

## Artan yüke karşı egzersiz testi sırasında solunum etkinliğinin antrenmanlı ve sedanter erkek deneklerde karşılaştırılmalı incelenmesi\*

Çağrı Özdenk<sup>1</sup>, Oğuz Özçelik<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fırat Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Elazığ

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

### Öz

**Amaç:** Artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında solunum ve CO<sub>2</sub> atılımı (VE/VCO<sub>2</sub>) oranı ile tanımlanmakta olan solunumun etkinliği aerobik fitness seviyesinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Egzersiz sırasında en düşük VE/VCO<sub>2</sub> oranının 34'ün üzerinde olduğu durumlar artan ölüm riskini göstermektedir. Bu çalışmadaki amacımız solunumun etkinliğini antrenmanlı ve sedanter deneklerde karşılaştırılmalı olarak incelenmesi ve düşük VE/VCO<sub>2</sub> oranının fitness değerlendirilmesinde kullanılıp kullanılmayacağını araştırmaktır.

**Gereç ve Yöntem:** On antrenmanlı (yaş 20.1±0.4 yıl) ve 10 sedanter (yaş:19.8±0.7 yıl) erkek denek artan yüke karşı yapılan egzersiz testine katıldılar (15 W/min). Akciğer gaz değişim parametreleri metabolik gaz analizörü ile solunumdan solunuma ölçüldü. Anaerobik eşik (AE) ve solunum kompanseasyon noktası (SKN) gaz değişim parametreleri ile hesaplandı.

**Bulgular:** İş gücü antrenmanlı ve sedanter deneklerde AE de 143±8 W ile 123±5 W, SKN de 170±9 W ile 148±6 W ve testin sonunda 222±9 W ile 204±7 W olarak sırası ile bulundular. VE/VCO<sub>2</sub> oranı antrenmanlı ve sedanter deneklerde testin başında 32±0.6 ile 32±1.6, AE de 26.5±0.7 ile 26±1, SKN de 27.5±0.7 ile 26±0.9 ve testin sonunda 30±1.1 ile 30±1.3 olarak bulundular.

**Sonuç:** AE ve SKN de elde edilen ve solunum etkinliğini gösteren en düşük VE/VCO<sub>2</sub> oranı her iki grupta istatistiksel olarak farklılık göstermedi. Böylece artan VE/VCO<sub>2</sub> oranı, zayıflayan aerobik fitness göstergesi olarak kullanılmasına rağmen, bu kriterin artan fitness seviyesi göstergesi olarak kullanılmayacağı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Egzersiz, solunum etkinliği, akciğer gaz değişimi, aerobik fitness, anaerobik eşik

### Abstract

**Objective:** Ventilatory efficiency, which describes the ratio between ventilation to CO<sub>2</sub> output (VE/VCO<sub>2</sub>) during an incremental exercise test has been used to evaluate fitness levels of the subjects. During exercise, the lowest VE/VCO<sub>2</sub> ratio above 34 shows increased mortality levels. In the present study, we comparatively evaluated ventilatory efficiency in trained and sedentary males that the lowest VE/VCO<sub>2</sub> ratio could be related fitness levels of the subjects.

**Materials and Methods:** Ten trained (age: 20.1±0.4 yr) and 10 sedentary (age:19.8±0.7 yr) male subjects were performed an incremental exercise (15 W/min) test. Ventilatory gas exchange parameters were evaluated breath-by-breath using metabolic gas analyser. Anaerobic threshold (AT) and respiratory compensation point (RCP) estimated from the gas exchange values.

**Results:** Work rates for trained and sedentary subjects were found to be 143±8 W vs 123±5 W at the AT, 170±9 W vs 148±6 W at the RCP and 222±9 W vs 204±7 W at the end of the test, respectively. VE/VCO<sub>2</sub> ratio for trained and sedentary subjects were found to be 32±0.6 vs 32±1.6 at the beginning of test and 26.5±0.7 vs 26±1 at the AT, 27.5±0.7 vs 26±0.9 at the RCP and 30±1.1 vs 30±1.3 at the end of the test.

**Conclusion:** The lowest VE/VCO<sub>2</sub> ratio, reflects optimal ventilatory efficiency obtained at the AT and RPC, was not statistically different in both groups. While increased VE/VCO<sub>2</sub> ratio could be a useful criteria to evaluate reduced aerobic fitness levels, it can not be use to indicate increased aerobic fitness levels.

**Key words:** Exercise, ventilatory efficiency, pulmonary gas exchange, aerobik fitness, anaerobik threshold

### Genel Tıp Derg 2018;28(2):57-62

Alınan: 13.10.2017 / 28.12.2017 / Yayınlanma: 29.06.2018

Yazışma adresi: Oğuz Özçelik, Fırat Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Elazığ

E-posta: oozcelik@firat.edu.tr

## Giriş

Kardiyopulmoner fonksiyon testleri, klinik ve spor bilimlerinde bireylerin organ ve sistemlerinin fonksiyonel durumları ve sağlamlık derecelerinin önemli bir göstergesi olan aerobik fitness değerlendirmesinde kullanılan önemli bir yöntemdir (1, 2).

Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi aerobik fitness değerlendirilmesinde sık tercih edilen bir yöntemdir (1, 3). Bu test ile istirahat seviyesinden maksimum egzersiz performansına kadar olan bölgede sürekli artarak değişen iş gücüne bağlı metabolik stres seviyelerinde solunum ve kardiyak sistemlerin cevapları değerlendirilerek aerobik fitness seviyesi kolaylıkla belirlenebilmektedir (1, 2).

Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında metabolizmanın aerobikten anaerobiğe geçiş noktasını tanımlayan anaerobik eşiğe (AE) kadar bireylerin solunumu (VE) artan metabolik ihtiyaca paralel olarak artış göstermektedir (1, 4). Bu AE altındaki egzersiz bölgesindeki VE artışına O<sub>2</sub> alımı (VO<sub>2</sub>) ve CO<sub>2</sub> atılımındaki (VCO<sub>2</sub>) artışlarda eşlik etmektedir (1, 4, 5). Bu egzersizin başlangıcı ile AE arasındaki bölgede VE ile VO<sub>2</sub> (VE/VO<sub>2</sub>) ve VCO<sub>2</sub> (VE/VCO<sub>2</sub>) arasındaki ilişki ventilasyon ile perfüzyon oranının eşleşmesindeki uyumu göstermekte olup solunumun etkinliği (ventilatory efficiency) olarak tanımlanmaktadır ve kalp akciğer hastalarında önemli bir fitness göstergesi olarak kabul edilmektedir (1, 6, 7).

Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında, AE üstündeki bölgede anaerobik metabolizmanın baskın olması sonucunda kan laktik asit seviyesinde artış meydana gelmektedir. Fakat vücut bikarbonat tampon sistemlerince üretilen laktik asitin kısa bir süreliğine baskılanması sonucunda metabolik olmayan bikarbonat tampon sisteminden kaynaklı CO<sub>2</sub> üretimi VE egzersiz cevabında önemli değişimlere neden olmaktadır (1, 8). Bunun sonucunda AE üstünde kısa bir süre için VE/VCO<sub>2</sub> de sabitleme VE/VO<sub>2</sub> de ise artış şeklinde değişimler gözlenmektedir (1, 8). İş gücünün artması ile egzersiz hiperventilasyonun başlangıcını tanımlayan solunum kompensasyon noktasından (SKN) itibaren VE/VCO<sub>2</sub> ve VE/VO<sub>2</sub> sistematik artışlar gözlenmektedir (1, 9, 10).

Egzersiz sırasında akciğerlerden kaynaklanabilecek havalanma veya kalbe bağlı dolaşım sisteminde meydana ge-

lebilecek kanlanmadaki bozulmalar solunumun etkinliği değerinde artışlara neden olmaktadır. Egzersiz sırasında AE de elde edilen en düşük VE/VCO<sub>2</sub> değeri 34 üzerinde olması solunumun etkinliğinin bozulmasını göstermekte olup, kalp ve akciğer hastalarında önemli bir fitness azalması ve ölüm riskinin arttığını ortaya koyan ölçüt olarak tanımlanmaktadır (6, 10-13).

Buna karşılık sedanter ve sporcularda en az solunum ile en fazla CO<sub>2</sub> atılımı yani VE/VCO<sub>2</sub> arasındaki değerinin düşüklüğünün sporcularda fitness artışı değerlendirilmesinde kullanılması ile ilgili çalışmalar mevcut değildir. Bu çalışmadaki amacımız şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında VE/VCO<sub>2</sub> değerlerinin AE ve SKN de ki en düşük olduğu değerlerin deneklerin fitness durumları ile ilişkili olup olmadığının belirlenmesidir.

## Gereç ve Yöntem

Bu çalışmaya 18-25 yaş aralığındaki 10 tane antrenmanlı (yaş: 20.1±0.4 yıl; boy: 1.80±0.02 cm; vücut ağırlığı 77.7±1.7 kg ve vücut kitle indeksi: 21.5±0.6 kg/m<sup>2</sup>) ve 10 tane sedanter (yaş: 19.8±0.7 yıl; boy: 1.77±0.04 cm; ve vücut ağırlığı: 78.1±2.4 kg ve vücut kitle indeksi: 22.9±0.4 kg/m<sup>2</sup>) erkek denek katılmıştır. Denekler bu çalışmaya Lokal Etik Kurulundan alınan izin belgesini ve gönüllü olur formunu okuyup, onayladıktan sonra gönüllülük esasına göre çalışmaya katılmışlardır.

Deneklerin fiziksel olarak sağlıklı olmalarına dikkat edilmiştir. Antrenmanlı deneklerde aranan kriterler; lisanslı amatör veya profesyonel olarak (en az 3 yıldan beri spor yapıyor olmaları ve haftalık düzenli antrenmanlara katılıyor olmaları) aktif spor yapıyor olmalarıdır. Çalışma sonuçlarını etkileyebilecek akut herhangi bir rahatsızlığı (gribal enfeksiyon, boğaz ağrısı, kaslarda enflamasyon vs), metabolik, respiratuvar, kardiyak ve iskelet kas sistem bozukluğu, akut ve kronik hastalıklara sahip olan (diyabet, obezite, allerji, miyokard yetmezliği) denekler çalışma dışı tutulmuştur. Ayrıca alkol, sigara ve düzenli olarak ilaç kullanan denekler çalışmaya dahil edilmemiştir. Deneklerin vücut kompozisyonları egzersiz testine başlamadan önce sabah aç karnına ayaktan ayağa biyoelektrik impedans analiz cihazı ile ölçülerek analiz için kaydedildi (Tanita, Body Composition Analyser, TBF-300 M) (14).

Deneklerin test esnasında performanslarını ve sağlığını etkilememesi için testin yapılacağı laboratuvar ortamının

sıcaklığı 20-22 C' de sabit tutuldu. Bunun yanı sıra laboratuvar ortamının nemi ve barometrik basıncıda belirlendi. Bu ölçülen ortamın sıcaklığı, nemi ve barometrik basıncı egzersiz ölçüm sistemine kaydedildi. Deneklerin laboratuvar ortamında alacakları hava ortam koşulları tarafından etkileneceğinden sıcaklık, nem ve barometrik basınç değerleri kontrol edildi ve dikkate alındı. Deneklere uygulanan egzersiz testinde kullanılacak olan bisiklet ergometre, metabolik ve solunum ölçüm sistemleri kalibre edildi.

Deneklerin egzersiz testlerinin yapılacağı laboratuvar ortamına yabancı olmaması ve heyecan durumlarının yüksek seviyelerde olmaması için deneklerin egzersiz testinden önceki günlerde laboratuvar ortamında bulunmaları sağlandı. Laboratuvar ortamında deneklerin testte kullanacakları cihazlar hafif yoğunluk da ki egzersizler yaptırılarak deneklerin cihazlara alışması sağlandı. Bunun sonucu olarak heyecan durumundan ve test aletlerine uyum olmamasından kaynaklanacak olan hatalar en aza indirgenmeye çalışıldı.

Antrenmanlı ve sedanter tüm deneklere elektromanyetik bisiklet ergometre (VIA sprint TM 150/200P) ile şiddeti düzenli olarak artan yük egzersiz testi uygulandı (15). Egzersiz testi 4 dakikalık 20 W ısınma dönemi ile başlatıldı ve deneklerin heyecan durumları ve steady-state denge durumuna ulaşmaları egzersiz sırasında elde edilecek olan gaz değişim parametrelerinin güvenliği için kontrol edildi (16). Bu ısınma dönemini takiben iş gücü 15 W/dk (5 W/20 sn) artacak şekilde ayarlandı ve deneklerin devam edebilecekleri en yüksek noktaya kadar devam ettirildi (15).

Egzersiz testi ile bireylerin maksimal efor kapasiteleri ( $W_{max}$ , W), aerobik ve anaerobik iş gücü kapasiteleri (AE) belirlendi (1, 3). Deneklere uygulanan egzersiz testleri esnasında deneklerin EKG'leri (Nihon Kohden BSM-230) 12'li göğüs elektrotları kullanılarak takip edildi.

Egzersiz testine katılan deneklerin akciğer gaz değişim parametrelerinin ölçümü breath-bu-breath (17) olarak metabolik gaz ölçüm cihazı (Master Screen CPX, Germany) ile yapıldı. Egzersiz testi esnasında deneklerin; Metabolik, kardiyovasküler (kalp atım hızı) ve respiratuvar (VE, solunum sayısı, solunum derinliği, solunum O<sub>2</sub> eşitliği (VE/VO<sub>2</sub>), solunum CO<sub>2</sub> eşitliği (VE/VCO<sub>2</sub>) sistemlerinin verdiği cevaplar aerobik ve anaerobik egzersiz bölgeleeri için ayrı ayrı değerlendirmeye alındılar. Egzersiz testi

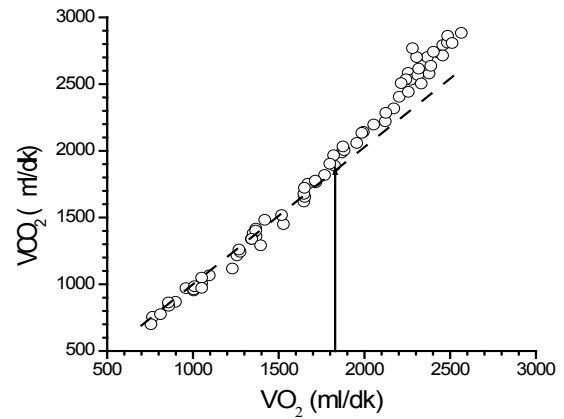
*Artan yüke karşı egzersiz testi sırasında solunum etkinliğinin antrenmanlı ve sedanter erkek deneklerde karşılaştırılması incelenmesi - Özdenk Ç. ve Özçelik O.*

esnasında deneklerin solunum parametrelerinin ölçülüp değerlendirilmesinde düşük ağırlıklı dijital volüm sensörü (TripleV Volume Sensor) kullanıldı.

V-slope tekniği ile yani egzersiz testi sırasında birim zamanda tüketilen O<sub>2</sub> ile üretilen birim zamanda üretilen CO<sub>2</sub> ( $\Delta VCO_2 / \Delta VO_2$ ) ilişkisi belirlendi. Bu teknik VCO<sub>2</sub>'ye karşı VO<sub>2</sub>'nin bir hat boyunca çizilen özdeşliğinde VO<sub>2</sub>'nin ayrılışı ile AE tespitinin yapılmasıdır (Şekil 1) (18). Buna ilave olarak diğer akciğer gaz değişim parametreleri de hesaplanan AE nin güvenilirliğini desteklemek için kullanıldılar: sistematik olarak artan VE/VO<sub>2</sub> oranı ve tidal sonu parsiyel O<sub>2</sub> basıncı (PETO<sub>2</sub>) (19).

Çalışma sırasında elde edilen değerler ortalama±standart sapma (SS) olarak istatistik programında analiz edildi. Çalışma da karşılıklı gruplar arasında elde edilen değerler Mann-Whitney U testi kullanılarak değerlendirildi. P<0.05 istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

**Şekil 1.** Bir örnek sedanter denegin AE'sinin hesaplanmasında kullanılan VCO<sub>2</sub>-VO<sub>2</sub> ilişkisi dikey çizgi aerobik metabolizmadan anaerobik metabolizmaya geçiş bölgesini yani AE noktasını göstermektedir. Yatay kesik çizgi ise metabolizmanın iş gücü ile olan durumunu göstermektedir.



## Bulgular

İş gücü şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı egzersiz testinde antrenmanlı ve sedanter deneklerin AE deki SKN deki ve maksimal egzersiz sırasında ulaştıkları iş gücü kapasiteleri ortalama (±SD) olarak Şekil 2 de verilmiştir.

Sedanter denekler AE'de  $123 \pm 5$  W iş gücüne ulaşırken antrenmanlı deneklerin AE bölgesindeki iş güçleri  $143 \pm 8$  W dir ( $p < 0.05$ ). Deneklerin solunum kompanzasyon noktasındaki iş güçleri sedanterlerde  $148 \pm 6$  W antrenmanlılarda ise  $170 \pm 9$  W dir ( $p < 0.05$ ). Maksimal egzersizde ise iş gücü sedanterlerde  $204 \pm 7$  W iken antrenmanlılarda  $222 \pm 9$  W dir ( $p < 0.05$ ). Sedanter ve antrenmanlı deneklerin kilogram başına düşen işgücü kapasiteleri sırası ile: AE de  $1.58 \pm 0.06$  W/kg ve  $2.1 \pm 0.07$  W/kg ( $p < 0.05$ ); SKN de  $1.9 \pm 0.06$  W/kg ve  $2.5 \pm 0.08$  W/kg ( $p < 0.05$ ); ve  $W_{max}$  da ise  $2.62 \pm 0.08$  W/kg ve  $3.28 \pm 0.08$  W/kg' dir ( $p < 0.05$ ).

AE deki  $VO_2$  değerleri sedanterlerde  $1.74$  L/dk antrenmanlı deneklerde ise  $2.01$  L/dk olup gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ( $P < 0.05$ ). SKN de ortalama  $VO_2$  değerleri sedanterlerde  $2.03$  L/dk antrenmanlılarda ise  $2.36$  L/dk bulundu ( $P < 0.05$ ).  $W_{max}$  de ise ortalama  $VO_2$  değeri sedanterlerde  $2.77$  L/dk antrenmanlılarda  $3.15$  L/dk olup gruplar arasında anlamlı farklılık bulundu ( $p < 0.05$ ).

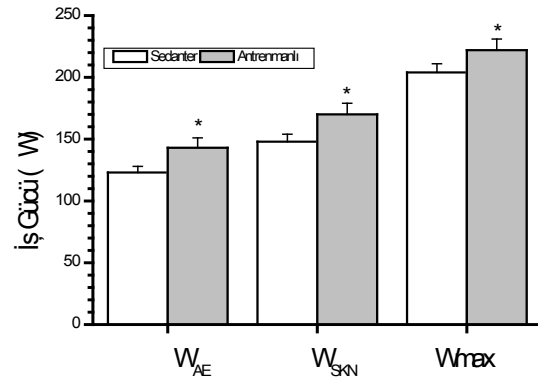
Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testinde sedanter deneklerin ısınma dönemindeki ( $W_{20}$ ) ortalama kilogram başına vücut ağırlığı için  $O_2$  alım değeri ( $VO_2/VA$ , ml/dk/kg) değerleri  $8.3 \pm 0.3$  ml/dk/kg iken antrenmanlılarda ortalama değerleri  $10.09 \pm 0.6$  ml/dk/kg'dır ( $p < 0.05$ ). AE'deki ortalama  $VO_2/VA$  değerleri sedanterlerde  $22.3 \pm 0.6$  ml/dk/kg antrenmanlılarda ise  $29.6 \pm 0.8$  ml/dk/kg'dır ( $p < 0.05$ ). SKN'deki  $VO_2/VA$  değerleri sedanterlerde  $26.2 \pm 0.5$  ml/dk/kg antrenmanlılarda  $34.7 \pm 1.08$  ml/dk/kg'dır ( $p < 0.05$ ).  $W_{max}$ 'de sedanterlerde  $35.6 \pm 0.6$  ml/dk/kg antrenmanlılarda ise  $46.5 \pm 1.17$  ml/dk/kg'dır ( $p < 0.05$ ) (Şekil 3).

Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testinde ısınma dönemindeki ortalama  $VE/VCO_2$  değerleri sedanter deneklerin  $32 \pm 1.6$  iken sporcuların da ortalama değerleri  $32 \pm 0.6$ 'dır (Şekil 4). AE'deki  $VE/VCO_2$  ortalamaları sedanterlerde  $26 \pm 1$  sporcularda ise  $26.5 \pm 0.7$ 'dir. Solunum kompenzasyon noktasındaki  $VE/VCO_2$  değerleri sedanterlerde  $26 \pm 0.9$  sporcularda  $27.5 \pm 0.7$ 'dir. Maksimalde de sedanterler de  $30 \pm 1.3$  sporcularda da  $30 \pm 1.1$ 'dir.

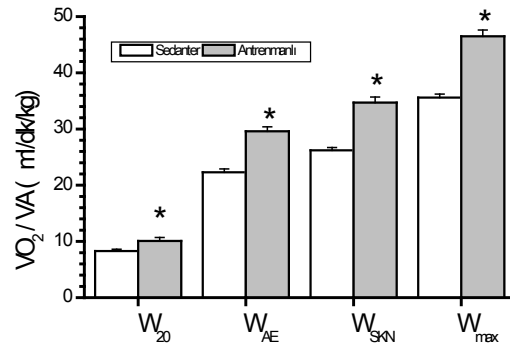
Deneklerin  $VE/VCO_2$  değerleri AE bölgesinde ortalama olarak sedanterlerde  $26 \pm 1$  sporcularda ise  $26.5 \pm 0.7$  olup istatistiksel olarak anlamlılık bulunmadı ( $P = 0.4$ ). Solunum kompenzasyon noktası bölgesinde sedanterlerin ortalama  $VE/VCO_2$  değerleri  $26 \pm 0.9$  olup sporcularda bu

değer  $27.5 \pm 0.7$ 'dir ve istatistiksel olarak gruplar arası anlamlılık yoktur ( $P = 0.2$ ). Maksimal egzersiz bölgesindeki değerler ise sedanterlerde ortalama  $30 \pm 1.3$  sporcularda  $30 \pm 1.1$  olup istatistiksel olarak gruplar arasında anlamlılık yoktur ( $P = 0.7$ ).

**Şekil 2.** Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında sedanter ( $n = 10$ ) ve antrenmanlı ( $n = 10$ ) deneklerin anaerobik eşikteki ( $W_{AE}$ ), solunum kompanzasyon noktasındaki ( $W_{SKN}$ ) ve maksimal egzersizdeki iş gücü değerleri (ortalama  $\pm$ SS). \* istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir.



**Şekil 3.** Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında sedanter ( $n = 10$ ) ve antrenmanlı ( $n = 10$ ) deneklerin ısınma turunda ( $W_{20}$ ) anaerobik eşikte ( $W_{AE}$ ), solunum kompanzasyon noktasındaki ( $W_{SKN}$ ) ve maksimal egzersizdeki iş gücü değerlerindeki ( $W_{max}$ ) kilogram vücut ağırlığı başına  $O_2$  alım kapasiteleri ( $VO_2/VA$ ) (ortalama  $\pm$ SS). \* istatistiksel olarak anlamlı farklılığı göstermektedir.



Artan yüke karşı egzersiz testi sırasında solunum etkinliğinin antrenmanlı ve sedanter erkek deneklerde karşılaştırılması incelenmesi - Özdenk Ç. ve Özçelik O.

## Tartışma

Kardiyopulmoner egzersiz testleri sırasında solunumun etkinliği ile kalp ve akciğer hastalarında hastalığın şiddeti ve prognozu ile ilgili önemli bilgiler elde edilmektedir (20-22). VE/VCO<sub>2</sub> oranı solunum sistemi ile dolaşım sistemi arasındaki eşleşmenin durumunu göstermekte olup bu değer en aşağı inmesi bu eşleşmenin en ideal olduğu durumu yansıtmakta ve böylelikle solunumun etkinliği değerlendirilmektedir. Egzersiz sırasında CO<sub>2</sub> atılımı için gereken VE miktarındaki artış azalan pulmoner ventilasyon veya bozulan kardiyak atılımı göstermektedir (23-26). Akciğer hastalarında artan ölü aralık ile tidal volümdeki orana bağlı olarak VE/VCO<sub>2</sub> oranında yükselmeler yani solunum etkisindeki azalmalar gözlenmektedir (27).

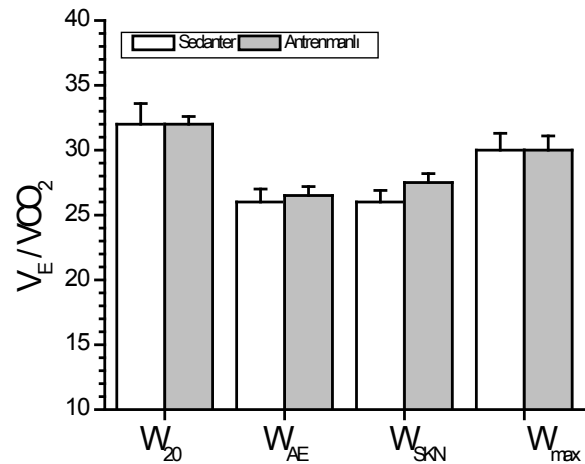
Bilimsel araştırma amaçlı klinik çalışmalar yanında, spor bilimlerinde hasta veya sporcu performansı ile ilgili olarak çok sayıda farklı egzersiz protokolleri içinde en yaygın olarak kullanılan test iş gücü yoğunluğunun düzenli olarak arttığı yüke karşı yapılan egzersiz testi gelmektedir (15). İş gücü şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında akciğerlerde solunum ile kanlanma arasındaki en ideal eşleşme sonucunu yansıtan en düşük VE/VCO<sub>2</sub> değeri AE ve SKN da elde edildi (1, 5). Solunum etkinliği değerlendirilmesi yani ideal gaz değişim oranı sağlıklı çocuk ve sedanterlerde de önemli bir fitness kriteri olarak kullanılmaktadır (28). Farklı iş gücü artış protokollerinin solunum etkinliğinin hesaplanması üzerine etkisi olmadığını gösterilmiştir (29). Yapılan çalışmalarda sabit yük egzersiz testleri kullanılarak da solunum etkinliğinin hesaplanabileceği gösterilmiştir (5, 30). Bu VE/VCO<sub>2</sub> değerinin 34 ve üstünde olduğu kalp ve solunum sistemi problemi olan vakalarda yüksek bir ölüm riski içerdiği, bu değer 34 altına geldiği durumlarda riskin azaldığını gösteren prognostik açıdan önemli bir değer olarak karşımıza çıkmaktadır (31).

Egzersiz sırasında bireylerin ulaştığı en yüksek VO<sub>2</sub> değeri (özellikle kg vücut ağırlığı başına), anaerobik eşikteki VO<sub>2</sub> değeri ve vücut ağırlığı için iş üretebilme kapasiteleri fitness ölçümünde kullanılan önemli parametrelerdir (1, 3). Bu çalışmada beklendiği gibi kilogram başına iş gücü üretimi ve VO<sub>2</sub> değeri yüksek olmasına rağmen VE/VCO<sub>2</sub> değerleri sedanter ve antrenmanlı arasında anlamlı bir farklılık göstermemektedir. Bu çalışmada egzersiz sırasında ulaşılan en düşük VE/VCO<sub>2</sub> değeri, yani 1 lit-

re CO<sub>2</sub> atılabilmesi için gereken solunum miktarı 25-26 civarında olup AE ve SKN deki iş güçlerinde elde edildi ve antrenmanlı bireylerin yüksek olan fitness seviyesinden etkilenmedi. En düşük VE/VCO<sub>2</sub> değeri literatürdeki çalışmaların sonuçları ile uyum içindedir (1, 5, 7). Sağlıklı insanlarda normal değerler VE/VCO<sub>2</sub> oranının 24-34 arasında değiştiğini göstermektedir (1, 5, 7). Egzersiz sırasında AE ve SKN arasındaki bölgede CO<sub>2</sub> atılımı artan solunumla paralellik gösterdiği için VE/VCO<sub>2</sub> oranında anlamlı bir değişme gözlenmemiştir (Şekil 4) (1, 5). Akut hipoksik gaz solutularak yapılan artan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında VE/VCO<sub>2</sub> oranında normoksik egzersize göre anlamlı yükselmeler gözlenmiştir (32).

Sonuç olarak; egzersiz sırasında VE/VCO<sub>2</sub> değerinin yükselerek üst limitlere doğru çıkması olması (>34) erken ölümlerin belirlenmesi, sağlıklı bir yaşamın bozulmasında, hastalıkların derecesinin belirlenmesinde önemli bir belirleyici faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. En düşük VE/VCO<sub>2</sub> değeri yüksek iş ve O<sub>2</sub> alım kapasitesi olan fitness seviyesi yüksek bireyler ile normal sedanter sağlıklı bireylerde benzer olması bu kriterin VO<sub>2</sub>max veya AE gibi fitness artışının göstergesi olarak kullanılamayacağını ortaya koymaktadır.

**Şekil 4.** Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında sedanter (n=10) ve antrenmanlı (n=10) deneklerin ısınma turunda (W<sub>20</sub>) anaerobik eşikte (W<sub>AE</sub>), solunum kompensasyon noktasındaki (W<sub>SKN</sub>) ve maksimal egzersizdeki iş gücü (W<sub>max</sub>) değerlerindeki VE/VCO<sub>2</sub> değerleri.





## Kaynaklar

1. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, et al. Principles of Exercise Testing and Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Applications, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, PA, USA, 5th edition, 2012.
2. Palange P, Ward SA, Carlsen KH, et al. Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. Eur Respir J 2007;29 (1): 185-209.
3. 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 2004;53:165-70.
4. Whipp BJ. Physiological mechanisms dissociating pulmonary CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> exchange dynamics during exercise in humans. Exp Physiol 2007;92:347-55.
5. Algul S, Ugur FA, Ayar A, Ozcelik O. Comparative determination of ventilator efficiency from constant load and incremental exercise testing. Cell Mol Biol (Noisy-le-grand) 2017;15;63(7):26-30.
6. Sin PY, Webber MR, Galletly DC, Tzeng YC. Relationship between cardioventilatory coupling and pulmonary gas exchange. Clin Physiol Funct Imaging 2012;32:476-80.
7. Sun XG, Hansen JE, Garatachea N, Storer TW, Wasserman K. Ventilatory efficiency during exercise in healthy subjects. Am J Respir Crit Care Med 2002;166:1443-8.
8. Ward SA. Ventilatory control in humans: constraints and limitations. Exp Physiol 2007;92:357-66.
9. Whipp, BJ, Davis, JA, Wasserman, K. Ventilatory control of the 'isocapnic buffering' region in rapidly-incremental exercise. Respir Physiol 1989;76:357-67.
10. Stringer W, Casaburi R, Wasserman K. Acid-base regulation during exercise and recovery in humans. J Appl Physiol 1992;72:954-61.
11. Ingle L, Goode K, Carroll S, et al. Prognostic value of the VE/VCO<sub>2</sub> slope calculated from different time intervals in patients with suspected heart failure. Int J Cardiol 2007;118:350-5.
12. Myers J, Arena R, Oliveira RB, et al. The lowest VE/VCO<sub>2</sub> ratio during exercise as a predictor of outcomes in patients with heart failure. J Card Fail 2009;15:756-62.
13. Murphy RM, Weiner RB, Hough SS, et al. Determinants of VE/VCO<sub>2</sub> slope in normal individuals – entiator efficiency is modifiable with endurance training. J Am Coll Cardiol 2012;59:13-5.
14. Kaya H, Özçelik O. Tıp öğrencilerinin bir yılda vücut kompozisyonlarında meydana gelen değişimlerin belirlenmesi Fırat Tıp Dergisi 2005;10(4):164-8.
15. Whipp BJ, Davis JA, Torres F, Wasserman K. A test to determine parameters of aerobic function during exercise. J Appl Physiol 1981;50:217-21.
16. Ozcelik O, Ward SA, Whipp BJ. Effect of altered body CO<sub>2</sub> stores on pulmonary gas exchange dynamics during incremental exercise in humans. Exp Physiol 1999;84:999-1011.
17. Beaver WL, Lamarra N, Wasserman K. Breath-by-breath measurement of true alveolar gas exchange. J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol 1981;51(6):1662-75.
18. Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. J Appl Physiol 1986;60: 2020-7.
19. Whipp, BJ, Ward, SA, Wasserman, K. Respiratory markers of the anaerobic threshold. Adv Cardiol 1986;35:47-64.
20. Hansen JE, Wasserman K. Pathophysiology of activity limitation in patients with interstitial lung disease. Chest 1996;109:1566-76.
21. Gitt AK, Wasserman K, Kilkowski C, et al. Exercise anaerobic threshold and ventilatory efficiency identify heart failure patients for high risk of early death. Circulation 2002;106:3079-84.
22. Guazzi M. Abnormalities in cardiopulmonary exercise testing ventilatory parameters in heart failure: pathophysiology and clinical usefulness. Curr Heart Fail Rep 2014;11:80-7.
23. Reindl I, Wernecke KD, Opitz C, et al. Impaired ventilator efficiency in chronic heart failure: possible role of pulmonary vasoconstriction. Am Heart J 1998;136(5):778-85.
24. Poggio R, Arazi HC, Giorgi M, Miriuka SG. Prediction of severe cardiovascular events by VE/VCO<sub>2</sub> slope versus peak VO<sub>2</sub> in systolic heart failure: a meta-analysis of the published literature. Am Heart J 2010; 160:1004-14.
25. Prado DM, Rocco EA, Silva AG, et al. Effect of exercise training on ventilatory efficiency in patients with heart disease: a review. Braz J Med Biol Res 2016; 20:49(7).
26. Alba AC, Adamson MW, MacIsaac J, et al. The added value of exercise variables in heart failure prognosis. J Card Fail 2016;22(7):492-7.
27. Elbehairy AF, Ciavaglia CE, Webb KA, et al. Pulmonary gas exchange abnormalities in mild chronic obstructive pulmonary disease. Implications for dyspnea and exercise intolerance. Am J Respir Crit Care Med 2015;191(12):1384-94.
28. Parazzi PL, Marson FA, Ribeiro MA, Schivinski CI, Ribeiro JD. Ventilatory efficiency in children and adolescents: A systematic review. Dis Markers 2015; 2015:546891.
29. Davis JA, Sorrentino KM, Soriano AC, Pham PH, Dorado S. Is ventilator efficiency dependent on the speed of the exercise test protocol in healthy men and women? Clin Physiol Funct Imaging 2006;26:67-71.
30. Hoshimoto-Iwamoto M, Koike A, Nagayama O, et al. Determination of the VE/VCO<sub>2</sub> slope from a constant work-rate exercise test in cardiac patients. J Physiol Sci 2008;58(4):291-5.
31. Arena R, Myers J, Aslam SS, Varughese EB, Peberdy MA. Peak VO<sub>2</sub> and VE/VCO<sub>2</sub> slope in patients with heart failure: a prognostic comparison. Am Heart J 2004;147(2):354-60.
32. Ozcelik O, Kelestimur H. Effects of acute hypoxia on the estimation of lactate threshold from ventilatory gas exchange indices during an incremental exercise test. Physiol Res 2004;53:653-9.