



ARAŞTIRMA

F.Ü.Sağ.Bil.Tıp Derg.
2010; 24 (3): 173 - 177
http://www.fusabil.org

İhsan SERHATLIOĞLU¹
Hüsametttin KAYA²
Nida ASLAN¹
Sinem ORUÇ¹

¹Fırat Üniversitesi
Tıp Fakültesi,
Biyofizik Anabilim Dalı,
Elazığ, TÜRKİYE

²Fırat Üniversitesi
Tıp Fakültesi,
Biyostatistik Anabilim Dalı,
Elazığ, TÜRKİYE

Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Sırasında Solunum Parametrelerinin Erkek ve Bayanlarda Karşılaştırılması *

Amaç: İş gücünün düzenli olarak bazalden maksimal iş gücü kapasitesine (W_{max}) kadar arttığı egzersiz testi sırasında solunum (V_E) artışının solunumun sayısı (SS) ve derinliği (V_T) ile olan ilişkisini bayan ve erkek deneklerde karşılaştırılmalı olarak araştırmaktır.

Gereç ve Yöntem: Toplam 28 denek (14 bayan; yaş: 20.2 ± 0.2 yıl, 14 erkek; yaş: 19.9 ± 0.1 yıl) şiddeti düzenli olarak artan yüke (15 W/dk) karşı yapılan egzersiz testine katıldılar. Egzersiz sırasında, kalp atım hızları polar kalp saati ile solunum parametreleri ise spirometre ile ölçülüp kaydedildi. Aerobik-anaerobik metabolizma değişim bölgesi olan anaerobik eşik (AE) V_E -iş gücü ilişkisiyle hesaplandı.

Bulgular: Bayanlarda AE ve W_{max} 'daki V_E değerleri 32.7 ± 1.5 l/dk 84 ± 3.4 l/dk olarak bulundu. Bayanlarda AE altındaki bölgede V_E artışından 0.85 ± 0.03 l'den 1.16 ± 0.06 l'ye çıkan V_T rol oynamaktaydı ($p < 0.05$). AE üstü bölgede ise V_E artışı 29 nefes/dk'dan 53 nefes/dk'ya çıkan SS rol oynadı. Erkeklerde AE ve W_{max} 'daki V_E değerleri ise 44.4 ± 1.6 l/dk ve 115.5 ± 6.5 l/dk bulundu ($p < 0.05$). Erkeklerde AE altındaki bölgede V_E artışından 0.98 ± 0.06 l'den 1.69 ± 0.07 l'ye çıkan V_T rol oynamaktaydı ($p < 0.05$). Erkeklerde AE üstü bölgede ise V_E artışı 26 nefes/dk'dan 52 nefes/dk'ya çıkan SS rol oynadı ($p < 0.05$).

Sonuç: Egzersiz testinde solunum parametrelerinin verdiği cevap bayan ve erkeklerde benzerdi. Bununla birlikte, değerlerdeki farklılık ise erkeklerin V_T 'sinin bayan deneklere göre yüksek olmasıydı. Bu normal değerlerin elde edilmesi solunum sisteminde oluşabilecek patolojik durumların tespitinde rol oynayan önemli bir faktör olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Egzersiz, anaerobik eşik, solunum sayısı, solunum derinliği, solunum.

The Comparison of Respiratory Parameter in Response to The Incremental Exercise Test in Males and Females

Objective: Relationships between minute ventilation (V_E), respiratory frequency (Rf) and tidal volume (V_T) during incremental exercise test, which is work rate increases regularly from basal to maximal work capacity (W_{max}), were comparatively investigated in male and female subjects.

Materials and Methods: Total of 28 subjects (14 female, age: 20.2 ± 0.2 years and 14 male age: 19.9 ± 0.1 years) were participated to an incremental exercise test (15 W/min). During exercise, heart rate was recorded using polar heart watch and respiratory parameters were determined using a spirometry. Anaerobic threshold (AT), which describes the region of metabolic changes from aerobic to anaerobic, was determined using the relationships V_E and work rate.

Results: V_E values at AT and W_{max} were found to be 32.7 ± 1.5 l/min and 84 ± 3.4 l/min, respectively. In female subjects, increase in V_E below the AT was due to the V_T , which increased from 0.85 ± 0.03 l to 1.16 ± 0.06 l ($p < 0.05$). Above the AT, increased due to the BF which increased from 29 br/min to 53 br/min. In male subjects, increase in V_E below the AT was due to the V_T , which increased from 0.98 ± 0.06 l to 1.69 ± 0.07 l ($p < 0.05$). Above the AT, V_E increased due to the Rf which increased from 26 br/min to 52 br/min.

Conclusion: As a result, respiratory parameters were found to be similar in male and female subjects. However, variation of the values depends the V_T which is higher in male compared to female. The observation of normal values is an important factor when determining the pathological situations.

Key Words: Exercise, anaerobic threshold, breathing frequency, tidal volume, ventilation.

Geliş Tarihi : 09.12.2010
Kabul Tarihi : 25.12.2010

Yazışma Adresi Correspondence

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

ih_ser@hotmail.com

Giriş

Kardiyopulmoner egzersiz testleri (KPET) başta kardiyoloji (1- 3), göğüs hastalıkları (4, 5) ve cerrahi bilimler (3, 6) olmak üzere klinik bilimlerimizin çeşitli bölümleri tarafından tanı ve tedavi amacı ile yaygın olarak kullanılmaktadır (7-9).

KPET ile organ ve sistemlerin (metabolik, kardiyak ve solunum sistemleri) belirli stres altında çalıştırılması sonucunda, bu strese organ ve sistemlerin verdiği cevaba göre bireyin sağlık durumunu, varsa problemin kaynağını ve şiddetini belirlemede kullanılan önemli testlerdir (8, 10).

* Bu çalışma 22. Ulusal Biyofizik Kongresinde poster bildirisi olarak sunulmuştur.

Egzersiz sırasında, uygulanan iş gücüne karşılık metabolizmada meydana gelen değişikliklerin tespit edilmesi önemli bir konudur. Egzersiz sırasında hücre içinde veya kanda direkt olarak metabolizma yan ürünleri ölçümlerinin yapılmasının zor olması nedeniyle tercih edilmemektedir. Yapılan çalışmalarda solunum ve akciğer gaz değişim ölçümleri ile metabolik sistem hakkında bilgi sahibi olunacağı gösterilmiştir (10-12).

KPET sırasında metabolizmadaki değişimin indirekt olarak solunum ve akciğer gaz değişim parametreleri ile hesaplanması klinik ve spor bilimleri için çok önemli bir kriterdir. Egzersiz hem eksternal hem de internal solunumda meydana gelebilecek değişikliği desteklemesi için uygun bir kardiyopulmoner cevabı gerektirir. Kardiyovasküler ve solunum sistemlerinin birincil işlevi hücre solunumu desteklemektir. Egzersiz testi sırasında dakika solunum (V_E) artan metabolik ihtiyacı karşılamak amacıyla metabolizmaya uygun şekilde artış göstermektedir. V_E 'deki bu artış artan solunum sayısı (SS) ve derinliği (V_T) ile alakalıdır (12, 13).

Aerobik metabolizmanın devamı için ihtiyaç duyulan O_2 'nin sağlanması ve metabolizma yan ürünü olarak üretilen CO_2 'nin ortamdan uzaklaştırılması için V_E metabolizma artışı ile paralel olarak artmaktadır (10, 12, 14).

Solunum parametreleri aerobik ve anaerobik sabit yük testlerinde geniş olarak araştırılmıştır. Bununla birlikte şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında (metabolizmanın düzenli olarak bazaldan maksimale kadar artış gösterdiği test) solunum parametrelerinin aerobik ve anaerobik egzersiz bölgelerinde verdiği cevapların cinsiyete bağlı olarak değerlendirilmesi tam olarak yapılmamıştır.

Bu çalışmanın amacı iş gücünün düzenli olarak bazaldan maksimal iş gücü kapasitesine (W_{max}) kadar arttığı egzersiz testi sırasında solunum parametrelerinin (SS ve V_T) V_E artışı üzerine olan etkilerini bayan ve erkek deneklerde karşılaştırmalı olarak araştırmaktır. Böylece aerobik ve anaerobik egzersiz bölgelerinde solunum parametrelerinin cevabı cinsiyete bağlı olarak belirlenmiş olacak ve solunum parametreleri ile ilgili patolojik durumların aydınlatılmasına destek olarak da kullanılacaktır.

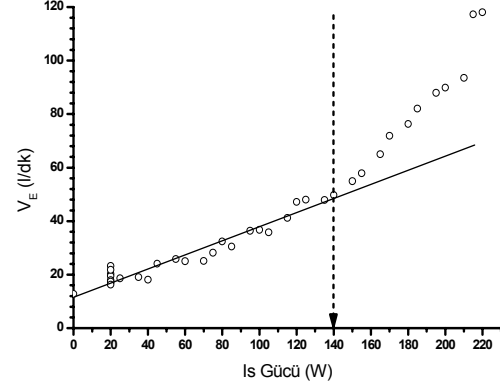
Gereç ve Yöntem

Bu çalışmaya toplam 28 sağlıklı sedanter denek (14 bayan; yaş: 20.2 ± 0.2 yıl, 14 erkek; yaş: 19.9 ± 0.1 yıl) etik kurul onay formunu okuyup onayladıktan sonra gönüllü olarak katıldılar. Deney çalışmaları sabah 08:00 - 10:00 arası akşam açlığını takiben yapıldı.

Denekler, elektromanyetik bisiklet ergometri ile (Examiner Lode) şiddeti düzenli olarak artan yüke (15 W/dk) karşı yapılan egzersiz testine katıldılar (15). Egzersiz testi minimum 4 dk'lık 20 W (60 rpm) iş gücünde pedal çevirmeye başladı. Bu dönemde deneklerin heyecan veya anksiyete durumları varsa değerlendirilip düzeltildi (16). Isınma dönemi takiben iş gücü bilgisayar kontrollü olarak 15 W/dk olarak artırıldı. İş gücündeki bu artış deneklerin pedal çeviremeyecekleri noktaya kadar devam ettirildi. Bu maksimal noktadan sonra (maksimal egzersiz) bisiklet ergometrinin pedal gücü tekrar bilgisayar kontrollü olarak 20 W/dk'ya indirildi. Deneklerin iyileşme dönemi olarak kabul edilen bu evrede yaklaşık 4 dk'lık pedal çevirme ile test sonlandırıldı.

Egzersiz sırasında, kalp atım hızları polar kalp saati ile solunum parametreleri (solunum sayısı, solunum derinliği ve dakika solunum) ise spirometre (Spirolab, MIR, Italy) ile ölçülüp kaydedildi.

Şiddeti düzenli olarak artan egzersiz sırasında aerobik-anaerobik metabolizma değişim bölgesi olan anaerobik eşik (AE) solunum-iş gücü ilişkisiyle hesaplandı (10) (Şekil 1).



Şekil 1: Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında dakika solunum (V_E l/dk) ile iş gücü arasındaki ilişki ile anaerobik eşik hesaplanması. Yatay solid çizgi metabolizma solunum iş gücü ilişkisini göstermektedir. Dikey kesik çizgi solunumun anaerobik metabolizma ürünlerinden dolayı hızlanmaya başladığı noktayı (anaerobik eşığı) göstermektedir.

AE altı bölgedeki değerlerin anaerobik üstü bölgedeki değerlerle karşılaştırılmasında Paired t-testi, farklı gruptaki değerlerin analizinde ise Unpaired t-testi kullanıldı. $p < 0.05$ ise istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

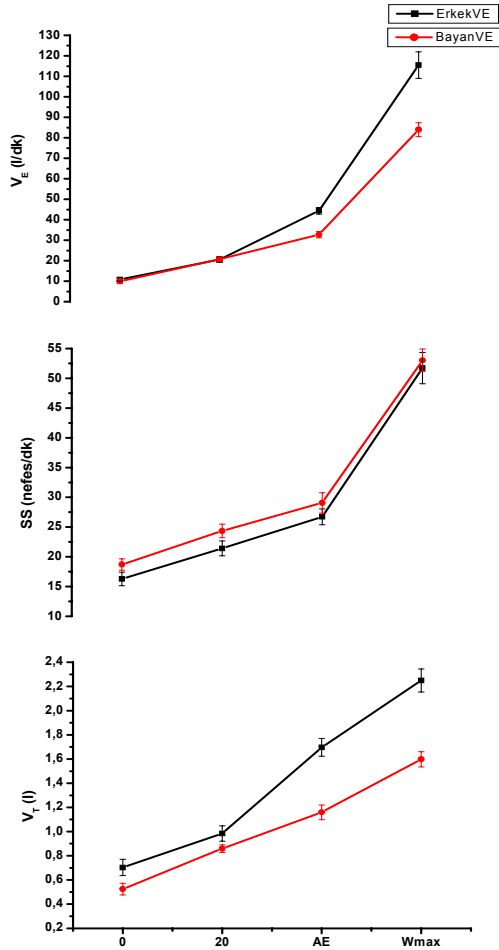
Bulgular

Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında deneklerin ulaştıkları W_{max} bayan denekler için 134 ± 3.9 W ve erkekler için 203 ± 7.8 W olarak bulundu. Bayan denekler kg başına 2.49 ± 0.3 W/kg iş üretirken erkeklerde ise 2.83 ± 0.6 W/kg olarak bulundu ($p < 0.05$). Deneklerin AE'de iş gücü değerleri bayanlar için 79 ± 2.5 W, erkekler için 119 ± 3.7 W olarak bulundu. AE'nin maksimal iş kapasitesine oranı bayanlarda ve erkeklerde yaklaşık %59 olarak bulundu.

V_E değerleri bayanlarda istirahatte 10 ± 1.2 l/dk olup ısınma döneminde 20.7 ± 1 l/dk'ya çıktı. Artan iş gücüne bağlı olarak solunum artış gösterdi ve AE'de ise 32.7 ± 1.5 l/dk'ya çıktı. Bu ısınma ile AE arasındaki bölgede V_E değeri yaklaşık %57 artış göstermiştir. AE üstü bölgede ise solunum artışı hızlanarak maksimal egzersiz performansında 84 ± 3.4 l/dk'ya çıktı. AE üstü bölgede solunumdaki değişim ısınma dönemine göre %305, AE'ye göre ise %156 artışa denk gelmektedir (Tablo 1, Şekil 2).

Tablo 1. Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında istirahat, ısınma, AE ve W_{max} daki V_T ve SS (ortalama \pm SS) değerleri (erkek n=14, bayan n=14).

| Değerler | Cinsiyet | İstirahat | Isınma | AE | W_{max} |
|----------|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| V_T | Bayan (Ort \pm SS) | 0.52 \pm 0.1 | 0.85 \pm 0.1 | 1.15 \pm 0.2 | 1.59 \pm 0.2 |
| | Erkek (Ort \pm SS) | 0.70 \pm 0.2 | 0.98 \pm 0.2 | 1.69 \pm 0.2 | 2.24 \pm 0.3 |
| SS | Bayan (Ort \pm SS) | 18.7 \pm 3.5 | 24.3 \pm 4.2 | 29.0 \pm 6.3 | 53.0 \pm 7.0 |
| | Erkek (Ort \pm SS) | 16.2 \pm 4.2 | 21.4 \pm 4.6 | 26.7 \pm 4.9 | 51.7 \pm 9.8 |

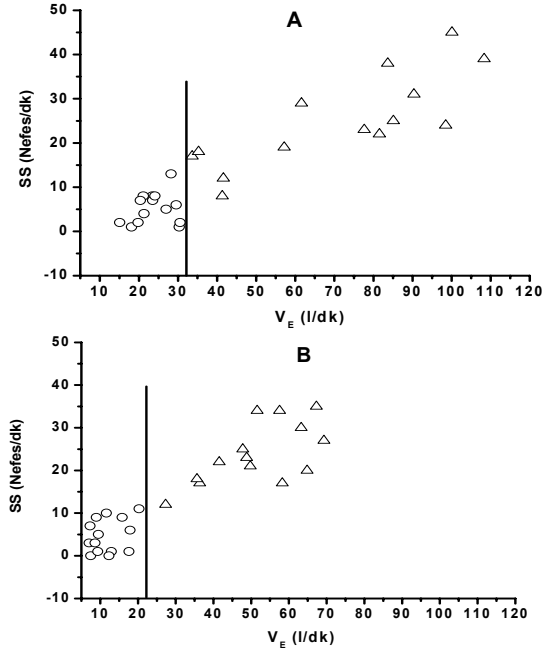
**Şekil 2:** Dakika solunum (V_E) Solunumun derinliği (V_T) ve solunum sayısının (SS) artan yüke karşı yapılan egzersiz testinin istirahat, ısınma, anaerobik eşik ve maksimal egzersiz değerinde ulaştığı değerler. (erkek n=14, bayan n=14).

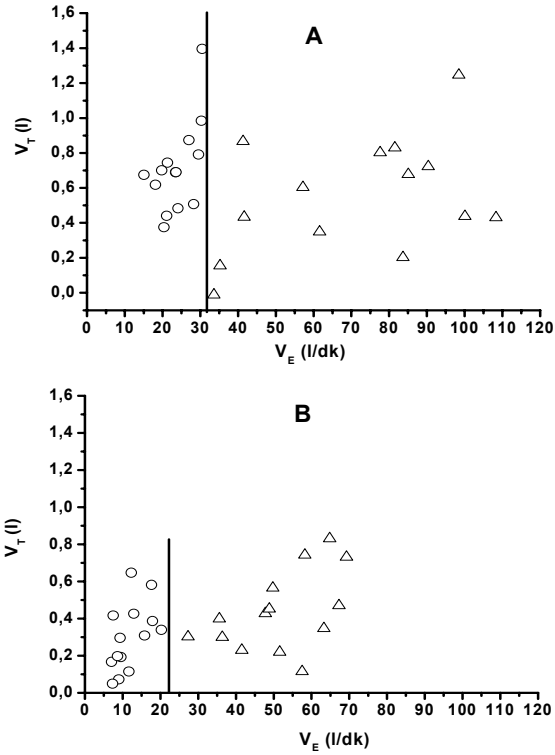
Erkeklerde V_E değeri istirahatte 10.8 ± 0.8 l/dk ve ısınma döneminde 20.6 ± 1.3 l/dk bulundu. Bu değerler bayanlarda elde edilen ile istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemektedir ($p<0.05$). Buna karşılık iş gücünün artması ile birlikte V_E artmaya başlamış AE'de 44.4 ± 1.6 l/dk'ya çıkmıştır. Aerobik egzersiz bölgesindeki bu artış yaklaşık olarak %115'tir. Bu rakam bayanlarda elde edilen artışa göre anlamlı farklılık göstermektedir ($p<0.05$). AE ile W_{max} arasındaki bölgede ise %160 V_E artışı ile 115.5 ± 6.5 l/dk'ya çıktı ($p<0.05$) (Tablo 1, Şekil

2). AE üstü bölgedeki V_E artışı ısınma dönemine göre ise %460'a denk gelmektedir.

Artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında V_T ve SS değişimleri Tablo 2'de verilmiştir. İstirahat ve ısınma döneminde bayan ve erkek deneklerin V_T ve SS değerleri anlamlı farklılık göstermemektedir. AE altı ve AE üstü bölgedeki SS değerleri yine bayan ve erkekler için anlamlı bir farklılık göstermemektedir ($p<0.05$). Buna karşılık V_T değeri AE altı bölgede bayanlarda 1.159 ± 0.2 l erkeklerde ise 1.69 ± 0.2 l bulunmuştur ($p<0.05$). AE üstü bölgede bayan ve erkek V_T değerleri farkı açılarak 1.597 ± 0.2 l ve 2.249 ± 0.2 l bulundu ($p<0.05$) (Tablo 1, Şekil 2).

SS ve V_E arasındaki oran (ΔSS ile ΔV_E) aerobik ve anaerobik egzersiz bölgelerinde verdiği cevap Şekil 3'te gösterilmiştir. Bayan ve erkek denekler arasında anlamlı farklılık bulunamamıştır (Şekil 3). Aerobik ve anaerobik egzersiz bölgelerinde V_T artışı ile V_E arasındaki artış oranı (ΔV_T ile ΔV_E) cinsiyete bağlı olarak anlamlı farklılıklar gösterdi (Şekil 4) ($p<0.05$).

**Şekil 3.** Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında aerobik bölgede (dikey çizginin sol tarafı) SS ve V_E arası ilişki, anaerobik bölgede (dikey çizginin sağ tarafı) SS ve V_E arası ilişki. A. erkek denekler (n=14) B. bayan denekler (n=14).



Şekil 4. Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında aerobik bölgede (dikey çizginin sol tarafı) V_T ve V_E arası ilişki, anaerobik bölgede (dikey çizginin sağ tarafı) V_T ve V_E arası ilişki. A. erkek denekler (n=14) B. bayan denekler (n=14).

Tartışma

Egzersiz sırasında vücudun artan enerji ve O_2 ihtiyacının karşılanabilmesi ve üretilen metabolik yan ürünlerin ortamdaki uzaklaştırılması ve vücut homeostazisinin sağlanabilmesi için V_E 'deki artışın metabolizma ihtiyacı ile yakın ilişki içinde olması gerekmektedir (14, 17).

Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi, düzenli olarak uygun şiddet ve sürede stres vererek kardiyovasküler, respiratuar ve metabolik sistemlerin verdiği cevabın takibi ile vücut sistemlerinin fonksiyonel durumlarının belirlenmesinde en sık kullanılan egzersiz protokollerinden birisidir (10, 18, 19).

Kaynaklar

1. Agostoni P, Cattadori G. Patterns of response diagnostic for cardiac disease. *Eur Respir Mon* 2007; 40: 93-107.
2. Guazzi M, Myers J, Arena R. Cardiopulmonary exercise testing in the clinical and prognostic assessment of diastolic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 2005; 46: 1883-1890.
3. Older P, Smith R, Courtney P, Hone R. Preoperative evaluation of cardiac failure and ischemia in elderly patients by cardiopulmonary exercise testing. *Chest* 1993; 104: 701-704.

Egzersiz sırasında respiratuar, kardiyovasküler ve metabolik sistemler vücudun artan enerji ihtiyacının karşılanması, metabolik yan ürünlerin ortamdaki uzaklaştırılması ve vücut dengesinin sağlanması için çalışmalarını uyum içinde arttırmaları gerekmektedir (19).

Egzersiz tolerans edilememesi bireye uygulanan protokoldeki iş gücünü normal bireyler gibi devam ettirememesi olarak tanımlanabilir. Üzerinde durulması gereken önemli noktalardan biriside istirahat durumunda organ ve sistemlerdeki patolojilerin fizyolojik değerlerle belirlenememesidir (20). Bu nedenle KPET'ler sistemlerin fonksiyonlarını değerlendirmede önemlidir. Egzersiz sırasında V_E cevabı pulmoner sistem değerlendirmelerinde önemli olduğu gibi metabolik sistemlerin durumu hakkında da önemli bilgiler sağlamaktadır. Egzersiz sırasında V_T artışı inspirasyon rezerv hacminin 0.5 l düşmesine kadar devam edebilir (21). Bireylerin egzersizdeki solunum tipleri farklılıklar göstermektedir (22). Bununla birlikte egzersiz sırasında V_E artışı aerobik egzersiz bölgesinde başlıca artan V_T ve az miktarda SS ile olmaktadır. Anaerobik egzersiz bölgesinde ise V_E artışı başlıca SS artışı ile olmaktadır.

Aerobik ve anaerobik egzersiz bölgelerini içeren şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testinde solunum parametrelerinin verdiği cevap bayan ve erkeklerde benzer şekilde bulunmuştur. Bununla birlikte değerlerdeki farklılık ise erkeklerin V_T 'sinin bayan deneklere göre anatomik yapısından dolayı daha yüksek olmasıdır (23, 24).

Egzersiz sırasında, özelliklede maksimal egzersize doğru bayanların ekspirasyon sonu ve inspirasyon sonu akciğer hacimleri erkeklerle göre daha yüksek olmakta buda solunum işini zorlu hale getirmektedir. Bu nedenle bayanlarda V_T erkeklerle göre daha az olmaktadır (23, 24). Yapılan çalışmalarda V_T farkının maksimal egzersiz kapasitesine yakın olan durumlarda gözlenmiştir (25, 26). Egzersiz sırasında bayan ve erkek denekler arasındaki V_T farkı hem aerobik hem de anaerobik egzersiz bölgelerinde net olarak görülmektedir (Şekil 4).

Aerobik egzersiz bölgesinde V_T artarak V_E 'yi etkin hale getirmeye çalışırken, anaerobik egzersiz bölgesinde ise artan SS ile V_E artışı desteklenmiştir. Sonuç olarak, bu normal değerlerin elde edilmesi solunum sisteminde oluşabilecek patolojik durumların tespitinde rol oynayan önemli bir faktör olacaktır.

4. Smith TB, Stonell C, Purkayastha S, Paraskevas P. Cardiopulmonary exercise testing as a risk assessment method in non cardio-pulmonary surgery: a systematic review. *Anaesthesia* 2009; 64: 883-893.
5. Singh S. Walking for the assessment of patients with chronic obstructive pulmonary disease. In: *Clinical Exercise Testing*. Ward SA, Palange P. (Editörler). *Eur Respir Mon* 2007; 40: 148-164.
6. Older P, Hall A. Clinical review: how to identify high-risk surgical patients. *Crit Care* 2004; 8: 369-372.

7. Mahler DA, Franco MJ. Clinical applications of cardiopulmonary exercise testing. *J Cardiopulm Rehabil* 1996; 16: 357-365.
8. Stringer WW. Cardiopulmonary exercise testing: current applications. *Expert Rev Respir Med* 2010; 4: 179-188.
9. Ulubay G, Eyüboğlu FO. Cardiopulmonary exercise testing. *Tuberk Toraks* 2006; 54: 90-98.
10. 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.
11. Zeballos RJ, Jorge MD, Weisman IM, Connery SM. Comparison of pulmonary gas exchange measurements between incremental and constant exercise above anaerobic threshold. *Chest* 1998; 113: 602-611.
12. Whipp BJ, Wagner PD, Agusti A. Determinants of the physiological systems responses to muscular exercise in healthy subjects *Clinical Exercise Testing*. 2010; 1-35.
13. Ward SA. Discriminating features of responses in cardiopulmonary exercise testing. *Eur Respir Mon* 2007; 40: 36-68.
14. Whipp BJ, Mahler M. Dynamics of pulmonary gas exchange during exercise. In: *Pulmonary Gas Exchange: Organism and Environment*, Vol. II Edit: West JB, New York: Academic Press publishing, 1990: 33-96.
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. Ozcelik O, Aslan M, Ayar A, Kelestimur H, "Effects of body mass index on maximal work production capacity and aerobic fitness during incremental exercise test", *Physiol Res* 1998; 53: 165-170.
17. Wasserman K, Van Kessel AL, Burton GG. Interaction of physiological mechanisms during exercise. *J Appl Physiol* 1967; 22:71-85.
18. Zeballos JR, Weisman IM. Behind the scenes of cardiopulmonary exercise testing. *Clin Exer Test* 1994; 15: 193-213.
19. Whipp B J. The bioenergetic and gas exchange basis of exercise testing. *Clin Chest Med* 1994; 15: 173-191.
20. Ferrazza AM, Martolini D, Valli G, Palange P. Cardiopulmonary Exercise Testing in the Functional and Prognostic Evaluation of Patients with Pulmonary Diseases *Respiration* 2009; 77: 3-17.
21. O'Donnell DE, Revill S, Webb KA. Dynamic hyperinflation and exercise intolerance in COPD. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 164: 770-777.
22. Deruelle F, Nourry C, Mucci P, et all. Difference in breathing strategies during exercise between trained elderly men and women. *Scand J Med Sci Sports* 2008; 18: 213-220.
23. Guenette JA, Witt JD, McKenzie DC, Road JD, Sheel AW. Respiratory mechanics during exercise in endurance-trained men and women. *J Physiol* 2007; 581: 1309-1322.
24. Sheel AW, Guenette JA.. Mechanics of breathing during exercise in men and women: sex versus body size differences? *Exerc Sport Sci Rev* 2008; 36: 128-134.
25. Harms CA. Does gender affect pulmonary function and exercise capacity? *Respir Physiol Neurobiol*. 2006; 151: 124-131.
26. McClaran SR, Harms CA, Pegelow DF, Dempsey JA.. Smaller lungs in women affect exercise hyperpnea. *J Appl Physiol* 1998; 84: 1872-1881.