebilir (Yoshida 1984). Hughes ve arkadaşları (1982) diyetle yapılan değişikliğe bağlı olarak iskelet kasında glikojen miktarı azaldığında VE'nin daha düşük yükte, LE'nin daha yüksek yükte oluştuğunu bulmuşlardır. Benzer şekilde Glass ve arkadaşları (1997) iskelet kasında ve karaciğerde glikojen miktarı normal olduğunda LE ve VE'nin benzer değerlerde, glikojen miktarı azaldığında ise LE'nin VE'ye göre daha yüksek  $VO_2$ 'de oluştuğunu göstermişlerdir. Yoshida (1984) laktat eşiğindeki  $VO_2$ 'nin yüksek karbonhidrat diyeti, düşük karbonhidrat diyeti ve miks diyetten etkilenmediğini, ancak, submaksimal egzersizlerde daha yüksek kan laktat konsantrasyonuna yol açan yüksek karbonhidrat diyetinden sonra KLBB'deki  $VO_2$ 'nin belirgin şekilde azaldığını göstermiştir. Aksine,

Quirion ve arkadaşları (1988) diyetteki değişikliğin KLBB'yi veya LE'yi etkilemediğini bildirmişlerdir.

Egzersiz kapasitesinin ve egzersiz tedavisinin etkilerinin belirlenmesini sağlayabildiği için VE, klinik önem kazanmıştır (Meyer ve ark 1996). Anaerobik eşik, kardiyorespiratuvar bozuklukların tanısına da yardım eder (Weber ve Janicki 1986), bu nedenle pek çok kardiyojloji, solunum ve egzersiz laboratuvarı standart protokollerine anaerobik eşik ölçümünü ilave etmişlerdir (Minken ve ark 1983). Egzersize toleransı fazla olmayan hastalarda anaerobik eşik tayini  $VO_{2max}$  ölçümünü tamamlayıcı olarak kullanılır.  $VO_{2max}$  düşük ise anaerobik eşğin düşük olup olmadığı önemlidir. Aktif kaslara  $O_2$  girişi yetersiz olduğunda anaerobik eşik azalır, bu yüzden egzersiz sırasında kalp dakika volümünü sınırlayan koşullar, örneğin kalp hastalığı, tıkaçıcı pulmoner damar hastalığı, periferik vasküler hastalık ve anemi gibi oksijen içeriğini azaltan durumlar anaerobik eşğin düşük olmasına yol açar (Wasserman 1984).

Anaerobik eşik tedavinin değerlendirilmesinde de kullanılabilir. Anaerobik eşik normal,  $VO_{2max}$  düşük ise sınırlayıcı muhtemelen kardiovasküler sistem değildir; kişinin akciğer hastalığından dolayı sınırlandığı veya gerçek  $VO_{2max}$  değerine ulaşmak için gerekli çabayı ortaya koymadığı düşünülür (Wasserman 1984). Reybrouck ve arkadaşları (1985) bir grup sağlıklı çocukta belirledikleri ventilatuvar eşik değerlerinin pediatrik hastalarda kardiyorespiratuvar dayanıklılık kapasitesinin değerlendirilmesinde kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

### **2.2.1. Anaerobik Eşğin Üstündeki Egzersize Fizyolojik Cevaplar**

Egzersize fizyolojik cevaplar anaerobik eşğin üstünde anaerobik eşğin altına göre farklı olduğundan anaerobik eşik önemli bir fonksiyonel sınırdır. Anaerobik eşğin egzersiz cevapları üzerine etkileri Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Anaerobik eşiğin egzersiz cevapları üzerine etkileri

	Anaerobik Eşiğin Altında	Anaerobik Eşiğin Üstünde
Egzersiz süresi	Uzundur; kas veya iskelet travması ya da substrat yetersizliği ile sınırlanır.	Kısadır; “yorgunluk” ya da dispne ile sınırlanır.
VO <sub>2</sub> 'nin steady-state ulaşma süresi	< 3 dakika	> 3 dakika, steady-state görülmeyebilir.
Ekspirasyon volümü ve VCO <sub>2</sub> 'nin steady-state ulaşma süresi	< 4 dakika	> 4 dakika, steady-state görülmeyebilir.
pH	~ 7.4	Metabolik asidoz
PaCO <sub>2</sub>	Sabittir.	Azalıır.

İstirahatteki laktat konsantrasyonu orta derece antrenmanlı kişilerde, sedanterlerde ve kalp hastası yetişkinlerde yaklaşık olarak aynıdır. Fakat egzersizdeki laktat artışı bireyin fiziksel uygunluk durumu ile ters ilişkilidir (Wasserman ve Koike 1992). Yaşlılarda gerek anaerobik eşiğin altında gerekse üstünde laktat konsantrasyonları ve dolayısıyla ventilatuvar yanıtlar gençlerdekine göre daha fazladır (Prioux ve ark 2000). Anaerobik eşiğin üzerinde hızlanmış glikoliz kas laktik asidozunu artırır. Bu asidoz başlıca bikarbonat tarafından tamponlanır (Wasserman ve ark 1994).

AE'nin üzerinde yapılan egzersizleri kişi fazla sürdüremez. Egzersiz süresindeki azalma laktat artışına bağlıdır (Wasserman ve ark 1994).

### 2.2.2. Anaerobik Eşiğin Belirlenmesi

Anaerobik eşik, kan laktat konsantrasyonuna; arteriyel kandaki bikarbonat ve pH değerlerine, solunum gaz değişim oranlarına bakılarak (Washington 1999), başlıca iki yöntemle belirlenmektedir.

**1. İnvazif Yöntem:** Egzersiz yoğunluğu veya oksijen tüketimi arttıkça bir noktadan sonra kan laktat düzeyi sistematik şekilde artmaya başlar. Belirli aralıklarla alınan kan örneklerindeki laktat konsantrasyonları kullanılan O<sub>2</sub> miktarına veya yüke

karşı grafiğe alınarak anaerobik eşik bulunur (Kuipers ve ark 1988, Reilly ve ark 1990, Riberio ve ark 1985). Bazı araştırmacılar (Breuer ve ark 1993, Gilman ve Wells 1993, Jacobs ve Kaiser 1982) laktat eşığı olarak 4 mmol/L'lik laktat değerini (KLBB) kullanmışlardır. Bazı araştırmacılar ise (Beaver ve ark 1985) laktat ve VO<sub>2</sub> değerlerini logaritmik transformasyona tabi tutarak laktat eşığını bulmuşlardır. McMorris ve arkadaşları (2000) logaritmik transformasyonla bulunan laktat eşığının algoritmik yöntemle bulunan laktat eşığına göre daha iyi sonuç verdiğini göstermişlerdir. Anaerobik eşığın laktat ölçümü ile belirlenebilmesi, maske veya ağızlık kullanması güç olan kişilerde avantaj sağlamaktadır (Brooks 1985).

2. Noninvazif Yöntem: İnvazif yöntemin yüksek maliyetinden dolayı ve çalışmada güçlüklerle karşılaşıldığı için noninvazif yöntem geliştirilmiştir (Gaisl ve Weisspeiner 1988). Antrenman yoğunluklarının belirlenmesinde ve aerobik dayanıklılığın hesaplanmasında noninvazif yöntemle bulunan anaerobik eşığın kullanımını destekleyen veriler vardır (Bosquet ve ark 2002). Bu yöntemde ventilasyon, kalp hızı, solunum hızı, solunum katsayısı gibi parametreler kullanılabilir (Cheng ve ark 1992, Conconi ve ark 1982, James ve ark 1989, Posner ve ark 1987, Shimizu ve ark 1991).

Ventilatuar eşik, yoğunluğu giderek artan bir test sırasında solunum gaz değişim parametrelerinden belirlenebilir. Veri olarak da her nefeste (breath by breath) ölçülen değerler veya 20 saniyelik ortalamalar kullanılabilir (Wasserman 1986, Wasserman ve ark 1987). V-slope, solunum gaz değişim oranı, O<sub>2</sub> için ventilatuar eşitlik, inspirasyon sonu parsiyel O<sub>2</sub> basıncı yöntemleriyle VE belirlenebilir (Wasserman ve ark 1990). CUSUM ventilatuar eşığın saptanması için Bischoff ve Duffin (1995) tarafından geliştirilen bir başka yöntemdir, ventilasyon değişkenlerinin farkının kümülatif toplamı zamana karşı grafiğe dökülür ve grafiğin eğimindeki artış gözle saptanır. Kelly (2001) ventilatuar eşığın hesaplanması için zaman serileri yaklaşımını geliştirmiştir.

Gaskill ve arkadaşları (2001) VE'nin belirlenmesinde V-slope yönteminin kabul edilebilirlik oranının diğer VE hesaplama yöntemlerine göre yüksek olduğunu, kombine yöntem kullanıldığında ise kuşku test sayısının ve VE ile LE arasındaki

farkın standart hatasının önemli derecede azaldığını, kombine yöntemin VE'nin belirlenmesinde güvenilir ve geçerli olduğunu, ayrıca hem bisiklet ergometresinde hem de koşu bandında elde edilen verilerin güvenilir ve geçerli olduğunu ortaya koymuşlardır.

Meyer ve arkadaşları (1996) 4 ayrı VE hesaplama yöntemi kullanıldığında sağlıklı kişilerde ve koroner kalp hastalarında, kronik kalp yetmezliği hastalarına göre daha fazla kişide eşik değerinin saptandığını bulmuşlardır.

Hagberg ve arkadaşları (1982) McArdle sendromlu hastalarda kan laktat ve ventilasyon ilişkisini araştırmış, bu hastalarda fosforilaz enzimi olmadığı için yoğunluğu giderek artan egzersizde laktat cevabını bulamazken, sağlıklı grupta olduğu gibi PETCO<sub>2</sub>'nin arttığını saptamışlardır.

Anaerobik eşik noninvazif yöntemle belirlenebilmesi için Conconi ve arkadaşları bir saha testi geliştirmişlerdir. Bu test giderek artan koşu hızı ile kalp hızı arasındaki ilişkiye dayanır (Conconi ve ark 1982). Koşu hızı arttıkça kalp hızı da artmakta, ancak belli bir noktadan sonra bu ilişki bozulmaktadır. Bu noktaya *kalp hızı sapma noktası (KHSN)* ya da *Conconi eşığı* denir (Gaisl ve Hofmann 1989). Bu test daha sonra sedanter kişiler ve çocuklar için, bisiklet ergometresi ve koşu bandına uygulanacak şekilde modifiye edilmiştir (Ballarin ve ark 1989, Gaisl and Hofmann 1988, 1989). Sapma noktası grafik üzerinde gözle (Leitner ve ark 1988, Tokmakidis ve Léger 1992, Zacharogiannis ve Farraly 1993, Ballarin ve ark 1996, Carey ve ark 2002) veya iki parçalı regresyon doğrusundan (Leitner ve ark 1988, Maffuli ve ark 1991) hesaplanabilir.

Bazı araştırmacılar (Kuipers ve ark 1988, Tokmakidis ve Léger 1992, Hofmann ve ark 1994a ve 1997, Pokan ve ark 1993, 1995 ve 1998b, Jones ve Doust 1995) kalp hızı sapma noktasını bulamamış, bu yüzden kavramın geçerliliği hakkında şüpheye düşmüşlerdir. Hofmann ve arkadaşları (1997) 227 sağlıklı genç erkeğin % 85.9'unda kalp hızı sapma noktasını belirlerken, % 6.2'sinde saptayamamış, % 7.9'unda ters sapma gözlemlemişlerdir. Kara ve arkadaşları (1996) D<sub>max</sub> yöntemini kullanarak bütün deneklerde, aynı yönde olmasa da, kalp hızı sapma noktasını saptamışlardır. Miyokard enfarktüsülü hastalarda ise kalp hızı sapma noktasının ters eğimli olduğu bulunmuştur



(Pokan ve ark 1998a). Simonova ve arkadaşları (2001) anjina pektoris tanısı alan 38-60 yaşlarındaki 36 erkek hastada kalp hızı eşliğinin (=KHSN) ST çökmesinin başlangıç noktası ile ilişkili olduğunu göstermiş ve kalp hızı eşliğinin anaerobik eşik olarak değerlendirilebileceğini ve egzersiz sırasında EKG ile de saptanabileceğini belirtmişlerdir.

Bisiklet ergometresinde 20 wattlık artışlarla uygulanan testte uniform bir sapma saptanamamıştır (Hofmann ve ark 1994a ve 1997, Pokan ve ark 1993 ve 1995). 90 saniye ara ile artış uygulandığında oluşan kalp hızı performans eğrisinin yönü ve derecesi sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu ile ilişkilidir (Hofmann ve ark 1994a, Pokan ve ark 1993). 60 saniye ara ile artış uygulandığında oluşan kalp hızı performans eğrisi parasempatik aktiviteden (Pokan ve ark 1998b), plazma katekolamin ve kan laktat cevabından bağımsızdır (Pokan ve ark 1995). Pokan ve arkadaşları (1999) kalp hızı sapma noktasındaki eğimin derecesinin test protokollerine bağlı olduğunu ortaya koymuşlardır.

Conconi ve arkadaşları (1996) bazı araştırmalarda kalp hızı sapma noktasının saptanamamasının metodolojik problemlerden kaynaklandığını düşünerek protokolde değişiklik yapmışlardır. Hız basamaklı şekilde değil, rampa tarzında artırılmış, mesafe yerine zaman kullanılmıştır. Ayrıca egzersiz sırasında dakikada 8 vuruşu aşan kalp hızı artışlarında kalp hızı sapma noktasının bulunamadığına dikkat çekilmiştir.

Kalp hızı sapma noktasını bulmak için aşağıdaki test prosedürünün uygulanması önerilmektedir (Conconi ve ark 1996):

-Kişi iyi dinlenmiş olmalı, egzersizden önceki 48 saat zorlu aktiviteden kaçınmalı, yemekten 2-3 saat sonra test uygulanmalıdır.

-Kişi kalp hızını etkileyecek ilaçlardan, kafein içeren içeceklerden uzak durmalıdır.

-Testin uygulanma zamanı kişinin tercihine bırakılmalıdır. Daha sonra uygulanacak testler için giysiler ve çevre koşulları kaydedilmelidir.

-Isınma süresi ve yoğunluğu kişinin alışkanlıklarına, yaşına ve fiziksel durumuna göre ayarlanmalıdır. Antrenmanlı sporcularda en az 30 dakika,

antrenmansız bireylerde ise 5 dakika süreyle orta yoğunlukta ve şiddeti giderek artan ısınma protokolü uygulamalıdır.

-Koşu hızı çocuklar ve sedanterler için 4-5 km/saat, sprinterler ve takım sporcuları için 5-7 km/saat, orta ve uzun mesafe koşucuları için 8-12 km/saat olmalıdır.

-Kalp hızı artışı dakikada sekizden az olacak şekilde egzersiz yoğunluğu dereceli olarak artırılmalıdır. Denek veya test yapan kişi tarafından nefes almakta güçlük çekilmesi ve kas ağrıları gibi belirtilerle maksimal hız fark edilince test sonlandırılmalıdır.

-Egzersiz süresi 12-16 dakika arasında olmalıdır.

Conconi protokolü uygulaması kolay ve ucuz olduğundan popülerdir, birçok spor alanı (Droghetti ve ark 1985), çocuklar (Gaisl ve Wiesspeiner 1988, Ballarin ve ark 1989) ve farklı laboratuvar koşulları için modifiye edilebilir, kardiyak rehabilitasyon programına katılacak hastalarda miyokarda aşırı yüklenmeyi önlemek amacıyla kullanılması uygundur (Pokan ve ark 1998a). Yöntemler içinde en basiti olması ve sahada uygulanabilirliği yönüyle antrenörler tarafından tercih edilmektedir (Jeukendrup ve ark 1996, Grazi ve ark 1999).

Anosov ve arkadaşları (2000) rampa egzersizi sırasında kalp hızının yüksek frekanslı osilasyonlarının AE'yi yansıttığını göstermişlerdir.

Lucia ve arkadaşları (1999) elit sporcularda aerobik-anaerobik geçişin belirlenmesinde EMG kayıtlarının nonivazif yöntemleri destekleyebileceğini belirtmişlerdir.

İnvazif ve noninvazif verilerden anaerobik eşiği saptamak için "*D<sub>max</sub> yöntemi*" adı verilen bir yöntem geliştirilmiştir (Cheng ve ark 1992). Egzersize bireysel fizyolojik cevapların belirlenmesinde güvenilir bir yöntem olduğu, test-retest güvenilirliğinin yüksek olduğu bildirilmiştir (Zhou ve Weston 1997). Bu yöntemde egzersiz sırasında VO<sub>2</sub>'ye karşı kan laktat konsantrasyonları veya VCO<sub>2</sub>, RQ gibi değişkenlerden biri curvelineer regresyon analizleri ile incelenerek bir eğri elde edilmektedir. Daha sonra bu eğrinin iki ucu bir doğru ile birleştirilmekte ve eğrinin,

doğrudan en uzak noktası ( $D_{max}$ ) incelenen değişkenlere göre laktat eşiği veya ventilatuvar eşik olarak kabul edilmektedir. Bu yöntemin subjektif vizüel eşik saptamasını ortadan kaldırdığı ve fizyolojik değişkenlerin düzensiz cevabından dolayı lineer regresyonla kişilerin yaklaşık % 30'unda belirlenemeyen eşik düzeyinin bu yolla her zaman bulunabildiği bildirilmektedir (Cheng ve ark 1992).

### 2.3. Kritik Güç

Kritik güç (KG) kavramı güç çıktısı ile güç çıktısının devam ettirilebildiği süre arasında hiperbolik ilişki olduğu temeline dayanır (Hill 1993). Bu ilişki, maksimum çaba gerektiren 3-7 egzersiz oturumunun sonuçlarına dayanılarak tanımlanabilir (Housh ve ark 1989 ve 1990). KG aerobik formülülük hakkında bilgi verir (Vandewalle ve ark 1997 ve 1989, Housh ve ark 1990, Hill 1993), ventilatuvar eşik, laktat eşiği ve maksimum oksijen tüketimi ile bağıntılıdır (DeVeries ve ark 1987, Gaesser ve ark 1995). Bu ilişkinin ikinci parametresi olan anaerobik iş kapasitesi (AİK), Wingate testinde yapılan iş, yüksek yoğunluktaki kesikli egzersizde yapılan iş ve oksijen açığı ile bağıntılıdır ve anaerobik kapasitenin ölçümünü sağlar (Nebelsick-Gullett ve ark 1988, Housh ve ark 1990).

İlk kez 1965'de Monod ve Scherrer güç çıktısı ve tükenme zamanı arasında hiperbolik ilişki fark edip bunu, toplam iş ve tükenme zamanı arasındaki lineer ilişkiye çevirmişlerdir (Hill 1993).

KG "*işin zaman içindeki gerileme eğimi*" veya "*tükenme oluşmaksızın uzun süre dayanılabilen maksimum güç*" olarak tanımlanmış (Vandewalle ve ark 1989, Nebelsick-Gullett ve ark 1988, Jenkins ve Quigley 1991 ve 1993) ve uygulanan güç KG'ye eşit veya daha az ise tükenme oluşmayabileceği kabul edilmiştir (Housh ve ark 1989 ve 1990, McLellan ve Cheung 1992, Hill 1993).

Güç–zaman ya da iş–zaman ilişkisini tanımlamak ve bu ilişkinin parametre hesaplarını yapmak için 3 matematiksel model kullanılır (Hill 1993):

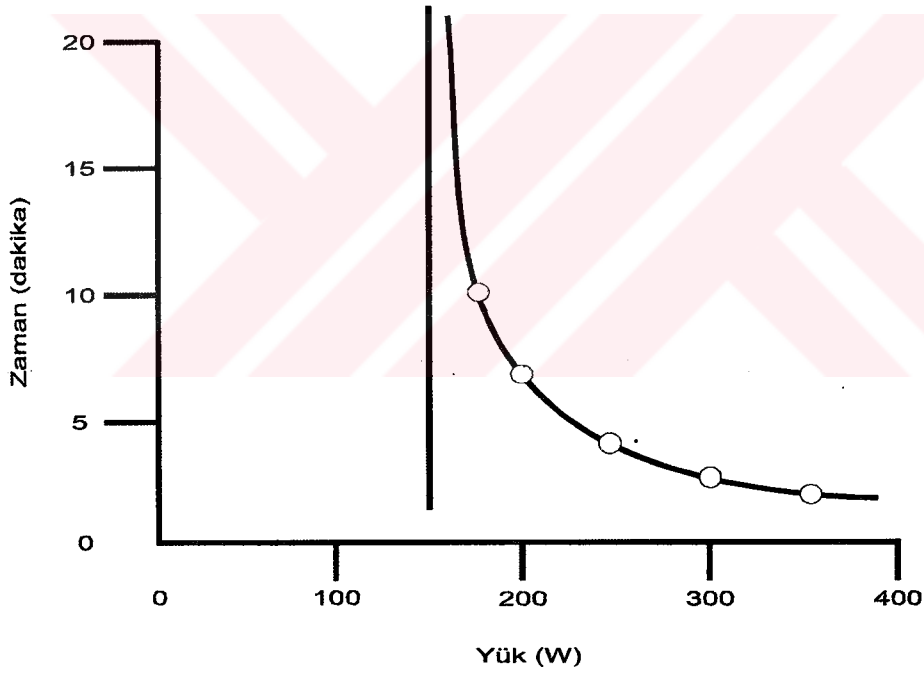
Non–lineer güç–zaman modeli:  $Zaman = AİK / (Güç - KG)$

Lineer güç – 1/zaman modeli:  $Güç = KG + (AİK \times 1/zaman)$

Lineer iş–zaman modeli:  $İş = AİK + (KG \times zaman)$

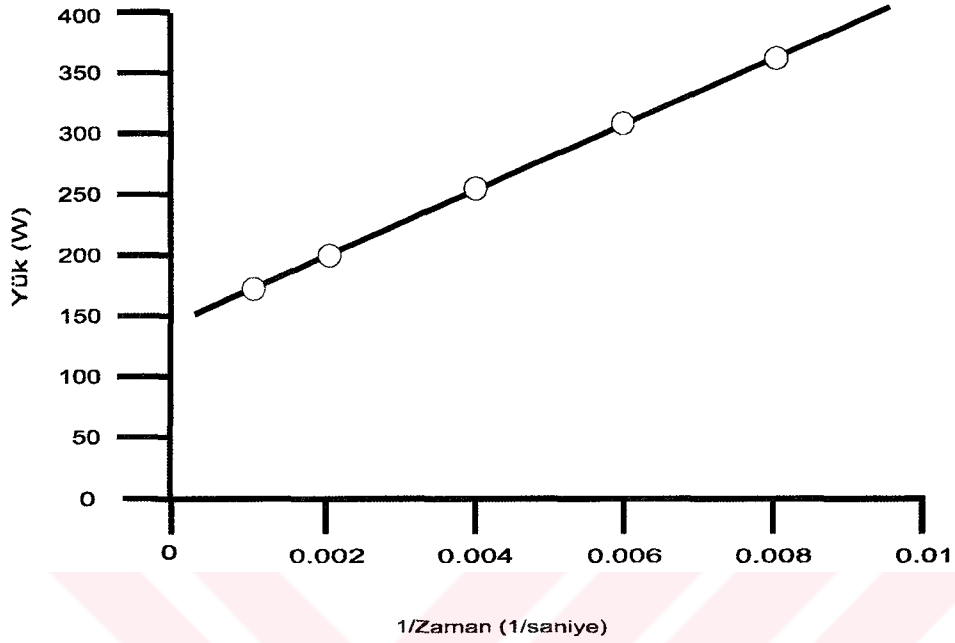
Beş veri için çeşitli modellerin grafik gösterimleri Şekil 1, 2 ve 3’de sunulmuştur.

Nonlinear modelde KG asimtottur,  $\emptyset PA$ ,  $\emptyset P\mu$ ,  $\emptyset \mu$  ve  $Wa$  olarak tanımlanır,  $AİK$  ise eğrilğin derecesidir (Şekil 2.1).



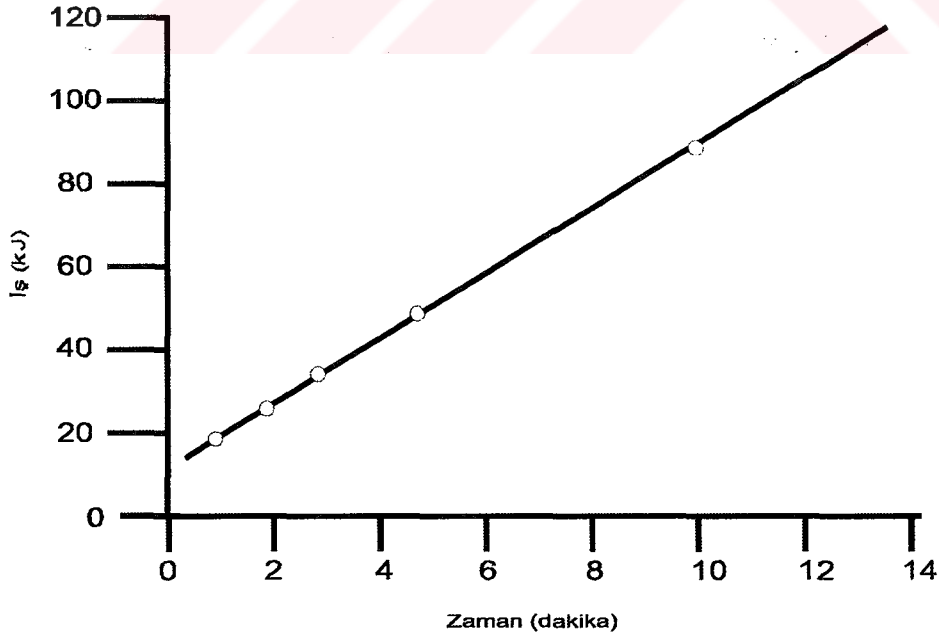
Şekil 2.1. Nonlinear model

Güç – 1/zaman modelinde KG kesişme noktasıdır, “a” ya da y–kesişme noktası olarak isimlendirilir, AİK ise eğimdir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Güç-1/zaman modeli

İş-zaman modelinde KG bağıntısının eğimidir ve çoğunlukla “b” olarak isimlendirilir. AİK, y–kesişme noktasıdır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. İş-zaman modeli

KG ve AİK değerlerini hesaplamak için katılımcılara maksimum çaba gerektiren bir dizi egzersiz uygulanmalıdır. Lineer model kullanıldığında sonuca ulaşabilmek için en az 2 nokta gerekir (Housh ve ark 1990, Jenkins-Quigley 1993). Hesaplama hatalarını azaltmak için 2 ile 7'nin üstü arasında değişen veri noktası kullanılmaktadır. Ergometre ve pedal ritmi seçimi de parametre hesaplamalarının geçerliliğini ya da güvenilirliğini etkileyebilir (Hill 1993).

KG kavramı, yalnızca ergometre ve kronometre kullanımı ile KG-AİK parametrelerinin hesaplanmasını sağladığından caziptir (Nebelsick-Gullett ve ark 1988, Housh ve ark 1990, McLellan ve Cheung 1992, Hill 1993). Birkaç tüketici egzersiz oturumunun gerekmesi ise dezavantajdır (McLellan ve Cheung 1992, Poole ve ark 1988). KG ve AİK'nın hesaplanması için katılımcıların maksimal efor göstermeleri ve bunun için de her egzersiz oturumundan önce dinlenmeleri gereklidir. Bazı laboratuvar protokollerinde katılımcılar maksimum çaba gerektiren 2 egzersiz oturumu arasında sadece 30 dakika dinlenirken (Housh ve ark 1990), bazı protokollerde bu süre 12 saatten uzundur (Jenkins ve Quigley 1991). Bazı araştırmacılar ise (Carnevale ve Gaesser 1991) egzersiz oturumları arasında en az 24 saatlik toparlanma süresi uygulamışlardır.

Güç-zaman ilişkisinin doğru tanımlanması ve gerekli verilerin minimum sayısının belirlenmesi için çalışmalar yapılmıştır. Katılımcılara maksimum çabayla yapılması gereken 4 egzersiz oturumu uygulayan Housh ve arkadaşları (1990), parametre hesaplarını 2, 3 veya 4 oturumun tüm kombinasyonlarını kullanarak yapmışlardır. Süreleri arasındaki fark 2.7 dakikanın üzerinde olduğunda 2 oturumdan hesaplanan KG ile 4 egzersiz oturumundan hesaplanan KG bağıntılı ( $r \geq 0.96$ ) bulunmuştur. İki egzersiz oturumunun süreleri arasında 5 dakikadan fazla fark olduğunda ise değerlerin standart hataları düşük ve 4 oturumdan elde edilen sonuçlar arasındaki korelasyon yüksek ( $r \geq 0.98$ ) bulunmuştur. Bu yüzden, önceden belirlenen yalnızca 2 oturumla lineer iş-zaman modeli kullanılarak KG ve AİK doğru olarak hesaplanabilir, ancak oturum süreleri 1-10 dakika olmalı ve aralarında en az 5 dakika fark bulunmalıdır (Housh ve ark 1990, Jenkins-Quigley 1993). En uzun egzersiz oturumunun süresinin 5-6 dakikadan az olduğu araştırmalarda (Nebelsick-Gullett ve

ark 1988, Carnevale ve Gaesser 1991, Jenkins ve Quigley 1992 ve 1993) bile 3 modelden hangisi seçilirse seçilsin uyumlu veriler elde edilmiştir.

Güç-zaman ilişkisinin tanımlanması sabit yük sağlayan bir ergometre gerektirir. Monark veya benzeri ergometrelerin kullanıldığı testlerde iki tip hata oluşabilir. Birincisi; test süresince direnç değişir ve sürekli ayarlanması gerekir. İkincisi; iş direkt olarak pedal ritmi ile bağıntılıdır. Direnç sabit kalmazsa ve katılımcı gerekli pedal ritmini tam olarak sürdüremezse iş asıl güç çıktısına eşit olmayacaktır. Bu nedenle, egzersiz testlerindeki pedal ritminin hesaplamaları etkileyebileceği düşünülmektedir (Carnevale ve Gaesser 1991, Bishop ve ark 1998).

KG kavramının kır koşusuna, koşu bandına, kayak ergometresine, yüzmeye, rampa egzersizlerine de uygulanabileceği gösterilmiştir. Billat ve arkadaşları (1994) elit uzun mesafe koşucusu erkeklerde  $VO_{2max}$ 'daki hız ile bu hızdaki koşu süresi arasında ters ilişki olduğunu göstermişlerdir. Buna dayanarak "kritik hız" kavramını geliştiren Billat ve arkadaşları (1995),  $VO_{2max}$ 'daki hızın % 105'indeki zaman limitinin anaerobik kapasite ile,  $VO_{2max}$ 'daki hızın % 90'ındaki zaman limitinin ise kritik hızla ilişkili olduğunu bulmuşlardır.  $VO_{2max}$ 'daki hızın % 110'undaki zaman limiti, KLBB'deki hız gibi parametrelerin ise erkek koşuculara 1500 metre koşu performansı ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (Billat ve ark 1996). Kritik hız hesaplaması için farklı yöntemler kullanılabilir, bu yöntemlerden hangisinin daha doğru sonuçlar verdiği ancak ek çalışmalarla ortaya çıkarılabilmektedir (Housh ve ark 2001). Bu kavramın kullanımı invazif yöntemler gerekmediği ve aerobik ve anaerobik uygunluğun spora özgü hesaplarını sağladığı için caziptir (Hill 1993).

KG ve AİK tayini için yükün rampa tarzında arttığı egzersiz protokolleri de güvenli şekilde kullanılabilir (Morton 1997). Morton ve arkadaşları (1997) farklı atletik yeteneklerdeki 10 erkeğe dördü farklı sabit yükte, dördü farklı oranlarda artan rampa şeklindeki sekiz protokolle tükeninceye kadar pedal çevirttiklerinde, her iki modelden elde edilen KG veya AİK'nin birbirine yakın olduğu sonucuna varmışlar, katılımcılar sabit güç protokollerinden çok rampa protokollerinden hoşlandıkları ve motivasyonu daha iyi sürdürdükleri için rampa protokolünü önermişlerdir.

Katılımcıların ve araştırmacıların test süresi ve uygulama sayısı konusundaki istekleri, KG ve AİK parametrelerinin doğru hesaplanması göz önünde tutularak dengelenmelidir. Housh ve arkadaşları (1990) iki egzersiz oturumu yapılacaksa ikisinin de dikkatli seçilmesi gerektiğini, bir veya iki yüklemde yapılan hatanın parametre tahminleri üzerine etkili olabileceğini, Poole ve arkadaşları (1988) yükün gelişigüzel seçilmesi durumunda performansta değişiklik olduğunu, parametrelerin tam olarak belirlenebilmesi için 4 veya 5 egzersiz oturumunun gerektiğini belirtmişlerdir.





### 3. MATERYAL VE METOT

Çalışmaya yaşları 18-22 arasında değişen, sigara içme alışkanlığı olmayan 30 sağlıklı sedanter erkek katıldı. Katılımcılar S.Ü.Meram Tıp Fakültesi 2. sınıf öğrencilerinden oluşturuldu; yaş, boy ve ağırlık ortalamaları sırasıyla  $20.1 \pm 1.5$  yıl,  $176.6 \pm 5.9$  cm ve  $69.7 \pm 8.6$  kg idi.

Çalışmaya başlamadan test öncesi uyulması gereken kurallar ve testler hakkında ayrıntılı bilgi verilip olur alındı. Testler arasında en az 24 saat olacak şekilde, maksimal aerobik güç testi, kritik güç testi ve kritik güçteki egzersiz süresinin tayini farklı günlerde yapıldı.

Hem maksimal aerobik güç, hem de kritik güç egzersiz testi için **SensorMedics Ergoline 900** model elektronik kontrollü bisiklet ergometresi kullanıldı. Ergometrenin programlanabilme özelliği sayesinde ısınma ve başlangıç yükleri ve yük artışları otomatik olarak uygulandı. Ergometrenin sele yüksekliği her deneğin boyuna uygun olarak ayarlandı ve katılımcının pedal çevirme hızını egzersiz boyunca  $60 \pm 5$  rpm'de tutması sağlandı.

#### 3.1. Test Öncesi Şartlar

Teste başlamadan önce aşağıdaki koşullar sağlandı.

1. Katılımcılara çalışmadan önceki 1-2 günde yeme alışkanlıklarının dışında gıda almamaları, son yemeğin alışık oldukları saatte hafif ve karbonhidratlı bir kahvaltı şeklinde olması ve kahvaltı ile test arasında en az 2-2.5 saat bulunması gerektiği söylendi.

2. Katılımcılardan testten önceki gün zorlu eforlardan kaçınmaları istendi.

3. Test gününde ve bir gün öncesinde herhangi bir ilaç veya kahve, çay gibi uyarıcı almamaları söylendi.

4. Testler sırasında oda ısısının  $18-22$  °C, nispi nemin % 30-60 olmasına ve testlerin aynı saatlerde yapılmasına özen gösterildi.

5. Test sırasında ısının ve terin rahatça atılabilmesi için katılımcıların, her testte aynı giysileri olmak üzere, az giysi giymeleri istendi.

6. Testten önce katılımcıların en az on dakika dinlenmeleri sağlandı.

### 3.2. Maksimal Aerobik Güç Testi

Maksimal aerobik güç testi sırasında solunum gaz parametreleri 20, kalp hızı değerleri ise 5 saniyede bir kaydedildi.

Test sırasında katılımcılara düşük dirençli, tek yönlü maskeden nefes aldırıldı ve bu sırada solunum gaz parametrelerinin ölçümü **SensorMedics 2900 Metabolik Ölçüm Kartı** kullanılarak yapıldı. Bu sistemde kullanılan O<sub>2</sub> analizörü “stabilize Zirconia Y2O3”tür. Analizörün ölçüm aralığı % 0.1-100, stabilitesi % 0.05, ölçüm zamanı (cevap süresi) 50 ms, flowmetrenin hassasiyeti ise % 3’tür. Karbondioksit analizörü kızıllötesi adsorbsiyon tipindedir ve ölçüm aralığı % 0-10, stabilitesi  $\pm$  % 0.02, ölçüm süresi 50 ms’dir. Sistemi kontrol eden ana bilgisayar IBM model PS/2-70-386’dır. Her testten önce gaz analizörlerinin kalibrasyonu yapıldı.

Kalp hızı egzersiz süresince **Polar Sport Tester PE3000** tarafından kaydedildi ve daha sonra arabirim ve *Polar Kalp Hızı Analiz Programı* aracılığı ile bilgisayara transfer edildi. Laktat analizleri istirahatte ve egzersiz sırasında kapiller kan örnekleri alınarak laktatın kolay ve çabuk belirlenmesine olanak veren, taşınabilir Accusport Laktat Analizörü kullanılarak yapıldı.

1. Laktat tayini için kan alındıktan ve kalp hızı kaydedildikten sonra katılımcı ergometreye oturtularak 1-2 dakika dinlendirildi. Ölçüm için uygun maske takıldı.

2. Yaklaşık bir dakika kadar solunum gaz parametreleri kaydedildikten sonra, 40 watt yük uygulanarak 3 dakikalık ısınma egzersizi başlatıldı.

3. Isınmadan sonra ara verilmeden test başlatıldı; bir dakikanın sonunda kalp hızı dakikada 120-130 olacak şekilde, başlangıç yükü 60-100 watt arasında seçildi.

4. Birer dakikalık aralarla yük 10 watt artırıldı. Başlangıç yükü ve artışlar test en az 12 dakika, en çok 16 dakika sürecek şekilde ayarlandı.

5. Test sırasında iki dakikada bir katılımcıların el parmak ucundan ter kurulandıktan sonra kapiller kan örneği alındı.

### **3.3. Kritik Güç Testi**

Katılımcılar oturumlar arasında en az 24 saat olmak koşulu ile üç ayrı yük uygulaması için günün aynı saatinde laboratuvara geldiler.

Yükler birinci oturumda 4-10, ikinci oturumda 2-4, üçüncü oturumda 1-2 dakikada tükenme oluşturacak şekilde seçildi. Her egzersiz oturumu öncesinde kalp hızını dakikada 120-140'a çıkaracak bir yükte (yaklaşık 90 watt) iki dakika ısınma uygulandı. Isınmadan sonra 0 yükte pedal hızınının 100 rpm'e çıkarılması istendi. Bu sırada kritik güç testi için seçilen yük uygulandı ve kronometre çalıştırıldı.

Kritik gücün hesaplanması için lineer iş-zaman ilişkisi yönteminden yararlanıldı. "İş = Yük (W) × Süre (s)" formülünden her egzersiz oturumunda yapılan iş hesaplandı ve egzersiz süresi ile lineer regresyon analizi yapıldı. Bulunan "İş = a × Süre + b" regresyon formülündeki a, kritik güce; b, anaerobik iş kapasitesine karşılık geliyordu.

Her katılımcıya kendi kritik güç değerinde tükenmeye kadar egzersiz yaptırılarak kritik güçteki egzersiz süresi tayin edildi. Bu süre kritik güçle çarpılarak kritik güçteki iş bulundu.

### **3.4. Ventilatuvar Eşiğın Bulunması**

Ventilatuvar eşiğın belirlenmesinde esas olarak üç yöntem kullanıldı:

1) İspirasyon sonu CO<sub>2</sub> basıncında (PETCO<sub>2</sub>) azalma olmaksızın ispirasyon sonu O<sub>2</sub> basıncında (PETO<sub>2</sub>) sistematik artışın başladığı noktadaki VO<sub>2</sub> değeri, CO<sub>2</sub> için ventilatuvar eşitlikte (VECO<sub>2</sub>) artış olmaksızın O<sub>2</sub> için ventilatuvar eşitlikte (VEO<sub>2</sub>) sistematik artışın başladığı noktadaki VO<sub>2</sub> değeri (VE<sub>lin</sub>). VEO<sub>2</sub> - VECO<sub>2</sub> ve PETO<sub>2</sub>- PETCO<sub>2</sub> eğrileri bilgisayar tarafından otomatik olarak hazırlandı. VEO<sub>2</sub> ve PETO<sub>2</sub> eğrilerindeki kırılma noktaları ise otomatik olarak veya gözle belirlendi.

2 ve 3)  $D_{max}$  yöntemi ile egzersiz sırasında harcanan  $O_2$ 'ye karşı ventilasyon ve  $VCO_2$  verileri kullanılarak ventilatuvar eşikler ( $VE_{VE}$  ve  $VE_{CO_2}$ ) hesaplandı.  $D_{max}$  yöntemi için esasları literatürden alınarak hazırlanan Fortran dilinde, iki parçalı regresyon doğrusu verebilen bir program kullanıldı.  $D_{max}$  yönteminin ventilatuvar eşik tayininde kullanımını aşağıda KHSN tayini için anlatılana benzerdir.

### 3.5. Kalp Hızı Sapma Noktasının Bulunması

Kalp hızı sapma noktası Sport Tester tarafından depolanan ve bilgisayara transfer edilen kalp hızı verilerinden  $D_{max}$  yöntemiyle hesaplandı. Bunun için Fortran dilinde, iki parçalı regresyon doğrusu verebilen bir program kullanıldı. İlk olarak kalp hızı değerleri ve bu değerlerin ait olduğu 5 saniyelik zaman dilimleri iki kolon halinde (x: zaman, y: kalp hızı) hazırlandı. Bu kalp hızı değerlerinden otomatik olarak 140-150 arasında veya manuel olarak bir minimum değer (a) ve yine otomatik veya manuel olarak bir maksimum değer (b) seçildi. Daha sonra a ve b noktaları arasındaki zaman aralığı ikiye bölünerek bir x noktası bulundu [ $x = (a+b)/2$ ]. a ve x noktaları arasındaki değerlerden  $R_1$ , x ile b noktaları arasındaki değerlerden  $R_2$  regresyon doğruları elde edildi ve iki doğrunun kesiştikleri  $x_1$  noktası saptandı. Bunu takiben a ile  $x_1$  ve  $x_1$  ile b noktaları arasındaki verilerden yeni  $R_1$  ve  $R_2$  doğruları hesaplandı ve kesiştikleri  $x_2$  noktası bulundu. Bu şekilde, en son bulunan iki x arası uzaklık iki ölçüm aralığından (10 saniye) daha küçük kalıncaya kadar ( $x_i - x_{i-1} < 2$  ölçüm aralığı)  $x_3, x_4, x_5, x_n$  noktaları elde edildi.  $R_1$  ve  $R_2$  regresyon doğrularının en son kesiştikleri noktadaki y değeri kalp hızı sapma noktası olarak alındı. Bütün işlemler program tarafından otomatik olarak gerçekleştirildi. Bu program ile toplam standart sapmaları ( $SS_1 + SS_2$ ) minimum olan iki regresyon doğrusu elde edildi. Bu doğrulara ait kırılma oranı ( $SS_1 / SS_2$ ) 1.5'dan küçük olduğu zaman, hata ihtimali yüksek kabul edilerek kırılma yok sayıldı. Bazen iki veya daha fazla x değeri ortaya çıkabilmekte ve sonuç bulunamamaktadır. Örneğin  $x_4$  noktası esas alınarak bulunan iki regresyon doğrusu  $x_5$  noktasında,  $x_5$  noktası esas alınarak bulunan iki doğru  $x_4$  noktasında kesişmekte ve program kısır döngüye girerek kalp hızı sapma noktası saptanamamaktadır. Bu durumda minimum ve/veya maksimum değerler değiştirilerek analiz tekrar edildi; sonuç yine de bulunamamışsa düzleştirme (smoothing) uygulandı. Düzleştirme

yaparken program, analiz edilen bütün değerleri kendinden önceki dört ve kendinden sonraki dört değerle birlikte toplam dokuz değerin ortalaması olarak aldı.

### **3.6. Kan Laktat Birikmesinin Başlangıcının Bulunması**

İki dakikada bir alınan kan örneklerinden saptanan laktat konsantrasyonları, kullanılan O<sub>2</sub> miktarına karşı grafiğe yerleştirilerek 4 mmol/L laktat değerine (KLBB) karşılık gelen O<sub>2</sub> miktarı bulundu.

### **3.7. İstatistik Analiz**

İstatistik hesaplamalar bilgisayarda “*SPSS for Windows 10.0*” programı kullanılarak yapıldı. Ortalamalar ( $\pm$  SS) ve Pearson korelasyon analizi ile değerler arasındaki ilişkiler hesaplandı. Ortalamalar arasındaki farkların hesaplanması tekrarlanan ölçümler için varyans analizi ile yapıldı. Gruplar arasında fark varsa farkın hangi gruplar arasında olduğunu göstermek için Bonferroni düzeltmeli Student’ın eşleştirilmiş t testi kullanıldı.  $P < 0.05$  düzeyindeki değerler anlamlı olarak kabul edildi.

#### 4. BULGULAR

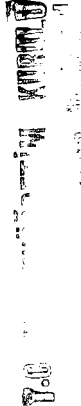
Lineer yöntemle 23 katılımcıda otomatik olarak, 5 katılımcıda gözle ventilatuvar eşik belirlendi. İki katılımcıda ise veriler dalgalı olduğu için ventilatuvar eşik bulunamadı (Tablo 4.1). Ventilasyon verileri  $D_{max}$  yöntemi ile değerlendirildiğinde ventilatuvar eşik ( $VE_{VE}$ ) 29 katılımcıda (6'sında verilerde düzleştirme yapılarak) bulundu, 1 katılımcıda ise bulunamadı.  $VCO_2$  verileri  $D_{max}$  yöntemi ile değerlendirildiğinde ventilatuvar eşik ( $VE_{CO_2}$ ) 29 katılımcıda bulunurken (7'sinde düzleştirme yapılarak), bir kişide bulunamadı (Tablo 4.1). Kalp hızı sapma noktası 18 katılımcıda bulundu, 10 katılımcıda bulunamadı. Kalp hızı sapma eğimi ters yönde olan 2 katılımcının değerleri KHSN olarak kabul edilmedi.

Maksimal testte ve kritik güç testinde elde edilen ortalama ( $\pm$  SS), minimum ve maksimum değerler Tablo 4.2'de gösterilmiştir. Ortalama  $VO_{2max}$  değeri  $2726\pm 421$  ml/dk ( $39.3\pm 5.5$  ml/kg/dk) idi. Ortalaması  $168.4\pm 24.6$  W olan kritik güçteki egzersiz  $21.6\pm 8.6$  dakika devam ettirilebildi.

Kritik güç,  $VO_{2max}$ 'ın olduğu yükten düşük, anaerobik eşiklerin olduğu yüklerden yüksek bulundu. Kalp hızı sapma noktasının olduğu yük kritik güçten ve  $VO_{2max}$ 'ın olduğu yükten düşük, KLBB ve  $VE_{lin}$ 'in olduğu yükten yüksek iken  $VE_{VE}$  ve  $VE_{CO_2}$ 'nin olduğu yükten farklı değildi.  $VE_{CO_2}$  ile KLBB, KLBB ile  $VE_{lin}$  arasında fark yoktu.  $VE_{lin}$ 'in olduğu yük, KLBB'nin olduğu yük hariç, bütün yüklerden anlamlı şekilde düşüktü (Tablo 4.3). Oksijen değerleri açısından ise KHSN,  $VO_{2max}$ 'dan düşük, diğer anaerobik eşiklerden yüksekti.  $VE_{VE}$ ,  $VE_{CO_2}$ , KLBB ve  $VE_{lin}$ 'den yüksek idi.  $VE_{CO_2}$ , KLBB ve  $VE_{lin}$  arasında fark yoktu. Anaerobik eşikler  $VO_{2max}$ 'ın % 54.8-72.2'sinde oluştu (Tablo 4.3).

Tablo 4.1. Bütün katılımcılara ait verilerin dökümü

Ad- soyad	Yaş (yıl)	Boy (cm)	VA (kg)	İst KH (dk.da)	İst-LA (mmol/L)	Maks. Yük (%)	Egz. Süresi (s)	VO <sub>2max</sub> (ml/dk)	Maks		KHSN-		VE <sub>lin</sub> (ml/dk)	%VE <sub>lin</sub>	VE <sub>VE</sub> (ml/dk)	%VE <sub>VE</sub>	VE <sub>CO2</sub> (ml/dk)	%VE <sub>CO2</sub>	KLBB (ml/dk)	%KLBB	KG (N)	AİK (l)	KG- Süre (s)	KG-teki İş (l)
									KH (dk.da)	LA (mmol/L)	KHSN (dk.da)	VO <sub>2</sub> (ml/dk)												
İÖ	19,3	172	61,5	65	2,0	190	845	2000	187	11,8	163	2066	990	49,5	1327	66,4	1197	59,9	1517	75,9	159	13015	1367	217353
CS	19,1	178	63	55	2,0	180	725	2549	196	11,7	185	2283	1298	50,9	1661	65,2	1304	51,2	1982	77,8	151	13589	1917	289467
FB	19,5	169	57,5	63	1,2	200	783	2597	187	12,6	168	2229	1415	54,5	1549	59,6	1457	56,1	1815	69,9	177	10239	1185	209745
MS	18,3	180	60	90	1,6	130	486	2055	209	14,7	163	2066	1323	64,4	1920	93,4	1042	50,7	1267	61,7	113	11269	816	92208
ÖNA	18,8	169	64	75	1,8	210	974	2922	200	13,1	163	2066	1227	42,0	2089	71,5	1435	49,1	1340	45,9	175	16488	1093	191275
SŞ	19,5	181	78	95	1,8	200	852	2687	196	13,1	181	1993	1811	67,4	2069	77,0	1846	68,7	1500	55,8	162	15027	1188	192456
EZ	20,7	180	66	92	1,6	200	852	2421	196	15,0	181	1993	1320	54,5	1623	67,0	1256	51,9	1307	54,0	161	12407	654	105294
ÖB	19,5	185	61	82	2,2	200	753	2897	198	12,2	164	1875	1627	60,3	2130	79,0	1930	71,6	1500	55,6	142	13742	1857	263694
MAÇ	18,8	178	63	92	1,7	210	873	2326	203	14,0	185	1531	1088	45,9	1721	74,0	1569	67,5	1520	65,3	163	13054	2516	410108
MB	20,7	172	70	84	2,4	170	727	2018	212	13,7	177	2046	1111	55,1	1276	63,2	1087	53,9	1129	55,9	115	14116	1298	149270
AŞ	19,4	182	67	72	2,1	210	917	2565	213	12,0	177	2046	1065	41,5	1790	69,8	1753	68,3	1747	68,1	177	14018	1100	194700
SY	20,5	182	88,5	90	2,0	240	1171	3156	208	11,7	185	1531	2170	68,8	1939	61,4	1711	54,2	1498	47,5	210	12240	1222	256620
SK	19,2	182	70	104	1,6	210	967	2340	208	13,8	169	2078	1291	55,2	1147	49,0	871	37,2	745	31,8	171	20195	779	133209
ÖG	22,4	179	72	74	1,9	180	682	2478	196	9,3	161	1571	1252	50,5	1831	73,9	1424	57,5	1470	59,3	150	14082	927	139050
HB	21,2	176	74	83	3,2	170	735	2547	199	9,3	161	1571	61,7	56,6	1410	55,4	1905	74,8	1387	54,5	146	10073	2237	326602
İP	19,1	168	72	75	2,7	190	859	2234	203	10,4	181	1324	1588	50,6	1732	77,5	1395	62,4	1070	47,9	167	11258	1317	219939
RFÖ	20,2	183	79	68	1,8	210	965	3140	198	12,6	177	2046	1713	56,6	2154	68,6	1866	59,4	1976	62,9	180	13166	913	164340
İOA	19,5	167	60	73	2,6	200	915	3027	189	16,0	192	2209	1736	55,6	2375	78,5	2120	70,0	1055	34,9	167	16525	2028	338676
HY	19,4	177	92	75	2,4	220	1022	3122	190	11,4	192	2209	2085	69,7	1985	63,8	2288	76,5	1676	56,0	178	12141	1305	232290
NI	19,2	173	64	74	1,9	170	769	2409	190	12,9	166	2222	1739	55,9	1985	63,8	2062	85,6	1226	50,9	152	11310	2062	313424
AT	18,9	184	78	77	2,6	250	1227	3060	205	13,7	157	1826	1930	60,1	1723	56,3	1778	58,1	1275	41,7	208	16503	1077	224016
MS	21,6	189	82	75	2,8	250	1213	3686	193	13,9	192	2301	1607	43,6	1763	47,8	1900	51,5	1905	51,7	233	13940	782	182206
ST	26,0	179	75	90	1,6	190	853	2925	209	11,5	192	2301	2016	68,9	2240	76,6	2309	78,9	1460	49,9	173	10903	903	156219
SC	20,7	165	67	76	2,3	200	913	2564	191	13,7	161	1873	1667	65,0	1999	78,0	2066	80,6	1662	64,8	169	12805	725	122525
AK	21,0	178	68	76	2,8	200	900	3087	202	14,4	161	1873	1610	52,2	2205	71,4	1904	61,7	1120	36,3	183	10602	1814	331962
AÖ	19,9	170	70	90	1,6	200	902	2991	212	15,5	166	2222	2085	69,7	1985	63,8	2288	76,5	1676	56,0	178	12141	1305	232290
AA	21,0	175	76	88	2,8	200	904	3112	199	14,7	158	2385	1739	55,9	1985	63,8	2062	85,6	1226	50,9	152	11310	2062	313424
MZ	19,1	171	71	70	1,6	250	1222	3440	201	13,2	158	2385	2380	69,2	2361	68,6	2157	62,7	2000	58,1	194	17243	1101	213594
GT	19,9	180	66	78	2,4	210	982	3058	181	14,7	149	1709	1572	51,4	1709	55,9	2263	74,0	1520	49,7	178	12334	674	119972
AK	23,1	174	57	71	1,4	210	986	2565	204	16,9	188	1975	1293	50,4	1815	70,8	1277	49,8	1420	55,4	150	16029	1724	258600
Ort	20,1	177	69,8	79,1	2,1	202	899	2726	199	13,1	172	2008	1558	56,7	1854	68,8	1700	62,5	1478	54,8	168	13649	1294	214826
SS	1,5	6	8,6	10,7	0,5	26	166	421	8	1,8	13	261	357	9,5	318	10,3	409	11,3	306	11,1	25	2330	518	81049



Tablo 4.2. Maksimal testte ve kritik güç testinde elde edilen ortalama ( $\pm$  SS), minimum ve maksimum değerler

	Ort $\pm$ SS	Minimum	Maksimum
Maksimal Yük (W)	201.7 $\pm$ 25.5	130	250
Egzersiz Süresi (dk)	15.0 $\pm$ 2.8	8.1	20.5
VO <sub>2max</sub> (ml/dk)	2726 $\pm$ 421	2000	3686
VO <sub>2max</sub> (ml/kg/dk)	39.3 $\pm$ 5.5	28.8	50.5
Maksimal Kalp Hızı (dakikada)	199 $\pm$ 8	181	213
Maksimal Laktat (mmol/L)	13.1 $\pm$ 1.8	9.3	16.9
Kritik Güç (W)	168.4 $\pm$ 24.6	113	233
Anaerobik İş Kapasitesi (j)	13549 $\pm$ 2330	10073	20195
Kritik Güçteki Egzersiz Süresi (dk)	21.6 $\pm$ 8.6	10.1	41.9
Kritik Güçteki İş (j)	214826 $\pm$ 81049	92208	410108

Tablo 4.3 VO<sub>2max</sub>, kritik güç ve anaerobik eşik değerleri ve oluştukları yükler (Ort $\pm$ SS)

	Yük (W)	VO <sub>2</sub> (ml/dak)	VO <sub>2max</sub> 'ın yüzdesi
VO <sub>2max</sub>	199.0 $\pm$ 26.3 <sup>a</sup>	2726 $\pm$ 421 <sup>a</sup>	-
Kritik Güç	168.4 $\pm$ 24.6 <sup>b</sup>	-	-
KHSN	147.2 $\pm$ 17.1 <sup>c</sup>	2008 $\pm$ 261 <sup>b</sup>	72.2 $\pm$ 11.1 <sup>a</sup>
VE <sub>VE</sub>	135.9 $\pm$ 23.3 <sup>c</sup>	1854 $\pm$ 318 <sup>c</sup>	68.8 $\pm$ 10.3 <sup>b</sup>
VE <sub>CO2</sub>	126.2 $\pm$ 28.3 <sup>c,d</sup>	1700 $\pm$ 409 <sup>d</sup>	62.5 $\pm$ 11.3 <sup>c</sup>
KLBB	113.0 $\pm$ 20.0 <sup>d,e</sup>	1478 $\pm$ 306 <sup>d</sup>	54.8 $\pm$ 11.1 <sup>c</sup>
VE <sub>lin</sub>	106.1 $\pm$ 29.0 <sup>e</sup>	1558 $\pm$ 357 <sup>d</sup>	56.7 $\pm$ 9.5 <sup>c</sup>

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır.

KHSN: Kalp hızı sapma noktası

VE<sub>VE</sub>: Ventilasyon verileri kullanılarak D<sub>max</sub> yöntemi ile bulunan ventilatuvar eşik

VE<sub>CO2</sub>: VCO<sub>2</sub> verileri kullanılarak D<sub>max</sub> yöntemi ile bulunan ventilatuvar eşik

KLBB: Kan laktat birikmesinin başlangıcı

VE<sub>lin</sub>: Lineer yöntemle belirlenen ventilatuvar eşik

Kritik güç, VO<sub>2max</sub> ile ve bazı anaerobik eşiklerle ilişki bulunurken, kritik güçteki egzersiz süresi ve kritik güçteki iş ile VO<sub>2max</sub> ve anaerobik eşikler arasında ilişki bulunamadı (Tablo 4.4).



Tablo 4.4. Kritik güç verilerinin  $VO_{2max}$  ve anaerobik eşiklerle ilişkileri

	Kritik Güç	Kritik Güçteki Egzersiz Süresi	Kritik Güçteki İş
$VO_{2max}$	0.791 <sup>**</sup>	-0.182	0.070
$VE_{lin}$	0.457 <sup>*</sup>	-0.077	0.086
$VE_{VE}$	0.230	0.065	0.176
$VE_{CO2}$	0.440 <sup>*</sup>	0.110	0.260
KLBB	0.336	-0.066	0.027
KHSN	0.331	-0.152	-0.033

\*:  $P < 0.05$ , \*\*:  $P < 0.001$

Kritik güç  $VO_{2max}$ 'ın oluştuğu yüklerle ve kan laktat birikmesinin başlangıç noktası hariç, anaerobik eşiklerin oluştuğu yüklerle ilişkili bulundu. Ancak kritik güçteki egzersiz süresi ve kritik güçteki iş  $VO_{2max}$ 'ın oluştuğu yüklerle ve anaerobik eşiklerin oluştuğu yüklerle ilişkili değildi (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Kritik güç verilerinin  $VO_{2max}$ 'ın ve anaerobik eşiklerin oluştuğu yüklerle ilişkileri

	Kritik Güç	Kritik Güçteki Egzersiz Süresi	Kritik Güçteki İş
$VO_{2max}-W$	0.830 <sup>***</sup>	-0.129	0.132
$VE_{lin}-W$	0.402 <sup>*</sup>	-0.095	0.036
$VE_{VE}-W$	0.471 <sup>*</sup>	0.023	0.195
$VE_{CO2}-W$	0.568 <sup>**</sup>	0.024	0.202
KLBB-W	0.354	0.113	0.213
KHSN-W	0.496 <sup>*</sup>	-0.337	-0.160

\*:  $P < 0.05$ , \*\*:  $P < 0.01$ , \*\*\*:  $P < 0.001$

$VO_{2max}-W$ : Maksimal oksijen kullanımının oluştuğu yük

$VE_{lin}-W$ : Lineer yöntemle belirlenen ventilatuvar eşik oluştuğu yük

$VE_{VE}-W$ : Ventilasyon verileri kullanılarak  $D_{max}$  yöntemi ile bulunan ventilatuvar eşik oluştuğu yük

$VE_{CO2}-W$ :  $VCO_2$  verileri kullanılarak  $D_{max}$  yöntemi ile bulunan ventilatuvar eşik oluştuğu yük

KLBB-W: Kan laktat birikmesinin başlangıcının oluştuğu yük

KHSN-W: Kalp hızı sapma noktasının oluştuğu yük

$VO_{2max}$ , KHSN hariç, anaerobik eşiklerle ilişkili bulundu (Tablo 4.6).  $VE_{lin}$ ,  $VE_{VE}$ ,  $VE_{CO2}$  arasındaki ilişkiler ileri derecede anlamlı iken ( $P<0.001$ ) KHSN ve KLBB'nin diğer anaerobik eşiklerle ilişkileri ya anlamlı değildi ya da  $P<0.05$  düzeyinde anlamlıydı.

Tablo 4.6. Anaerobik eşiklerin kendi aralarındaki ve  $VO_{2max}$ 'la ilişkileri

	$VE_{lin}$	$VE_{VE}$	$VE_{CO2}$	KLBB	KHSN
$VO_{2max}$	0.667***	0.581**	0.683***	0.430*	0.299
$VE_{lin}$		0.661***	0.734***	0.200	0.523*
$VE_{VE}$			0.682***	0.254	0.585*
$VE_{CO2}$				0.371*	0.196
KLBB					0.608*

\*:  $P<0.05$ , \*\*:  $P<0.01$ , \*\*\*:  $P<0.001$

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

### 5.1. Elde Edilen Verilerin Tartışılması

Sağlıklı yetişkin erkeklerin ortalama  $VO_{2max}$  değeri 35-50 ml/kg/dk'dır (Pollock ve Wilmore 1990).  $VO_{2max}$ 'ı bu değerlerin % 15'i kadar azalmış kişilerin fiziksel uygunluklarının az olduğu, ancak  $VO_{2max}$ 'ları 20 ml/kg/dk'nın altına düşünceye kadar bu kişilerin günlük aktivitelerini zorlanmadan yapabildikleri belirtilmektedir (Ross 1989). 18-25 yaşlarındaki aktif erkeklerde ise ortalama  $VO_{2max}$  değeri 44-50 ml/kg/dk'dır (Wilmore ve Costill 1999). Stachenfeld ve arkadaşları (1992) çoğunun fiziksel uygunluğu iyi olan 18-45 yaşlarındaki 51 kişide  $VO_{2max}$ 'ı 28.8-70.8 ( $49.2 \pm 9.6$ ) ml/kg/dk bulmuşlardır. Bu çalışmada bulduğumuz ortalama  $VO_{2max}$  değeri ( $39.3 \pm 5.5$  ml/kg/dk) yukarıdaki verilerle genellikle uyumludur.

Anaerobik eşik lineer yöntemle hesaplandığında  $VO_{2max}$ 'ın %  $56.7 \pm 9.5$ 'inde oluştu. Bu sonuç başka çalışmaların sonuçlarıyla uyumludur. Anaerobik eşik  $VO_{2max}$ 'ın % 40-60'ında oluşmaktadır (Ross 1989). Shah ve arkadaşları (1991) anaerobik eşik  $VO_{2max}$ 'ın kadınlarda % 56'sında, erkeklerde % 58'inde, Yamamoto ve arkadaşları (1991) ise sedanter erkeklerde % 61.3'ünde oluştuğunu göstermişlerdir.

Bu çalışmada bulduğumuz ortalama kritik güç değeri  $168.4 \pm 24.6$  wattır. Sedanter erkeklerde ortalama kritik güç değerlerini Moritani ve arkadaşları (1981) 203.9 W, Poole ve arkadaşları (1988) 197 W, Talbert ve arkadaşları (1991) 171 W, Housh ve arkadaşları (1991a) 230 W, Smith ve arkadaşları (1998) 176 W bulmuşlardır. Farklı çalışmalarda sedanterlerin kritik güç değerlerinin farklı bulunması, bir ölçüde kritik güç hesaplama yöntemlerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Gaesser ve arkadaşlarının (1995) aynı grupta 5 farklı yöntemle hesapladıkları kritik güç değerleri arasında fark bulmaları bunu desteklemektedir. Kritik gücü Smith ve arkadaşları (1999) bisikletçilerde 299 W, McLellan ve Cheung (1992) düzenli spor yapan erkeklerde 265 W, Jenkins ve Quigley (1990) dayanıklılık sporcularında 314 W bulmuşlardır.

Scarborough ve arkadaşları (1991) KG'deki egzersiz süresinin bireyler arasında farklılık gösterdiğini ve kadınlarda erkeklere göre daha uzun olduğunu bulmuşlardır.

Çalışmamızda katılımcıların KG'lerindeki egzersiz süresi 10.1 – 41.9 dakika arasında değişti (ortalama  $21.6 \pm 8.6$  dakika). Poole ve arkadaşları (1988) 8 sağlıklı erkeğin KG'de yapılan egzersizleri ortalama 24 dakikada tamamladıklarını bildirmişlerdir. Jenkins ve Quigley'in (1990) lineer iş-zaman modelini kullanarak hesapladıkları KG'de 8 erkek bisikletçiden yalnızca 2'si 30 dakika egzersiz yapabilmiş; 6 bisikletçinin 30 dakikalık süreyi tamamlayabilmesi için yük azaltılmıştır. McLellan ve Cheung'un (1992) çalışmasında ise KG'de 30 dakika egzersiz yapmayı 14 erkekten yalnızca birisi başarmış, ortalama tükenme süresi (çalışmamızdakine benzer şekilde) 20.5 dakika, en kısa süre 12 dakika bulunmuştur. Housh ve arkadaşlarının (1989) çalışmasında, katılımcıların KG'deki (191 W) egzersizi ortalama 33.31 dakika sürdürdükleri ve KG'ün, egzersizin 60 dakika sürdürülebildiği yükten yaklaşık % 17 fazla olduğu bulunmuştur. Pepper ve arkadaşlarının (1992) çalışmasında 10 erkeğin 8'i koşu bandındaki kritik hızın % 85'ine 60 dakika dayanabilmiştir.

## 5.2. Kritik Güç Verileriyle Diğer Parametreler Arasındaki İlişkiler

Kritik güç ile maksimal aerobik güç, ventilatuvar eşik ve laktat eşiği arasında anlamlı ilişki olduğu çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Tablo 5.1). Bu çalışmada da sedanter erkeklerde kritik güç ile  $VO_{2max}$  ve ventilatuvar eşik ( $VE_{lin}$ ) arasında anlamlı ilişki olduğunu (sırasıyla  $r=0.791$  ve  $r=0.457$ ,  $P=0.000$  ve  $P=0.05$ ) gösterdik.

Moritani ve arkadaşları (1981) kritik güç kavramını ilk olarak bisiklet ergometresine uygulamış, sedanter 8 erkek, 8 kız üniversite öğrencisinde kritik güç ile  $VO_{2max}$  ve anaerobik eşik arasında anlamlı ilişki bulmuşlardır (sırasıyla  $r=0.870$ ,  $r=0.907$ , her ikisi için  $P<0.01$ ). Talbert ve arkadaşları (1991) hiperbolik yöntemle hesapladıkları kritik güç ile  $VO_{2max}$  ve ventilatuvar eşik arasında anlamlı ilişki saptamışlardır (sırasıyla  $r=0.84$  ve  $r=0.82$ , her ikisi için  $P<0.01$ ). Smith ve arkadaşları (1999) 13 bisikletçide kritik güç ile  $VO_{2max}$  ve ventilatuvar eşik arasında (sırasıyla  $r=0.93$  ve  $r=0.90$ , her ikisi için  $P<0.01$ ) anlamlı ilişki bulmuş ve kritik gücün bisikletçilerde aerobik formülüğün ölçümünde kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır. Gaesser ve arkadaşları (1995) beş farklı hesaplama yöntemiyle belirledikleri kritik güç ile ventilatuvar eşik arasında  $r=0.69$  ile  $r=0.91$  arasında değişen (bazıları anlamlı) ilişkiler bulmuşlardır; lineer iş-zaman modeliyle hesaplanan

kritik güç ile ventilatuvar eşik arasındaki ilişki  $r=0.86$ 'dır ( $P<0.05$ ). Çalışmamızda kritik güç ile ventilatuvar eşik arasında bulunan ilişkinin Gaesser ve arkadaşlarının (1995) çalışmasındakine göre daha düşük olmasının ventilatuvar eşik hesaplama yöntemlerimizdeki farklılıktan kaynaklandığını düşünmekteyiz. Housh ve ark (1991a) kritik gücü KLBB ile ilişkili bulmuşlardır ( $r= 0.616$ ,  $P<0.05$ ). Bu çalışmada ise kritik güç ile KLBB arasında ilişki bulamadık ( $r= 0.336$ ).

Tablo 5.1. Bu çalışmada ve başka çalışmalarda kritik güç ile  $VO_{2max}$  ve anaerobik eşikler arasındaki ilişkiler

		Kritik Güçle İlişkisi
Bu çalışma	$VO_{2max}$	0.791***
	VE	0.230- 0.457*
	KLBB	0.336
Moritani ve ark (1981)	$VO_{2max}$	0.870**
	AE	0.907**
Talbert ve ark (1991)	$VO_{2max}$	0.84**
	VE	0.82**
Smith ve ark (1999)	$VO_{2max}$	0.93**
	VE	0.90**
Gaesser ve ark (1995)	VE	0.69-0.91*
Housh ve ark (1991a)	KLBB	0.616*

\*:  $P< 0.05$ , \*\*:  $P< 0.01$ , \*\*\*:  $P<0.001$

Çalışmamızda olduğu gibi diğer çalışmalarda da, kritik gücün  $VO_{2max}$  ile ilişkisi genellikle anaerobik eşik ile ilişkisinden biraz daha fazla bulunmuştur. Diğer çalışmalardan farklı olarak, çalışmamızda kritik gücün anaerobik eşiklerin oluşturduğu yüklerle ilişkilerini de inceledik ve kritik gücün KHSN'nin oluşturduğu yüklerle ilişkili olduğunu ( $r= 0.496$ ,  $P<0.05$ ) bulduk.

Hughson ve arkadaşları (1984b) koşu bandında güç-zaman modelini kullanarak tükenme eşiklerinin (KG'ye benzer) maksimal oksijen tüketimi ile ilişkili olduğunu göstermişlerdir ( $r= 0.84$ ,  $P<0.05$ ). Hopkins ve arkadaşları (1989) koşu bandındaki

hızın teorik olarak sonsuza kadar devam ettirilebileceği eğim (KG'ye benzer) ile maksimum oksijen tüketimi arasında ilişki ( $r=0.81$ ) bulmuşlardır. Housh ve arkadaşları (1991b), kritik güce benzer bir parametre olan (Hill 1993), yorgunluk eşiğine karşılık gelen koşu bandı hızındaki  $VO_2$ , kalp hızı ve laktat değerlerini  $VO_{2max}$ 'daki karşılıklarıyla ilişkili bulmuşlardır. Housh ve arkadaşlarının (1991b)  $VO_{2max}$ 'daki koşu hızı ile yorgunluk eşiğindeki koşu hızı ( $r=0.86$ ) ve  $VO_{2max}$  ile yorgunluk eşiğindeki oksijen değeri arasında ( $r=0.93$ ) anlamlı ilişki bulmaları çalışmamızı desteklemektedir. Çalışmamızda kritik güç ile  $VO_{2max}$ 'ın yük ve oksijen değerleri arasındaki ilişkiler (sırasıyla  $r=0.830$  ve  $r=0.791$ , her ikisi için  $P<0.001$ ) anlamlıdır, ancak anaerobik eşikleri de tayin etmemizle ve bisiklet ergometresi kullanımıyla farklılık göstermekteyiz. Arabi ve arkadaşları (1999) tekerlekli sandalyeye bağımlı kişilerde motorlu koşu bandında ve kürek ergometresinde belirlenen  $VO_{2max}$ , kritik güç ve kritik hız arasında anlamlı ilişkiler bulmuşlardır ( $r=0.67-0.78$ ).

Le Chevalier ve arkadaşları (2000) diz ekstansiyon ergometresinde belirlenen kritik gücün bölgesel kas dayanıklılığının göstergesi olarak kullanılabileceğini göstermiş ve KLBB ile anlamlı şekilde ilişkili olduğunu ( $r=0.71$ ,  $P<0.001$ ) bulmuşlardır. Wakayoshi ve arkadaşları (1992b) KLBB'deki yüzme hızını yüzme kanalındaki kritik hız ( $r=0.898$ ) ve havuzdaki kritik hız ile ( $r=0.856$ ) ilişkili bulurken,  $VO_{2max}$  ( $r=-0.485$ ) ile ilişkili bulmamışlar, her iki kritik hızın KLBB'deki hızdan bir hayli yüksek olduğunu göstermişlerdir. Bir başka çalışmalarında Wakayoshi ve arkadaşları (1992a), yüzmede iş-zaman modeliyle (işin yerine uzaklığı koyarak) bulunan kritik hız ve KLBB'deki yüzme hızı ile 400 metre yüzme hızı ve ventilatuvar eşikteki oksijen tüketimi arasında ilişki bulmuşlardır.

Stegmann ve Kinderman (1982) yükün belirlenmesinde sabit bir değer olan KLBB yerine bireysel anaerobik eşiğin kullanılmasının daha doğru olacağını vurgulamışlardır. Jenkins ve Quigley (1990) iyi antrenmanlı bisikletçilerin 8.9 mmol/L'lik kan laktat konsantrasyonunu tolere edebildiğini göstermişlerdir. KLBB yerine, hem  $VO_{2max}$  ile hem de kritik güçle yüksek korelasyon gösterdikleri için, lineer ventilatuvar eşiğin ve  $VCO_2$  verileri kullanılarak  $D_{max}$  yöntemiyle bulunan ventilatuvar eşiğin ( $VE_{CO_2}$ ) kullanılmasını öneriyoruz. Bireysel anaerobik eşik

yöntemini ise istirahatte ve egzersiz sırasında kan laktatının belirlenmesini gerektirdiğinden pratik bulmuyoruz.

Çalışmamızda diğer çalışmalardan farklı olarak KG'deki egzersiz süresinin ve KG'deki işin de  $VO_{2max}$  ile ve anaerobik eşiklerle ilişkileri incelenmiş ve herhangi bir anlamlı ilişki bulunamamıştır (Tablo 4.4).

Kritik güç ile çeşitli yöntemlerle hesaplanan anaerobik eşik değerleri arasında anlamlı farklar vardır; bizim çalışmamızda % 14 - 58 arasında fark bulundu. Kritik güç ( $168.4 \pm 24.6$  W) ile lineer yöntemle belirlenen ventilatuvar eşik ( $106.1 \pm 29.0$  W) arasında bulduğumuz % 58'lik fark, Poole ve arkadaşlarının (1988) 8 erkekte buldukları % 64'lük farkla uyumludur. Talbert ve arkadaşları (1991) kritik gücün ventilatuvar eşikten % 16, Gaesser ve arkadaşları (1995) % 21 yüksek olduğunu göstermişlerdir. Gaesser ve arkadaşlarının (1995) ventilatuvar eşik değerinin diğer çalışmalara göre yüksek olması farklı protokol kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Housh ve arkadaşları (1991a), DeVries ve arkadaşlarının (1987) çalışmasındaki 32 kişinin verilerini kullanarak KG'ün, KLBB'deki güç çıktısından % 28 yüksek olduğunu saptamışlardır. Çalışmamızda kritik güç KLBB'ye göre % 48 yüksekti. McLellan ve Cheung (1992), 14 erkeğe 5 maksimum test uyguladıklarında buldukları KG değerinin bireysel anaerobik eşikten % 13 yüksek olduğunu göstermişlerdir (Tablo 5.2).

Maksimal laktat sabit durumundaki yük, kritik güce göre % 7-9 daha düşük bulunmuştur (Jenkins ve Quigley 1990, Pringle ve Jones 2002). Smith ve Jones (2001) koşu bandında maksimal laktat sabit durumundaki hız (13.8 km/saat), kritik hız (14.4 km/saat) ve laktat sapma noktasındaki hız (13.7 km/saat) arasında fark bulamamış ve bu parametrelerin birbirleri yerine kullanılabileceğini bildirmişlerdir. Maksimal laktat sabit durumunun belirlendiği çalışmalardan Smith ve Jones'un çalışmasında (2001) fark bulunamaması, Jenkins ve Quigley (1990)'in ve Pringle ve Jones (2002)'un çalışmalarında % 7-9'luk küçük bir fark olması koşu bandı ve bisiklet ergometresi arasındaki uygulama farkına bağlanabilir.

Tablo 5.2. Bu çalışmada ve başka çalışmalarda kritik güç ve ventilatuvar eşiğın oluştığu yükler arasındaki farklar

Çalışma	Kritik Güç (W)	Ventilatuvar Eşik veya KLBB (W)	Fark (%)
Bu çalışma	168	106	58
		113*	48
Poole ve ark (1988)	197	120	64
Talbert ve ark (1991)	171	147	16
Gaesser ve ark (1995)	229	189	21
Housh ve ark (1991a)	230	180*	28
Mc Lellan ve Cheung (1992)	269	235**	13

\*: KLBB, \*\*: Bireysel anaerobik eşik

### 5.3. Anaerobik Eşikler Arasındaki İlişkiler

Bu çalışmada saptadığımız 3 ventilatuvar eşik birbirleriyle ileri derecede anlamlı şekilde ilişkili idi ( $r=0.661-0.734$ ,  $P<0.001$ ). Kalp hızı sapma noktası,  $VE_{lin}$ ,  $VE_{VE}$  ve KLBB ile  $P<0.05$  düzeyinde ilişkili iken KLBB ile  $VE_{CO_2}$  arasında yine  $P<0.05$  düzeyinde anlamlı ilişki vardı.

Caiozzo ve arkadaşları (1982) ventilatuvar eşiklerden  $VE/VO_2$  kullanılarak belirlenenin, laktat eşığı ile ilişkisi ( $r=0.93$ ,  $P<0.001$ ) ve test-retest ( $r=0.93$ ,  $P<0.001$ ) güvenilirliği en yüksek olduğu için, anaerobik eşiğın hassas ve güvenilir şekilde tayinini sağladığını belirtmektedirler. Powers ve arkadaşları (1984) da 13 sağlıklı erkekte laktat eşiğının en fazla  $VE/VO_2$  ölçümü ile saptanan ventilatuvar eşikle ilişkili olduğunu göstermişlerdir. Meyer ve arkadaşları (1996) sağlıklı bireylerde ve koroner kalp hastalarında rampa egzersizinde R ve  $EqO_2$  yöntemi ile belirlenen VE'deki  $O_2$  değerinin, laktat eşiğindeki değerden anlamlı şekilde yüksek olduğunu bulmuşlardır.

Zacharogiannis ve Farrally (1993) iyi antrenmanlı 12 koşucuda koşu bandı kullanarak yaptıkları çalışmada, kalp hızı sapma noktası ile ventilatuvar eşik arasında ilişki ( $r=0.96$ ,  $P<0.01$ ) bulunduğunu saptamışlardır. Bunc ve arkadaşları (1995) sağlıklı kadınlarda modifiye Conconi protokolünü kullanarak hesapladıkları kalp hızı



eşliğini (=KHSN) VE, LE ve EMG ile belirlenen anaerobik eşiklerle anlamlı şekilde ilişkili ( $P<0.001$ ) bulmuş ve kalp hızı eşığının antrenmansız kişilerde anaerobik eşığın belirlenmesinde bir alternatif oluşturduğunu bildirmişlerdir. Baraldi ve arkadaşları (1989), çocuklarda koşu bandı ile yaptıkları çalışmada kalp hızı sapma noktası ile ventilatuvar eşik arasında ilişki olduğunu ( $r= 0.80, P<0.001$ ) ve iki eşığın aynı yükte olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada da kalp hızı sapma noktası ile  $VE_{VE}$  ve  $VE_{lin}$  arasında anlamlı ilişki (sırasıyla  $r= 0.585$  ve  $r= 0.523$ , her ikisi için  $P<0.05$ ) bulundu.

Kalp hızı sapma noktası ile laktat eşığı arasında Hofmann ve arkadaşları (1994b)  $r= 0.974$ 'lük ( $P<0.001$ ), Riberio ve arkadaşları (1985)  $r= 0.97$ 'lik ( $P<0.001$ ) ilişkiler bulmuşlardır. Lèger ve Tokmakidis (1988) kalp hızı sapma noktasındaki koşu hızının laktat eşigindekenden % 13 daha yüksek olduğunu ve iki eşik arasında düşük korelasyon bulunduğunu göstermişlerdir. Bourgois ve Vrijens (1998) Conconi'nin yeni protokolünü genç kürekçilere uygulayarak saptadıkları kalp hızı sapma noktasını KLBB ve BAE ile karşılaştırdıklarında anlamlı ilişki bulamamışlardır. Çalışmamızda ise kalp hızı sapma noktası ile KLBB arasında anlamlı ilişki ( $r= 0.608, P<0.05$ ) saptandı. Thorland ve arkadaşları (1994) beslenme durumu değiştiğinde laktat eşığı ile kalp hızı sapma noktası arasındaki ilişkinin de değiştiğini ortaya koymuşlardır.

Tokmakidis ve Lèger (1992) elit erkek koşucular üzerinde yaptıkları çalışmada, farklı yöntemlerle hesapladıkları kalp hızı sapma noktasındaki koşu hızlarının laktat eşigindeki hızlardan anlamlı şekilde farklı olduğunu ve bu hızlar arasında düşük ilişkiler bulunduğunu bildirmişlerdir. Schmid ve arkadaşları (1998) dayanıklılık antrenmanları yapan 8'i paraplejik, 19 erkek sporcuda kürek ergometresinde kalp hızı sapma noktasındaki yük ile kan laktat birikmesinin başlangıç noktası arasında anlamlı ilişki bulmuş ve hem sağlıklı sporcularda hem de paraplejik sporcularda kalp hızı sapma noktasındaki yükün kan laktat birikmesinin başlangıç noktasındaki yükten yüksek olduğunu göstermişlerdir. Kuipers ve arkadaşları (1988) kalp hızı sapma noktasının, kan laktat birikmesinin başlangıç noktasına göre daha yüksek yüklerde olduğunu bulmuşlardır. Çalışmamızda da kalp hızı sapma noktasındaki yük, kan laktat birikmesinin başlangıç noktasındaki yüke göre % 30 daha yüksekti (KHSN 147 watt, KLBB 113 watt).

**SONUÇ:** Kritik gücü maksimal aerobik güçle ve bazı anaerobik eşiklerle ilişkili bulmamıza rağmen, kritik güçteki egzersiz süresi ve işle bu dayanıklılık parametreleri arasında ilişki bulamadığımız için kritik güçteki egzersiz süresinin ve işin, dayanıklılığın tayininde ölçü olarak kullanılamayacaklarını düşünüyoruz.

Maksimal aerobik güçle ve kritik güçle ilişkileri diğer anaerobik eşiklere göre daha anlamlı olduğundan lineer ventilatuvar eşğin veya  $VCO_2$  verileri kullanılarak  $D_{max}$  yöntemi ile bulunan ventilatuvar eşğin anaerobik eşik tayininde kullanımının daha uygun olacağı kanaatini taşıyoruz.



## 6. ÖZET

S.Ü. Sağlık Bilimleri Enstitüsü  
Fizyoloji (TIP) Anabilim Dalı

DOKTORA TEZİ / KONYA-2002

Nilsel OKUDAN

Danışman  
Prof.Dr.Hakkı GÖKBEL

### **Kritik Güç ile Maksimal Oksijen Tüketimi ve Anaerobik Eşik Arasındaki İlişkiler**

Çalışmanın amacı kritik güç, maksimal oksijen tüketimi ve anaerobik eşikler arasındaki ilişkileri incelemektir.

Yaşları 18-22 arasında olan 30 sedanter erkeğe maksimal oksijen tüketiminin ve anaerobik eşiklerin belirlenmesi için bisiklet ergometresinde yoğunluğu giderek artan bir maksimal egzersiz yaptırıldı. Bu sırada solumun gaz parametreleri SensorMedics 2900 Metabolik Ölçüm Kartı kullanılarak 20, kalp hızı değerleri ise Polar Sport Tester aracılığıyla 5 saniyede bir kaydedildi. Egzersiz sırasında iki dakikada bir el parmak ucundan kapiller kan örnekleri alınarak Accusport Laktat Analizörü ile laktat konsantrasyonları belirlendi. Elde edilen gaz değişim parametreleri, kalp hızı ve laktat değerlerinden 3 ayrı ventilatuvar eşik, kalp hızı sapma noktası ve kan laktat birikmesinin başlangıcı hesaplandı. Kritik güç testi için farklı günlerde üç ayrı yük uygulandı ve kritik güç lineer iş-zaman ilişkisi kullanılarak hesaplandı. Her katılımcıya kendi kritik güç değerinde tükenmeye kadar egzersiz yaptırılarak kritik güçteki egzersiz süresi ve kritik güçteki iş belirlendi.

Kritik güç,  $VO_{2max}$  ve bazı anaerobik eşiklerle ilişki bulundu. Kritik güç,  $VO_{2max}$ 'ın oluştuğu yükten düşük, anaerobik eşiklerin oluştuğu yüklerden yüksekti. Kritik güçteki egzersiz süresi ve kritik güçteki iş ile  $VO_{2max}$  ve anaerobik eşikler arasında ilişki yoktu.

Kritik gücü maksimal aerobik güçle ve bazı anaerobik eşiklerle ilişkili bulmamıza rağmen, kritik güçteki egzersiz süresi ve işle bu dayanıklılık parametreleri arasında ilişki bulamadığımız için kritik güçteki egzersiz süresinin ve işin, dayanıklılığın tayininde ölçü olarak kullanılamayacaklarını düşünüyoruz. Maksimal aerobik güçle ve kritik güçle ilişkileri diğer anaerobik eşiklere göre daha anlamlı olduğundan lineer ventilatuar eşiğın veya  $VCO_2$  verileri kullanılarak  $D_{max}$  yöntemi ile bulunan ventilatuar eşiğın anaerobik eşik tayininde kullanımının daha uygun olacağı kanaatini taşıyoruz.



## 7. SUMMARY

### **The Relationships Between Critical Power and Maximal Oxygen Utilization and Anaerobic Threshold**

The purpose of this study was to evaluate the relations among the critical power, maximal oxygen utilization and anaerobic thresholds.

In order to determine maximal oxygen consumption and anaerobic thresholds on 30 sedentary men aged 18-22 years, an incremental maximal exercise test on cycle ergometer was performed. During this test respiratory gas parameters were recorded by SensorMedics 2900 Metabolic Measurement Cart in every 20, heart rate values were recorded by Polar Sport Tester in every 5 seconds and blood lactate concentrations were determined by Accusport Lactate Analyzer on capillary blood samples from fingertip at every two minutes. From the gas exchange parameters and heart rate and lactate values, three separate ventilatory thresholds, heart rate deflection point and the onset of blood lactate accumulation were calculated. Three different loads were applied for the critical power test at different days and linear work-time relationship method was used to estimate the critical power. Each participant performed an exercise test at his critical power until exhaustion and then the duration of exercise and work were determined.

It was found that the critical power was correlated with  $VO_{2max}$  and some anaerobic thresholds. The critical power was lower than the load at which  $VO_{2max}$  was occurred, but higher than the loads at which anaerobic thresholds were occurred. The duration of exercise and work at the critical power were not correlated with  $VO_{2max}$  and anaerobic thresholds.

Although the critical power is related to the maximal aerobic power and some anaerobic thresholds, we consider that duration of exercise and work at the critical power can not be used as criteria in the determination of endurance since exercise time and work at the critical power are not correlated to these endurance parameters. As the relations between the maximal aerobic power and the critical power are more significant, we suggest that to use using the linear ventilatory threshold and the ventilatory threshold determined by  $D_{max}$  method is more appropriate in the determination of anaerobic threshold.

## 8. KAYNAKLAR

- Anosov O, Patzak A, Kononovich P and Persson PB (2000)** *High-frequency oscillations of the heart rate during ramp load reflect the human anaerobic threshold*, Eur J Appl Physiol, 83, 388-394.
- Antonutto G and Di Prampero PE (1995)** *The concept of lactate threshold*, J Sports Med Phys Fitness, 35, 6-12.
- Arabi H, Vandewalle H, Kapitaniak B and Monod H (1999)** *Evaluation of wheelchair users in the field and laboratory: Feasibility of progressive tests and critical velocity tests*, Intern J Indust Ergonomics, 24, 483-491.
- Armstrong N and Welsman JR (1994)** *Assessment and interpretation of aerobic fitness in children and adolescent*, Exerc Sport Sci Rev, 22, 435-476.
- Astrand PO and Rodahl K (1986)** *Textbook of Work Physiology, 3<sup>rd</sup> ed.* Singapore: McGraw-Hill International Editions, 333.
- Aunola S and Rusko H (1984)** *Reproducibility of aerobic thresholds in 20-50 years old men*, Eur J Appl Physiol, 53, 260-266.
- Aunola S and Rusko H (1986)** *Aerobic and anaerobic thresholds determined from venous lactate or from ventilation and gas exchange in relation to muscle fiber composition*, Int J Sports Med, 7, 161-166.
- Ballarin E, Borsetto C, Cellini M, Patracchini M, Vitiello P and Ziglio PG (1989)** *Adaptation of the "Conconi Test" to children and adolescents*, Int J Sports Med, 10, 334-338.
- Ballarin E, Sudhues U, Borsetto C, Casoni I, Grazi G, Guglielmini C et al (1996)** *Reproducibility of the Conconi Test*, Int J Sports Med, 17, 520-524.
- Baraldi E, Zanconato S, Santoz PA and Zacchello F (1989)** *A comparison of two noninvasive methods in the determination of anaerobic threshold in children*, Int J Sports Med, 10, 132-134.
- Beaver WL, Wasserman K and Whipp BJ (1985)** *Improved detection of lactate threshold during exercise using a log-log transformation*, J Appl Physiol, 59, 1936-1940.
- Beaver WL, Wasserman K and Whipp BJ (1986)** *A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange*, J Appl Physiol, 60, 2020-2027.
- Beneke R and von Duvillard SP (1996)** *Determination of maximal lactate steady – state response in selected sports events*, Med Sci Sports Exerc, 28, 241-246.
- Billat V, Beillot J, Jan J, Rochcongar P and Carre F (1996)** *Gender effect on the relationship of time limit at 100%  $VO_{2max}$  with other bioenergetic characteristics*, Med Sci Sports Exerc, 28, 1049-1055.

**Billat V, Renoux JC, Pinoteau J, Petit B and Koralsztein J (1994)** *Times to exhaustion at 100% of velocity at  $VO_{2max}$  and modelling of the-limit / velocity relationship in elite long-distance runners*, Eur J Appl Physiol, 69, 271-273.

**Billat V, Renoux JC, Pinoteau J, Petit B and Koralsztein J (1995)** *Times to exhaustion at 90, 100 and 105 % of velocity at  $VO_{2max}$  (maximal aerobic speed) and critical speed in elite longdistance runners*, Arch Physiol Biochem, 103, 129-135.

**Bischoff MM and Duffin J (1995)** *An aid to the determination of the ventilatory threshold*, Eur J Appl Physiol, 71, 65-70.

**Bishop D, Jenkins DG and Howard A (1998)** *The critical power function is dependent on the duration of the predictive exercise tests chosen*, Int J Sports Med, 19, 125-129.

**Bosquet L, Leger L and Legros P (2002)** *Methods to determine aerobic endurance*, Sports Med, 32, 675-700.

**Bourgeois J and Vrijens J (1998)** *The Conconi test: A contraversial concept for the determination of the anaerobic threshold in young rowers*, Int J Sports Med, 19, 553-559.

**Breuer HWM, Skyschally A, Alf DF, Schulz R and Heusch G (1993)** *Transcutaneous  $PCO_2$ -monitoring for the evulation of anaerobic threshold*, Int J Sports Med, 14, 417-421.

**Brooks GA (1985)** *Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research*, Med Sci Sports Exerc 17, 22-31.

**Bunc V and Heller J (1993)** *Ventilatory threshold in young and adult female athletes*, J Sports Med Phys Fitness, 33, 233-238.

**Bunc V, Hofmann P, Leitner H and Gaisl G (1995)** *Verification of the heart rate threshold*, Eur J Appl Physiol, 70, 263-269.

**Caiozzo V, Davis JA, Ellis JF, Azus JL, Vandagriff R, Prietto CA et al (1982)** *Comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold*, J Appl Physiol, 53, 1184-1189.

**Carey DG, Raymond RL and Duoos BA (2002)** *Intra-and inter-observer reliability in selection of the heart rate deflection point during incremental exercise: Comparison a computer-generated deflection point*, J Sports Sci Med, 4,115-121.

**Carnevale TJ and Gaesser G (1991)** *Effects of pedaling speed on the power-duration relationship for high-intensity exercise*, Med Sci Sports Exerc, 23, 242-246.

**Cheng B, Kuipers H, Snyder AC, Keizer HA, Jeukendrup A and Hesselink M (1992)** *A new approach for the determination of ventilatory and lactate threshold*, Int J Sports Med, 13, 518-522.

**Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, Droghetti P and Codeca L (1982)** *Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners*, J Appl Physiol, 52, 869-873.

**Conconi F, Grazi G, Casoni I, Guglielmini C, Borsetto C and Ballarin E (1996)** *The Conconi test: Methodology after 12 years of application*, Int J Sports Med, 17, 509-519.

**Davis JA (1985)** *Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research*, Med Sci Sports Exerc, 17, 6-18.

**De Vries HA, Tichy MW, Housh TJ, Smyth KD, Tichy AM and Housh DJ (1987)** *A method for estimating physical working capacity at the fatigue threshold (PWKG<sub>F</sub>)*, Ergonomics, 30, 1195-1204.

**Droghetti P, Borsetto C, Casoni I, Cellini M, Ferrari M and Paolini AR (1985)** *Noninvasive determination of the anaerobic threshold in canoeing, cross-country skiing, cycling, roller and iceskating, rowing, and walking*, Eur J Appl Physiol, 53, 299-303.

**Ekblom B (1986)** *Factors determining maximal aerobic power*, Acta Physiol Scand, 128: Suppl 556:15-19.

**Gaesser GA, Carnevale TJ, Garfinkel A, Walter DO and Womack CJ (1995)** *Estimation of critical power with nonlinear and linear models*, Med Sci Sports Exerc, 27, 1430-1438.

**Gaisl G and Hofmann P (1988)** *Modification of the Conconi test for children*, Seoul Olympic Scientific Congress, Seoul.

**Gaisl G and Hofmann P (1989)** *Standardization of the modified Conconi test for sedantary persons*, Advances In Ergometry, 6<sup>th</sup> International Seminar on Ergometry, Vienna, Austria, April 26-30.

**Gaisl G and Wiesspeiner G (1988)** *A noninvasive method of determining the anaerobic threshold in children*, Int J Sports Med, 8, 41-44.

**Gaskill SE, Ruby BC, Walker AJ, Sanchez OA, Serfass RC and Leon AS (2001)** *Validity and reliability of combining three methods to determine ventilatory threshold*, Med Sci Sports Exerc, 33, 1841-1848.

**Gilman MB and Wells CL (1993)** *The use of heart rates to monitor exercise intensity in relation to metabolic variables*, Int J Sports Med, 14, 339-344.

**Glass C, Knowlton RG, Sanjabi PB and Sullivan JJ (1997)** *The effect of exercise induced glycogen depletion on the lactate, ventilatory and electromyographic thresholds*, J Sports Phys Fitness, 37, 32-40.

**Gökbel H (1989)** *Maksimal aerobik güç ve kalıtım*, Spor Hek Derg, 24, 79-81.



- Grazzi G, Alfieri N, Borsetto C, Casoni I, Fabio M, Mazzoni G et al (1999)** *The power output/heart rate relationship in cycling: Test standardization and repeatability*, Med Sci Sports Exerc, 31, 1478-1483.
- Green HJ and Patla AE (1992)** *Maximal aerobic power: Neuromuscular and metabolic considerations*, Med Sci Sport Exerc, 24, 38-46.
- Grimby G and Saltin (1971)** *Physiological effects of physical training*, Scand J Rehab Med, 3, 6-14.
- Gür H (1990)** *Uzun mesafe koşucularının başarısının belirlenmesinde etkili olan fizyolojik parametreler*. Spor Bil Bülteni, 1, 3-4, 10-15.
- Haffor AA and Kirk PCA (1988)** *Anaerobic threshold and relation of ventilation to CO<sub>2</sub> output during exercise in 11 years olds*, J Sports Med Phys Fitness, 28, 74-78.
- Hagberg JM, Coyle EF, Carrol JE, Miller JM, Martin WH and Brooke MH (1982)** *Exercise hyperventilation in patients with McArdle's disease*, J Appl Physiol, 52, 991-994.
- Heck H, Mader A, Hess G, Mücke S, Müller R and Hollmann W (1985)** *Justification of the 4 mmol/l lactate threshold*, Int J Sports Med, 6, 117-130.
- Hickson RC, Foster C, Pollock ML, Galassi TM and Rich S (1985)** *Reduced training intensities and loss of aerobic power, endurance, and cardiac growth*, J Appl Physiol, 58, 492-498.
- Hill DW (1993)** *The critical power concept: A review*, Sports Med, 16: 237-254.
- Hofmann P, Pokan R, Preidler K, Leitner H, Szolar D, Eber B et al (1994a)** *Relationship between heart rate threshold, lactate turn point and myocardial function*, Int J Sports Med, 15, 232-237.
- Hofmann P, Bunc V, Leitner H, Pokan R and Gaisl G (1994b)** *Heart rate threshold related to lactate turn point and steady-state exercise on a cycle ergometer*, Eur J Appl Physiol, 69, 132-139.
- Hofmann P, Pokan R, von Duvillard SP, Seibert FJ, Zweiker R and Schmid P (1997)** *Heart rate performance curve during incremental cycle ergometer exercise in healthy young male subjects*, Med Sci Sports Exerc, 29, 762-768.
- Hopkins WG, Edmond IM, Hamilton BH, Macfarlane DJ and Ross BH (1989)** *Relation between power and endurance for treadmill running of short duration*, Ergonomics, 32, 1565-1571.
- Housh DJ, Housh TJ and Bauge SM (1989)** *The accuracy of the critical power test for predicting time to exhaustion during cycle ergometry*, Ergonomics, 32, 997-1004.
- Housh DJ, Housh TJ and Bauge SM (1990)** *A methodological consideration for the determination of critical power and anaerobic work capacity*, Res Quart Exerc Sport, 61, 406-409.

- Housh TJ, Cramer JT, Bull AJ, Johnson GO and Housh DJ (2001)** *The effect of mathematical modelling on critical velocity*, Eur J Appl Physiol, 84, 469-475.
- Housh TJ, DeVries HA, Housh DJ, Tichy MW, Smyth KD and Tichy AM (1991a)** *The relationship between critical power and the onset of blood lactate accumulation*, J Sports Med Phys Fitness, 31, 31-36.
- Housh TJ, Johnson GO, McDowell SL, Housh DJ and Pepper M (1991b)** *Physiological responses at the fatigue threshold*, Int J Sports Med, 12, 305-308.
- Hughes EF, Turner SC and Brooks GA (1982)** *Effects of glycogen depletion and pedaling speed on "anaerobic threshold"*. J Appl Physiol, 52, 1598-1607.
- Hughson RL (1984a)** *Methodologies for measurement of the anaerobic threshold*, Physiologist, 27, 304-311.
- Hughson RL, Orok CJ and Staudt LE (1984b)** *A high velocity treadmill running test to assess endurance running potential*. Int J Sport Med, 5, 23-25.
- Jacobs I and Kaiser P (1982)** *Lactate in blood, mixed skeletal muscle, and FT or ST fibres during cycle exercise in man*, Acta Physiol Scand, 114, 461-466.
- James NW, Adams GM and Wilson AF (1989)** *Determination of anaerobic threshold by ventilatory frequency*, Int J Sports Med, 10, 192-196.
- Jenkins DG and Quigley BM (1990)** *Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power*, Eur Appl Physiol, 61, 278-283.
- Jenkins DG and Quigley BM (1991)** *The y-intercept of the critical power function as a measure of anaerobic work capacity*, Ergonomics, 34, 13-22.
- Jenkins DG and Quigley BM (1992)** *Endurance training enhances critical power*, Med Sci Sports Exerc, 24, 1283-1289.
- Jenkins DG and Quigley BM (1993)** *The influence of high-intensity exercise training on the  $W_{lim}$ - $T_{lim}$  relationship*, Med Sci Sports Exerc, 25, 275-282.
- Jeukendrup AE, Hesselink MKC, Kuipers H and Keizer HA (1996)** *The Conconi test*, Int J Sports Med, 17, 509-519.
- Jones AM and Doust JH (1995)** *Lack of reliability in Conconi's heart rate deflection point*, Int J Sports Med, 18, 541-544.
- Kara M ve Gökbel H (1994)** *Anaerobik eşik ve klinik önemi*, Spor Hek Derg, 29, 161-175.
- Kara M, Gökbel H, Bediz C, Ergene N, Üçok K and Uysal H (1996)** *Determination of the heart rate deflection point*, J Sports Med Phys Fitness, 36, 31-34.
- Kelly GE (2001)** *Estimation of the gas exchange threshold in humans: A time series approach*, Eur J Appl Physiol, 85, 586-592.

- Kuipers H, Keizer HA, de Viries T, van Rijnhoven P and Wijts M (1988)** *Comparison of heart rate as a non-invasive determinant of anaerobic threshold with the lactate threshold when cycling*, Eur J Appl Physiol, 58, 303-306.
- Le Chevalier JM, Vandewalle H, Thépaut-Mathieu C, Stein JF and Caplan L (2000)** *Local critical power is an index of local endurance*, Eur J Appl Physiol, 81, 120-127.
- Léger L and Tokmakidis S (1988)** *Use of the heart rate deflection point to assess the anaerobic threshold*, J Appl Physiol, 64, 1758-1759.
- Leitner H, Hofmann P and Gaisl G (1988)** *A method for the microcomputer-aided determination of anaerobic threshold by means of heart rate curve analysis*, Conference Proceedings, Graz, BME-Austria, June 9-11.
- Lucia A, Sanchez O, Carvajal A and Chicharro JL (1999)** *Analysis of the aerobic-anaerobic transition in elite cyclist during incremental exercise with the use of electromyography*, Br J Sports Med, 33, 178-185.
- Maffuli N, Capasso G and Lancia A (1991)** *Anaerobic threshold and performance in middle and long distance running*, J Sports Med Phys Fitness, 28, 332-338.
- Marti B and Howald H (1990)** *Long-term effects of physical training on aerobic capacity: Controlled study of former elite athletes*, J Appl Physiol, 69, 1451-1459.
- McDermott JC and Bonen A (1993)** *Endurance training increases skeletal muscle*, Acta Physiol Scand, 147, 323-327.
- McLellan TM and Cheung KSY (1992)** *A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power*, Med Sci Sports Exerc, 24, 543-550.
- McMorris T, Sproule J, Draper S, Child R, Sexsmith JR, Forster CD et al (2000)** *The measurement of plasma catecholamine and lactate thresholds: A comparison of methods*, Eur J Appl Physiol, 82, 262-267.
- Meyer K, Hajric R, Westbrook S, Samek S, Lehmann M, Schwaibold M et al (1996)** *Ventilatory and lactate threshold determinations in healthy normals and cardiac patients: Methodological problems*, J Appl Physiol, 72, 387-393.
- MinkenYP, Gardner RM, Adams TD, Yanowitz FG and Crapo TD (1983)** *"Anaerobic threshold": Problems of determination and validation*, J Appl Physiol Respirat Environ Exerc Physiol, 55, 1178-1186.
- Moritani T, Nagata A, deVeries HA and Muro M (1981)** *Critical power as measure of physical work capacity and anaerobic threshold*, Ergonomics, 24, 339-350.
- Morton RH (1997)** *Alternate forms of the critical power test for ramp exercise*, Ergonomics, 40, 511-514.

**Morton RH, Green S, Bishop D and Jenkins DG (1997)** *Ramp and constant power trials produce equivalent critical power estimates*, Med Sci Sports Exerc, 29, 833-836.

**Nebelsick-Gullett LJ, Housh TJ, Johnson GO and Bauge SM (1988)** *A comparison between methods of measuring anaerobic work capacity*. Ergonomics, 31, 1413-1419.

**Palka MJ and Rogozinski A (1986)** *Standarts and predicted values of anaerobic threshold*, Eur J Appl Physiol, 54, 643-646.

**Pepper ML, Housh TJ and Johnson GO (1992)** *The accuracy of the critical velocity test for predicting time to exhaustion during treadmill running*. Int J Sports Med, 13, 121-124.

**Pollock ML and Wilmore JH (1990)** *Exercise in Health and Disease: Evaluation and Prescription for prevention and rehabilitation*, 2<sup>nd</sup> ed., USA: WB Saunders Comp, 95-96.

**Pokan R, Hofmann K, Lehmann M, Leitner H, Eber B and Gasser R (1995)** *Heart rate deflection related to lactate performance curve and plasma catecholamine response during incremental cycle ergometer exercise*, Eur J Appl Physiol, 70, 175-179.

**Pokan R, Hofmann K, Preidler K, Leitner H, Dusleag J, Eber B et al (1993)** *Correlation between inflection of heart rate /work performance curve and myocardial function in exhausting cycle ergometer exercise*, Eur J Appl Physiol, 67, 385-388.

**Pokan R, Hofmann P, von Duvillard SP, Beaufort F, Smekal G and Gasser R (1998a)** *The heart rate performance curve and left ventricular function during exercise in patients after myocardial infarction*, Med Sci Sports Exerc, 30, 1475-1480.

**Pokan R, Hofmann K, von Duvillard SP, Schumacher M, Gasser R, Zweiker R et al (1998b)** *Parasympathetic receptor blockade and the heart rate performance curve*, Med Sci Sports Exerc, 30, 229-233.

**Pokan R, Hofmann P, von Duvillard SP, Smekal G, Hogler R, Tschann H et al (1999)** *The heart rate turn point reliability and methodological aspects*, Med Sci Sports Exerc, 31, 903-907.

**Poole DC, Ward SA, Gardner GW and Whipp BJ (1988)** *Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man*, Ergonomics, 31, 1265-1279.

**Posner JD, Gorman KM, Klein HS and Cline CJ (1987)** *Ventilatory threshold: Measurement and variation with age*, J Appl Physiol, 63, 1519-1525.

**Powers SK, Dodd S and Garner R (1984)** *Precision of ventilatory and gas exchange alterations as a predictor of the anaerobic threshold*, Eur J Appl Physiol, 52, 173-177.

**Powers SK and Howley ET (1994)**: *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance*. 2<sup>nd</sup> ed, USA WBC Brown Publishers.

**Prampero PE (1986)** *The anaerobic threshold concept: A critical evaluation*, Adv Cardiol, 35, 24-34.

**Pringle JSM and Jones AM (2002)** *Maximal lactate steady state, critical power and EMG during cycling*, Eur J Appl Physiol, 88, 214-226.

**Prioux J, Ramonatxo M, Hayot M, Mucci P and Préfaut C (2000)** *Effect of ageing on the ventilatory response and lactate kinetics during incremental exercise in man*, Eur J Appl Physiol, 81, 100-107.

**Quirion A, Brisson GR, Laurencelle L, De Carufel D, Audet A, Dulac S, et al (1988)** *Lactate threshold and onset of blood lactate accumulation during incremental exercise after dietary modifications*, Eur J Appl Physiol, 57, 192-197.

**Reilly T, Secher N, Snell P and Williams C (1990)** *Physiology of Sports*. 24, Chapman and Hall, UK.

**Reybrouck T, Weymans M, Stijns H, Knops J and Hauwaert V (1985)** *Ventilatory anaerobic threshold in healthy children*, Eur J Appl Physiol, 54, 278-284.

**Riberio JP, Fielding RA, Hughes V, Black A, Bochese MA and Knuttgen HG (1985)** *Heart rate break point may coincide with the anaerobic and not the aerobic threshold*, Int J Sports Med, 6, 220-224.

**Robergs RA and Roberts SO (1997)** *Exercise Physiology: Exercise, Performance, and Clinical Applications*, 57, 588, 624. Mosby, USA.

**Ross RM (1989)** *Interpreting Exercise Tests*, CSI Software, Houston.

**Rowland TW and Green GM (1989)** *Anaerobic threshold and determination of training target heart rates in premenarchal girls*, Pediatr Cardiol, 10, 75-79.

**Rusko H, Luhtanen P, Rahkila P, Viitasalo J, Rehunen S and Härkönen M (1986)** *Muscle metabolism blood lactate and oxygen uptake in steady state exercise at aerobic and anaerobic threshold*, Eur J Appl Physiol, 55, 181-186.

**Scarborough PA, Smith JC, Talbert SM and Hill DW (1991)** *Time to exhaustion at the power asymptote critical power in men and women*, Med Sci Sports Exerc, 23:S12.

**Schmid A, Huonker M, Aramendi JF, Klüppel E, Barturen JM, Grathwohl D et al (1998)** *Heart rate deflection compared to 4 mmol.l<sup>-1</sup> lactate threshold during incremental exercise and to lactate during steady-state exercise on an arm-cracking ergometer in paraplegic athletes*, Eur J Appl Physiol, 78, 117-182.

**Shah AA, Kurdikar VL, Mathur RS and Shah JR (1991)** *Anaerobic threshold as a measure of physical work capacity*, J Assoc Phys India, 39, 534-536.

**Shimizu M, Myers J, Buchanan N, Wals D, Kraemer M, McAuley P et al (1991)** *The ventilatory threshold: Method, protocol and evaluator agreement*, Am Heart J, 122, 509-516.

**Sietsema KE (1994)** *Anaerobic Threshold*, In "Sports and Exerc Med, Lung Biology in Health and Disease, Vol 76" ed. by SC Wood, RC Roach, 173-183, Marcel-Dekker Inc, USA.

**Simonova ON, Roze EN, Shlyakhto EV and Bonderenko BB (2001)** *Evulation of anaerobic thresholds based on the heart rate changes recorded during standard exercise tests*, Human Physiol, 27, 445-446.

**Smith CGM and Jones AM (2001)** *The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners*, Eur J Appl Physiol, 85, 19-26.

**Smith JC, Dangelmaier BS and Hill DW (1999)** *Critical power is related to cycling time trial performance*, Int J Sports Med, 20, 374-378.

**Smith JC, Stephens DP, Hall EL, Jackson AW and Earnest CP (1998)** *Effect of oral creatine ingestion on parameters of the work rate-time relationship and time to exhaustion in high-intensity cycling*, Eur J Appl Physiol, 77, 360-365.

**Stachenfeld NS, Eskanazi M, Gleim GW, Coplan NL and Nicholas JA (1992)** *Predictive accuracy of criteria used to assess maximal oxygen consumption*, Am Heart J, 123, 922-925.

**Stegmann H and Kindermann W (1982)** *Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and fixed anaerobic threshold of 4 mmol.l<sup>-1</sup> lactate*, Int J Sports Med, 3, 105-110.

**Stegmann H, Kindermann W and Schnabel A (1981)** *Lactate kinetics and individual anaerobic threshold*, Int J Sports Med, 2, 160-5.

**Talbert SM, Smith JC, Scarborough PA and Hill DW (1991)** *Relationships between the power asymptote and indices of aerobic and anaerobic power*, Med Sci Sports Exerc, 23:S27.

**Tanaka K, Matsuura Y, Kumagai S, Matsuzaka A, Hiraoka K and Asano K (1983)** *Relationship of anaerobic threshold and onset of blood lactate accumulation with endurance performance*, Eur J Appl Physiol, 52, 51-56.

**Thorland W, Podolin DA and Mazzeo RS (1994)** *Coincidence of lactate threshold and HR-power output threshold under varied nutritional states*, Int J Sports Med, 15, 301-304.

**Tokmakidis SP and Léger L (1992)** *Comparison of mathematically determined blood lactate and heart rate "threshold" points and relationship with performance*, Eur J Appl Physiol, 64, 309-317.

**Vago P, Mercier J, Ramonatxo M and Prefaut C (1987)** *Is ventilatory anaerobic threshold a good index of endurance capacity?*, Int J Sports Med, 8, 190-195.

**Vandewalle H, Kapitaniak B, Grun S, Raveneau S and Monod H (1989)** *Comparison between a 30-s all-out test and a time-work test on a cycle ergometer*, Eur J Appl Physiol, 58, 375-381.

**Vandewalle H, Vautier JF, Kachouri M, LeChevalier JM and Monod H (1997)**, *Work-exhaustion time relationships and critical power concept*, J Sports Med Phys Fitness, 38, 89-102.

**Wakayoshi K, Ikuta K, Yoshida T, Udo M, Moritani T et al (1992a)** *The determination and validity of critical speed as an index of swimming performance in competitive swimmer*, Eur J Appl Physiol, 64, 153-157.

**Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Kasai T, Moritani T, Mutoh Y et al (1992b)** *A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming*, Int J Sports Med, 13, 367-371.

**Washington RL (1999)** *Cardiorespiratory testing: Anaerobic threshold/respiratory threshold*, Pediatr Cardiol, 20, 12-15.

**Wasserman K (1984)** *The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance*, Am Rev Respir Dis, 129, Suppl, S35-40.

**Wasserman K (1986)** *The anaerobic threshold: Definition, physiological significance and identification*, Adv Cardiol, 35, 1-23.

**Wasserman K and Koike A (1992)** *Is the anaerobic threshold truly anaerobic?*, Chest, 101, 211-218S.

**Wasserman K, Beaver WL and Whipp BJ (1990)** *Gas exchange theory and the lactic acidosis (anaerobic) threshold*, Circulation, 81 (suppl II): II-14-II-30.

**Wasserman K, Hansen JE, Sue DY and Whipp BJ (1987)** *Principles of Exercise Testing and Interpretation*, Philadelphia, Lea &Febiger.

**Wasserman K, Stringer WW, Casaburi R, Koike A and Cooper CB (1994)** *Determination of anaerobic threshold by gas exchange: Biochemical considerations, methodology and physiological effects*, Z Cardiol, 83, Suppl, 3, 1-12.

**Wasserman K, Whipp BJ, Koyal SN and Beaver WL (1973)** *Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise*, J Appl Physiol, 35, 236-243.

**Weber KT and Janicki JS (1986)** *Anaerobic threshold and aerobic capacity in evaluation of chronic cardiac or circulatory failure*, Adv Cardiol, 35, 79-87.

**Weltman A (1995)** *The blood lactate response to exercise*, 30, USA: Human Kinetics.

**Wilmore JH and Costill DL (1999)** *Physiology of Sport and Exercise, 2nd ed*, 141, USA: Human Kinetics.

**Yamamoto Y, Miyashita M, Hughson RL, Tamura S, Shinohara M and Mutah Y (1991)** *The ventilatory threshold gives maximal lactate steady-state*, Eur J Appl Physiol, 63, 55-59.

**Yoshida T (1984)** *Effects of dietary modifications on lactate threshold and onset of blood lactate accumulation during incremental exercise*, Eur J Appl Physiol, 53, 200-205.

**Zacharogiannis E and Farraly M (1993)** *Ventilatory threshold, heart rate deflection point and middle distance running performance*, J Sports Med Phys Fitness, 33, 337-347.

**Zhou S and Weston SB (1997)** *Reliability of using the D-max method to define physiological responses to incremental exercise testing*, Physiol Meas, 18, 145-154.





## 9. ÖZGEÇMİŞ

1965 yılında Konya'da doğdu. 1982 yılında Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksek Okulunu kazandı ve 1986 yılında mezun oldu. 1989 yılında Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalında göreve başladı. 1992 yılında Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans öğrenimine başladı. 1993 yılında Fizyoloji Anabilim Dalında Uzman göreve atandı. 1995 yılında yüksek lisans öğrenimini tamamladı. 1997 yılında doktora çalışmalarına başladı.

Evli ve iki erkek çocuk annesidir.



## 10. TEŞEKKÜR

Çalışmamda yardımlarını ve büyük emeklerini esirgemeyen değerli danışman hocam sayın Prof.Dr.Hakkı GÖKBEL'e ve Selçuk Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi 2. sınıf öğrenci arkadaşlarıma teşekkür ederim.



