

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KALP HIZI KIRILMA NOKTASI BELİRLEME
YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

İLTER YAMAN

**SPOR FİZYOLOJİSİ BİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

İZMİR - 2007

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KALP HIZI KIRILMA NOKTASI BELİRLEME
YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**SPOR FİZYOLOJİSİ BİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

İLTER YAMAN

Danışman Öğretim Üyesi: Prof. Dr. Berkant Muammer Kayatekin

(Bu araştırma DEÜ Araştırma Fon Saymanlığı Tarafından 2006.KB.SAG.001 sayılı projeye desteklenmiştir.)

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ.....	i
ŞEKİL LİSTESİ.....	ii
KISALTMALAR.....	iii
ÖZET.....	1
ABSTRACT.....	2
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	3
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Egzersizde Kasın Metabolik Sistemleri.....	5
2.1.1. Fosfajen Sistem.....	5
2.1.2. Glikojen – Laktik Asit Sistemi.....	6
2.1.3. Aerobik Sistem.....	7
2.2 Anaerobik Eşiğin Tanımlanması ve Belirlenme Yöntemleri.....	9
2.2.1. Girişimsel yol.....	10
2.2.1.1. Maksimal Laktat Denge Durumu.....	10
2.2.1.2. Laktat Minimum Hızı.....	10
2.2.1.3. Laktat Birikiminin Başlangıç Noktası.....	11
2.2.1.4. Bireysel Anaerobik Eşik.....	11
2.2.2. Girişimsel olmayan yol.....	12
2.2.2.1. Solunumsal Eşik.....	12
2.2.2.2. Kalp Hızı Kırılma Noktası.....	13
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	15
3.1. Örnek Seçimi.....	15
3.2 Egzersiz Testleri ve Ölçümler.....	15
3.3. Test Öncesi Koşullar.....	16
3.4. Boy, Ağırlık ve Vücut Yağ Oranı Ölçümü.....	17
3.5. Aerobik Kapasite ve Anaerobik Eşik Ölçüm Protokolü.....	17
3.6. Aerobik Kapasitenin Belirlenmesi.....	18
3.7. Anaerobik Eşiğin Belirlenmesi.....	19
3.8. Kalp Hızı Ölçümü.....	20
3.9. Kalp Hızı Kırılma Noktası Ölçüm Protokolü.....	20

3.9.1. 20 Watt / dk Protokolü.....	20
3.9.2. 40 Watt / 2dk Protokolü.....	21
3.10. Kalp Hızı Kırılma Noktasının Belirlenmesi.....	21
3.11. İstatistiksel Analiz.....	22
4. BULGULAR.....	23
5. TARTIŞMA.....	31
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	34
7. KAYNAKLAR.....	36

TABLO LİSTESİ

Tablo 1: 3 metabolik sistemin ATP üretimi bakımından karşılaştırılması.....	8
Tablo 2: Enerji sistemlerinin genel olarak karşılaştırılması.....	9
Tablo 3: Sporcuların fiziksel profili ve aerobik kapasite değerleri.....	23
Tablo 4: Sporcuların testlerde ulaştıkları en yüksek kalp atım hızı değerleri.....	24
Tablo 5: Sporcuların testlerde ulaştıkları en yüksek iş yükü değerleri.....	24
Tablo 6: Sporcuların anaerobik eşikteki ölçüm değerleri.....	26
Tablo 7: Sporcuların kalp hızı kırılma noktasına karşılık gelen kalp hızı değerleri.....	29
Tablo 8: Sporcuların kalp hızı kırılma noktasına karşılık gelen iş yükü değerleri.....	30

SEKİL LİSTESİ

Şekil 1 : Laktat minimum hızının hesaplanması.....	10
Şekil 2 : Bireysel anaerobik eşik hesaplanması.....	12
Şekil 3 : Kalp hızı kırılma noktası belirlenmesi.....	13
Şekil 4 : Monark bisiklet ergometresi ve kontrol paneli.....	16
Şekil 5 : Vücut yağ oranı ölçümü.....	17
Şekil 6 : Aerobik kapasite ölçümü.....	19
Şekil 7 : Kan laktat yoğunluğu ölçümü.....	20
Şekil 8 : Bir sporcunun anaerobik eşığının belirlenmesi.....	25
Şekil 9 : Bağımsız gözlemci metoduyla kalp hızı kırılma noktasının belirlenmesi.....	27
Şekil 10: Matematiksel modelle kalp hızı kırılma noktasının belirlenmesi.....	28

KISALTMALAR

AE	:	Anaerobik eşik
İAT	:	Bireysel anaerobik eşik
KH	:	Kalp atım hızı
KHKN:		Kalp hızı kırılma noktası
LDH	:	Laktat dehidrogenaz
PC	:	Fosfokreatin (Phosphocreatine)
MM	:	Matematiksel model

ÖZET
KALP HIZI KIRILMA NOKTASI BELİRLEME YÖNTEMLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI
Fzt. İlter YAMAN

Anaerobik eşik (AE), şiddeti düzenli olarak artan egzersiz sırasında kan laktat yoğunluğunda bariz artışların görüldüğü egzersiz şiddeti olarak tanımlanır. Conconi ve arkadaşları AE'in belirlenmesinde dolaylı ve girişimsel olmayan bir saha testi geliştirmişlerdir. Bu test, şiddeti gittikçe artan egzersiz sırasında kalp atım hızı (KH)- iş yükü ilişkisinde doğrusallıktan sapma (kalp hızı kırılma noktası - KHKN) görülmesi temeline dayanır.

Bu çalışma, farklı test protokollerinin kullanılmasıyla KHKN'nın değişip değişmediğini, ve ayrıca farklı hesaplama yöntemleri kullanılmasıyla belirlenen KHKN değerleri arasında fark olup olmadığını saptamayı amaçlar.

Bu çalışmaya, Balçova Belediyesi Termal Spor Kulübü Genç Takımının 14 futbolcusu (19.07 ± 1.21 yıl) gönüllü olarak katılmıştır. Sporcular bisiklet ergometresinde şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı 3 farklı egzersiz testine alınmıştır. Bu testlerden birincisi aerobik kapasite ve anaerobik eşik için, diğer ikisi KHKN'nın belirlenmesine yönelik olarak düzenlenmiştir. KHKN'ı belirlemeye yönelik olarak yapılan testlerde sporcuların KH'ları 5 sn'de bir kaydedilmiştir. Bu KH verilerinden KHKN'ları bağımsız gözlemci metodu ve matematiksel modelle (regresyon analizi) iki farklı yöntemle hesaplanmıştır.

Çalışmaya katılan 12 sporcuda KHKN her iki hesaplama yöntemiyle ve her iki test protokolünde belirlenmiştir. Bir sporcuda KHKN hiçbir şekilde belirlenememiştir. Bir sporcuda da KHKN iş yükünün 40 Watt/2dk artırıldığı protokolde matematiksel modelle hesaplanamamıştır. KHKN'nın ortaya çıktığı KH ve iş yükü değerleri kendi aralarında ve AE'teki kalp hızı ve iş yükü değerleriyle karşılaştırıldığında aralarında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$)

Farklı egzersiz protokolleri kullanıldığında KHKN'nın değişmediği ve KHKN hesaplamak için kullanılan iki farklı yöntem arasında KHKN'ı belirlemede istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı sonucu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Anaerobik eşik, Kalp hızı kırılma noktası

ABSTRACT

COMPARISON OF THE HEART RATE DEFLECTION POINT DETERMINATION METHODS

Pt. İlter YAMAN

Anaerobic threshold (AT) is defined as the exercise intensity that is associated with a substantial increase in blood lactate during an incremental exercise. Conconi et al. developed a field test for the indirect and noninvasive determination of the AT. This test was based on the observed deviation from linearity (heart rate deflection point-HRDP) in the heart rate (HR) – work intensity relationship during progressive incremental exercise.

This study purposes to determine whether HRDP changes or not by using different test protocols; and in addition, to see if there is a difference between the HRDP findings according to methods of calculation.

Fourteen soccer players (19.07 ± 1.21 years) who plays on Balcova Belediyesi Termal Sports Club Young Team, volunteered to take part in this study. Athletes performed three different progressive incremental exercise test on a cycle ergometer. The first one is designed for the determination of the aerobic capacity and of the anaerobic threshold and the other two for the determination of the HRDP. Heart rates of athletes recorded in 5 s intervals during HRDP determination tests. From these HR values HRDP assessed by two different methods which are visual inspection and mathematical modeling (regression analyze).

HRDP is determined on twelve athletes with two calculation methods and in two different test protocols. On one of the athletes HRDP isn't determined. And HRDP couldn't be calculated with mathematical modeling in which test protocol work intensity increased 40 Watt/2min on one of the athletes. When heart rates at HRDP and work intensities at HRDP compared; and when they compared with heart rates at AT and work intensities at AT, no significant difference is found ($p>0.05$).

As a result, when the different test protocols used for determination of the HRDP, it isn't changed and there isn't any statistically significant difference between two calculation methods of the HRDP.

Key Words: Anaerobic threshold, Heart rate deflection point

1. GİRİŞ VE AMAC

Egzersiz şiddetinin artması kas kasılması için gereken enerji gereksiniminin artmasına neden olur. Egzersiz şiddetinin belirli bir noktayı aşmasıyla gereken enerjinin elde edilmesine anaerobik enerji sistemlerinin katkısı artmaya başlar. Enerjinin elde edilmesinde aerobik sistemlerin yetersiz kaldığı ve anaerobik sistemlerin belirgin olarak devreye girdiği bu egzersiz şiddetine anaerobik eşik (AE) adı verilir (1).

Anaerobik eşik, uzun mesafe koşuları gibi dayanıklılık olaylarında performansın göstergesidir. Spor ve klinik bilimlerinde sporcuların egzersiz programlarının belirlenmesinde, özellikle kardiyak rehabilitasyonda hastaların fonksiyonel kapasitelerinin değerlendirilerek rehabilitasyon programlarının belirlenmesinde olarak kullanılmaktadır (2,3).

Anaerobik eşğin belirlenmesinde en etkin yol egzersiz sırasında belirli aralıklarla arteriyel kan laktat yoğunluğu ölçümüdür (2,4,6). Ancak bunun için gerekli araçlar oldukça pahalıdır ve kan alımı gibi işlemler sırasında güçlüklerle karşılaşlabilmektedir. Bunun yerine, 1973 yılında Wasserman ve arkadaşları anaerobik eşği girişimsel olmayan bir yoldan gaz değişim parametrelerini kullanarak, *solunumsal eşik* olarak belirlemişlerdir (5,6,7). Fakat bu yol da pahalı araçlar gerektirmekte ve her yerde uygulanamamaktadır. 1982 yılında Conconi ve arkadaşları anaerobik eşğin belirlenmesinde dolaylı ve girişimsel olmayan bir yol ileri sürmüştür (8,9). Bu araştırmacılar kalp atım hızı (KH) – koşu hızı arasındaki doğrusal ilişkinin yüksek koşu hızlarında platoya eriştiğini göstermiştir. Şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı yapılan egzersizde KH – iş yükü ilişkisi eğrisinde kolaylıkla ayırt edilebilen farklılık ya da sapma ile karakterize olan bu noktaya *kalp hızı kırılma noktası (KHKN)* denir (8,9,10). KHKN normalde KH - iş yükü ilişkisi eğrisi eğiminde azalma gösterir. Bu *curvilinear* bir cevap olarak görülür ve en yüksek KH'nın % 88 - 94'ü aralığında ortaya çıktığı rapor edilmiştir (11,12,13). Hofmann ve arkadaşları 227 genç erkekte yaptıkları bir çalışmada, çalışmaya katılan kişilerin %7.9'unda KH – iş yükü eğrisinin eğiminde artma (ters yönde kırılma) olduğunu ve %6.2'sinde kırılma gözlenmediğini rapor etmiştir (12).

Conconi ve arkadaşları araştırmalarında kalp hızı kırılma noktasına karşılık gelen koşu hızının anaerobik eşikteki koşu hızıyla yüksek ilişkili olduğunu göstermişlerdir (8,9,10). Anaerobik eşğin belirlenmesinde Conconi ve arkadaşlarının geliştirdiği KHKN testi girişimsel olmayan bir test olduğu için kolay uygulanır. Testin yapılması için gereken süre kısadır, yalnız laboratuvarında değil, sahada da uygulanabilen bu test dayanıklılık kapasitesini

ve antrenman programını belirlemek için kullanılmaktadır (7,10). Bunun yanında KHKN görüşü biraz tartışmalıdır. Bazı araştırmacılar tamamıyla doğrusal KH cevabı olduğunu ya da KH'nın belirli yüzdelerle platoya eriştiğini göstermiştir (11,12,13,14). Ayrıca literatürde KHKN ve onun AE ile ilişkisine uyan tam bir fikir birliği yoktur ve KHKN'nın güvenilirliği açık değildir (11,12). Tüm çalışmalar %100 tekrarlanabilirliğini rapor etmemiştir (10,12,14). Ayrıca bazı araştırmacılar da KHKN'nin anaerobik eşiği, laktat ölçümüyle belirlenen anaerobik eşiğten daha yüksek iş yükünde saptadığını bildirmiştir (2). Conconi ve arkadaşları kendi hipotezlerini destekleyenler yanında çok sayıda çürüten çalışmadan dolayı tartışmayı kabul etmiş ve bu anlaşmazlığın, kalp hızı kırılma noktası ya da anaerobik eşiği belirlemede kullanılan metotların farklılığından kaynaklanabileceğini belirtmiştir (7).

KHKN ölçümü farklı şekillerde yapılmaktadır. Gözle belirleme yöntemi ve regresyon analizlerinin kullanıldığı matematiksel model KHKN'nı hesaplamada kullanılmaktadır (4,10).

Bu çalışmanın birinci amacı farklı egzersiz protokolleri kullanıldığında KHKN'nin değişip değişmediğini saptamaktır. İkinci amacımız, aynı egzersiz modelinde elde edilen verilerden KHKN'nı hesaplamak için kullanılan bağımsız gözlemci metodu ile matematiksel model arasında KHKN'nı belirlemede fark olup olmadığını saptamaktır.

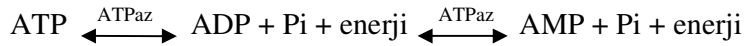
2. GENEL BİLGİLER

2.1. Egzersizde Kasın Metabolik Sistemleri

Kasların egzersiz sırasında kasılabilme yeteneklerini sürdürebilmeleri için enerjiye ihtiyacı artar (15). Bu enerjinin kaynağı kastaki enerjiden zengin organik fosfat bileşikleridir ve kaynağını karbonhidrat, yağ ve protein metabolizmalarından almaktadır (16). Fiziksel aktivitenin sınırlarını belirleme yönünde metabolik süreçlerin belirlenmesi oldukça önemlidir (16,17). Aktivite için gerekli enerjinin oksijensiz ortamda bir dizi kimyasal reaksiyonlar ile elde edilmesine “*anaerobik*”, oksijenli bir ortamda elde edilmesine “*aerobik*” metabolizma denir (16). Fiziksel aktiviteler için özellikle 3 metabolik sistem önemlidir. Bu sistemler: 1. *fosfajen sistemi*, 2. *glikojen – laktik asit sistemi*, 3. *aerobik sistemdir* (15,16,17).

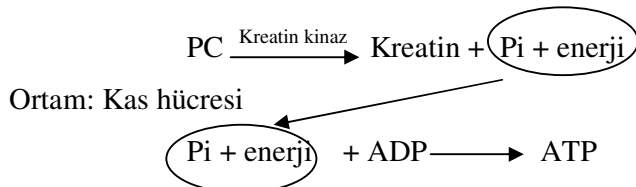
2.1.1. Fosfajen Sistem

Fosfajen sistem oksijene gereksinim duymadan (anaerobik), laktik asit oluşturmadan, doğrudan enerji sağlayan metabolik sistemdir (15). Kas kontraksiyonu için ana enerji kaynağı adenosin trifosfat (ATP)’tir. ATP yapısında yüksek enerjili fosfat bağları içeren bir bileşiktir. Kasal aktivite sırasında yapısından bir fosfat kökü ayrıldığı zaman adenosin difosfat (ADP)’a dönüşür ve yüksek miktarda enerji doğrudan elde edilmiş olur. İkinci fosfatın ayrılmasıyla da adenosin monofosfat (AMP)’a çevrilir (15,17).



İyi antrene atletlerde bile kaslarda maksimal kas gücünü ancak 3 saniye sürdürebilecek kadar ATP bulunabilir. Bu nedenle kısa süreli atletik aktivite sırasında bile birkaç saniye dışında ATP’nin sürekli olarak yeniden yapımı gerekir (17). ATP’nin yeniden sentezi için ADP molekülüne bir fosfat grubu eklenmesi gerekir (16).

Fosfokreatin (Phosphocreatine-PC) yüksek enerji bağı içeren başka bir kimyasal bileşiktir. PC, kreatin ve fosfat iyonlarına ayrışarak yüksek miktarda enerji açığa çıkarır. Böylece PC, ATP’nin yüksek enerjili bağlarının yenilenmesi için gerekli enerjiyi kolaylıkla sağlayabilir (17).

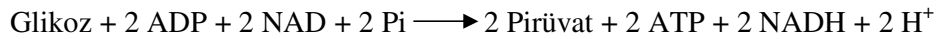


Hücredeki ATP ile birlikte fosfokreatine fosfajen enerji sistemi adı verilir. Kaslarda ATP'nin dört katı kadar PC bulunur. PC depolarının çok az bulunması nedeniyle bu sistemden uzun süre enerji elde edilemez. ATP – PC her ikisi birlikte 8-10 saniyelik maksimal bir kas gücü sağlayabilir (17).

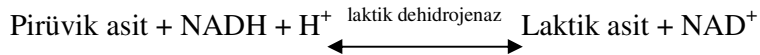
Daha önce de anlatıldığı gibi, fosfat sisteminde oksijene ihtiyaç yoktur ve laktik asit oluşumu meydana gelmez. Bu sistemle enerji doğrudan elde edilir. Bu nedenle ATP – PC sistemi kasların kullandığı ATP'nin en hızlı elde edildiği sistemdir. Yüksek enerjili fosfatın yani ATP ve PC'nin tamamen tükendikten sonra depoların yenilenmesi de oldukça hızlı olur. ATP - PC depoları tamamen tüketildikten sonra %70'i ilk 30 saniyede, tamamı 3 - 5 dakika içerisinde yenilenir (16).

2.1.2. Glikojen – Laktik Asit Sistemi

Kasta depo edilen glikojen glikoza parçalanabilir. Glikoz da daha sonra enerji için kullanılabilir. Bu sürecin ilk aşamasına glikoliz adı verilir. Bu süreç tamamıyla oksijensiz ortamda gerçekleştiği için anaerobik metabolizma olduğu söylenir. Glikoliz sırasında her bir glikoz molekülü bir dizi tepkime sonucu iki molekül pirüvik aside parçalanır. Her glikoz molekülü için net tepkime aşağıdaki gibidir (16,17):



Kitlelerin etkisi yasasına göre bir kimyasal tepkimenin son ürünleri ortamda biriktiği zaman, tepkimenin hızı sifıra yaklaşır. Glikolitik tepkimelerin iki farklı son ürünü 1. pirüvik asit ve 2. NADH ve H⁺ oluşturmak üzere NAD⁺ ile birleşen hidrojen atomlarıdır. Bunlardan biri ya da ikisinin birikmesi glikolitik süreci durdurarak daha fazla ATP oluşmasını önleyecektir. Miktarları çok fazla artmaya başladığı zaman, bu iki son ürün birbiriyle etkileşerek laktik asit oluştururlar (17).



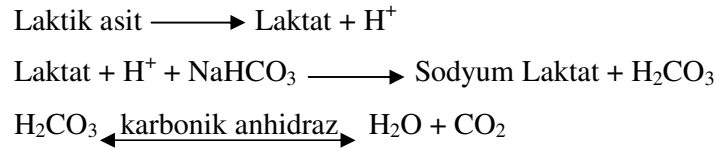
Anaerobik koşullarda, pirüvik asidin büyük bir bölümü laktik aside çevrilerek, kas hücrelerinden interstisyel sıvı ve kana difüzyona uğrar. Böylece pirüvik asit ve hidrojen ortamdaki uzaklaştırılarak glikolizin devamı sağlanmış olur (17). Bu yolla kas glikojeninin büyük bir bölümü laktik aside çevrilir ve hiç oksijen tüketilmeden önemli miktarda ATP yapılır (17). Anaerobik enerji metabolizması devam ettiği sürece, laktik asit oluşumu ve laktik asidin kan ve kasta birikiminde artma meydana gelmektedir. Laktik asit birikiminin nedenleri;

1. Glikoliz süresince NADH üretimi solunum zincirine taşınan hidrojen ve elektronların taşınma kapasitesini aşması nedeniyle hidrojen salınımı ile oksidasyon arasındaki dengenin bozulması ve pirüvatın bu fazla hidrojenleri kabul etmesi ile birlikte laktik asidin oluşumudur.
2. Hızlı kasılan liflerde laktat dehidrogenaz (LDH) enziminin pirüvik asidi laktik aside dönüştürmesidir.
3. LDH'nin yavaş kasılan liflerde laktik asidi pirüvik aside dönüştürmesinin yetersiz kalmasıdır (16).

Laktik asit birikimi yüksek bir seviyeye ulaşınca kas kasılmasını engeller, glikojenin yıkım hızını yavaşlatır ve asit ortam pH'ı düşürerek yorgunluğa neden olur. Sonuç olarak ya egzersiz bırakılmak zorundadır ya da egzersizin şiddeti azaltılmalıdır (16).

Egzersiz sonrasında oluşan laktik asidin uzaklaştırılması için enerji gerekmektedir. Bu enerji daha çok aerobik yolla sağlanmaktadır (16). Laktik asidin temizlenmesi şu şekillerde olur:

1. Oksidasyona uğrar: Laktik asit, oksijen varlığında pirüvik asit ve NADH, H⁺e dönüşür ve Krebs döngüsüne girerek CO₂ ve H₂O'ya kadar indirgenir ve büyük miktarda ATP oluşur. Böylece iskelet kasları, kalp kası, beyin, karaciğer ve böbrekler laktik asidi enerji kaynağı olarak kullanır (16,17).
2. Glikoz veya Glikojene çevrilir: Laktik asit, karaciğerde glikoneojenez yoluyla yeniden glikoz ve glikojene dönüştürülür.
3. Ter ve idrarla dışarı atılır. Bu yolla uzaklaştırılma bikarbonat tampon sistemi aracılığıyla olmaktadır. Anaerobik egzersizde oluşan laktik asit çözünerek laktat ve H⁺ iyonlarına ayrışır.



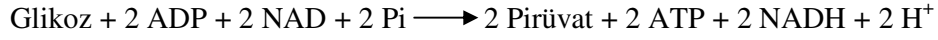
H⁺ iyonu su içinde bağlanarak, laktat da tuz formunda ortadan kaldırılmış olur (16).

2.1.3. Aerobik Sistem

Aerobik sistem, mitokondrilerde besin maddelerinin enerji sağlamak üzere oksidasyonu demektir. Bu sistemde besinlerde bulunan glikoz ve yağ asitleri bazı ara

işlemlerden sonra oksijenle birleşerek H₂O ve CO₂'e kadar parçalanır ve bu yolla enerji elde edilir. Karbonhidrat ve yağlar vücuda beslenmeyle yoluyla alındıktan sonra gerektiğinde kullanılmak üzere depolanırlar. Yağlar vücudun pek çok bölgesinde depolanabilirken karbonhidratların depolanması karaciğer ve kaslarda glikojen şeklinde olur (16,17).

- İlk aşama; Glikoliz:

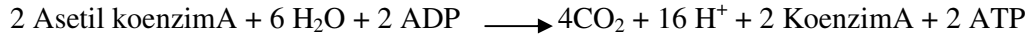


Eğer reaksiyonlar aerobik yolla devam ediyorsa pirüvik asit iki karbonlu yapı olan asetil koenzimA'ya dönüşerek Krebs döngüsüne girer.

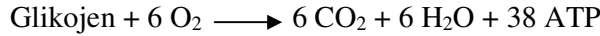
- İkinci aşama; Pirüvik asidin Asetil koenzimA'ya dönüşümü:



- Üçüncü aşama; Sitrik asit döngüsü (Krebs döngüsü) ve Elektron Taşınması:



Krebs döngüsünde iki önemli kimyasal süreç vardır. Bunlar CO₂ üretimi ve elektron taşınmasıdır. Üretilen CO₂ solunum sistemi tarafından dışarı atılır. Taşınan elektronlar hidrojen atomları formundadır. Elektron taşınma sisteminde H⁺'nin elektron ve protonlarından ayrışması ile enerji elde edilir. H⁺ oksijen ile birleşerek suya dönüşür (16).



Tablo 1 ve Tablo 2 de ATP üretiminde kullanılan 3 metabolik sistemin karşılaştırılmaları gösterilmiştir.

Tablo 1: 3 Metabolik Sistemin ATP Üretimi Bakımından Karşılaştırılması (16).

Sistem	Kullanılan Madde	Oksijen ihtiyacı	Hız	Üretilen ATP miktarı
Anaerobik ATP/PC sistemi	Fosfokreatin	Yok	Çok hızlı	1 mmol ATP
Laktik Asit Sistemi	Glikojen	Yok	Hızlı	2 mmol ATP
Aerobik sistem	Glikojen,yağlar, proteinler	Var	Yavaş	38 mmol ATP

Tablo 2: Enerji Sistemlerinin Genel Olarak Karşılaştırılması (16).

ATP-PC Sistemi	Laktik Asit Sistemi	Aerobik Sistem
Anaerobik	Anaerobik	Aerobik
Çok hızlı	Hızlı	Yavaş
Kimyasal Yakıt: Fosfokreatin	Besinsel Yakıt: Glikojen	Besinsel yakıt: Glikojen ve yağ
Kasta bulunuşu sınırlıdır	Laktik asidi oluşumu yorgunluğa sebep olur	Yorgunluğa neden olacak ürünler meydana gelmez
Yüksek güç isteyen kısa süreli sürat koşularında ve sporlarda kullanılır	1-3 dakika süren aktivitelerde kullanılır	Uzun süren aktivitelerde kullanılır

2.2. Anaerobik Eşiğin Tanımlanması ve Belirlenme Yöntemleri

Anaerobik eşik (AE) tanımı 1964 yılında ilk olarak Wasserman ve McLiroy tarafından ortaya atılmış, sonraki yıllarda Wasserman ve arkadaşları tarafından anaerobik eşik kavramı tartışmaya açılmıştır (7,18). Kan laktat yoğunluğunda bariz artışların görüldüğü egzersiz şiddeti, aerobik egzersizden, anaerobik metabolizmanın daha fazla yoğunlaşmasını gerektiren egzersize geçişi gösteren nokta olarak kabul edilmektedir (7,18). Laktatta artışın olduğu bu kritik egzersiz şiddetine farklı araştırmacılar *anaerobik eşik* [Kinderman ve arkadaşları 1979 (7)], *OBLA* (*onset of blood lactate accumulation*) [Sjodin ve arkadaşları 1981 (7,18)] , *laktat eşiği* (*LT*)[Yoshida ve arkadaşları,1981 (6,7)] isimlerini vermişlerdir. Bir başka ifadeyle, eşik oluşması demek iş yükü, hız, O₂ tüketimi (VO₂) veya egzersiz şiddeti ile kan laktatının lineer artışının kaybolması demektir (6,7).

Anaerobik eşiğin belirlenmesi şiddeti kesikli olarak artan egzersizle (inkremental) ya da sabit yüklemeli egzersizle (ramp protokolü) yapılmaktadır. (18,19).

Anaerobik eşik başlıca iki yolla belirlenmektedir:

- 1) Girişimsel yol
- 2) Girişimsel olmayan yol

2.2.1. Girişimsel Yol

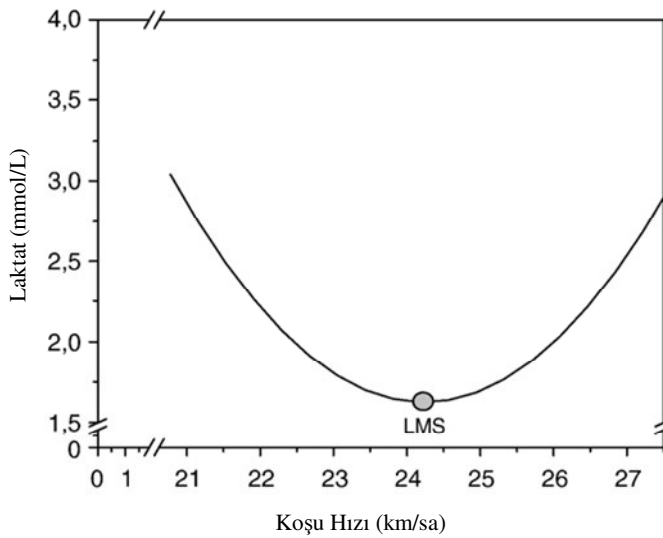
Egzersiz şiddeti veya oksijen tüketimi arttıkça bir noktadan (anaerobik eşik) sonra kan laktat seviyesi sistematik bir şekilde artmaya başlar. Bu nokta belirli aralıklarla alınan kan örneklerinde belirlenen laktat yoğunlukları, kullanılan O₂ miktarına ya da uygulanan yüke karşı grafiğe alınarak bulunur (1).

2.2.1.1. Maksimal Laktat Denge Durumu (Maximal Lactate Steady State - MLSS)

MLSS sabit yüklenmeli bir egzersiz sırasında kan laktat yoğunluğunu artırmayan en yüksek egzersiz şiddetidir. Bir başka tanıma göreyse kastan kana geçen laktatla kandan uzaklaştırılan laktat arasındaki denge noktasına 'maximal lactate steady state' denir. Bu koşullar altında egzersiz sırasında laktat birikimi olmaz. Egzersiz için gereken enerji aerobik yoldan sağlanır ve tükenme süresi uzar. Kaslardaki bu laktat veya diğer glikolitik maddelerin birikiminin olmadığı bu denge noktası anaerobik eşiği gösterir (6).

2.2.1.2. Laktat Minimum Hızı (Lactate Minimum Speed – LMS)

Laktat minimum hızı, laktat minimum testi denen bir çeşit özel test protokolüdür. Laktat minimum protokolü 2 kısa şiddette yüksek hızda efor, bunun ardından aktif toparlanma periyodu ve sonrasında basamaklı olarak artırılan yüklenme periyodunu içerir. Bu protokolle U şeklinde bir laktat eğrisi ortaya çıkar. Bu eğrinin de en alt noktası eşik seviyesini gösterir ve teorik olarak MLSS'yi temsil etmektedir (6). Şekil 1'de Laktat minimum hızının hesaplanması grafik olarak gösterilmiştir.



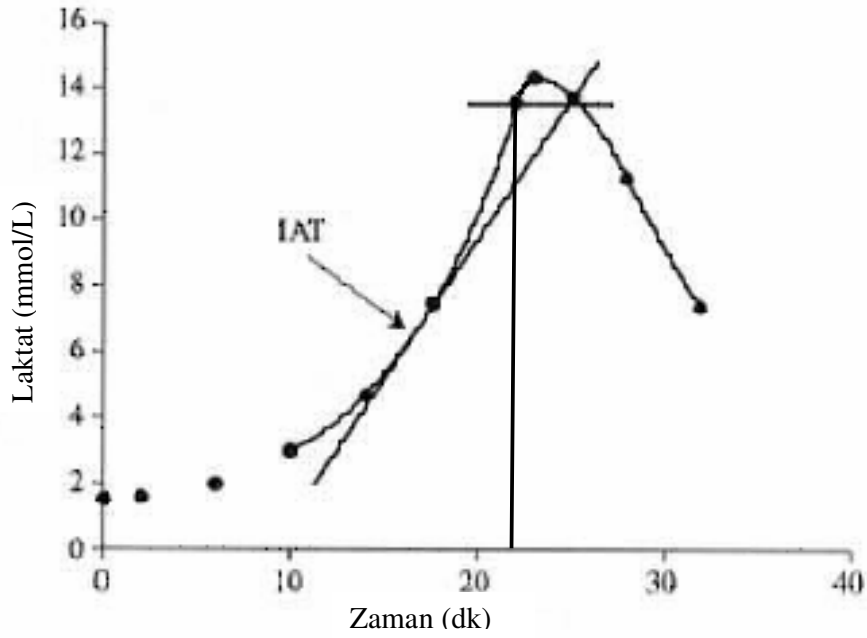
Şekil 1: Laktat minimum hızının hesaplanması

2.2.1.3. Laktat Birikiminin Başlangıç Noktası (Onset of Blood Lactate Accumulation - OBLA)

Kan laktat birikiminin başlangıç noktası literatürde OBLA ismiyle kısaltılmıştır. OBLA tanımına göre şiddeti gittikçe artan egzersiz testi sırasında kan laktatının 4 mmol/L'ye ulaştığı KH, güç veya koşu hızı eşik olarak kabul edilir. Şiddeti gittikçe artan bir egzersizde kan laktatının 4 mmol/L seviyesini geçtikten sonra bu kırılmanın ortaya çıktığı yaygın olarak kabul edilmektedir. Bu kesin laktat değerinin seçilmesinin nedeni laktat oluşumu ve temizlenmesi arasındaki denge durumunu temsil ettiği görüşüdür. 4 mmol/L laktat yoğunluğunu kriter olarak kabul etmenin avantajı sabit bir laktat seviyesinin objektif bir değerlendirme sağlayabilmesidir. Ayrıca 4 mmol/L seviyesi dinlenim laktat seviyesinden kabul edilebilecek kadar yüksektir. Ancak Stegmann ve arkadaşları 1981 yılında 4 mmol/L değerinin ortalama bir değer olduğunu ve bireysel laktat değerlerinin önemli olduğunu bildirmişlerdir (6,7).

2.2.1.4. Bireysel Anaerobik Eşik (Individual Anaerobic Threshold - IAT)

Kan laktat yoğunluğuna bakarak anaerobik eşiği bulmak için uygulanan yöntemlerden birisi Stegmann ve arkadaşlarının bulduğu bireysel anaerobik eşik yöntemidir. Bu yöntemde göre şiddeti giderek artan bir egzersiz testi sırasında, her egzersiz yükü artışının sonunda kan laktat yoğunluğuna bakılır. Belirli bir seviyeden sonra sporcu artık egzersizi devam ettiremez ve bu seviyede test sonlandırılır. Test sonrasında sporcunun toparlanma kan laktat yoğunluğu ölçülmeye devam edilir. Toparlanma sırasında laktat bir miktar daha artar ve sonra düşmeye başlar. Laktat değerlerinin zamana karşı çizilen grafiğinde testin sonlandırıldığı andaki laktat noktasından X eksenine bir dikme inilir. Daha sonra yine bu noktadan toparlanma sırasında laktatın düşüş gösterdiği noktaya bir doğru çizilir. Bu düşüş noktasından çizilen teğetin laktat eğrisini kestiği nokta bireysel anaerobik eşiği gösterir (6,7). Şekil 2'de IAT'ın hesaplanması grafik olarak gösterilmiştir (7).



Şekil 2: Bireysel anaerobik eşik hesaplanması

Bu yöntemde, oluşan laktatla uzaklaştırılan laktatın birbirine denk olduğu düşünülür. Yüklü test esnasında kandaki laktat artış gösterirken dinlenme periyodunda kan laktatına bakılmaya devam edilir. Böylece dinlenme esnasında laktatın uzaklaştırılma hızı da önem taşır. Bireysel anaerobik eşik testinin en büyük avantajları tek bir test olması, kişiye özel olması ve toparlanma periyodunu da içermesidir (6,7).

2.2.2. Girişimsel Olmayan Yol

Anaerobik eşikğin belirlenmesinde ekonomik sebepler ve uygulanan testler sırasında karşılaşılan güçlükler nedeniyle dolaylı ve girişimsel olmayan yollar geliştirilmiştir.

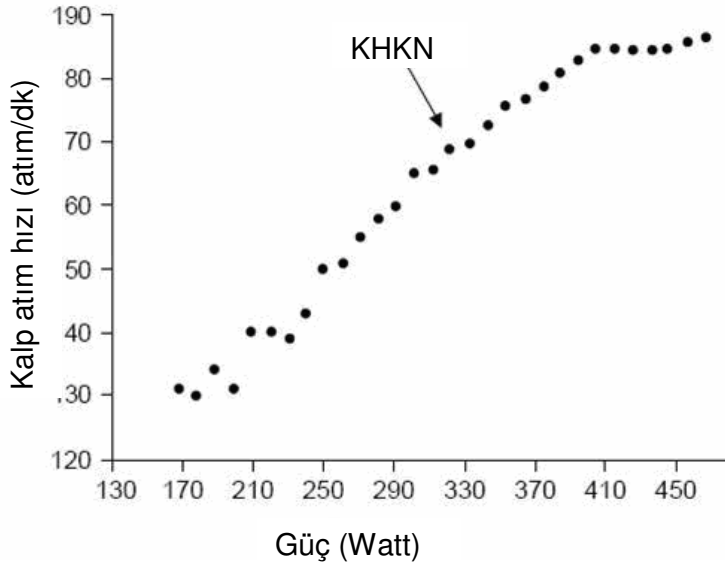
2.2.2.1. Solunumsal Eşik (Ventilatory Threshold)

Şiddeti gittikçe artan bir egzersiz sırasında ekspire edilen hava miktarı ile tüketilen O_2 miktarı (VO_2) arasındaki dengenin bozulduğu nokta olarak kabul edilir. Egzersiz sırasında aerobik enerji kaynaklarının yetersizliği sonucu anaerobik glikolizdeki artış, laktat artışına neden olmakta ve metabolik asidoz gelişmektedir. Oluşan laktik asidin tamponlanması sonucu CO_2 oluşumu VO_2 'den daha hızlı artmaktadır. Oluşan CO_2 'yi atabilmek için ventilasyonun da VO_2 'den daha hızlı arttığı bu noktaya *solunumsal eşik* adı verilir (6,20). Bu eşik noktasından

itibaren ventilasyondaki artış egzersiz yükündeki artışa oranla çok daha fazla olur. Egzersiz fizyologları ventilasyondaki ani artışın olduğu noktanın anaerobik eşiği göstereceğini belirtmişler ve pek çok özel yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntemlerde; solunum hızındaki ani artışa, solunumla dışarı atılan CO₂ miktarındaki artışa ve solunumsal gaz değişim oranındaki artışa; yani solunumla verilen CO₂ ile solunumla alınan O₂'nin oranına bakılır (6). Bu yöntemin en büyük avantajı girişimsel olmaması ve bu yöntemle kişi değerlendirilirken aynı zamanda aerobik kapasitenin de değerlendirilebilmesidir (6).

2.2.2.2. Kalp Hızı Kırılma Noktası (Heart Rate Deflection Point – KHKN):

1982 yılında Conconi ve arkadaşları anaerobik eşiğin belirlenmesinde kullanılabilecek girişimsel olmayan, dolaylı bir saha testi geliştirmişlerdir. Şiddeti gittikçe artan egzersiz sırasında koşu hızıyla, KH arasındaki ilişkiyi tanımlamışlardır. Koşu hızı – KH arasındaki ilişki düşük şiddetten submaksimale gidildikçe doğrusaldır; ancak bu doğrusal ilişki submaksimalden maksimal egzersiz şiddetine gelindiğinde doğrusallıktan sapma gösterir. Bu sapmanın gözlemlendiği nokta, kan laktat yoğunluğunun ani artış gösterdiği anaerobik eşik ile ilişkilidir (8,9). Şiddeti gittikçe artan bir egzersiz sırasında KH – iş yükü eğrisinde yukarı ya da aşağı yönde değişimin olduğu bu sapma noktasına *kalp hızı kırılma noktası* denir (8,9,10). Şekil 3’de Bodner’in derlemesinde kullandığı KHKN’nı gösteren grafik verilmiştir (10).



Şekil 3: Kalp hızı kırılma noktası belirlenmesi

Conconi ve arkadaşlarının çalışmalarının ardından yapılan KHKN araştırmaları değişik populasyonlarda, hem saha hem de laboratuvar testlemelerinin yanında değişik spor dallarını da kapsamıştır. Droghetti ve arkadaşları kano, kros kayağı, bisiklet, kayak, kürek sporcularında yaptıkları çalışmada anaerobik eşiğle uyumlu KHKN sonuçları rapor etmiştir. Ballarin ve arkadaşları da buna benzer sonuçları çocuk ve ergenlerde yaptıkları çalışmada bildirmişlerdir (10,21,22). Bunun yanında Jones ve Doust koşucularında yaptıkları çalışmada KHKN'nın laktat eşiğini daha yüksek bir iş yükünde belirlediğini göstermişlerdir. Tokmakidis ve Leger de KH – laktat eşiği arasındaki ilişkinin koşu hızları bakımından düşük korelasyon gösterdiğini bildirmişlerdir (14,23,24). Bildirilen bu değişik sonuçlar nedeniyle Conconi yönteminin anaerobik eşiği belirlemede geçerliliği hala tartışılmaktadır.

Kalp hızı kırılma noktasının belirlenmesi şiddeti gittikçe artan egzersiz testinden elde edilen KH – koşu hızı, KH – iş yükü grafiklerinden yapılmaktadır. Kırılma noktası grafik üzerinde gözlem yoluyla ya da iki parçalı regresyon doğrusunda matematiksel yöntemle belirlenebilir (10,23,25). Görsel tayin uygulanması kolay bir yoldur; ancak tam doğru bir yol olmayabilir. KHKN her zaman ayırt edilemeyebilir. Bunun yanında kırılma noktası belirlenmesi, matematiksel olarak doğrusal regresyon analizi yoluyla yapılabilir. Bunun için geliştirilen ve iki parçalı regresyon doğrusundan kırılma noktasını veren hesaplama yöntemi kullanılabilir (10,20). Regresyon tekniğinin kırılmanın belirlenmesinde nesnel sonuçlar ortaya koyduğu bildirilmiştir. Ballarin ve arkadaşları görsel tayin ve matematiksel yöntem arasında anlamlı korelasyon göstermişler fakat görsel tayinde deneyimli araştırmacıların gereğini vurgulamışlardır (26).

Değişik araştırmacıların anaerobik eşiğin belirlenmesinde elde ettiği sonuçların Conconi ve arkadaşlarının sonuçlarından farklı olması, kırılma noktasının öznel belirlenmesinden ve uygulanan test protokollerinin farklılığından kaynaklandığı görüşü yaygındır (7,9,10). Geçerliliği kesinlik kazanmamış olsa da Conconi testi anaerobik eşiği belirlemede kullanılan yöntemler içinde en kolay ve basit olanıdır. Sahada uygulanabilirliği dolayısıyla da popüler bir yol haline gelmiş olup, birçok çalıştırıcı tarafından kullanılmaktadır.

3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik ve Laboratuvar Araştırmaları Etik Kurulu'nun 02/02/2006 tarihli 32/01/06 nolu toplantısında 23 protokol numarasıyla, yapılması etik açıdan uygundur raporu alındıktan sonra yapılmıştır.

3.1. Örnek Seçimi

Bu çalışma, Dokuz Eylül Üniversitesi Fizyoloji Anabilim Dalı Spor Fizyolojisi laboratuvarında, Balçova Belediyesi Termal Spor Kulübü Genç Futbol Takımı sporcuları üzerinde yapılmıştır. Araştırmanın başlangıcında takım oyuncularının hepsinin katıldığı, araştırmanın anlatıldığı bir toplantı yapılmıştır. Bu toplantı sonrası, yaşları 18 – 22 arasında değişen 14 futbolcu gönüllü olarak çalışmaya katılmıştır. Sporcuların yaş ortalamaları: 19.07 ± 1.21 yıl, boy ortalamaları: 179.14 ± 6.74 cm, ağırlık ortalamaları: 66.54 ± 5.78 kg'dır. Sporculara çalışmanın amacı ve yöntemleri açıklandıktan sonra yazılı ve sözlü onayları alınmıştır.

3.2 Egzersiz Testleri ve Ölçümler

Her sporcu aşağıda işleyişi anlatılan, bisiklet ergometresinde şiddeti düzenli olarak artan yüke karşı 3 farklı egzersiz testine alınmıştır. Bu testlerden birincisi aerobik kapasite ve anaerobik eşiğin ölçümü için, diğer ikisi kalp hızı kırılma noktasının belirlenmesine yönelik olarak düzenlenmiştir. Testler sırasında Monark marka 839E model bisiklet ergometresi, Biopack marka MP100 model metabolik analizör sistemi, Yellowstone YSI 1500 Laktat analizörü ve Polar XTrainer Plus marka kalp atım hızı monitörü kullanılmıştır.

Monark marka 839E model bisiklet ergometresi, elektronik kontrollüdür. Ergometre programlanarak pedal direnci otomatik olarak ayarlanabilmektedir. Ergometre pedal çevirme hızından bağımsız olarak sabit yük uygulamasını otomatik olarak gerçekleştirmektedir. Spor hekimliğinde, araştırmalarda ve rehabilitasyonda özellikle fiziksel kondisyonun ve sportif performansın ölçümünde kullanılmaktadır (27). Şekil 4'te Monark bisiklet ergometresi ve kontrol paneli gösterilmektedir.



Şekil 4: Monark bisiklet ergometresi ve kontrol paneli

3.3. Test Öncesi Koşullar

Testlere başlamadan önce, farklı zamanlarda yapılan 3 test arasında çevresel etkenlerden dolayı karşılaşılabilecek sorunları ortadan kaldırmak amacıyla aşağıdaki test öncesi koşulları sağlanmıştır (28).

1. Sporculardan testlerin yapılacağı günün bir gün öncesinde beslenme alışkanlıklarında bir değişiklik yapmamaları ve test günü, testten 3 saat öncesine kadar hafif ve karbonhidratlı bir yemekle beslenmeleri istenmiştir.
2. Sporculardan testlerden bir gün önce yorucu egzersiz yapmamaları; ayrıca test günü çay, kahve ve performansı etkileyen ilaç almamaları istenmiştir.
3. Testlerden önce sporculara her testin yapılışı hakkında bilgi verilerek, onların test hakkındaki soruları yanıtlanmıştır. Stres ve heyecan durumunu ortadan kaldırmak için teste katılmadan önceki günlerde laboratuvara alınarak ortama uyumları sağlanmıştır.
4. Her sporcunun testleri aralarında en az 3 gün ara olmasına dikkat edilerek, kendi belirledikleri günlerde; ancak günün aynı saatlerinde olacak şekilde yapılmıştır.
5. Egzersiz testlerinin yapılacağı laboratuvarın sıcaklık, nem durumunun her test için standart olması sağlanmıştır. Testler, oda sıcaklığının 19 – 21 °C ve nem oranının % 30 – 60 olduğu zamanlarda yapılmıştır.
6. Test sırasında sporcunun giysileri mümkün olduğunca az tutularak oluşan terin ve ısının dışarı atılması kolaylaştırılmıştır.

7. Sporcu laboratuvara geldikten sonra en az on beş dakika dinlenmesi sağlanmıştır.

3.4. Boy, Ağırlık ve Vücut Yağ Oranı Ölçümü

Testlerden önce sporcuların boy, ağırlık ve vücut yağ oranı ölçümleri yapılmıştır. Sporcuların boy ve ağırlıkları ayakkabısız ve şortlu olarak ölçülmüştür. Boy ölçümünde duvara sabit metal metre kullanılmıştır. Ağırlık ve vücut yağ oranı, Tanita marka BF 556 model biyoelektrik empedans aracı kullanılarak, ölçülmüştür. Tanita marka araçla vücut yağ oranı ölçümü, vücuda düşük frekanslı (50 kHz) bir elektrik akımı verilerek, empedansın ölçülmesi şeklinde gerçekleşir. Vücut suyundaki elektrolitler iyi bir elektriksel geçirgendir. Vücut suyundaki yoğunluğun yüksek olması, elektrik akımının daha az dirençle karşılaşarak geçmesine yol açar. Yağ hücreleri elektrik akımını hemen hemen iletmediğinden yağ dokusu daha yüksek bir dirence sahiptir. Yoğunluk farkına göre cihaz kişinin vücut yağ oranını belirler (29). Vücut yağ oranı ölçümü Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5: Vücut yağ oranı ölçümü

3.5. Aerobik Kapasite ve Anaerobik Eşik Ölçüm Protokolü

Sporculara ilk önce aerobik kapasite ve anaerobik eşiklerini belirlemek için egzersiz testi yapılmıştır.

1. Test öncesi en az bir saat öncesinde laboratuvar teste hazırlanmış, aerobik kapasite ölçümünde kullanılan metabolik analizör ve kan laktat yoğunluğu ölçümünde kullanılan laktat analizörü çalıştırılarak kalibrasyonları yapılmıştır.
2. Sporcu laboratuvara geldikten sonra on beş dakika kadar dinlendirilmiştir. Bu sırada kalp atım hızı monitörü bağlanmış, dinlenim kalp atım hızı kaydı, tansiyon ölçümü ve dinlenim kan laktat yoğunluğu ölçümü yapılmıştır.
3. Teste başlamadan önce bisiklet ergometresinin koltuk boyu ve pedal seviyesi sporcunun boyuna göre ayarlanmıştır.
4. Sporcu bisiklet ergometresine oturduktan sonra, çift yöllü, tek yönlü soluma sağlayan ağız – yüz maskesi sporcunun ağız ve burnundan dışarıya hava kaçırmayacak şekilde takılmış ve flowmetre hortumları yardımıyla metabolik analizöre bağlanmıştır. Maske bağlandıktan sonra sporcunun yalnızca ağızdan soluması istenmiştir.
5. Test başlamadan önce en az bir dakika sporcunun maskeye alışması beklenmiştir. Aldığı O₂, verdiği CO₂ ile solunumsal değişim oranlarının dinlenim fizyolojik parametrelerine gelmesi beklendikten sonra teste başlanmıştır.
6. Sporcu önce 40 Wattlık yüke karşı 5 dakika pedal çevirerek ısınmıştır.
7. Teste 100 Wattlık egzersiz yüküyle başlanarak, yükler her 2 dakikada bir 25 Watt artırılmıştır. Test edilen her iş yükünün sonunda sporcu durdurularak, kalp atım hızı kaydı ve kan örneği alımı yapılmıştır. Sporcu en yüksek iş şiddetine ulaşmaya kadar yük artışları devam etmiştir.

Kişinin en yüksek iş seviyesine çıktığı şu ölçütlerle saptanmıştır:

- 1) Yük artışına karşın VO₂ (Oksijen tüketimi) değerinde plato görülmesi veya azalma olması.
- 2) Kalp atım hızının yaşa uygun beklenen en yüksek değere ulaşması.
- 3) Solunum katsayısı oranının 1.10'un üzerine çıkması (18).

3.6. Aerobik Kapasitenin Belirlenmesi

Test sırasında tek yönlü soluma sağlayan, çift yöllü ağız – yüz maskesi takılan sporcu ortam havasını solumuş, verdiği CO₂ analizör sistemine bağlı bir karıştırma kutusunda toplanmıştır. Bu sırada solunum gaz parametreleri (VO₂, VCO₂) metabolik analizör sistemi tarafından (Biopac MP100) analiz edilmiştir. Veri olarak ölçümlerin 10 saniyelik ortalamaları

kullanılmıştır. Sporcu en yüksek iş şiddetinde iken ölçülen en yüksek VO_2 değeri aerobik kapasite (VO_{2max}) olarak kabul edilmiştir (18).

Şekil 6'da VO_{2max} belirlenmesi testinde metabolik analizör sistemine bağlı olan sporcu bisiklet ergometresi üzerinde resmedilmiştir.



Şekil 6: Aerobik kapasite ölçümü

3.7. Anaerobik Eşiğin Belirlenmesi

Teste başlamadan önce, her iş şiddetinin sonunda ve kişi testi tamamladıktan sonra toparlanma anında her 2 dakikada bir parmak ucundan bir kullanımlık steril mikrolanset ile heparinli hemotokrit pipetlerine kan örneği alınmış ve alınan kan örneklerinin laktat ölçümü elektroenzimatik yöntemle YSI 1500 laktat analizörü ile hemen yapılmıştır. Toparlanma periyodunda ölçülen laktat yoğunluğu değerleri önce test sırasında ölçülen en yüksek değerden bir miktar artış göstermiş ve sonrasında bu değer altına düşmüştür. Bu düşüşün belirlendiği anda kan alımı sonlandırılmıştır.

Sonuçta elde edilen laktat değerleri bilgisayara aktarılmıştır. Microsoft Excel programı kullanılarak Stegmann ve arkadaşlarının belirlediği laktat eşiği belirleme yöntemine göre sporcuların IAT'ları belirlenmiştir. Bu yöntemle göre; elde edilen laktat değerlerinden laktat-zaman eğrisi çizilir. Çizilen eğride testin sonlandığı andaki laktat noktasından X eksenine bir dikme inilir. Daha sonra yine bu noktadan toparlanma sırasında laktatın düşüş gösterdiği noktaya bir doğru çizilir. Bu düşüş noktasından çizilen teğetin laktat eğrisini kestiği nokta bireysel anaerobik eşiği gösterir (6,7). Şekil 7'de alınan kan örneklerinin laktat yoğunluğu ölçümü gösterilmektedir.



Şekil 7: Kan laktat yoğunluğu ölçümü

3.8. Kalp Atım Hızı Ölçümü

Teste başlamadan önce ve test sırasında her iş yükü sonunda KH kaydedilmiştir. Sporcuların kalp atım hızları Polar marka XTrainer Plus model kalp atım hızı monitörüyle yapılmıştır. Polar marka kalp atım hızı monitörü; birbiri arasında radyo dalgaları aracılığıyla iletişim sağlayan el bileğine takılan alıcı özelliği olan saat ve verici özelliği olan göğüs bandından oluşmaktadır. Bu monitör kalp atım hızını sürekli ve EKG hassasiyetinde ölçmektedir (30).

3.9. Kalp Hızı Kırılma Noktası Ölçüm Protokolü

Sporculara kalp hızı kırılma noktalarının belirlenmesinde iki farklı egzersiz testi yapılmıştır. Test öncesi hazırlık ve ısınma dönemleri anaerobik eşik testinde olduğu gibi uygulanmıştır.

3.9.1. 20 Watt / dk Protokolü

Kalp hızı kırılma noktasının belirlenmesine yönelik olan birinci test şu şekilde uygulanmıştır:

1. Sporcular laboratuvara geldikten sonra on beş dakika kadar dinlendirilmiştir. Bu sırada sporcuya kalp atım hızı monitörü bağlanmıştır. Tansiyon ölçümü, dinlenme KH ölçümü yapılmıştır.

2. Teste başlamadan önce bisiklet ergometresinin koltuk boyu ve pedal seviyesi sporcunun boyuna göre bir önceki testte belirlenen seviyeye ayarlanmıştır.
3. Sporcu önce 40 Watt'lık yüke karşı 5 dakika pedal çevirerek ısınmıştır.
4. Teste 40 Watt'lık egzersiz yüküyle başlanarak, yükler her dakikada 20 Watt artırılmıştır. İş yükü artışları, kalp atım hızı yaştan tahmin edilen en yüksek değere ulaşmaya kadar ya da sporcu teste daha fazla devam edemeyeceğini belirtene kadar devam etmiştir.
5. Test sırasında sporcuların kalp atım hızları her 5 saniyede bir kaydedilmiştir.

3.9.2. 40 Watt / 2dk Protokolü

Kalp hızı kırılma noktasının belirlendiği ikinci testin uygulama protokolü şu şekildedir:

1. Sporcular laboratuvara geldikten sonra en az on beş dakika dinlendirilmiştir. Bu sırada sporcuya kalp atım hızı monitörü bağlanmıştır. Tansiyon ölçümü, dinlenme KH ölçümü yapılmıştır.
2. Teste başlamadan önce bisiklet ergometresinin koltuk boyu ve pedal seviyesi sporcunun boyuna göre daha önceki testlerde kullanılan seviyeye ayarlanmıştır.
3. Sporcu önce 40 Watt'lık yüke karşı 5 dakika pedal çevirerek ısınmıştır.
4. Teste 40 Watt'lık egzersiz yüküyle başlanarak, yükler her 2 dakikada 40 Watt artırılmıştır. İş yükü artışları, kalp atım hızı yaştan tahmin edilen en yüksek değere ulaşmaya kadar ya da sporcu teste daha fazla devam edemeyeceğini belirtene kadar devam etmiştir.
5. Test sırasında sporcuların kalp atım hızları her 5 saniyede bir kaydedilmiştir.

3.10. Kalp Hızı Kırılma Noktasının Belirlenmesi

Testlerin tamamlanması ve verilerin toplanmasının ardından kaydedilen KH verileri Polar Training Advisor yazılım programı kullanılarak bilgisayara aktarılmıştır. Sporcuların kalp hızı kırılma noktaları bu programdan elde edilen grafikten bağımsız gözlemci metoduyla belirlenmiştir (31). Ayrıca KHK'ları matematiksel model kullanılarak da belirlenmiştir (4,10,20). Bunun için Microsoft Excel programına Visual Basic düzenleyicisiyle kodları

yazılarak, iki parçalı regresyon doğrusu verebilen bir program hazırlanmıştır (20). Her bir sporcu için kalp hızı kırılma noktası şu şekilde bulunmuştur.

İlk olarak KH değerleri ve bu değerlerin ait olduğu 5 saniyelik zaman dilimleri iki kolon halinde (x:zaman, y:KH) hazırlanmıştır. Bu KH değerlerinden, otomatik olarak 140-150 arasında veya manuel olarak bir minimum değer(a) ve yine otomatik veya manuel olarak bir maksimum değer(b) seçilmiştir. Daha sonra a ve b noktaları arasındaki zaman aralığı ikiye bölünerek bir X noktası bulunmuştur [$X=(a+b)/2$]. a ve X noktaları arasındaki değerlerden R1, X ile b noktaları arasındaki değerlerden de R2 regresyon doğruları elde edilmiş ve iki doğrunun kesiştikleri X1 noktası bulunmuştur. Bunun ardından a ile X1 ve X1 ile b noktaları arasındaki verilerden yeni R1 ve R2 doğruları hesaplanmış ve kesiştikleri X2 noktası bulunmuştur. Bu şekilde, en son bulunan iki X arası uzaklık iki ölçüm aralığından 10 sn daha küçük kalıncaya kadar ($X_i - X_{i-1} < 2$ ölçüm aralığı) X3, X4, X5,...Xn noktaları elde edilmiştir. R1 ve R2 regresyon doğrularının en son kesiştikleri noktadaki y değeri, kalp hızı kırılma noktası olarak alınmıştır.

Bu program ile toplam standart sapmaları (SS1 + SS2) minimum olan iki regresyon doğrusu elde edilmiştir. Bu doğrulara ait kırılma oranı (SS1 / SS2) 1.5 'dan küçük olduğu zaman, hata olasılığı yüksek kabul edilerek kırılma yok sayılmıştır. Kalp hızı kırılma noktası bulunurken bazen iki veya daha fazla X değeri ortaya çıkabilmekte ve sonuç bulunamamaktadır. Örneğin; X4 noktası esas alınarak bulunan iki regresyon doğrusu X5 noktasında kesişmekte, X5 esas alınarak bulunan iki doğru ise X4 noktasında kesişmekte ve program kısır döngüye girerek kalp hızı kırılma noktası tespit edilememektedir. Bu durumda minimum ve/veya maksimum değerler değiştirilerek analiz tekrar edilmiştir; sonuç yine de bulunamamışsa düzleştirme (smoothing) uygulanmıştır. Düzleştirme yaparken program, analiz edilen bütün değerleri, kendinden önceki dört ve kendinden sonraki dört değerle birlikte toplam dokuz değerlerin ortalaması olarak almaktadır.

3.11. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler bilgisayarda *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)* istatistiksel yazılım programının on birinci sürümü kullanılarak yapılmıştır. Çoklu grup karşılaştırmalarında ortalamalar arasında fark olup olmadığı *Scheffe* düzeltmeli ANOVA ile belirlenmiştir. $p < 0.05$ anlamlılık düzeyi esas alınmıştır.

4. BULGULAR

Çalışmaya katılan sporcuların fiziksel özellikleri Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3: Sporcuların Fiziksel Profili ve Aerobik Kapasite Değerleri

Sporcu numarası	Yaş (yıl)	Boy (cm)	Ağırlık (kg)	VYO (%)	YVA (kg)	maxVO ₂ (ml/kg/dk)
1	18	193	73.2	8.6	66.9	54.7
2	19	179	71.1	11.6	62.9	46.4
3	19	181	69.0	9.6	62.4	64.9
4	19	172	59.8	6.8	55.7	59.1
5	18	176	64.5	10.4	57.8	61.8
6	18	178	66.4	8.7	60.6	67.8
7	20	175	62.2	11.3	55.2	63.5
8	22	169	62.5	9.8	56.4	63.3
9	19	184	72.6	9.2	65.9	67.3
10	19	174	60.1	10.0	54.1	53.5
11	21	172	55.8	7.8	51.5	62.5
12	19	185	74.2	14.7	63.7	45.8
13	18	183	70.3	12.2	61.7	42.3
14	18	187	69.9	10.4	62.6	60.3
Ortalama	19.07±1.21	179.14±6.74	66.54±5.78	10.04±1.89	59.81±4.69	58.09±8.28

Kısaltmalar:

VYO = Vücut yağ oranı

YVA = Yağsız Vücut Ağırlığı

Sporcuların testlerde ulaştıkları en yüksek KH ve iş yükü değerleri sırasıyla Tablo 4 ve Tablo 5'te verilmiştir.

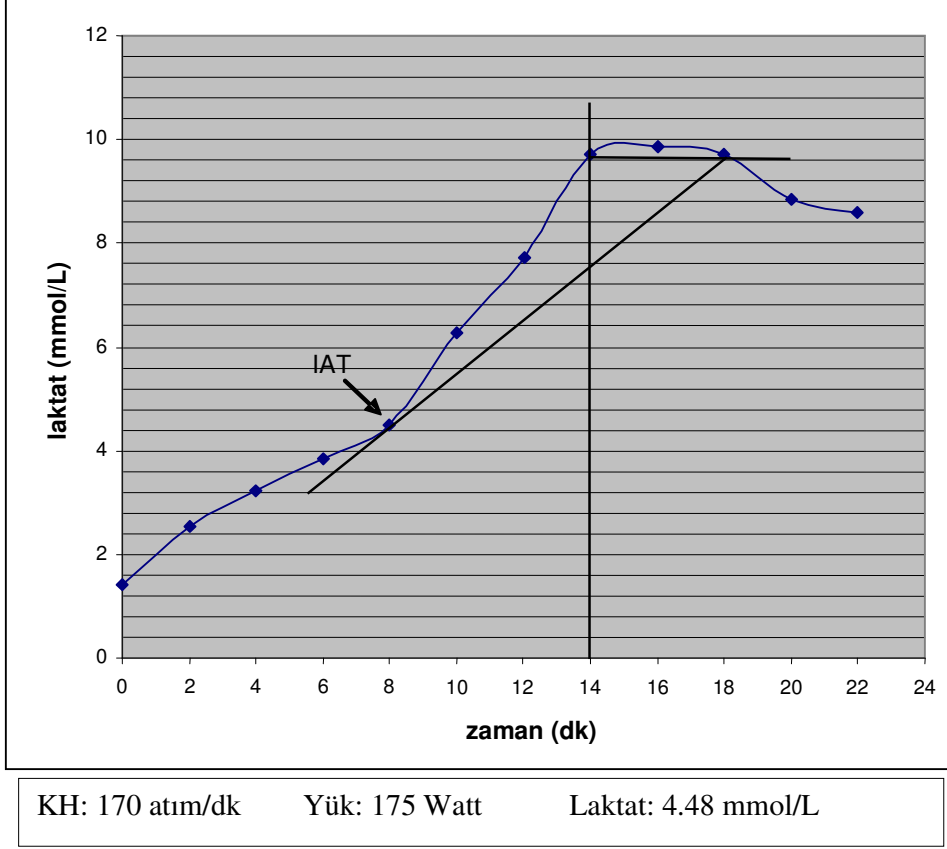
Tablo 4: Sporcuların Testlerde Ulaştıkları En Yüksek Kalp Atım Hızı Değerleri

Sporcu Numarası	IAT KH (atım/dk)	20 W / dk KH (atım/dk)	40 W / 2dk KH (atım/dk)
1	201	199	199
2	181	176	173
3	193	196	186
4	195	166	181
5	194	198	203
6	196	186	189
7	183	186	180
8	190	180	180
9	167	161	158
10	197	185	201
11	194	186	193
12	200	201	202
13	202	204	198
14	199	198	200
Ortalama	192.29 ± 9.54	187.29 ± 13.14	188.79 ± 13.24

Tablo 5: Sporcuların Testlerde Ulaştıkları En Yüksek İş Yükü Değerleri

Sporcu Numarası	IAT Yük	20 W / dk Yük	40 W / dk Yük
1	300	300	280
2	200	200	200
3	275	300	280
4	200	180	200
5	225	260	280
6	250	260	280
7	200	200	200
8	250	260	280
9	275	240	240
10	225	220	240
11	250	300	320
12	225	240	240
13	250	260	240
14	250	280	280
Ortalama	241.07 ± 30.39	250 ± 39.03	254.29 ± 37.15

Şekil 8’de çalışmaya katılan sporculardan birinin anaerobik eşiğinin belirlenmesi grafiği gösterilmiştir.



Şekil 8: Bir sporcunun anaerobik eşiğinin belirlenmesi

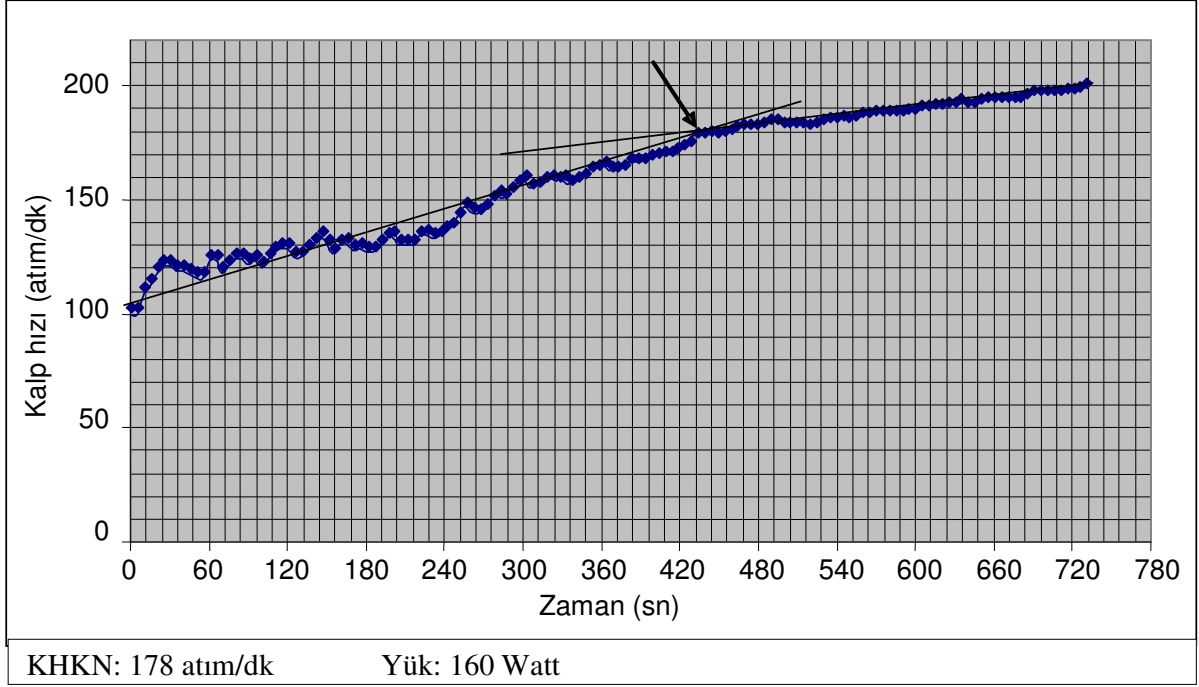
Tablo 6'da sporcuların hepsinin belirlenen AE'deki değerleri verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi 2 sporcunun anaerobik eşikleri Stegmann ve arkadaşlarının belirlediği IAT yöntemine göre belirlenememiştir.

Tablo 6: Sporcuların Anaerobik Eşikteki lm Değerleri

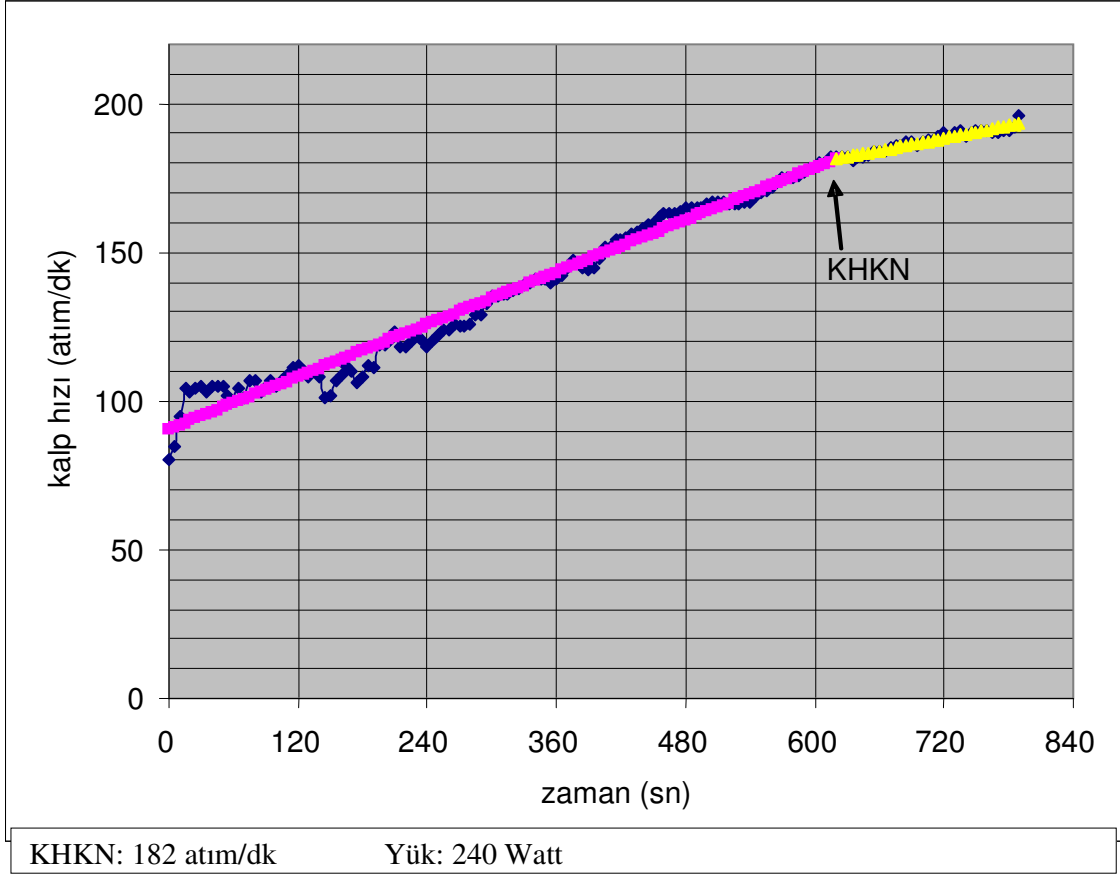
Sporcu numarası	Laktat (mmol/L)	KH (atım/dk)	İş yükü (Watt)
1	4.49	175	200
2	5.02	174	150
3	3.16	162	150
4	2.76	151	125
5	2.08	155	125
6	4.53	175	175
7	4.10	149	125
8	4.48	170	175
9	3.12	129	150
10	-	-	-
11	4.41	173	150
12	-	-	-
13	4.54	184	200
14	5.20	180	175
Ortalama	3.99 ± 0.97	151.57 ± 15.99	146.56 ± 26.83

Not: Değerleri tabloda gösterilmeyen 2 sporcunun IAT yöntemine göre anaerobik eşikleri belirlenememiştir.

KHKN'nın bağımsız gözlemci metodu ve matematiksel model kullanılarak belirlenmesini gösteren grafikler sırasıyla Şekil 9 ve Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 9: Bağımsız gözlemci metoduyla kalp hızı kırılma noktasının belirlenmesi



Şekil 10: Matematiksel modelle kalp hızı kırılma noktasının belirlenmesi

Tablo 7 ve Tablo 8’de sporcuların 20 Watt/dk ve 40 Watt/2dk protokollerinden bağımsız gözlemci metodu ve matematiksel modelle belirlenen KHKN’na karşılık gelen KH değerleri ve iş yükü değerleri verilmiştir. Tabloda gösterildiği gibi 4 numaralı sporcunun KHKN değeri belirlenememiştir. 12 numaralı sporcunun KHKN değeri 40 Watt/2dk protokolünde matematiksel modelle belirlenememiştir. Bu nedenle KHKN’na karşılık gelen KH ve iş yükü değerleri gösterilmemektedir. KHKN’ni belirlemede matematiksel modelle yapılan 28 hesaplardan 7’sinde minimum kalp atım hızı değeri, birinde de maksimum kalp atım hızı değeri elle girilmiştir. Bunun nedeni, daha önce de belirtildiği gibi kalp hızı kırılma noktası bulunurken bazen iki veya daha fazla X değerinin ortaya çıkması ve sonucun bulunamamasıdır.

Tablo 7: Sporcuların Kalp Hızı Kırılma Noktasına Karşılık Gelen KH Değerleri

Sporcu Numarası	20W/dk Gözlem KH	20W/dk MM KH	40W/2dk Gözlem KH	40W/2dk MM KH
1	166	182	161	174
2	148	148	122	162
3	158	182	152	172
4	-	-	-	-
5	171	167	177	175
6	159	173	167	174
7	161	171	155	164
8	157	176	158	177
9	135	160	129	153
10	157	148	175	161
11	172	179	181	180
12	161	154	168	-
13	167	167	171	180
14	176	180	178	184
Ortalama	160.62 ± 11.50	168.23 ± 10.66	161.08 ± 15.47	171.33 ± 2.83

Not: Değerleri tabloda gösterilmeyen sporcuların kalp hızı kırılma noktaları belirlenememiştir.

Kısaltmalar:

Gözlem: Bağımsız gözlemci metodu

MM : Matematiksel model

20 W/dk ve 40 W/2dk protokollerinden bağımsız gözlemci metodu ve matematiksel modelle belirlenen KHKN'na karşılık gelen KH değerleri hem kendi aralarında hem de anaerobik eşiğe karşılık gelen KH değerleriyle karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

Tablo 8: Sporcuların Kalp Hızı Kırılma Noktasına Karşılık Gelen İş Yükü Değerleri

Sporcu Numarası	20 W / dk Gözlem Yük	20 W / dk MM Yük	40 W / 2dk Gözlem Yük	40 W / 2dk MM Yük
1	180	220	160	200
2	120	120	80	160
3	180	240	160	240
4	-	-	-	-
5	160	160	200	160
6	160	200	200	200
7	140	160	160	160
8	180	220	160	240
9	160	240	160	240
10	140	120	160	120
11	200	220	240	200
12	160	140	160	-
13	160	160	160	200
14	180	200	160	200
Ortalama	163.08 ± 18.38	184.62 ± 39.38	166.15 ± 27.97	193.33 ± 37.50

Not: Değerleri tabloda gösterilmeyen sporcuların kalp hızı kırılma noktaları belirlenememiştir.

Kısaltmalar:

Gözlem: Bağımsız gözlemci metodu

MM : Matematiksel model

20 W/dk ve 40 W/2dk protokollerinden bağımsız gözlemci metodu ve matematiksel modelle belirlenen KHKN'na karşılık gelen iş yükü değerleri hem kendi aralarında hem de anaerobik eşiğe karşılık gelen iş yükü değerleriyle karşılaştırıldığında aralarında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

5. TARTIŞMA

Şiddeti düzenli olarak artan egzersiz sırasında koşu hızı ile KH arasındaki ilişkinin yüksek koşu hızlarında doğrusallıktan saptığı ve bu sapma noktasının anaerobik eşikle ilişkili olduğu, KHKN'nın AE'i belirlemede girişimsel olmayan bir yol olduğu; dolayısıyla sportif performansın ve antrenman yoğunluğunun belirlenmesinde yalnız başına kullanılabileceği bildirilmektedir (8,9,10,12,25). Bu ilişki daha sonraları Ballarin ve ark. (22,26), Baraldi ve ark. (32), Hofmann ve ark. (12), Grazi ve ark. (33) tarafından da rapor edilmiştir. Vachon ve ark. (3) koşucularda yaptıkları çalışmada sporcuları hem sahada (Conconi testi) hem de koşu bandı üzerinde egzersiz testine almışlardır. KHKN'nı saha testinde tüm sporcularda belirlemişler; ancak 20 saniyede bir iş yükünü artırdıkları koşu bandı testinde KHKN'nı sporcuların yarısında belirlemişlerdir. Bunun nedeninin koşu bandı testinde yük artışı seviye süresinin kısalığından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak kalp atım hızının egzersiz şiddeti arttığında kırılma gösterebildiğini; ancak belirlenen bu KHKN'nın AE'i daha yüksek iş şiddetlerinde gösterdiğini söylemişlerdir. Carey ve ark. (4) benzer sonuçları bisiklet ergometresi üzerinde yaptıkları çalışmanın sonuçları arasında göstermişlerdir.

Conconi ve arkadaşlarının (8,9) sonuçlarına karşılık Jones ve Doust KHKN görüldüğü andaki koşu hızının, AE eşikteki koşu hızından %13.4 daha yüksek olduğunu göstermişlerdir (14). Aynı araştırmacılar bir başka çalışmalarında KHKN'nı 14 koşucudan 9'unda belirlemişler ve KHKN ve AE'e karşılık gelen KH ve koşu hızı değerleri arasında anlamlı farklılıklar olduğunu göstermişlerdir (23).

Tüm bu tartışmalı sonuçların ardından KHKN görüşü bir çok araştırmacı tarafından sorgulanmış ve geçerliliğindeki farklı sonuçların nedeninin KHKN'nın belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden kaynaklanabileceği bildirilmiştir (9,13,23).

Bu çalışmada sporcular şiddeti gittikçe artan iki farklı test protokolüne alınmış ve KHKN belirlenmesinde iki farklı hesaplama yöntemi kullanılmıştır. 14 sporcudan yalnız birinde her iki test protokolünde ve her iki hesaplama yönteminde KH, iş yüküyle doğru orantılı olarak artmış ve kırılma göstermemiştir. Bir sporcuda da 40 Watt/2dk protokolünde matematiksel modelle yapılan hesaplamada KHKN saptanamamıştır. Kalan 12 sporcunun KHKN her iki protokolde ve her iki hesaplama yöntemiyle saptanmıştır. Bunu test protokolleri açısından belirtmek gerekirse bağımsız gözlemci metodu ve matematiksel modelle yapılan hesaplamalarda sırasıyla KHKN; 20Watt/dk protokolünde her iki yöntemde

de 13 sporcuda (%92.86) saptanmıştır. 40Watt/2dk protokolünde sırasıyla; 12 sporcuda (85.71) ve 11 sporcuda (% 78.57) saptanmıştır.

Balların ve arkadaşları matematiksel hesaplama ya bağlı bilgisayarda yapılan belirlemeyle görsel belirlemenin arasında anlamlı korelasyon göstermişler; ancak görsel belirlemenin deneyimli araştırmacılar tarafından uygulanmasının gerekli olduğunu bildirmişlerdir (26). Hofmann ve arkadaşları (12) ile Pokan ve arkadaşları (34) yaptıkları çalışmalarda KHKN belirlenmesinde en hassas yöntemin bilgisayarda yapılan regresyon analizlerini içerdiğini bildirmişlerdir. Bu araştırmacıların sonuçlarına göre bu yöntem araştırma amaçlı uygundur ancak kolay uygulanır bir yöntem değildir. Carey ve arkadaşları 73 erkek bisiklet yarışçısında yaptıkları çalışmada KHKN'ni gözlem metoduyla ve bilgisayarda matematiksel model kullanarak belirlemişlerdir. Ancak 73 kişiden 44'ünde (%60.3) KHKN saptamamışlardır. Sonuç olarak KHKN'nin sporcuların az bir kısmında ortaya çıktığını ve KHKN gözlenen grupta gözlemcilerin kendi içlerinde ve matematiksel modelle karşılaştırıldığında yapılan saptamalarda anlamlı farklılıklar olduğunu söylemişlerdir (4). Bu çalışmada KHKN'ni belirlemede kullanılan bağımsız gözlemci metodu ve matematiksel model arasında KH ve iş yükü bakımından anlamlı fark bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Pokan ve arkadaşları KHKN görülen genç erkeklerde KHKN'nin protokol tipinden etkilenmediğini bildirmiştir. Ancak kırılmanın derecesinin kullanılan protokol tipine bağlı olabileceğini, doğrusal olmayan hız ya da iş yükü artışının KHKN'nin belirlenmesinde öznel sonuçlar ortaya çıkarabileceğini söylemişlerdir (13). Bu çalışmada da iki farklı test protokolünde KHKN'daki KH ve iş yükü sonuçları bakımından Pokan ve arkadaşlarının sonuçlarına benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır ($p > 0.05$).

Literatürde tamamıyla doğrusal kalp atım hızı cevabının ortaya çıktığını gösteren çalışmalar bulunmaktadır (11,13,14,23). Bu çalışmada da bir kişide kalp hızı kırılması ortaya çıkmamıştır. Ancak bunun nedeni sporcunun yaştan tahmin edilen en yüksek kalp atım hızı değerine ulaşmadan yorularak testi erken bırakmış olması olabilir. Balların ve arkadaşları KHKN'nin sporcunun antrenman durumuyla ilişkili olabileceğini bildirmişlerdir (22).

Bourgeois ve arkadaşları bisiklet ergometresinde bisikletçilerde yaptıkları çalışmada farklı test protokolleri sonucunda KHKN ve laktat eşliğinin görüldüğü kalp hızları arasında anlamlı fark olduğu sonucunu rapor etmişlerdir (31). Özçelik ve Ayar 13 antrenman yapmayan kişide KHKN'nin belirlenmesinde iki farklı test protokolünü karşılaştırdıkları

çalışmada düşük iş yükü artışının olduğu test protokolünde 5 (%39) kişide ve daha yüksek iş yükü artışının olduğu test protokolünde 2 (%15) kişide KHKN saptamışlardır. Bunun iki test protokolü için sırasıyla %31 ve %23.6 oranlarında AE üstü bölgede olduğunu bildirmişlerdir (2). Bu çalışmada, KHKN ve bireysel anaerobik eşiğin görüldüğü KH ve iş yükleri arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p>0.05$).

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde sporun her insanın hayatında yeri olduğu bir gerçektir. Yarışma sporlarında artık rekabet sürekli artmakta ve sportif performans ön plana çıkmaktadır. Sporcuların performanslarının ölçümü gerek saha, gerekse laboratuvar koşullarında uzun zaman gerektiren, girişimsel ve pahalı testlerin yapılmasını gerektirir. Buradan yola çıkarak Conconi ve arkadaşlarının geliştirdiği KHKN testi kolaylıkla uygulanabilecek bir testtir. Conconi testinin AE'i belirlemede kullanılmasına yönelik yapılan çalışmalar farklı sonuçlar göstermiş ve KHKN hesaplanmasında kullanılacak yöntem ve test protokolü hakkında daha fazla çalışmaya gerek olduğu bildirilmiştir (12,14,23,31). Literatürde KHKN belirlenmesinde kullanılan farklı egzersiz test protokollerinin karşılaştırıldığı çalışmalar bulunmaktadır. Ayrıca birçok çalışmada da farklı KHKN hesaplama yöntemleri karşılaştırılmıştır; ancak hem KHKN test protokollerinin, hem de KHKN hesaplama yöntemlerinin bir arada karşılaştırıldığı bir çalışmaya raslanmamıştır. Buradan yola çıkarak bu çalışmada iki farklı KHKN test protokolü ve iki farklı KHKN ölçüm yöntemi karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmanın sonuçlarına bakıldığında KHKN'nı belirlemeye yönelik yapılan iki farklı iş yükü artışının uygulandığı şiddeti gittikçe artan egzersiz testlerinde KHKN her iki test için iki farklı şekilde hesaplanmıştır. İki farklı test protokolünde de iki farklı yöntemle belirlenen KHKN'nın ortaya çıktığı KH ve iş yükü değerleri hem kendi içinde hem de anaerobik eşik noktasında ortaya çıkan KH ve iş yükü değerleriyle karşılaştırılmıştır. Yapılan çoklu grup karşıştırmalarında KH ve iş yükü değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmamıştır ($p>0.05$).

Bu çalışmada matematiksel modelle yapılan hesaplamalarda 14 sporcudan ikisinde KH – iş yükü grafiğinde tamamiyle doğrusal bir çizgi ile KHKN ortaya çıkmadığı gözlenmiştir. Bu sonuç sporcunun test öncesi ya da test günü yorgunluk durumuyla ya da herhangi bir nedenle ilgili olarak ortaya çıkmış olabilir. Buradan yola çıkarak KHKN'nın tekrarlanabilirliği üzerine yapılacak daha fazla çalışmaya gereksinim duyulmalıdır.

Kalp hızı kırılma noktası belirleme yöntemlerinin karşılaştırılmasına yönelik olarak yapılan bu çalışmanın testleri lig maçlarının bittiği, yeni sezon maçlarının başlamasından önceki zaman aralığında yapılmıştır. Lig maçlarının başlamasıyla sporcular daha sık çalışma yapacakları için fizik kondisyonları da buna bağlı olarak artacaktır. Lig maçlarının başlamasından önce, sezon ortasında ve lig maçlarının bitiminde testlerin yinelenerek

karşılaştırıldığı bir çalışma KHKN'nın sporcuların fiziksel kondisyonlarıyla değişip değişmediğine yönelik yeni sonuçlar ortaya çıkarabilir.

Bu çalışma kalp hızı kırılma noktasının daha güvenilir bir ölçüm olarak kabul edilmesi yolunda destek sağlayabilir. Bu yöntemin geliştirilmesi kullanma kolaylığı açısından çeşitli grupların kolayca test edilmesini sağlayabilir. Ayrıca sporcuların dayanıklılık kapasitelerinin belirlenmesinde ve antrenman programlarının düzenlenmesinde kullanılabilecek girişimsel olmayan, ucuz ve kısa süreli uygulanan bu testlerin standartlaştırılması konusunda katkı sağlayabilir.

Sonuç olarak; farklı egzersiz test protokolleri kullanıldığında KHKN değişmemektedir. KHKN hesaplanmasında kullanılan bağımsız gözlemci metodu ve matematiksel model arasında, KHKN'nı belirlemede istatistiksel olarak anlamlı bir fark saptanmamıştır. KHKN, anaerobik eşikle aynı KH ve iş yükü değerlerinde ortaya çıkmıştır. Ve dolayısıyla AE'i belirlemede kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Kara M, Gökbel H. Anaerobik eşik ve önemi. Spor Hekimliği Dergisi 1994; 29: 161-175
2. Özçelik O, Ayar H. Egzersiz protokolünün KH- iş gücü ilişkisine dayanan anaerobik eşik hesaplanmasına etkisi. Fırat Tıp Dergisi 2004; 9: 40-44
3. Vachon JA, Bassett DR, JR, Clarke S. Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold during running. J Appl Physiol 1999; 87: 452-459
4. Carey DG, Raymond RL, Duoos BA. Intra and inter observer reliability in selection of the heart rate deflection point during incremental exercise: Comparison to a computer-generated deflection point. J Sports Sci Med 2002; 1: 115-121
5. Kara M, Gökbel H, Bediz CŞ. A combined method for estimating ventilatory threshold. J Sports Med Phys Fitness 1999; 39: 16-19
6. Svedahl K, MacIntosh BR. Anaerobic Threshold: The Concept and Methods of Measurement. Canadian Journal of Applied Physiology 2003; 28: 299-323
7. Weltman A. Blood Lactate Response to Exercise. Human Kinetics, 1995
8. Conconi F, Ferrari M, Ziglio PG, Droghetti P ve ark. Determination of the anaerobic threshold by a noninvasive field test in runners. J Appl Physiol 1982; 52: 869-873
9. Conconi F, Grazi G, Casoni I, Guglielmini C ve ark. The Conconi test: methodology after 12 years application. Int J Sports Med 1996; 17: 509-519
10. Bodner ME, Rhodes EC. A Review of the Concept of the Heart Rate Deflection Point. Sports Medicine 2000; 30: 31-46
11. Hofmann P, Pokan R, Preidler K, Leitner H ve ark. Relationship between heart rate threshold, lactate turn point and myocardial function. Int J Sports Med 1994; 15: 232-237
12. Hoffmann P, Pokan R, Von Duvillard SP, Serge P ve ark. Heart rate performance curve during incremental cycle ergometer exercise in healthy young male subjects. Med Sci Sports Exerc 1997; 29: 762-768
13. Pokan R, Hofmann P, Duvillard V, Serge P ve ark. The heart rate turn point reliability and methodological aspects. Med Sci Sports Exerc 1999; 31: 903-907
14. Jones AM, Doust JH. Lack of reliability in Conconi's heart rate deflection point. Int J Sports Med 1995; 16: 541-544

15. Janssen P. Lactate Threshold Training. United States, Human Kinetics, 2001
16. Günay M, Cicioğlu İ. Spor Fizyolojisi. Birinci Baskı, Ankara, Gazi Kitabevi, 2001
17. Guyton A.C, Hall J.E Tıbbi Fizyoloji (Çeviri Editörü: Çavuşoğlu H, Yeğen B.Ç). Onbirinci Baskı, İstanbul, Nobel Tıp Kitabevleri, 2007
18. Tamer K. Sporda Fiziksel Fizyolojik Performansın Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi. İkinci Baskı, Ankara, Türkerler Kitapevi, 1995
19. Urhausen A, Coen B, Weiler B, Kindermann W. Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady state. *Int J Sports Med* 1993; 14: 134-139
20. Kara M, Gökbel H, Bediz C.Ş, Üçok K. Comparison of two noninvasive methods in the determination of anaerobic threshold in sedentary men. *East J Med* 1997; 2: 101-105
21. Droghetti P, Borsetto C, Casoni I, Celini M ve ark. Noninvasive determination of the anaerobic threshold in canoeing, cross-country skiing, cycling, roller, and ice-skating, rowing, and walking. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1985; 53: 299-303
22. Ballarin E, Borsetto C, Celini M, Patracchini M ve ark. Adaptation of the Conconi test to children and adolescents. *Int J Sports Med* 1989; 10: 334-338
23. Jones AM, Doust JH. The Conconi test is not valid for estimation of the lactate turnpoint in runners. *J Sports Science* 1997; 15: 385-394
24. Tokmakidis SP, Leger LA. Comparison of mathematically determined blood lactate and heart rate "threshold" points and relationship with performance. *Eur J Appl Physiol* 1992; 64: 309-317
25. Gaisl G, Wiesspeiner G. A noninvasive method of determining the anaerobic threshold in children. *Int J Sports Med* 1988; 9: 41-41
26. Ballarin E, Sudhues U, Borsetto C, Casoni I ve ark. Reproducibility of the Conconi Test: test repeatability and observer variations. *Int J Sports Med* 1996; 17: 520-527
27. Monark Exercise AB Grimaldi Industri Group. Stockholm, Sweden. Monark 839E User's Manuel
28. Mellerowicz H. Ergometri standardizasyon çalışmaları (Çeviren: Durusoy F). *Spor Hekimliği Dergisi* 1983; 18: 29-30
29. Tanita Corporation. Illinois, USA. Tanita BF-555, BF-556 Body Fat Monitor Instruction Manuel

30. Polar Electro Oy. Kempele, Finland. Copyright 1996. Polar XTrainer Plus Heart rate Monitor User's Manual
31. Bourgois J, Coorevits P, Danneels L, Witvrouw E ve ark. Validity of the heart rate deflection point as a predictor of lactate threshold concepts during cycling. *J Strenght Cond. Research* 2004; 18: 498-503
32. Baraldi E, Zanconato S, Santuz P.A, Zacchello F. A comparison of two noninvasive methods in the determination of the anaerobic threshold in children. *Int J Sports Med* 1989; 10: 132-134
33. Grazzi G, Alfieri N, Borsetto C, Casoni I ve ark. The power output/ heart rate relationship in cycling: test standardization and repeatability. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: 1478-1487
34. Pokan R, Hofmann P, Duvillard V, Serge P ve ark. Parasympathetic receptor blockade and the heart rate performance curve. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: 229-233