

Egzersiz Protokolünün Kalp Atım Hızı–İş Gücü İlişkisine Dayanan Anaerobik Eşik Hesaplanmasına Etkisi

Oğuz ÖZÇELİK^{a,1}, Hakkı AYAR²

¹ Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı, ELAZIĞ

² Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi Spor ve Meslek Yüksek Okulu, KONYA

ÖZET

Amaç: Farklı egzersiz protokollerinin kalp atım hızı-ış gücü arasındaki ilişki ile aerobik-anaerobik metabolizma değişim bölgesinin non-invazif olarak tespit edilmesindeki etkinliği araştırıldı.

Gereç ve Yöntem: On üç erkek denek (21.0±0.4 yıl) elektro manyetik bisiklet ergometre ile protokolleri 15 (W15) W/dk ve 30 W/dk (W30) olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testlerine katıldılar. Egzersiz sırasında, kalp atım hızları polar kalp saati ile, solunum parametreleri ise spirometre ile ölçülüp değerlendirildi. Aerobik-anaerobik metabolizma değişim bölgesi, solunum-ış gücü ilişkisi ile hesaplandı ve kalp atım hızı-ış gücü ile karşılaştırıldı.

Bulgular: Egzersiz sırasında kalp atım hızı-ış gücü arasında ilişki 3 farklı şekilde gözlemlendi. Kalp atım hızı artan iş gücü ile lineer olarak 6 (W15) ve 7 (W30) artma gösterdi. Kalp atım hızında sola kırılma 2 (W15) ve 4 (W30) denekte, sağa kırılma ise 5 (W15) ve 2 (W30) denekte gözlemlendi. Aerobik-anaerobik metabolizma değişim bölgesi ile kalp atım hızı kırılma noktası deneklerin hiçbirinde gözlemlenmedi.

Sonuç: Kalp atım hızı kırılma noktası aerobik-anaerobik metabolizma değişim bölgesi hesaplanmasında etkin bir sonuç vermemektedir. Uygulanan egzersiz protokolü ise kalp atım kırılma yönlerinde kısmi değişikliklere neden olmaktadır. Bu nedenle kalp atım hızı iş gücü ilişkisi ileri çalışmalara ihtiyaç duymakta ve klinik alanda antrenman veya egzersiz programlarının hazırlanmasında uygulanırken dikkat edilmelidir. ©2004, Fırat Üniversitesi, Tıp Fakültesi

Anahtar kelimeler: Anaerobik eşik, kalp hızı, egzersiz.

ABSTRACT

Effects of Exercise Protocol on the Estimation of Anaerobic Threshold Based on Heart Rate-Work Rate Relationships

Aim: We investigated the effects of work different work load increments on the validity of non-invasive aerobic to anaerobic metabolic transition point estimation from heart rate-work rate relationships during incremental exercise tests.

Material and Method: Thirteen male subjects (21.0±0.4 yr) performed two incremental exercise tests with work rates of 15 W/min (W15) and 30 W/min (W30) until the limit of tolerance using an electromagnetically-braked cycle ergometer. During exercise, heart rate was measured using polar heart rate watch; respiratory parameters were estimated using spirometry. Aerobic to anaerobic metabolic transition point estimated from ventilation to work rate relationships and compared with heart rate-work rate relationship.

Results: We have found three different responses in heart rate-work rate relationships during incremental exercise test. A linear relationships observed in 6 (W15) and 7 (W30) subjects. Heart rate-work rate relationship showed a deflection to left side in 2 (W15) and 4 (W30) subjects and a right side deflection in 5 (W15) and 2 (W30) subjects. There was no an association between aerobic to anaerobic metabolic transition point and heart rate-work rate deflection point only in any subjects.

Conclusion: Consequently, heart rate-work rate deflection point may not provide accurate aerobic to anaerobic metabolic transition point estimation. The different work protocols may also lead changes in heart rate-work rate relationships. Thus, investigators or clinicians should be careful using heart rate deflection point. ©2004, Fırat Üniversitesi, Tıp Fakültesi

Key words: Anaerobic threshold, heart rate, exercise

Anaerobik eşik, egzersiz sırasında vücudun artan metabolik ihtiyacının aerobik enerji sistemlerince tam olarak karşılanamadığından anaerobik enerji üretimindeki artışın başladığı metabolizma değişim bölgesini tanımlamaktadır. Egzersiz sırasında aerobik metabolizmaya anaerobik metabolizmanın eklendiği bu değişim bölgesinde arteriyal kan laktat konsantrasyonunun da sistematik olarak istirahat seviyesinin üzerine doğru artmaya başladığı gösterilmiştir (1).

Anaerobik eşik, spor ve klinik bilimlerinde; egzersiz tiplerinin sınıflandırılmasında (2), farklı sağlık durumundaki bireylere uygun egzersiz ve rehabilitasyon programları hazırlanmasında (3, 4), hastaların fonksiyonel kapasitelerinin

sınıflandırılarak rehabilitasyon sırasında hastaların egzersiz performanslarının takibinde (5) ve ameliyat sonucu artacak olan metabolik strese karşı cevabı önceden ölçerek ağır batın ameliyatları sonrası ölüm riskinin azaltılması (6) gibi durumlarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Anaerobik eşğin belirlenmesinde en etkin yöntem olarak egzersiz sırasında belirli aralıklarla arteriyal kandaki laktat konsantrasyonu ölçümüdür (7). Egzersiz sırasında kan örnekleri almadan solunum ve akciğer gaz değişim parametrelerinden anaerobik eşğin hesaplanabileceği de gösterilmiştir (1, 8). Conconi ve ark. (9) egzersiz sırasında kalp atım hızı-ış gücü arasındaki ilişki kullanılarak anaerobik eşik

^a Yazışma Adresi: Dr. Oğuz ÖZÇELİK, Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı, 23119 ELAZIĞ
Tel: 0 424 237 00 00 / 6523 Fax: 0 424 233 37 70 e-mail: oozcelik@firat.edu.tr

hesaplanabileceğini ileri sürmüştür. Bu yöntem akciğer gaz değişim parametrelerine dayanan yöntemlerden daha ucuz olup (pahalı ve hassas laboratuvar aletlerine ihtiyaç duyulmadan) laboratuvar dışında (özellikle de spor sahalarında) aerobik-anaerobik ölçümleri yapabilen yöntem olarak kullanılmaktadır.

Metabolik stresin düzenli olarak artırıldığı egzersizlerde kalp atım hızı artan enerji ihtiyacına göre paralel artmaktadır. Belirli bir noktanın üzerinde ise kalp atım hızında paralellik bozulmakta ve kalp atımı metabolizmaya göre farklılıklar göstermektedir. Conconi ve ark. egzersiz sırasında kalp hızı-iş gücü arası kırılma noktası ile anaerobik eşik arasında yakın ilişki bulmuşlardır (9). Egzersiz sırasında kalp atım hızı ile iş gücü arasındaki kırılma noktasının anaerobik eşik ile olan uygunluğu gösterilmekle birlikte (10-12) bazı çalışmalar çelişkili sonuçlar göstermiş ve olayın fizyolojik olmayıp uygulanan test protokolünün bir sonucu olduğu ileri sürülmüştür (13, 14).

Bu çalışmanın amacı, farklı egzersiz protokollerinin kalp atım hızı-iş gücü arasındaki ilişki üzerine etkileri normal sağlıklı sedanter erkeklerde araştırılarak önemli bir sağlık kriteri olarak kullanılmakta olan anaerobik eşik'in tespit edilmesinde geçerliliği araştırmaktır.

GEREÇ ve YÖNTEM

Bu çalışma Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurul'undan izin alındıktan sonra 13 normal sedanter erkek denek üzerinde yapıldı. Çalışmaya katılan deneklerin fiziksel özelliklerinin ortalama (\pm SE) değerleri: boy: 174.1 \pm 0.4 cm, yaş: 21.0 \pm 0.4 yıl ve ağırlık: 67.8 \pm 2.2 kg idi. Deneklere çalışma ile ilgili gerekli olan bilgiler çalışmadan önce verildi, stres ve heyecan durumunu ortadan kaldırmak için egzersize katılmadan önce laboratuvar şartlarına alınarak ortama uyumları sağlandı. Ayrıca bu çalışma için deneklere testten en az iki saat öncesinde yemek yememiş olmaları ayrıca çay, kahve ve performansı etkileyen ilaç almamaları gerektiği söylendi. Egzersiz testlerinin yapıldığı laboratuvarın ısı durumu her test için standart hale getirildi.

Her denek elektromanyetik bisiklet ergometre (Examiner LOD) ile şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı egzersiz testlerine tabi tutuldular (15). Test, polar kalp atım hızı ölçüm aletini göğüs duvarında uygun olan yere yerleştirildikten sonra her denek 20 W' ta (ortalama 60 rpm) dört dakikalık pedal çevirmeleri ile başladı (ısınma dönemi). Bu dönemi takiben, bisiklet ergometrenin pedal direnci bilgisayar tarafından düzenli olarak dakikada 15 W/dk (W15) ve diğer çalışmada 30 W/dk (W30) artırıldılar. Bu pedal gücündeki artış deneklerin pedal çevirmeye devam edemeyecekleri maksimal seviyelerine ulaşmalarına kadar devam ettirildi. Bu noktada pedal gücü bilgisayar tarafından tekrar 20 W' a indirildi ve denekler minimum dört dakika süre ile pedal çevirmeye devam ettirildi.

Deneklerin solunumları (V_E lt/dk, BTPS) istirahat ve egzersiz süresince spirometre (Pony Cosmed) ile ölçüldü. Anaerobik eşik non-invazif olarak egzersiz sırasındaki solunum ve metabolizma arasındaki ilişki kullanılarak hesaplandı (8). Elde edilen bulguların istatistiki olarak anlamlı olup olmadığının değerlendirilmesi eşleştirilmiş-t testi ile yapıldı ve $p < 0.05$ önemli olarak kabul edildi. Kalp atım hızı ile iş gücü arasındaki ilişkinin lineerliği için ise Pearson Korelasyon Analizi kullanıldı.

BULGULAR

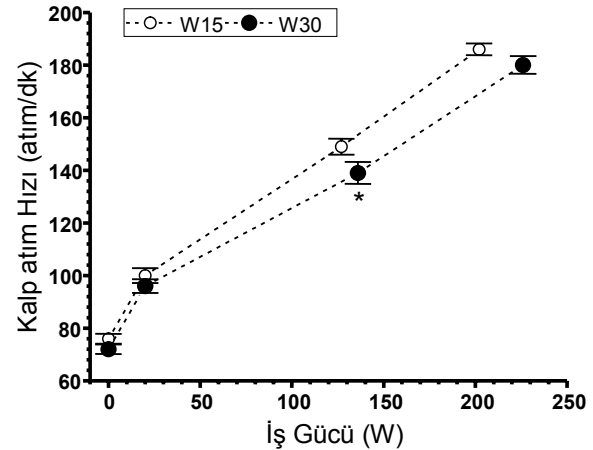
Deneklerin ortalama (\pm SH) maksimal iş üretim kapasiteleri (W_{max}) ve anaerobik eşikteki iş gücü (W_{AT}) 202 \pm 10 W ve 127 \pm 5 W (W15) ve 226 \pm 10 W ve 136 \pm 5 W (W30) bulundular (Tablo 1). Anaerobik eşik ile maksimal iş üretim kapasiteleri arasındaki oran %62.8 (W15) ve %60.1 (W30) bulundular.

Tablo 1. Deneklerin ortalama (\pm SH) maksimal egzersiz performansları (V_{max}), anaerobik eşik (W_{AE}) ve anaerobik eşik ile maksimal egzersiz performansı arasındaki oran ($\%W_{AE}$).

	V_{max} (W)	W_{AE} (W)	$\%W_{AE}$
W15	202 \pm 10	127 \pm 5	63.5 \pm 1.9
W30	226 \pm 10*	136 \pm 5*	60.6 \pm 1.7

* anlamlı olarak farklılık ifade etmektedir ($P < 0.05$)

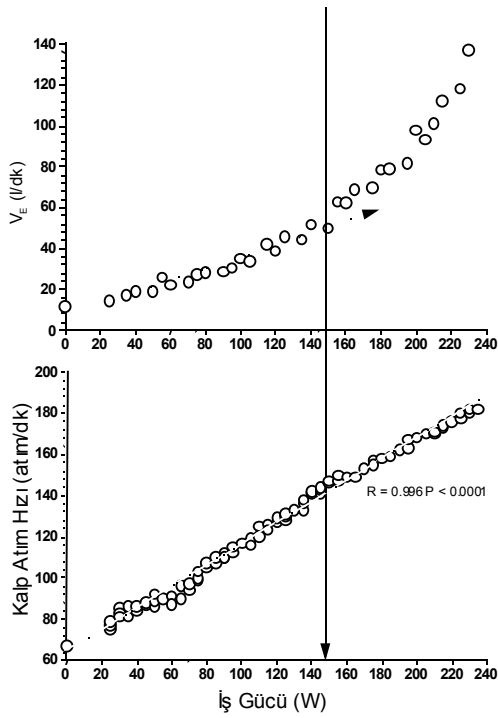
Kalp atım hızının W15 ve W30 egzersiz protokolleri için verdiği cevaplar Şekil 1' de gösterilmektedir. İstirahat halinde kalp atım hızı 76 \pm 1 atım/dk (W15) ve 72 \pm 1 atım/dk (W30) olup ısınma döneminin sonunda ise 100 \pm 2 atım/dk (W15) ve 96 \pm 2 atım/dk (W30) ulaşılar (Şekil 1). Anaerobik eşikte, kalp atım hızı 149 \pm 3 atım/dk (W15) ve 139 \pm 4 atım/dk (W30) olup maksimal egzersiz performanslarında 186 \pm 2 atım/dk (W15) ve 180 \pm 3 atım/dk'ya (W30) ulaşılar (Şekil 1).



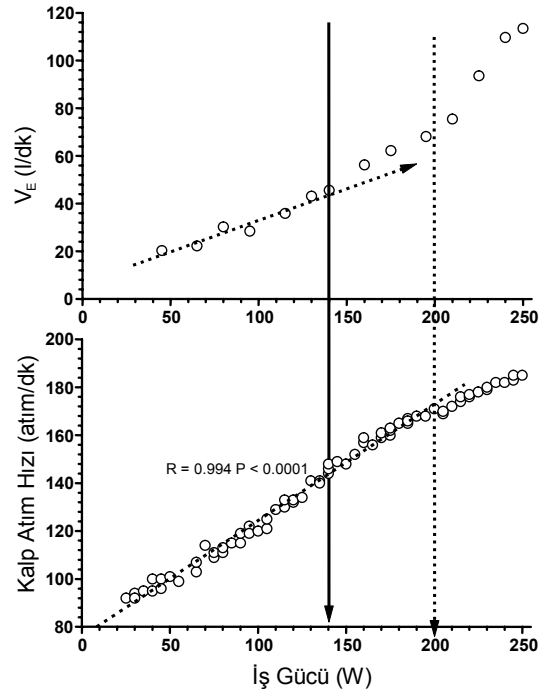
Şekil 1. Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında deneklerin ortalama (\pm SH) kalp atım hızının istirahat, ısınma döneminde, anaerobik eşikte ve maksimal egzersiz performansında verdiği cevaplar. (o) W15 protokolünü, (•) ise W30 protokolü yansıtmaktadır. * ($P < 0.05$).

Egzersiz sırasında kalp atım hızı ve iş gücü arasındaki lineer ilişkinin maksimal egzersiz performansına kadar devam etmesi W15 protokolünde 6 (%46) ve W30 protokolünde 7 (%54) denekte gözlemlendi (Şekil 2). Kalp atım hızı ile iş gücü arasındaki paralelliğin sol tarafa doğru kırılma göstermesi W15 protokolünde 2 (%15) ve W30 protokolünde 4 (%31) denekte (Şekil 3), sağ tarafa kırılması ise W15 protokolünde 5 (%39) ve W30 protokolünde 2 (%15) denekte (Şekil 4) gözlemlendi.

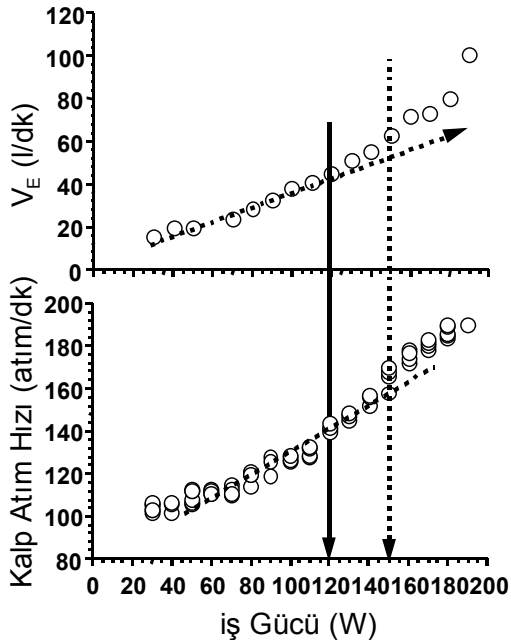
Anaerobik eşik ile kalp atım hızı-iş gücü arasındaki kırılma noktası arasındaki tüm deneklerde ve her iki egzersiz protokolünde anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir. Kalp atım hızında görülen kırılma noktası %31.4 (W15) ve %23.6 (W30) oranlarında anaerobik eşik üstü bölgede gözlemlenmiştir.



Şekil 2. Kalp atımının ve dakika solunum (V_E) şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında verdiği cevap. Kalp atım hızı ve iş gücü arasındaki lineer ilişki ($R = 0.996$ $P < 0.0001$) için örnek bir denek. Dikey kesik çizgi anaerobik eşeği, yatay kesik çizgiler metabolizmanın uygulanan iş gücüne göre artma durumunu göstermektedir.



Şekil 4. Kalp atımının ve dakika solunum (V_E) şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında verdiği cevap. Kalp atım hızı ve iş gücü arasındaki ilişkinin sağ tarafa kırılması ile anaerobik eşik arasındaki ilişki. Dikey solid çizgi anaerobik eşeği, yatay kesik çizgi metabolizmanın uygulanan iş gücüne göre artma durumunu göstermektedir.



Şekil 3. Kalp atımının ve dakika solunum (V_E) şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında verdiği cevap. Kalp atım hızı ve iş gücü arasındaki ilişkinin sol tarafa kırılması ile anaerobik eşik arasındaki ilişki. Dikey solid çizgi anaerobik eşeği, dikey kesik çizgi kalp atım hızı kırılma noktasını göstermektedir.

TARTIŞMA

Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi, düzenli olarak uygun şiddet ve sürede stres vererek kardiovasküler, respiratuar ve metabolik sistemlerin verdiği cevabın takibi ile vücut sistemlerinin fonksiyonel durumları belirlenmesinde en sık kullanılan egzersiz protokollerinden birisidir (1, 16, 17). Egzersiz sırasında respiratuar, kardiyovasküler ve metabolik sistemler vücudun artan enerji ihtiyacının karşılanması, metabolik yan ürünlerin ortamdan uzaklaştırılması ve vücut dengesinin sağlanması için çalışmalarını uyum içinde artırmaları gerekmektedir (17). Egzersiz sırasında kas laktat konsantrasyonunun iş gücünün maksimal O_2 tüketiminin %50-60 seviyesine kadar önemli bir artış göstermediği ve kan ile kas laktat konsantrasyonunun birlikte arttığı gösterilmiştir (18). İlave olarak, artan arteriyal kan laktat konsantrasyonuna paralel olarak bikarbonat konsantrasyonunda azalma olduğu bildirilmiştir (19, 20). Kan laktat konsantrasyonunun artmadığı aerobik egzersiz sırasında solunum metabolizma ihtiyacına paralel olarak artış göstermektedir (1, 21). Kan laktat konsantrasyonunda artışın görüldüğü anaerobik egzersizde ise solunum uygulanan iş gücüne göre daha hızlı artmaya başlar (1, 21). Anaerobik egzersizde solunumun artmasından üretilen metabolik (başlıca laktik) asitin, bikarbonat tampon sistemi tarafından salınan ekstra metabolik olmayan karbondioksitin, katekolaminlerin ve artan potasyumun karotid body cisimciklerinin uyarması sonucunda etkili olduğu gösterilmiştir (22, 23).

Ağır şiddetteki egzersiz sırasında metabolizmadaki değişiklik kardiyovasküler sistemde değişikliklere ve özellikle kalp atımında artışlara neden olmaktadır. Artan egzersiz yoğunluğuna bağlı olarak kan laktat seviyesinde ve katekolamin üretiminde artmalar gözlenmekte, bu ise sempatik sistem uyarılmasına ve kalp atımında artmaya neden olmaktadır. Egzersiz sırasında kalp atım hızının iş gücüne göre değişmeye başladığı nokta ile anaerobik eşik tespiti yapılabileceğini öne sürülmüştür (9). Yapılan çalışmalarda, kalp atım hızı ile iş gücü arasındaki ilişkinin değişik spor dallarında ve fiziksel aktivitelerde başarı ile uygulanabileceği gösterilmiştir (10-12).

Bu çalışmada ise önceki çalışmaların sonuçları ile uyum içinde olarak egzersiz sırasında kalp atım hızı ile iş gücü arasında ilişkinin metabolizma değişim bölgesinin tespitindeki etkinliği bulunamadı (13, 14). Çalışma gurubundaki deneklerin büyük oranında her iki egzersiz protokolü için kalp atım hızı uygulanan iş gücüne lineer artış gösterdi ve maksimal egzersize kadar devam etti (24). Bununla birlikte, kalp atım hızı-iş gücü arasında kırılım gösteren deneklerde W15 protokolünde sağ tarafa olan kayma W30 protokolünde sol tarafa kayma şekline dönmüştür. Kalp atım hızı ile iş gücü arasındaki kırılma noktası tüm deneklerde anaerobik eşik üstündeki bölgede meydana gelmiştir (25). Anaerobik eşik üstündeki egzersiz bölgesinde aktif hale gelen anaerobik metabolizma yan ürünlerinden olan katekolaminlerin bu kalp atım hızı üzerine etkileri olabileceği ileri sürülmüştür (26).

KAYNAKLAR

1. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ. Principles of Exercise Testing and Interpretation 2. Edition, Edited by HARRIS JM, Lea & Febiger Publishing Company: Philadelphia. 1994: 18-72.
2. Whipp BJ. Domains of aerobic function and their limiting parameters. In: The Physiology and Pathophysiology of Exercise Tolerance. Edited by Ward SA, Part 3, Chapter 12, Plenum Press, New York. 1996: 83-89.
3. Casaburi R, Wasserman K, Patessio A, Ioli F, Zanaboni S, Donner CF. A new perspective in pulmonary rehabilitation: anaerobic threshold as a discriminant in training. Eur Respir J 1989; 2 (Suppl): 618-623.
4. Sullivan MJ, Cobb FR. The anaerobic threshold in chronic heart failure. Relation to blood lactate, ventilatory basis, reproducibility and response to exercise training. Circulation. 1990; 81(Suppl): 47-58.
5. Matsumura N, Nishijima H, Koima S, Hashimoto F, Minami M, Yasuda H. Determination of anaerobic threshold for assessment of functional state in patients with chronic heart failure. Circulation. 1983; 68: 360-367.
6. Older P, Hall A. The role of cardiopulmonary exercise testing for preoperative evaluation of elderly. From Exercise Gas Exchange in Heart Disease. Edited by Wasserman K: Armonk, NY: Futura Publishing Company. Chapter 20, 1996; 287-291.
7. Yoshida T, Nagata A, Muro M, Takeuchi N, Suda Y. The validity of anaerobic threshold determination by a Douglas bag method compared with arterial blood lactate concentration. Eur J Appl Physiol. 1981; 46: 423-430.
8. Hollmann W. Historical remarks on the development of the aerobic-anaerobic threshold up to 1966. Int J Sports Med 1985; 6: 109-116.
9. Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, Droghetti P, Codeca L. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. J Appl Physiol 1982; 52: 869-873.
10. Ballarin E, Borsetto C, Cellini M, Patracchini M, Vitiello P, Ziglio PG, Conconi F. Adaptation of the "conconi test" to children and adolescents. Int J Sports Med 1989; 10:334-338.
11. Conconi F, Grazi G, Casoni I. The Conconi test: methodology after 12 years of application. Int J Sports Med 1996; 17:509-519.
12. Droghetti P, Borsetto C, Casoni I, Cellini M, Ferrari M, Paolini AR, Ziglio PG, Conconi F. Non-invasive determination of the anaerobic threshold in canoeing, cross-country skiing, cycling, roller and ice-skating, rowing and walking. Eur J Appl Physiol 1985; 53: 299-303.
13. Jones AM, Doust JH. The Conconi test is not valid for estimation of the lactate turnpoint in runners. J Sports Sci 1997; 15: 385-394.
14. Bodner ME, Rhodes EC. A review of the concept of the heart rate deflection point. Sports Med 2000; 30:31-46.
15. 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.
16. Zeballos JR, Weisman IM. Behind the scenes of cardiopulmonary exercise testing. Clin Exer Test 1994; 15: 193-213.
17. Whipp B J. The bioenergetic and gas exchange basis of exercise testing. Clin Chest Med 1994; 15: 173-191.
18. Karlsson J. Lactate and phosphagen concentrations in working muscle of man. Acta Physiol Scand 197; 358 (Suppl): 7-72.
19. Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. Bicarbonate buffering of lactic acid generated during incremental exercise. J Appl Physiol 1986; 60: 472-478.

20. Stringer W, Casaburi R, Wasserman K. Acid-base regulation during exercise and recovery in humans. *J Appl Physiol* 1992; 72: 954-961.
21. Whipp BJ, Mahler M. Dynamics of pulmonary gas exchange during exercise. In: *Pulmonary Gas Exchange. Vol II*, edited by West JB. New York: Academic Press 1980; 33-96.
22. Rausch SM, Whipp BJ, Wasserman K, Huszczuk A. Role of the carotid bodies in the respiratory compensation for the metabolic acidosis of exercise in humans. *J Physiol* 1991; 444: 567-578.
23. Ward SA. Assessment of peripheral chemoreflex contributions to exercise hyperpnea in humans. *Med Sci Sports Exer* 1994; 26: 303-310.
24. Vachon JA, Bassett DR, Clarke S. Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running. *J Appl Physiol* 1999; 87: 452-459.
25. Bourgois J, Vrijens J. The Conconi test: a controversial concept for the determination of the anaerobic threshold in young rowers. *Int J Sports Med*. 1998 19(8):553-9.
26. Urhausen A, Weiller B, Coen B, Kindermann W. Plasma catecholamines during endurance exercise of different intensities as related to the individual anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol* 1994; 69: 16-20.
27. Gregory JE, Kenins P, Proske U. Can lactate-evoked cardiovascular responses be used to identify muscle ergoreceptors. *Brain Res* 1987; 404: 375-378.
28. Ozcelik O, Kelestimur H. Effects of acute hypoxia on the determination of anaerobic threshold using the heart rate-work rate relationships during incremental exercise tests. *Physiol Res*. 2004; 53(1):45-51.
29. Schmid A, Huonker M, Aramendi JF, Kluppel E, Barturen JM, Grathwohl D, Schmidt-Trucksass A, Berg A, Keul J. Heart rate deflection compared to 4 mmol x l(-1) lactate threshold during incremental exercise and to lactate during steady-state exercise on an arm-cranking ergometer in paraplegic athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1998; 78(2): 177-182.
30. Ribeiro JP, Fielding RA, Hughes V, Black A, Bochese MA, Knuttgen HG. Heart rate break point may coincide with the anaerobic and not the aerobic threshold. *Int J Sports Med* 1985; 6: 220-224.

Kabul Tarihi:09.03.2004