

Kritik güç ile maksimal oksijen tüketimi ve anaerobik eşik arasındaki ilişkiler

Nilsel OKUDAN, Hakkı GÖKBEL

S.Ü. Meram Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilimdalı, KONYA

ÖZET

Amaç: Kritik güç, maksimal oksijen tüketimi ve anaerobik eşikler arasındaki ilişkileri incelemek. **Yöntem:** 18-22 yaşlarındaki 30 sedanter erkeğe bisiklet ergometresinde yoğunluğu giderek artan maksimal egzersiz yaptırıldı. Solunum gaz parametreleri SensorMedics 2900 Metabolik Ölçüm Kartı kullanılarak 20, kalp hızı değerleri ise Polar Sport Tester aracılığıyla 5 saniyede bir kaydedildi. İki dakikada bir el parmak ucundan kapiller kan alınarak Accusport Laktat Analizörü ile laktat konsantrasyonları belirlendi. 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 lineer iş-zaman ilişkisi kullanılarak kritik güç saptandı. Katılımcılara kritik güç değerlerinde tükenmeye kadar egzersiz yaptırılarak kritik güçteki egzersiz süresi ve iş belirlendi. **Bulgular:** Kritik güç, VO_{2max} ve bazı anaerobik eşiklerle ilişki bulundu. Kritik güç, VO_{2max} 'ın olduğu yükten düşük, anaerobik eşiklerin oluşturduğu yüklerden yüksekti. Kritik güçteki egzersiz süresi ve iş ile VO_{2max} ve anaerobik eşikler arasında ilişki yoktu. **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.

Anahtar Kelimeler: Kritik güç, maksimal aerobik güç, anaerobik eşik, ventilatuar eşik, kalp hızı sapma noktası.

SUMMARY

The relationships of the critical power to maximal oxygen utilization and anaerobic threshold

Objective: To evaluate the relations among the critical power, maximal oxygen utilization and anaerobic thresholds. **Method:** In order to determine the maximal oxygen consumption and anaerobic thresholds on 30 sedentary men aged 18-22 years, an incremental maximal exercise test on cycle ergometer was performed. 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 finger point at the end of 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. **Results:** 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. **Conclusion:** 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.

Key Words: Critical power, maximal aerobic power, anaerobic threshold, ventilatory threshold, heart rate deflection point.

Kritik güç (KG) kavramı güç çıktısı ile güç çıktısının devam ettirilebildiği süre arasında hiperbolik ilişki olduğu temeline dayanır (1). Bu ilişki, maksimum çaba gerektiren 3-7 egzersiz oturumunun sonuçlarına dayanılarak tanımlanabilir (2,3). KG aerobik uyumlu-

luk hakkında bilgi verir (1,4). 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 (3,5).

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 (1).

KG "işin zaman içindeki gerileme eğimi" veya "tükenme oluşmaksızın uzun süre dayanılabilen maksimum güç" olarak tanımlanmış (4,5) ve uygulanan güç KG'ye eşit veya daha az ise tükenme oluşmayabileceği kabul edilmiştir (2,3,6).

KG kavramı, yalnızca ergometre ve kronometre kullanımı ile kritik güç ve anaerobik iş kapasitesi parametrelerinin hesaplanmasını sağladığından caziptir (1,3,5,6). KG kavramının koşu bandına, kayak ve kürek ergometresine, yüzmeye ve üst ekstremitelere uygulanabileceği gösterilmiştir (1,4,7).

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

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmaya yaşları 18-22 arasında değişen, sigara içme alışkanlığı olmayan 30 sağlıklı sedanter erkek katıldı. Yaş, boy ve ağırlık ortalamaları sırasıyla 20.1 ± 1.5 yıl, 176.6 ± 5.9 cm ve 69.7 ± 8.6 kg idi.

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

Egzersiz testleri için SensorMedics Ergoline 900 model elektronik kontrollü bisiklet ergometresi kullanıldı.

Maksimal Aerobik Güç Testi

Maksimal aerobik güç testi sırasında solunum gaz parametreleri SensorMedics 2900 Metabolik Ölçüm Kartı kullanılarak 20, kalp hızı değerleri ise Polar Sport Tester PE3000 tarafından 5 saniyede bir kaydedildi. Laktat analizleri Accusport Laktat Analizörü kullanılarak yapıldı.

Testten önce 40 watt yükte 3 dakikalık ısınma egzersizi uygulandı. Isınmadan sonra ara verilmeden test başlatıldı; bir dakikanın sonunda kalp hızı dakikada 120-130 olacak şekilde, başlangıç yükü 60-100 watt arasında seçildi. Birer dakikalık aralarla

yük 10 watt artırıldı. Başlangıç yükü ve artışlar test en az 12 dakika, en çok 16 dakika sürecek şekilde ayarlandı. Test sırasında iki dakikada bir katılımcıların el parmak ucundan kapiller kan örneği alındı.

Ventilatuvar eşiğin belirlenmesinde üç yöntem kullanıldı:

1) İspirasyon sonu CO_2 basıncında ($PETCO_2$) azalma olmaksızın ispirasyon sonu O_2 basıncında ($PETO_2$) sistematik artışın başladığı noktadaki VO_2 değeri, CO_2 için ventilatuvar eşitlikte (VE_{CO_2}) artış olmaksızın O_2 için ventilatuvar eşitlikte (VE_{O_2}) sistematik artışın başladığı noktadaki VO_2 değeri (VE_{lin}).

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.

Kalp hızı sapma noktası Sport Tester tarafından depolanan ve bilgisayara transfer edilen kalp hızı verilerinden D_{max} yöntemiyle hesaplandı. Laktat konsantrasyonları kullanılan O_2 miktarına karşı grafiğe yerleştirilerek 4 mmol/L laktat değerine (KLBB) karşılık gelen O_2 miktarı bulundu.

Kritik Güç Testi

Katılımcılar oturumların 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.

Kritik gücün hesaplanması için lineer iş-zaman ilişkisi yönteminden yararlanıldı. "İş = Yük (W) x Süre (s)" formülünden her egzersiz oturumunda yapılan iş hesaplandı ve egzersiz süresi ile lineer regresyon analizi yapıldı. Bulunan "İş = a x 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.

İstatistik Analiz

İstatistik analizler bilgisayarda "SPSS for Windows 10.0" programı kullanılarak yapıldı. Ortalamalar (\pm SS) ve Pearson korelasyon analizi ile değerler arasındaki ilişkiler hesaplandı. Değerler arasındaki farkların hesabı tekrarlanan ölçümler için varyans analizi ile yapıldı. Gruplar arasında fark varsa farkın hangi grupta olduğunu göstermek için Bonferroni düzeltmeli Student'in eşleştirilmiş t testi kullanıldı. $P < 0.05$ düzeyindeki değerler anlamlı olarak kabul edildi.

BULGULAR

Lineer yöntemle ventilatuvar eşik 28, VE_{VE} 29, VE_{CO_2} 29, kalp hızı sapma noktası ise 18 katılımcıda saptandı. Ortalama VO_{2max} değeri 2726 ± 421 ml/dk (39.3 ± 5.5 ml/kg/dk) idi. Ortalaması 168.4 ± 24.6 W olan kritik güçteki egzersiz 21.6 ± 8.6 dakika devam ettirilebildi (Tablo 1).

Kritik güç, VO_{2max} 'ın oluştuğu yükten düşük, anaerobik eşiklerin oluştuğu yüklerden yüksek bulundu. Kalp hızı sapma noktasının oluştuğu yük

kritik güçten ve VO_{2max} 'ın oluştuğu yükten düşük, KLBB ve VE_{lin} 'in oluştuğu yükten yüksek iken VE_{VE} ve VE_{CO_2} 'nin oluştuğu yükten farklı değildi. VE_{CO_2} ile KLBB, KLBB ile VE_{lin} arasında fark yoktu. VE_{lin} 'in oluştuğu yük, KLBB'nin oluştuğu yük hariç, bütün yüklerden anlamlı şekilde düşüktü. 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 2).

Kritik güç, VO_{2max} ile ve bazı anaerobik eşiklerle ilişki bulunurken, kritik güçteki egzersiz süresi ve kritik güçteki iş ile VO_{2max} ve anaerobik eşikler arasında ilişki bulunamadı (Tablo 3).

Kritik güç VO_{2max} 'ın oluştuğu yükte 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 yükte ve anaerobik eşiklerin oluştuğu yüklerle ilişkili değildi (Tablo 4).

Tablo 1. Maksimal testte ve kritik güç testinde elde edilen ortalama (\pm SS), minimum ve maksimum değerler

	Ort \pm SS	Minimum	Maksimum
VO_{2max} (ml/dk)	2726 ± 421	2000	3686
VO_{2max} (ml/kg/dk)	39.3 ± 5.5	28.8	50.5
Kritik Güç (W)	168.4 ± 24.6	113	233
Anaerobik İş Kapasitesi (j)	13549 ± 2330	10073	20195
Kritik Güçteki Egzersiz Süresi (dk)	21.6 ± 8.6	10.1	41.9
Kritik Güçteki İş (j)	214826 ± 81049	92208	410108

Tablo 2. VO_{2max} , kritik güç ve anaerobik eşik değerleri ve oluştukları yükler (Ort \pm SS)

	Yük (W)	VO_2 (ml/dak)	VO_{2max} 'ın yüzdesi
VO_{2max}	199.0 ± 26.3^a	2726 ± 421^a	-
Kritik Güç	168.4 ± 24.6^b	-	-
KHSN	147.2 ± 17.1^c	2008 ± 261^b	72.2 ± 11.1^a
VE_{VE}	135.9 ± 23.3^c	1854 ± 318^c	68.8 ± 10.3^b
VE_{CO_2}	$126.2 \pm 28.3^{c,d}$	1700 ± 409^d	62.5 ± 11.3^c
KLBB	$113.0 \pm 20.0^{d,e}$	1478 ± 306^d	54.8 ± 11.1^c
VE_{lin}	106.1 ± 29.0^e	1558 ± 357^d	56.7 ± 9.5^c

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler birbirinden farklıdır.

KHSN: Kalp hızı sapma noktası

VE_{VE} : Ventilasyon verileri kullanılarak D_{max} yöntemi ile bulunan ventilatuvar eşik

VE_{CO_2} : VCO_2 verileri kullanılarak D_{max} yöntemi ile bulunan ventilatuvar eşik

KLBB: Kan laktat birikmesinin başlangıcı

VE_{lin} : Lineer yöntemle belirlenen ventilatuvar eşik

Tablo 3. Kritik güç verilerinin VO_{2max} ve anaerobik eşiklerle ilişkileri

	Kritik Güç	Kritik Güçteki Egzersiz Süresi	Kritik Güçteki İş
VO_{2max}	0.791**	-0.182	0.070
VE_{lin}	0.457*	-0.077	0.086
VE_{VE}	0.230	0.065	0.176
VE_{CO_2}	0.440*	0.110	0.260
KLBB	0.336	-0.066	0.027
KHSN	0.331	-0.152	-0.033

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

Tablo 4. Kritik güç verilerin 'in anaerobik eşiklerini oluşturduğu yüklerle ilişkileri

	Kritik Güç	Kritik Güçteki Egzersiz Süresi	Kritik Güçteki İş
VO_{2max-W}	0.830***	-0.129	0.132
VE_{lin-W}	0.402*	-0.095	0.036
VE_{VE-W}	0.471*	0.023	0.195
VE_{CO_2-W}	0.568**	0.024	0.202
KLBB-W	0.354	0.113	0.213
KHSN-W	0.496*	-0.337	-0.160

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

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

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

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

VE_{CO_2-W} : VCO_2 verileri kullanılarak D_{max} yöntemi ile bulunan ventilatuvar eşik oluşturduğu yük

KLBB-W : Kan laktat birikmesinin başlangıcının oluşturduğu yük

KHSN-W : Kalp hızı sapma noktasının oluşturduğu yük

TARTIŞMA VE SONUÇ

Moritani ve arkadaşları (8) 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 (9) 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 (10) 13 bisikletçiye 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 formluluğun ölçümünde kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır. Gaesser ve arkadaşları (11) 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 (11) çalışmasındaki göre daha düşük olmasının ventilatuvar eşik hesaplama yöntemlerimizdeki farklılıktan kaynaklandığını düşünmekteyiz. Housh ve ark (12) kritik gücü KLBB ile ilişkili bulmuşlardır ($r=0.616$, $P < 0.05$). Bu çalışmada ise kritik güç ile KLBB arasında ilişki bulamadık ($r=0.336$).

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 yük ile ilişkili olduğunu ($r=0.496$, $P < 0.05$) bulduk.

Hughson ve arkadaşları (13) 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 (14) koşu bandındaki hızın teorik olarak sonuza kadar devam ettirilebileceği eğim (KG'ye benzer) ile maksimum oksijen tüketimi arasında ilişki ($r=0.81$) bulmuşlardır. Housh ve arkadaşları (15), kritik güce benzer bir parametre olan (1), yorgunluk eşikine karşılık gelen koşu bandı hızındaki VO_2 , kalp hızı ve laktat değerlerini VO_{2max} 'daki karşılıklarıyla ilişkili bulmuşlardır. Housh ve arkadaşlarının (15) VO_{2max} 'daki koşu hızı ile yorgunluk eşikindeki koşu hızı ($r=0.86$) ve VO_{2max} ile yorgunluk eşikindeki 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 (16) 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 (17) 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 (18) 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 çalışmada Wakayoshi ve arkadaşları (19), 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. KLBB yerine, hem VO_{2max} ile hem de kritik güçle yüksek korelasyon gösterdikleri için, lineer ventilatuvar eşiğin ve VCO_2 verileri kullanılarak Dmax yöntemiyle bulunan ventilatuvar eşiğin (VE_{CO_2}) kullanılmasını öneriyoruz.

Çalışmamızda diğer çalışmalardan farklı olarak KG'deki egzersiz süresinin ve KG'deki işin de VO_{2max} ve anaerobik eşiklerle ilişkileri incelenmiş ve herhangi bir anlamlı ilişki bulunamamıştır (Tablo 3). Kritik güç ile çeşitli yöntemlerle hesaplanan anaerobik eşik değerleri arasında anlamlı farklar vardır; bizim çalışmamızda % 14 - 58 arasında fark bulundu. Kritik güç (168.4 ± 24.6 W) ile lineer yöntemle belirlenen ventilatuvar eşik (106.1 ± 29.0 W) arasında bulduğumuz % 58'lik fark, Poole ve arkadaşlarının (20) 8 erkekte buldukları % 64'lük farkla uyumludur. Talbert ve arkadaşları (9) kritik gücün ventilatuvar eşikten % 16, Gaesser ve arkadaşları (11) % 21 yüksek olduğunu göstermişlerdir. Gaesser ve

arkadaşlarının (11) ventilatuvar eşik değerinin diğer çalışmalara göre yüksek olması farklı protokol kullanılmasından kaynaklanmaktadır. Housh ve arkadaşları (12), DeVries ve arkadaşlarının (21) 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 (6), 14 erkeğe 5 maksimum test uyguladıklarında buldukları KG değerinin bireysel anaerobik eşikten % 13 yüksek olduğunu göstermişlerdir.

Jenkins ve Quigley (22) ile Pringle ve Jones (23) maksimal laktat sabit durumundaki yükü, kritik güce göre % 7-9 daha düşük bulmuşlardır. Vautier ve ark (24) ise maksimal laktat sabit durumundaki yükün kritik güçten farklı olmadığını göstermişlerdir. Smith ve Jones (25) 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 kullanılabilceğini bildirmişlerdir. Maksimal laktat sabit durumunun belirlendiği çalışmalardan Vautier ve arkadaşları (24) ile Smith ve Jones'un (25) çalışmalarında fark bulunmaması, Jenkins ve Quigley (22)'in ve Pringle ve Jones (23)'ün çalışmalarında % 7-9'luk küçük bir fark olması koşu bandı ve bisiklet ergometresi arasındaki uygulama farkına bağlanabilir.

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 düşünüyörüz.

KAYNAKLAR

- Hill DW. The critical power concept: A review. Sports Med 1993;16:237-54.
- Housh DJ, Housh TJ, Bauge SM. The accuracy of the critical power test for predicting time to exhaustion during cycle ergometry. Ergonomics 1989;32:997-1004.
- Housh DJ, Housh TJ, Bauge SM. A methodological consideration for the determination of critical power and anaerobic work capacity. Res Quart Exerc Sport 1990;61:406-9.
- Vandewalle H, Vautier JF, Kachouri M, LeChevalier JM, Monod H. Work-exhaustion time relationships and critical power concept: A critical review. J Sports Med Phys Fitness 1997;37:89-102.
- Nebelsick-Gullett LJ, Housh TJ, Johnson GO, Bauge SM. A comparison between methods of measuring anaerobic work capacity. Ergonomics 1988;31:1413-9.
- McLellan TM, Cheung KSY. A comparative evaluation of the individual anaerobic threshold and the critical power. Med Sci Sports Exerc 1992;24:543-50.
- Taylor SA, Batterham AM. The reproducibility of estimates of critical power and anaerobic work capacity in upper-body exercise. Eur J Appl Physiol 2002;87:43-9.
- Moritani T, Nagata A, DeVeries HA, Muro M. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. Ergonomics 1981;24:339-50.
- Talbert SM, Smith JC, Scarborough PA, Hill DW. Relationships between the power asymptote and indices of anaerobic and aerobic power. Med Sci Sports Exerc 1991;23:S27.
- Smith JC, Dangelmaier BS, Hill DW. Critical power is related to cycling time trial performance. Int J Sports Med 1999;20:374-8.

11. Gaesser GA, Carnevale TJ, Garfinkel A, Walter DO, Womack CJ. Estimation of critical power with nonlinear and linear models. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:1430-8.
12. Housh TJ, DeVries HA, Housh DJ, Tichy MW, Smyth KD, Tichy AM. The relationship between critical power and the onset of blood lactate accumulation. *J Sports Med Phys Fitness* 1991;31:31-6.
13. Hughson RL, Orok CJ, Staudt LE. A high velocity treadmill running test to assess endurance running potential. *Int J Sport Med* 1984;5:23-5.
14. Hopkins WG, Edmond IM, Hamilton BH, Macfarlane DJ, Ross BH. Relation between power and endurance for treadmill running of short duration. *Ergonomics* 1989;32:1565-71.
15. Housh TJ, Johnson GO, McDowell SL, Housh DJ, Pepper M. Physiological responses at the fatigue threshold. *Int J Sports Med* 1991;12:305-8.
16. Arabi H, Vandewalle H, Kapitaniak B, Monod H. Evaluation of wheelchair users in the field and laboratory: Feasibility of progressive tests and critical velocity tests. *Intern J Indust Ergonomics* 1999;24:483-91.
17. Le Chevalier JM, Vandewalle H, Thépaut-Mathieu C, Stein JF, Caplan L. Local critical power is an index of local endurance. *Eur J Appl Physiol* 2000;81:120-7.
18. Wakayoshi K, Yoshida T, Udo M, Kasai T, Moritani T, Mutoh Y, et al. A simple method for determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. *Int J Sports Med* 1992;13:367-71.
19. Wakayoshi K, Ikuta K, Yoshida T, Udo M, Moritani T, Miyashita M. The determination and validity of critical speed as an index of swimming performance in competitive swimmer. *Eur J Appl Physiol* 1992;64:153-7.
20. Poole DC, Ward SA, Gardner GW, Whipp BJ. Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. *Ergonomics* 1988;31:1265-79.
21. DeVries HA, Tichy MW, Housh TJ, Smyth KD, Tichy AM, Housh DJ. A method for estimating physical working capacity at the fatigue threshold (PWKGF). *Ergonomics* 1987;30:1195-204.
22. Jenkins DG, Quigley BM. Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critical power. *Eur Appl Physiol* 1990;61:278-83.
23. Pringle JSM, Jones AM. Maximal lactate steady state, critical power and EMG during cycling. *Eur J Appl Physiol* 2002;88:214-26.
24. Vautier JF, Vandewalle H, Arabi H, Monod H. Critical power as an endurance index. *Appl Ergonomics* 1995;26:117-21.
25. Smith CGM, Jones AM. The relationship between critical velocity, maximal lactate steady-state velocity and lactate turnpoint velocity in runners. *Eur J Appl Physiol* 2001;85:19-26.