



Hüsamettin KAYA<sup>1</sup>  
İhsan SERHATLIOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fırat Üniversitesi,  
Tıp Fakültesi,  
Biyostatistik Anabilim Dalı  
Elazığ, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Fırat Üniversitesi,  
Tıp Fakültesi,  
Biyofizik Anabilim Dalı  
Elazığ, TÜRKİYE

Geliş Tarihi : 09.02.2011  
Kabul Tarihi : 31.03.2011

Yazışma Adresi  
Correspondence

İhsan SERHATLIOĞLU  
Fırat Üniversitesi,  
Tıp Fakültesi  
Biyofizik Anabilim Dalı,  
Elazığ-TÜRKİYE

ih\_ser@hotmail.com

## ARAŞTIRMA

F.Ü.Sağ.Bil.Tıp Derg.  
2011; 25 (1): 43 - 47  
http://www.fusabil.org

### Sedanter Bireylerde Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Kalp Atım Hızı-İş Gücü Arasındaki İlişkinin Aerobik-Anaerobik Bölgelerinde İncelenerek Kalp Atım Etkinliğinin Belirlenmesi \*

**Amaç:** Bu çalışmanın amacı, iş gücünün düzenli olarak arttığı egzersiz testinde kalp atım hızı-iş gücü ilişkisinin egzersizin aerobik ve anaerobik bölgelerinde verdiği cevabı inceleyerek kalbin etkin kullanım durumunu belirlemektir.

**Gereç ve Yöntem:** Toplam 37 sedanter erkek denek şiddeti düzenli artan yüke karşı (15W/dk) yapılan egzersiz testine katıldılar. Egzersiz sırasında, kalp atım hızları polar kalp saatiyle solunum parametreleri spirometre ile ölçülüp kaydedildi. Aerobik-anaerobik metabolizma değişim bölgesi olan anaerobik eşik (AE) non-invazif olarak solunum-iş gücü ilişkisiyle hesaplandı. Eşleştirilmiş t-testi istatistiksel analiz için kullanıldı ve  $p < 0.05$  anlamlı kabul edildi.

**Bulgular:** Egzersiz sırasında kalp atım değerleri istirahatten ısınmaya ( $79.8 \pm 1.4$  atım/dk -  $104.2 \pm 1.9$  atım/dk) kadar %30 luk artış gözlemlendi. Kalp atım hızı ısınma dönemi ile AE ( $104.2 \pm 1.9$  atım/dk -  $148.3 \pm 2.1$  atım/dk) arasında (yani aerobik egzersiz bölgesinde) %42' lik artış gösterdi.  $W_{max}$ ' daki kalp atım sayısı ( $189.7 \pm 1.9$  atım/dk) ısınma dönemine göre %82, AE'ye göre ise %27' lik artış gösterdi. Anaerobik egzersiz bölgesinde iş gücü değişimi ile kalp atım hızı değişiminin oranı ortalama  $2.3 \pm 0.08$  olup, anaerobik egzersiz bölgesinde ise ortalama  $1.9 \pm 0.07$ ' ye düşmüştür (%18'lik) ( $p < 0.05$ ).

**Sonuç:** Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında kalp atım hızı ile üretilen iş gücü arasındaki ilişki metabolizmaya bağlı değişiklik göstermekte olup kalbin etkinliği anaerobik bölgede üretilen iş gücüne oranla azalma göstermektedir. Bu ise aerobik kapasitesi düşük olan bireylerin değerlendirilmesinde önemli bir kriter olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Egzersiz, anaerobik eşik, kalp atım hızı, iş gücü.

#### Determining Heart Rate Efficiency Using Heart Rate Work Rate Relationships in Response to Aerobic - Anaerobic Exercise Regions of Incremental Exercise Test in Sedentary Subjects

**Objective:** The purpose of this study was to examine the heart rate-work rate relationship in aerobic and anaerobic regions of incremental exercise test to determine effective heart rate response.

**Materials and Methods:** Total of 37 sedentary male subjects performed an incremental exercise test (15W/min). During exercise, heart rate was measured using a polar heart rate watch and respiratory parameters were measured using a spirometry. The change in metabolism from aerobic to anaerobic, i.e. anaerobic threshold (AT) was determined using minute ventilation to work rate relationships. Paired t-test was used for the statistical analysis and  $p < 0.05$  was accepted as significant

**Results:** During test, from resting to warm-up period, heart rate increased as 30% ( $79.8 \pm 1.4$  beat/min -  $104.2 \pm 1.9$  beat/min). Heart rate between warm-up period and AT (i.e. aerobic exercise region) increased as 42% ( $104.2 \pm 1.9$  beat/min -  $148.3 \pm 2.1$  beat/min). Heart rate at  $W_{max}$  ( $189.7 \pm 1.9$  beat/min) increased 82% compared to warm-up period and increased 27% compared to AT. The work rate heart rate ratio in aerobic exercise region was averaged  $2.3 \pm 0.08$ , and it decreased  $1.9 \pm 0.07$  (18%) in anaerobic exercise region ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** The relationship between heart rate and work rate during an incremental exercise test can change with related to metabolism, and heart rate efficiency decreased in anaerobic exercise. Thus this value could be used as important criteria to evaluate the person who has low aerobic capacity.

**Key Words:** Exercise test, anaerobic threshold, heart rate, work rate.

#### Giriş

Normal, sporcu veya hasta bireylerin iş yapabilme kapasiteleri ve yaptıkları işi sürdürebilme durumları kardiyovasküler, metabolik ve respiratuvar sistemlerin sağlık derecesi ile yakından ilişkilidir (1, 2).

\* 22. Ulusal Biyofizik Kongresi 28 Eylül-1 Ekim 2010.

Kardiyopulmoner egzersiz testleri sırasında vücutta artan metabolik stresi ve enerji ihtiyacını karşılamak için kardiyovasküler sistem aktivitesi metabolik ihtiyaca uygun şekilde artış göstermektedir (3). Egzersiz sırasında, kalp atım sayısındaki ve atım hacmindeki değişimler vücudun artan metabolik ihtiyacına göre ayarlanmaktadır. Artan enerji ihtiyacına karşılık artan kalp atım sayısı ve atım hacim dengesinin sağlanması uygulanan iş gücünün birey tarafından devam ettirebilmesini sağlayan önemli bir konudur (4).

İş gücünün düzenli olarak arttığı egzersiz testi sırasında vücudun metabolik ihtiyacı istirahat seviyesinden bireyin tolare edebileceği en yüksek iş seviyesi olan maksimal egzersiz kapasitesine kadar değişimler göstermektedir (5, 6). Şiddeti düzenli olarak artan egzersizin başında enerji ihtiyacı aerobik metabolizma tarafından sağlanmakta olup belirli bir iş gücünün üstünde ise (maksimal iş kapasitesinin yaklaşık %40-%65 arasında) artan enerji ihtiyacı anaerobik metabolizma tarafından sağlanmaya başlanır (2). Bu aerobik metabolizmadan anaerobik metabolizmaya geçiş noktası Anaerobik Eşik (AE) olarak tanımlanmıştır (7). AE klinik bilimler ve spor bilimleri tarafından yaygın olarak aerobik fitness değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (8, 9). AE üstü ve altı metabolik anlamda

O<sub>2</sub>'nin sağlanması ve metabolik yan ürün olan CO<sub>2</sub>'nin uzaklaştırılması açısından iki farklı bölgeyi tanımlamakta olup (10), bu bölgelerdeki iş gücü ile kalp atım hızı arasındaki ilişki önemli bir parametre olarak organ ve sistemlerin fonksiyonel durumlarının göstergesi olabileceğini düşündürmektedir.

Bu çalışmanın amacı, iş gücünün düzenli olarak arttığı egzersiz testi sırasında kalp atım hızı-iş gücü ilişkisinin egzersizin aerobik ve anaerobik bölgelerinde verdiği cevabı inceleyerek kalbin etkin kullanım durumunu belirlemektir.

## Gereç ve Yöntem

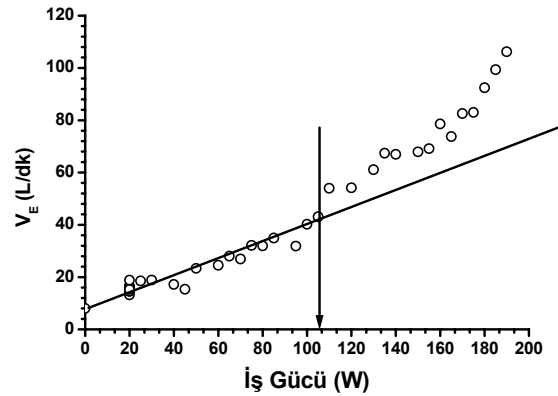
Toplam 37 sağlıklı genç erkek denek şiddeti düzenli artan yüke karşı yapılan egzersiz testine tabi tutuldular. Deneklerin fiziksel karakteristikleri Tablo 1'de verilmiştir. Denekler lokal Etik Kurul'dan alınan onay formunu okuyup onayladıktan sonra çalışmaya gönüllü olarak katıldılar. Deneklerin vücut ağırlığı ve kompozisyon analizi sabah açlığını takiben sabah 08:00-10:00 saatleri aralığında ayakta ayağa biyoelektrik empedans analiz yöntemiyle (Tanita, Body Composition Analyser, TBF-300 M) değerlendirildi (11, 12).

**Tablo 1.** Deneklerin yaş, boy, ağırlık, vücut kitle indeksi (VKİ), kilogram başına üretilen iş gücü miktarı, anaerobik eşikteki ve maksimal iş gücündeki ortalama değerler (n=37).

Yaş (yıl)	Boy (cm)	Ağırlık (kg)	VKİ (kg/m <sup>2</sup> )	W/kg	W <sub>max</sub> (W)	AE (W)
22.6±0.7	177.5±1	70±1.2	22.2±0.4	2.8±0.1	196±5.3	117.8±2.7

Deneklere elektromanyetik bisiklet ergometre ile (Examiner Lode, Holland) şiddeti düzenli olarak artan yüke (15 W/dk) karşı yapılan egzersiz testi uygulandı (13). Test, dört dakikalık 20 W (60 RPM) ısınma dönemi ile başladı ve iş gücü bilgisayar kontrollü olarak dakikada 15 W artırılarak deneklerin tolare edemeyecekleri seviyeye kadar devam ettirildi. Bu noktada iş gücü tekrar 20 W' a indirilerek iyileşme dönemi ile test sonlandırıldı.

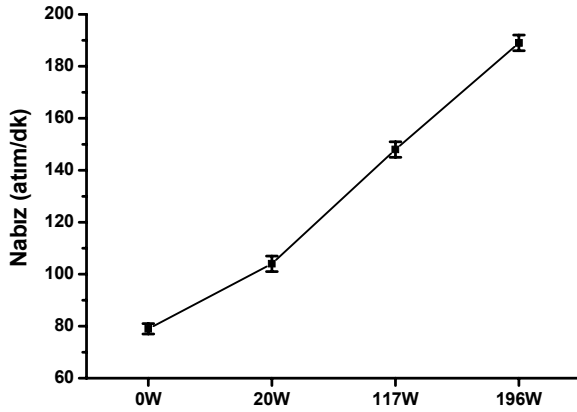
Egzersiz sırasında, kalp atım hızları polar kalp saatiyle, solunum parametreleri ise spirometre (Spiro Lab, Italy) ile ölçülüp kaydedildi. Hedeflenen kalp atım değeri karvonen metodu ile 220 - yaş formülü kullanılarak hesaplandı (14, 15). Aerobik-anaerobik metabolizma değişim bölgesi olan AE non-invaziv olarak solunum-iş gücü ilişkisiyle hesaplandı (Şekil 1). Lineer Regrasyon Analizi ile değerler arasındaki lineer ilişki değerlendirildi. Eşleştirilmiş t-testi aerobik ve anaerobik bölgelerin istatistiksel analiz için kullanıldı. p<0.05 anlamlı kabul edildi.



**Şekil 1.** Bir örnek deneğin şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında dakika solunum (V<sub>E</sub>) ile iş gücü arasındaki ilişki ile anaerobik eşik belirlenmesi. Yatay solid çizgi metabolizma iş gücünü göstermektedir. Dikey çizgi ise anaerobik eşiği göstermektedir.

## Bulgular

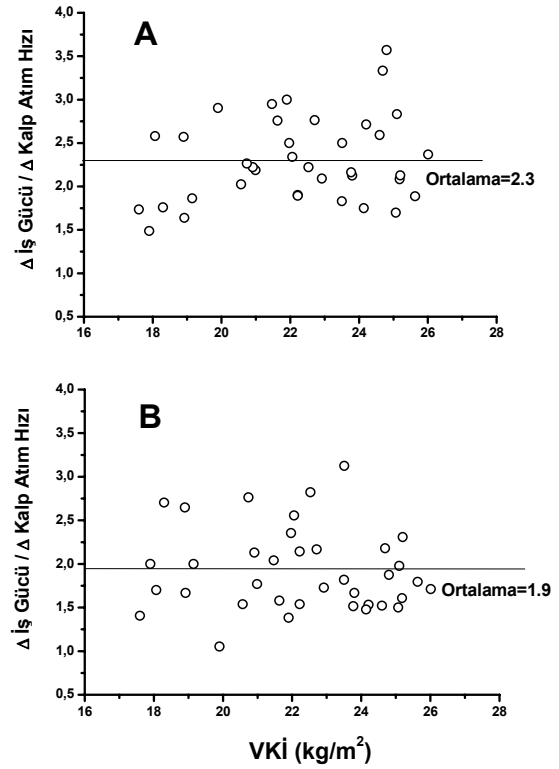
Deneklerin maksimal egzersiz kapasiteleri ( $W_{max}$ ) ve AE değerleri sırasıyla:  $196 \pm 5.3$  W,  $117.8 \pm 2.7$  W olarak bulundu. AE ile  $W_{max}$  oranı %60 olarak bulundu (Tablo 1). Kalp atım sayısının istirahat, ısınma dönemi, AE'deki ve  $W_{max}$ 'daki ortalama değerleri Şekil 2'de görüldüğü gibidir. Egzersiz sırasında kalp atım değerleri istihattan ısınmaya ( $79.8 \pm 1.4$  atım/dk -  $104.2 \pm 1.9$  atım/dk) kadar %30' luk artış gözlemlendi. Isınma döneminden sonra iş gücü ile birlikte kalp atım hızı artmaya başladı ve AE'de  $148.3 \pm 2.1$  atım/dk ya çıkmıştır. Isınma dönemi ile AE arasında (yani aerobik egzersiz bölgesinde) kalp atım sayısında %42' lik artış gözlemlendi. Aerobik egzersiz bölgesinde kalp atım rezervinin %62'sini kullanmıştır.



**Şekil 2.** Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında deneklerin istirahat (0W), ısınma dönemi (20W), AE' deki ve  $W_{max}$ ' taki kalp atım (ortalama +SS) değerleri (n=37).

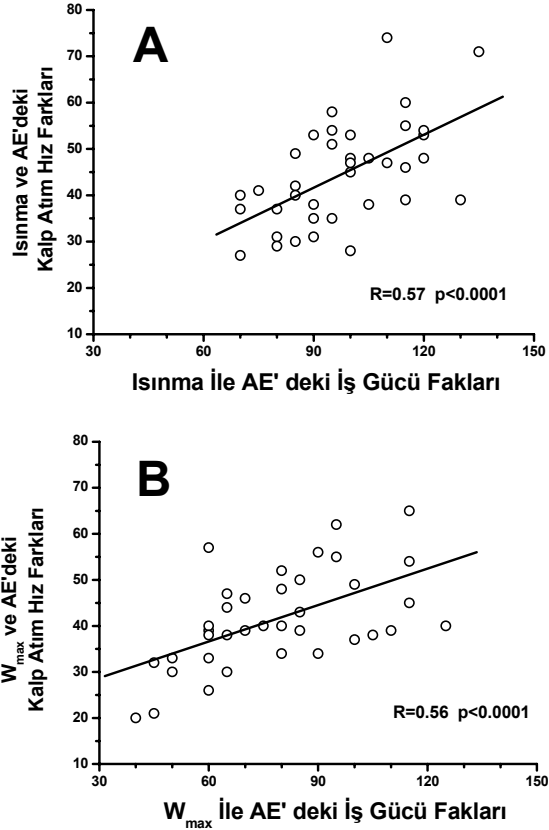
AE üstü bölgede artan iş gücü kalp atım hızında artışa neden olup  $W_{max}$ 'daki kalp atım sayısı ise  $189.7 \pm 1.9$  atım/dk ya çıkmıştır. AE üstü bölgede ise kalp atım hızında ısınma dönemine göre %82, AE'ye göre ise %27' lik artış gözlemlendi. Maksimal kalp atımının beklenen kalp atıma oranı  $96.1 \pm 2.7$ ' dir.

AE altı (aerobik egzersiz bölgesinde) iş gücü değişimi ile kalp atım hızı değişiminin oranı ortalama  $2.3 \pm 0.08$  bulunmuştur. AE üstünde (anaerobik egzersiz bölgesinde) ise iş gücü değişimi ile kalp atım hızı değişiminin oranı ortalama  $1.9 \pm 0.07$ ' ye düşmüştür (%18'lik düşüş gözlemlendi). Bu iki farklı egzersiz bölgesindeki hesaplanan değişimler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulundu ( $p < 0.05$ , Şekil 3).



**Şekil 3.** Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında; A. deneklerin aerobik bölgedeki ortalama iş gücü ve kalp atımı hızı oranının VKİ değerlerine göre dağılımı, B. deneklerin anaerobik bölgedeki ortalama iş gücü ve kalp atımı hızı oranının VKİ değerlerine göre dağılımı (n=37).

Kalp atım hızı artış oranı ile iş gücü artış oranı arasındaki ilişkinin aerobik ve anaerobik egzersiz bölgelerinde verdiği cevap Şekil 4'te verilmiştir. Bu şekilde de görüldüğü gibi aerobik bölgedeki korelasyon ( $R=0.57$   $p < 0.0001$ ) ve anaerobik bölgedeki korelasyon ( $R=0.56$   $p < 0.0001$ ) değerlerinde anlamlı lineer bir ilişki bulunmaktadır (Şekil 4).



**Şekil 4.** Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında; A. deneklerin ısınma ve anaerobik eşikteki kalp atım hızı farkları ve iş gücü farkları arasındaki korelasyon, B. deneklerin maksimal iş gücü ve anaerobik eşikteki kalp atım hızı farkları ve iş gücü farkları arasındaki korelasyon (n=37).

### Tartışma

Kardiyopulmoner sistem kapasitesi aerobik fitnessin önemli belirleyicilerdendir. Egzersiz sırasında artan enerji ihtiyacının karşılanabilmesi için ve metabolizma yan ürünlerinin ortamdaki uzaklaştırılması egzersize devam edebilme açısından önemlidir (2). Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi hem aerobik hem de anaerobik egzersiz bölgeleri içermektedir. Bu iki farklı metabolizma bölgesindeki kardiyak sistemin cevabı

### Kaynaklar

1. Agostoni P, Cattadori G. Patterns of response diagnostic for cardiac disease. *Eur Respir Mon* 2007; 40: 93–107.
2. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Stringer WW, Whipp BJ. Principles of Exercise Testing and Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Applications. 4th ed. Philadelphia, Pa: Lippincott Williams & Wilkins, 2004.
3. Ramiz C, Ozelik O. Effects of progressively increasing work rate exercise on body substrate utilisation. *Turkish Journal of Endocrinology and Metabolism*. 2002; 2: 81-84.
4. Stringer WW. Cardiopulmonary exercise testing: current applications. *Expert Rev Respir Med* 2010; 4: 179–188.
5. Ward SA. Discriminating features of responses in cardiopulmonary exercise testing. *Eur Respir Mon* 2007; 40: 36–68.

organ ve sistemlerin fonksiyonel durumlarının belirlenmesinde önemlidir (5, 16) .

Literatürde belirtildiği gibi denekler egzersiz kapasitelerinin yaklaşık %60'ına kadar aerobik metabolizmayla devam etmişlerdir (2, 17). Bu seviyenin üzerinde ise anaerobik metabolizma ile maksimal egzersiz kapasitesine kadar devam edilmiştir. Sporcularda görülen egzersiz kapasitelerindeki artış aerobik fitness artışının bir göstergesidir (18).

Bu çalışmanın önemli bulgularından bir tanesi her bir kalp atımı için aerobik ve anaerobik egzersiz bölgelerindeki iş üretim kapasitelerinin belirlenmesiydi. Aerobik egzersiz bölgesinde bir kalp atımı ile ortalama  $2.3 \pm 0.08$  W'lık iş üretebilirken anaerobik bölgede ise ortalama  $1.9 \pm 0.07$  W'lık iş üretebilmiştir. Bu iki farklı bölgede istatistiksel olarak iki farklı cevabın elde edilmesi ayırıcı tanı olarak önemli bir noktadır. Literatürde egzersiz kalp atım ilişkisi (19), egzersiz kalp atım değişkenliği (20), egzersiz kalp atım rezervi (21, 22) aerobik fitness değerlendirmesinde yaygın olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte kalp atım başına üretilen iş kapasitesi henüz literatürde geniş olarak değerlendirilmemiştir. Bunun önemi aerobik fitnessi düşük veya yüksek olan bireylerde elde edilecek cevaplarla karşılaştırılarak farklılıkların ortaya konulabileceğini göstermektedir.

Kalp atım rezervi iş gücünü devam ettirebilmede önemli kriterlerden birisi olup (23), bu çalışmada şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında uygulanan iş gücü ile arasındaki ilişki hem aerobik hem de anaerobik bölgede lineer olarak değişmektedir (Şekil 4).

Aerobik ve anaerobik metabolizmanın ayrı ayrı veya birlikte görüldüğü şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında kalp atım hızı ile üretilen iş gücü arasındaki ilişki metabolizmaya bağlı değişiklik göstermekte olup kalbin etkinliği anaerobik bölgede üretilen iş gücüne oranla azalma göstermektedir. Anaerobik egzersiz bölgesinde kalbin iş üretim etkinliğindeki azalma aerobik fitnessi düşük olan bireylerin değerlendirilmesinde önemli bir kriter olabilir.

Sonuç olarak atım başına iş üretebilme kapasitesinin metabolizmaya bağlı farklılık göstermesi; aerobik fitnessi yüksek olan sporcuların değerlendirilmesinde veya aerobik fitnessi düşük olan hastaların değerlendirilmesinde kullanılabileceğini düşünmekteyiz.

6. Whipp BJ, Wagner PD, Agusti A. Determinants of the physiological systems responses to muscular exercise in healthy subjects *Clinical Exercise Testing*. 2010; 1-35.
7. Wasserman K, McIlroy MB. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am J Cardiol* 1964; 14: 844-852.
8. Kubukeli ZN, Noakes TD, Dennis SC. Training techniques to improve endurance exercise performances. *Sports Med* 2002; 32: 489-509.
9. Hermassi S, Chelly MS, Fathloun M, Shephard RJ. The effect of heavy- vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *J Strength Cond Res* 2010; 24: 2408-2418.
10. Özçelik, O, Ayan V, Aslan M. Artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında O<sub>2</sub> alınımı-iş gücü arasındaki ilişki. *Fırat Tıp Dergisi* 2002; 7: 602-607.
11. Çolak R, Özçelik O, Aslan M, Özcan M. Genç erişkinlerde vücut bileşimlerinin değerlendirilmesinde vücut kitle indeksi ve biyoelektrik impedans analizinin karşılaştırılması. *Fırat Tıp Dergisi* 2002; 7: 706-711.
12. Utter AC, Nieman DC, Ward AN, Butterworth DE. Use of the leg-to-leg bioelectrical impedance method in assessing body-composition change in obese women. *Am J Clin Nutr* 1999; 69: 603-607.
13. Whipp BJ, Davis JA, Torres F, Wasserman K. A test to determine parameters of aerobic function during exercise. *J Appl Physiol* 1981; 50: 217-221.
14. Karvonen JJ, Kentala E, Mustala O. The effects of training on heart rate: a "longitudinal" study. *Ann Med Exp Biol Fenn* 1957; 35: 307-315.
15. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 2001; 37: 153-156.
16. Palange P, Ward SA, Carlsen K-H, et all. Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. *Eur Respir J* 2007; 29: 185-209.
17. Hansen JE, Sue DY, Wasserman K. Predicted values for clinical exercise testing. *Am Rev Respir Dis* 1984; 129: 49-55.
18. Guellich A, Seiler S. Lactate profile changes in relation to training characteristics in junior elite cyclists. *Int J Sports Physiol Perform*. 2010; 5:316-327.
19. Özçelik O, Aslan M, Ayan V, Keleştimur H. Egzersiz sırasında kalp atım hızı-iş gücü ilişkisinin metabolik değişim bölgesinin hesaplanmasındaki etkinliği. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi* 2003; 17: 119-126.
20. Hughes JW, Casey E, Doe VH, et all. Depression and heart rate variability in cardiac rehabilitation patients: exploring the roles of physical activity and fitness. *Percept Mot Skills*. 2010; 111: 608-624.
21. Cunha FA, Midgley AW, Monteiro WD, Farinatti PT. Influence of cardiopulmonary exercise testing protocol and resting VO<sub>2</sub> assessment on %HRmax, %HRR, %VO<sub>2max</sub> and %VO<sub>2R</sub> relationships. *Int J Sports Med*. 2010; 31: 319-326.
22. Lounana J, Champion F, Noakes TD, Medelli J. Relationship between %HRmax, %HR reserve, %VO<sub>2max</sub>, and %VO<sub>2</sub> reserve in elite cyclists. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39: 350-357.
23. Özçelik O, Çolak R, Doğukan A. Obezlerde kalp atım rezervinin egzersiz performansını üzerine etkileri. *Fırat Tıp Dergisi* 2002; 7: 745-749.