

**T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
SPOR BİLİMLERİ FAKÜLTESİ**



**ARTAN YÜKE KARŞI EGZERSİZ TESTİNİN
ANAEROBİK EŞİK ALTI VE ÜSTÜ BÖLGELERİNDE
AKCİĞER GAZ DEĞİŞİMİ PARAMETRELERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

DOKTORA TEZİ

ÇAĞRI ÖZDENK

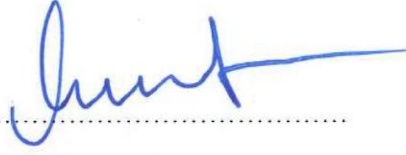
2017

ONAY SAYFASI

Prof. Dr. Mustafa KAPLAN

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Bu tez Doktora tezi standartlarına uygun bulunmuştur.



Prof. Dr. Cengiz ARSLAN

Anabilim Dalı Başkanı

Tez tarafımdan okunmuş, kapsam ve kalite yönünden Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.



Doç. Dr. Serdar ORHAN

Danışman

Doktora Tezi Değerlendirme Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Serkan HAZAR

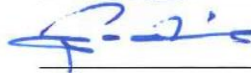

Doç. Dr. Serdar ORHAN

Doç. Dr. Opuz ÖZGELİK

Doç. Dr. Erkan GÜR

Ynl. Doç. Dr. Sermin ALGİL

Ynl. Doç. Dr. Hüsamettin KAYA



TEŐEKKÖR

Doktora eğitimim süresince engin akademik deneyim ve bilimsel birikimleriyle her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen 2. Danıőmanım Sayın Doç. Dr. Oğuz ÖZÇELİK'e, őükranlarımı sunarım.

Doktora eğitimime bilgi ve tecrübeleri ile katkıda bulunan, tezimin hazırlanmasında yardım ve desteklerini esirgemeyen danıőmanım Sayın Doç. Dr. Serdar ORHAN'a, İstatistik işlemlerinde yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. İrfan EMRE'ye ve her konuda destekçim olan değerli aileme teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

BAŞLIK SAYFASI	i
ONAY SAYFASI	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİL LİSTESİ	vi
GRAFİK LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ	ix
KISALTMALAR LİSTESİ	x
1. ÖZET	1
2. ABSTRACT	2
3. GİRİŞ	3
3.1 Antrenmanlı ve Antrenmansız Bireylerde Egzersiz Kapasitelerinin Belirlenmesinde Kullanılan Testler	7
3.1.1 İş Gücünün Düzenli Olarak Arttığı (Rapid Incremental Ramp) Egzersiz Testi	8
3.2. Anaerobik Eşik	10
3.3. Solunum Kompensasyon Noktası	18
3.4. Maksimal Oksijen Alımı (VO_{2max})	19
3.5. Solunum, Oksijen Alımı ve Karbon Dioksit Atılımı İlişkisi	21
3.6. Oksijen İçin Solunum Eşdeğeri (V_E/VO_2)	23
3.7. Karbon Dioksit için Solunum Eşdeğeri (V_E/VCO_2)	24
3.8. Kalp Atım Hızı-Elektrokardiyogram	26
3.9. Bioelektrik İmpedans Analizi (BIA)	28
4. GEREÇ ve YÖNTEM	29
4.1 Deneklerin Fiziksel Özellikleri	30
4.2 Egzersiz Test Protokolü	32
4.2.1 İş Gücünün Düzenli Olarak Arttığı (Rapid Incremental Ramp) Egzersiz Testi	32
4.3. Kardiyak, Metabolik ve Respiratuvar Parametrelerin Ölçümü	36
4.4. Anaerobik Eşiğin Hesaplanması	37
4.5. İstatistiksel analiz	38
5. BULGULAR	39
5.1. Deneklerin Fiziksel Özellikleri	39

5.2. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin İş Gücü Kapasiteleri	39
5.3. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Kilogram Başına Düşen İş Gücü Kapasiteleri (Watt/kg)	41
5.4.Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Nabız Atımının Verdiği Cevaplar	43
5.5. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin V_E değerleri	45
5.6. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Solunum Sayısı (Nefes/dk)	47
5.7. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Solunum Derinliği (V_T) değerleri	49
5.8.Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin VCO_2 Değerleri	51
5.9.Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin VO_2 Değerleri	53
5.11. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin V_E/VO_2 Değerleri	57
5.12.Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Kg Başına Düşen VO_2 (VO_2/kg) Değerleri	59
5.13.Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Kg Başına Düşen VCO_2 (VCO_2/kg) Değerleri	61
6. TARTIŞMA	63
7. KAYNAKLAR	75
8. ÖZGEÇMİŞ	81

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.	Wasserman'ın egzersiz ile beraber kardiyak, metabolik ve pulmoner sistemlerin çalışma prensiplerini anlatan dişlileri.	6
Şekil 2.	Örnek bir deneğin A_E 'sinin hesaplanmasında kullanılan V_E -iş gücü ilişkisi	12
Şekil 3.	Anaerobik Eşiğin V_E ile İş yükü veya VO_2 ile grafiği	13
Şekil 4.	A_E eşiğini tespit etmek için V-eğrisi metodu.	14
Şekil 5.	A_E 'yi belirlemek için kullanılan ilişkiler.	17
Şekil 6.	Normal bir EKG örneğinin şekli.	27
Şekil 7.	Egzersiz testi sırasında EKG elektrot bağlantılarının yerleşim düzeni.	33
Şekil 8.	şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testinin uygulanışı	35
Şekil 9.	Bir örnek sedanter deneğin A_E 'sinin hesaplanmasında kullanılan VCO_2 - VO_2 ilişkisi	37
Şekil 10.	Bir örnek antrenmanlı deneğin A_E 'sinin hesaplanmasında kullanılan VCO_2 - VO_2 ilişkisi	38

GRAFİK LİSTESİ

- Grafik 1.** Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki İş Gücü Değerleri. 40
- Grafik 2.** Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki Kilogram Başına Düşen İş Gücü Değerleri. 42
- Grafik 3.** Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki Nabız Atım Değerleri 44
- Grafik 4.** Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki VE (L/dk) Değerleri 46
- Grafik 5.** Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki Solunum Sayısı Değerleri. 48
- Grafik 6.** Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki VT Değerleri. 50
- Grafik 7.** Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki VCO₂ Değerleri. 52
- Grafik 8.** Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki VO₂ Değerleri. 54
- Grafik 9.** Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki VE/VCO₂ Değerleri. 56
- Grafik10.** Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki VE/VO₂ Değerleri. 58

- Grafik 11.** Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki VO₂/kg Değerleri. 60
- Grafik 12.** Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki VCO₂/kg Değerleri. 62



TABLO LİSTESİ

Tablo 1.	Çalışmaya katılan sedanter deneklerin fiziksel özellikleri (yaş, boy, vücut ağırlığı ve VKİ)	31
Tablo 2.	Çalışmaya katılan sporcu deneklerin fiziksel özellikleri (yaş, boy, vücut ağırlığı, VKİ)	31
Tablo 3.	Çalışmaya katılan sedanter ve sporcu deneklerin fiziksel özellikleri (yaş; yıl, boy; m ve vücut ağırlığı; kg) ve VKİ (VKİ, kg/m ²) ortalama değerleri	39
Tablo 4.	Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin A _E , Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki İş Gücü Değerleri	39
Tablo 5.	Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin A _E , Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki Kilogram Başına Düşen İş Gücü Değerleri	41
Tablo 7.	Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin V _E Değerleri	45
Tablo 8.	Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Solunum Sayısı Değerleri	47
Tablo 9.	Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin V _T Değerleri	49
Tablo 10.	Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin VCO ₂ Değerleri	51
Tablo 11.	Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin VO ₂ Değerleri	53
Tablo 12.	Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin V _E /VCO ₂ Değerleri	55
Tablo 13.	Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin V _E /VO ₂ Değerleri	57
Tablo 14.	Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin VO ₂ /kg Değerleri	59
Tablo 15.	Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin VCO ₂ /kg Değerleri	61

KISALTMALAR LİSTESİ

AE	: Anaerobik Eşik
O₂	: Oksijen
CO₂	: Karbondioksit
KPET	: Kardiyopulmoner Egzersiz Testi
VO₂	: Oksijen Alınımı
VCO₂	: Karbondioksit Atılımı
LAE	: Laktik Asidoz Eşiği
LE	: Laktat Eşiği
PETCO₂	: Tidal Hacim Sonu Parsiyel Karbondioksit Basıncı
PETO₂	: Tidal Hacim Sonu Parsiyel Oksijen Basıncı
R	: Gaz Değişim Oranı
V_E	: Dakika Ventilasyon
V_E/VCO₂	: Karbondioksitin Solunum Eşitliği
V_E/VO₂	: Oksijenin Solunum Eşitliği
VKİ	: Vücut Kitle İndeksi
VO_{2max}	: Maksimal Oksijen Alınımı
W	: Watt
V_T	: Solunum Derinliği
SS	: Solunum Sayısı
SKN	: Solunum Kompensasyon Noktası

1. ÖZET

Bu çalışmanın amacı; antrenmanlı ve antrenmansız bireylerde yapılan artan yüke karşı egzersiz testinin anaerobik eşik altı ve üstü bölgelerinde solunum (V_E), O_2 alımı (VO_2) ve CO_2 atılımı (VCO_2) arasındaki ilişkilerin karşılaştırmalı olarak belirlenmesidir.

Çalışmada, sedanter (n=10) ve antrenmanlı (n=10) bireylerde şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı egzersiz testi uygulandı. Solunum gaz değişim parametreleri; gaz analizör sistemi kullanılarak solunumdan solunuma tespit edildi. Solunum parametreleri türbin hacimli transdüser kullanılarak değerlendirildi. Kardiyak cevabı değerlendirmek için 12 derivasyonlu elektrokardiyografi kullanıldı. Anaerobik eşik (A_E) V-slope metodu kullanılarak tespit edildi. Veriler Mann-Whitney U testi kullanılarak analiz edildi. 26 ± 0.9 sporcularda 27.5 ± 0.7

V_E/VCO_2 değerleri ısınma döneminde sedanterlerde 32 ± 1.6 ve sporcular da 32 ± 0.6 ; A_E bölgesinde sedanterlerde 26 ± 1 ve sporcularda 26.5 ± 0.7 ; SKN'de sedanterlerde 26 ± 0.9 sporcularda 27.5 ± 0.7 maksimalde de sedanterlerde 30 ± 1.3 sporcularda ise 30 ± 1.1 olarak bulunmuş gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlılık bulunmamıştır. ($P>0.05$).

Sonuç olarak; solunum, O_2 alımı, CO_2 atılımı, iş güçleri farklı olmasına rağmen sporcu ve sedanterler arasında 25-27 seviyelerde olup fark bulunmamaktadır. Bu V_E/VCO_2 değerlerin artması hastalık belirtisi olarak kullanılmaktadır fakat alt seviyelere düşüklüğü sağlamlılık derecesi olarak kullanılmamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Anaerobik eşik, Oksijen alımı, artan yük testi, karbondioksit atılımı

2. ABSTRACT

COMPARATIVELY EVALUATION OF PULMONARY GAS EXCHANGE PARAMETERS ABOVE AND BELOW THE ANAEROBIC THRESHOLD DURING AN INCREMENTAL EXERCISE TEST

The aim of this study is to investigate comparatively the relations among the ventilation (V_E), O_2 uptake (VO_2) and CO_2 output (VCO_2) for the trained and sedanter individuals during the incremental exercise test for under and above the anaerobic threshold regions.

In this study, incremental exercise test has been applied to sedanters ($n=10$) and to trained ($n=10$) subject. Ventilation gas exchange parameters have been determined ventilation to ventilation by using gas analyzer system. Ventilation parameters have been evaluated by using tribune volume transducer. In order to assess the cardiac response electrocardiograph with 12 derivation has been utilized. Anaerobic threshold (A_E) has been determined by the V-Slope method. The data have been analyzed by means of the Mann-Whitney U test.

V_E/VCO_2 values at the warming period have been found as 32 ± 1.6 for sedanters and 32 ± 0.6 for the sportsmen; at A_E region 26 ± 1 for sedanters and 26.5 ± 0.7 for the trained; at SKN 26 ± 0.9 for sedanters and 27.5 ± 0.7 for the trained; and at maximal 30 ± 1.3 for sedanters and 30 ± 1.1 for the trained but no statistical significance has been found among the groups. ($P>0.05$).

Consequently, although they have different work loads, the ventilation, O_2 uptake, CO_2 excretion between trained and sedanters have been with no difference at the low levels of 25-27. V_E/VCO_2 at high levels has been used as symptoms for disease, but at low levels it can not be utilized as robustness degree.

Key Words: Anaerobic threshold, O_2 uptake, incremental exercise test, CO_2 output

3.GİRİŞ

Vücudumuzun organ ve sistemlerinin fonksiyonel durumu aerobik fitness seviyesi ile yakından ilişkilidir. Aerobik fitness seviyesi bireylerin sağlık durumlarının derecesini belirtmektedir. Bireylerde aerobik fitnessin üst seviyelerde veya alt seviyelerde olması bireyin sağlamlılık seviyesini göstermektedir. Egzersiz testlerinin asıl amacı da bireylerin sağlamlılık seviyesinin belirlenmesini sağlamaktır. Egzersiz testleri ile bireylerin metabolik, kardiyak ve solunum sistemleri belirli bir stres altında çalıştırılarak sonuçlar elde edilmektedir (1,2).

Bireylerin sağlık durumlarının istirahat anlarında ve farklı yoğunluklardaki egzersizlerde belirlenmesi önemli konuların başında gelmektedir. Bu konular özellikle klinik ve spor bilimlerinde daha çok araştırma konusu olarak incelenmektedir (1,3).

Genel olarak bireylerin aerobik fitness durumları, istirahat anlarında veya düşük yoğunluktaki egzersiz seviyelerinde gerçek durumlarını yansıtmamaktadır. Fakat buna karşılık olarak bireylerin performansını istirahat ten maksimal iş gücü kapasitesine kadar ölçebilen, şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi bireylerin vücut, organ ve sistemlerinin çalışma kapasitesini çok iyi şekilde göstermekte ve daha iyi sonuçlar vermektedir. Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılmış olan egzersiz testi ile birey egzersize düşük yoğunluktaki iş gücüyle başlamakta ve iş gücü şiddeti düzenli olarak artırılmaktadır. Birey bu artan iş gücü ihtiyacını karşılamak için aynı oranda enerjiye de ihtiyaç duymaktadır. İhtiyaç duyulan enerji ihtiyacı ile iş gücü egzersiz testin de birbirine paralel bir artış göstermektedir. Düzenli olarak artan enerji ihtiyacının da karşılanması için vücudun

metabolik, kardiyak ve respiratuar sistemlerinin düzgün ve uyumlu bir şekilde çalışması gerekmektedir (4).

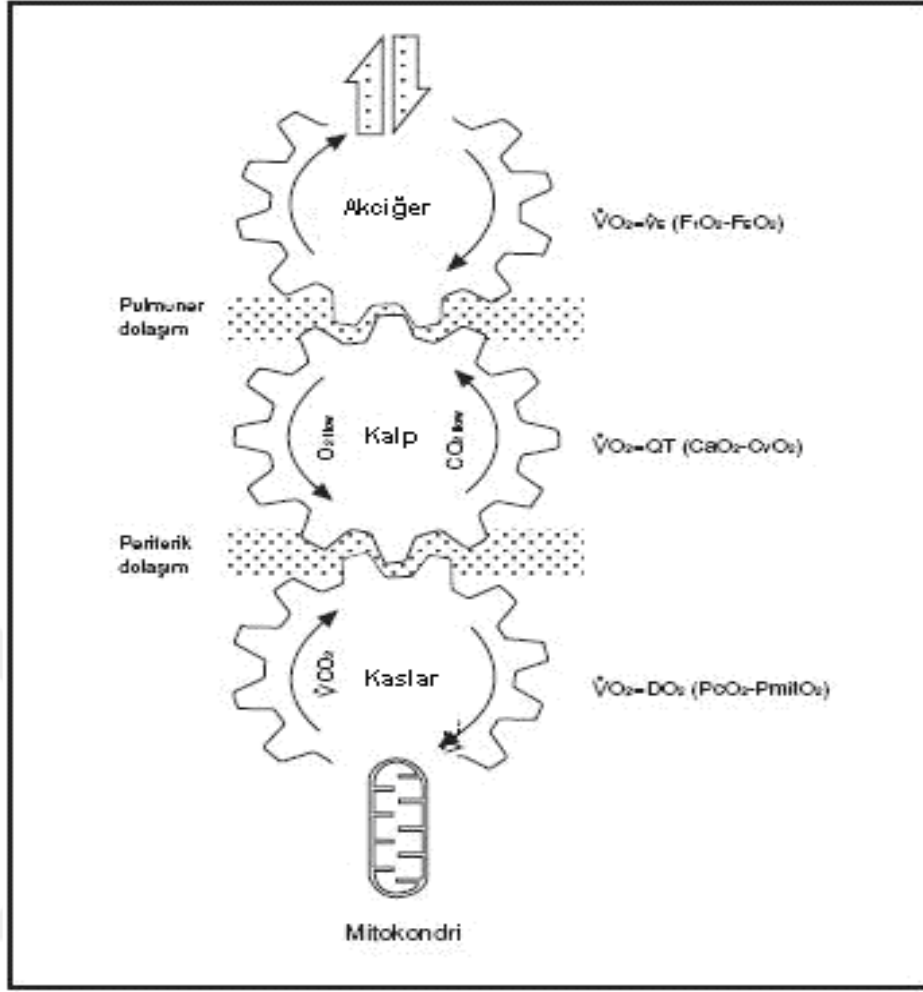
Egzersiz testi ile bireylerin aerobik metabolizmalarının yapılmış olan egzersiz testini desteklemekte yetersiz kaldığı durumlarda takviye güç olarak anaerobik metabolizma devreye girmektedir. Egzersiz testi ile bireylerin aerobik, anaerobik ve maksimal iş kapasiteleri kolaylıkla belirlenebilmektedir (5). Böylece bireylerin şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi esnasında aerobik bölge ile anaerobik bölgedeki cevapları karşılaştırılarak bireylerin iki farklı metabolizmadaki dayanıklılıkları ve egzersiz kapasiteleri arasındaki farklılıklar belirlenebilir. Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında solunum başlangıçta artan iş gücüne yani metabolik ihtiyaca paralel olarak artış göstermektedir (6,7). Bu paralellik ise, egzersiz testinin belirli bir seviyesine kadar sürmektedir. Bu seviye ise, normal bireylerde egzersiz kapasitelerinin %60'ına denk gelmektedir. Bu seviyeye gelene kadar bireyin oksijen alımı (VO_2) ve karbondioksit atılımı (VCO_2) artışları da paralellik göstermektedir. Bireylerde bu %60'lık seviyenin üzerinde ise solunum (V_E) ile iş gücü arasındaki paralellik bozulmaktadır. V_E bu bölgede iş gücüne oranla daha hızlı bir şekilde artış göstermektedir. Artış gösteren V_E metabolizmanın aerobikten anaerobiğe kayması sonucunda üretilen laktik asitin tamponlanması sonucu salınan ekstra CO_2 'nin V_E 'yi uyarmasına dayanmaktadır (1,8).

Metabolizmanın aerobik bölgeden anaerobik bölgeye kayması sonucu V_E de oluşan hızlanma VCO_2 de de hızlanmaya neden olmaktadır. Fakat bu VO_2 ile iş gücü arasındaki paralelliğin bozulmasına neden olmamaktadır. Metabolizmanın aerobik bölgeden anaerobik bölgeye değişiklik göstermesinin başlangıcında V_E de ki

hızlanma V_{CO_2} 'deki hızlanma ile paralellik göstermekte ilerleyen egzersiz iş güçlerinde ise V_E V_{CO_2} 'ye göre daha da fazla artış göstermektedir. Bunun nedeni olarak ise egzersiz hiperventilasyonunun gelişmesi gösterilmektedir (6,9).

Bireylerde yapılacak olan egzersiz esnasında gerekli olan enerji ihtiyacının desteklenmesi için solunum sisteminin yeterli oranda oksijen sağlaması gerekmektedir. Bunun için egzersiz esnasında V_E - VO_2 arasındaki ilişki enerjinin sağlanması için büyük bir öneme sahiptir (2,10). Metabolizma yan ürünlerinden olan CO_2 'nin ortamdaki uzaklaştırılması için yine V_E ile V_{CO_2} arasındaki dengede diğer hayati öneme sahip konudur (11,12).

Aşağıdaki şekil Wasserman'ın "klasik egzersiz-sistemler çalışma dişlisi"ni göstermektedir. Şekilde oksijen (O_2) alımı, taşınması ve kullanımı (VO_2) ile karbondioksit (CO_2) üretimi, taşınması ve atılımı (V_{CO_2}) arasındaki dengeler gösterilmektedir. Bununla birlikte şekilde kardiyak, metabolik ve solunum sistemlerinin çalışma durumu en kısa ve özgün bir şekilde açıklamaktadır (Şekil 3.1) (13). İç içe geçmiş bulunan bu sistemlerin şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersizlerde alınan cevapların belirlenmesi ve bunun sonucunda organ ve sistemlerin fonksiyonel durumlarının değerlendirmeye alınması spor ve klinik bilimler için önem arz etmektedir. Sporcuların performanslarının ölçülmesi ve belirlenmesi, kişilerin yapmış olacakları spor branşına göre kişilere özel olarak egzersiz programlarının hazırlanması bakımından spor bilimine katkısı önemli bulunmaktadır (14-17).



Şekil 1. Wasserman'ın egzersiz ile beraber kardiyak, metabolik ve pulmoner sistemlerin çalışma prensiplerini anlatan dişlileri.

Atmosfer ve mitokondriler arası O_2 transferi. Akciğerler, kardiyovasküler sistem ve kaslarda O_2 alımını göstermektedir. $\dot{V}O_2$: O_2 kullanımı \dot{V}_E : dakikadaki ventilasyon, F_iO_2 : inspirasyonda O_2 miktarı, F_eO_2 : ekspirasyonda O_2 miktarı, QT : kardiyak output, CaO_2 , CvO_2 : arteriyel ve miks venöz kanın O_2 kontentleri, DO_2 : O_2 difüzyon kapasitesi, PcO_2 : ortalama kapiller parsiyel O_2 basıncı, $PmitO_2$: mitokondride ortalama parsiyel O_2 basıncı (13).

Kişilerin oksijen alım kapasitesi ve vücutta oluşan karbondioksiti atma kapasitesi \dot{V}_E kaslarının oksijeni yeterli oranda alıp CO_2 'yi atması kişinin egzersiz performansı açısından önemlidir (18). O_2 gereksinimi bireylerde sportif etkinlik esnasında artış göstermektedir. O_2 gereksinimi arttıkça \dot{V}_E sisteminden vücuda gelen O_2 miktarı da buna bağlı olarak artış göstermektedir (1,6). Egzersiz yapan kasların kandan O_2 alışında da bir artış görülmekte ve solunumdaki artış ile birlikte fazladan

O₂ sağlanmaktadır. Egzersiz esnasında oluşan CO₂ ise çeşitli yollarla atılmaktadır. Araştırmamızda V_E'nin VO₂ ve VCO₂'nin bireylerin egzersiz performansı için ne kadar önemli olduğunu belirlemek için antrenmanlı ve antrenmansız bireyler arasındaki farklılıklar belirlenecektir. Çalışmada maksimal iş gücüne doğru artış gösteren artan yük testi kullanılarak bireylerin ısınma, anaerobik eşik, anaerobik eşik üstü ve maksimal bölgelerindeki V_E, VO₂ ve VCO₂ arasındaki fark belirlenecektir.

3.1 Antrenmanlı ve Antrenmansız Bireylerde Egzersiz Kapasitelerinin Belirlenmesinde Kullanılan Testler

Antrenmanın bireyin sağlığı ve birçok faktör açısından önemli olduğu günümüze kadar yapılmış olan araştırmalarla ispat edilmiştir. Antrenmanlı bir bireyin metabolizması, kardiyak sistemi ve solunum sistemi ile antrenmansız bir bireyin metabolizması, kardiyak sistemi ve solunum sistemi arasında farklılıklar olabilmektedir. Bireyin metabolik, kardiyak ve solunum sisteminin sağlamlılık derecesi egzersiz testlerinin temelini oluşturmaktadır (13,19).

Bireylerin sağlık durumlarının istirahat ve farklı egzersiz yoğunluklarında belirlenmesi klinik ve spor bilimlerinde önemli konuların başında gelmektedir. Genel olarak bireylerin, istirahat anlarında veya çok düşük egzersiz kapasitelerinde aerobik fitness gerçek durumunu yansıtmamaktadır; ancak buna karşılık bireylerin performanslarını istirahat ten maksimal iş kapasitesine kadar ölçebilen, şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi vücut, organ ve sistemlerinin çalışma kapasitesini çok iyi şekilde göstermektedir (19)

3.1.1. İş Gücünün Düzenli Olarak Arttığı (Rapid Incremental Ramp)

Egzersiz Testi

İş gücünün düzenli olarak arttığı egzersiz testi ile birey teste çok düşük iş gücüyle başlamakta ve iş gücü şiddeti düzenli olarak arttırılmaktadır. Bu artan iş gücünü karşılamak için enerji ihtiyacı da buna paralel bir artış göstermektedir. Paralel artan bu enerji ihtiyacının karşılanması için de vücut metabolik, kardiyak ve respiratuvar sistemlerinin düzgün ve uyumlu bir şekilde çalışması gerekmektedir. Bu test ile bireylerin aerobik metabolizmalarının egzersizi desteklemekte yetersiz kaldığı durumlarda anaerobik metabolizma takviye güç olarak bireyi desteklemektedir. Bu test ile bireylerin aerobik, anaerobik ve maksimal iş kapasiteleri kolaylıkla belirlenebilmektedir (4). Artan yük testi VO_{2max} ve A_E gibi maksimal ve maksimal altı fizyolojik değişkenlerin tespiti için standart bir prosedürdür. Artan yük testi başlangıç iş yükü ve aynı zamanda süreklilik ve iş oranı artışının büyüklüğüne göre modifiye edilebilir (20).

İş gücünün düzenli olarak arttığı egzersiz testi üç aşamadan oluşmaktadır. Egzersiz testi, ısınma dönemiyle başlayıp yükleme dönemiyle devam eder ve iyileşme dönemi ile de sonlanmaktadır. Bruno Balke tarafından bulunan test Whipp ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir (5,21)

a) Isınma (Warm-up) dönemi

Denekler iş gücünün düzenli olarak arttığı egzersiz testinin ısınma dönemini 20 W da 3-4 dakikada tamamlamaktadırlar. 3-4 dakikalık ısınma döneminin amacı deneklerin kardiyak, metabolik, respiratuvar ve psikolojik yönden normal olup olmadığını belirlemektir. Deneklerin test öncesi ve test esnasında heyecanlı olması onların vücut gaz depolarını ve metabolizma durumunu etkilemektedir. Bu etki

sonucunda egzersiz testinde akciğer gaz parametrelerine dayanmış olan ölçümler normal değerlerinden farklı olabilmektedir ve yanlış sonuçlar çıkabilmektedir. Bu nedendir ki egzersiz testi öncesinde ve egzersiz testi esnasında deneklerin akciğer solunum ve gaz değişim parametrelerinde oluşabilecek hatalı sonuçları arındırmak için deneklerin heyecan veya anksiyete durumları değerlendirmeye alınmalıdır. Deneklerin heyecan veya anksiyete durumları A_E hesaplanmasında da hatalar oluşturmaktadır. Heyecan veya anksiyete durumlarının düzeltilmesiyle bundan kaçınılmış olunacaktır (22).

b) Yükleme (Ramp) dönemi:

Yükleme döneminde denekler için, bilgisayar kontrollü olarak elektromanyetik bisiklet ergometrenin (VIA sprint™ 150/200P) pedal gücü ayarlanır. Pedal gücü denekler için iş gücü dakikada kaç W olacağı belirlenmelidir. Maksimal efora ulaşıncaya kadar test devam ettirilmez (5,20).

c) İyileşme (Recovery) Dönemi:

Denekler egzersiz testine devam edemeyecek seviyeye ulaşıp pedal çevirmede son noktaya geldiklerinde ve maksimum egzersiz seviyesine ulaştıklarında bilgisayar tarafından bisiklet ergometrenin pedal gücü 20 W'a düşer. Denekler pedal gücü 20 W' a indirilen bisiklet ergometrede minimum 4 dakika daha pedal çevirirler. Bu dönem egzersiz testinin iyileşme dönemi olarak geçmektedir (5,21).

İyileşme dönemi ile denekler, egzersiz testinin yükleme dönemi boyunca vücutta birikmiş olan anaerobik metabolizma yan ürünlerinden olan laktik asidi ve CO_2 'yi vücuttan uzaklaştırırlar. Böylelikle deneklerin yükleme testi sonunda normale dönüp dönmedikleri kontrol edilmektedir (20,21).

3.2. Anaerobik Eşik

1959 yılında Chicago’da düzenlenmiş olan 3. Pan-Amerikan Spor Hekimleri Kongresinde, hasta ve sağlıklı bireylerin performanslarının değerlendirilmesi için aerobik-anaerobik dönüş noktalarının spiro ergometrik tespitinin fizyolojik ve klinik belirginliği ilk defa olmak üzere Wilder Hollmann tarafından rapor edilmiştir. Bu bağlamda solunumsal ve laktatla ilgili (arteryal kan) tespit metodu arasında ayırım yapılmıştır. İlk metot olarak Hollman bu ilişkiyi “optimal solunum etkinliği noktası (PoW)” ikincisini ise “dayanım performans limiti” olarak adlandırmıştır (23). Egzersiz sırasında, laktakta ve metabolik asidozdaki sürekli artışa sebep olan, aerobik enerji üretiminin anaerobik mekanizmalarla desteklendiği noktanın üzerindeki oksijen tüketimini Wasserman anaerobik eşik olarak adlandırmıştır. Wasserman anaerobik eşikteki oksijen tüketimini dokulara oksijen aktarımını etkileyen faktörlere dayandırmaktadır. Oksijen tüketimi dokulara oksijen akışı arttığında artıp azaldığında ise azalmaktadır (24). Svedahl ve MacIntosh ise anaerobik eşik terimini, büyük bir kas kütlesi içeren egzersizin yoğunluğunun oksijen alım ölçümünün bütün enerji gereksinimine yetmediği noktanın üstü olarak tanımlamışlardır (25).

Wasserman ve McIlroy, arteryel kan-laktat konsantrasyonunun egzersiz esnasında sistemli bir şekilde artış göstererek istirahat seviyesinin üzerine doğru artmaya başladığı bölgeyi “anaerobik eşik” olarak adlandırmışlardır. Anaerobik eşik A_E olarak gösterilmektedir. A_E ’nin noninvaziv yöntemlerle solunum ve akciğer gaz değişim parametrelerinin takibi ile belirlenebileceğini Wasserman ve McIlroy tarafından tespit etmiştir (26,27).

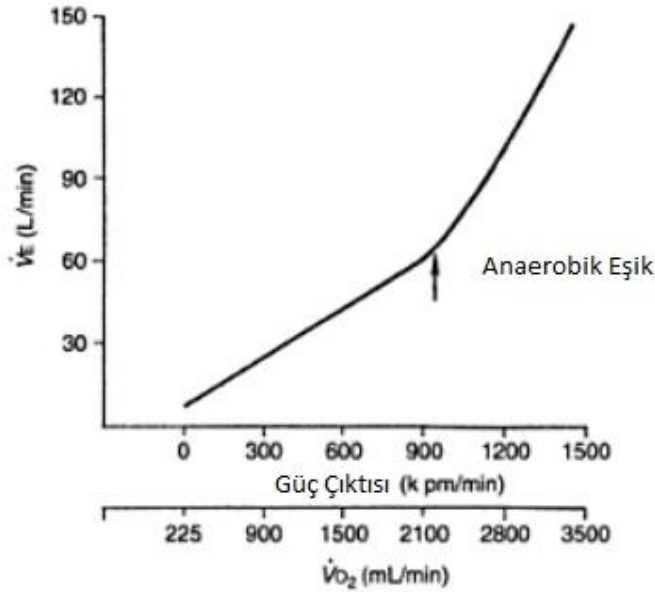
Metabolizmanın aerobik bölgeden anaerobik bölgeye geçiş noktası olarak bilinen A_E bugüne kadar farklı isimlerde önümüze çıkmaktadır. A_E ; “Laktat Eşiği”, “Laktik Asidozis Eşiği”, “Gaz Değişim Eşiği”, “Ventilatör Eşik” , “Optimal Solunum Etkinlik” , “Elektromiyografik Yorgunluk Eşiği” ve hatta “Ameliyat Anaerobik Eşiği” gibi farklı anlamlar ile ifade edilmiştir (28,29,30,31,32).

Anaerobik eşik bugüne kadar farklı yöntemlerle belirlenmiştir fakat en iyi sonuçlar kandaki laktik asit konsantrasyonu gösterilerek belirleneceği araştırmalarla ortaya konulmuştur. Bu da genellikle plazma bikarbonat konsantrasyonundaki düşüşle beraber olmaktadır (33). Günümüze kadar yapılmış olan çalışmalarda da arteriyel kan-laktat konsantrasyonunun bazı egzersiz tiplerinde artış gösterirken bazı egzersiz tiplerinde artış göstermediği yapılan araştırmalarla ortaya konulmuştur (26). Genel olarak araştırmalarda belirli bir iş gücü seviyesinin üzerine çıkıldığı egzersiz tiplerinde arteriyel kan-laktat konsantrasyonunun artmaya başladığı tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışmalarla arteriyel kan laktat konsantrasyonunun artış gösterdiği egzersizlerde bikarbonat konsantrasyonunda azalma gösterdiği tespit edilmiştir (34,35).

Wasserman ve McIlroy ve Reybuck ve arkadaşları, V_E 'nin ciğerlere doğru olan CO_2 akışı ile beraber olduğunu ve bu nedenle de orta seviye egzersiz sırasında arterial isocapnia'nın devamlılığını sağladığını farz etmişlerdir. Bununla birlikte, egzersizin yoğunluğu arttıkça laktik asitten bırakılan hidrojen iyonları artık kandaki biokarbonat depolarınca tampon edilememektedir ki bu da metabolik asidoza sebebiyet vermektedir. Hidrojen iyonlarındaki bu artış, merkezdeki ve çevredeki chemoreceptor'ları tahrik ederek ileri ventilasyonun tahrikine ve ileri ventilasyonun artmasına sebebiyet vermektedir. Dolayısıyla iş yükündeki değişimlerle

Serhatlıoğlu'nun çalışmasından bir örnek deneğin A_E 'sinin hesaplanmasında kullanılan V_E -iş gücü ilişkisi gösterilmektedir. Yatay çizgi iş gücü ile solunum arasındaki paralelliği göstermektedir. Dikey kesikli çizgi ise aerobik metabolizmadan anaerobik metabolizmaya geçiş bölgesini göstermektedir (38).

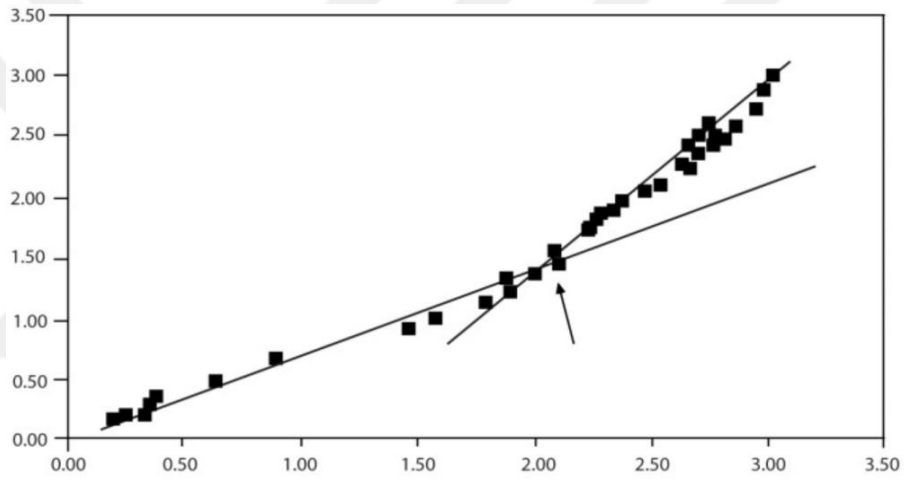
Anaerobik eşik dışarı solunan gazların sonuçlarının analizi yapılarak da tanımlanabilir. Bir metot V_E ile iş yükünün grafiği çizilerek yapılır. Anaerobik eşik V_E değeri iş yükü ile orantısız olarak arttığı zaman oluşur. (Şekil 3.) İkinci bir yöntem ise V_E/VO_2 veya V_E/VCO_2 'nin iş yükü ile grafiği oluşturularak anaerobik eşik tespit edilmesidir. Anaerobik eşik, oluşturulan grafikte V_E/VO_2 'nin arttığı, V_E/VCO_2 ise sabit kaldığı noktadır. Anaerobik eşik tespitinde üçüncü bir yöntem ise VCO_2 'nin VO_2 'ye orantısız bir şekilde arttığı noktadır (33).



Şekil 3. Anaerobik Eşik V_E ile İş yükü veya VO_2 ile grafiği

Anaerobik Eşik V_E ile İş yükü veya VO_2 ile grafiğinin çizilmesiyle tespiti. Anaerobik eşik, V_E 'nin iş yüküne veya $V_E O_2$ 'ye orantısız olarak artmaya başladığı iş yükü olarak tanımlanır (33).

A_E 'nin hesaplanmasında bir başka metot da sıra standart V-Slope tekniğidir. Bu teknik VCO_2 'ye karşı VO_2 'nin bir hat boyunca çizilen özdeşliğinde VO_2 'nin ayrılışı ile A_E tespitinin yapılmasıdır. Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında başlangıçta VO_2 ile VCO_2 arasında paralellik görülmektedir. Aerobik metabolizmadan anaerobik metabolizmaya geçiş bölgesinde ise laktik asidin bikarbonat tarafından tamponlanması sonucunda salınan ekstra CO_2 ile VCO_2-VO_2 ilişkisi bozulmakta ve VCO_2 deki artış VO_2 ye göre hızlanmaktadır. Bu ise VCO_2-VO_2 ilişkisinde sol tarafa kırılmaya neden olmaktadır (2)



Şekil 4. A_E eşliğini tespit etmek için V-eğrisi metodu.

A_E eşliğini tespit etmek için V-eğrisi metodu. $VO_2 - VCO_2$ eğrisi Sapmaya bakınız. (Veri Ghosh'un çalışmasından bir uzun mesafe koşucusu bayana aittir.) (L/dakika) (36).

A_E 'nin noninvaziv olarak tespit edilmesi, egzersiz sırasında anaerobik metabolizma sonucunda ortaya çıkan ve kanda artmaya başlayan metabolik asit (başlıca laktik asit) ile bunu tamponlayan sistemler arasındaki (başlıca HCO_3^-) mücadele sonucunda ortaya çıkan yan ürünlerin, özellikle CO_2 ve neden olduğu V_E artışının tespit edilmesine dayanmaktadır (27, 39).

Wasserman ve arkadaşları, yaptıkları çalışma ile kan-laktat seviyesinin antrenmanlı bireylerde antrenmansız bireylere oranla daha geç arttığını göstermişlerdir. Bu çalışmada sağlıklı bireylerle hasta bireyler arasında iş gücü arasında da farklılık olduğu belirlenmiştir. Sağlıklı bireylerin kan-laktat seviyesinin hasta bireylere oranla daha üst seviyelerdeki iş güçlerinde artmış olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmayla egzersiz esnasında artmaya başlayan kan-laktat konsantrasyonunun hangi noktalarda artış göstermesinin önemli bir sağlık kriteri olarak kullanılabilceği ortaya konulmuştur (13).

A_E bunların yanı sıra uygun egzersiz ve rehabilitasyon programlarının hazırlanmasında kullanılan önemli bir kriterdir. Bu programlar sedanterlere, sporculara, yaşlılara, kalp ve akciğer hastalarına uygun olarak hazırlanabilmektedir (40-43).

A_E daha genel olarak antrenmanlı ve sedanterlerde aerobik kapasitelerinin belirlenmesinde, uygun egzersiz protokollerinin hazırlanmasında, karakter olarak egzersiz tiplerinin sınıflandırılmasında kullanılmaktadır (40,43,44). Genel olarak üzerinde anlaşmaya varılmasa da A_E egzersiz tiplerinin yorumlanmasında kullanılan en popüler yöntemdir (44).

Bu hazırlanmış olan egzersiz programlarının etkinliğinin değerlendirilmesinde A_E sıklıkla kullanılan önemli kriterlerden biridir. A_E bunun yanı sıra hastalara uygulanan tedavi yöntemlerinin değerlendirilmesinde ve hatta ameliyat sonrası oluşabilecek ölüm risklerinin azaltılmasında da kullanılan önemli bir kriterdir (45-48). Yaptıkları çalışmalar ile Older ve Smith, yapılan ameliyatlardan sonuca bireylerde A_E 'nin kardiyovasküler rezervi sonucu oluşabilecek olan metabolik strese karşı cevabını ölçerek ve de özellikle ağır batın ameliyatları

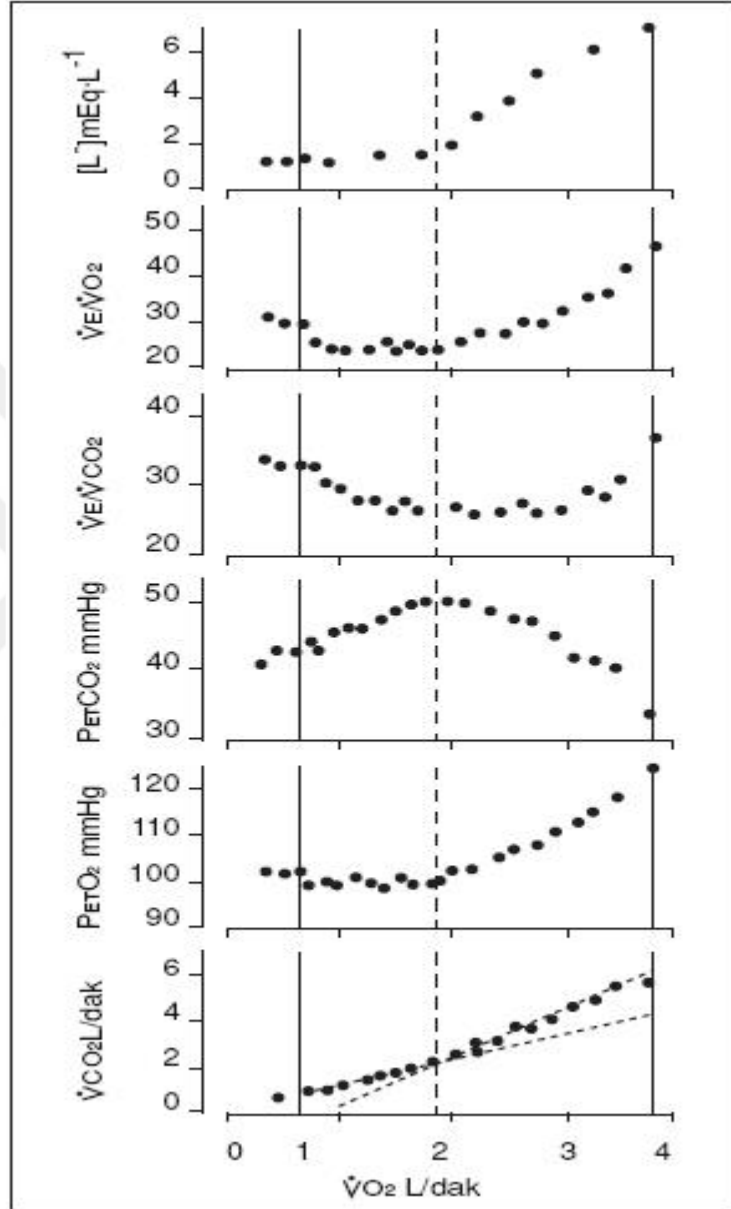
sonrasında oluşabilecek ölüm riskinin azaltılmasında kullanılabileceğinin önemine dikkat çekmişlerdir (45-47).

Paul Order ve Adrian Hall, kalp rahatsızlıklarının derecesinin ölüm için en önemli göstergelerinden biri olduğunu yaptıkları çalışmada belirtmişlerdir. Çalışmada Anaerobik eşik oluşturulması için CPET kullanılmıştır. Anaerobik eşik, kardiyopulmoner fonksiyon ve aynı zamanda miokardial iskeminin tespiti için yegâne ölçü olarak ifade edilmektedir. $A_E < 11 \text{ ml/min/kg}$ olan hastalar büyük ameliyatlar için yüksek risk grubu olarak ifade edilmiş ve bu hastalar için perioperatif (ameliyat öncesi, sırası ve sonrası) yönteminin bu duruma uygun olarak yapılması gerektiği belirtilmiştir. Orta ciddiden ciddi kalp rahatsızlığıyla beraber miokardial iskemi ($A_E < 11 \text{ ml/min/kg}$) yüksek hastalık ve ölüm öngörüsü vermektedir. A_E ' de ki O_2 tüketilmesinde 11 ml/kg/dk ameliyat sonucu oluşabilecek olan ölüm riskinin azaltılmasında kullanılan önemli bir noktayı göstermektedir. A_E ' deki bu 11 ml/kg/dk O_2 tüketim noktasının altında olan hastalarda ameliyat sonrası oluşabilecek ölüm riskinin, O_2 tüketim oranı 11 ml/kg/dk üzerinde olan hastalara oranla yaklaşık olarak 25 kat daha yüksek olduğu araştırmalarla belirlenmiştir (45,49).

Egzersiz esnasında aerobik ve anaerobik bölgelerinin ayrılmasını A_E sağlamaktadır. anaerobiozis hipotezi A_E oluşumu ile ilgili olarak öne sürülmektedir (2,26,27). Elektron transport zincirindeki ATP üretimi için gerekli olan O_2 yetersizliği, laktik asidin artmaya başlamasının nedeni olarak bilinmektedir. Bu nedenle karbonhidratların anaerobik yıkımı ile gerekli olan ATP elde edilmektedir (2).

O_2 azlığı ile kan laktat artışı arasında artan yüke karşı yapılan egzersiz esnasında kaslardaki ilişki gösterilmiştir (34). Yapılan çalışmalarda egzersiz

esnasında düşük konsantrasyon O_2 solutulmasının çok daha erken kan-laktat seviyesini artırdığı yüksek konsantrasyon O_2 solutulmasının kan-laktat seviyesini daha geç arttırdığı tespit edilmiştir (50,51,52,53).



Şekil 5. A_E 'yi belirlemek için kullanılan ilişkiler.

[L-]: arter kan laktat düzeyi. V_E / V_{O_2} , V_E / V_{CO_2} : O_2 ve CO_2 'in ventilatuvar ekivalanları, P_{ETCO_2} : tidal sonu CO_2 , P_{ETO_2} : tidal sonu O_2 , son panel V-slope metodu. Solid vertikal çizgiler A_E 'yi gösteriyor

3.3. Solunum Kompensasyon Noktası

Solunum kompensasyon noktası, artan yüke karşı yapılmış olan egzersiz testi sırasında hiperventilasyonun (solunum kompensasyonu) başlangıcını gösterir (52). V_E/V_{CO_2} artışı ve $PETCO_2$ azalması egzersizin ilerleyen bölümlerinde görülen önemli bir özellik olup solunum kompanzasyon noktasını (SKN) göstermektedir (54). Solunum kompensasyon noktasının fizyolojik anlamı henüz tam olarak belirlenmemiştir fakat en yaygın açıklama, metabolik (laktik) asidosise sebebiyet veren vücudun tampon mekanizmasının başarısızlığıdır. İlk olarak gözlemlenmiştir ki, laktik asidosise sebep olan egzersiz, solunum kompensasyon noktasında başlayan hiperventilasyonda nedensel olarak bulunmaktadır. Bununla birlikte, bu yoğun egzersiz sırasındaki ventilasyonun tek ek uyarıcısı değildir. Kas aferentleri ve kasları çalıştırmaktan kaynaklı diğer algısal girdiler diğer alternatif tetikleyici mekanizmalardır (55).

Solunum kompensasyon noktası, artan yük testi sırasında hiperventilasyonun başlangıcını gösterir ki bu V_E ve V_{CO_2} arasında bir grafikte doğrusallığın kaybolmasıdır (55). V_E/V_{CO_2} verisi iki doğrusal segmente ayrılmıştır. Eğer iki segment arasındaki eğrideki değişim ilk etapta seçilen bir değerden daha büyükse (ilk eğrinin %15'i) bu iki segmentin kesiştiği yer solunum kompensasyon noktasıdır. Eğer bir solunum kompensasyon noktası bulundu ise solunum kompensasyon noktasının konumu VO_2/V_{CO_2} eğrisine transfer edilir ve bu A_E hesaplanmasında daha üst sınır olarak kullanılır (2).

Green ve arkadaşları, gaz alışverişi A_E 'deki ortalama laktağı 2.56 meq/l olarak bulmuşlardır ki bu baz-çizgi değerinin 1.5 meq/l üstündedir. Onların çok segmentli regresyon analizleri iki kesişim noktası ile bağlanan V_E/VO_2 eğrisinin üç

doğrusal segmentini bulmaya çalışmaktadır. Bu V_E/VO_2 eğrisinin üst tarafları solunum kompenzasyon noktasına, altları ise A_E noktasına tekabül eder. Green ve arkadaşlarının metodu, bununla birlikte, iki segmentli bir çözümü de daha küçük ortalama kare hatası olduğu takdirde kabul edecektir (bu alternatif solunum kompenzasyon noktası olmadığı durumlarda gereklidir). Karışık veri durumunda ve A_E 'deki eğrideki görece küçük değişimde, bu metod, sadece solunum kompenzasyon noktasını bulur ve bu noktayı A_E olarak tanımlar. Eğer Green ve arkadaşlarının çalışmasında tespit edilen bir kısım değerler gerçekten solunum kompenzasyon noktaları ise, çalışmada rapor edilen yüksek A_E 'deki görece yüksek laktak ortalama değerleri ile açıklanabilir (2).

3.4. Maksimal Oksijen Alımı (VO_{2max})

VO_{2max} “maksimal veya yorucu egzersiz sırasındaki en yüksek ulaşılabilir oksijen tüketim oranı” olarak tanımlanır. VO_{2max} insanlar arasında hatta aynı spor dalında rekabet eden elit atletler arasında bile büyük oranda farklılık gösterir (56). Önceden sedanter olan insanlarda, aerobik gücün %75'inde, 30 dakika, haftada 3 kez altı ay boyunca çalışma VO_{2max} 'ı ortalama %15-20 oranında artırmıştır. Bununla beraber bu bir ortalama ve %4 ile %93 arasında değişen büyük kişisel farklar mevcuttur (57). Normal VO_{2max} değeri sağlıklı sedanter bireyler için 25-40 ml/dk/kg iken yüksek antrenmanlı sağlıklı bireylerde 75 ml/dk/kg'ye kadar çıkmaktadır (58).

VO_2 , özellikle şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında, iş gücüne paralel olarak artar. Normal sağlıklı bireylerde oksijen hacmindeki değişimin iş gücüne oranı ($\Delta VO_2/\Delta WR$) yaklaşık 10 ml/dk/W'tır. Egzersiz sırasında uygulanan iş gücü şiddeti belli bir noktaya ulaştığında (özellikle de testin son kısımlarına doğru) VO_2 -iş gücü arasındaki paralellik bozulmakta ve bir

plato çizmektedir. Bu oluşan plato VO_{2max} değerine ulaşıldığını göstermektedir (13,59,60).

Kişilerin VO_{2max} değerlerini etkileyen çeşitli faktörler vardır. Genetik bir insanın VO_{2max} değeri üzerinde büyük rol oynar ve kalıtım da insanlar arasındaki farklılığın %25-50'sinin sebebidir (61,62). Antrenmansız kızlar tipik olarak antrenmansız erkeklere göre %20-25 daha düşük maksimal oksijen alımına sahiptirler. Bununla beraber elit atletlerde bu fark %10'a kadar kapanma eğilimindedir (61). Eğer elit bay ve bayan atletlerde VO_{2max} yağsız kütlelerin sebebi olarak ayarlanırsa bazı akademik çalışmalarda aradaki farkın kapandığı görülür. Cureton ve Collins cinsiyete bağlı gerekli yağ depolarının, koşu sırasında, bay ve bayanlar arasında metabolik farklılıkların çoğunun sebebi olduğunu belirtmektedir (63).

VO_{2max} 'ın değişebileceği sınır aynı zamanda başlangıç noktası ile de ilgilidir. Daha fit bir insanda artış için daha az bir potansiyel vardır ve çoğu elit atletler bu tepe noktasına kariyerlerinin erken dönemlerinde ulaşırlar. Aynı zamanda, ötesinde yoğunluk veya hacmin aerobik güç üzerine etkisinin olmadığı genetik bir üst limitin de olduğu görünmektedir (64). Esasen, VO_{2max} bir kez düzlüğe ulaştığı zaman performansta halen daha antrenmanla gelişmeler olabilir. Bunun sebebi, atletlerin uzun periyotlarda VO_{2max} 'larının daha yüksek bir yüzdesinde performans sergileyebilmeleridir. Bunun iki önemli sebebi A_E 'de ki gelişim ve koşu ekonomisidir.

VO_{2max} 'ın daha üst limitlerine erişmek için ciddi miktarda antrenman gereklidir. Bununla birlikte, VO_{2max} 'ı devam ettirmek için ise daha az antrenman yeterlidir. Aslında tepe aerobik güç antrenman 2/3 oranında azaltılsa bile devam

edebilir (65). Üst seviyede dayanıklılık olaylarında VO_{2max} performans için bir ön şart olurken, laktik eşiği gibi diğer işaretçiler performans için daha tahmin edicidir (56).

3.5. Solunum, Oksijen Alımı ve Karbon Dioksit Atılımı İlişkisi

Solunum, vücudun metabolik ihtiyacına göre ayarlanmaktadır. Solunumun kontrolü farklı mekanizmaların etkisinde olan kompleks bir mekanizmadır. Solunum ile vücut gerekli olan O_2 'yi alırken metabolizma sonucu açığa çıkan CO_2 'yi de atmaktadır. Solunum O_2 alımı ve CO_2 atılımı arasındaki dengeler vücudun solunum etkinliğini göstermektedir (66,67).

Kişinin dakikada ne kadar oksijen alıp dokulara ne kadar oksijen gönderdiğini gösteren değer Oksijen alımı (VO_2) olarak ifade edilmektedir. ml/dk olarak ölçülür. Dinlenme esnasında kişilerdeki kilo farkına bağlı olarak yüksek değerler görülebilir (66, 68).

Egzersizle V_E 'deki artış solunum frekansı ve derinliğindeki artışla beraberdir. Sağlıklı kişilerde egzersizin düşük düzeylerinde ventilasyondaki artışlar tidal volümdeki (VT) artışlarla sağlanır. Egzersiz ilerlediğinde, pik egzersizin %70-80'ine kadar hem VT hem solunum frekansı artar, daha sonra solunum frekansı hakim olur. VT genç erişkinlerde 3 ila 5 kat artarken, yaşlılarda 2 ila 4 kat artar. Solunum frekansı ise pek çok kişide 1 ila 3 kat artar. Egzersizle solunum frekansındaki artış inspirasyon ve ekspirasyon süresinde kısalmayı yansıtır. Bununla birlikte orta derecede veya daha yüksek ventilatuar taleplerde ekspirasyon süresinde daha fazla kısmi azalma görülür, inspirasyon süresinin toplam süreye oranı istirahatte 0.4'den maksimal egzersizde 0.5 ila 0.55'e çıkar. Ekspirasyon süresinde daha fazla azalma

nedeniyle, ortalama ekspiratuar akış hızındaki artış ortalama inspiratuar akış hızındaki artıştan daha fazladır (69).

Birim zamanda vücuttan atılan CO₂ miktarını belirten değer ise Karbondioksit atımı (VCO₂) olarak adlandırılmaktadır. VCO₂ ml/min şeklinde ifade edilmektedir. VCO₂ değeri bireyde yapılmış olan egzersizin şiddeti ve süresine göre artış gösterebilmektedir. Kaslarda karbon eliminasyonu devam ettiği için egzersizden sonra birkaç dakika boyunca da artmaya devam eder. Vücudun metabolik sürecinden ötürü VCO₂ CO₂ üretiminden farklılık gösterebilir. Fakat düzenli durumda üretim ve atım aynıdır (66).

İş gücünün düzenli olarak arttığı artan yüke karşı egzersiz testi sırasında solunum anaerobik eşiğe kadar lineer artış gösterirken anaerobik eşik üzerinde metabolik olmayan laktik asidin tamponlanmasından gelen ekstra CO₂ ile solunum hızlanma gösterir. Yani anaerobik eşik üzerinde solunum O₂ alımına göre daha hızlı artış göstermektedir. Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında solunum CO₂ atılımı ilişkisi yine anaerobik eşiğe kadar paralellik göstermektedir. Anaerobik eşik üzerinde ise solunum hızlanmakta ve artan CO₂ üretimini atmaktadır. Fakat bu ikisi arasındaki paralellik O₂ alımı solunumdaki gibi bozulma göstermez lineerlik devam eder. İş gücü şiddetinin daha da artmasına bağlı olarak gelişen egzersiz hiperventilasyonu sonucunda solunum CO₂ atılımına göre daha hızlı olmaktadır. Bu hızlanma noktası anaerobik eşik ile maksimal egzersiz performansı arasında bir noktada olup solunum kompenzasyon noktasına denk gelmektedir. Bu noktada V_E/VCO₂ ilişkisinde maksimal efora kadar artış gözlenmektedir (2,24,67,68).

3.6. Oksijen İçin Solunum Eşdeğeri (V_E/VO_2)

Tüketilen oksijenin litresi başı solunum litresi değerini gösterir. Normal değer 25-30 arasındadır ve birey solunum eşiğine erişince artar. Yüksek değerler, hipersolunum veya artırılmış ölü boşluktan kaynaklanan verimsiz solunumun ve zayıf gaz alışverişinin göstergesidir. Bilinmeyen sebeplerden ötürü kalp yetmezliği olan denekler yüksek V_E/VCO_2 oranına sahiptir (66).

Wensel ve arkadaşları tarafından PPH'li (Birincil Akciğer Hipertansiyonu) hastalar üzerinde yapılan çalışma, VO_2 tepe oranı $10.4 \text{ mL/min}^{-1}/\text{kg}^{-1}$ 'dan küçük veya eşit olan hastalarda erken ölüm riski bir yılda için %50, iki yılda ise %85 olarak tespit edilmiştir. VO_2 tepe oranı $10.4 \text{ mL/min}^{-1}/\text{kg}^{-1}$ 'dan büyük veya eşit olan hastalarda ise erken ölüm riski bir yılda için %10, iki yılda ise %30 olarak tespit edilmiştir. Buna ek olarak aynı çalışmada, VO_2 tepe oranı $10.4 \text{ mL/min}^{-1}/\text{kg}^{-1}$ 'dan küçük veya eşit olan ve aynı zamanda tepe sistolik kan basıncı 120mmHg'den küçük olan hastalarda 12 ay için çok düşük yaşam oranları rapor edilmiştir. Bu risk faktörlerinden birisine veya hiçbirine sahip olan hastalar ise daha iyi yaşam oranlarına sahiplerdir (sırasıyla %79 ve %97) (3).

123 hasta üzerinde yapılan bir başka çalışmada ise VO_2 tepe noktası $18 \text{ mL/min}^{-1}/\text{kg}^{-1}$ ' den büyük veya eşit olan hastalarda 3 yıllık yaşamsallık tepe V_E/VCO_2 değeri 34'den büyük veya eşit olan hastalara göre bariz bir şekilde daha düşük çıkmıştır. (%57'e karşı V_E/VCO_2 değeri 34'den küçük olanlar için %93). 34 değerine sahip bir V_E-VCO_2 eğrisi belirgin bir şekilde 1 yıllık kalp rahatsızlıklarına bağlı ölümlerde ve 1 yıllık kalp rahatsızlıklarına bağlı hastaneye yatırma vakalarında daha iyi bir prediktördür (3).

3.7.Karbon Dioksit için Solunum Eşdeğeri (V_E/V_{CO_2})

CO₂ atılımının her bir litresi için solunumun litre değerini gösterir. Normal değeri tipik olarak egzersizin başında 25-30 civarındadır. Bu değer birey solunum eşiğine erişince artar. Normal dışı olarak yüksek değerler, hiper-solunum veya artırılmış ölü boşluktan kaynaklanan verimsiz solunumun göstergesidir. V_E ve V_{CO_2} aynı birimlere (L/min) sahip olduklarından V_E/V_{CO_2} teriminin birimi yoktur (70).

Egzersiz sırasındaki V_E ve V_{CO_2} oranı kalp yetmezliği olan hastalarda solunum verimliliğinin en stabil ve en tekrarlanabilir göstergesi olarak tavsiye edilmiştir (70). Moorcroft, arkadaşları ile birlikte yaptığı çalışmada VO₂ tepe değeri, tepe iş yükü, V_E tepe değeri, egzersizin tepe noktasında V_E/V_{CO_2} değerlerinin ölüm oranının belirgin prediktörleri olarak bulmuştur (3).

Kardiopulmonar egzersiz testi sırasındaki solunum verimliliği ölçümü, sistolik kalp yetmezliği olan hastalarda hastalığın seyrini gösterme değeri nedeniyle şimdilerde genişçe tanınmaktadır. Solunum verimliliğini ölçmenin pek çok yönteminden birisi olan ve genelde V_E/V_{CO_2} eğrisi olarak ifade edilen V_E ile V_{CO_2} arasındaki ilişki, muhtemelen bu amaçla en çok kullanılan kardiopulmonar egzersiz testi değişkenidir. $V_E-V_{CO_2}$ arasındaki ilişkinin lineerliği bir eğri hesaplanmasına izin verirken V_E-VO_2 arasındaki ilişki benzer bir yol izlemez. O nedenle V_E-VO_2 ilişkisi tarihsel olarak hastalığın seyrini gösterme değerini de gösteren tepe egzersiz oranı olarak ifade edilmiştir (71).

Daha önce idiopatik akciğer fibrosis klinik teşhisi konmuş olan 41 hasta üzerinde yapılan bir çalışmada Pa,O₂ eğrisi, VO₂,tepe, egzersizin tepe noktasındaki O₂, nabız atımı ve yine egzersizin tepe noktasındaki V_E/V_{CO_2} yaşamsal devamlılığın belirgin prediktörü olarak rapor edilmişlerdir. Son zamanlarda, kronik kalp

yetmezliği (CHF) olan hastalarda, hastalığın seyrinin değerlendirilmesinde V_E - V_{CO_2} eğrisinin ve VO_2 tepe noktası değerinin kullanımına bir ilgi vardır. V_E - V_{CO_2} eğrisinin normal değerleri 25 bölgesindedir. %130'dan büyük V_E - V_{CO_2} eğrisi, bir yılda %40'dan daha büyük ölüm oranı ile ilişkilendirilebilir. 470 hasta üzerinde yapılan bir çalışmada V_E/V_{CO_2} 'nin tepe noktasında 44,7'den büyük veya eşit olduğu normalüstü bir eğim, 1,5 yıllık bir takipte en belirleyici ölüm prediktörü olmuştur. Bir V_E - V_{CO_2} eğrisi ise 34'den büyük olduğu durumlarda kronik kalp yetmezliği sebebiyle erken ölüm için (6 ay) VO_2 tepe noktasından daha iyi bir prediktör indeksi göstermiştir (3).

Literatürde yapılan çalışmalarda özellikle V_E/V_{CO_2} ilişkisinin önemli bir sağlık kriteri olarak kullanılabilceği ileri sürülmüştür. Özellikle şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testinde V_E/V_{CO_2} eğrisinin 34'ün üzerinde olduğu vakalarda yüksek ölüm riski olduğu bildirilmiştir (73).

Kardiopulmoner egzersiz testinde en önemli kriterlerden biri bireyin ulaştığı en yüksek O_2 seviyesi veya anaerobik eşikteki O_2 tüketim seviyesidir. V_E/V_{CO_2} eğrisinin de bunlar gibi güçlü bir risk faktörü olduğu ileri sürülmüştür. Özellikle kalp hastalarında düşük V_E/V_{CO_2} oranının önemli bir solunum yetersizlik göstergesi olarak kullanılabilceği öne sürülmüştür (70).

V_E/V_{CO_2} oranı artışı artan tidal volümün ölü aralığının artışıyla alakalı olabileceği ve ventilasyon perfüzyon oranının bozulmasının göstergesidir. Bu nedenle yüksek V_E/V_{CO_2} oranı egzersiz sırasında bozulan kardiyak outputun önemli bir göstergesi olduğudur. Anaerobik eşikteki V_E/V_{CO_2} oranı genelde en düşük oran olup önemli bir prognostik bilgi sağlayıcı kriter olduğu düşünölmektedir (72).

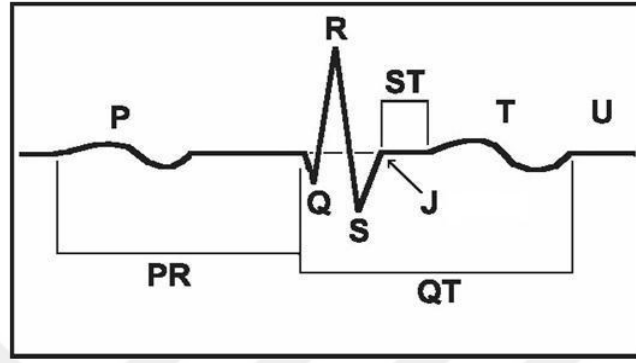
Herzzentrum Ludwigshafen’de yapılan bir çalışmada, 1995-1998 yılları arasında 223 ardışık hasta’ya (114 koroner arter hastası, 92 genişlemiş kardiyomiyopati hastası ve 17 diğer hasta) gaz alışverişi ölçümü ile kardiyopulmonar egzersiz testi uygulanmıştır. Bu çalışmada tepe VO_2 , $VO_2 A_E$ ve V_E-VCO_2 eğrileri ölçülmüştür. Tepe VO_2 noktası için dakikada 14 mL/kg değerine küçük eşit olan değerler, $VO_2 A_E$ için dakikada 11 mL/kg değerinden küçük olan değerler ve V_E-VCO_2 eğrisi için 34’den büyük olan değerler yüksek ölüm riski için eşik değerleri olarak seçilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre $VO_2 A_E$ için dakikada 11 mL/kg değerinden küçük olan değerler ve V_E-VCO_2 eğrisi için 34’den büyük olan değerler kombine bir şekilde kronik kalp hastalıklarından yüksek erken ölüm riskini tepe VO_2 noktasından daha iyi tanımlamıştır (73).

3.8. Kalp Atım Hızı-Elektrokardiyogram

Birey yapmış olduğu egzersiz esnasında metabolizmanın artan ihtiyacını, kalp atım sayısı ve hacmi ile kardiyovasküler sistem buna cevap verip karşılamaya çalışmaktadır (74). Kalp atım hızı şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testinde artan işyükü ile paralellik göstermektedir (13). Egzersizin başlamasıyla ve artmasıyla kalp atım hızı artmaktadır. Fakat bu kişiden kişiye değişiklik göstermektedir. Egzersizde kalp atım hızı ve hacmi yaş, cinsiyet gibi faktörlerden etkilenmektedir (75). Bunun yanı sıra egzersiz esnasında bireyin psikolojik durumundan da kalp atım hızı kolaylıkla etkilenebilmektedir (76).

Kalpte oluşan elektriksel aktivitenin elektrotlar aracılığı ile vücut yüzeyinden kaydedilmesi EKG olarak adlandırılır. Atrium depolarizasyonunu P dalgası, ventrikül depolarizasyonunu QRS kompleksi simgeler. Ventriküler repolarizasyon T dalgasını oluştururken atrial repolarizasyon QRS kompleksinin içinde kaldığı için

gözlenemez. Normal EKG ritmi sinus ritmidir, yani her QRS kompleksinin önünde bir P dalgası bulunur (Şekil xx). Kalp atım hızı dakikada 60-100 arasındadır. Kalp çalışması için EKG miyokardiyal O₂ durumu ve O₂ gereksinimi arasındaki dengenin değerli bir ölçüsüdür (77).



Şekil 6. Normal bir EKG örneğinin şekli.

İstirahat halinde ölçülen birçok parametre, egzersiz esnasında kardiyovasküler sistemde oluşması gereken fizyolojik değişikliklerin ortaya çıkıp çıkmayacağını göstermesi açısından güvenilir değildir. Bu nedenle kardiyovasküler performansı göstermesi bakımından egzersiz testlerinin önemi büyüktür. Sporcularda, elektrokardiyografik yanıtı değerlendirmek amacıyla egzersiz testlerinin kullanımı gittikçe artmaktadır. Egzersiz testi önemli fizyolojik değişikliklere neden olur. Sempatik sinir sistemini uyarması ve dolaşımdaki katekolamin düzeyinde artışa neden olması, tam bir değerlendirme yapmamıza olanak sağlar (78).

Egzersiz için kardiyovasküler sistemin hızlı yanıtı; azalan vagal uyarı ve artan sempatik çıkış nedeniyle artan kalp atım hızı şeklinde ortaya çıkar. Dinamik egzersiz esnasında kalp atım hızı iş gücü ve VO₂ ile linear olarak artar fakat kalp atım hızı ivmesinin eğimi ve büyüklüğü; yaş, kondisyon, vücut pozisyonu, egzersiz türü ve sağlık ve tedavinin çeşitli dereceleri, kalp nakli dahil olmak üzere bunlar tarafından

etkilenir. Egzersize bağlı miyokardiyal iskeminin en sık görülen bulgusu ST-segment depresyonudur (26,79).

3.9. Bioelektrik İmpedans Analizi (BIA)

Basit bir yöntem olarak kullanılan Bioelektrik impedans analizi (BIA) yöntemi egzersiz yapan ve yapmayan deneklerin vücut dokularında elektriğin ilerleyişini belirleyen ve ölçen basit bir yöntemdir. Bunun yanı sıra BIA yöntemi vücut yağ dokusunun zayıf iletken olmasına dayanarak vücut kompozisyon analizini yapmaktadır. BIA ile ölçülen elektriksel ve biyolojik parametreler kişiden kişiye değişiklik göstermektedir. BIA ile yapılan ölçümlerde hata payını indirmek için deneklerin ölçümlere aç karnına, mesane ve bağırsakları boş iken alınmaları gerekmektedir (80)

Bu çalışmanın amacı; sağlıklı deneklerden seçilmiş olan sedanter ve antrenmanlı aerobik fitnessi yüksek bireylerde şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında V_E/VO_2 cevaplarının V_E/VCO_2 cevaplarının karşılaştırmalı olarak araştırılması böylece fitness durumu ile bireyin solunum O_2-CO_2 arasındaki ilişkinin belirlenmesidir. Antrenmanlı ve sedanter denekler arasında artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında solunum etkinliğinde fark olup olmadığının belirlenmesidir. Üst seviyelerdeki V_E/VCO_2 hastalık belirtisi iken alt seviyelerdeki değerler arasında sporcu ve sedanterler arasındaki farkın belirlenmesidir.

4. GEREÇ ve YÖNTEM

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.

Deneklere egzersiz testinde olumlu veya olumsuz etki yapmaması açısından testten önce ilaç ve kafein gibi uyarıcı maddeleri almamaları söylendi. Deneklere çalışmaların sabah 08:00 ile 10:00 arasında yapılacağı bildirildi. Denekler egzersiz testi öncesinde yiyecek alma konusunda uyarıldı. Egzersizin en az 2 saat kadar öncelerinde hafif atıştırma yapabilecekleri ve akşam açlığını takiben yine hafif atıştırma yapabilecekleri belirtildi.

Deneklerin egzersiz testi esnasında performanslarının olumsuz etkilenmemesi açısından deneklerin uykularını alıp almadıklarına dikkat edildi.

Denekler egzersiz testi öncesinde kendilerini yormamaları ve aşırı şekilde efor sarf etmemeleri konularında uyarıldı ve buna dikkat edildi. Test öncesinde denekler 15 ila 30 dakika dinlendirilerek teste daha uygun hale gelmeleri sağlandı (81).

Tüm deneklere teste katılmadan önce uygulanacak olan egzersiz testleri ile ilgili bilgilendirilmelerde bulunuldu. Egzersiz testi sırasında olabilecek terleme, yorulma sık nefes alıp verme bacak ağrıları gibi durumlar deneklere anlatıldı. Denekler "Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulundan" alınan izin belgesini ve gönüllü olur formunu okuyup, onayladıktan sonra gönüllülük esasına göre çalışmaya katılmışlardır. Uygulanmış olan testler alanında uzman kişiler ve 2 asistan yardımıyla yapılmıştır.

Bu çalışmaya 10 antrenmanlı ve 10 sağlıklı sedanter denek alınmıştır. Denekler 18-25 yaş aralığında bulunan erkeklerden seçilmiştir. Deneklerin fiziksel özellikleri Tablo 4.1 ve tablo 4.2 de verilmiştir.

4.1 Deneklerin Fiziksel Özellikleri

Deneklerin çalışmaya alınma kriterleri:

Çalışmaya katılan deneklerin aşağıdaki şartları yerine getirmiş olmalarına dikkat edildi:

a) Deneklerde herhangi bir metabolik (diyabet, tiroit vs) , kardiyovasküler hastalık olmaması

b) Çalışmaya katılmalarına mani olacak fiziksel bir problemin olmaması (skolyoz vs gibi)

c) Geçmişinde ağır bir ameliyat geçirmiş olmaması

d) Düzenli olarak herhangi bir ilaç kullanmaması

e) Sigara alkol gibi maddeleri kullanmıyor olması

f) Sporcular için düzenli olarak antrenman yapıyor olması (haftada en az 3 gün)

Tablo 1. Çalışmaya katılan sedanter deneklerin fiziksel özellikleri (yaş, boy, vücut ağırlığı ve VKİ)

Denek No	Yaş (yıl)	Boy (m)	Vücut Ağırlığı (kg)	VKİ (kg/m ²)
1	22	1,9	74	20,49
2	18	1,95	82,7	21,74
3	18	1,85	80,9	23,63
4	20	1,86	72,3	20,89
5	22	1,9	81,9	22,68
6	21	1,81	80,8	24,66
7	23	1,83	75,6	22,57
8	24	1,63	66,9	25,17
9	21	1,84	77,8	22,97
10	23	1,86	84,2	24,33
Ortalama±SS	21.2±0.6	1,84±0.02	77.7±1.7	22.9±0.4

Tablo 2. Çalışmaya katılan sporcu deneklerin fiziksel özellikleri (yaş, boy, vücut ağırlığı, VKİ)

Denek No	Yaş (yıl)	Boy (m)	Vücut Ağırlığı (kg)	VKİ (kg/m ²)
11	19	1.8	68,2	21,04
12	20	1.97	69.4	17.88
13	22	1.79	71,4	22,28
14	21	1.69	56,9	19,92
15	19	1.83	78,5	23,44
16	18	1.71	66	22,57
17	22	1.65	62,8	23,06
18	18	1.79	68,3	21,31
19	19	1.75	60,9	19,88
20	20	1,76	74,7	24,11
Ortalama±SS	19.8±0,4	1.77±0.02	67.7±2.03	21.5±0.6

4.2 Egzersiz Test Protokolü

Çalışmada antrenmanlı ve sedanter deneklere şiddeti düzenli olarak artan yük egzersiz testi (rapid Incremental exercise test) uygulandı.

4.2.1 İş Gücünün Düzenli Olarak Arttığı (Rapid Incremental Ramp) Egzersiz Testi

Egzersiz testine katılan antrenmanlı ve sedanter denekler, protokolü Bruno Balke tarafından bulunan artan yüke karşı egzersiz testine tabi tutuldular. Bu test daha sonra Whipp ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir. Bu testte deneklere elektromanyetik bisiklet ergometre (VIA sprint™ 150/200P) kullanılarak teste tabi tutuldular (5,21).

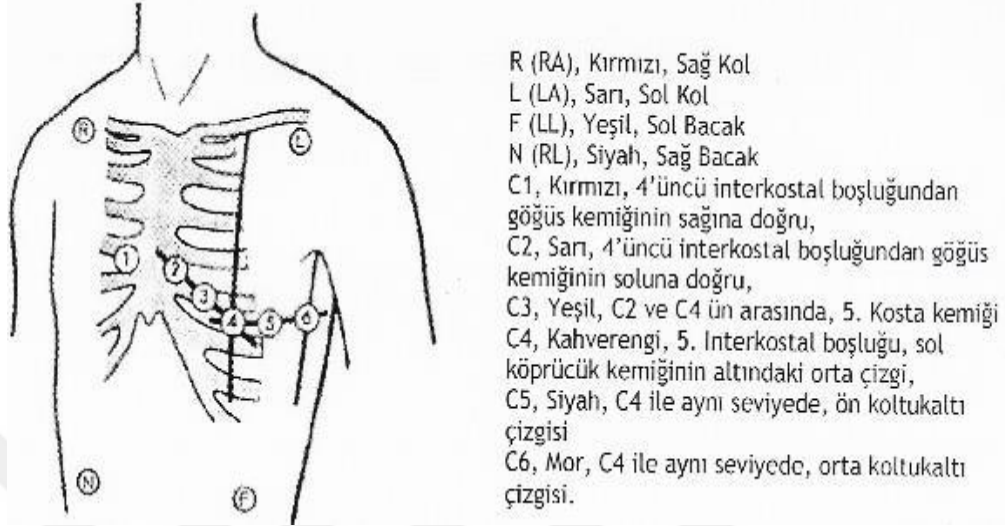
Şiddeti Düzenli olarak artan yüke karşı egzersiz testi ile antrenmanlı ve sedanter deneklerin W_{max} , A_E , aerobik-anaerobik kapasiteleri belirlendi.

Artan yüke karşı egzersiz testi deneklere üç aşamada uygulanmıştır. Denekler teste ısınma dönemiyle başlayıp yükleme dönemiyle devam edip ve iyileşme dönemi ile de testi sonlandırmışlardır.

a-Isınma (Warm-up) dönemi:

Egzersiz testine başlamadan önce EKG elektrotları (veya polar kalp hızı ölçüm aletini) deneklerin göğüs duvarına uygun şekilde yerleştirildi (Şekil 7). Deneklere elektrotların düzgün bir şekilde yapıştırıldığı mutlaka kontrol edildi. Efor filesi ile elektrotların ve elektrotlara takılan EKG kablosu uçlarının sabitlenmesine ve bunların test sırasında hareket etmemesine dikkat edildi. Deneklerin test esnasındaki anormal durumların önüne geçebilmek için EKG kayıtları takip edildi. Daha sonra denekler yaklaşık olarak 3-4 dakikalık ısınma dönemi ile teste başlatıldılar. Denekler

bu 3-4 dakikalık ısınma dönemini 20 W iş gücünde tamamladılar. Bu dönemde deneklerin pedal çevirme hızı yaklaşık olarak 60 rpm' de sabit tutuldu.



Şekil 7. Egzersiz testi sırasında EKG elektrot bağlantılarının yerleşim düzeni.

3-4 dakikalık ısınma döneminde deneklerin kardiyak, metabolik, respiratuvar ve psikolojik yönden normal olup olmadıkları belirlendi. Deneklerin test öncesi ve test esnasında heyecanlı olmamalarına dikkat edildi. Böylelikle vücut gaz depolarının ve metabolizma durumunun olumsuz etkilenmesinin önüne geçildi. Bu etki sonucunda egzersiz testinde akciğer gaz parametrelerine dayanmış olan ölçümlerde normal değerlerinden farklı ve yanlış çıkabilecek sonuçların önüne geçildi (22). Egzersiz testi öncesinde ve egzersiz testi esnasında deneklerin akciğer solunum ve gaz değişim parametrelerinde oluşabilecek hatalı sonuçları arındırmak için deneklerin heyecan veya anksiyete durumları değerlendirmeye alınıp düzeltilmeye çalışıldı. Deneklerin heyecan veya anksiyete durumları A_E hesaplanmasında da hatalar oluşturmaktadır. Heyecan veya anksiyete durumlarının düzeltilmesiyle bu hatalardan da kaçınılmış olundu.

b-Yükleme (Ramp) dönemi:

Denekler 3-4 dakikalık ısınma döneminde heyecan veya anksiyete durumlarının normal olduğu anlaşıldıktan sonra yükleme dönemine geçtiler. Denekler için, bilgisayar kontrollü olarak elektromanyetik bisiklet ergometrenin (VIAsprint™ 150/200P) pedal gücü ayarlandı. Pedal gücü denekler için iş gücü dakikada 15 W (5 W/20 sn) olarak artacak şekilde ayarlandı. Denekler için olumsuz etki yaratabilecek pedal çevirme hızının önüne geçebilmek için deneklerden yaklaşık olarak 60 rpm'de devam etmeleri istendi (69). Deneklerin egzersiz testinde pedal çevirmeleri maksimum eforlarına ulaşıncaya kadar test devam ettirildi. Devam eden test esnasında ise deneklerin 12'li göğüs EKG'leri ve hesaplanan maksimal değerleri (kalp atım, VO_2 , R, vs.) bilgisayar ekranından takip edildi.

c-İyileşme (Recovery) Dönemi:

Denekler egzersiz testine devam edemeyecek seviyeye ulaşır pedal çevirmede son noktaya geldiklerinde ve maksimum egzersiz seviyesine ulaştıklarında bilgisayar tarafından bisiklet ergometrenin pedal gücü 20 W'a indirildi. Denekler pedal gücü 20 W' a indirilen bisiklet ergometrede minimum 4 dakika daha pedal çevirmeye devam ettiler. Bu dönem egzersiz testinin iyileşme dönemi olarak geçmektedir.

İyileşme dönemi ile denekler, egzersiz testinin yükleme dönemi boyunca vücutta birikmiş olan anaerobik metabolizma yan ürünlerinden olan laktik asidi ve CO_2 'yi vücuttan uzaklaştırmışlardır. Böylelikle deneklerin yükleme testi sonunda normale dönüp dönmedikleri kontrol edilmektedir.

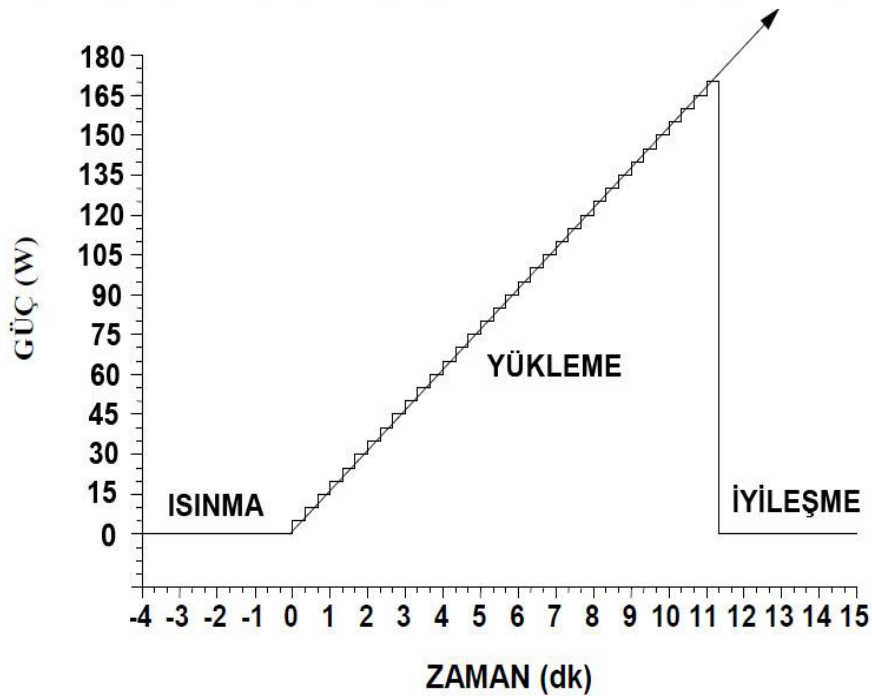
Egzersiz testi ile bireylerin maksimal efor kapasiteleri (W_{max} , W), aerobik ve anaerobik iş gücü kapasiteleri (A_E) belirlendi (4). Egzersiz testinin bu bölümünün

amacı ise deneklere düzenli olarak stres uygulayarak bu strese deneklerin kardiyak ve metabolik sistemlerinin verdiği cevabı ölçmektir.

Deneklere uygulanan egzersiz testleri esnasında deneklerin EKG'leri (Nihon Kohden BSM-230) 12'li göğüs elektrotları kullanılarak takip edildi. Bununla birlikte deneklerin kardiyak parametreleri kontrol altına alınmış oldu.

Egzersiz testine katılan deneklerin akciğer gaz değişim parametrelerinin ölçümü solunumdan solunuma metabolik gaz ölçüm cihazı (Master Screen CPX, Germany) ile yapıldı.

Uygulanmış olan egzersiz testi esnasında deneklerin; Metabolik, kardiyovasküler (kalp atım hızı) ve respiratuvar (V_E , solunum sayısı, solunum derinliği, solunum O_2 eşitliği, solunum CO_2 eşitliği) sistemlerinin verdiği cevaplar aerobik ve anaerobik egzersiz bölgeleri için ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır (82).



Şekil 8. Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testinin uygulanışı

Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testinin uygulanışı şekilde görüldüğü gibidir. Şekilde -4 ile 0 dakikalar arası 20 W da ki 3 yada 4 dakikalık ısınma dönemini gösterir. Isınma döneminden yani 0'dan itibaren yükleme (Ramp) dönemi başlamaktadır. Bu 0 noktasından sonra bilgisayar kontrollü olarak iş gücü dakikada 15 W olarak (5 W / 20 sn) artırılmıştır. Son dönem olan İyileşme döneminde yani yükleme döneminin sonunda iş gücü tekrar 20 W'a indirildi.

4.3. Kardiyak, Metabolik ve Respiratuvar Parametrelerin Ölçümü

“Metabolik gaz ölçüm cihazı” (MasterScreen CPX, Germany) kullanılarak antrenmanlı ve sedanter deneklerin egzersiz testleri yapıldı. Deneklerin egzersiz testleri esnasında akciğer gaz değişim parametreleri ve metabolik değişimleri solunumdan solunuma (breath-by-breath) hesaplandı.

Antrenmanlı ve sedanter deneklerin egzersiz testi esnasında şu başlıklarda ölçümler yapılmıştır;

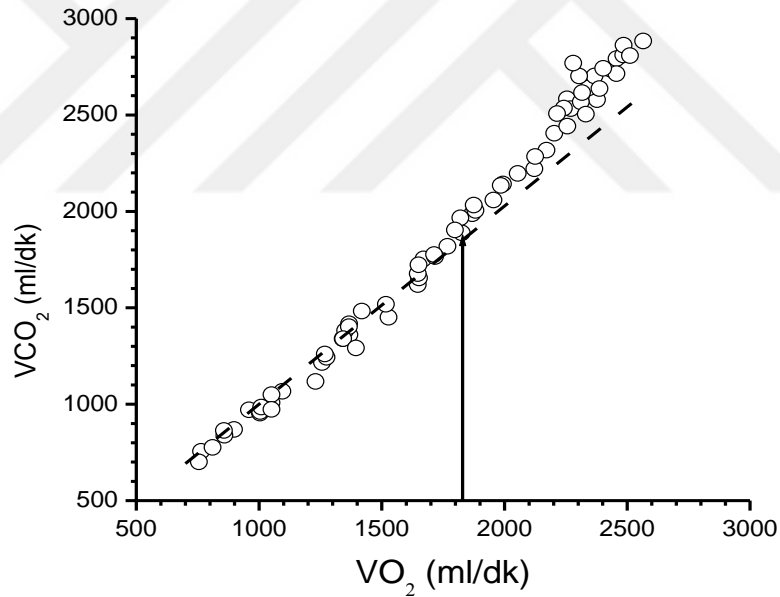
- 1- O₂ alımı (VO₂ ml/dk, STPD, standart ısı, standart basınç ve kuru hava)
- 2- CO₂ atılımı (VCO₂ ml/dk, STPD)
- 3- Dakika ventilasyon (V_E, L/dk, BTPS, vücut ısı ve basınç)
- 4- O₂ için solunum eşitliği (V_E/VO₂)
- 5- CO₂ için solunum eşitliği (V_E/VCO₂)
- 6- Kalp atım hızı

Egzersiz testi esnasında deneklerin solunum parametrelerinin ölçülüp değerlendirilmesinde düşük ağırlıklı (45 gr) dijital volüm sensörü (TripleVVolume Sensor) kullanıldı. Dijital volüm sensörü teknik özellik olarak, düşük dirençli (<0.1 kPa/L/sn, 15 L/sn), düşük ölü boşluklu (30 ml), akımı 0-15 L/sn, bir defada 0-10 L kapasiteli, etkinliği 50 ml veya % 2, ve 0.07 L/sn veya % 3 ve rezolüsyon 3 ml'dir.

Egzersiz testi esnasında deneklerin nefes almaları düşük dirençli ve tek yönlü olan ağızlık yoluyla sağlandı. Bu sistemde kullanılan O₂ analizörünün (elektrokimyasal prensip) cevap zamanı 80 ms olup, ölçüm gücü %0.01, etkinliği % 0.05 tir. CO₂ analizörü ısı iletkenliği (thermoconductivity) tipinde olup ölçüm aralığı % 0-10, ölçüm gücü % 0.005, etkinliği 0.05, ölçüm süresi 80 ms dir. Her bir test öncesinde denekler için cihazların gaz ve ventilasyon kalibrasyonları yapıldı.

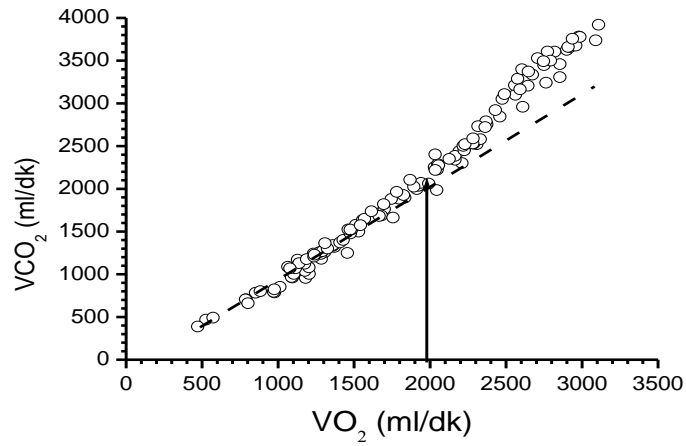
4.4. Anaerobik Eşiğin Hesaplanması

V-slope tekniği ile yani egzersiz testi sırasında tüketilen O₂ ile üretilen CO₂ (VCO₂/VO₂) ilişkisi belirlendi. Bu teknik VCO₂'ye karşı VO₂'nin bir hat boyunca çizilen özdeşliğinde VO₂'nin ayrılışı ile A_E tespitinin yapılmasıdır.



Şekil 9. Bir örnek sedanter deneğin A_E'sinin hesaplanmasında kullanılan VCO₂-VO₂ ilişkisi

Yukarıdaki şekilde bir örnek sedanter deneğin A_E'sinin hesaplanmasında kullanılan VCO₂-VO₂ ilişkisi gösterilmektedir. Dikey çizgi aerobik metabolizmadan anaerobik metabolizmaya geçiş bölgesini yani A_E noktasını göstermektedir. Yatay kesik çizgi ise metabolizmanın iş gücü ile olan durumunu göstermektedir.



Şekil 10. Bir örnek antrenmanlı deneğin A_E 'sinin hesaplanmasında kullanılan VCO_2 - VO_2 ilişkisi

Yukarıdaki şekilde bir örnek antrenmanlı deneğin A_E 'sinin hesaplanmasında kullanılan VCO_2 - VO_2 ilişkisi gösterilmektedir. Dikey çizgi aerobik metabolizmadan anaerobik metabolizmaya geçiş bölgesini yani A_E noktasını göstermektedir. Yatay kesik çizgi ise metabolizmanın iş gücü ile olan durumunu göstermektedir.

Deneklerin vücut kompozisyonları ayaktan ayağa biyoelektrik impedans analiz cihazı ile ölçülerek analiz için kaydedildi. Deneklerin ölçümleri egzersiz testine başlamadan önce sabah aç karnına laboratuvar ortamında alındı (Tanita, Body Composition Analyser, TBF-300 M). BIA yöntemi ile kaydedilen ölçümlerle egzersiz yapan ve yapmayan deneklerin; vücut yağ oranı, yağsız vücut ağırlığı, total vücut su miktarı, vücut yağ yüzdesi ve vücut kitle indeksi değerlendirmeye alındı.

4.5. İstatistiksel analiz

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.

5. BULGULAR

5.1. Deneklerin Fiziksel Özellikleri

Tablo 3. Çalışmaya katılan sedanter ve sporcu deneklerin fiziksel özellikleri (yaş; yıl, boy; m ve vücut ağırlığı; kg) ve VKİ (VKİ, kg/m²) ortalama değerleri

Denek	Yaş	Boy (m)	Vücut Ağırlığı (kg)	VKİ (kg/cm ²)
Sedanter	21.2±0.6	1,84±0.02	77.7±1.7	22.9±0.4
Sporcu	19.8±0,4	1.77±0.02	67.7±2.03	21.5±0.6

Deneklerin Vücut ağırlıkları ve VKİ ölçümleri sonucunda oluşan değerler istatistiksel olarak Mann-whitney U Testi ile değerlendirmeye alındı. Sedanter deneklerin vücut ağırlıkları ortalamaları 77.7±1.7, sporcu deneklerin ise 67.7±2.03 bulundu ve gruplar arasında vücut ağırlığı bakımından anlamlı farklılık bulundu (U=12.00; P<0.004). Sedanter deneklerin VKİ ortalama değerleri 22.9±0.4, sporcu deneklerin ise 21.5±0.6 olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadı (U=29.50; P=0.121).

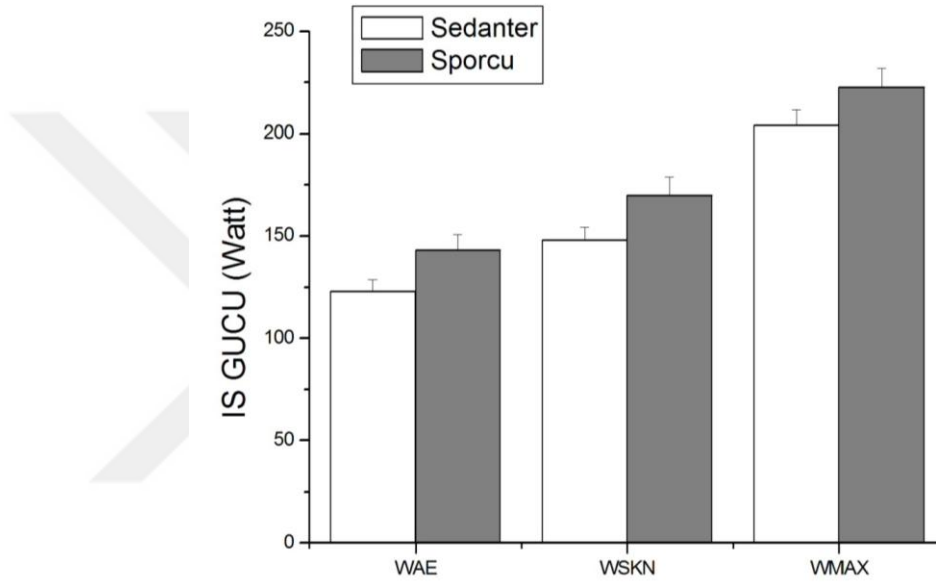
5.2. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi

Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin İş Gücü Kapasiteleri

Tablo 4. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin A_E. Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki İş Gücü Değerleri

Denek No	W _{AE}		W _{SKN}		W _{MAX}	
	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu
1	125	165	145	194	205	260
2	135	150	160	180	225	235
3	165	120	195	150	255	205
4	110	110	125	130	185	175
5	110	170	135	190	195	240
6	130	145	160	180	225	230
7	120	120	150	140	185	205
8	105	160	130	180	185	230
9	110	115	140	140	180	185
10	120	175	140	215	200	260
Ortalama (±SS)	123±5	143±8	148±6	170±9	204±7.6	222±9

Yapılan şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı egzersiz testinde sedanter deneklerin işgücü kapasiteleri A_E ' de 123 ± 5 W iş gücüne ulaşırken sporcu deneklerin A_E bölgesindeki iş güçleri 143 ± 8 W civarındadır. Deneklerin solunum kompenzasyon noktasındaki iş güçleri sedanterlerde 148 ± 6 W sporcularda ise 170 ± 9 W dir. Maksimal bölgede ise bu değer sedanterlerde 204 ± 7.6 W iken sporcularda 222 ± 9 W dir.



Grafik 1. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin A_E , Solunum Kompenzasyon Noktası ve Maksimalde ki İş Gücü Değerleri. Değerler ortalama (\pm SS) olarak verildi (n=10).

Deneklerin iş gücü ölçümleri sonucunda oluşan değerler istatistiksel olarak Mann-whitney U Testi ile değerlendirmeye alındı. Bu test sonucunda deneklerin iş gücü kapasitelerinin ortalaması A_E bölgesinde, sedanterlerde 123 ± 5 W sporcularda 143 ± 8 W olarak çıkmasına rağmen anlamlı farklılık olmadığı tespit edildi (U=27.00; P=0.08). Solunum kompenzasyon noktası bölgesinde deneklerin iş gücü ortalamaları sedanterler de 148 ± 6 W sporcularda ise 170 ± 9 W olarak bulundu ve anlamlı farklılık tespit edilmedi (U=29.00; P=0.11). Maksimal egzersiz bölgesinde de deneklerin iş

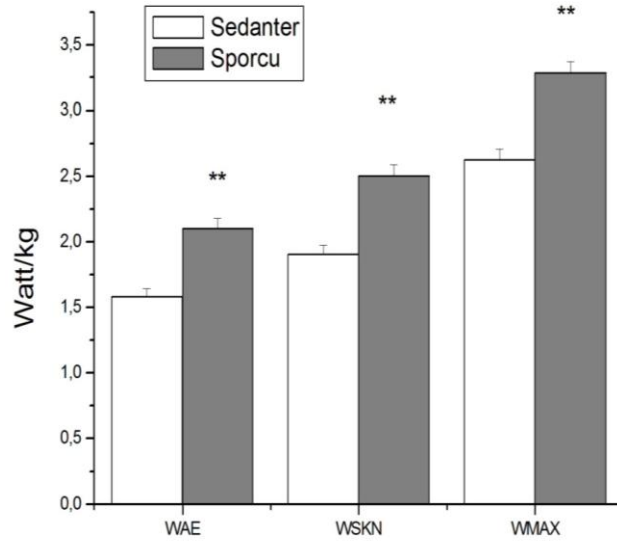
gücü ortalamaları sedanterler de 204 ± 7.6 W sporcularda ise 222 ± 9 W bulundu ve gruplar arasında anlamlı farklılık olmadığı tespit edildi ($U=28.50$; $P=0.102$).

5.3. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Kilogram Başına Düşen İş Gücü Kapasiteleri (Watt/kg)

Tablo 5. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin A_E , Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki Kilogram Başına Düşen İş Gücü Değerleri

Denek No	W_{AE}		W_{SKN}		W_{MAX}	
	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu
1	1.68	2.41	1.95	2.84	2.77	3.81
2	1.63	2.16	1.93	2.59	2.72	3.38
3	2.03	1.68	2.41	2.1	3.15	2.87
4	1.52	1.93	1.72	2.28	2.55	3.07
5	1.34	2.16	1.64	2.42	2.38	3.05
6	1.6	2.19	1.98	2.72	2.78	3.48
7	1.58	1.91	1.98	2.22	2.44	3.26
8	1.56	2.34	1.94	2.63	2.76	3.36
9	1.41	1.88	1.79	2.29	2.31	3.03
10	1.42	2.34	1.66	2.87	2.37	3.48
Ortalama ($\pm SS$)	1.58 ± 0.06	2.1 ± 0.07	1.9 ± 0.06	2.5 ± 0.08	2.62 ± 0.08	3.28 ± 0.08

Yapılan şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı egzersiz testinde sedanter deneklerin kilogram başına düşen işgücü kapasiteleri A_E ' de ortalama 1.58 ± 0.06 W/kg iş gücüne ulaşırken sporcu deneklerin A_E bölgelerindeki iş güçleri ortalama 2.1 ± 0.07 W/kg civarındadır. Deneklerin solunum kompensasyon noktasındaki iş güçleri sedanterlerde ortalama 1.9 ± 0.06 W/kg sporcularda ise ortalama 2.5 ± 0.08 W/kg dır. Maksimal bölgede ise bu ortalama sedanterlerde 2.62 ± 0.08 W/kg iken sporcularda 3.28 ± 0.08 W/kg' dir.



Grafik 2. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki Kilogram Başına Düşen İş Gücü Değerleri. Değerler ortalama (\pm SS) olarak verildi (n=10).

Deneklerin test sonuçları sonunda istatistiksel olarak uygulanmış olan Mann-whitney U Testi sonucunda sedanter ve sporcu deneklerin kilogram başına düşen iş gücü kapasitelerinin A_E bölgesinde sedanterlerde ortalama 1.58 ± 0.06 W/kg sporcularda ise 2.1 ± 0.07 W/kg olarak bulundu ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($U=5.00$; $P<0.01$). Solunum kompensasyon noktası bölgesinde sedanterlerin kilogram başına düşen iş gücü kapasiteleri ortalaması 1.9 ± 0.06 W/kg sporcuların ise 2.5 ± 0.08 W/kg olarak bulunup aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edildi ($U=4.00$; $P<0.01$). Maksimal egzersiz bölgesinde sedanter deneklerin kilogram başına düşen iş gücü kapasitelerinin ortalaması 2.62 ± 0.08 W/kg sporcuların ise 3.28 ± 0.08 W/kg bulundu ve istatistiksel olarak anlamlı farklılık tespit edildi ($U=4.00$; $P<0.01$).

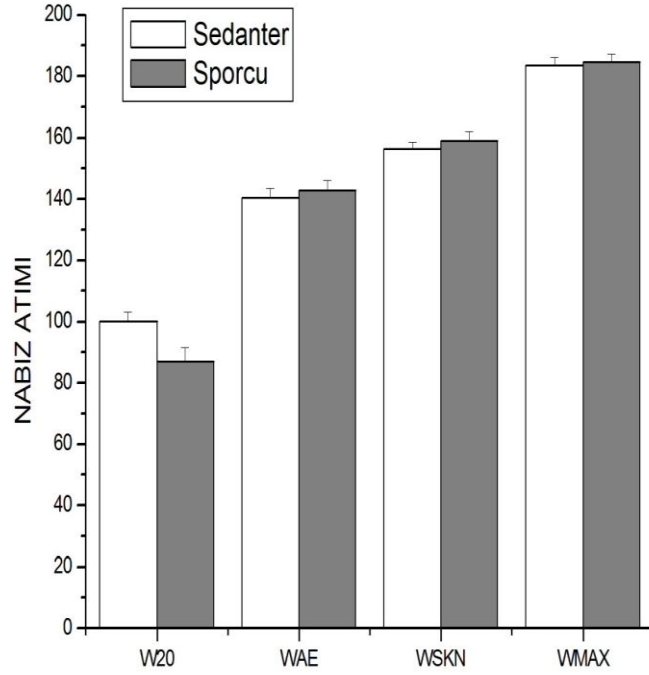
5.4.Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi

Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Nabız Atımının Verdiği Cevaplar

Tablo 6. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Nabız Atım Değerleri

Denek No	W ₂₀		W _{AE}		W _{SKN}		W _{MAX}	
	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu
1	100	92	150	135	156	150	180	184
2	98	92	134	138	165	153	197	184
3	82	95	136	133	160	148	184	187
4	106	86	158	136	160	151	192	177
5	113	65	139	147	158	158	180	177
6	89	104	139	163	158	178	182	197
7	100	107	136	158	154	167	177	189
8	100	89	129	145	141	161	177	189
9	100	65	135	134	153	165	173	192
10	113	75	150	139	160	160	194	171
Ortalama (±SS)	100±3	87±4.6	141±2.8	143±3.2	156±6.4	159±3	184±2.5	185±2.4

Deneklere uygulanmış olan şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı egzersiz testinde sedanter deneklerin ısınma döneminde nabız atım değerleri ortalama 100±3 atım/dk iken bu değer sporcularda ortalama olarak 87±4.6 atım/dk dır. A_E bölgesinde sedanterlerde nabız atımı 141±2.8 atım/dk solunum kompenzasyon noktasında 156±6.4 atım/dk, maksimalde de 184±2.5 atım/dk ortalamaları alındı. Sporcularda ise bu değerlerin ortalaması sırasıyla; A_E'de 143±3.2 atım/dk solunum kompenzasyon noktasında 159±3 atım/dk ve maksimalde de 185±2.4 atım/dk olarak bulundu.



Grafik 3. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki Nabız Atım Değerleri. Değerler ortalama (\pm SS) olarak verildi (n=10).

Çalışmada elde ettiğimiz nabız atımı değerleri istatistiksel olarak Mann-whitney U Testi ile analiz edildi. Sedanter deneklerin ısınma döneminde nabız atım değerleri ortalama 100 ± 3 atım/dk iken bu değer sporcularda ortalama olarak 87 ± 4.6 atım/dk olarak bulundu ve aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu ($U=23.50$; $P<0.044$). AE bölgesinde nabız atım değerleri sedanterlerde ortalama 141 ± 2.8 atım/dk iken sporcularda 143 ± 3.2 atım/dk bulundu fakat aralarında anlamlı farklılık bulunmadı ($U=46.50$; $P=0.79$). Solunum kompensasyon noktasındaki değerler ise sedanterlerde 156 ± 6.4 atım/dk sporcularda ise 159 ± 3 atım/dk bulunup aralarında anlamlı farklılık bulunmadı ($U=44.50$; $P=0.676$). Maksimal egzersiz bölgesindeki ölçümlerde ise sedanter deneklerin nabız atım ölçümleri ortalama

184±2.5 atım/dk iken sporcularda 185±2.4 atım/dk bulunup değerler arasında istatistiksel olarak anlamlılık bulunmadı (U=45.00; P=0.7).

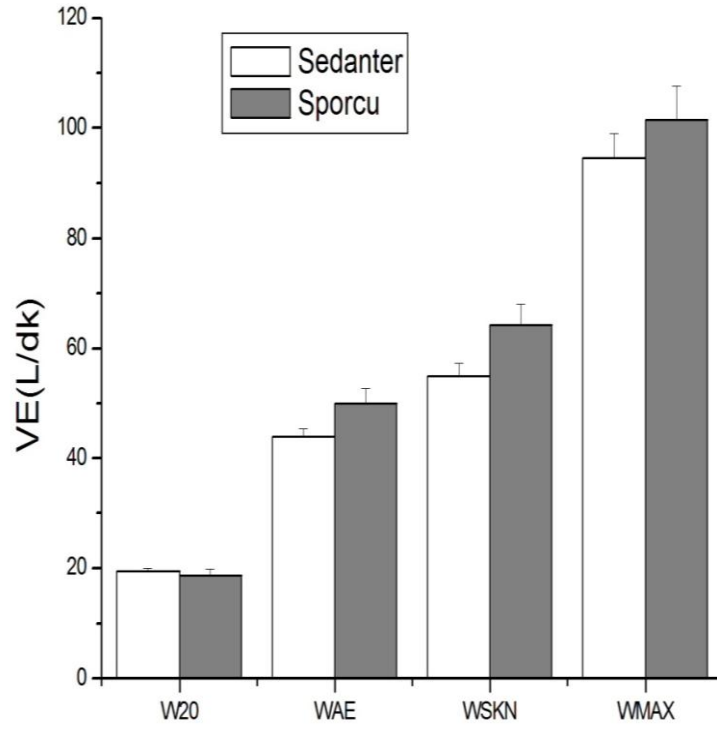
5.5. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi

Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin V_E değerleri

Tablo 7. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin V_E Değerleri

Denek No	W_{20}		W_{AE}		W_{SKN}		W_{MAX}	
	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu
1	18	28	40	51	43	69	73	115
2	18	22	45	55	59	72	112	111
3	19	19	50	49	66	73	116	132
4	19	15	41	41	51	48	97	66
5	22	19	44	59	55	71	77	102
6	19	18	43	51	51	67	92	109
7	18	17	53	44	62	56	101	110
8	18	18	43	37	52	50	97	74
9	21	16	41	47	64	54	95	91
10	22	14	40	66	46	83	86	104
Ortalama (±SS)	19±0.5	18.6±1.2	44±1.3	50±2.7	55±2.4	64±3.6	95±4.3	101±6.2

Isınma döneminde sedanterler de ortalama V_E 19±0.5 L/dk iken sporcularda bu ortalama 18.6±1.2 L/dk olarak bulundu. Sedanterler de ortalama V_E eşik bölgesinde 44±1.3 L/dk iken sporcularda ortalama 50±2.7 L/dk olarak bulundu. Solunum kompensasyon noktasında sedanterler de ortalama V_E 55±2.4 L/dk sporcularda ise 64±3.6 L/dk'dır. Maksimal de ortalama V_E değerleri sedanterlerde 95±4.3 L/dk sporcularda ise 101±6.2 L/dk olarak bulundu.



Grafik 4. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki VE (L/dk) Değerleri. Değerler ortalama (\pm SS) olarak verildi (n=10).

Sedanter ve sporcu deneklerin test sonuçları Mann-whitney U Testi ile istatistiksel olarak analiz edildi. Sedanter deneklerin ısınma dönemindeki V_E değerleri ortalama 19 ± 0.5 L/dk olarak bulunurken sporcu deneklerin ortalama değerleri 18.6 ± 1.2 L/dk olarak bulunup aralarında anlamlı farklılık bulunmadı ($U=34.00$; $P=0.216$). A_E bölgesindeki V_E değerleri ise ortalama olarak sedanterlerde 44 ± 1.3 L/dk sporcularda ise 50 ± 2.7 L/dk olup aralarında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadı ($U=26.50$; $P=0.075$). Solunum kompensasyon noktasında ki V_E ortalamaları ise sedanterler de 55 ± 2.4 L/dk sporcularda ise 64 ± 3.6 L/dk olarak bulunup iki grup arasında anlamlı farklılık bulunmadı ($U=25.00$; $P=0.059$). Sedanter deneklerin maksimal bölgede ki V_E ortalamaları 95 ± 4.3 L/dk iken sporcu deneklerin

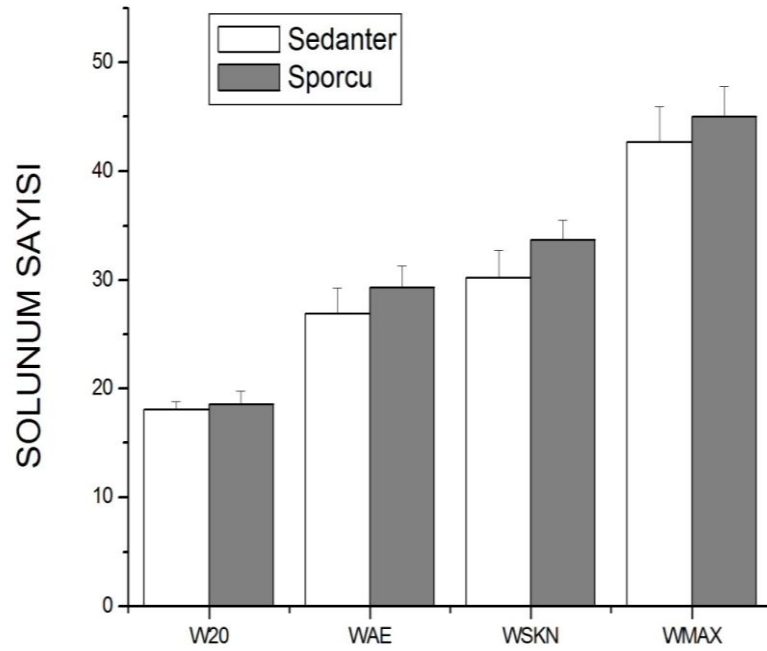
V_E ortalamaları 101 ± 6.2 L/dk olarak bulunup istatistiksel olarak iki grup arasında herhangi bir anlamlılık bulunmadı ($U=37.00$; $P=0.326$).

5.6. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Solunum Sayısı (Nefes/dk)

Tablo 8. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Solunum Sayısı Değerleri

Denek No	W_{20}		W_{AE}		W_{SKN}		W_{MAX}	
	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu
1	18	16	24	21	24	27	33	38
2	24	26	31	39	37	34	56	43
3	17	20	28	32	31	41	42	58
4	18	18	20	37	23	40	38	36
5	16	13	24	20	25	24	30	33
6	16	17	26	28	23	31	38	50
7	19	15	40	29	42	36	52	56
8	19	21	38	24	43	30	60	40
9	16	20	20	31	32	36	44	53
10	18	20	18	32	22	38	34	43
Ortalama ($\pm SS$)	18 ± 0.7	18.6 ± 1.1	27 ± 2.3	29 ± 1.9	30 ± 2.5	34 ± 1.7	43 ± 3.2	45 ± 2.7

Deneklere uygulanmış olan şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı egzersiz testinde sedanterlerin ısınma döneminde solunum sayısı değerleri ortalama 18 ± 0.7 iken bu değer sporcularda ortalama olarak 18.6 ± 1.1 'dir. A_E bölgesinde sedanterlerde solunum sayısı 27 ± 2.3 , solunum kompenzasyon noktasında 30 ± 2.5 , maksimalde de 43 ± 3.2 ortalamaları alındı. Sporcularda ise bu değerlerin ortalaması sırasıyla; A_E 'de 29 ± 1.9 , solunum kompenzasyon noktasında 34 ± 1.7 ve maksimalde de 45 ± 2.7 olarak bulundu.



Grafik 5. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki Solunum Sayısı Değerleri. Değerler ortalama (\pm SS) olarak verildi ($n=10$).

Deneklerin test sonuçları sonucunda istatistiksel olarak uygulanmış olan Mann-whitney U Testi sonucunda solunum sayısı değerlerinin ısınma bölgesinde ortalaması sedanterlerde 18 ± 0.7 iken sporcularda 18.6 ± 1.1 olarak bulunup aralarında anlamlı fark bulunmadı ($U=43.50$; $P=0.620$). AE bölgesinde sedanterlerde ortalama SS değerleri 27 ± 2.3 iken sporcularda ortalama 29 ± 1.9 bulundu ve gruplar arası istatistiksel olarak anlamlılık bulunmadı ($U=37.00$; $P=0.324$). Solunum kompensasyon noktası bölgesinde yapılan ölçümlerde SS sedanterlerde ortalama 30 ± 2.5 iken sporcularda ortalama 34 ± 1.7 olarak bulunup istatistiksel olarak anlamlılık ifade etmedi ($U=36.00$; $P=0.289$). Maksimal bölgede de SS değerleri sedanterler de ortalama 43 ± 3.2 iken sporcularda bu değer 45 ± 2.7 bulundu, gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlılık bulunmadı ($U=42.00$; $P=0.544$).

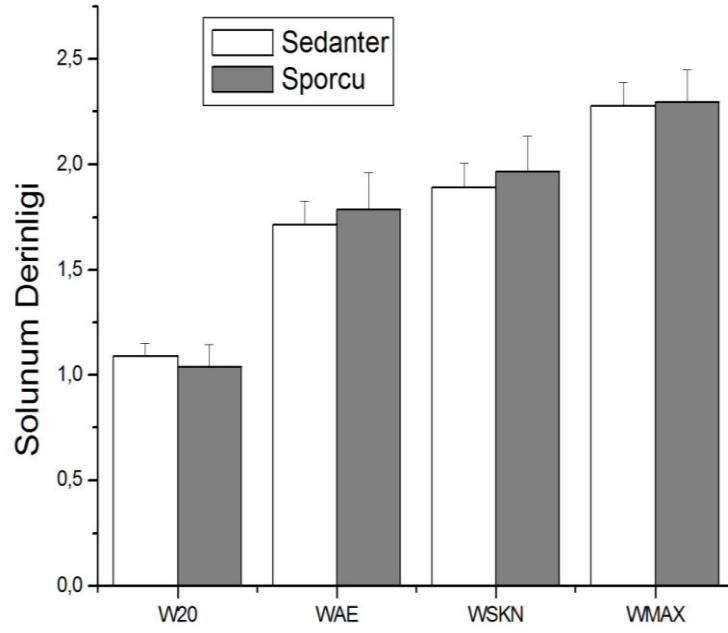
5.7. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi

Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Solunum Derinliği (V_T) değerleri

Tablo 9. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin V_T Değerleri

Denek No	W_{20}		W_{AE}		W_{SKN}		W_{MAX}	
	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu
1	1	1.75	1.6	2.42	1.79	2.5	2.2	3.02
2	0.75	0.84	1.45	1.41	1.59	2.1	2	2.58
3	1.11	0.95	1.78	1.53	2.12	1.78	2.7	2.27
4	1.05	0.83	2.05	1.1	2.21	1.2	2.5	1.83
5	1.3	1.46	1.83	2.95	2.2	2.95	2.5	3.09
6	1.18	1.05	1.65	1.82	2.21	2.16	2.4	2.18
7	0.94	1.13	1.3	1.51	1.47	1.5	1.9	1.96
8	0.94	0.85	1.13	1.54	1.2	1.6	1.6	1.85
9	1.3	0.8	2.05	1.51	2	1.5	2.1	1.71
10	1.2	0.7	2.2	2.06	2.09	2.18	2.5	2.41
Ortalama (\pm SS)	1.09 \pm 0.06	1.03 \pm 0.1	1.7 \pm 0.1	1.7 \pm 0.1	1.8 \pm 0.1	1.9 \pm 0.1	2.2 \pm 0.1	2.29 \pm 0.1

Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testinde sedanter deneklerin ısınma dönemindeki ortalama V_T değerleri 1.09 \pm 0.06 L iken sporcuların ortalama değerleri 1.03 \pm 0.1 L dir. A_E 'deki V_T ortalamaları sedanterlerde 1.7 \pm 0.1 L sporcularda ise 1.7 \pm 0.1 L'dir. Solunum kompenzasyon bölgesindeki V_T değerleri sedanterlerde 1.8 \pm 0.1 L sporcularda 1.9 \pm 0.1L'dir. Maksimalde de sedanterlerde 2.2 \pm 0.1 L sporcularda ise 2.29 \pm 0.1 L'dir.



Grafik 6. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki VT Değerleri. Değerler ortalama (\pm SS) olarak verildi (n=10).

Deneklerin test sonuçları sonunda istatistiksel olarak uygulanmış olan Mann-whitney U Testi sonucunda V_T değerleri sedanterlerde ortalama 1.09 ± 0.06 L iken sporcularda 1.03 ± 0.1 L'dir ve istatistiksel olarak anlamlılık arz etmemektedir (U=38.00; P=0.364). Deneklerin V_T değerleri AE bölgesinde sedanterlerde ortalama 1.7 ± 0.1 L iken sporcularda da 1.7 ± 0.1 olup anlamlı fark yoktur (U=49.00; P=0.940). Solunum kompensasyon noktası bölgesindeki değerler ise sedanterlerde ortalama 1.8 ± 0.1 L sporcularda da 1.9 ± 0.1 L olarak bulunup anlamlı fark bulunmamaktadır (U=50.00; P=1.000). Maksimal egzersiz bölgesinde de V_T değerleri sedanterlerde ortalama 2.2 ± 0.1 L sporcularda ise ortalama 2.29 ± 0.1 L bulunup istatistiksel olarak anlamlılık arz etmemektedir (U=48.00; P=0.880)

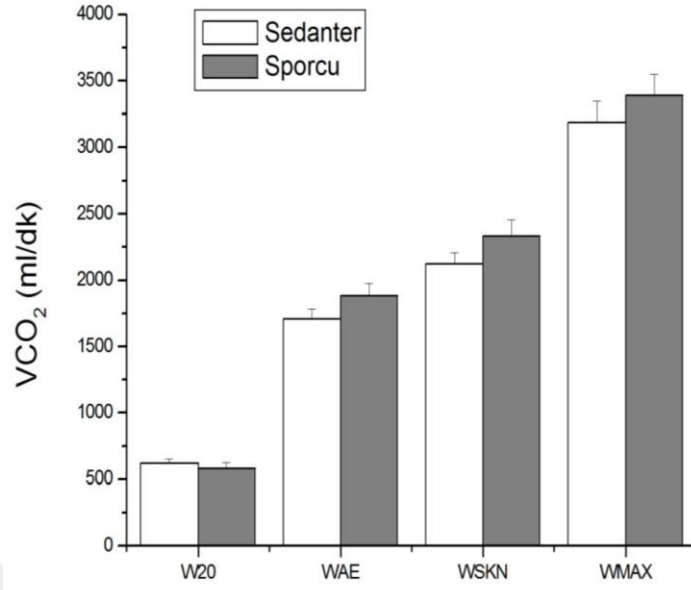
5.8.Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi

Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin VCO₂ Değerleri

Tablo 10. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin VCO₂ Değerleri

Denk No	W ₂₀		W _{AE}		W _{SKN}		W _{MAX}	
	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu
1	709	872	1889	2070	2033	2651	2884	3968
2	611	706	1852	2062	2353	2531	3770	3738
3	686	602	2107	1854	2698	2409	4226	3859
4	667	462	1630	1348	2002	1572	3432	2287
5	815	666	1812	2250	2265	2686	3010	3643
6	538	521	1633	1837	2060	2317	3301	3353
7	535	513	1776	1594	2007	1974	2871	3050
8	535	571	1387	1702	1735	2104	2693	2994
9	506	539	1360	1876	2175	2215	2611	3465
10	603	394	1636	2257	1901	2880	3095	3535
Ortalama	621±	585±	1708±	1885±	2123±	2334±	3189±	3389±
(±SS)	32	43	72	91	85	122	160	158

Şiddeti düzenli olarak artan egzersiz testinde sedanter deneklerin ısınma dönemindeki ortalama VCO₂ değerleri 621±32 ml/dk olarak, sporcu deneklerin ortalama VCO₂ si ise 585±43 ml/dk olarak bulundu. Sedanter deneklerin A_E bölgesindeki VCO₂ ortalaması 1708±72 ml/dk sporcuların ise 1885±91 ml/dk olarak bulundu. Solunum kompensasyon bölgesindeki sedanterlerin VCO₂ ortalamaları 2123±85 ml/dk sporcuların ise 2334±122 ml/dk dır. Maksimaldeki VCO₂ değerleri ise sedanterlerin 3189±160 ml/dk sporcuların ise 3389±158 ml/dk dır.



Grafik 7. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki VCO₂ Değerleri. Değerler ortalama (±SS) olarak verildi (n=10).

Sedanter ve sporcu deneklerin test sonuçları Mann-whitney U Testi ile istatistiksel olarak analiz edildi. Sedanter ve sporcu deneklerin VCO₂ değerlerinin ortalaması ısınma bölgesinde sırasıyla sedanterler de 621±32 ml/dk sporcularda ise 585±43 ml/dk olarak bulunup istatistiksel olarak bir anlamlılık arz etmemektedir (U=38.00; P=0.364). AE bölgesinde VCO₂ değerlerinin ortalaması sedanterlerde 1708±72 ml/dk iken sporcularda ise ortalama 1885±91 ml/dk olup iki grup arasında anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır (U=32.00; P=0.174). Solunum kompensasyon noktası bölgesinde VCO₂ değerlerinin ortalaması sedanterlerde 2123±85 ml/dk sporcuların ise 2334±122 ml/dk olup istatistiksel olarak anlamlılık arz etmemektedir (U=31.00; P=0.151). Maksimal egzersiz bölgesinde ise ortalama VCO₂ değerleri sedanterler de 3189±160 ml/dk sporcuların ise 3389±158 ml/dk olup gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamaktadır (U=34.00; P=0.226).

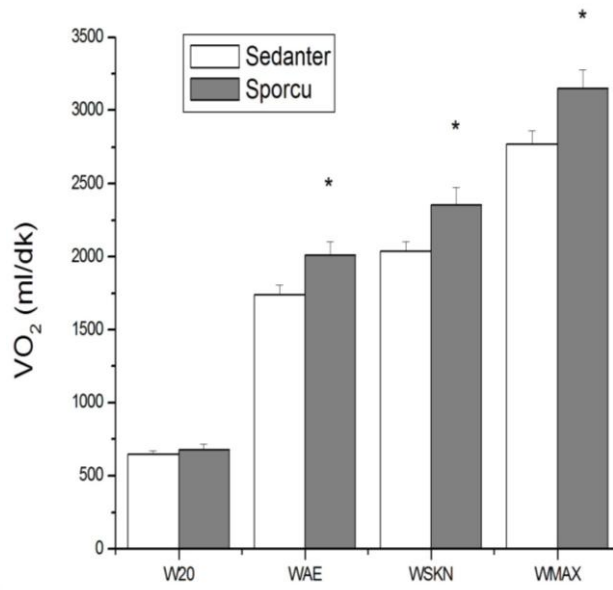
5.9.Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi

Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin VO₂ Değerleri

Tablo 11. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin VO₂ Değerleri

Denek No	W ₂₀		W _{AE}		W _{SKN}		W _{MAX}	
	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu
1	776	899	1826	2047	1875	2449	2565	3298
2	663	789	1706	1991	2115	2281	2990	3090
3	736	637	2092	1933	2357	2240	3216	3283
4	704	688	1444	1739	1727	1939	2714	2705
5	662	674	1654	2436	1955	2863	2605	3778
6	571	720	1875	2252	2240	2734	3008	3585
7	585	634	1861	1848	1934	2145	2563	2975
8	585	704	1500	1680	1834	2122	2323	2827
9	610	549	1556	1696	2195	1904	2711	2534
10	581	482	1882	2476	2149	2893	3025	3441
Ortalama (±SS)	647±23	678±37	1740±64	2010±93	2038±64	2357±115	2772±87	3151±126

Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı egzersiz testinde sedanter deneklerin ısınma dönemindeki ortalama VO₂ değerleri 647 ml/dk iken sporcu deneklerin ortalaması 678 ml/dk olarak bulunmuştur. A_E bölgesindeki VO₂ sedanterlerde 1740 ml/dk sporcularda 2010 ml/dk dır. Solunum kompenzasyon noktasında ortalama VO₂ değerleri sedanterlerde 2038 ml/dk. sporcularda du değer 2357 ml/dk dır. Maksimal de ise sedanterlerde ortalama VO₂ 2772 ml/dk sporcularda da 3151 ml/dk'dır.



Grafik 8. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki VO₂ Değerleri. Değerler ortalama (\pm SS) olarak verildi (n=10).

Deneklerin test sonuçları sonunda istatistiksel olarak uygulanmış olan Mann-whitney U Testi sonucunda deneklerin VO₂ değerleri ısınma bölgesinde sedanterlerde 647 ml/dk iken sporcu deneklerin ortalaması 678 ml/dk bulundu ve gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlılık arz etmedi (U=40.50; P=0.472). AE bölgesinde sedanterlerin ortalama VO₂ değerleri 1740 ml/dk sporcularda 2010 ml/dk olup gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlılık bulundu (U=24.00; P<0.049). Solunum kompensasyon noktası bölgesinde ortalama VO₂ değerleri sedanterlerde 2038 ml/dk sporcularda 2357 ml/dk bulundu ve aralarında anlamlı farklılık bulundu (U=23.50; P<0.045). Maksimal egzersiz bölgesinde ise ortalama VO₂ 2772 ml/dk sporcularda da 3151 ml/dk olup gruplar arasında anlamlı farklılık bulundu (U=24.00; P<0.049).

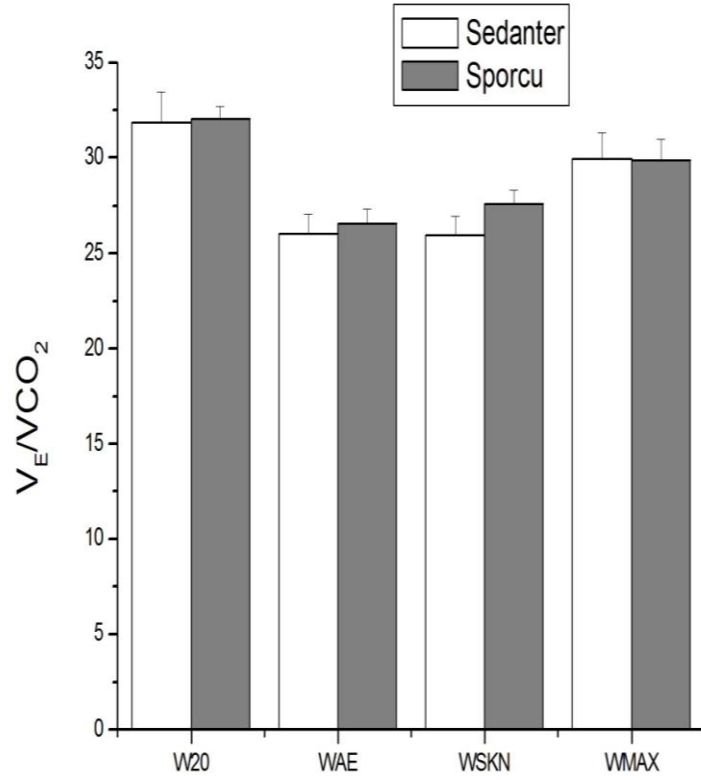
5.10.Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi

Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin V_E/VCO_2 Değerleri

Tablo 12. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin V_E/VCO_2 Değerleri

Denek No	W_{20}		W_{AE}		W_{SKN}		W_{MAX}	
	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu
1	25.38	32.11	21.17	24.63	21.15	26.02	25.31	28.98
2	29.45	31.16	24.29	26.67	25.07	28.44	29.7	29.69
3	27.69	31.56	23.73	26.42	24.46	30.3	27.44	34.20
4	28.48	32.46	25.15	30.41	25.47	30.53	28.26	28.85
5	26.99	28.52	24.28	26.22	24.28	26.43	25.58	27.9
6	35.31	34.54	26.33	27.76	24.75	28.91	27.87	32.5
7	33.64	33.13	29.84	27.6	30.89	28.36	35.17	36.06
8	33.64	31.52	31.00	21.73	29.97	23.76	36.01	24.71
9	41.50	29.68	30.14	25.05	29.42	24.37	36.38	26.26
10	36.48	35.53	24.44	29.24	24.19	28.81	27.78	29.42
Ortalama ($\pm SS$)	32 \pm 1.6	32 \pm 0.6	26 \pm 1	26.5 \pm 0.7	26 \pm 0.9	27.5 \pm 0.7	30 \pm 1.3	30 \pm 1.1

Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testinde sedanter deneklerin ısınma dönemindeki ortalama V_E/VCO_2 değerleri 32 \pm 1.6 iken sporcuların da ortalama değerleri 32 \pm 0.6'dir. A_E 'deki V_E/VCO_2 ortalamaları sedanterlerde 26 \pm 1 sporcularda ise 26.5 \pm 0.7'dir. Solunum kompensasyon noktasındaki V_E/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.



Grafik 9. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki V_E/V_{CO_2} Değerleri. Değerler ortalama (\pm SS) olarak verildi (n=10).

İstatistiksel olarak sedanter ve sporcu deneklerin V_E/V_{CO_2} değerleri Mann-Whitney U Testi ile analiz edildi. İstatistiksel analiz sonucunda deneklerin ısınma bölgesindeki V_E/V_{CO_2} değerleri sedanterlerde ortalama 32 ± 1.6 iken sporcuların ortalama değerleri 32 ± 0.6 bulunup gruplar arasındaki istatistiksel işlemler sonucunda anlamlılık bulunmadı (U=46.00; P=0.762). Deneklerin V_E/V_{CO_2} değerleri AE bölgesinde ortalama olarak sedanterlerde 26 ± 1 sporcularda ise 26.5 ± 0.7 olup istatistiksel olarak anlamlılık bulunmadı (U=39.00; P=0.406). Solunum kompensasyon noktası bölgesinde sedanterlerin ortalama V_E/V_{CO_2} değerleri 26 ± 0.9 olup sporcularda bu değer 27.5 ± 0.7 'dir ve istatistiksel olarak gruplar arası anlamlılık

yoktur (U=36.00; P=0.290). Maksimal egzersiz bölgesindeki değerler ise sedanterlerde ortalama 30 ± 1.3 sporcularda 30 ± 1.1 olup istatistiksel olarak gruplar arasında anlamlılık yoktur (U=46.00; P=0.762).

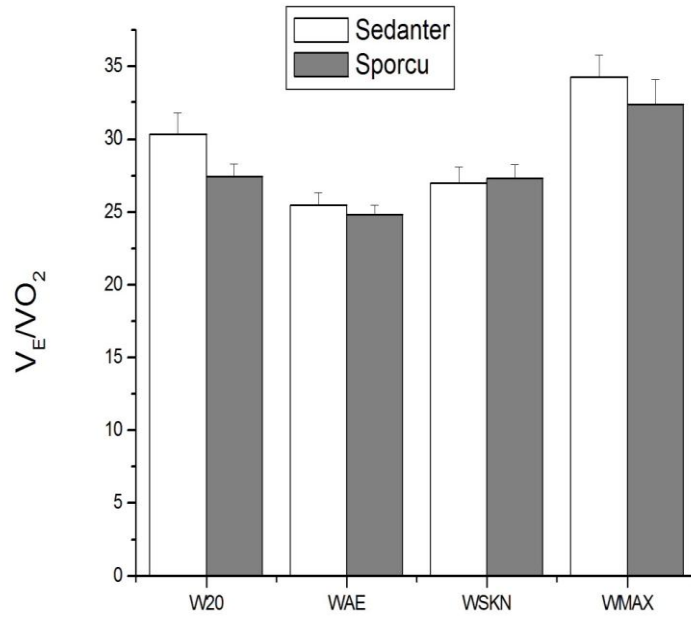
5.11. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi

Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin V_E/VO_2 Değerleri

Tablo 13. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin V_E/VO_2 Değerleri

Denek No	W_{20}		W_{AE}		W_{SKN}		W_{MAX}	
	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu
1	23.19	31.14	21.9	24.91	22.93	28.17	28.46	34.86
2	27.14	27.88	26.37	27.62	27.89	31.56	37.45	35.92
3	25.81	29.82	23.9	25.34	28.001	32.58	36.06	40.2
4	26.98	21.8	28.39	23.57	29.53	24.75	35.74	24.39
5	33.23	28.18	26.6	24.22	28.13	24.79	29.55	26.99
6	33.27	25	22.93	22.64	22.76	24.5	30.58	30.4
7	30.76	26.81	28.47	23.8	32.05	26.1	39.4	36.97
8	30.76	25.56	28.6	22.02	28.35	23.56	41.75	26.17
9	34.42	29.14	26.3	27.71	29.15	28.36	35.04	37.38
10	37.86	29.04	21.25	26.65	21.4	28.68	28.42	30.22
Ortalama (\pm SS)	30.3 \pm 1.4	27.4 \pm 0.8	25.4 \pm 0.8	24.8 \pm 0.6	27 \pm 1.09	27.3 \pm 0.9	34.2 \pm 1.4	32.3 \pm 1.7

Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testinde sedanter deneklerin ısınma dönemindeki ortalama V_E/VO_2 değerleri 30.3 ± 1.4 iken sporcuların ortalama değerleri 27.4 ± 0.8 'dir. A_E 'deki V_E/VO_2 ortalamaları sedanterlerde 25.4 ± 0.8 sporcularda ise 24.8 ± 0.6 'dır. Solunum kompenzasyon noktasında V_E/VO_2 değerleri sedanterlerde 27 ± 1.09 sporcularda 27.3 ± 0.9 'dur. Maksimalde de sedanterlerde 34.2 ± 1.4 sporcularda ise 32.3 ± 1.7 'dir.



Grafik 10. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki V_E/VO_2 Değerleri. Değerler ortalama (\pm SS) olarak verildi (n=10).

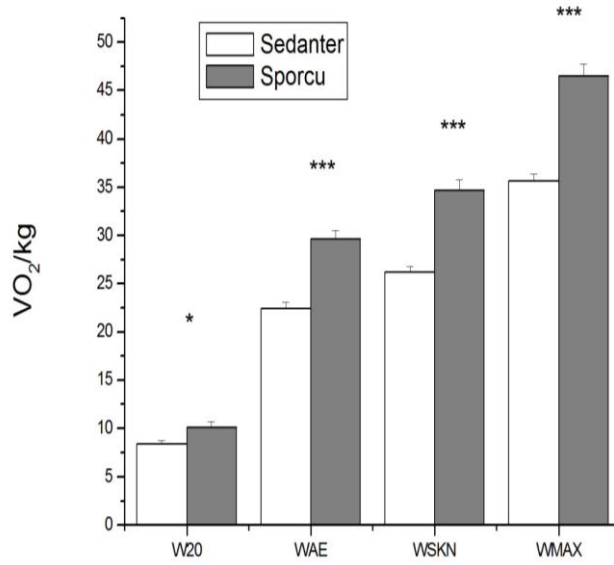
Sedanter ve sporcu deneklerin test sonuçları Mann-whitney U Testi ile istatistiksel olarak analiz edilmiştir. V_E/VO_2 değerleri ısınma bölgesinde sedanterlerde ortalama 30.3 iken sporcuların ortalama değerleri 27.4 bulundu ve istatistiksel analiz sonucunda gruplar arasında anlamlılık bulunmadı (U=30.00; P=0.130). AE bölgesindeki ortalama değerler sedanterler de 25.4 sporcularda ise 24.8 bulunup gruplar arası anlamlılık bulunmadı (U=43.00; P=0.597). Solunum kompensasyon noktası bölgesindeki V_E/VO_2 değerleri sedanterlerde 27 sporcularda 27.3 bulundu ve gruplar arası istatistiksel olarak anlamlılık bulunmadı (U=46.00; P=0.762). Maksimal egzersiz bölgesinde sedanterlerde 34.2 sporcularda ise 32.3 bulundu V_E/VO_2 değerleri sonucunda gruplar arası anlamlı farklılık bulunmadı (U=39.00; P=0.406).

5.12.Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Kg Başına Düşen VO₂ (VO₂/kg) Değerleri

Tablo 14. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin VO₂/kg Değerleri

Denek No	W ₂₀		W _{AE}		W _{SKN}		W _{MAX}	
	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu
1	10.48	13.1	24.6	30	25.3	35.9	34.6	48.3
2	8	11.3	20.6	28.6	25.5	32.8	36.1	44.5
3	9.09	8.9	25.8	27.07	29.1	31.3	39.7	45.9
4	9.7	12.09	19.9	30.5	23.8	34.07	37.5	47.5
5	8.08	8.58	20.19	31.03	23.8	36.47	31.8	48.1
6	7.06	10.9	23.2	34.1	27.7	41.4	37.2	54.3
7	7.7	10.09	24.6	29.4	25.5	34.15	33.9	47.37
8	8.7	10.3	22.4	24.5	27.4	31.06	34.7	41.39
9	7.8	9	20	27.8	28.2	31.26	34.8	41.6
10	6.9	6.4	22.3	33.1	25.5	38.7	35.9	46.06
Ortalama	8.3±0.3	10.09±0.6	22.3±0.6	29.6±0.8	26.2±0.5	34.7±1.08	35.6±0.6	46.5±1.17
	(±SS)							

Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testinde sedanter deneklerin ısınma dönemindeki ortalama VO₂/kg değerleri 8.3±0.3 ml/dk iken sporcuların ortalama değerleri 10.09±0.6 ml/dk'dir. A_E'deki VO₂/kg ortalamaları sedanterlerde 22.3±0.6 ml/dk sporcularda ise 29.6±0.8 ml/dk'dir. Solunum kompensasyon noktasında VO₂/kg değerleri sedanterlerde 26.2±0.5 ml/dk sporcularda 34.7±1.08 ml/dk'dir. Maksimalde de sedanterlerde 35.6±0.6 ml/dk sporcularda ise 46.5±1.17 ml/dk'dir.



Grafik 11. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki VO₂/kg Değerleri. Değerler ortalama (±SS) olarak verildi (n=10).

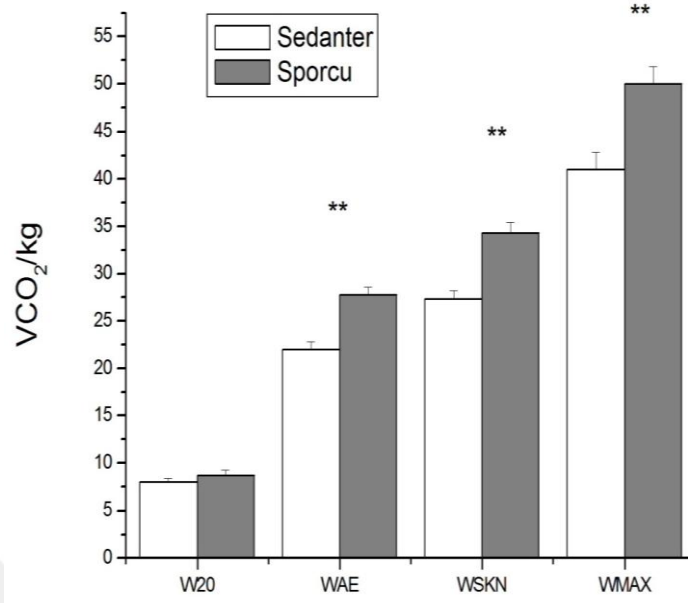
Deneklerin VO₂/kg sonuçları istatistiksel olarak uygulanmış olan Mann-whitney U Testi sonucunda analiz edildi. Isınma bölgesinde sedanter deneklerin VO₂/kg ortalamaları 8.3±0.3 ml/dk iken sporcuların ortalama değerleri 10.09±0.6 ml/dk bulunup gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu (U=22.00; P<0.034). A_E bölgesinde VO₂/kg ortalamaları sedanterlerde 22.3±0.6 ml/dk sporcularda ise 29.6±0.8 ml/dk olup gruplar arası anlamlı farklılık bulundu (U=3.00; P<0.000). Solunum kompensasyon noktası bölgesinde VO₂/kg değerleri sedanterlerde 26.2±0.5 ml/dk sporcularda 34.7±1.08 ml/dk olup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu (U=0.00; P<0.000). Maksimal egzersiz bölgesinde sedanterlerde 35.6±0.6 ml/dk sporcularda ise 46.5±1.17 ml/dk bulunan değerler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulundu (U=0.00; P<0.000).

5.13.Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin Kg Başına Düşen VCO₂ (VCO₂/kg) Değerleri

Tablo 15. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter ve Sporcu Deneklerin VCO₂/kg Değerleri

Denek No	W ₂₀		W _{AE}		W _{SKN}		W _{MAX}	
	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu	Sedanter	Sporcu
1	9.58	12.7	25.5	30.3	27.47	38.8	38.97	58.18
2	7.38	10.17	22.39	29.7	28.45	36.4	45.58	53.8
3	8.47	8.4	26.04	25.96	33.34	33.7	52.23	54.04
4	9.2	8.1	22.5	23.69	27.69	27.6	47.46	40.19
5	9.95	8.48	22.1	28.6	27.65	34.2	36.75	46.4
6	6.65	7.8	20.2	27.83	25.49	35.1	40.85	50.8
7	7.07	8.1	23.49	25.38	26.54	31.4	37.97	48.5
8	7.9	8.3	20.73	24.9	25.93	30.8	40.25	43.8
9	6.5	8.8	17.48	30.8	27.95	36.3	33.56	56.8
10	7.16	5.27	19.4	30.2	22.57	38.5	36.75	47.3
Ortalama (±SS)	8±0.3	8.6±0.5	21.9±0.8	27.7±0.8	27.3±0.8	34.3±1.1	41±1.8	50±1.8

Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testinde sedanter deneklerin ısınma dönemindeki ortalama VCO₂/kg değerleri 8±0.3 ml/dk iken sporcuların ortalama değerleri 8.6±0.5 ml/dk'dir. A_E'deki VCO₂/kg ortalamaları sedanterlerde 21.9±0.8 ml/dk sporcularda ise 27.7±0.8 ml/dk'dir. Solunum kompenzasyon noktasında VCO₂/kg değerleri sedanterlerde 27.3±0.8 ml/dk sporcularda 34.3±1.1 ml/dk'dir. Maksimalde de sedanterlerde 41±1.8 ml/dk sporcularda ise 50±1.8 ml/dk'dir.



Grafik 12. Şiddeti Düzenli Olarak Artan Yüke Karşı Yapılan Egzersiz Testi Sırasında Sedanter Deneklerin Isınma, AE, Solunum Kompensasyon Noktası ve Maksimalde ki VCO_2/kg Değerleri. Değerler ortalama ($\pm SS$) olarak verilmiştir ($n=10$).

Deneklerin VCO_2/kg sonuçları sonunda istatistiksel olarak uygulanmış olan Mann-whitney U Testi ile analiz edildi. Isınma bölgesinde sedanter deneklerin VCO_2/kg ortalama değerleri 8 ± 0.3 ml/dk iken sporcuların ortalama değerleri 8.6 ± 0.5 ml/dk bulunup iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmadı ($U=37.00$; $P=0.326$). Fakat A_E bölgesinde VCO_2/kg ortalamaları sedanterlerde 21.9 ± 0.8 ml/dk sporcularda ise 27.7 ± 0.8 ml/dk değerleri sonucunda gruplar arasında anlamlı farklılık bulundu ($U=7.00$; $P<0.001$). Solunum kompensasyon noktası bölgesinde de VCO_2/kg değerleri sedanterlerde 27.3 ± 0.8 ml/dk sporcularda 34.3 ± 1.1 ml/dk olup SKN bölgesinde de gruplar arasında anlamlı farklılık bulundu ($U=7.00$; $P<0.001$). Maksimal egzersiz bölgesinde bulunan değerler sırasıyla sedanterlerde 41 ± 1.8 ml/dk sporcularda ise 50 ± 1.8 ml/dk olup gruplar arası maksimal bölgede de istatistiksel olarak anlamlılık bulundu ($U=14.00$; $P<0.007$).

6. TARTIŞMA

Çalışmada bireyin fonksiyonel kapasitesini belirleyip değerlendirme de kullanılan artan yüke karşı egzersiz testi kullanılmıştır. Bu test ile sedanter, sporcu, yaşlı ve hasta bireylerin fonksiyonel kapasiteleri belirlenip değerlendirilmektedir (83,84). Artan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında uygulanan iş gücünün oluşturduğu stres sonucunda elde edilen cevapların değerlendirilmesi ile vücut organ ve sistemlerinin sağlık durumu, varsa problemin kaynağı (kas, enerji, metabolizma, kardiyovasküler sistem veya pulmoner sistem) ve şiddeti kolaylıkla belirlenebilmektedir (13,85). Klinik bilimlerinde tanı amaçlı olarak kullanılan bu kardiyopulmoner testler tedavi amacı ile de sık olarak uygulanmaktadır (86,87,88).

Bilimsel araştırma amaçlı klinik çalışmalar yanında, spor bilimlerinde hasta veya sporcu performansı ile ilgili olarak çok sayıda farklı egzersiz protokolleri kullanılmaktadır. Bunların içinde en yaygın olarak kullanılan test ise hiç şüphesiz iş gücü yoğunluğunun düzenli olarak arttığı artan yüke karşı yapılan egzersiz testi gelmektedir (5,13). Bu testin diğer testlere üstünlüğü, düzenli olarak artan iş gücüne karşılık sistemlerin vereceği cevabın belirlenmesinde olan etkinliğidir. Bu test ile çok sayıda önemli parametre de kolaylıkla belirlenebilmektedir. Bunların başında; klinik açıdan önemli bilgiler içeren W_{max} , VO_{2max} kapasiteleri, A_E , maksimal ventilatuar kapasiteler, maksimal kalp atım değerleri gibi bir çok parametre gelmektedir (13,89,90).

Bu çalışmada sedanter ve sporcu deneklere artan yüke karşı yapılmış olan egzersiz testi uygulandı ve deneklerin fonksiyonel kapasitelerindeki değişimler karşılaştırılmalı olarak incelendi. Sedanter ve sporcu deneklerin ısınma dönemindeki,

anaerobik eşik bölgelerindeki, solunum kompenzasyon noktasındaki ve maksimaldeki değerleri karşılaştırılmalı olarak incelendi.

Bu çalışmada deneklere uygulanan şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında deneklerin vücut ağırlıkları başına ürettikleri iş kapasitesi sedanterler de A_E bölgesinde $1,58 \pm 0,06$ sporcular da A_E bölgesinde $2,1 \pm 0,07$ 'dir. Sağlıklı bireyler için A_E 'deki vücut ağırlıklarına düşen iş gücü kapasitesi değeri yaklaşık olarak $1,65$ W/kg arasında normal kabul edilmektedir (84). Çalışmada sedanter deneklerin kilogram başına ürettikleri iş gücü kapasiteleri bu değerlere yakın iken sporcu deneklerin kilogram başına ürettikleri iş gücü kapasite değerleri bu değerlerin üzerindedir. İstatistiksel olarak da iki grup arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır.

Deneklerin solunum kompenzasyon noktasındaki iş güçleri sedanterlerde ortalama $1,9 \pm 0,06$ W sporcularda ise ortalama $2,5 \pm 0,08$ W'dır. Maksimal bölgede ise bu ortalama sedanterlerde $2,62 \pm 0,08$ W iken sporcularda $3,28 \pm 0,08$ W dır. Çalışmada sporcu denekler için elde ettiğimiz değerler normal erkek bireyler için kabul edilen ortalama değerlerin üzerindedir (92,93). Çalışmada sporcu denekler sedanter deneklerden fiziksel kapasitesi yüksek olan deneklerdir ve bu nedenle elde ettiğimiz veriler literatür ile uyumludur. Bireylerin egzersiz sırasında ulaştıkları maksimal iş kapasiteleri ile vücut ağırlığı arasındaki ilişki önemli bir fitness değerlendirici kriter olarak kullanılmaktadır (17,94).

Aslan'ın 2012 yılında 24 antrenmanlı erkek denek üzerinde yaptığı çalışmada iş gücünün artmasıyla birlikte nabız artışının da lineer olarak arttığı görülmüştür. Çalışmada deneklerin nabız atımı değerleri aerobik bölgede istatistiksel olarak anlamlı sonuç verirken anaerobik bölgede bu anlamlı farklılık oluşmamıştır

(77). Çalışmada elde edilen değerler literatür ile uyumluluk göstermektedir. Lineer olarak artan kalp atım sayısı ve hacmi gerekli olan O₂'nin ve besin maddelerinin dokulara ulaşmasını sağlamaktadır.

Serhatlıoğlu'nun 2010 yılında 25 erkek sedanter denek üzerinde yapmış olduğu çalışmada deneklerde V_E'nin, solunum sayısının ve solunum derinliklerinin şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında verdikleri cevaplar şöyledir. Çalışmada ısınma dönemindeki ortalama V_E 20.5± 4 L/dk bulunmuştur. İş gücünün 15 W/dk olarak artırıldığı yükleme (ramp) döneminde V_E bisiklet ergometrenin pedal gücünün artırılmasına paralel olarak bir artış gözlenmiştir. V_E'un iş gücüne olan paralel bu artışı deneklerin A_E'ye ulaşmalarına kadar devam etmiştir. A_E'deki V_E değerleri 48.3±9.7 Ldk olarak belirlenmiştir. A_E üzerindeki bölgede ise iş gücü artışı ile V_E arasındaki paralellik bozulmuş ve artış hızlanmakta olup W_{max} değeri 95.8±19.4 L/dk'ya ulaşmıştır. Solunum sayısı A_E üzerinde hızlı bir artış gösterirken (27.5±4.3 nefes/dk'dan 42.2±7.4 nefes/dk'ya), solunumun derinliği ise A_E altı bölgede hızlı artış (0.93±0.18 l'den 1.76±0.26 l'ye) göstermektedir. Literatürdeki bu bilgiler ile çalışmada elde ettiğimiz değerler ve sonuçlar benzerlik göstermektedir (38).

A_E, bilindiği gibi kan laktat seviyesindeki sistematik artışın başladığı bölgeyi tanımlamakta olup kan-laktat seviyesinin değerlendirilmesi ile kolaylıkla tespit edilmektedir (95). Aynı zamanda non-invaziv olarak solunum ve akciğer gaz değişim parametreleri ile de A_E hesaplanabilmektedir (2,37,93,96). A_E çalışmada; V-slope tekniği yani egzersiz sırasında tüketilen O₂ ile üretilen CO₂ (VCO₂/VO₂) arasındaki ilişki kriterleri kullanılarak indirekt olarak hesaplandı. A_E ile ilgili ilk ayrıntılı çalışmalar Wasserman ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Egzersiz sırasında,

laktakta ve metabolik asidozdaki sürekli artışa sebep olan, aerobik enerji üretiminin anaerobik mekanizmalarla desteklendiği noktanın üzerindeki oksijen tüketimini Wasserman anaerobik eşik olarak adlandırmıştır. A_E ; “Laktat Eşiği”, “Laktik Asidozis Eşiği”, “Gaz Değişim Eşiği”, “Ventilatör Eşik” , “Optimal Solunum Etkinlik” , “Elektromiyografik Yorgunluk Eşiği” ve hatta “Ameliyat Anaerobik Eşiği” gibi farklı anlamlar ile ifade edilmiş literatürde ve çalışmada bu isimlerle önümüze çıkmıştır.

Normal sağlıklı bireylerin kan-laktat seviyesinde artış olmadan egzersizin yaklaşık %50'sini sürdürebilmesi gerektiği öne sürülmüştür (97). Wasserman ve arkadaşları yaptıkları çalışma ile sporcularda kan-laktat seviyesinin normal bireylere göre daha geç arttığını göstermişlerdir (2).

Kalp rahatsızlıklarının derecesinin hastalık ve ölüm için önemli bir gösterge olduğunu Paul Order ve Adrian Hall 2004 yılında yaptıkları çalışmada belirtilmişlerdir. Bu çalışmada, kardiopulmoner fonksiyon ve aynı zamanda miokardial iskeminin tespiti için yegâne ölçü olarak ifade edilen Anaerobik eşiğin oluşturulması için ise CPET kullanılmıştır. $A_E < 11 \text{ ml/min/kg}$ olan hastalar büyük ameliyatlara için yüksek risk grubu olarak ifade edilmiş ve bu hastalar için perioperatif (ameliyat öncesi, sırası ve sonrası) yönteminin bu duruma uygun olarak yapılması gerektiği belirtilmiştir. Orta ciddiden ciddi kalp rahatsızlığıyla beraber miokardial iskemi ($A_E < 11 \text{ ml/min/kg}$) yüksek hastalık ve ölüm öngörüsü vermektedir. A_E ' de ki O_2 tüketilmesinde 11 ml/kg/dk ameliyat sonucu oluşabilecek olan ölüm riskinin azaltılmasında kullanılan önemli bir noktayı göstermektedir. A_E ' deki bu 11 ml/kg/dk O_2 tüketim noktasının altında olan hastalarda ameliyat sonrası oluşabilecek ölüm riskinin, O_2 tüketim oranı 11 ml/kg/dk üzerinde olan hastalara

oranla yaklaşık olarak 25 kat daha yüksek olduğu araştırmalarla belirlenmiştir (45,49).

Wensel ve arkadaşları tarafından PPH'li (Birincil Akciğer Hipertansiyonu) hastalar üzerinde yapılan alışma, VO_2 tepe oranı $10.4 \text{ ml/min}^{-1}/\text{kg}^{-1}$ 'dan kucuk veya eşit olan hastalarda erken ölüm riski bir yılda için %50, iki yılda ise %85 olarak tespit edilmiştir. VO_2 tepe oranı $10.4 \text{ ml/min}^{-1}/\text{kg}^{-1}$ 'dan buyuk veya eşit olan hastalarda ise erken ölüm riski bir yılda için %10, iki yılda ise %30 olarak tespit edilmiştir. Buna ek olarak aynı çalışmada, VO_2 tepe oranı $10.4 \text{ ml/min}^{-1}/\text{kg}^{-1}$ 'dan kucuk veya eşit olan ve aynı zamanda tepe sistolik kan basıncı 120mmHg 'den kucuk olan hastalarda 12 ay için çok duşuk yaşam oranları rapor edilmiştir. Bu risk faktörlerinden birisine veya hiçbirine sahip olan hastalar ise daha iyi yaşam oranlarına sahiplerdir (sırasıyla %79 ve %97) (3).

Çalışmada artan yüke karşı yapılan egzersiz testinin ısınma döneminde V_E/VO_2 değerleri sedanterlerde 30.3 ± 1.4 ve sporcular için yaklaşık 27.4 ± 0.8 civarında bulundu (tablo 5.11). İş gücünün artmasıyla birlikte V_E/VO_2 değeri her bir grupta da anlamlı olarak azalma gösterdi ve A_E bölgesinde sedanterlerde 25.4 ± 0.8 ve sporcularda 24.8 ± 0.6 bulundu (tablo 5.11). Bu elde ettiğimiz değerler istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiyor gibi ise de kg başına vücut ağırlığı başına değerlerle karşılaştırdığımızda ise sporcularda 29.6 ± 0.8 sedanterlerde ise 22.3 ± 0.6 bulundu ve gruplar arasında anlamlı farklılık tespit edildi (tablo 5.12).

SKN'de ki V_E/VO_2 değerleri sedanterlerde 27 ± 1.09 sporcularda ise 27.3 ± 0.9 olarak bulundu (tablo 5.11). Sedanter ve sporcu denekler arasında anlamlı farklılık bulunmamasına rağmen SKN'deki kg başına elde ettiğimiz değerler

anlamlılık göstermektedir. SKN'de kilogram başına değerler sedanterlerde 26.2 ± 0.5 sporcularda ise 34.7 ± 1.08 olarak bulundu (tablo 5.12).

Maksimalde de V_E/VO_2 değerleri iki grupta da artış göstererek sedanterlerde 34.2 ± 1.49 sporcularda ise 32.3 ± 1.7 olarak bulundu (tablo 5.11). Bu değerler arasında anlamlı farklılık bulunmamasına rağmen kg başına maksimalde ki değerlerde sedanterlerde 35.6 ± 0.6 sporcularda ise 46.5 ± 1.17 bulunup gruplar arasında anlamlı farklılık bulundu (tablo 5.12).

Myers ve arkadaşlarının kalp hastalığı riskinin tahmini için yaptıkları çalışmada dikkate değer bir tutarlılıkta V_E/VCO_2 eğrisi tepe VO_2 'den daha güçlü bir gösterge olarak gösterilmiştir (12).

Wasserman ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, 17-78 yaş aralığındaki 474 sağlıklı denek üzerinde uygulanan testlerde, V_E ve CO_2 çıktısı arasındaki ilişkiyi tespit etmede kullanılan üç tane metod karşılaştırılmıştır. Bu metodlar şunlardır: (1) Genellikle kardiyolojisiler tarafından kalp hastalığının ciddiyetini tahmin etmek için kullanılan, solunumsal kompenzasyon noktası altındaki V_E ve CO_2 çıktısı eğrisi; (2) pulmonojistler tarafından yaygın olarak kullanılan anaerobik eşikte V_E/CO_2 çıktısı oranı; (3) egzersiz sırasındaki en düşük V_E/CO_2 çıktısı oranı. (Bu 3.metod daha önceden rapor edilmemiştir.) Yapılan testler sonucunda, düşük V_E/CO_2 çıktısının oranının solunum verimsizliğinin tahmininde tercih edilen non-invaziv metod olduğu sonucuna varılmıştır (73).

Mezzani ve arkadaşlarının yapmış oldukları bir çalışmada göstermektedir ki iyileştirilmiş siyatonik olmayan doğuştan kalp rahatsızlığı olan ergen ve yetişkin hastalarda gözlenen yüksek V_E/VCO_2 eğri değerlerinin sebebinin aşırı solunum değil, daha çok azaltılmış VCO_2 'den ötürü olduğudur (98).

Bir kardiyopulmoner egzersizi sırasında ölçülebilecek diğer parametreler ölüm risk ve sebeplerini ve egzersiz intoleransının kapsamını anlamamıza yardımcı olmak için gösterilmiştir. Bu parametrelerin en güçlülerinden bir tanesi, solunumdaki artış ile karbondioksit eliminasyonu arasındaki ilişkinin (V_E/V_{CO_2}) eğrisi olarak değişik şekillerde hesaplanan egzersize solunumsal tepkinin tahminidir. V_E/V_{CO_2} eğrisi, solunum için, oksijen tüketimi (V_E/V_{O_2}) veya maksimal veya submaksimal solunum kontrolünün benzer bir ifadesidir (99).

İş gücünün düzenli olarak arttığı artan yüke karşı egzersiz testi sırasında solunum anaerobik eşik kadar lineer artış gösterirken anaerobik eşik üzerinde metabolik olmayan laktik asidin tamponlanmasından gelen ekstra CO_2 ile solunum hızlanma gösterir. Yani anaerobik eşik üzerinde solunum O_2 alımına göre daha hızlı artış göstermektedir. Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında solunum CO_2 atılımı ilişkisi yine anaerobik eşik kadar paralellik göstermektedir. Anaerobik eşik üzerinde ise solunum hızlanmakta ve artan CO_2 üretimini atmaktadır. Fakat bu ikisi arasındaki paralellik O_2 alımı solunumdaki gibi bozulma göstermez lineerlik devam eder. İş gücü şiddetinin daha da artmasına bağlı olarak gelişen egzersiz hiperventilasyonu sonucunda solunum CO_2 atılımına göre daha hızlı olmaktadır. Bu hızlanma noktası anaerobik eşik ile maksimal egzersiz performansı arasında bir noktada olup solunum kompenzasyon noktasına denk gelmektedir. Bu noktada V_E/V_{CO_2} ilişkisinde maksimal efora kadar artış gözlenmektedir (2,24,67,68). Çalışmada elde edilen bilgiler daha önce yapılmış olan çalışmalarla uyum göstermektedir.

Ross Arena ve arkadaşları tarafından yapılmış olan çalışmada, Tepe Oksijen Tüketimi (Peak VO_2) kalp hastalarında hastalığın seyrini belirleyen altın

standartlarından biri olduğu belirtilmiştir. Fakat Dakika solunumu ile Karbon dioksit üretimi arasındaki ilişkiyi gösteren V_E/V_{CO_2} eğrisinin kalp hastalarında hastalığın seyrinin önemli bir belirleyicisi olarak göstermişlerdir. Bazı çalışmalarda tepe VO_2 'den daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Çalışmada kalp hastalarının çoğunda V_E/V_{CO_2} eğrisi yükselmektedir (84).

123 hasta üzerinde yapılan bir başka çalışmada ise VO_2 tepe noktası 18 ml/min-1/kg-1' den büyük veya eşit olan hastalarda 3 yıllık yaşamsallık tepe V_E/V_{CO_2} değeri 34'den büyük veya eşit olan hastalara göre bariz bir şekilde daha düşük çıkmıştır. (%57'e karşı V_E/V_{CO_2} değeri 34'den küçük olanlar için %93). 34 değerine sahip bir $V_E-V_{CO_2}$ eğrisi belirgin bir şekilde 1 yıllık kalp rahatsızlıklarına bağlı ölümlerde ve 1 yıllık kalp rahatsızlıklarına bağlı hastaneye yatırma vakalarında daha iyi bir prediktördür (3).

Gitt ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada, gaz alışverişi ölçümleriyle, peş peşe 223 kronik kalp rahatsızlığı bulunan hasta üzerinde (114 coroner arter rahatsızlığı, 92 genişlemiş kardiyomiyopati, 17 diğer rahatsızlıklar) yapılan kardiyopulmoner egzersiz testinde, V_E/V_{CO_2} eğrisinin >34 olduğu durumlarda, hastalarda, kronik kalp rahatsızlığından erken ölme yüksek riskini tepe VO_2 değerinden daha iyi tanımladığı görülmüştür; bu durum böylelikle de hastaların kalp nakil sıralarının belirlenmesinde dikkate alınmıştır (73).

Daha önce idiopatik akciğer fibrosis klinik teşhisi konmuş olan 41 hasta üzerinde yapılan bir çalışmada Pa,O_2 eğrisi, VO_2 ,tepe, egzersizin tepe noktasındaki O_2 , nabız atımı ve yine egzersizin tepe noktasındaki V_E/V_{CO_2} yaşamsal devamlılığın belirgin prediktörü olarak rapor edilmişlerdir. $V_E-V_{CO_2}$ eğrisinin normal değerleri 25 bölgesindedir. Son zamanlarda, kronik kalp yetmezliği (CHF) olan hastalarda,

hastalığın seyrinin değerlendirilmesinde V_E - V_{CO_2} eğrisinin ve VO_2 tepe noktası değerinin kullanımına bir ilgi vardır. 470 hasta üzerinde yapılan bir çalışmada bir V_E - V_{CO_2} eğrisi ise 34'den büyük olduğu durumlarda kronik kalp yetmezliği sebebiyle erken ölüm için (6 ay) VO_2 tepe noktasından daha iyi bir prediktör indeksi göstermiştir (3).

Herzzentrum Ludwigshafen'de yapılan bir çalışmada, 1995-1998 yılları arasında 223 ardışık hasta'ya (114 koroner arter hastası, 92 genişlemiş kardiyomiyopati hastası ve 17 diğer hasta) gaz alışverişi ölçümü ile kardiyopulmonar egzersiz testi uygulanmıştır. Bu çalışmada tepe VO_2 , $VO_2 A_E$ ve V_E - V_{CO_2} eğrileri ölçülmüştür. Tepe VO_2 noktası için dakikada 14 mL/kg değerine küçük eşit olan değerler, $VO_2 A_E$ için dakikada 11 ml/kg değerinden küçük olan değerler ve V_E - V_{CO_2} eğrisi için 34'den büyük olan değerler yüksek ölüm riski için eşik değerleri olarak seçilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre $VO_2 A_E$ için dakikada 11 ml/kg değerinden küçük olan değerler ve V_E - V_{CO_2} eğrisi için 34'den büyük olan değerler kombine bir şekilde kronik kalp hastalıklarından yüksek erken ölüm riskini tepe VO_2 noktasından daha iyi tanımlamıştır (73).

Sabapathy ve arkadaşlarının yapmış oldukları bir başka çalışmada azaltılmış kas glikojen depoları ile yapılan artan yük testi sırasında, V_E , V_{CO_2} ile kandaki laktak konsantrasyonu arasındaki ilişki incelenmiştir. Kandaki laktak oranındaki düşüşün ve V_{CO_2} 'nin, V_E egzersizinde buna karşılık bir düşüş ile ilgisinin olmadığı çalışmada gösterilmiştir. Azaltılmış kas glikojen ile yapılan artan yük testi sırasında V_E ve V_{CO_2} 'nin sıkı şekilde eşleştiği görülse bile V_E - V_{CO_2} ilişki eğrisi kontrol testine kıyasla yükselmiştir. Eğer egzersiz V_E V_{CO_2} ile sıkı şekilde bağlı ise, o halde, diğer

mekanizmalar, azaltılmış glikojen testinde azalan V_{CO_2} ve metabolik asidosizle karşılaşılması halinde, işlevsel olmalıdırlar (100).

Brown ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışma, özgün bir şekilde, antrenmanlı gençlerdeki kardiyo-respirotar sistemin verim ölçülerinin çoğaltılabilirliği hakkındaki verileri rapor etmektedir. Bu çalışma aynı zamanda antrenmanlı gençlerde kardiyo-respirotar verimlilik ve maksimal oksijen alımı arasında düşük bir ilişkinin olduğunu rapor etmektedir. Çalışmalarda, klinik gruplarda egzersiz toleransının ölçülmesi için, V_E / V_{CO_2} eğrisi yoğun bir şekilde kullanılmasına rağmen, bu ölçüler, sporcular üzerine yapılan çalışmalarda sınırlı uygulamaya sahiptir (101).

Çalışmada artan yüke karşı yapılan egzersiz testinin ısınma döneminde V_E/V_{CO_2} değerleri sedanterlerde 32 ± 1.6 ve sporcular için yaklaşık 32 ± 0.6 civarında bulundu. (Tablo 5.10). İş gücünün artmasıyla birlikte V_E/V_{CO_2} değeri her bir grupta da anlamlı olarak azalma gösterdi ve A_E bölgesinde sedanterlerde 26 ± 1 ve sporcularda 26.5 ± 0.7 bulundu (tablo 5.10). Bu elde ettiğimiz değerler istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermiyor gibi ise de kg başına vücut ağırlığı başına değerlerle karşılaştırdığımızda ise sporcularda 27.7 ± 0.8 sedanterlerde ise 21.9 ± 0.8 bulundu ve gruplar arasında anlamlı farklılık bulundu (Tablo 5.13).

SKN'de ki V_E/V_{CO_2} değerleri sporcularda 23 ile 30 arasında değişiklik gösterip ortalama V_E/V_{CO_2} değerleri 27.5 bulundu. Sedanterlerde 21 ile 30 arasında değişiklik gösteren V_E/V_{CO_2} ortalama olarak 26 bulundu (tablo 5.10). Sedanter ve sporcu denekler arasında anlamlı farklılık bulunmamasına rağmen SKN'deki kg başına elde ettiğimiz değerler anlamlılık göstermektedir. SKN'de kilogram başına

değerler sedanterlerde 27.3 ± 0.8 sporcularda ise 34.3 ± 1.1 olarak bulundu (Tablo 5.13).

Maksimal de de V_E/VCO_2 değerleri iki grupta da artış göstererek sedanterlerde 30 ± 1.3 sporcularda ise 30 ± 1.1 olarak bulundu (tablo 5.10). Bu değerler arasında anlamlı farklılık bulunmamasına rağmen kg başına maksimalde ki değerlerde sedanterlerde 41 ± 1.8 sporcularda ise 50 ± 1.8 bulunup gruplar arasında anlamlı farklılık bulundu (Tablo 5.13).

V_E/VCO_2 V_E/VO_2 'den daha önemli bir prediktördür. V_E/VO_2 değişkendir ve heyecan faktörünün etkilemesi fazla olmaktadır. Onun için yapılan çalışmalarda V_E/VCO_2 daha etkilidir.

Sonuç olarak;

Daha önce yapılmış olan çalışmalarında desteklediği gibi V_E/VCO_2 değeri erken ölümlerin engellenmesinde, sağlıklı bir yaşamın sağlanmasında, hastalıkların derecesinin belirlenmesinde önemli bir belirleyici prediktör olarak karşımıza çıkmaktadır. V_E/VCO_2 değerinin üst limitlere doğru çıkması bireyin sağlığı açısından sıkıntı oluşturmaktadır. Literatürde ve çalışmada sporcu ve sedanterlerde V_E/VCO_2 değeri 25-26 civarındadır. Bireylerde V_E/VCO_2 değerinin 34'ün üzerinde olduğu durumlar hastalık belirtisi ve ölüm göstergesidir. Fakat bu değer sedanter ve sporcularda 25-26 bölgesinin altına düşmemektedir. Havanın atabileceği sınırlı miktarda CO_2 bulunmaktadır. Bunun alt limitide 25-26 civarlarında olmaktadır.

Sporcu ve sedanterlerde solunum, O_2 alımı, CO_2 atılımı, iş güçleri farklı olmasına rağmen sporcu ve sedanterlerde alt seviyelerde fark bulunmamaktadır. Üst seviyelerdeki V_E/VCO_2 hastalık belirtisi olarak kullanılmaktadır fakat alt seviyelere düşüklüğü sağlamlılık derecesi olarak kullanılamaz.

Akciğerin kanın yapısından ve sınırlılığında dolayı belirli bir miktar hava ile belirli bir miktar CO₂ atmaktadır. Bu yüzden alt seviyelerde sporcular ile sedanterler arasında fark bulunmamaktadır.

Sporcular ve sedanterler arasındaki metabolizma farkı da düşünülmesi gereken önemli bir konudur. Çünkü sporcuların sedanterlere oranla daha fazla karbonhidrat yakmış olmaları daha fazla CO₂ üretmesine sebep olmaktadır. Sporcular ve sedanterler arasındaki bu fark karbonhidrat tüketiminden de kaynaklanabilir.

Sedanter ve sporcularda V_E/VCO₂ alt değeri 25-26 civarındadır daha alt seviyelere düşmemektedir. Üst seviyelerde çıkan V_E/VCO₂ değerleri spor yapılarak, akciğer ve metabolizma eğitilerek düşürülebilir. Fakat bu 25-26 değerine kadar indirilebilir.

Elde ettiğimiz V_E/VCO₂ değerlerinin bireylerde korunması sağlanarak yaşamsal olarak erken ölümlerin engellenmesinde ve daha iyi bir fitness seviyelerine sahip olmaları sağlanabilir.

Sporcu, sedanter yada hasta bireyler için uygun V_E/VCO₂ değerlerinin korunup geliştirilmesi için ölçümlerin yapıp uygun egzersiz ve rehabilitasyon programlarının kişilere göre hazırlanıp uygulanması yaşamsal açıdan bireyler için önemli olacaktır.

7. KAYNAKLAR

- 1- Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ, Casaburi R. Principles of Exercise Testing and Interpretation: , ed 2. Philadelphia: Lea & Febiger, 1994; 62-64.
- 2- Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ. A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* 1986; 60: 2020-2027.
- 3- Palange P, Ward SA, Carlsen KH, Casaburi R, Gallagher CG, Gosselinke R, O'Donnell DE, Puente-Maestu L, Schols AM, Singh S, Whipp BJ. Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. *European Respiratory Journal* 2007;29 (1): 185-209
- 4- Whipp BJ. The bioenergetic and gas exchange basis of exercise testing. *Clin Chest Med.*, 1994 ;15:173-192.
- 5- 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.
- 6- Whipp BJ. Physiological mechanisms dissociating pulmonary CO₂ and O₂ exchange dynamics during exercise in humans. *Exp Physiol* 2007; 92: 347-355.
- 7- Ward SA. Ventilatory control in humans: constraints and limitations. *Exp Physiol*, 2007;92:357-66.
- 8- Whipp, B.J, Wasserman, K.. Blood-gas and acid-base regulation. In: *The Lung*, chapter 152, edited by RG. Crystal, J.B. West, et al. Philadelphia: Lippincott Raven Publisher, 1987; 2021-2031.
- 9- 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;53:653-659.
- 10- Sin PY, Webber MR, Galletly DC, Tzeng YC. Relationship between cardioventilatory coupling and pulmonary gas exchange. *Clin Physiol Funct Imaging.*, 2012;32:476-480.
- 11- Ingle L, Goode K, Carroll S, Sloan R, Boyes C, Cleland JG, Clark AL. Prognostic value of the VE/VCO₂ slope calculated from different time intervals in patients with suspected heart failure. *Int J Cardiol.*, 2007; 12:118:350-355.
- 12- Myers J, Arena R, Oliveira RB, Bensimhon D, Hsu L, Chase P, Guazzi M, Brubaker P, Moore B,Kitzman D, Peberdy MA. The Lowest VE/VCO₂ Ratio During Exercise as a Predictor of Outcomes in Patients With Heart Failure. *Journal of Cardiac Failure*, 2009; 15: 756-762.
- 13- Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Stringer WW, Whipp BJ. Principles of Exercise Testing and Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Applications. Lippincott Williams & Wilkins (Editörler). Philadelphia,2004.
- 14- 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.
- 15- Gaesser GA, Wilson LA. Effects of continuous and interval training on the parameters of the power-endurance-time relationship for high intensity exercise. *Int J Sports Med* 1988;9: 417–421.
- 16- 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.

- 17- Kubukeli ZN, Noakes TD, Dennis SC. Training techniques to improve endurance exercise performances. *Sports Med* 2002;32: 489-509.
- 18- Murphy RM, Weiner RB, Hough SS, Pappagianopoulos PP, Systrom DM, Hutter AM, Baggish AL, Lewis GD. Determinants of VE/VCO₂ Slope In Normal Individuals - Ventilatory Efficiency Is Modifiable With Endurance Training. *J Am Coll Cardiol* 2012;59:13-15.
- 19- Stringer WW. Cardiopulmonary exercise testing: current applications. *Expert Rev Respir Med* 2010; 4: 179-188.
- 20- Bentley DJ, Newell J, Bishop D. Incremental exercise test design and analysis: implications for performance diagnostics in endurance athletes. *Sports Med.* 2007;37 (7):575-86.
- 21- Balke B, Ware RW. An experimental study of “physical fitness” of Air Force personnel. *U.S. Armed Forces Med. J* 1959;10: 675–688.
- 22- Ozcelik O, Ward SA, Whipp BJ. Effect of altered body CO₂ stores on pulmonary gas exchange dynamics during incremental exercise in humans. *Exp Physiol* 1999;84: 999–1011.136.
- 23- Hollmann W. 42 Years Ago – Development of the Concepts of Ventilatory and Lactate Threshold. *Sports Med* 2001; 31 (5): 315-320.
- 24- Wasserman K. Anaerobiosis, lactate, and gas exchange during exercise: the issues. *Fed Proc* 1986;45: 2904-2909.
- 25- Svedahl K, MacIntosh BR. Anaerobic threshold: The concept and methods of measurement. *Can J Appl Physiol* 2003;28 (2): 299-323.
- 26- Wasserman K, McIlroy MB. Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am J Cardiol* 1964;14: 844–852.
- 27- Wasserman K, Whipp BJ, Koyal SN, Beaver WL. Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 1973;35: 236–243.
- 28- Gassi ER, Bankoff ADP. Anaerobic threshold determination through ventilatory and electromyographic parameters. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 2010;50: 131-135.
- 29- Koike A, Kobayashi K, Adachi H, Shimizu N, Itoh H, Hiroe M, Wasserman K. Effects of dobutamine on critical capillary PO₂ and lactic acidosis threshold in patients with cardiovascular disease. *Chest* 2001;120: 1218–1225.
- 30- Koike A, Weiler-Ravell D, McKenzie DK, Zanconato S, Wasserman K. Evidence that the metabolic acidosis threshold is the anaerobic threshold. *J Appl Physiol* 1990;68: 2521–2526.
- 31- Plato PA, McNulty M, Crunk SM, Tug Ergun A. Predicting lactate threshold using ventilatory threshold. *Int J Sports Med* 2008;29: 732-737.
- 32- Systrom DM, Kanarek DJ, Kohler SJ, Kazemi HJ. ³¹P nuclear magnetic resonance spectroscopy study of the anaerobic threshold in humans. *J Appl Physiol* 1990;68:2060–2066.
- 33- Ronald B.G. *Chest Medicine: Essentials of Pulmonary and Critical Care Medicine*, Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, 2005;103.
- 34- Douglas CG. Coordination of respiration and circulation with variations in bodily activity. *Lancet* 1927;213–218.

- 35- Owles WH. Alterations in lactic acid content of the blood as a result of light exercise and associated changes in the CO₂-combining power of the blood and in the alveolar CO₂ pressure. *J Physiol* 1930;69: 214–237.
- 36- Ghosh AK. Anaerobic Threshold: Its Concept and Role in Endurance Sport. *Malays J Med Sci.* 2004 11 (1): 24–36.
- 37- Wasserman K. Coupling of external to cellular respiration during exercise: the wisdom of the body revisited. *Am J Physiol* 1994;266: 519-539.
- 38- Serhatlıoğlu İ. Sedanter deneklerin “kritik egzersiz gücünün” belirlenmesinde “anaerobik eşik” ve “solunum kompenzasyon noktası” parametrelerinin etkinliğinin karşılaştırılması olarak incelenmesi. Doktora Tezi, Elazığ: Fırat Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü,2010.
- 39- Stringer W, Casaburi R, Wasserman K. Acid-base regulation during exercise and recovery in humans. *J Appl Physiol* 1992;72: 954–961.
- 40- Astarino TA. Is the ventilatory threshold coincident with maximal fat oxidation during submaximal exercise in women? *J Sports Med Phys Fitness* 2000;40: 209–216.
- 41- Córdova C, Silva VC, Moraes CF, Simões HG, Nóbrega OT. Acute exercise performed close to the anaerobic threshold improves cognitive performance in elderly females. *Braz J Med Biol Res* 2009;42: 458–464.
- 42- Myers J, Goldsmith RL, Keteyian SJ, Brawner CA, Brazil DA, Aldred H, Ehrman JK, Burkhoff, D. The ventilatory anaerobic threshold in heart failure: a multicenter evaluation of reliability. *J Card Fail* 2010;16: 76-83
- 43- Ozcelik O. Dogan H, Kelestimur H. Effects of a weight reduction program with orlistat on serum leptin levels in obese women: A 12-Week, Randomized, Placebo- Controlled Study. *Curr Ther Res Clin Exp* 2004;65: 127–137.
- 44- Whipp BJ. Domains of aerobic function and their limiting parameters. In: *The Physiology and Pathophysiology of Exercise Tolerance*. Ward SA (Editör). Plenum Pres, New York. 1996;12 (3):83-89.
- 45- 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.
- 46- Sinclair RC, Danjoux GR, Goodridge V, Batterham AM. Determination of the anaerobic threshold in the pre-operative assessment clinic: inter-observer measurement error. *Anaesthesia* 2009;64: 1192–1195.
- 47- 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.
- 48- 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.
- 49- Older P, Hall A. Clinical review: how to identify high-risk surgical patients. *Crit Care* 2004;8: 369–372.
- 50- Adams RP, Welch HG. Oxygen uptake, acid-base status, and performance with varied inspired oxygen fractions. *J Appl Physiol* 1980;49: 863-868.
- 51- Bruno G, Valentina Q, Claudio M, Marco F, Paolo C. Blood lactate accumulation and muscle deoxygenation during incremental exercise. *J Appl Physiol* 1999;87: 348–355.

- 52- Koike A, Kobayashi K, Adachi H, Shimizu N, Itoh H, Hiroe M, Wasserman K. Effects of dobutamine on critical capillary PO₂ and lactic acidosis threshold in patients with cardiovascular disease. *Chest* 2001;120: 1218–1225.
- 53- Linnarsson D, Karlsson J, Fagraeus L, Saltin B. Muscle metabolites and oxygen deficit with exercise in hypoxia and hyperoxia. *J Appl Physiol* 1974;36: 399–402.
- 54- Bishop D, Jenkins DG, Howard A. The critical power function is dependent on the duration of the predictive exercise tests chosen. *Int J Sports Med* 1998;19: 125–129.
- 55- Meyer T, Faude O, Scharhag J, Urhausen A, Kindermann W: Is lactic acidosis a cause of exercise-induced hyperventilation at the respiratory compensation point? *Br J Sports Med* 2004; 38: 622-625
- 56- Wilmore JH, Costill DL. *Physiology of Sport and Exercise: 3rd Edition*. Champaign, IL: Human Kinetics 2005;112-115
- 57- Pollock ML. Quantification of endurance training programs. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 1973;1:155-188
- 58- Rusko HK. Development of aerobic power in relation to age and training in crosscountry skiers. *Med Sci Sports Exerc* 1992; 24: 1040–1047.
- 59- Sue DY, Oren A, Hansen JE, Wasserman K. Diffusing capacity for carbon monoxide as a predictor of gas exchange during exercise. *N Engl J Med*. 1987;316 (21):1301.
- 60- Whipp BJ, Davis JA, Wasserman K. Ventilatory control of the 'isocapnic buffering' region in rapidly-incremental exercise. *Respir Physiol* 1989;76: 357–368.
- 61- Bouchard C, Dionne FT, Simoneau JA, Boulay MR. Genetics of aerobic and anaerobic performances. *Exerc Sport Sci Rev*. 1992;20:27-58
- 62- Astrand PO, Rodahl K. *The Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise (3rd ed.)*. New York: McGraw-Hill.1986.
- 63- Cureton KJ, Sparling PB. Distance running performance and metabolic responses to running in men and women with excess weight experimentally equated. *Med Sci Sports Exerc*. 1980;12 (4):288-94.
- 64- Costill DL. *Inside Running: Basics of Sports Physiology*. Indianapolis: Benchmark Press.1986.
- 65- Hickson RC, Foster C, Pollock ML, Galassi TM, Rich S. Reduced training intensities and loss of aerobic power, endurance, and cardiac growth. *J Appl Physiol*. 1985;58 (2):492-9
- 66- Luks AM, Glenny R, Robertson HT. *2013 Introduction to Cardiopulmonary Exercise Testing*, 2nd Edition, University of Washington, Section 6, Interpreting the Results of the Cardiopulmonary Exercise Test. https://www.ucl.ac.uk/anaesthesia/research/CPEX_Interpretation.pdf 09.08.2015.
- 67- Zhang YY, Johnson MC, Chow N, Wasserman K. The Role of Fitness on VO₂ and VCO₂ Kinetics in Response to Proportional Step Increases in Work rate. *European Journal of Applied Physiology*. 1991;63 (2):94-100.
- 68- Stringer W, Casaburi R, Wasserman K. The VCO₂/VO₂ relationship during heavy, constant work rate exercise reflects the rate of lactic acid accumulation. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1995; 72 (1-2):25-31.
- 69- Demir R, Küçüköğlü MS. Pulmoner arter hipertansiyonunda egzersiz kapasitesinin değerlendirilmesi. *Türk Kardiyol Dern Arş - Arch Turk Soc Cardiol* 2010;38 (8):580-588.

- 70- Myers J, Arena R, Oliveira RB, Bensimhon D, Hsu L, Chase P, Guazzi M, Brubaker P, Moore B, Kitzman D, Peberdy MA. The Lowest V_e/V_{CO_2} Ratio During Exercise as a Predictor of Outcomes in Patients with Heart Failure. *Journal of Cardiac Failure*, 2009;15 (9): 756.
- 71- Arena R, Guazzi M, Myers J, Chase P, Bensimhon D, Cahalin LP, Peberdy MA, Ashley E, West E, Forman DE. The relationship between minute ventilation and oxygen consumption in heart failure: Comparing peak VE/VO_2 and the oxygen uptake efficiency slope. *International Journal of Cardiology* 2012;154 (3):384–385.
- 72- McGowan SE, Torday JS. The Pulmonary Lipofibroblast (Lipid Interstitial cell) and its Contributions to Alveolar Development. *Annual Review of Physiology* 1997;59: 43-62.
- 73- Gitt AK, Wasserman K, Kilkowski C, Kleemann T, Kilkowski A, Bangert M, Schneider S, Schwarz A, Senges J. Exercise Anaerobic Threshold and Ventilatory Efficiency Identify Heart Failure Patients for High Risk of Early Death. *Circulation* 2002;106:3079-3084.
- 74- Jouven X, Empana JP, Schwartz PJ, Desnos M, Courbon D, Ducimetiere P. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. *N Engl J Med* 2005;352:1951–1958.
- 75- Wilmore JH, Stanforth PR, Gagnon J, Rice T, Mandel S, Leon AS, Rao DC, Skinner JS, Bouchard C. Cardiac output and stroke volume changes with endurance training: the HERITAGE Family Study. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33: 99-106.
- 76- Achten J, Jeukendrup AE. (2003). Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med* 33: 517-538.
- 77- Aslan N. Antrenmanlı Bireylerde Artan Egzersiz Testi Sırasında Kardiyorespiratuvar ve Metabolik Sistemlerin Aerobik ve Anaerobik Egzersiz Bölgeleri Cevaplarının Karşılaştırılarak Belirlenmesi. Y. Lisans Tezi, Elazığ: Fırat Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2012.
- 78- Bozdoğan H. Sporcularda istirahat ve egzersiz elektrokardiyogram kayıtlarının performans parametreleriyle birlikte değerlendirilmesi. Tıpta Uzmanlık Tezi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2009.
- 79- Giada F, Conte R, Pescatore V, Brugin E. Sports and arrhythmias. *Minerva Med. Review*. 2011 Jun;102 (3):239-47.
- 80- Utter AC, Lambeth PG. Evaluation of multifrequency bioelectrical impedance analysis in assessing body composition of wrestlers. 2010
- 81- Hill DW, Smith JC, Leuschel JL, Chasteen D, Miller SA. Effect of pedal cadence on parameters of the hyperbolic power-time relationship. *Int J Sports Med* 1995;16: 82–87.
- 82- Bentley DJ¹, McNaughton LR. Comparison of W (peak), VO_2 (peak) and the ventilation threshold from two different incremental exercise tests: relationship to endurance performance. *J Sci Med Sport* 2003 6 (4):422-35.
- 83- West M, Fellow CR, Jack S, Grocott MPW. Perioperative cardiopulmonary exercise testing in the elderly. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology* 2011; 25: 427–437.
- 84- Balady GJ, Arena R, Sietsema K. Clinician's Guide to Cardiopulmonary Exercise Testing in Adults: A Scientific Statement From the American Heart Association; *Circulation* 2010; 122:191-225.
- 85- Roca J, Whipp BJ, Agustí AG, Anderson SD, Casaburi R, Cotes JE, Donner CF, Estenne M, Folgering H, Higenbottam TW, Killian KJ, Palange P, Patessio A, Prefaut C, Sergysels R, Wagner PD, Weisman I. Clinical exercise testing with reference to lung diseases: indications,

- standardization and interpretation strategies. ERS Task Force on Standardization of Clinical Exercise Testing. *Eur Respir J* 1997;10: 2662–2689.
- 86- Melzer K, Kayser B, Pichard C. Physical activity: the health benefits outweigh the risks. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2004;7: 641–647.
- 87- Palange P, Ward SA. Indications for exercise testing: a critical perspective. In: *Clinical Exercise Testing* 2010;1:221-230.
- 88- Van Baak MA. Exercise training and substrate utilisation in obesity. *Int J Obes* 1999; 23: 11-17.
- 89- American Thoracic Society. American College of Chest Physicians, ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;167: 211–277.
- 90- Whipp BJ, Ward SA. The normal respiratory response in exercise. In: *Cardiopulmonary Exercise Testing*. Leff AR, (Editör) Orlando: Grune and Stratton, 1986;45–68.
- 91- Kilding AE, Jones AM. Validity of a single-visit protocol to estimate the maximum lactate steady state. *Med Sci Sports Exerc* 2005 ;37: 1734–1740.
- 92- 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: 165–170.
- 93- Hansen JE, Sue DY, Wasserman K. Predicted values for clinical exercise testing. *Am Rev Respir Dis.* 1984;129 (2):49-55.
- 94- Jouven X, Empana JP, Schwartz PJ, Desnos M, Courbon D, Ducimetiere P. Heart-rate profile during exercise as a predictor of sudden death. *N Engl J Med* 2005;352:1951–1958.
- 95- Yoshida T. Effect of exercise duration during incremental exercise on the determination of anaerobic threshold and the onset of blood lactate accumulation. *Eur J Appl Physiol* 1984;53: 196–199.
- 96- Brian J Whipp, Susan A Ward. Determinants and control of breathing during muscular exercise. *Br J Sports Med* 1998;32:199–211.
- 97- Spurway NC. Aerobic exercise, anaerobic exercise and the lactate threshold. *Br Med Bull* 1992; 48: 569–591.
- 98- Mezzani A, Giordano A, Moussa NB, Micheletti A, Negura D, Saracino A, Canal E, Giannuzzi P, Chessa M, Carminati M. Hemodynamic, not ventilatory, inefficiency is associated with high VE/VCO₂ slope in repaired, noncyanotic congenital heart disease. *International Journal of Cardiology* 2015 ;191:132–137
- 99- Coats AJS. Why ventilatory inefficiency matters in chronic heart failure. *European Heart Journal* 2005; 26:426–427.
- 100- Sabapathy S, Morris NR, Schneider DA. Ventilatory and gas-exchange responses to incremental exercise performed with reduced muscle glycogen content. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2006 ;9: 267-273.
- 101- Brown SJ, Raman A, Schlader Z, Stannard SR. Ventilatory efficiency in juvenile elite cyclists. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2013; 16: 266–270.

8. ÖZGEÇMİŞ

29.09.1981 yılında Elazığ ilinde doğdum. İlk ve orta ve lise öğrenimimi Elazığ'da tamamladım.1999 yılında Fırat üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümünü kazandım. 2003 yılında Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümünden mezun oldum. 2003 yılında Eğitim Fakültesi'nde Eğitim Bilimleri alanında Yüksek Lisans eğitimime başladım. 2007 yılında Yüksek Lisans Eğitimimi tamamladım. Aynı yıl beden eğitimi öğretmenlik görevime Elazığ'ın Palu ilçesinde başladım. 2010 yılında Fırat Üniversitesinde Beden Eğitimi ve Spor Alanında doktora eğitimime başladım. Şu an Elazığ İMKB Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesinde Beden Eğitimi Öğretmenliği yapmaktayım.