

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI

ARTAN YÜKE KARŞI YAPILAN EGZERSİZ SIRASINDA VÜCUT
METABOLİZMASINDAKİ DEĞİŞİMİN KALP HIZI-İŞ GÜCÜ ARASI
İLİŞKİ İLE TESPİTİNİN ETKİNLİĞİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

103263

Arş. Gör. Muammer ASLAN

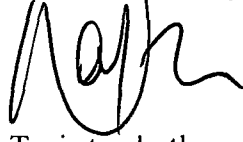
ELAZIĞ-2001

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

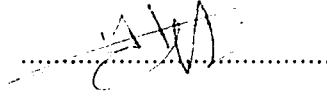
ONAY SAYFASI

Prof. Dr. Nazir DUMANLI

Sağlık Bilimleri Enstitüsü Müdürü



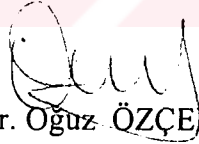
Bu tez Yüksek Lisans/Doktora Tezi standartlarına uygun bulunmuştur.



Prof. Dr. Haluk KELEŞTİMUR

Fizyoloji Anabilim Dalı Başkanı

Tez tarafımızdan okunmuş, kapsam ve kalite yönünden Yüksek Lisans/Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.



Yard.Doç.Dr. Oğuz ÖZÇELİK

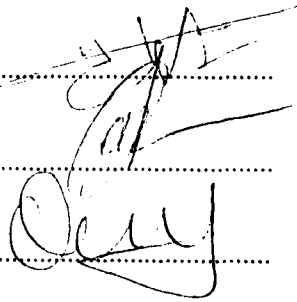
Danışman

Yüksek Lisans/Doktora Sınavı Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Haluk KELEŞTİMUR

Dr. Dr. A. Kemal Bursalı

Yard. Doç. Dr. Oğuz ÖZÇELİK



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince, engin akademik deneyim ve bilimsel birikimleriyle her türlü yardım ve desteklerini esirgemeyen danışman hocam Yard. Doç. Dr. Oğuz Özçelik' e,

Akademik yardımlarını esirgemeyen ve her zaman yol gösterici olan Fizioloji Anabilim Dalı Başkanı Sayın Prof. Dr. Haluk Keleştimur'a, Prof. Dr. A. Baki Türkoğlu'na, Yard. Doç. Dr. Ahmet Ayar'a, Araştırma Görevlisi Süleyman Sandal'a en içten teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR -----	ii
İÇİNDEKİLER-----	iii
KISALTMALAR LİSTESİ-----	iv
TABLO LİSTESİ. -----	v
ŞEKİL LİSTESİ-----	vi
1.ÖZET-----	1
2. ABSTRACT-----	2
3. GİRİŞ. -----	3
3.1. Maksimal oksijen alınımlı (VO_2max) -----	3
3.2. Anaerobik eşik-----	6
3.2.1. Egzersiz sırasında laktat artışından sorumlu mekanizmalar-----	8
3.2.1.1. O_2 yetersizliği -----	8
3.2.1.2 Enzimatik Hız Sınırlanması -----	9
3.2.1.3. Kas Tipleri -----	9
3.2.1.4. Laktat üretim-tüketim dengesi bozukluğu -----	10
3.2.1.5. Sempatik sistem aktivasyonu -----	10
3.2.1.6. Substrat kullanımı-----	10
3.2.1.7. Diğer faktörler-----	10
3.2.2. Egzersiz sonucu oluşan laktik asidin tamponlanması-----	11
3.2.3. Anaerobik eşiğin pratikteki önemi-----	12
3.2.3.1 Egzersiz tiplerinin sınıflandırılması-----	12
3.2.3.2 Uygun egzersiz programlarının hazırlanması-----	13
3.2.3.3. Klinik teşhiste destekleyici yöntem olarak kullanılması-----	13

3.2.3.4. Uygulanan tedavi cevabının değerlendirilmesi-----	14
3.2.3.5. Ameliyat güvenlik kriteri olarak kullanılması-----	14
3.2.4. Anaerobik eşik hesaplanması-----	14
3.2.4.1. İnvazif yöntemler-----	15
3.2.4.2. Non-invazif yöntemler-----	16
3.2.4.2.1. Egzersiz sırasında solunumun ve akciğer gaz değişim parametrelerindeki değişimlerin tespiti-----	16
3.2.4.2.2. İş gücü şiddeti ile kalp atım sayısı arasındaki ilişkinin değişiminin tespiti-----	18
AMAÇ. -----	19
4. GEREÇ VE YÖNTEM -----	20
4.1. EGZERSİZ TEST PROTOKOLÜ -----	20
4.1.1. Isınma dönemi -----	21
4.1.2. Ramp dönemi -----	22
4.1.3. İyileşme dönemi -----	22
4.2. SOLUNUM PARAMETRELERİNİN ÖLÇÜMLERİ. -----	23
4.3. ANAEROBİK EŞİK (θ_{an}) HESAPLAMASI. -----	23
4.4. İSTATİSTİK ANALİZİ. -----	25
5. BULGULAR.-----	26
5.1 Dakika solunumunun (V_E l/dk) şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında verdiği cevaplar. -----	29
6. TARTIŞMA ve SONUÇ-----	40
7. KAYNAKLAR -----	43
8. ÖZGEÇMİŞ -----	54

KISALTMALAR LİSTESİ

AT	: Anaerobik eşik.
% AT	: Anaerobik eşik ile iş gücü arasındaki oran.
KN	: Kırılma noktası.
$P_{ET}O_2$	: Tidal sonu oksijen alım basıncı.
$P_{ET}CO_2$	: Tidal sonu karbondioksit atılım basıncı.
R	: Gaz değişim oranı.
V_E	: Dakika solunum.
VKİ	: Vücut kütle indeksi.
VO_2	: Oksijen alımı.
VO_{2max}	: Maksimum oksijen alımı.
VCO_2	: Karbondioksit atılımı.

TABLO LİSTESİ

Tablo No		Sayfa No
4.1	Çalışmaya katılan erkek ve bayan deneklerin fiziksel özellikleri ve vücut kitle indeksinin (VKİ) ortalama ($\pm$ SD) ve minimum-maksimum değerleri.	
5.1	Erkek (n=35) ve bayan (n=35) deneklerin ortalama ($\pm$ SD) ve minimum-maksimum maksimal egzersiz performansları (V_{max}), aerobikden anaerobik metabolizmaya geçiş noktası olan anaerobik eşik (AT), anaerobik eşik ile maksimal egzersiz performansı arasındaki oran (%AT) ve her bir kilogram vücut ağırlığı için iş üretebilme kapasiteleri.	
5.2	Erkek ve bayan deneklerin istirahat, ısınma dönemi, anaerobik eşik ve maksimal egzersiz performanslarındaki ortalama ($\pm$ SD) dakika solunum (V_E l/dk) değerleri.	
5.3	Erkek ve bayan deneklerin ortalama ($\pm$ SD) kalp atım hızı değerlerinin istirahat, ısınma, anaerobik eşik ve maksimal egzersiz testine verdiği cevaplar ile olması gereken (Prediktet) kalp hızı değerleri ve deneklerin ulaştıkları maksimal kalp atım hızlarının denekler için olması gereken kalp atım değerine oranı (% prediktet).	

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil No		Sayfa No
3.1	Supramaksimal egzersiz testleri sırasında maksimal oksijen alınımının (VO_{2max}) hesaplanması (A). Oksijen alınımının ölçülmesi yüksek iş gücünde zaman ile ilişkilidir. 1. iş gücü için oksijen alınımı VO_{2max} ' ın altındadır. 2. iş gücü için oksijen alınımı 3. ve 4. iş güçlerinde ulaşılan oksijen alınımı ile aynı seviyededir. Bu ise bu çalışma formu için VO_{2max} 'ı tanımlamaktadır. Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında VO_{2max} ve maksimum (Peak veya tepe) oksijen alınımı arasındaki farklar B'de gösterilmiştir. Denekler tolere edebilecekleri maksimum iş gücüne eriştiklerinde oksijen alınımı artan iş gücüne rağmen sabitleşmekte bu ise deneklerin VO_{2max} ' ını göstermektedir. Oksijen alınımının yavaşlamayıp iş gücü ile artması durumu ise en yüksek veya maksimum oksijen alınımı olarak adlandırılır (Bu şekil Wasserman ve ark. 1994 çalışmasından alınmıştır).	
3.2	Uzun mesafe koşucularında koşma hızı ile kalp atımı arasındaki ilişki (Orijinal Conconi ve ark. 1982 çalışmasından alınmıştır).Deneyde kullanılan şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testinin protokolü. (-4 ve 0 dakikalar arası 20 watt'daki ısınma dönemini gösterir.	
4.1	Ramp dönemi iş gücünün dakikada 15 Watt olarak arttırıldığı yükleme dönemini gösterir. Recovery dönemi ise 20 watt'daki iyileşme dönemini gösterir).	
4.2	Çalışmaya katılan bir deneğin şiddeti düzenli olarak artırılan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında dakika solunum (V_E) ve solunum sayısı ile iş gücü arasındaki ilişkisi. Dik kesik çizgi anaerobik eşiği göstermektedir.	
5.1	Çalışmaya katılan tüm erkek deneklerin ($n=35$) her kilogram vücut ağırlığı için iş üretebilme kapasiteleri (maksimal iş gücünün vücut ağırlığına oranı) ile vücut kitle indeksi (VKI , kg/m^2) arasındaki ilişkinin lineer regresyon analizi.	

5.2	Çalışmaya katılan tüm bayan deneklerin (n=35) her kilogram vücut ağırlığı için iş üretebilme kapasiteleri (maksimal iş gücünün vücut ağırlığına oranı) ile vücut kitle indeksi (VKİ, kg/m^2) arasındaki ilişkinin lineer regresyon analizi.	
5.3	Erkek ve bayan deneklerin ortalama ($\pm$ SD) maksimal egzersiz kapasiteleri (W_{max}) ve aerobik anaerobik metabolizma değişim bölgesi olan anaerobik eşikteki (AT) iş gücü.	
5.4	Bir erkek deneğin dakika solunumunun (V_E l/dk) şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında verdiği cevap. Zaman 0 pedal gücünün 15 W/dk artmaya başladığı ramp döneminin başlangıcını, zaman sıfırdan öncesi ısınma dönemini gösterir. Yatay kesik çizgili ok metabolizma hızının lineerliği yönünü göstermektedir. Yukarı doğru solid ok anaerobik eşiği (AT) gösterir.	
5.5	Dakika solunumun (V_E), solunum sayısının (SS) ve tidal volümün (V_T) artan yüke karşı yapılan egzersiz testinin istirahat (0 W), ısınma dönemi (20 W), anaerobik eşikte (AT) ve maksimal egzersiz performansında (Max) erkeklerde ulaştığı ortalama ($\pm$ SD) değerleri.	
5.6	Dakika solunumun (V_E), solunum sayısının (SS) ve tidal volümün (V_T) artan yüke karşı yapılan egzersiz testinin istirahat (0 W), ısınma dönemi (20 W), anaerobik eşikte (AT) ve maksimal egzersiz performansında bayanlarda ulaştığı ortalama ($\pm$ SD) değerleri	
5.7	Kalp atım hızının şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında verdiği cevap. Zaman 0 pedal gücünün 15 W/dk artmaya başladığı ramp döneminin başlangıcını, zaman sıfırdan öncesi ısınma dönemini gösterir.	
5.8	Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında kalp atım hızı ve dakika solunum ile iş gücü arasındaki ilişki (örnek bir denek). Dikey kesik çizgi anaerobik eşiği göstermektedir. Yatay kesik çizgi metabolizmanın uygulanan iş gücüne göre artma durumunu göstermektedir.	

5.9	Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında kalp atım hızı ve dakika solunum ile iş gücü arasındaki ilişki (örnek bir denek). Dikey kesik çizgi anaerobik eşiği göstermektedir. Yatay kesik çizgi metabolizmanın ve kalp hızının uygulanan iş gücüne göre artma durumunu göstermektedir.	
5.10	Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında kalp atım hızı ve dakika solunum ile iş gücü arasındaki ilişki (örnek bir denek). Dikey kesik çizgi anaerobik eşiği göstermektedir. Yatay kesik çizgi metabolizmanın uygulanan iş gücüne göre artma durumunu göstermektedir.	
5.11	Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında kalp atım hızı ve dakika solunum ile iş gücü arasındaki ilişki (örnek bir denek). Dikey kesik çizgi anaerobik eşiği göstermektedir. Yatay kesik çizgi metabolizmanın ve kalp hızının uygulanan iş gücüne göre artma durumunu göstermektedir.	
5.12	Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında kalp atım hızının kırılmaya başladığı noktadaki iş gücü ile anerobik eşik deki iş gücü arasındaki ilişkinin erkek (n= 22) (o) ve bayan (n= 13) (•) deneklerde verdiği cevaplar.	

1. ÖZET

Bu çalışmanın amacı egzersiz sırasında kalp atım hızı ve iş gücü arasındaki ilişkinin insanlarda önemli bir sağlık göstergesi olarak kullanılan anaerobik eşiğin non invazif olarak tespit edilmesindeki etkinliğini araştırmaktır.

Toplam 70 (35 erkek 35 bayan) denek çalışmaya katıldı. Her denek bisiklet ergometre ile şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı (15 Watts/dk) yapılan egzersiz testine tabi tutuldu.

Egzersiz sırasında, deneklerin kalp hızları polar kalp hızı ölçüm saati ile, solunum parametreleri spirometri ile tespit edildi. Anaerobik eşik non invazif olarak dakika solunum-iş gücü arasındaki ilişki ile hesaplanarak kalp hızı iş gücü ilişkisiyle karşılaştırıldı.

Kalp hızı ile iş gücü arasında lineer ilişki 13 erkek ve 22 bayanda bulundu. Kalp hızı ve iş gücü arasında kırılma ise sol tarafa erkeklerde 9 bayanlarda 5, sağ tarafa kırılma ise erklerde 13 bayanlarda 8 denekte bulundu. Yapılan çalışmada anaerobik eşik ile kalp hızı kırılma noktası arasında yalnızca 3 erkek denekte ilişki bulundu.

Sonuç olarak bu çalışma kalp atım hızı ile iş gücü arasındaki ilişkinin aerobik den anaerobik bölgeye geçişi gösteren anaerobik eşiğin tespitinde pek geçerli bir yöntem olmayacağı sonucunu göstermektedir.

Bu nedenle özellikle hastalara veya sporculara kalp hızına göre antrenman yada egzersiz protokolü hazırlanırken dikkat edilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Egzersiz testi, anaerobik eşik, kalp hızı

2.ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the validity of heart rate work rate relationships as an index of anaerobic threshold estimation which is an important health criteria.

Total of 70 subjects (35 male and 35 female) were participated. Each subject was performed an incremental exercise test (15 watts/min) until the limit of tolerance.

During exercise, heart rate was measured using polar heart rate watch, respiratory parameters were estimated using spirometry. Anaerobic threshold was estimated non-invasively using ventilation work rate relationships and compared with heart rate work rate relationship.

There was a linear relationships between heart rate and work rate in 13 male and 22 female subjects. Heart rate work rate relationship showed deflection to left side on 9 male and 5 female, and right side on 13 male and 8 female subjects. Unfortunately, we have found a good relationships between anaerobic threshold and heart rate deflection point only 3 male subjects.

Consequently, it has been shown that heart rate deflection point may not provide an accurate aerobic to anaerobic metabolic transition point which is also called as the anaerobic threshold. Thus, investigators or clinicians must be careful when preparing exercise training program using heart rate deflection point.

Key words: Exercise test, anaerobic threshold, heart rate.

3. GİRİŞ

İnsanların sağlık durumlarının değerlendirilmesinde varsa bozuklukların yerini, nedenlerini ve şiddetinin belirlenmesi ve gerektiğinde tedavi edilmesi günümüzde klinik ve spor bilimlerinde üzerinde durulan en önemli konulardan biridir. Kardiyopulmoner fonksiyon testleri Kardiyoloji, Göğüs Hastalıkları, Endokrin ve Metabolizma Hastalıkları ve Spor Bilimlerinde sık olarak kullanılmaktadırlar.

Kardiopulmoner fonksiyon testlerinde 2 ana kriter yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlar egzersiz sırasında maksimal oksijen alımı (VO_2max) kapasitelerinin ölçülmesi veya anaerobik eşik ölçülmesine dayanmaktadır (100, 109).

3.1. Maksimal oksijen alımı (VO_2max)

Oksijenin atmosferden egzersiz kaslarındaki mitokondriyalara kadar taşınması ve bu taşınan oksijenin egzersiz kaslarında kullanılmaları egzersizin başarı ile devam ettirilip ettirilemeyeceğini gösteren iki önemli faktördür (56). Normal sedanter, hasta veya sporcu kişilerin yapmak istedikleri herhangi bir günlük faaliyet, egzersiz veya sportif aktiviteyi tamamlamaları için uygun iş gücünü devam ettirememeleri egzersiz intoleransı olarak tanımlanmaktadır (100).

Maksimal oksijen alımı (VO_2max l/dk) egzersiz sırasında vücudun organ ve dokularının alabileceği ve kullanabileceği maksimal oksijen alımı hacmini tanımlamaktadır. Vücudun sağlık durumuna bağlı olarak insanların değişik derecelerde "oksijen alımı" ve maksimal oksijen alımı (VO_2max)

düzeyi vardır. $VO_2\text{max}$, maksimal kardiyak output, arterial–venöz kan arasındaki oksijen farkı ve maksimal solunum kapasitesi ile yakından bağlantısı olduğu için bu sistemlerin sağlık durumundaki değişikliklerden etkilenmektedir. Bu nedenle, $VO_2\text{max}$ spor ve klinik (özellikle kardioloji ve göğüs) bilimlerinde sporcu veya hastaların kardiovasküler, metabolik ve pulmoner sistemlerin kapasitelerinin ölçümünde ve varsa anormalliklerinin kaynağının ve şiddetinin tespitinde sık olarak kullanılan önemli bir parametredir (11, 39, 100). Kişilerin oksijen alım kapasiteleri kardiyak output ile egzersiz kaslarının oksijen kullanım potansiyeline (yani arterial–venöz kan arasındaki oksijen farkı) eşittir. Kardiyak output ise strok volum ile kalp hızının çarpımına eşittir.

$$VO_2 = Q \times (CaO_2 - CvO_2)$$

Q = Kardiyak output

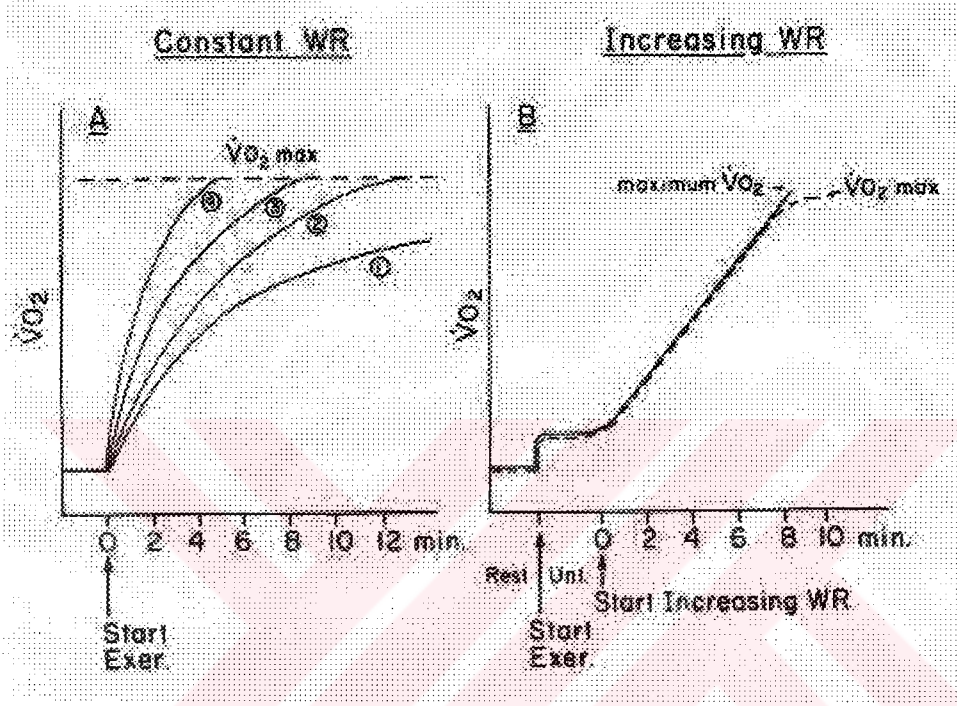
CaO_2 = Arterial kandaki oksijen konsantrasyonu

CvO_2 = Venüs kandaki oksijen konsantrasyonu

$$Q = \text{Kalp Hızı} \times \text{strok hacmi}$$

Egzersiz sırasında artan alveolar ventilasyon sonucu akciğerde gaz değişimi ve dolayısıyla kana giren oksijen miktarında artış olmaktadır. Normal istirahat şartlarında genç bir erişkin erkekte dakikada 250 mililitre olan kana verilen oksijen miktarı egzersizde daha yüksek seviyelere kadar çıkabilir. Egzersiz veya sportif aktivite sırasında egzersiz kaslarının oksijen ihtiyacı artmakta bunun

karşılanması amacıyla dokular kandan oksijen alımını hızını artırmaktadır. Bunun sonucunda arteriyel ve venöz kan arasındaki oksijen farkı artmaktadır.



Şekil 3.1: Supramaksimal egzersiz testleri sırasında maksimal oksijen alımının (VO_{2max}) hesaplanması (A). Oksijen alımının ölçülmesi yüksek iş gücünde zaman ile ilişkilidir. 1. iş gücü için oksijen alımı VO_{2max} ' ın altındadır. 2. iş gücü için oksijen alımı 3. ve 4. iş güçlerinde ulaşılan oksijen alımı ile aynı seviyededir. Bu ise bu çalışma formu için VO_{2max} 'ı tanımlamaktadır. Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında VO_{2max} ve maksimum (Peak veya tepe) oksijen alımı arasındaki farklar B'de gösterilmiştir. Denekler tolere edebilecekleri maksimum iş gücüne eriştiklerinde oksijen alımı artan iş gücüne rağmen sabitleşmekte bu ise deneklerin VO_{2max} ' ını göstermektedir. Oksijen alımının yavaşlamayıp iş gücü ile artması durumu ise en yüksek veya maksimum oksijen alımı olarak adlandırılır (Bu şekil Wasserman ve ark. 1994 çalışmasından alınmıştır).

VO_{2max} orijinal tanımlanması artan egzersizle birlikte oksijen alınımının artması ve bu uygulanan egzersiz şiddetinin artışına rağmen oksijen alınımında artış olmayıp plato şeklinde sabitleşmesidir (Şekil 3.1). Şiddeti düzenli olarak artan egzersiz testi sırasında kişilerin tolere edebildikleri maksimal performans sırasında oksijen alınımında plato görülmemesi durumu ise maksimum veya pik oksijen alınımı olarak adlandırılır ve bu pik oksijen alınımı (VO_{2pik}) maksimal oksijen alınımını yansıtmamaktadır (Şekil 3.1).

3.2. Anaerobik eşik

Bu yüzyılın başlarında, yapılan çalışmalarda arteriyal kan laktat konsantrasyonunun bazı tip egzersiz sırasında artmadığı, bazı egzersiz tiplerinde ise arttığı gösterilmiştir ve arteriyal kan laktat konsantrasyonunun yalnızca belirli bir iş gücü eşik değerinin aşıldığında artmaya başladığı gösterilmiştir (27, 74). Arteriyal kan laktat konsantrasyonunun arttığı egzersiz tiplerinde bikarbonat konsantrasyonunda azalma olduğu yine aynı bilim adamlarınca yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (27, 74).

Hollmann (40) arterial kan laktat konsantrasyonu ile solunum arasındaki yakın ilişkiyi göstererek bunu “optimal solunum etkinlik noktası” olarak tanımlamıştır. Wasserman ve McIlroy egzersiz sırasında arteriyal kan laktat konsantrasyonunun sistematik olarak istirahat seviyesinin üzerine doğru artmaya başladığı noktayı “Anaerobik Eşik” olarak tanımlayarak solunum ve bunun

akciğer gaz değişim parametreleri ile noninvazif olarak belirlenebileceğini göstermişlerdir (97).

Bununla birlikte yapılan egzersiz çalışmalarının sonucu eşik karakterli laktat artışını desteklemeyip kan laktat artışının eksponensiyal karakterde olduğu ileri sürülmüştür (26, 45, 112).

Wasserman ve ark. (99) tarafından yapılan karşı açıklamada ise anaerobik eşik altında yapılan iş gücündeki egzersizler sırasında her zaman olmamakla birlikte bazen kan laktat konsantrasyonunda hafif bir artış olabileceği kabul edilmekte fakat bunun doku anaerobiosisini değil glukoliz ve Krebs döngüsü dengesizliği sonucu pürüvat bağımlı artışı yansıttığı ileri sürülmüştür. Bunu desteklemek için yapılan çalışmada anaerobik eşik üstündeki egzersizlerde görülen laktat/pürüvat oranındaki artışın eşik altı bölgede yapılan egzersizlerde artmadığı gösterilmiştir (99). Laktat/pürüvat oranındaki artış kan ve kaslarda benzer olduğu gösterilmiştir. Yapılan çalışmalarda egzersiz sırasında kas laktat konsantrasyonunun iş gücünün VO_2max 'ın %50-60 kadar önemli bir artış göstermediği ve kan ile kas laktat konsantrasyonunun beraber arttığı gösterilmiştir (54).

Son yıllarda anaerobik eşik terimi “Laktat Eşiği” (46, 58), “Laktik Asidozis Eşiği” (100), “Gaz Değişim Eşiği” (75), “Ventilatory Eşik” (32), “Optimal Solunum Etkinlik” (40), “Elektromyografik Yorgunluk Eşiği” (65) ve hatta “Ameliyat Anaerobik Eşiği” (71) gibi farklı anlamlar ile de kullanılmaya başlamıştır.

3.2.1. Egzersiz sırasında laktat artışından sorumlu mekanizmalar

3.2.1.1. O₂ yetersizliği

Bu hipotezde egzersiz sırasında kan laktat artma nedeninin elektron transport zinciri ve ATP hidrolizi için gerekli olan O₂'nin yetersizliği sonucu olduğu ileri sürülmektedir (96). Bunun sonucunda ise gerekli olan ATP ihtiyacı karbonhidratların katabolizması sonucu üretilmektedir.

Normal deneklerde egzersiz sırasında hipoksik ve hiperoksik gaz konsantrasyonları solutulmasının egzersiz kaslarındaki laktat metabolizmasında meydana getirdiği değişiklikler, egzersiz sırasında O₂ temininin önemini göstermekte olup anaerobiozis hipotezi destekleyen temel bulgulardır (1, 61).

Egzersiz sırasında inspirasyon havasındaki O₂ konsantrasyonu artırıldığında (hiperoksi) laktik asit üretiminin geciktiği (1, 61) ve anaerobik eşik üstü iş gücünde yapılan egzersiz sırasında laktat konsantrasyonundaki artışı azalttığı gösterilmiştir (43, 61).

İnspirasyon havasındaki O₂ konsantrasyonu azaltıldığında ise anaerobik eşik değerinin azaldığı ve aynı iş gücüne göre kan laktat konsantrasyonu daha yüksek olduğu gösterilmiştir (43, 61).

Egzersiz sırasında kan laktat konsantrasyonundaki artışın dokulardaki anaerobiozisi yansıttığı bazı bilim adamlarınca sorgulanmıştır (10, 16, 59). Anaerobiozis hipotezine karşılık olarak, egzersiz sırasında O₂ yetersizliğinin kan laktat artışından tek başına sorumlu olamayacağı ileri sürülmüştür (10).

Araştırmacılar bazıları egzersiz sırasında mitokondriaların ihtiyacı olan O_2 nin her zaman bulunduğunu ileri sürmüşlerdir (57). Keul ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada tek bacak egzersizi sırasında aynı kan ve venöz PO_2 değerinde egzersiz yapılan bacakta laktat üretimi olurken istirahat halindeki bacakta laktat tüketimi olduğu gösterilmiştir. Bu ise O_2 'nin laktat üretiminde etkinliğinin fazla olamayacağı sonucunu ortaya koymuştur.

3.2.1.2 Enzimatik Hız Sınırlanması

Bu hipotez Krebs döngüsün enzimlerinin (süksinat dehidrogenaz) veya mitokondrial solunum zincir enzimlerinin (sitokrom oksidaz) antrenman ile artması sonucunda deneklerin kaslarındaki oksidatif kapasitedeki artışlara dayanmaktadır (34, 35, 38, 80). Bununla birlikte mitokondrial enzimlerin kendilerinin anaerobik eşikte hız sınırlayıcı etkisi henüz gösterilmemiştir. İlginç olarak, yakın zamandaki çalışmada pürüvat dehidrogenaz kompleksinin aktivasyonu egzersiz sırasında kan laktat cevabını azaltmakta olduğu ve kreatin fosfat değerindeki azalma gösterilmiştir (88, 89).

3.2.1.3. Kas Tipleri

İnsan iskelet kasları kabaca yüksek oksidatif kapasiteye sahip olan ve yüksek sayıda mitokondri içererek aerobik iş gücünde etkili olan tip I (yavaş kasılan) kasları ile düşük oksidatif fakat yüksek glikolitik kapasiteye sahip olan ve yüksek miktarda enerji üretebilen tip II (hızlı kasılan) kasları (30, 81) olmak üzere

iki ana gruba ayrılabilir. Özellikle tip IIb kaslarının (hızlı glikolitik) aktivasyonu sonucu anaerobik glikolizis ve laktat üretiminde artış olmaktadır (48, 81).

3.2.1.4. Laktat üretim-tüketim dengesi bozukluğu

Egzersiz sırasında kan laktat konsantrasyonu artışını açıklayan diğer bir görüş ise, laktat tüketim mekanizmaları (kas ve karaciğerde oksidasyon ve glukogenezis) ile laktat üretimi arasındaki dengenin, laktat üretim, tüketim veya her ikisinde birden olan değişiklikler sonucu bozulmasıdır (10). Yapılan çalışmalarda egzersiz sırasında egzersize katılmayan kasların (30) laktatı metabolize ettikleri gösterilmiştir.

3.2.1.5. Sempatik sistem aktivasyonu

Normal bireylerde sempatik sistem aktivasyonu laktat oluşumundan sorumlu tutulmaktadır (52, 103). Fakat mitokondrial miyopatili hastalarda yapılan çalışmalarda anormal laktat üretimine karşılık epinefrin ve noraepinefrin seviyeleri arasında normal değerler arası farklılık bulunamamış ve laktat üretimi arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

3.2.1.6. Substrat kullanımı

Egzersiz sırasında artan enerji üretimi sırasında metabolik substrat kullanımının laktat üretiminde farklılıklara neden olacağı gösterilmiştir. Yapılan

insan (20) deneylerinde egzersiz sırasında serbest yağ asitlerin kullanımlarındaki artışlarda laktat konsantrasyonunda azalmalar olduğu gösterilmiştir. Glikojen seviyesindeki artışın laktat oluşumunu artırdığı gösterilmiştir.

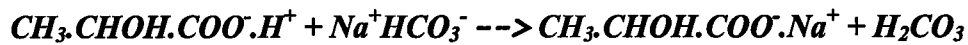
3.2.1.7. Diğer faktörler

Kan laktat artışını açıklamaya çalışan görüşlere ilave olarak, pH (87), epinefrin (67, 82, 92) diyet (47), artan ısı (29) ve hatta bisiklet pedal hızı (62) gibi bazı birçok faktörlerinde kan laktat seviyesini etkileyebileceği ileri sürülmüştür.

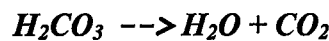
Sonuç olarak, anaerobik eşik terimi için önemli olan laktat artışının profili yapılan çalışmalara rağmen henüz tam olarak açıklığa çıkmamıştır.

3.2.2. Egzersiz sonucu oluşan laktik asidin tamponlanması

Kan ve kaslardaki bikarbonat vücudun ana tampon sistemini oluşturur. Egzersiz sırasında artan kan laktik asit konsantrasyonuna karşılık olarak aynı oranda bikarbonat konsantrasyonunda azalma olduğu yapılan çalışmalarda gösterilmiştir (4, 27, 57, 84, 106)



(laktik asit + sodyum bikarbonat) $\rightarrow$ (sodyum laktat + karbonik asit)



(su + karbondioksit)

Bikarbonat tarafından tamponlanan her milimol laktik asit için 22.3 ml CO₂ üretilmektedir (4, 94). Hücre içinde laktat artışı ve bikarbonat azalması bu iyonların membrandan transferini uyarır bu ise kanda her milimol laktat artışına karşılık aynı oranda bikarbonat konsantrasyonunda azalmaya yol açar (4, 57, 115).

Stringer ve ark. (84) hücre içindeki bikarbonat tampon sistemi dışındaki diğer tampon sistemlerinin laktat profili üzerine az miktarda da olsa etki edebileceğini gösterdiler. Özellikle ağır ve şiddetli egzersiz sırasında laktat ve bikarbonat değişimi arasındaki yakın ilişki kan laktat konsantrasyonunun 0.5 ve 1.0 mEq/l artması sonrası eşitlenmektedir (84). Laktatın hücre dışına çıkışı taşıyıcı aracılığı ile olmakta, pH değişiklikleri (91) ve bikarbonat konsantrasyon farkı (63) ise bu transportu hızlandırmaktadır.

3.2.3 Anaerobik eşik pratikteki önemi

Anaerobik eşik terimi ve onun noninvazif hesaplanması spor ve klinik bilimleri alanlarında yaygın olarak çeşitli amaçlar için kullanılmaya başlanmıştır. Bunların başlıca kullanım alanları:

3.2.3.1 Egzersiz tiplerinin sınıflandırılması

Karakter olarak egzersiz tiplerinin sınıflandırılmasında genel olarak üzerinde anlaşmaya varılan prosedür olmamakla birlikte en popüler olarak egzersiz orta, ağır ve şiddetli olmak üzere üç farklı tip de yorumlanabilir (111).

Yapılan iş gücü anaerobik eşik altında ise, yani kan laktat konsantrasyonunda herhangi bir artışa yol açmıyor ve istirahat seviyesindeki kalıyor, orta şiddet de egzersiz tipi olarak tanımlanabilir.

İş gücü başlangıçta arteriyal kan laktat konsantrasyonunda artışına neden oluyor fakat bu artış vücut tarafından dengelenebiliyorsa (veya azalıyorsa) ağır şiddet de egzersiz tipi denilir.

Arteriyal kan laktat konsantrasyonu iş gücüyle birlikte sürekli artıyor ve dengelenemiyor ise bu şiddetli egzersiz tipi olarak tanımlanmaktadır.

Egzersiz tiplerinin sınıflandırılmasının önemi ise egzersiz iş gücü yoğunluğu obezite, insüline bağımlı olmayan diyabet gibi bazı hastalıklarda destekleyici tedavi şeklinde kullanılmaktadır.

3.2.3.2. Uygun egzersiz programlarının hazırlanmasında

Anaerobik eşik normal deneklerde (7, 14, 76) yaşlılarda (6), kalp hastalarında (21, 86) ve akciğer hastalarında (13, 19) uygun egzersiz ve rehabilitasyon programları hazırlanmasında önemli bir kriter olarak kullanılmaktadır.

3.2.3.3. Klinik teşhiste destekleyici yöntem olarak

Spesifik hastalıklarda anormalliğin kaynağını ve şiddetini bulup sınıflanmasında kullanılmaktadır. Kardiyak bozukluğun şiddetinin ve hastaların fonksiyonel kapasitelerinin sınıflanmasında kullanılmaktadır (70). Anaerobik eşik

14 ml/dk/kg üstünde ise hafif (Klas A), 11-14 ml/dk/kg arasında ise orta (Klas B), 8-11 ml/dk/kg arası ağır (Klas C) ve 8 ml/dk/kg altında ise şiddetli olarak sınıflandırılmaktadır (51, 101).

3.2.3.4. Uygulanan tedavi cevabının değerlendirilmesinde

Anaerobik eşik'in önemli kullanım alanlarından biriside rehabilitasyon sırasında hastaların egzersiz performanslarının takibidir (15, 66). Kalp ve akciğer hastalarında kullanılan farklı farmakolojik ajanların kas ve egzersiz performansları üzerlerine olan etkileri incelenebilir.

3.2.3.5. Ameliyat güvenlik kriteri olarak

Yapılan çalışmalarda, ameliyat sonrası ve anestezi sırasında ölümlerin genel sorumlusu olarak kalp bozuklukları bildirilmiştir (64). Bununla birlikte yüksek risk grubunu belirlemek daha güç olmaktadır. Older ve Smith yaptıkları çalışmalarda Anaerobik eşik'in kardiovasküler rezervin ameliyat sonucu oluşacak olan metabolik stresse karşı cevabı ölçerek özellikle ağır batın ameliyatları sonrası ölüm riskinin azaltılmasında kullanılabileceğini göstermişlerdir. Anaerobik eşik'deki O₂ tüketimi 11ml/kg/dk altında olan hastalarda ameliyat sonu ölüm oranı %18 olarak bulunmuştur. O₂ tüketim oranı 11ml/kg/dk üzerine doğru artan vakalarda %0,8 seviyelerine düşmektedir (71, 72, 83).

3.2.4. Anaerobik eşik hesaplanması:

Metabolik asidozisin başlangıç mekanizmaları hala tartışma kaynağı olmaktadır (9, 22). Diğer tartışma konusu ise kan laktat ve solunum ve akciğer gaz değişimi üzerine etkileridir. Yapılan çalışmalarda artan kan laktat konsantrasyonu ile solunum ve akciğer gaz değişim parametreleri arasında yakın bir ilişki gösterilmişken (2, 5, 12, 25, 40, 46, 78, 97) bazı çalışmalarda ise bu ilişki bulunamamıştır (26, 44, 45, 112).

Anaerobik eşğin direkt ve indirekt tespiti için invazif ve noninvazif yöntemler olmak üzere farklı yöntemler geliştirilmiştir.

3.2.4.1. İnvazif yöntemler

Egzersiz sırasında belirli aralıklarla arteriyel kandaki laktat konsantrasyonu ile anaerobik eşik belirlenmesi en güvenilir ölçüm değerine sahip olanıdır (5, 113). Bununla birlikte arteriyel kanın alınışı ve saklanmasıdaki güçlük nedeniyle bazı araştırmacılar venöz kan laktat konsantrasyonu ile tespiti gitmişlerdir (12, 46). Bununla birlikte, Yoshida ve ark. (114) arteriyel kan laktat konsantrasyonunun venöz kandakinden daha yüksek olduğunu göstermiştir. Arteriyel kan laktat özelliği taşıyan arteriyellenmiş venöz kan laktat konsantrasyonu (31, 68) ile anaerobik eşik hesaplanması en sık kullanılandır (73, 78). PH, laktat ve PCO_2 ölçümlerinin arteriyellenmiş venöz kan ile direkt olarak alınan arteriyel kan ölçümleri arasında fark bulunamamıştır (31, 68). Arteriyellenmiş venöz kan örneklerinin en uygun alım yeri ise yüksek kan akımı

ve düşük metabolik hızından dolayı ısıtılmış elin sırt kısmıdır. Ön koldan alınan arteriyellenmiş venöz kan örneklerinin ise geçerliliği zayıftır (114).

Kan laktat veya standart bikarbonat konsantrasyonlarının zaman veya uygulanan iş gücüne karşı grafikleri veya logaritmik laktat veya std bikarbonat konsantrasyonlarının oksijen alınımına karşı grafikleri eşik belirlenmesinde en kolay yöntemlerden birisidir.

Wasserman ve ark. tarafından (99) kullanılan laktat pürüvat oranı yine kullanılmakta olan güvenilir bir eşik belirleme yöntemidir. Yapılan kas biyopsisi çalışmalarında egzersizin durdurulması ile laktat pürüvat oranı azalması gösterilmiştir (55).

3.2.4.2. Non-invazif yöntemler

Noninvazif yöntemlerin en büyük avantajı egzersiz testi sırasında kan örnekleri almadan anaerobik eşiğin solunum, akciğer gaz değişimi ve diğer parametrelerden hesaplanabilmesidir. Araştırmacılar tarafından farklı yöntemler kullanılarak anaerobik eşik hesaplanması yapılmaktadır. Anaerobik eşiği non-invazif olarak tespitinde kullanılan yöntemler başlıca 2 ana temele dayanır.

3.2.4.2.1. Egzersiz sırasında solunumun ve akciğer gaz değişim parametrelerindeki değişimlerin tespiti

İlk başlangıçta, egzersiz sırasında dakika solunum (V_E), CO_2 atılımı (V_{CO_2}) ve gaz değişim oranı (R) değerlerindeki ani artışlar metabolik asidozisin başlangıcının tespitinde kullanılmıştır (24, 97). V_E' deki nonlineer artışın nedeni

olarak da H^+ ve laktik asitin tamponlanması sonucu kanda artan CO_2 olarak gösterilmiştir. V_{CO_2} artışı ise V_E deki artış ve artan metabolik olmayan CO_2 üretimi ile tanımlanmıştır. R değerindeki artış V_{CO_2} deki artışa bağlanmıştır.

Konvesiyonel yöntemler, anaerobik eşik tayininde en önemli kriterler olarak sıklıkla kullanılmaktadırlar. Metabolik asidozisin (başlıca laktik asit) başlangıcında H^+ iyonu ve bikarbonat tamponlanması sonucu salınan ekstra CO_2 periferik kemorseptörleri (özellikle karotid body cisimcikleri) uyarak solunumda artışlara neden olmaktadır (77, 95, 98). Bunun sonucunda oksijen için solunum eşitliği (V_E/VO_2) ve tidal sonu oksijen parsiyel basıncındaki ($P_{ET}O_2$) sistematik artışlara neden olmaktadır. Bununla birlikte ağrı ve hipoksemi gibi nonspesifik hiperventilasyon da V_E/VO_2 ve $P_{ET}O_2$ de artışlara metabolik asit olmadan neden olmaktadır (37). V_E/VO_2 ve $P_{ET}O_2$ deki artışların metabolik asidozistenmi yoksa nonspesifik hiperventilasyona mı bağlı olduğunu belirlemek için isokapnik tampon periyodu Wasserman ve ark. tarafından tanımlanmıştır (100). Metabolik asidozis başlangıcında tidal sonu karbondioksit basıncının ($P_{ET}CO_2$) azalmayıp belirli bir süre için sabit kalmakta bu isokapnik tampon periyodu olarak tanımlanmakta ilaveten karbondioksit için solunum eşitliğinin artmayıp sabit kalması (12, 23, 110).

Egzersiz sırasında solunum sayısındaki ani artışın anaerobik eşik hesaplanmasında noninvazif bir yöntem olarak kullanılabileceği gösterilmiştir (49).

Solunumdan etkilenmeyen yöntem Beaver ve ark. (5) tarafından geliştirilen V-slope tekniğidir. V-slope üretilen CO_2 ile tüketilen O_2 arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Egzersiz sırasında aerobik metabolizma sonucu

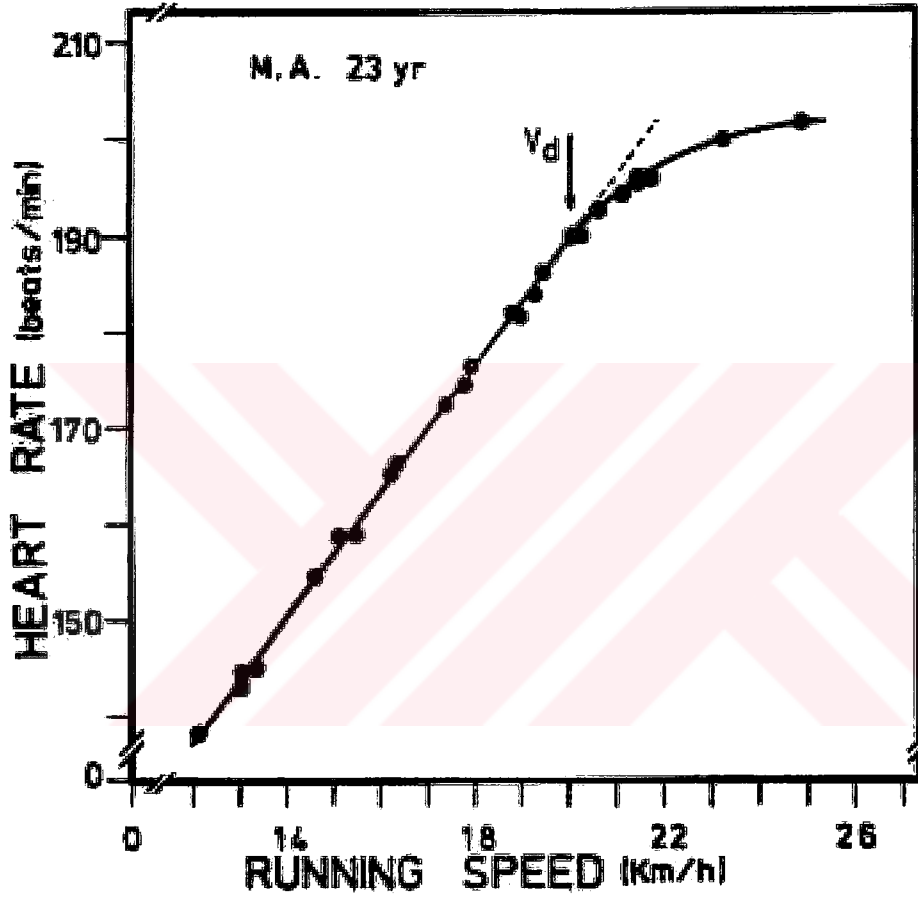
deltaVCO₂/deltaVO₂ oranı 1.00 veya yakınlarında olmaktadır. Egzersiz sırasında üretilen laktik asitin bikarbonat tarafından tamponlanması sonucu üretilen ekstra CO₂ ile VCO₂'nin VO₂'na göre daha hızlanmaya başlar. DeltaVCO₂/deltaVO₂ oranı 1.00 üzerinde olmakta bu ise anaerobik eşiğin başlangıcını gösterir. Bu teknik özellikle solunum problemi çeken hastalarda (85) veya düşük maksimal VO₂ seviyesi olanlarda başarılı olarak kullanılmaktadır (69).

3.2.4.2.2. İş gücü şiddeti ile kalp atım sayısı arasındaki ilişkinin değişiminin tespiti

Diğer bir önemli marker ise Conconi ve ark. (17) tarafından geliştirilen kalp hızı ve iş gücü arasındaki lineer ilişkiye dayanır. Bu protokol diğerlerine göre daha ucuz olup (pahalı ve hassas laboratuvar aletlerine ihtiyaç duyulmadan) laboratuvar dışında (özellikle spor sahalarında) aerobik-anaerobik ölçümleri yapabilen yöntemdir.

İş gücünün düzenli olarak arttığı egzersiz sırasında kalp hızı artan enerji ihtiyacına paralel olarak artmaktadır. Buna karşılık olarak belirli bir noktanın üzerinde kalp hızı atımında paralellik bozulmakta ve kalp atımı hızlanmaktadır. Bu noktanın aerobik metabolizmadan anaerobik metabolizmaya geçiş noktası olan anaerobik eşik ile ilişkili olduğu ileri sürülmüştür. Conconi ve ark. (17) egzersiz sırasında kalp hızı-iş gücü arası kırılma noktası ile kan laktat artışı arasında yakın ilişki bulmuşlardır (Şekil 3.2). Bu yöntemde egzersiz sırasında kalp hızı ile uygulanan iş gücü arasındaki kırılma noktasının anaerobik eşik ile olan uygunluğu gösterilmekle birlikte bazı çalışmalar aksi sonuçlar vermiştir. Bu

çalışmada özellikle saha antrenmanları için tercih edilen bir yöntem olan egzersiz sırasında kalp hızı-iş gücü arasındaki ilişkinin takibinin etkinliği farklı fiziksel karakterdeki denekler arasında araştırılacaktır



Şekil 3.2: Uzun mesafe koşucularında koşma hızı ile kalp atımı arasındaki ilişki (Orijinal Conconi ve ark. 1982 çalışmasından alınmıştır).

Amaç: İnsanlarda önemli bir sağlık kriteri olarak kullanılmakta olan anaerobik eşik'in tespit edilmesinde kullanılan önemli bir yöntem olan kalp hızı ile iş gücü arasındaki ilişkinin geçerliliğini sedanter erkek ve bayan deneklerde araştırmaktır.

4.GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma Fırat Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik komitesinden izin alındıktan sonra 35 tanesi bayan ve 35 tanesi erkek olmak üzere toplam 70 sedanter denek üzerinde yapıldı. Bu çalışmaya katılan deneklerin fiziksel özelliklerinin ortalama ($\pm$ SD) değerleri Tablo 2.1’de gösterilmiştir

Tablo 4.1: Çalışmaya katılan erkek ve bayan deneklerin fiziksel özellikleri ve vücut kitle indeksinin (VKİ) ortalama ($\pm$ SD) ve minimum-maksimum değerleri.

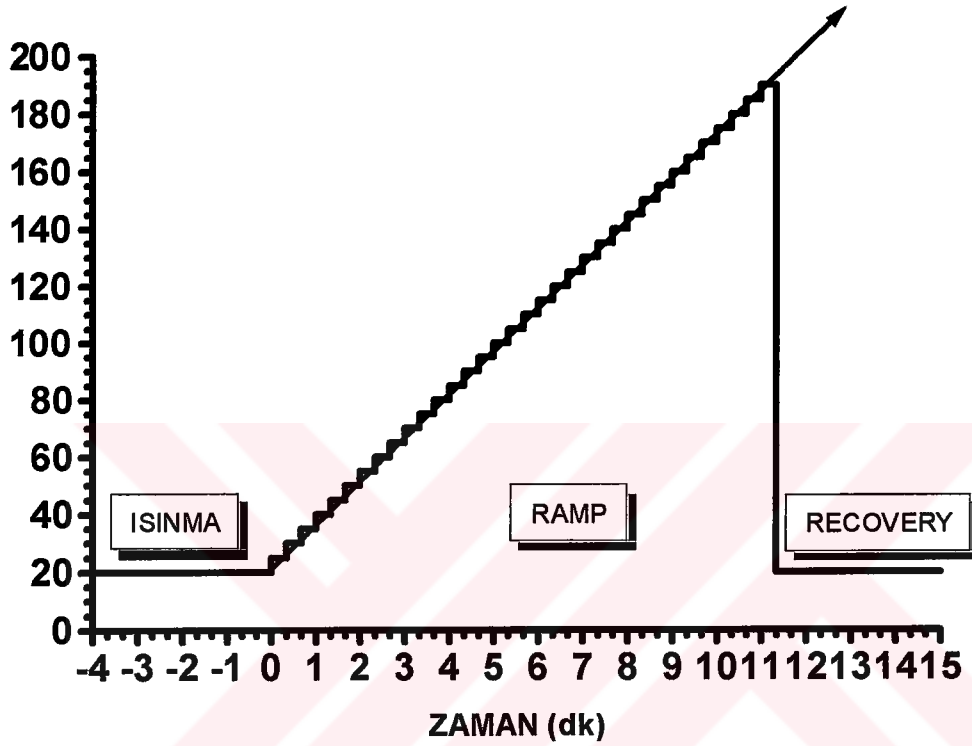
	Yaş (yıl)	Boy (cm)	Ağırlık (kg)	VKİ (kg/m ²)
Erkek	22.8 $\pm$ 5.2	178.4 $\pm$ 5.5	78.8 $\pm$ 21.3	24.7 $\pm$ 6.1
(Min-Max)	18-40	164-189	52-128	17.6-41.6
Bayan	29.6 $\pm$ 9.7	160.6 $\pm$ 6.6	78.1 $\pm$ 24.8	30.6 $\pm$ 10.7
(Min-Max)	18-47	150-175	43-133	18.42-55.6

Her deneğe çalışma ile ilgili gerekli olan bilgiler çalışmadan önce verildi. Ayrıca bu çalışma için deneklere testten en az iki saat öncesinde yemek yememiş olmaları ayrıca çay, kahve ve herhangi bir ilaç almamaları gerektiği söylendi.

4.1. Egzersiz test protokolü.

Şekil 2.1 de görüldüğü gibi her denek elektromanyetik bisiklet ergometre (Excalibur; LODE) ile protokolü Whipp ve ark. (105) tarafından düzenlenen şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı egzersiz testine tabi tutuldular.

Egzersiz testi Isınma dönemi, Ramp dönemi, İyileşme dönemi olmak üzere üç dönemden meydana gelmektedir (Şekil 2.1).



Şekil 4.1: Deneyde kullanılan şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testinin protokolü. (–4 ve 0 dakikalar arası 20 watt’daki ısınma dönemini gösterir. Ramp dönemi iş gücünün dakikada 15 Watt olarak artırıldığı yükleme dönemini gösterir. Recovery dönemi ise 20 watt’daki iyileşme dönemini gösterir).

4.1.1. Isınma Dönemi: Test, deneklerin altılı EKG’leri (elektrotları) veya polar kalp hızı ölçüm aletini göğüs duvarında uygun olan yerlere yerleştirildikten sonra her denek 20 Watt da (pedal çevirme hızı 50-80 ortalama 60 rpm) minimum olarak dört dakikalık (veya denekler stabil seviyeye gelene kadar) pedal çevirmeleri ile başladı.

Bu 20 Watt’ daki ısınma döneminin amacı deneklerin durumunun normal olup olmadığını tespit etmektir. Böylece test sırasında akciğer solunum parametrelerinde

oluşabilecek yanlış sonuçlardan kaçınmak.

Daha önce yapılan çalışmalarda gösterildiği üzere, denekler ısınma döneminde heyecanlanmaları veya strese girmeleri durumlarında elde edilen sonuçlarda büyük farklılaşma olmaktadır (73).

4.1.2. Ramp Dönemi: Isınma dönemini takiben, deneklerin stabil olduğu görüldükten sonra bisiklet ergometrenin pedal direnci bilgisayar tarafından düzenli olarak dakikada 15 Watt artırıldı. Bu pedal gücündeki artış deneklerin pedal çevirmeye devam edemeyecekleri noktaya (maksimal seviyelerine ulaşmalarına) kadar devam etti.

Bu dönemin amacı ise deneklere düzenli olarak stres uygulayarak bu strese deneklerin solunum, kardiovasküler ve metabolik sistemlerinin verdiği cevabı ölçmektir.

4.1.3. İyileşme Dönemi: Denekler maksimum seviyelerine ulaştıktan sonra yani pedal çevirmeye devam edemeyecek noktaya çıktıklarında bisiklet ergometrenin pedal gücü bilgisayar tarafından tekrar 20 watt a indirildi ve denekler minimum dört dakika süre ile pedal çevirmeye devam ettirildi.

Bu dönemde ise ramp süresince vücutta biriken laktik asidin eliminasyonunu artırmak ve deneklerin durumunun normale doğru dönüp dönmediğine bakmak.

Watt: 1 kilogramlık ağırlığı yerçekimine karşı 1 metre yukarı kaldırmak için gerekli olan enerji 1 kilopond-metre (kpm) dir. 6 kpm ise 1 watt'a eşittir.

İş: Belirli bir mesafe boyunca uygulanan kuvvet olarak tanımlanır.

$$W = F \times D$$

$$W = İş$$

$$F = Güç \text{ (mutlaka sabit olmalıdır).}$$

D= Mesafe

Ergometre: Ergo (iş) metre (ölçü): Adından da anlaşıldığı gibi ergometre iş ölçüm aletidir. Bu çalışmadaki deneylerde deneklere elektro manyetik bisiklet ergometreyi deneklere uygun iş gücünü (stres) vermede kullanıldı.

4.2. Solunum parametrelerinin ölçümleri.

Denekler test sırasında ağızlık eklenen düşük ölü aralıklı (< 90 ml) ve düşük rezistanslı (3 lt/sn akımda 1.5 cmH₂O/lt/sn) türbin volüm metre (Alpha teknolojisi) içine doğru nefes alıp verdiler (burunları burun tıkaçı ile tamamen kapalı durumda). Böylece deneklerin ekspirasyon hacimleri, dakika solunumları (V_E lt/dk, BTPS) spirometri (Pony COSMED) ile ölçüldü.

BTPS: Vücut ısısı (310 K), ortamın basıncı ve su buharının basıncı.

$$V_E (\text{I/min BTPS}) = V_E (\text{I/min STPD}) \times A \times B \times C$$

A: Düzeltilmiş ısı (0 °C den 37 °C)

B: Düzeltilmiş nem derecesi (vücut ısısında 47)

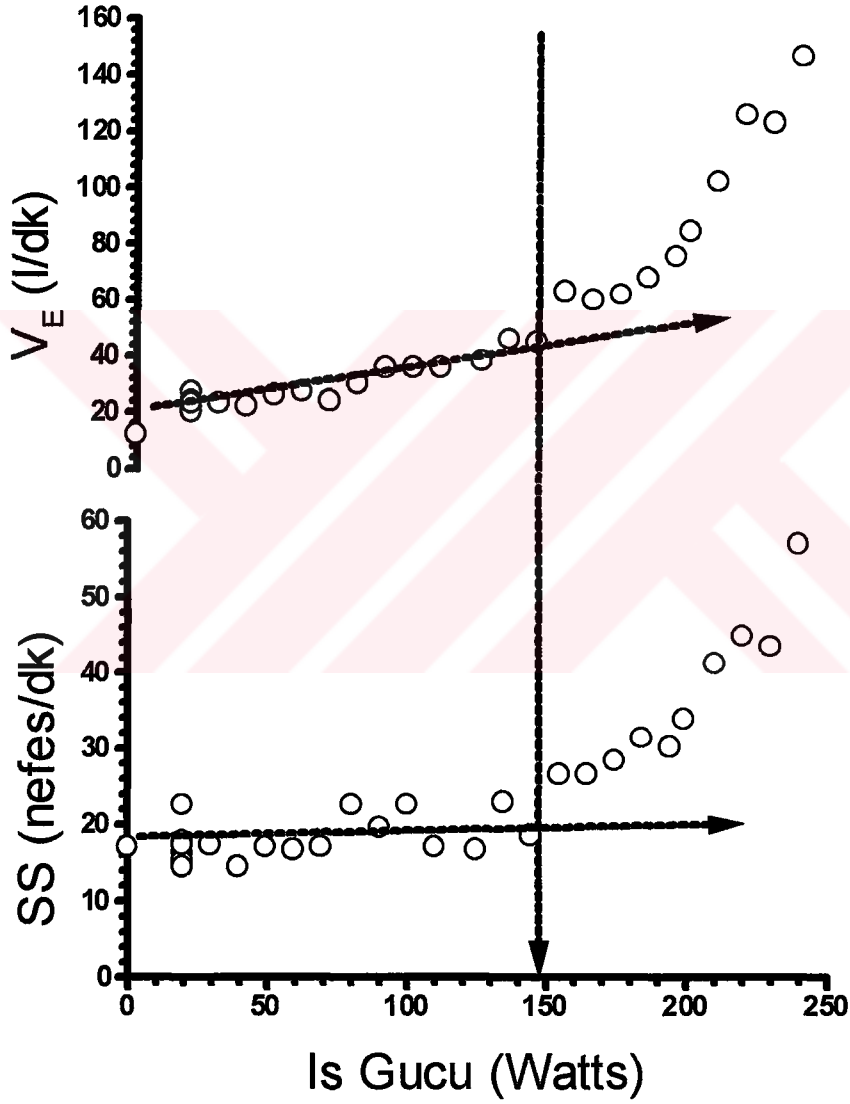
C: Gerçek basınç

Çalışmaya katılan deneklerin vücut kitle indekslerinin hesaplanmasında boyun karesinin vücut ağırlığına oranı esas alındı.

4.3. Anaerobik eşik hesaplanması.

Anaerobik eşik non-invazif olarak solunum ve matabolizma arasındaki ilişki (V_E-W) kullanılarak hesaplandı (40, 95). Egzersiz sırasında solunumun artışı artan metabolik ihtiyaca göre olmaktadır (104). Bu teknik ile egzersiz sırasında artmaya başlayan kan laktik asit konsantrasyonun (anaerobik matabolizmanın göstergesi) bikarbonat tarafından

tamponlanması sonucu salınan ekstra CO_2 ile V_E 'nin iş gücüne göre hızlanmasına dayanır (Şekil.2.2). Bu tekniğine ilave olarak solunum sayısının takibi ile de desteklendi (49).



Şekil 4.2: Çalışmaya katılan bir deneğin şiddeti düzenli olarak artırılan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında dakika solunum (V_E) ve solunum sayısı ile iş gücü arasındaki ilişkisi. Dik kesik çizgi anaerobik eşiği göstermektedir.

4.4. İstatistiksel analiz

Deney sırasında elde edilen bulguların istatistiki olarak anlamlı olup olmadığının değerlendirilmesi F.Ü. Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalında Paired-t testi programı ile yapıldı ve $p<0.05$ önemli olarak kabul edildi. İlave olarak lineer regresyon analizinde çalışmada elde edilen bulguları değerlendirmede kullanıldı. Bütün parametrelerin ortalama ve standart sapmaları hesaplandı.



5. BULGULAR

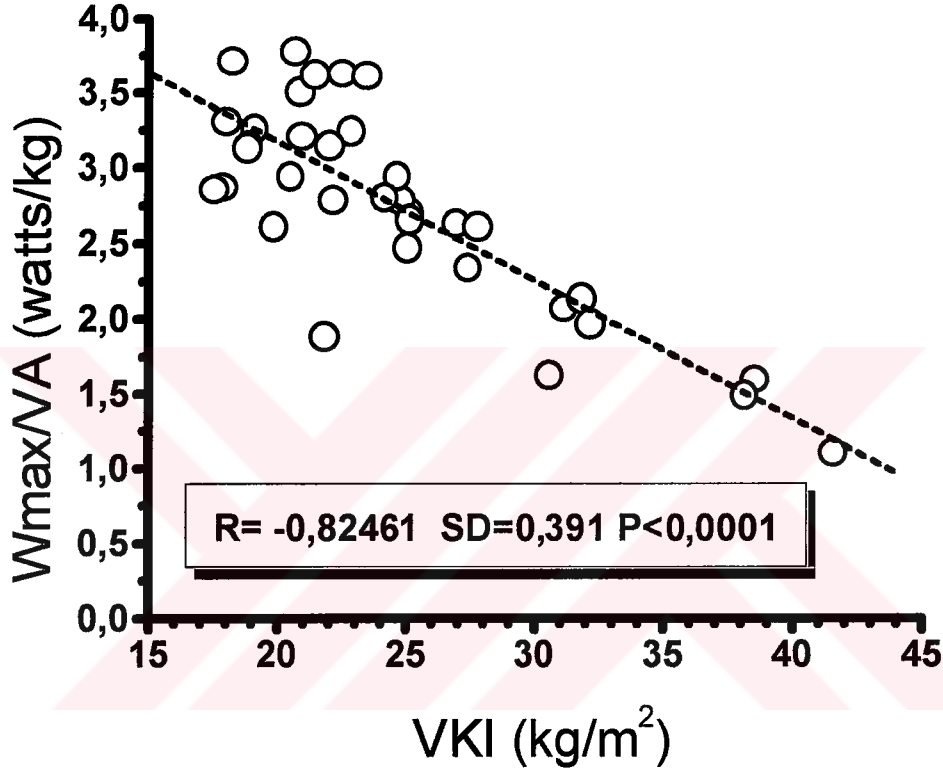
Çalışmaya katılan bayan ve erkek deneklerin şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında maksimal iş üretim kapasiteleri (W_{max}), anaerobik eşikdeki iş gücü değerleri (AT), anaerobik eşik ile maksimal iş gücü arasındaki oran (%AT) ve her bir kilogram vücut ağırlığı için iş üretebilme kapasiteleri Tablo 5.1 de verilmiştir.

Tablo 5.1: Erkek (n=35) ve bayan (n=35) deneklerin ortalama ($\pm$ SD) maksimal egzersiz performansları (V_{max}), aerobik den anaerobik metabolizmaya geçiş noktası olan anaerobik eşik (AT), anaerobik eşik ile maksimal egzersiz performansı arasındaki oran (%AT) ve her bir kilogram vücut ağırlığı için iş üretebilme kapasiteleri.

	V_{max}	AT	%AT	W_{max}/kg
	(watt)	(watt)		(watt/kg)
Erkek	204.8 $\pm$ 31.9	122.2 $\pm$ 20.3	61.0 $\pm$ 16.4	2.743 $\pm$ 0.68
Bayan	110.4 $\pm$ 28.7	70.5 $\pm$ 12.7	58.4 $\pm$ 4.5	1.645 $\pm$ 0.79

Şiddeti düzenli olarak artırılan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında erkek deneklerin ulaşabildikleri maksimal iş üretim kapasiteleri ortalama ($\pm$ SD) 204.8 $\pm$ 31.9 Watt olarak bulundu (Tablo 5.1). Maksimal iş üretim kapasitelerinin erkek deneklerin vücut ağırlığına oranı ise 2.743 $\pm$ 0.68 watt/kg dır (Tablo 5.1). Bu oran vücut kitle indeksi artışı ile ters yönde olup istatistiksel olarak negatif lineer

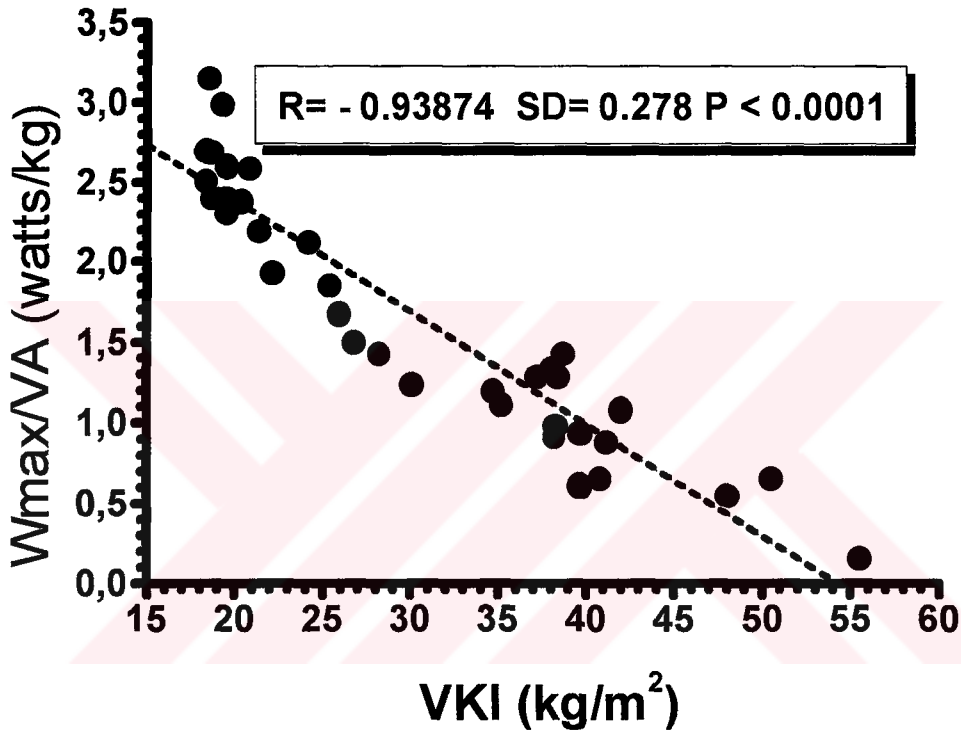
bir ilişki göstermektedir (Şekil 5.1). Bu negatif ilişkinin derecesi -0.82461 ± 0.391 olup $P < 0.0001$ olarak bulundu.



Şekil 5.1: Çalışmaya katılan tüm erkek deneklerin ($n=35$) her kilogram vücut ağırlığı için iş üretebilme kapasiteleri (maksimal iş gücünün vücut ağırlığına oranı) ile vücut kitle indeksi (VKİ, kg/m^2) arasındaki ilişkinin lineer regresyon analizi.

Bayan deneklerde ise maksimal iş üretim kapasiteleri erkeklere göre daha az değerlerde (110.4 ± 28.7 watt olarak) bulundu (Tablo 5.1). İlave olarak bayan deneklerin maksimal iş üretim kapasitelerinin deneklerin vücut ağırlığına oranı 1.645 ± 0.79 watts/kg olarak bulundu (Tablo 5.1). Erkek deneklerde olduğu gibi, bayarlarda da vücut kitle indeksi arttıkça kilogram başına iş üretebilme

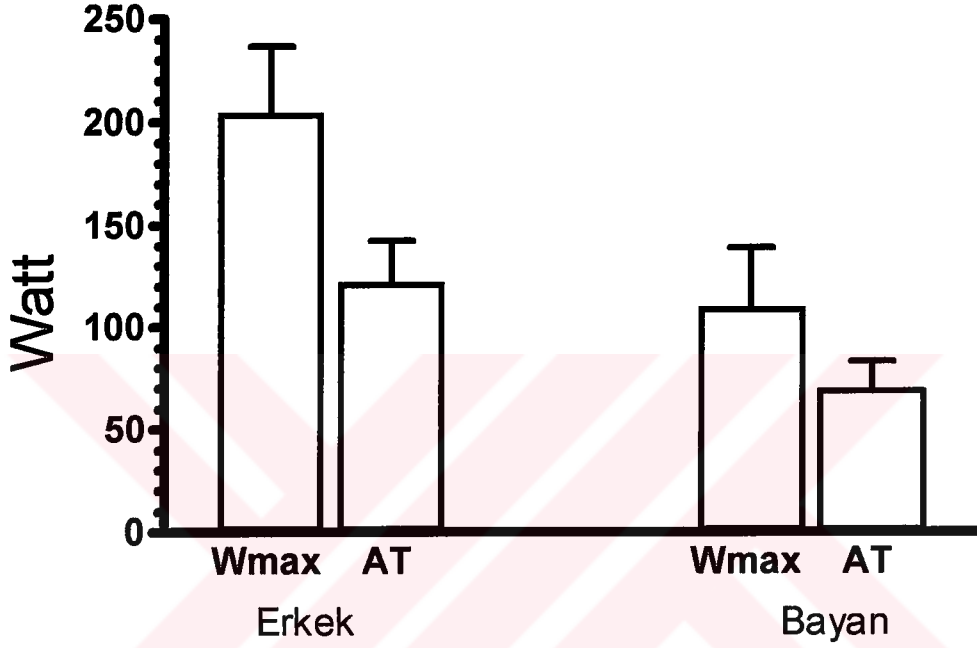
kapasiteleri ters yönde negatif bir azalma göstermektedir (Şekil 5.2). Bu negatif ilişkinin derecesi -0.93874 ± 0.278 olup $P < 0.0001$ olarak bulundu.



Şekil 5.2: Çalışmaya katılan tüm bayan deneklerin ($n=35$) her kilogram vücut ağırlığı için iş üretebilme kapasiteleri (maksimal iş gücünün vücut ağırlığına oranı) ile vücut kitle indeksi (VKİ, kg/m^2) arasındaki ilişkinin lineer regresyon analizi.

Şiddeti düzenli olarak artırılan yüke karşı yapılan egzersiz testi sırasında erkek denekler ortalama 122.2 ± 20.3 Watt'a kadar aerobik metabolizma ile devam ettiler (Tablo 5.1, Şekil 5.3). Bu seviyenin üzerinde ise iş üretim kapasitelerini desteklemek için aerobik metabolizmanın yanına ve anaerobik metabolizma da katılmıştır. Bu oran erkek deneklerin maksimal iş üretim kapasitelerinin $\%61.0 \pm 16.4$ değerine denk gelmekteydi (Tablo 5.1). Bayan deneklerin is aerobik

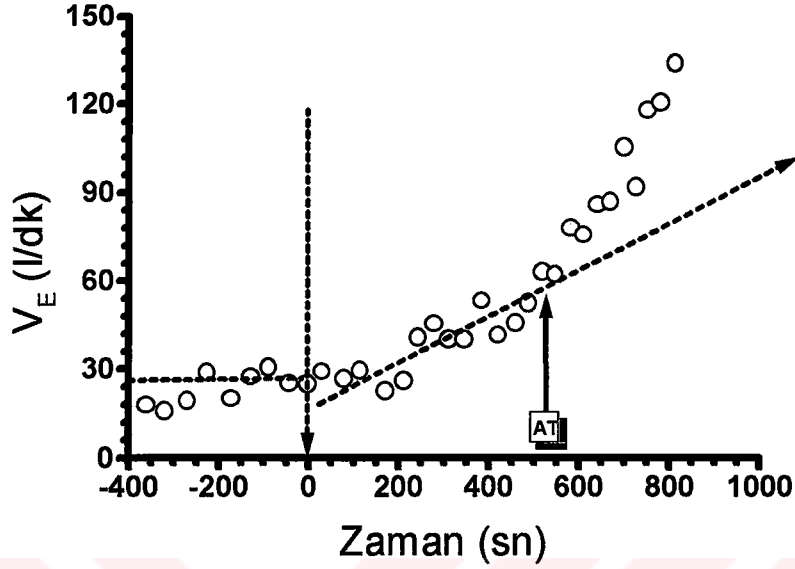
kapasitelerinin genel iş üretim kapasitelerine oranı 58.4 ± 4.5 olarak bulunmuştur (Tablo 5.1).



Şekil 5.3: Erkek ve bayan deneklerin ortalama ($\pm$ SD) maksimal egzersiz kapasiteleri (Wmax) ve aerobik anaerobik metabolizma değişim bölgesi olan anaerobik eşikteki (AT) iş gücü.

5.1. Dakika solunumun (V_E l/dk) şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında verdiği cevaplar.

İstirahat döneminde V_E erkek deneklerde 11.06 ± 3.19 l/dk ve bayanlarda 10.63 ± 4.01 l/dk olarak bulundu (Tablo 5.2). 20 W İş gücündeki ısınma döneminde, ortalama ($\pm$ SD) V_E değerleri erkeklerde 21.75 ± 5.06 l/dk ve bayanlarda 26.72 ± 9.19 l/dk bulundu (Tablo 5.2).

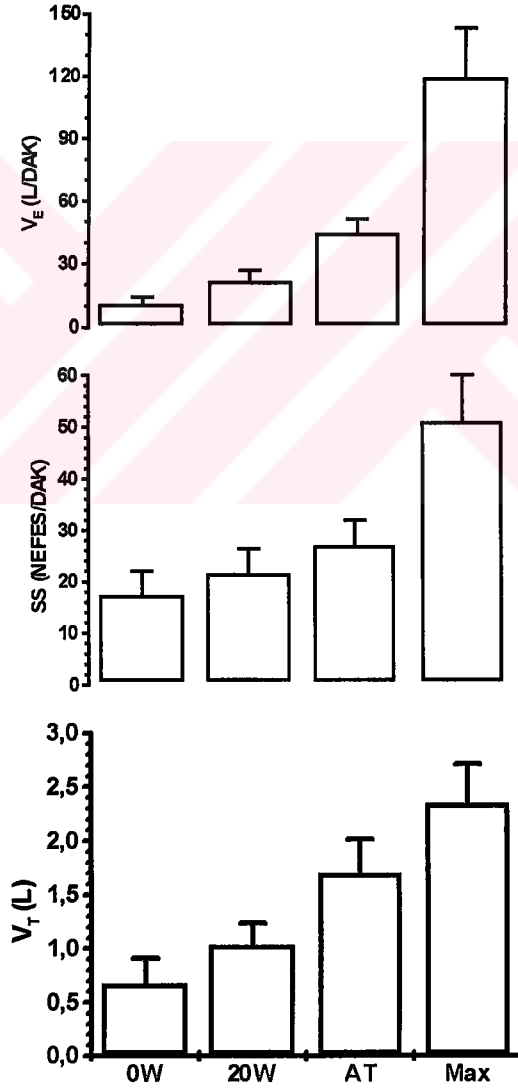


Şekil 5.4: Bir erkek deneğin dakika solunumunun (V_E l/dk) şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında verdiği cevap. Zaman 0 pedal gücünün 15 W/dk artmaya başladığı ramp döneminin başlangıcını, zaman sıfırdan öncesi ısınma dönemini gösterir. Yatay kesik çizgili ok metabolizma hızının lineerliği yönünü göstermektedir. Yukarı doğru solid ok anaerobik eşiği (AT) gösterir.

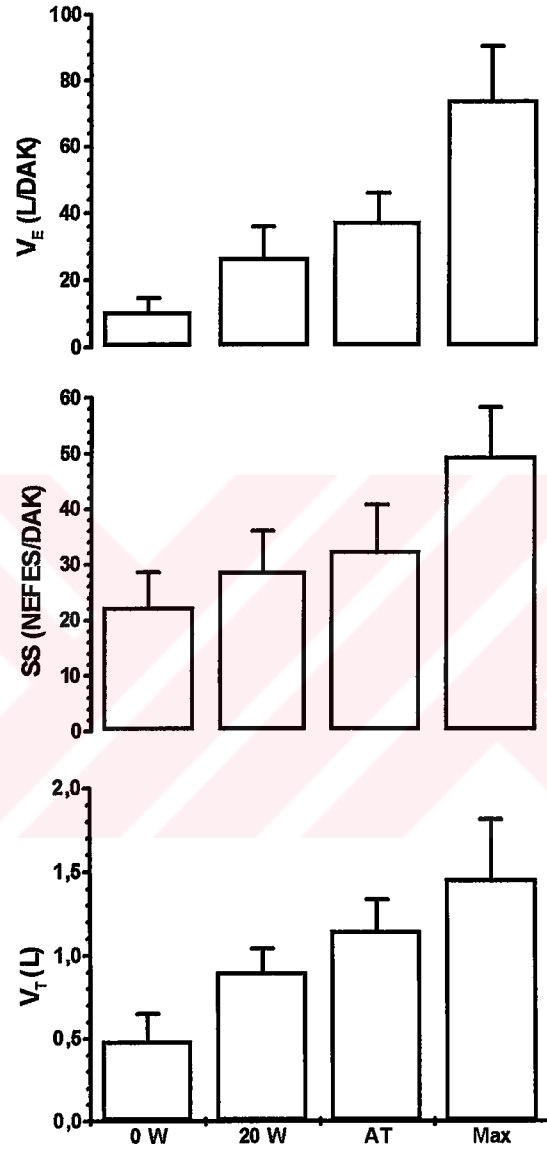
İş gücünün dakikada 15 watt olarak artırıldığı ramp döneminde V_E bisiklet ergometrenin pedal gücünün artırılmasına paralel olarak bir artış gözlemlendi (Şekil 5.4). Bu V_E un iş gücüne olan paralel artışı deneklerin anaerobik eşiklerine ulaşmalarına kadar devam etti (Şekil 5.4). Anaerobik eşik de V_E değerleri erkeklerde 44.63 ± 6.69 l/dk ve bayanlarda 37.06 ± 8.95 l/dk olarak bulundu (Tablo 2, Şekil 5.5, Şekil 5.6). Anaerobik eşik üzerindeki bölgede iş gücü artışı ile V_E artışı hızlanmakta (Şekil 5.4) ve maksimal egzersiz performanslarında 119.58 ± 23.48 l/dk (erkekler) ve 74.42 ± 16.63 l/dk (bayanlar) değerlerine ulaşılar (Tablo 2, Şekil 5.5, Şekil 5.6). V_E ve solunum parametrelerinin şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testine verdiği cevap erkek (Şekil 5.5) ve bayanlarda (Şekil 5.6) benzerlikler göstermektedir.

Tablo 5.2: Erkek ve bayan deneklerin istirahat, ısınma dönemi, anaerobik eşik ve maksimal egzersiz performanslarındaki ortalama ($\pm$ SD) dakika solunum (V_E l/dk) değerleri.

	DAKİKA SOLUNUM (V_E , l/dk, BTPS)			
	İstirahat	Isınma	AT	Maksimal
Erkek	11.06 $\pm$ 3.19	21.75 $\pm$ 5.06	44.63 $\pm$ 6.69	119.58 $\pm$ 23.48
Bayan	10.63 $\pm$ 4.01	26.72 $\pm$ 9.19	37.06 $\pm$ 8.95	74.42 $\pm$ 16.63



Şekil 5.5: Dakika solunumun (V_E), solunum sayısının (SS) ve tidal volümün (V_T) artan yüke karşı yapılan egzersiz testinin istirahat (0 W), ısınma dönemi (20 W), anerobik eşikte (AT) ve maksimal egzersiz performansında (Max) erkeklerde ulaştığı ortalama ($\pm$ SD) değerleri.



Şekil 5.6: Dakika solunumun (V_E), solunum sayısının (SS) ve tidal volümün (V_T) artan yüke karşı yapılan egzersiz testinin istirahat (0 W), ısınma dönemi (20 W), anerobik eşikte (AT) ve maksimal egzersiz performansında bayanlarda ulaştığı ortalama ($\pm$ SD) değerleri

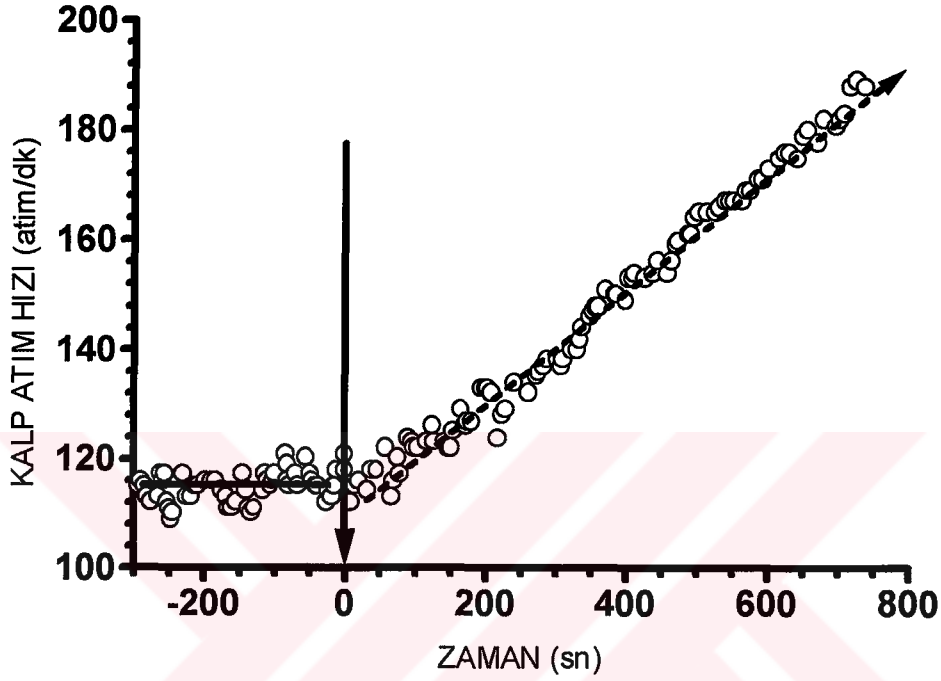
5.2. Kalp atım hızının şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testine verdiği cevap:

İstirahat halinde kalp atım hızı ortalama ($\pm$ SD) değerleri erkeklerde 80 ± 8 atım/dk, bayanlarda 85 ± 11 atım/dk olarak bulundu (Tablo 5.3). İş gücü şiddetinin düzenli olarak arttığı egzersiz testinin 20 Watt ısınma döneminin sonunda ise kalp atım hızı artarak erkeklerde 104 ± 12 atım/dk , bayanlarda 129 ± 28 atım/dk olarak bulundu (Tablo 5.3).

İş gücünün düzenli olarak 15 Watt/dk artırılması kalp atım hızında artışa neden olmuştur (Şekil 5.7). Anerobik eşikte kalp atım hızı erkeklerde 147 ± 15 atım/dk, bayanlarda 149 ± 17 atım/dk olarak bulundu (Tablo 5.3). Maksimal egzersiz performanslarında kalp atım hızı erkeklerde 188 ± 15 atım/dk, bayanlarda 173 ± 18 atım/dk olarak bulunmuştur (Tablo 5.3).

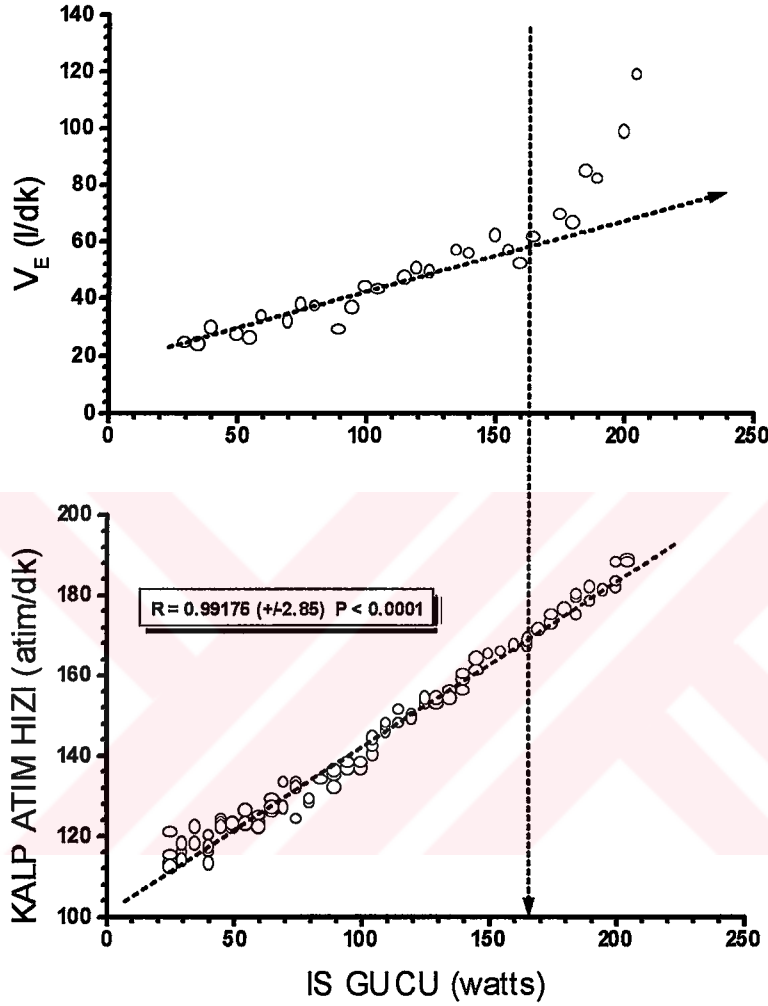
Tablo 5.3: Erkek ve bayan deneklerin ortalama ($\pm$ SD) kalp atım hızı değerlerinin istirahat, ısınma, anaerobik eşik ve maksimal egzersiz testine verdiği cevaplar ile olması gereken (Prediktet) kalp hızı değerleri ve deneklerin ulaştıkları maksimal kalp atım hızlarının denekler için olması gereken kalp atım değerine oranı (% prediktet).

KALP ATIM HIZI (Atım/dk)						
	İstirahat	Isınma	AT	Maksimal	Prediktet	% Prediktet
Erkek	80 ± 8	104 ± 12	147 ± 15	188 ± 15	197 ± 14	95.4
Bayan	85 ± 11	129 ± 28	149 ± 17	173 ± 18	190 ± 18	90.8



Şekil 5.7: Kalp atım hızının şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında verdiği cevap. Zaman 0 pedal gücünün 15 W/dk artmaya başladığı ramp döneminin başlangıcını, zaman sıfırdan öncesi ısınma dönemini gösterir.

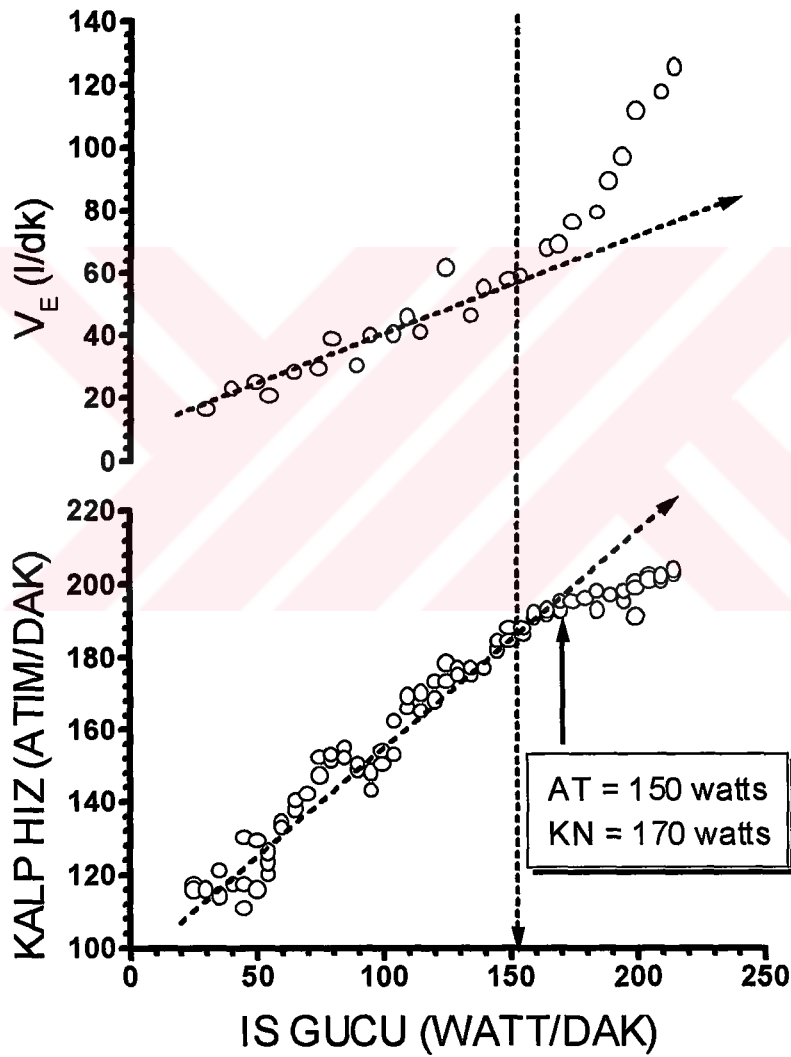
Anerobik eşiğe kadar kalp atım hızı ile işgücü arasında paralellikte bozulma görülmemiştir. Anerobik eşik üstü bölgeden sonra ise kalp hızı ile iş gücü arasındaki ilişki üç farklı şekilde gözlenmiştir. Bunlar kalp hızı ve iş gücü arasındaki ilişkinin paralel olarak deneklerin maksimal egzersiz performanslarına ulaşmalarına kadar devam etmiştir (Şekil 5.7 ve Şekil 5.8). Bu paralel ilişki 13 erkek denekte ve 22 bayan denekte tespit edilmiştir.



Şekil 5.8: Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında kalp atım hızı ve dakika solunum ile iş gücü arasındaki ilişki (örnek bir denek). Dikey kesik çizgi anaerobik eşiği göstermektedir. Yatay kesik çizgi metabolizmanın uygulanan iş gücüne göre artma durumunu göstermektedir.

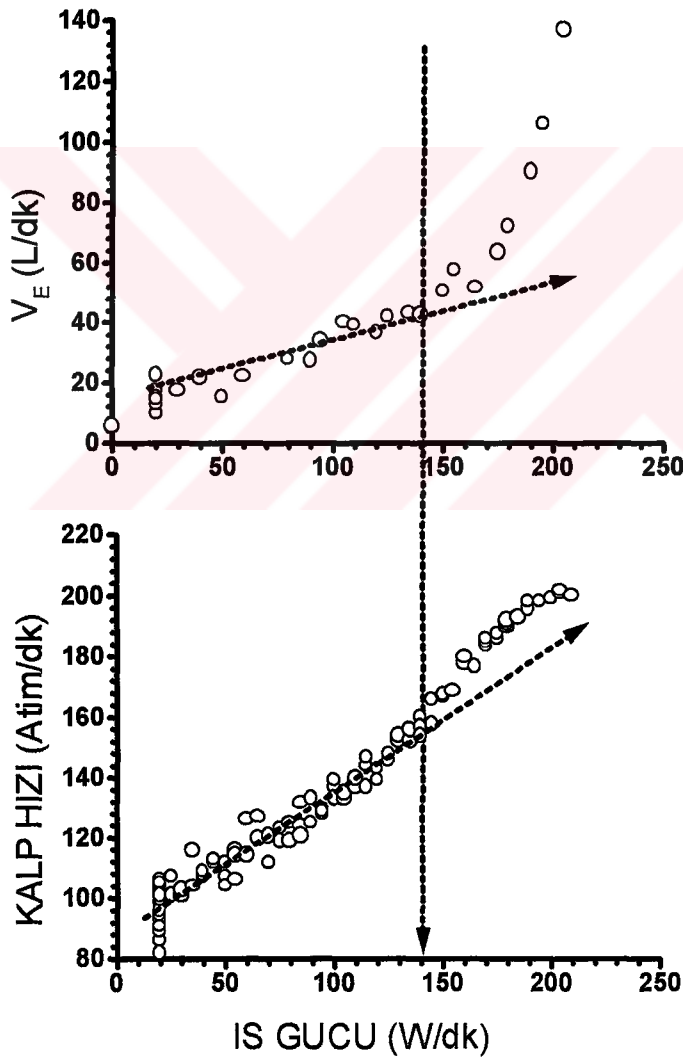
İş gücü şiddetinin düzenli olarak artırıldığı yüke karşı yapılan egzersiz sırasında kalp hızı ile iş gücü arasındaki paralelliğin sağ tarafa doğru kırılma göstermesi 13 erkek 8 bayan denekte gözlenmiştir (Şekil 5.9). Kalp hızı ile iş

gücü arasındaki paralelliğin sol tarafa doğru kırılması 9 erkek ve 5 bayan denekte gözlenmiştir (Şekil 5.10 ve Şekil 5.11).

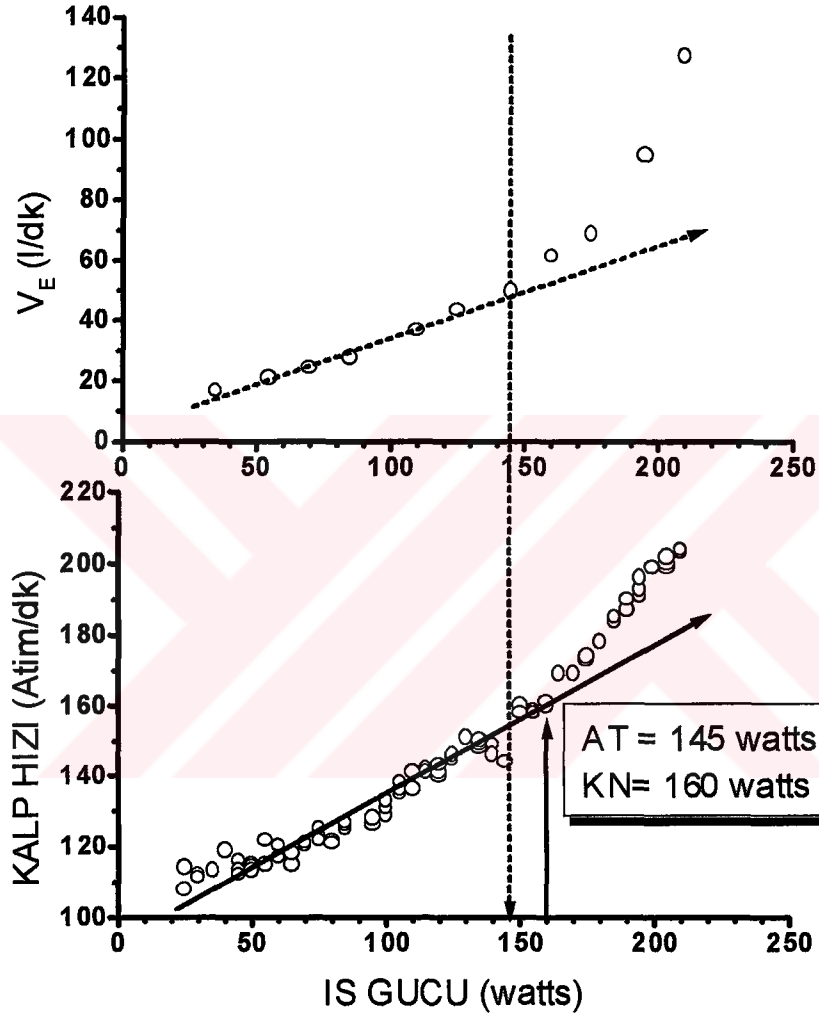


Şekil 5.9: Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında kalp atım hızı ve dakika solunum ile iş gücü arasındaki ilişki (örnek bir denek). Dikey kesik çizgi anaerobik eşiği göstermektedir. Yatay kesik çizgi metabolizmanın ve kalp hızının uygulanan iş gücüne göre artma durumunu göstermektedir.

Anerobik eşik ile kalp hızı kırılma noktasındaki yakınlık Şekil 5.10'da gösterilmiştir. V_E ve iş gücü arasındaki kırılma noktası ile tespit edilen anaerobik eşik ile kalp hızı kırılma noktası arasındaki ilişki yalnızca 3 erkek denekte gözlenmiştir. Bayan deneklerin hiç birisinde anaerobik eşik ile kalp hızı kırılma noktası arasındaki ilişki tespit edilememiştir.

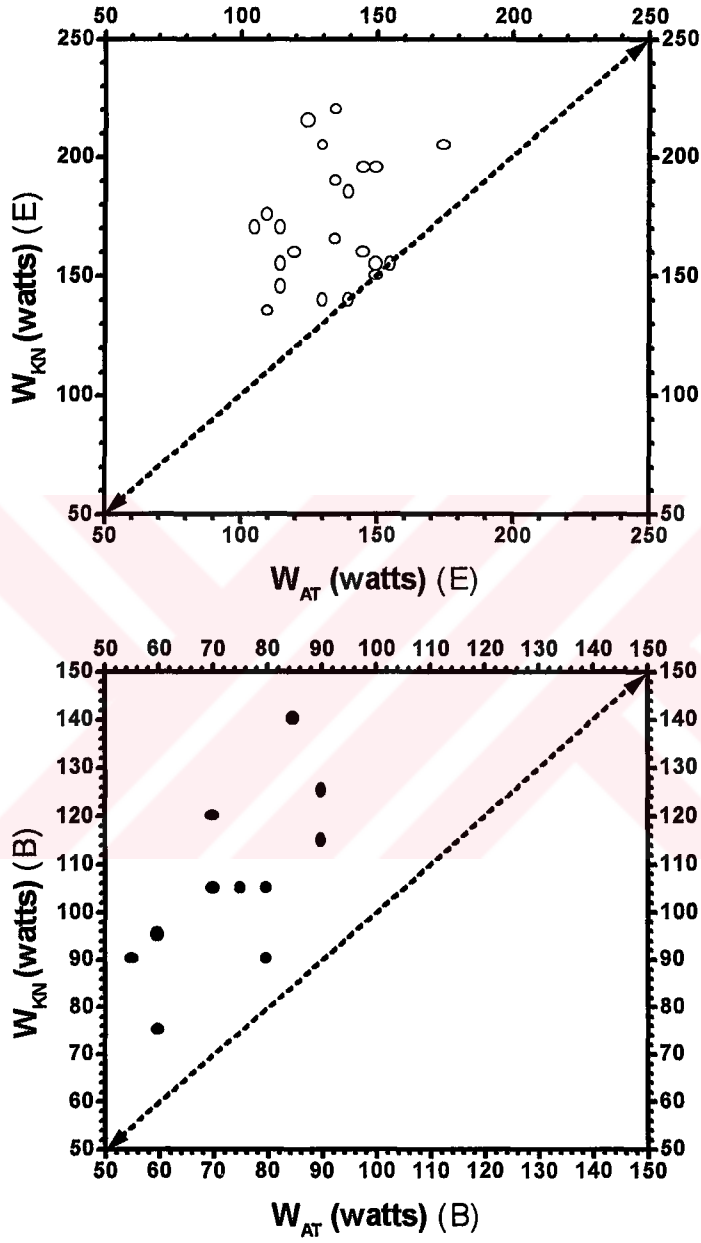


Şekil 5.10: Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında kalp atım hızı ve dakika solunum ile iş gücü arasındaki ilişki (örnek bir denek). Dikey kesik çizgi anaerobik eşiği göstermektedir. Yatay kesik çizgi metabolizmanın uygulanan iş gücüne göre artma durumunu göstermektedir.



Şekil 5.11: Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında kalp atım hızı ve dakika solunum ile iş gücü arasındaki ilişki (örnek bir denek). Dikey kesik çizgi anaerobik eşiği göstermektedir. Yatay kesik çizgi metabolizmanın ve kalp hızının uygulanan iş gücüne göre artma durumunu göstermektedir.

Çalışmada kullanılan toplam 70 denekden 67 sinde kalp atım hızı ile anerobik eşik arasında istatistiksel anlamda yakın bir ilişki gözlenmemiştir (Şekil 5.12). Deneklerin 35 tanesinde kalp hızlarında kırılma noktası görülmedi.



Şekil 5.12: Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz sırasında kalp atım hızının kırılmaya başladığı noktadaki iş gücü ile anerobik eşik deki iş gücü arasındaki ilişkinin erkek ($n= 22$) (o) ve bayan ($n= 13$) (•) deneklerde verdiği cevaplar.

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testinde, deneklere düzenli olarak uygun şiddette ve sürede stres verilerek, deneklerin kardiovasküler, solunum ve metabolik sistemlerinin bu uygulanan düzenli strese verdiği cevap ile deneklerin sağlık durumlarının belirlenir (51, 90, 100, 102, 107, 116).

Egzersiz sırasında aerobik metabolizmadan anaerobik metabolizmaya geçiş noktasını tanımlayan Anaerobik eşik son yıllarda klinik ve spor bilimlerinde yaygın olarak çok çeşitli amaçlar için kullanılmaya başlanmıştır. Anaerobik eşik tespiti pahalı aletler ve özel laboratuvar imkanları gerektiren bir durumdur.

Conconi ve ark. (17) egzersiz sırasında kalp atım hızının takip edilmesiyle atım hızının iş gücüne göre kırılmaya başladığı nokta ile anaerobik eşik tespiti yapılabileceğini öne sürmüştür. Yapılan çalışmalarda kalp hızı iş gücü ilişkisinin değişik spor dallarında ve fiziksel aktivitelerde uygulanabileceği gösterilmiştir (3, 18, 28).

Kalp atım hızı ve iş gücü arasındaki ilişkinin anaerobik eşik noninvazif tayinindeki etkinliğini destekleyici (17, 18, 28) veya zıt yönlerde (41, 53, 60) çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışmada kalp atım hızı ile iş gücü arasında kırılma noktasının anaerobik eşik ile istatistiksel olarak anlamlı bir ilişkisini tüm deneklerde bulamadık (8, 41, 53, 79, 94). Kalp atım hızının iş gücünün düzenli olarak arttığı egzersiz testinde verdiği cevap 3 farklı şekilde bulunmuştur (8). Bunlar Şekil 5.6, Şekil 5.7 ve Şekil 5.8 de görüldüğü gibi ya hiç kırılma olmadan lineer olarak artma, veya sağa kırılma ve diğeri ise sola kırılma şeklindeydi.

Çalışmaya katılan bayan deneklerin hiçbirisinde anaerobik eşik ile kalp hızı kırılma noktası arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 5.12). Yirmi iki bayan denekte kalp atım hızı uygulanan işgücüne paralel olarak artmış ve bu artış testin sonuna kadar deneklerin tolare edebilecekleri seviyeye kadar devam etmiştir.

Kalp atım hızı ile iş gücü arasındaki lineer ilişki erkek deneklerde daha az çalışmada elde edilmiştir (13 denek). Erkek deneklerin yalnızca 3 tanesinde anaerobik eşik ile kalp hızı kırılma noktası arasında anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Şekil 5.12). Diğer önemli bir bulgu ise, kalp hızı ile iş gücü arasındaki kırılma noktası tüm deneklerde anaerobik eşik üstündeki bölgede meydana gelmiştir. Egzersiz sırasında, anaerobik eşik üstü bölgesinde aktif hale gelen anaerobik metabolizmanın yan ürünlerinden olan katekolaminlerin kalp atımı üzerine olan etkileri bunlardan sorumlu olabilir (93). Periferik dolaşımdaki kan laktat seviyesi direkt olarak kardiyasküler sistemi etkileyerek kalp atım hızını etkileyebilir (35). Buna karşılık olarak artan yüke karşı yapılan egzersiz testinde aktifleşen anaerobik metabolizmaya rağmen 35 denekte kalp atım hızında lineerliğin değişmemesi bu nedenleri desteklememektedir.

Kalp atım hızı ile iş gücü arasındaki ilişkinin şiddeti düzenli olarak artan egzersiz test protokolüne verdiği cevabın farklı olması (bazı deneklerde herhangi bir kırılma olmadan testin sonuna kadar lineer olması, bazılarında sağ tarafa doğru kırılma olması, bazılarında ise sol tarafa kırılma olması) henüz tam olarak açıklanabilmiş değildir. Bunu açıklamak için denekler arasındaki fiziksel kondisyon durumlarındaki farklılıktan dolayı olabilir.

Çalışmada kullandığımız vücut kitle indeksi yüksek olan deneklerin kalp hızları ile iş güçleri arasında kırılmanın az görülmesi daha fazla bulunan bir bulguydu. Bunu desteklemek için ileri çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle kalp hızı ile iş gücü arasındaki ilişkinin lineer olduğu vakalar belirli bir egzersiz antrenman programına tabi tutularak kalp hızlarıyla iş gücü arasındaki ilişkinin değiştiğinin gözlenmesi gerekir.

Bu çalışmada kullandığımız anaerobik eşiğin non invazif tespit yöntemi solunum, metabolizma ve iş gücü arasındaki ilişkiye dayanmaktadır (40, 97). Egzersiz sırasında vücudun artan enerji ihtiyacının karşılanması için solunum kardiyovasküler ve metabolik sistemlerin uyum içinde çalışması gerekmektedir (56, 107). Aerobik egzersiz sırasında solunum metabolizma ihtiyacına paralel olarak artmaktadır (58,100,104). Anaerobik egzersiz bölgesinde ise solunum progresiv olarak artan iş gücüne göre daha fazla hızlanmaktadır (100, 104). Anaerobik egzersizde solunum artmasından üretilen metabolik (başlıca laktik) asitin, bikarbonat tampon sistemi tarafından salınan ekstra metabolik olmayan karbondioksitin, katekolaminlerin, potasyumun karotid body cisimciklerinin uyararak etkili olduğu gösterilmiştir (42, 77, 95, 98, 108).

Bu çalışmada denekler yaklaşık olarak %60 maksimal iş güçlerine kadar aerobik metabolizmalarıyla devam ettiler bu ise daha önce yapılan çalışmalarda bulunan sonuçlarla uyum içindedir (36).

Sonuç olarak, egzersiz sırasında kalp hızı ile iş gücü arasındaki ilişki anaerobik eşiğin noninvasif tespitinde etkin bir yöntem değildir. Kalp hızı ile iş gücü arasındaki ilişkinin lineerliği, sağ tarafa veya sol tarafa doğru kırılması önemli bir kriter olabileceğinden anaerobik eşik ile olan ilişkisinden bu yönde

alışmalar yoğunlaştırılabilir. Deneklerde egzersiz sırasında kalp hızı ile iş gücü arasındaki kırılma tüm vakalarda anaerobik eşik üstü bölgede meydana gelmektedir.

Conconi testi olarak da adlandırılan egzersiz sırasında kalp atım hızı ile iş gücü ilişkisi özellikle klinik alanda antrenman veya egzersiz programlarının hazırlanmasında uygulanırken dikkat edilmelidir.



7. KAYNAKLAR.

1. Adams R P, Welch H G. (1980). Oxygen uptake, acid base-status, and performance with varied inspired oxygen fractions. *J Appl Physiol Respirat Environ Exer Physiol.* 49: 863-868.
2. Ahmaidi S, Hardy J M, Varray A, Collomp K, Mercier J, Prefaut C. (1993). Respiratory gas exchange indices used to detect the blood lactate accumulation threshold during an incremental exercise test in young athletes. *Eur J Appl Physiol, Occup Physiol.* 66 (1): 31-36
3. Ballarin E, Borsetto C, Cellini M, Patracchini M, Vitiello P, Ziglio P G, Conconi F. (1989). Adaptation of the "conconi test" to children and adolescents. *Int J.Sports Med.* 10:334-338.
4. Beaver W L, Wasserman K, Whipp B J. (1986). Bicarbonate buffering of lactic acid generated during incremental exercise. *J Appl Physiol.* 60: 472-478.
5. Beaver W L, Wasserman K, Whipp B J. (1986). A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol.* 60: 2020-2027.
6. Belman M J, Gasser, G A. (1991). Exercise training below and above the lactate threshold in elderly. *Med Sci Sports Exer.* 23 (5): 562-568.
7. Billat L V. (1996). Use of lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. *Sports Med* 22(3):157-175.
8. Bodner M E, Rhodes E C (2000). A review of the concept of the heart rate deflection point. *Sports Med.* 30(1):31-46.
9. Brooks G A. (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exer.* 17(1): 22-31.
10. Brooks G A. (1986). Lactate production under fully aerobic conditions: the lactate shuttle during rest and exercise. *Fed Proc.* 45: 2924-2929.
11. Bruce R A, Kusumi F, Hosmer D. (1973). Maximal oxygen intake and nomographic assessment of functional aerobic impairment in cardiovascular disease. *Am Heart J.* 85 (4) 546-562.
12. Caiozzo V J, Davis J A, Ellis F J, Azus J L, Vandagriff R, Prietto C A, McMaster W C. (1982). A comparison of gas exchange indices used to detect the anaerobic threshold. *J Appl Physiol.* 53: 1184-1189.
13. Casaburi, R., Wasserman K, Patessio A, Loli F, Zanaboni S, Donner C F. (1989). A new perspective in pulmonary rehabilitation: anaerobic threshold as a discriminant in training. *Eur Respir J.* 2 (Suppl 7):618S-623S.

14. Casaburi R, Storer T W, Sullivan C S, Wasserman K. (1995). Evaluation of blood lactate elevation as an intensity criterion for exercise training. *Med Sci Sports Exerc.* 27(6):852-862.
15. Clausen J P (1976). Circulatory adjustments dynamic exercise and effect of physical training in normal subjects and patients with coronary artery disease. *Prog Cardiovas Dis* 13: 459-495.
16. Connet R, Honig T, Gayeski C R, Brooks G A. (1990). Defining hypoxia: a system view of O₂, glycolysis, energetics, and intracellular PO₂. *J Appl Physiol.* 68: 833-842.
17. Conconi F, Ferrari M, Ziglio P G, Droghetti P, Codeca L. (1982). Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. *J Appl Physiol*, 52:869-873.
18. Conconi F, Grazi G, Casoni I, Guglielmini C, Borsetto C, Ballarin E, Mazzoni G, Patracchini M, Manfredini F (1996). The Conconi test: methodology after 12 years of application. *Int J Sports Med* 17(7):509-519.
19. Cooper C B (1995). Determining the role of exercise in patients with chronic pulmonary disease. *Med Sci Sports Exerc.* 27(2): 147-157.
20. Costill D L, Coyle E, Dalsky G, Evans W, Fink W, Hoopes D. (1977). Effects of elevated plasma FFA and insulin on muscle glycogen usage during exercise. *J Appl Physiol.* 43(4):695-699.
21. Coyle E F, Martin W H, Ehsani A A, Hagberg J M, Bloomfield S A, Sinacore D R, Holloszy J M. (1983). Blood lactate threshold in some well-trained ischemic heart diseases patients. *J Appl Physiol.* 54(1): 18-23.
22. Davis J A. (1985). Anaerobic threshold: review of the concept and directions for future research. *Med Sci Sports Exerc.* 17(1): 6-18.
23. Davis J A, Frank M H, Whipp B J, Wasserman K. (1979). Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-age men. *J Appl Physiol.* 46: 1039-1046.
24. Davis L A, Whipp B J, Lamarra N, Huntsman D J, Frank M H, Wasserman K. (1982). Effect of ramp slope on determination of aerobic parameters from the ramp exercise test. *Med Sci Sports Exerc.* 14 (5) 339-343.
25. Davis J A, Vodak P, Wilmore J H, Vodak J, Kurtz P. (1976). Anaerobic threshold and maximal aerobic power for three models of exercise. *J Appl Physiol.* 41(4): 544-550.

26. Dennis S C, Noakes T D, Bosch A N. (1992). Ventilation and blood lactate increase exponentially during incremental exercise. *J Sports Sci.* 10: 437-449.
27. Douglas C G. (1927). Coordination of respiration and circulation with variations in bodily activity. *Lancet*, p. 213-218, july 30.
28. Droghetti P, Borsetto C, Casoni I, Cellini M, Ferrari M, Paolini A R, Ziglio P G, Conconi F. (1985). Non-invasive determination of the anaerobic threshold in canoeing, cross-country skiing, cycling, roller and ice-skating, rowing and walking. *Eur J Appl Physiol.* 53:299-303.
29. Edwards R H T, Harris R C, Hultman E, Kaisjer L, Koh D, Nordesjo L O. (1972). Effect of temperature on muscle energy metabolism and endurance during successive isometric contractions, sustained to fatigue of the quadriceps muscle in man. *J Physiol.* 220: 335-352.
30. Essen B, Jansson E, Henricksson E, Taylor A W, Saltin B. (1975). Metabolic characteristics of fiber types in human skeletal muscles. *Acta Physiol Scand.* 95: 153-165.
31. Forster H V, Dempsey J A, Thompson J, Vidruk E, Dopico G A. (1972). Estimation of arterial PO_2 , PCO_2 , pH and lactate from arterialized venous blood. *J Appl Physiol.* 32: 134-137.
32. Gasser G A, Poole D C. (1986). Lactate and ventilatory threshold: disparity in time course of adaptation to training. *J Appl Physiol.* 61: 999-1004.
33. Gollnick P, Armstrong R, Saltin B, Saubert C, Sembrowich W, Shepherd R. (1973). Effect of training on enzyme activity and fibre composition of human skeletal muscle. *J Appl Physiol.* 34: 107-111.
34. Gollnick P D, Armstrong R B, Saubert IV C W, Piehl K, Saltin B. (1972) Enzyme activity and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men. *J Physiol.* 33(3): 312-319.
35. Gregory J E, Kenins P, Proske U. (1987). Can lactate-evoked cardiovascular responses be used to identify muscle ergoreceptors. *Brain Res* 404: 375-378
36. Hansen J E, Sue D Y, Wasserman K. (1984). Predicted values for clinical exercise testing. *Am Rev Respir Dis.* 129: 49-55.
37. Hagberg E F, Coyle J E, Carroll J M, Miller W, Martin H, Brooke M H. (1982). Exercise hyperventilation in patients with McArdle's disease. *J Appl Physiol: Respir Env Exer Physiol.* 52(4): 991-994.
38. Henrikson J, Reitman J S. (1976). Quantitative measures of enzyme activities on type I and type II muscle fibers of man after training. *Acta Physiol Scand.* 97: 392-397.

39. Henson C, Poole D C, Whipp B J. (1989). Fitness as a determinant of oxygen uptake response to constant-load exercise. *Eur J Appl Physiol.* 59: 21-28.
40. Hollmann W. (1985). Historical remarks on the development of the aerobic-anaerobic threshold up to 1966. *Int J Sports Med.* 6: 109-116.
41. Hofmann P, Pokan R, von Duvillard S P, Seibert F J, Zweiker R, Schmid P. (1997). Heart rate performance curve during incremental cycle ergometer exercise in healthy young male subjects. *Med Sci Sports Exer.* 29(6): 762-768.
42. Honda Y. (1992). Short overview: carotid body activities in man. In: *Control of Breathing and Its Modelling Perspective*, Y. Honda, Y. Miyamoto, K. Konno and J.G. Widdicombe (Eds.). New York: Plenum Press, pp: 91-98.
43. Hughes R L, Clode M, Edwards R H T, Goodwin T J, Jones N L. (1968). Effect of inspired O₂ on cardiopulmonary and metabolic responses to exercise in man. *J Appl Physiol.* 24: 336-347.
44. Hughes E F, Turner S C, Brooks G A. (1982). Effects of glycogen depletion and pedalling speed on "anaerobic threshold". *J Appl Physiol.* 52: 1598-1607.
45. Hughson R L, Weisiger K H, Swanson G D. (1987). Blood lactate concentration increases as a function in progressive exercise. *J Appl Physiol* 62(5): 1975-1981.
46. Ivy J L, Withers R T, Van Handel P J, Elger D H, Costill D L (1980). Muscle respiratory capacity and fibers type as determinants of lactate threshold. *J Appl Physiol.* 48: 523-527.
47. Ivy J L, Costill D L, Van Handel P J, Essing D A, Lower R W. (1981). Alteration in the lactate threshold with changes in substrate availability. *Int J Sports Med.* 2: 139-142.
48. Ivy J L, Chi M M, Hintz C S, Sherman W M, Hellendall R P, Lowry O H. (1987) Progressive metabolite changes in individual human muscle fibers with increasing work rates. *Am J Physiol* 252: C630-C639
49. James N W, Adams G M, Wilson A F (1989). Determination of anaerobic threshold by ventilatory frequency. *Int J Sports Med* 10(3): 192-196.
50. Janicki J S, Weber K T, Likoff M J, Fishman A P. (1984). Exercise testing to evaluate patients with pulmonary vascular disease. *Am Rev Respir Dis.* 129 (Suppl): 93-95.
51. Janicki J S, Weber K T, McElroy P A. (1988). Use of the cardiopulmonary exercise test to evaluate the patient with chronic heart failure. *Eur Heart J.* 9 (Suppl): 55-58.

52. Jansson E, Hjemdahl P, Kaijser L. (1986). Epinephrine-induced changes in muscle carbohydrate metabolism during exercise in male subjects. *J Appl Physiol.* 60(5): 1466-1470.
53. Jones A M, Doust J H. (1997). The Conconi test is not valid for estimation of the lactate turnpoint in runners. *J Sports Sci.* 15(4):385-394.
54. Karlsson J, (1971). Lactate and phosphagen concentrations in working muscle of man. *Acta Physiol Scand.* 358 (Suppl): 7-72.
55. Katz A, Sahlin K. (1988). Regulation of lactic acid production during exercise. *J Appl Physiol.* 65(2): 509-518.
56. Keul J. (1973). The relationship between circulation and metabolism during exercise. *Med Sci Sports Exer.* 5: 209-219.
57. Keul J, Doll E, Keppler D. (1972). In: *Energy Metabolism of Human Muscle*, edited by E. Jokl and Ky. Lexington, Baltimore: University Park Press, p.135.
58. Koike A, Weiller-Rawell D, McKenzie D K, Zankonato S, Wasserman K. (1990). Evidence that the metabolic acidosis threshold is the anaerobic threshold. *J Appl Physiol.* 68(6): 2521-2526.
59. Knuttgen H G, Saltin B. (1972). Muscle metabolites and oxygen uptake in short-term submaximal exercise in man. *J Appl Physiol.* 32: 690-694.
60. Kuipers H, Keizer H A, De Vries T, Van Rijthoven P, Wijts M. (1988). Comparison of heart rate as a non-invasive determinant of anaerobic threshold with the lactate threshold when cycling. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 58(3):303-306.
61. Linnarsson D, Karlsson J, Fagraeus L, Saltin B. (1974). Muscle metabolites and oxygen deficit with exercise in hypoxia and hyperoxia. *J Appl Physiol.* 36(4): 399-402.
62. Lollgen H, Graham T, And Sjogaard G. (1980). Muscle metabolites, force and perceived exertion bicycling at various pedal rates. *Med Sci Sports Exer.* 12: 345-351.
63. Mainwood G W, Worsley-Brown P, Paterson R A. (1971). The metabolic changes in frog sartorius muscles during recovery from fatigue at different external bicarbonate concentrations. *Can J Physiol Pharmacol* 50: 143-155.
64. Mangano D T, Browner W S, Hollenberg M, London M J, Tubau J F, Tateo I M (1990). Association of perioperative myocardial ischemia with cardiac

morbidity and mortality in men undergoing noncardiac surgery. The Study of Perioperative Ischemia Research Group. *N Engl J Med.* 323(26):1781-1788.

65. Matsumoto T, Ito K Moritani T. (1991). The relationship between anaerobic threshold and electromyographic fatigue threshold in college women. *Eur J Appl Physiol an Occup Physiol.* 63: 1-5.
66. Matsumura N, Nishijima H, Koima S, Hashimoto F, Minami M, Yasuda H. (1983). Determination of anaerobic threshold for assessment of functional state in patients with chronic heart failure. *Circulation.* 68(2): 360-367.
67. Mazzeo R S, Marshall P. (1989). Influence of plasma catecholamines on the lactate threshold during graded exercise. *J Appl Physiol.* 67(4): 1319-1322.
68. McLoughlin P, Popham P, Linton R A F, Bruce R C H, Band D M. (1992). Use of arterialized venous blood sampling during incremental exercise tests. *J Appl Physiol.* 73(3): 937-940.
69. Miyagi K, Asanoi H, Ishizaka S, Kameyama T, Sasayama S. (1993). Limited value of anaerobic threshold for assessing functional capacity in patients with heart failure. *Clin Cardiol.* 16: 133-137.
70. Ohuchi H, Nakajima T, Kawade M, Matsuda M, Kamiya T (1996). Measurement and validity of the ventilatory threshold in patients with congenital heart disease. *Ped Cardiol.* 17(1):7-14.
71. Older P, Smith R E R, Courtney P, Hone R. (1993). Preoperative evaluation of cardiac failure and ischemia in elderly patients by cardiopulmonary exercise testing. *Chest* 104: 701-704.
72. Older P and Hall A. (1996). The role of cardiopulmonary exercise testing for preoperative evaluation of elderly. From Wasserman, K. (ed): *Exercise Gas Exchange in Heart Disease*. Armonk, NY: Futura Publishing Company. Chapter 20, page 287-291.
73. Ozcelik O, Ward S A, Whipp B J. (1999). Effect of altered body CO₂ stores on pulmonary gas exchange dynamics during incremental exercise in humans. *Exp Physiol.* 84: 999-1011.
74. Owles W H. (1930). Alterations in the 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.* 69: 214-237.
75. Patessio A, Casaburi R, Carona M, Appendini L, Donner C F, Wasserman K. (1993). Comparison of gas exchange, lactate and lactic acidosis threshold in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am Rev Respir Dis.* 148:622-626.

76. Poole D C, Gasser G A. (1985). Response of ventilatory and lactate threshold to continues and interval training. *J Appl Physiol* 58: 1115-1121.
77. Rausch S M, Whipp B J, Wasserman K, Huszczuk A. (1991). Role of the carotid bodies in the respiratory compensation for the metabolic acidosis of exercise in humans. *J Physiol* 444:567-578.
78. Reinhard U, Muller P H, Schmulling R M. (1979). Determination of anaerobic threshold by ventilatory equivalent in normal individuals. *Res Physiol*. 38: 36-42.
79. Ribeiro J P, Fielding R A, Hughes V, Black A, Bochesse M A, Knuttgen H G. (1985). Heart rate break point may coincide with the anaerobic and not the aerobic threshold. *Int J Sports Med*. 6(4):220-224.
80. Saltin B, Gollnick P D. (1983). Skeletal muscle adaptability: significance for metabolism and performance. In. *Handbook of Physiology. Section 10. Skeletal Muscle*. Edited by L.d. Peachey. Bethesda, M.D, Am Physiol Soc, p.555.
81. Spurway N C. (1992). Aerobic exercise, anaerobic exercise and the lactate threshold. *Brit Med Bul*. 48 (3): 569-591.
82. Stainsbay W N, Sumners C, Eitzman P D. (1985). Effects of catecholamines on the lactic acid output during progressively working contractions. *J Appl Physiol*. 59: 1809-1814.
83. Stevenson L W. (1996). Role of exercise testing in the evaluation of candidates for cardiac transplantation. From Wasserman, K (ed): *Exercise Gas Exchange in Heart Disease*. Armonk, NY: Futura Publishing Company. Chapter 19, page 271-286.
84. Stringer W, Casaburi R, Wasserman K. (1992). Acid-base regulation during exercise and recovery in humans. *J Appl Physiol*. 72(3): 954-961.
85. Sue D Y, Wasserman K, Moricca R B, Casaburi R. (1988). Metabolic acidosis during exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Chest*. 94(5): 931-938.
86. Sullivan M J, Cobb F R. (1990). The anaerobic threshold in chronic heart failure. Relation to blood lactate, ventilatory basis, reproducibility and response to exercise training. *Circulation*. 81 (Suppl II): II47-II58.
87. Sutton J R, Jones N L, Toews C J. (1981). Effect of pH on muscle glycolysis during exercise. *Clin Sci*. 61: 331-338.
88. Taivassalo T, Matthews P M, Stefano N, Sripathi N, Genge A, Karpati G, Arnold D L. (1996). Combined aerobic training and dichloroacetate improve

exercise capacity and indices of aerobic metabolism in muscle cytochrome oxidase deficiency. *Neurology*. 47:529-534.

89. Timmons J A, Poucher S M, Teodosiu C D, Worrall V, MacDonald I A, Greenhaff P L. (1996). Increased acetyl group availability enhances contractile function of canine skeletal muscle during ischemia. *J Clin Invest*. 97(3): 879-883.
90. Timothy R, McConnell Phd, Charles A, Laubach M D, Clark A B. (1995). Value of gas exchange analysis in heart disease. *J. Cardiopul Reh*. 15:257-261.
91. Trosper T L, Phlipson K D. (1987). Lactate transport by cardiac sarcolemmal vesicles. *Am J Physiol*. 252: 483-489.
92. Turner M J, Howley E T, Tanaka H, Ashraf M, Bassett D R, Keefer D J. (1995). Effect of graded epinephrine infusion on blood lactate response to exercise. *J Appl Physiol*. 79(4): 1206-1211.
93. Urhausen A, Weiller B, Coen B, Kindermann W (1994). Plasma catecholamines during endurance exercise of different intensities as related to the individual anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol* 69: 16-20.
94. Vachon J A, Bassett D R, Clarke S. (1999). Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running. *J Appl Physiol*. 87(1): 452-459.
95. Ward S A. (1994). Assessment of peripheral chemoreflex contributions to exercise hyperpnea in humans. *Med Sci Sports Exer*. 26(3): 303-310.
96. Wasserman K, Beaver W L, Whipp B J. (1990). Gas exchange theory and the lactic acidosis (anaerobic) threshold. *Circulation*. 81 (Suppl II) : II-14-II-30.
97. Wasserman K And McIlroy M B. (1964). Detecting the threshold of anaerobic metabolism in cardiac patients during exercise. *Am J Cardiol*. 14:844-852.
98. Wasserman K, Whipp. B J. (1976). The carotid bodies and respiratory control in man. In: *Morphology and mechanism of chemoreceptors*; edited by A.S. Paintal. New Delhi: Vallabhshai Patel Chest Institute, pp. 156-175.
99. Wasserman K, Beaver W L, Davis J A, Pu J Z, Heber D, Whipp B J. (1985). Lactate, pyruvate, and lactate-to-pyruvate ratio during exercise and recovery. *J Appl Physiol*. 59: 935-940.
100. Wasserman K, Hansen J E, Sue D Y, Whipp B J, Casaburi R. (1994). *Principles of exercise testing and interpretation*, second edition, Lea & Febiger.

101. Weber K T, Janicki J S, Mcelroy P A. (1987). Determination of aerobic capacity and the severity of chronic cardiac and circulatory failure. *Circulation*. 76 (Suppl VI): VI-40-VI-45.
102. Weber K T, Janicki J S. (1985). Cardiopulmonary exercise testing for evaluation of chronic cardiac failure. *Am J Cardiol*. 55: 22-31.
103. Weltman A, Snead D, Seip R, Schurrer R, Weltman J, Rutt R, Rogol A. (1990). Percentages of maximal heart rate, heart ratereserve and VO_2max for determining endurance training intensity in male runners. *Int J Sports Med*. 11 (3): 218-222.
104. Whipp B J, Mahler M. (1980). Dynamics of pulmonary gas exchange during exercise. In: *Pulmonary Gas Exchange*. Vol II, ed., J. B. West (Ed.). New York: Academic Press, pp:33-96.
105. Whipp B J, Davis J A, Torres F, Wasserman K. (1981). A test to determine parameters of aerobic function during exercise. *J Appl Physiol*. 50: 217-221.
106. Whipp B J, Wasserman K. (1987). Blood-gas and acid-base regulation. In: *The Lung*, chapter 152, edited by R.G. Crystal, J.B. West, et al. Lippincott Raven Publisher, Philadelphia, p: 2021-2031.
107. Whipp B J. (1994). The bioenergetic and gas exchange basis of exercise testing. *Clin Chest Med*. 15(2): 173-191.
108. Whipp B J, Wasserman K. (1980). Carotid bodies and ventilatory control dynamics in man. *Fed Proc.*, 39: 1628-1673.
109. Whipp B J, Ward S A. (1992). Pulmonary gas exchange dynamics and the tolerance to muscular exercise: effects of fitness and training. *Ann Physiol Anthropol*. 11 (3): 207-214.
110. Whipp B J, Ward S A, Lamarra N, Davis J A, Wasserman K. (1982) Parameters of ventilatory and gas exchange dynamics during exercise. *J Appl Physiol*. 52(6):1506-1513.
111. Whipp B J. (1996). Domains of aerobic function and their limiting parameters. In: *The Physiology and Pathophysiology of Exercise Tolerance*. Edited by Ward, S.A., Part 3, Chapter 12, pp 83-89, Plenum Press, New York.
112. Yeh M P, Gardner R M, Adams T D, Yanowitz F G, Crapo R O. (1983). 'Anaerobic threshold': problems of determination and validation. *J Appl Physiol* 55(4): 1178-1186.
113. Yoshida T, Nagata A, Muro M, Takeuchi N, Suda Y (1981). The validity of anaerobic threshold determination by a Douglas bag method

- compared with arterial blood lactate concentration. *Eur J Appl Physiol.* 46: 423-430.
114. Yoshida T, Takeuchi N, Suda Y (1982). Arterial versus venous blood lactate increase in forearm during incremental bicycle exercise. *Eur J Appl Physiol.* 50: 87-93.
115. Yoshida T. (1984). Effect of exercise duration during incremental exercise on the determination of anaerobic threshold and the onset of blood lactate accumulation. *Eur J Appl Physiol.* 53: 196-199.
116. Zeballos J R, Weisman I M (1994). Behind the scenes of cardiopulmonary exercise testing. *Clin Exer Test.* 15 (2) 193-213.



8. ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında Elazığ' da doğdum. İlk ve orta öğrenimimi Elazığ' da Lise öğrenimimi ise Ankara' da Ankara Kimya Teknik Lisesinde tamamladım.1990 yılında Fırat Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümünde başlamış olduğum üniversite eğitimimi 1994 yılında tamamladım. 1994 yılında Mardin ili Kızıltepe ilçesi Eşme köyü ilköğretim okulunda öğretmenlik görevime başladım. 1996-1997 yılları arasında askerlik görevimi yedek subay olarak Balıkesir ve Hakkari'de tamamladım. 1997-1998 Eğitim ve Öğretim yılında Elazığ ili Kovancılar ilçesi Şenova Köyü ilköğretim okulunda öğretmenlik görevime devam ettim.1997 yılında Fırat Üniversitesi Fırat Tıp Merkezi Hastane Müdür Yardımcılığı görevini naklen atandım. Halen bu görevime devam etmekteyim.