



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 1, Article Number: 2B0066

SPORTS SCIENCES

Received: October 2010
Accepted: January 2011
Series : 2B
ISSN : 1308-7312
© 2010 www.newwsa.com

Fırat Akça
Cengiz Akalan
Kadir Gökdemir
Ankara University
firatakca@gmail.com
Ankara-Turkey

KÜREKTE FİZYOLOJİK PERFORMANSIN FARKLI PARAMETRE VE YÖNTEMLERE GÖRE İNCELENMESİ

ÖZET

Bu çalışmada; kürekçilerde fizyolojik performansı ortaya koymak ve anaerobik eşiğin belirlenmesi için kullanılan farklı yöntemleri karşılaştırarak aralarındaki ilişkileri belirlemek amaçlanmıştır. Çalışmaya 18 kürekçi gönüllü olarak katılmıştır (yaş 17.38±0.6 yıl). Denekler boy ve vücut ağırlığı ölçümlerinin yanısıra, Avustralya Spor Enstitüsünün önerdiği aşamalı kürek ergometresi ve 2000 m. maksimal kürek ergometresi testlerini tamamlamışlardır. Dinlenmelerde laktik asit alımı yapılmış ve tüm test süresince oksijen tüketimini ergospirometre vasıtasıyla ölçülmüştür. Yapılan korelasyon analizi sonucunda laktat eşiği, ventilasyon eşiği ve 4mmol anaerobik eşikteki mutlak ve relatif oksijen tüketimi, kalp atım hızı, güç ve işyükü değerleri arasında $r=0.85$ ile $r=0.99$ arasında değişen anlamlı istatistiksel ilişkiler saptanmıştır ($p<0.01$). Sonuç olarak, kürek ergometresi performansında laktat ve ventilasyon eşiklerinde üretilen güç ve oksijen tüketimi parametrelerinin önemli yer teşkil ettiği görülmüştür, farklı anaerobik eşik saptama yöntemlerinin arasında da gözlenen yüksek ilişki gözönüne alındığında gaz değişim parametrelerinin kullanıldığı non-invasif yöntemle anaerobik eşik belirlenmesinin genç kürekçilerde anaerobik eşiğin belirlenmesinde invasif yöntemlere alternatif olarak geçerli ve kullanışlı bir yöntem olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Maksimal Oksijen Tüketimi, Ventilasyon Eşiği, Kürek Ergometresi Anaerobik Eşik, Laktat Eşiği

INVESTIGATION OF PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE IN ROWING BASED ON DIFFERENT PARAMETERS AND METHODS

ABSTRACT

The aim of this study was to demonstrate physiological performance and different anaerobic threshold determination methods in rowers. 18 rowers participated in this study voluntarily (age 17.38±0.6 years). Besides the measurements of height and weight, subjects performed 2000 meter maximal rowing ergometer test and incremental rowing ergometer test which is recommended by Australian sports institute. Blood samples for lactate analysis were collected at rest. Oxygen uptake kinetics also measured via ergospirometer during test. Results of Pearson product moment correlations indicated that significant relationships between the values of $r=0.85$ and $r=0.99$ were determined in absolute and relative VO_2 , heart rate, power and workload at lactate threshold, ventilator threshold and 4 mmol anaerobic threshold ($p<0.01$). As a conclusion, power and oxygen consumption at lactate and ventilatory thresholds seemed to share an important part in rowing ergometer performance besides given into consideration of the high relationship between different anaerobic threshold determination methods noninvasive determination of anaerobic threshold with the use of gas exchange parameters seems to be valid and useful alternative to determination of anaerobic threshold in junior rowers.

Keywords: Maximal Oxygen Consumption, Ventilatory Threshold, Rowing Ergometer, Anaerobic Threshold, Lactate Threshold

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kürek yarışması sırasında kürekçiler, hem maksimal oksidatif hemde anaerobik metabolizma eforlarını kullanırlar [1]. 2000 m.'lik kürek yarışı 5.5 - 8 dk. arası yüksek oranda kuvvet gerektiren bir efordur [2]. Enerjinin %70-75'inin aerobik enerji sisteminden geldiği düşünülür. Geri kalan %20-25 ise anaerobik metabolizma tarafından karşılanır [3 ve 4]. Steinacker yarış ortamında enerji ihtiyacının %67'sinin aerobik sistem tarafından, %21'inin alaktik anaerobik ve %12'sininde laktik anaerobik sistemce karşılandığını belirtmektedir [1].

Aerobik metabolizmanın kapladığı büyük orandan dolayı VO_{2Max} kürekte yarış performansının ve başarısının önemli bir belirleyicisidir. VO_{2Max} 'ın mutlak değeri ile birlikte spesifik kan laktat konsantrasyonlarında VO_{2Max} 'ın ne kadarının [% VO_{2Max}] kullanıldığı büyük önem taşır. Anaerobik eşik VO_{2Max} 'ın sürekli kullanılan yüzdesinin ve çalışma kapasitesinin belirlenmesinde önemli bir kriterdir [5]. Başarılı kürekçilerin başarısı sadece VO_{2Max} 'ın büyüklüğüne değil atletin anaerobik eşikte kullanabildiği VO_{2Max} 'ın yüzdesine de bağlıdır [6]. Antrene olmayanlarda anaerobik eşik VO_{2Max} 'ın %50-60'ında iken bu oran antrenmanlılarda VO_{2Max} 'ın %80-90'ı gibi değerlere çıkabilmektedir [7].

Dayanıklılık performanda yalnızca yüksek VO_{2max} değerleri değil, bunun yanı sıra, yüksek laktik asit üretimi ve birikimine bağlı olarak yorgunluk ortaya çıkmadan bu yüksek VO_{2max} değerinin kullanılabilirliği de egzersiz şiddetinde efor harcayabilmekte önem taşımaktadır. Maksimal oksijen tüketimine göre relatif egzersiz şiddeti yükseldikçe anaerobik enerji yolunun katılım payı daha yüksek olacak ve laktik asit üretimi artacaktır. Laktik asitin kandaki düzeyinin belirli bir konsantrasyonunun üzerine çıktığı nokta anaerobik eşik [AE] olarak adlandırılmaktadır [8].

Anaerobik eşik, sporcunun uygulayabileceği optimal antrenman dozunu saptamada faydalı olduğu için önemlidir. Anaerobik eşik LA kanda birikmeye başlamasının hızlandığı, bir başka deyimle anaerobik metabolizmanın hızlandığı yani efor için lüzumlu total enerjide anaerobik proseslerin payının belirgin bir şekilde artmaya başladığı efor düzeyidir. Ancak steady-state submaksimal efordaki kan laktat değerleri, kas laktat metabolizmasını temsil edebilirler. Bu efor düzeyine eforla linear bir şekilde artar ve submaksimal efordaki La düzeyinde bir plato kendisini gösterir. Bu düzey 4-5 milimol/Litre [mM/L] yoğunlukta olup kana geçen laktat ile kandan uzaklaştırılan laktat arasındaki dengeyi ifade eder [9].

Birçok sporcunun 4 mM/L'lik hızda yaklaşık 30 dk. çalışabildikleri saptanmış ve 4 mM/L kan laktat değeri birçok araştırmacı tarafından anaerobik eşik noktası olarak belirlenmiştir [10].

Kürek performansında VO_{2Max} değerinin yüksek olması önemli bir faktörken, kürekçinin anaerobik eşiğe ulaştığı noktada VO_{2Max} 'ının ne kadarlık bir yüzdesini kullanabildiği de önemli bir faktördür. Üst düzey kürekçilerin anaerobik eşik noktasında VO_{2Max} 'larının %80-85'lerini kullanabildikleri bilinmektedir [11 ve 12].

Ventilasyon eşiği, aşamalı bir egzersiz sırasında pulmoner ventilasyonun artışının oksijen tüketimi artışına olan lineerliğinin bozulduğu oksijen tüketimi veya iş yükü değeri olarak tanımlanır [13 ve 14]. Laktat eşiği ise aşamalı artan bir egzersiz sırasında kan laktat konsantrasyonunun belirgin şekilde artmaya başladığı egzersiz şiddetine karşılık gelen iş yükü veya oksijen tüketimi değeri olarak düşünülmektedir [15 ve 13]. Laktat eşiğine denk gelen egzersiz şiddetinin ventilasyon eşiğindeki değerle kesiştiği düşünülürken, kan laktat konsantrasyonundaki PH düşüşüyle ilişkili olarak ortaya çıkan artışın ve hidrojen iyonlarının tamponlanması ile oluşan karbondioksit üretiminin artışının dakika ventilasyonunu uyardığı düşünülür. [15]. Laktat eşiğiyle de ilişkili kimyasal uyarılar dışında kas afferent ve efferent sinyalizasyonu, katekolaminler ve potasyumda ventilasyon eşiği ile ilgili önemli etkenler olarak bilinmektedir [16 ve 14].

Kürek ergometresi performansını etkileyen fizyolojik parametrelerin belirlenmesi çalışmanın amaçlarındandır; bunun yanı sıra kürekçilerde oksijen tüketimi ve laktat profilini aynı anda gözlemleyerek fizyolojik performansın ve kan laktat ölçümü ve gaz değişimlerinin kullanımı ile hesaplanan farklı anaerobik eşik belirleme yöntemleri arasındaki ilişkinin ortaya konarak, elit genç kürekçilerde anaerobik eşik saptama yöntemlerinin hangisinin kullanılmasının daha uygun olacağını ortaya konması amaçlanmıştır.

2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Türk kürekçilerin fizyolojik performansını yansıtan bilimsel araştırma sayısı sınırlıdır; bu çalışmayla literatürdeki sınırlı bilgi artırılarak detaylı şekilde incelenecek ve bu alandaki Türk sporcuların gelecekteki karşılaştırma ve araştırmalarında temel teşkil edecektir. Bunun yanı sıra laktat eşiği, 4 Mm anaerobik eşik [4 mM AE] ve ventilasyon eşiğinin birbirlerini ne kadar yansıttığı ve birbirlerinin yerine kullanılabilirliği egzersiz fizyolojisinin önemli bir araştırma konusudur, bu araştırmanın bulgularıyla kürek sporunda bu fizyolojik faktörlerin önemi ve karşılaştırması yapılarak literatüre katkıda bulunulacaktır.

Elit düzey genç kürekçilerde farklı anerobik eşik saptama yöntemlerinin karşılaştırılması konusunda literatür zengin değildir. Yapılan kısıtlı çalışmalarda kullanılan sporcular elit düzey altı veya büyükler kategorisinde yarışmakta olan kürekçilerdir. Genç elit kürekçilerde farklı yöntemlerin ilişkilerinin incelenmesi literatüre önemli bir katkı olacağı düşünüldüğünden bu çalışmada anaerobik eşiğin hesaplandığı farklı yöntemlere yer verilmiştir.

3. YÖNTEM (METHOD)

3.1. Araştırma Grubu (Research Group)

Araştırmaya lisanslı olarak spor yapmakta olan 18 elit düzeyde genç erkek kürekçi katılmıştır. Deneklerin tamamı Türkiye şampiyonasında finalde yarışarak ilk 6 içerisinde yer almıştır. Yapılan tüm ölçümler Helsinki deklerasyonu 2008 prensiplerine uygun olarak yapılmıştır.

3.2. Veri Toplama Araçları (Data Collection Apparatus')

Sporcuların boy ölçümleri Holtain Ltd (UK) stadiometre, vücut ağırlığı ölçümleri ise 0,1 kg hassasiyetle ölçüm yapan Avis (Korea) vücut kompozisyonu analizörü ile yapıldı. Kürekçilerin VO_{2Max} ve laktat ölçümü testleri için Concept II-C (Morrisville, USA) kürek ergometresi, oksijen tüketimi ölçümlerinde Viasys Masterscreen CPX (USA) ergospirometre kullanıldı. Dinlenik ve testler esnasında alınan kan örneklerinde laktik asit hiçbir işleme tabi tutulmadan ve bekletilmeden elektroenzimatik yöntemle YSI 1500 laktik asit analizöründe (Yellow Springs Instrument, USA) hemolize tam kan şeklinde ölçüldü. Analizörün kalibrasyonu her denek için 5 ve 30 mM laktat standart çözeltileri ile testlere başlamadan önce ve çözelti değişikliklerinde yapıldı.

3.3. Kürek Ergometresi (Rowing Ergometer)

Kürek sporu kuvvet-dayanıklılık ve fizyolojik yetilerin yanında yüksek düzeyde teknik beceriye gereksinim duyulan bir spordur. Antrenman programlarında genellikle kara çalışmalarının içinde kürek hareketine yakın simülatörler (ergometreler) yer alır [17].

Kürekçinin performansının tekne üzerinde belirlenmesinde rüzgar ve akıntı gibi dış etmenler nedeniyle zorluklar yaşanır. Bu nedenle antrenman sürecinin izlenmesi için kürek hareketinin modellendiği araçların kullanımı gerekir. Bunun için en yaygın olarak kullanılanlardan biride Concept II kürek ergometresidir (1). Concept II-C kürek ergometresinin üzerinde bulunan performans monitörü ile kat edilen mesafe, süre, her kürekteki ve antrenmanın ortalama güç (watt) değeri, tempo (bir dakikada çekilen kürek sayısı), kalori/saat cinsinden enerji harcaması ve ortalama 500m. geçiş

süresi gibi bilgiler elde edilerek ve bu bilgiler kaydedilip bilgisayara aktarılarak antrenman takibi de yapılabilir [6]. Kürekçilerin VO_{2Max} ve laktat ölçümü testleri için Concept II-C (Morrisville, USA) kürek ergometresi kullanılmıştır.

3.4. Maksimal Oksijen Tüketimi ve Laktat konsantrasyonu Ölçümleri (Measurements of Maximal Oxygen Consumption and Lactate Concentration)

- **2000 metre maksimal kürek ergometresi testi (2000 meters maximal rowing ergometer test):** Deneklerin Concept II-C kürek ergometresinde 2000 metre'lik mesafeyi en hızlı şekilde bitirmeleri istendi. Performans monitörü 2000 m'den geriye doğru sayacak şekilde ayarlandı ve denekler testin son 250 m.'si sözlü olarak motive edildi. Test sonunda test süresi dakika, saniye ve salise olarak kaydedildi, 2000 m. süresindeki ortalama 500 m. geçiş zamanı da kaydedildi.
- **Maksimal oksijen tüketimi ve laktat ölçüm protokolü (Protocol of maximal oxygen consumption and lactate measurements):** Maksimal oksijen tüketimi ve laktat ölçüm protokolü olarak Avustralya Spor Enstitüsü'nün aşamalı artan protokolü kullanıldı [18]. Protokol 4'er dakikalık, aralarında 1'er dk dinlenme bulunan ve bu sırada kulak memesinden kan alımının yapıldığı hızı giderek artan 7 aşamadan oluşmaktadır. Her denek için 2000 m. maksimal ergometre derecesindeki her 500 m. geçiş zamanı ortalamasının üzerine 4 sn. eklenerek testin 6. aşama derecesi olarak belirlenmiş; 6. aşamadan önceki aşamalar ise bir önceki aşama hızının üzerine 6 sn. eklenerek aşamalı olarak daha yavaş bir şekilde uygulanmıştır. 6. aşamadan sonraki testin 7. ve son aşamasında ise kürekçiden yapabildiği en yüksek hızda aşamayı tamamlaması istendi. Test sırasında sporcuların oksijen tüketimi ölçümleri Viasys ergospirometre ile yapıldı, kalp atım hızları ise Polar heart rate monitor kemeri takılarak ergospirometrenin alıcısı vasıtasıyla bilgisayara aktarılarak kaydedildi. Test sonrası 4 Mm anaerobik eşik (4 mM AE), laktat eşiği ve ventilasyon eşiği değerlerine karşılık gelen oksijen tüketimi, kalp atım hızı, güç ve iş yükü değerleri hesaplandı, VO_{2max} ise Avustralya Spor Enstitüsünün önerdiği gibi testin herhangi bir dakikası boyunca (1 dk'lık ölçümlerin ortalaması alınarak) ulaşılan en yüksek oksijen tüketimi olarak belirlenerek hesaplandı.

Laktat ve ventilasyon eşikleri, Anderson ve Mahon'un önerdiği yöntemle hesaplandı [19]. Bu yöntemle göre laktat ve ventilasyon eşikleri, grafikteki laktat, oksijen tüketimi ve dakika ventilasyonu verilerinin exponential (üstel) eğilimi hesaplanarak, bu eğilim çizgisinin üzerine eklenen lineer eğilim çizgisinden ortaya çıkan kırılma noktasına göre saptandı.

Ventilasyon eşiğinin hesaplanmasında; dakika ventilasyonu ve oksijen tüketimi verileri her bir test aşaması için dağılım grafiğinde kullanılarak üzerlerine exponential (üstel) eğilim çizgisi Microsoft Excel yazılımında eklenmiş, bu eğilim çizgisinin üzerine eklenen lineer eğilim çizgisinden exponential eğilim çizgisinin kırılma gösterdiği nokta eşik noktası olarak saptanmıştır. Laktat eşiği de aynı yöntemle laktat konsantrasyonu verileri kullanılarak hesaplanmıştır. 4mM anaerobik eşik ise laktat konsantrasyonu ve oksijen tüketimi değerlerinin her bir test aşaması için dağılım grafiğinde kullanılarak 4mM laktat konsantrasyonuna karşılık gelen VO_2 değerinin lineer polarizasyon yöntemiyle hesaplanması ile saptanmıştır.

Sporcuların 4 mM AE, laktat ve ventilasyon eşiğindeki oksijen tüketimleri ve bulunan değerlerin maksimal oksijen tüketimine yüzdeleri hesaplandı.

3.5. İstatistiksel Analiz (Statistical Analysis)

Tüm verilerin tanımlayıcı istatistikleri yapıldıktan sonra ölçülen parametrelerin 2000 m. Derecesi ile ilişkisinin ve 4 Mm AE, laktat eşiği ve

ventilasyon eşiğindeki fizyolojik cevapların ilişkisinin hesaplanmasında Pearson çarpım momentler korelasyon katsayısı istatistikleri SPSS 16 paket programında 0.05 anlamlılık düzeyi kullanılarak uygulandı.

4. BULGULAR (RESULTS)

Tablo 1. Deneklerin genel demografik özellikleri ve bu özelliklerin 2000 metre performansı ile ilişkileri

(Table 1. Subjects' general demographic characteristics and the relationships of these characteristics with 2000 meters performance)

Parametreler	Ort.	S.S	Min.	Maks.	2000 m. ergometre derecesi ile ilişki
Yaş (Yıl)	17.38	0.60	16	18	-.283
Spor Yaşı (ay)	36.01	6.12	29	42	-.325
Boy (cm)	180.01	5.44	173.2	190	-.819**
Vücut Ağırlığı (kg)	73.3	5.24	60	81.1	-.853**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Tablo 2. Deneklerin maksimal kürek ergometresi testi, anaerobik eşik ve oksijen tüketimi test sonuçları ve bu sonuçların 2000 metre performansı ile ilişkileri

(Table 2. Maximal rowing ergometer, anaerobic threshold and oxygen consumption test results and relationships of these results with 2000 meters performance of the subjects)

Parametreler	Ort.	S.S	Min.	Maks.	2000 m. ergometre derecesi ile ilişki
2000 m. ergometre derecesi (sn)	415.70	9.69	400.20	430	1
VO _{2max} (ml/kg/dk)	58.47	1.63	55.98	61.10	-.646**
VO _{2max} (L/dk)	4.32	0.36	3.62	4.96	-.836**
Laktat Eşiği O ₂ Tüketimi (ml/kg/dk)	48.35	2.79	44.50	52.50	-.658**
Laktat Eşiği O ₂ Tüketimi (L/dk)	3.54	0.37	3.06	4.23	-.947**
Laktat Eşiği %VO _{2max} (%)	82.64	3.34	76.75	88.66	-.491*
Laktat Eşiği İşyükü (m/dk)	266.33	7.97	255	281	-.927**
Laktat Eşiği Güç (Watt)	246.22	21.73	219	283	-.924**
Laktat Eşiği K.A.H (atım/dk)	180.61	5.37	166	188	.422
Ventilasyon Eşiği O ₂ Tüketimi (ml/kg/dk)	49.77	2.79	46	54.1	-.641**
Ventilasyon Eşiği O ₂ Tüketimi (L/dk)	3.65	0.37	3.18	4.31	-.960**
Ventilasyon Eşiği %VO _{2max} (%)	85.07	3.29	80	91.19	-.460
Ventilasyon Eşiği İşyükü (m/dk)	269.44	8.16	258	284	-.929**
Ventilasyon Eşiği Güç (Watt)	254.39	23.26	223	297	-.926**
Ventilasyon Eşiği K.A.H (atım/dk)	184.06	5.58	170	192	.386
4 mM AE O ₂ Tüketimi (ml/kg/dk)	46.87	2.62	43.20	51.10	-.530*
4 mM AE O ₂ Tüketimi (L/dk)	3.43	0.35	2.94	4.08	-.902**
4 mM AE %VO _{2max} (%)	80.15	3.70	72.71	85.49	-.247
4 mM AE İşyükü (m/dk)	262.56	7.55	252	278	-.870**
4 mM AE Güç (Watt)	238.11	19.78	211	279	-.939**
4 mM AE K.A.H (atım/dk)	178.17	5.54	165	185	.419

$p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Tablo 3. Kürekçilerin Laktat Eşiği (L.E) Ventilasyon eşiği (V.E) ve 4 mM anaerobik eşikteki (4mM AE) O₂ tüketimi değerlerinin korelasyon analizi sonuçları

(Table 3. Subjects' correlation analysis results on values of oxygen consumption at Lactate threshold, ventilatory threshold and 4mM anaerobic threshold)

	L.E VO ₂ ml/kg/dk	V.E VO ₂ ml/kg/dk	4mM AE VO ₂ ml/kg/dk	L.E VO ₂ L/dk	V.E VO ₂ L/dk	4mM AE VO ₂ L/dk
L.E VO ₂ ml/kg/dk	1					
V.E VO ₂ ml/kg/dk	,969**	1				
4mM AE VO ₂ ml/kg/dk	,849**	,845**	1			
L.E VO ₂ L/dk	,747**	,689**	,617**	1		
V.E VO ₂ L/dk	,738**	,713**	,622**	,991**	1	
4mM AE VO ₂ L/dk	,683**	,639**	,716**	,956**	,954**	1

* p<0.05; ** p<0.01

Tablo 4. Kürekçilerin laktat Eşiği, ventilasyon eşiği ve 4 mM anaerobik eşikteki güç ve işyükü değerlerinin korelasyon analizi sonuçları

(Table 4. Subjects' correlation analysis results on values of watt and workload at Lactate threshold, ventilatory threshold and 4mM anaerobic threshold)

	L.E watt	V.E watt	4mM AE watt	L.E işyükü	V.E işyükü	4mM AE işyükü
L.E watt	1					
V.E watt	,994**	1				
4mM AE watt	,989**	,980**	1			
L.E işyükü	,996**	,993**	,985**	1		
V.E işyükü	,993**	,998**	,979**	,996**	1	
4mM AE işyükü	,955**	,938**	,967**	,957**	,941**	1

* p<0.05; ** p<0.01

Tablo 5. Kürekçilerin laktat Eşiği, ventilasyon eşiği ve 4 mM anaerobik eşikteki kalp atım hızı (K.a.h) değerlerinin korelasyon analizi sonuçları

(Table 5. Subjects' correlation analysis results on values of heart rate at Lactate threshold, ventilatory threshold and 4mM anaerobic threshold)

	L.E K.a.h	V.E K.a.h	4mM AE K.a.h
L.E K.a.h	1		
V.E K.a.h	,977**	1	
4mM AE K.a.h	,972**	,941**	1

* p<0.05; ** p<0.01

5. TARTIŞMA VE SONUÇ (DISCUSSION AND CONCLUSION)

VO_{2max} ve anaerobik eşikte tüketilebilen O₂ değeri kürek sporunun fizyolojik özellikleri gözönüne alındığında hayati önem taşımaktadır ve kürekçilerde sıklıkla ölçülmektedir. Ingham ve ark., İngiltere'deki kulüp ve olimpiik düzey kürekçilerin oksijen kinetiklerini karşılaştırdıkları çalışmalarında, kulüp düzeyi kürekçilerde VO_{2max}'ı 55,6±1,2, olimpiik düzey kürekçilerde ise 61,1±0,6 ml/kg/dk olarak tespit etmişlerdir. Maksimal kalp atım hızları kulüp düzeyi kürekçilerde 193±2, olimpiik düzey kürekçilerde ise 189±2 atım/dk olarak belirlenmiştir [20]. Araştırmamıza katılan kürekçilerin

VO_{2max}'ları kulüp düzeyi İngiliz sporculardan yüksek, olimpik düzey kürekçilerden ise düşüktür. Avustralyalı kürekçilerde aşamalı artan yüklenmeli protokolle belirlenen VO_{2max}, hafif kilo erkeklerde 65.0±3,4 ml/kg/dk, ağır kilo erkeklerde 59,5±4.4 ml/kg/dk bulunmuş, hafif kilo erkeklerin anaerobik eşikte kullandıkları O₂ 4.11 L/dk, anaerobik eşik kalp atım hızları ise 180±7 atım/dk, ağır kilo erkeklerde anaerobik eşikte kullandıkları O₂ 4.69 l/dk, anaerobik eşik kalp atım hızları ise 178±8 atım/dk olarak tespit edilmiştir [18]. Çalışmamıza katılan kürekçilerin VO_{2max} değerleri ağır kilo Avustralyalı kürekçilerle benzer bulunurken, hafif kilo Avustralyalı kürekçilerden düşük olduğu görülmektedir. Anaerobik eşik kalp atım hızı benzer bulunurken, anaerobik eşikte kullanılan O₂ miktarı çalışmaya katılan kürekçilerde büyük oranda daha düşüktür. Mikulic Hırvat elit genç erkek kürekçilerde absolut VO_{2max}'ı 5.37 ± 0.31 L/dk, relatif VO_{2max}'ı ise 62.5 ± 4.7 ml/kg/dk, anaerobik eşikteki O₂ tüketimini 4.58 ± 0.23 L/dk, anaerobik eşikteki güç değerini 296.9 ± 28.8 watt olarak saptanmıştır [21]. Hırvat büyük milli kürekçilerde absolut VO_{2max} 5.53 ± 0.30 L/dk, relatif VO_{2max} 60.5 ± 3.8 ml/kg/dk, ventilasyon eşiğindeki O₂ tüketimi 4.82 ± 0.28 L/dk ve 52.7 ml/kg/dk olarak tespit edilmiştir. Ventilasyon eşiğindeki güç değeri 326.5 ± 29.6 watt olarak saptanmıştır [22].

Avustralyalı kürekçilerin, VO_{2max}'larının ağır kilo ve hafif kilo kürekçilerde sırasıyla %86 ve 84'ünü anaerobik eşik düzeyinde kullanabildikleri görülmektedir [18]. Bunc ve Leso Çek kürekçilerde ventilasyon eşiğinde kullanılan VO_{2max}'ın yüzdesini 85.0 ± 4.4 olarak tespit etmiştir [23]. Ingham ve ark kürekçilerde laktat eşiğinde kullanılan VO_{2max}'ın yüzdesini kulüp ve elit düzey kürekçiler için sırasıyla 78.1±1.9 ve 85.7±1.7 olarak tespit etmiştir [20]. Mikulic Hırvat elit genç kürekçilerde VO_{2max}'ın anaerobik eşikte kullanılan yüzdesini %85.5 ± 2.3 olarak tespit etmiştir [21]. Bourdin ve ark., 4 mM anaerobik eşik düzeyinde kullanılan VO_{2max}'ın yüzdesini ağır kilo kürekçiler için %89.9 ± 5.2, hafif kilo kürekçiler için %90 ± 4.3 olarak saptamışlardır [24]. Çalışmamıza katılan kürekçilerde bu değerler ventilasyon eşiğinde %85, laktat eşiğinde %82,64, 4 mM anaerobik eşikte %80.15 ± 3.70 olarak bulunmuştur. Avustralyalı erkek kürekçilerde aşamalı artan protokole göre belirlenen anaerobik eşikteki iş yükü ağır kilo ve hafif kilolar için sırasıyla 289±6 m/dk ve 278 ± 7 m/dk olarak saptanmıştır [18]. Çalışmamıza katılan kürekçilerde anaerobik eşikteki işyükü 262.55 ± 7,55 m/dk olarak bulunmuştur.

Kürekte hangi anaerobik eşik saptama yönteminin kullanımının daha uygun olacağı ile ilgili farklı görüş ve öneriler vardır. Kullanılan test yöntemleri, denek gruplarının performans ve standart farklılıkları yada araştırma verilerinin yorumlanmasında kullanılan farklı istatistiksel yaklaşımlar, araştırmalar arasında bir karşılaştırma yapmayı zorlaştırmaktadır. Özellikle elit düzeydeki genç kürekçiler üzerinde yapılan benzer çalışmaların sayısı oldukça kısıtlıdır.

Stegmann ve Kindermann, 19 kürekçiden 15'inin 4 mM/L laktat eşiğine uygun olan hızlarda çalıştıklarında 12-16 dakika arasında tükendiklerini kaydetmişlerdir [25]. Baldari ve Guidetti, değişik spor dallarındaki sporcularda bireysel anaerobik eşiğin 4 mM laktat konsantrasyonuna yakın hızlarda ortaya çıktığını saptamıştır. 4 mM/L laktat yoğunluğuna uygun hızların, anaerobik eşikleri 4 mM'den yüksek bazı sporculara göre yavaş kaldığını gösteren veriler de mevcuttur [26]. Stegmann ve Kindermann tarafından incelenen kürekçilerden birinin anaerobik eşiğinin 6.1 mM/L laktat yoğunluğuna eşdeğer olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, 4 mM seviyesine uygun hızlarda bu sporcunun rahatça 50 dakika çalışabildiği görülmüştür [27].

Beneke kürekçilerde bireysel anaerobik eşik ve 4mM anaerobik eşik yöntemlerini karşılaştırdığı çalışmasında, iki yöntemle elde edilen sonuçlar arasında 0.80 ile 0.96 arasında değişen anlamlı ilişkiler saptamıştır [8]. O'Reilly ve arkadaşları kürekçilerde bireysel anaerobik eşik ve 4mM anaerobik eşikteki değerler arasında anlamlı fark saptamamışlardır [28].

Hoffman ventilasyon eşiğinde yapılan antrenmanın mesafe koşu performansını arttırdığını ve VT'nin kan laktat parametrelerini ölçmede ve kullanmada uygun bir alternatif olacağını belirtmiştir [29]

Wyatt yaptığı meta analiz çalışmasında laktat eşiği ve ventilasyon eşiği ile VO_{2max}'ı karşılaştırdı. Sonuçta, bizim bulgularımızın tersine, VO_{2max}'ın laktat eşiği ve ventilasyon eşiğinin tahminini sağlamadığı görülmüştür. Laktat eşiği ve ventilasyon eşiği arasında anlamlı bir benzerlik gözlenmemiştir [30].

Anderson ve Mahon ventilasyon ve laktat eşiği arasında mutlak değerlerde 0.76, relatif değerlerde 0.87'lik anlamlı ilişki bulmuştur [19], bu bulgular bizim bulgularımızla paralellik göstermektedir.

Russell ve ark.; 13 elit üniversite takımı kürekçisi üzerinde antropometrik karakteristikler, metabolik parametreler ve kuvvet ölçümleri yapmış ve antropometrik özelliklerin 2000 m. kürek ergometresi performansını en iyi yansıtan değişken olduğu sonucuna varmış ($r = 0.82$); VO_{2max}, yağsız vücut kitlesi ve skinfold ölçümleri ise antropometrik özelliklerin arkasından gelmiştir ($r = 0.80$).[31]

Cosgrove ve ark.; 13 erkek klüp kürekçisi üzerinde 2000 m. ergometre testi ile oksijen tüketimi ölçümü ve bazı antropometrik ölçümler (boy, V.A, kol boyu, oturma boyu) yapmış ve 2000 m. performansı ile en yüksek korelasyonu ortalama watt ($r = 0.90$), VO_{2max}, yağsız vücut kitlesi ($r = 0.85$) ve VO_{2max}'ta ortaya konulan hızın ($r = 0.77$) gösterdiği sonucuna ulaşmışlardır.[32] Wolf ve Roth [33]; 4 mM laktat seviyesinde üretilen güç değerinin yarışma performansının en iyi belirleyici olduğunu saptamış; diğer bazı araştırmacılar ise 4 mM laktat seviyesindeki absolut O₂ tüketimi daha yüksek olan kürekçilerin daha düşük olanlara göre daha yüksek performans gösterdiklerini belirtmişlerdir [1,2].

Mikulic, vücut ağırlığı ve yağsız vücut kitlesi ile kürek ergometresi performansı arasında çok yüksek ilişki gözlemiştir ($r = -0.70$, $r = -0.77$). Aynı çalışma'da absolut VO_{2max}'taki güç değeri ($r = -0.73$) ve ventilasyon eşiğindeki güç değerinin ($r = -0.74$) de performansla yüksek ilişkili olduğu bildirilmiştir [22].

Jurimae ve ark., 2000 metre kürek ergometresi performansı ile en yüksek ilişkileri VO_{2max}'taki güç değeri ($r = -0.97$) ve yağsız vücut kitlesi ($r = -0.91$) arasında bulmuştur [34]. Ingham ve ark., VO_{2max}'taki güç değeri ($r = -0.93$), 4 mM laktat seviyesindeki güç değeri ($r = -0.92$), absolut VO_{2 max} ($r = -0.82$), laktat eşiği O₂ tüketimi ($r = -0.82$) ve boy ($r = -0.66$) ile 2000 metre kürek ergometresi performansı arasında $p < 0.001$ düzeyinde yüksek ilişki saptamıştır [35].

Jurimae ve ark., kürek ergometresi ve su'da yapılan 2000 m. testi sonuçlarının arasında $r = 0.72$, $p < 0.05$) düzeyinde anlamlı bir ilişki tespit etmişlerdir. VO_{2max}, 4 mM laktat seviyesinde kullanılan O₂ miktarı, iş ekonomisi (değişik şiddet seviyelerindeki laktat cevaplarına bağlı olarak) ile 2000 m. performansı arasında $r = -0.64$ ile $r = -0.70$ arasında değişen düzeylerde anlamlı ilişkiler saptamışlardır [34]. Huang ve ark., genç kürekçilerde 2000 metre performansı ile vücut ağırlığı arasında $r = -0.84$ değerinde ilişki saptamıştır [36]. Kürek sporunda yüksek aerobik kapasiteye sahip olmak ve anaerobik eşik seviyelerinde daha yüksek güç üretebilmek ve daha yüksek hızlarda kürek çekebilmek yüksek performans ortaya koymak için belirleyici en önemli sebeplerdendir, boy ve vücut ağırlığının yüksek olmasında performansta etkili olduğu görülmektedir. Bu bağlamda literatürdeki araştırma sonuçları araştırmamızdaki bulgularla paralellik göstermektedir.

Sonuç olarak; elit genç Türk kürekçilerde anaerobik eşik kalp atım hızı ve anaerobik eşikte kullanılabilen VO_{2Max} yüzdesi uluslararası seviyedeki kürekçilere benzer bulunurken, anaerobik eşikte kullanılan O₂ miktarı, anaerobik eşikteki iş yükü değerlerinin ise büyük oranda daha düşük olduğu görülmektedir. Deneklerin genç olması bunda etkindir, antrenman yaşlarının artması ve biyolojik gelişimlerini tamamlamaları, antrenmanlarda da bu

özellikleri geliştirecek çalışmalar üzerinde durulmasıyla birlikte oksijen tüketimi ve laktat profillerinde de gelişmeler olacağı beklenmektedir.

Kürek ergometresi performansını etkileyen faktörlere bakıldığında, maksimal oksijen tüketimi, anaerobik eşik seviyelerinde kullanılan oksijen miktarı ve anaerobik eşik seviyelerinde kullanılan güç parametrelerinin performansın ortaya çıkmasında en önemli değişkenler olduğu ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte; ventilasyon eşiği, laktat eşiği ve 4mM anaerobik eşikteki oksijen tüketimlerindeki benzerliklerle birlikte iş yükü ve güç sonuçlarının da yüksek ilişkili bulunması kürekçilerde anaerobik eşik belirlemede bu çalışmada önerilen yöntemlerin tümünün kullanılabilceğini göstermektedir. Çalışmanın sonuçlarına göre, non-invasif yöntemle anaerobik eşik belirlenmesinin genç kürekçilerde anaerobik eşiğin belirlenmesinde invasif yöntemlere alternatif olarak geçerli ve kullanışlı bir yöntem olabileceği düşünülmektedir.

NOT (NOTICE)

Bu makale "Kürek sporunda performans tahmin formülü oluşturmada kullanılabilir fiziksel ve fizyolojik parametrelerin belirlenmesi" adlı doktora tezinden derlenmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Steinacker, J.M., (1993). Physiological aspects of training in rowing. *Int J Sports Med*, 14(Suppl 1), pp: 3-10.
2. Steinacker, J.M., Lormes, W., Lehmann, M., and Altenburg, D., (1998). Training of rowers before world championships. *Med Sci Sports Exerc*, 30(7), p: 1158-1163.
3. Messonier, L., Freund, H., Bourdin, M., Belli, A., and Lacour, J., (1997). Lactate exchange and removal abilities in rowing performance. *Med Sci Sports Exerc*, 29(3), pp: 396-401.
4. Gullstrand, L., (1996). Physiological responses to short-duration high-intensity intermittent rowing. *Can J Appl Physiol*, 21(3), pp: 197-208.
5. Conconi, F., Ferrari, M., Ziglio, P.G., Droghetti, P., and Codeca, L., (1982). Determination of the anaerobic threshold by noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol*, 52(4), pp: 869-873.
6. Nolte, V., (2006). *Rowing faster*. Human Kinetics: USA.
7. Garrett, W.E. and Kirkendall, D.T., (2000). *Exercise and Sport Science*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
8. Beneke, R., (1995). Anaerobic threshold, individual anaerobic threshold, and maximal lactate steady state in rowing. *Med Sci Sports Exerc*, 27(6), pp: 863-866.
9. McArdle, W.D., Katch, F.I., and Katch, V.L., (2009). *Exercise Physiology*. Lippincott Williams & Wilkins, USA.
10. Shephard, R.J., (1998). Science and medicine of rowing: a review. *J Sports Sci*, 16(5), pp: 613-620.
11. Lormes, W., Buckwitz, R., Rehbein, H., and Steinacker, J.M., (1993). Performance and blood lactate on Gjøessing and Concept II rowing ergometers. *Int J Sports Med*, 14 (Suppl 1), pp: 29-31.
12. Roth, W., Shwartz, P., and Bauer, P., (1993). Force time characteristics of the rowing stroke and corresponding physiological muscle adaptations. *Int J Sports Med*, 14(Suppl 1), pp: 23-34.
13. Svedahl, K. and MacIntosh, B.R., (2003). Anaerobic Threshold: The concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol*, 28(3), pp: 299-323.
14. Powers, S.K. and Beadle, R.E., (1985). Onset of hyperventilation during incremental exercise: a brief review. *Res Q Exerc Sport*, 56(2), pp: 352-360.

15. Davis, J.A., (1985). Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc* ., 17(4), pp: 6-18.
16. Paterson, D.J., (1997). Potassium and breathing in exercise. *Sports Med*, 23(2), pp: 149-163
17. Hahn, A., Bourdon, P., (1995). Protocols for the physiological assessment of rowers. Australian Sports Commission; Section 3.
18. Gore, C.J., (2000). Physiological Tests for Elite Athletes. Human Kinetics: USA. pp: 311-327.
19. Anderson, C.S. and Mahon, A.D., (2007). The Relationship between ventilatory and lactate thresholds in boys and men. *Res Sports Med*, 15 (3), pp: 189-200.
20. Ingham, S.A., Carter, H., Whyte, G.P., and Doust, J.H., (2007). Comparison of the oxygen uptake kinetics of club and olympic champion rowers. *Med Sci Sports Exerc*, 39(5), pp: 865-871.
21. Mikulic, P., (2008). Anthropometric and physiological profiles of rowers of varying ages and ranks. *Kinesiology*, 1(1), pp: 80-88.
22. Mikulic, P., (2009). Anthropometric and metabolic determinants of 6,000-m rowing ergometer performance in internationally competitive rowers. *J Strength Cond Res*, 23(6), pp: 1851-1857.
23. Bunc, V. and Leso, J., (1993). Ventilatory threshold and work efficiency during exercise on a cycle and rowing ergometer. *J Sports Sci*, 11(1), pp: 43-48.
24. Bourdin, M., Messonnier, L., and Lacour, J.R. (2004). Laboratory blood lactate profile is suited to on water training monitoring in highly trained rowers. *J Sports Med Phys Fitness* , 44(4), pp: 337-341.
25. Stegmann, H. and Kindermann, W., (1982). Comparison of prolonged exercise tests at individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol.l⁻¹ lactate". *Int J Sports Med*, 3(1), pp: 105-110.
26. Baldari, C. and Guidetti, L., (2000). A simple method for individual anaerobic threshold as predictor of max lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc*, 32(10), pp:1798-802.
27. Stegmann, H., Kindermann, W., and Schnabel, A., (1981). Lactate kinetics and the individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med*, 2(1), pp:160-165.
28. O'Reilly, J., Chen, Y., Chiu, T.K., and Wong, S.H.S., (2010). Validation of Various Anaerobic Threshold Determination Methods Relating to Maximal Lactate Steady State in Rowing. *Med Sci Sports Exerc* ., 42(5), Supp 1, pp: 833-834.
29. Hoffman, R.L., (1999). Effects of training at the ventilatory threshold on the ventilatory threshold and performance in trained distance runners. *J Strength and Cond Res*, 13(2), pp: 118-1213.
30. Wyatt, F.B., (1999). Comprasion of lactate and ventilatory threshold to maximal oxygen consumption: a meta analysis. *J Strength Cond Res*, 13 (1), pp: 67-71.
31. Russell, A.P., Le Rossignol, P.F., and Sparrow, W.A., (1998). Prediction of elite schoolboy 2000m rowing ergometer performance from metabolic, anthropometric and strength variables. *J Sports Sci*, 16(8), pp: 749-754.
32. Cosgrove, M.J., Wilson, J., Watt, D., Grant, S.F., (1999). The relationship between selected physiological variables of rowers and rowing performance as determined by a 2000 m ergometer test. *J Sports Sci*, 17(1), pp: 845-842.
33. Wolf, W.V. and Roth, W (1987). Validitat Spoergometrischer Parameter für die Wettkamp eistung im Rudern. *Medizinund-Sport*, 27, pp:162-166.

34. Jurimae, J., Jurimae, T., Maestu, J., and Pihl, E., (2000). Prediction of 2000-m rowing performance on single sculls from metabolic and anthropometric variables. *J Sports Sci*, 18(7), pp: 508-517.
35. Ingham, S.A., Whyte, G.P., Jones, E.K., and Nevill, A.M., (2002). Determinants of 2,000 m rowing ergometer performance in elite rowers. *Eur J Appl Physiol* 88,pp: 243-246
36. Huang, C.J., Nesser, T.W., and Edwards, J.E., (2007). Strength and power determinants of rowing performance. *J Exerc Physiol*, 10(4), pp: 43-50.