

T.C.  
MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI

FARKLI SPOR BRANŞLARINDAKİ AKTİF SPORCULARIN  
VO<sub>2</sub>MAKS ve vVO<sub>2</sub>MAKS DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ  
ve TLİMVO<sub>2</sub>MAKS SÜRELERİ İLE İLİŞKİSİ

Yüksek Lisans Tezi

GÖKHAN UMUTLU

MERSİN, 2014

T.C.  
MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANABİLİM DALI

FARKLI SPOR BRANŞLARINDAKİ AKTİF SPORCULARIN  
VO<sub>2</sub>MAKS VE vVO<sub>2</sub>MAKS DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ  
VE TLİMVO<sub>2</sub>MAKS SÜRELERİ İLE İLİŞKİSİ

Yüksek Lisans Tezi

GÖKHAN UMUTLU

DANIŞMAN

YRD.DOÇ.DR. A. TANER ERDOĞAN

MERSİN, 2014

## KABUL VE ONAY

Eğitim Bilimleri Enstitüsü M¼d¼rl¼ę¼'ne

Bu alışma j¼rimiz tarafından Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı'nda Y¼KSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan .....  
Prof.Dr. Murat ÖZEREN

¼ye .....  
Doç.Dr. Zeka PEHLEVAN

¼ye .....  
Yrd.Doç.Dr. A.Taner ERDOĞAN  
(Danışman)

Onay,

Yukarıdaki imzaların, adı geçen ¼retim ¼yelerine ait olduğunu onaylarım.



## TEŞEKKÜR

Çalışmaya öncelikle bana tanıdığı imkan ve sabırları için Beden Eğitimi ve Spor Yüksek Okulu müdürümüz Prof. Dr. Murat ÖZEREN' e, değerli jüri üyelerim Doç.Dr. Zeka PEHLEVAN ve Yrd.Doç.Dr.Fatma ÇEPİKKURT' a, veri toplama aşamasında emeği bulunan Uğur CAN'a, başta bana görüş ve bilgileriyle destek olan ve çalışmam boyunca bana değerli vaktini ayıran ve manevi desteğini hiç esirgemeyen değerli danışmanım Yrd.Doç.Dr. A.Taner ERDOĞAN ve değerli ailesine, bu süreçte yanımda olmasalar da manevi varlığını hep hissettiğim başta kız kardeşlerim Nagihan UMUTLU ve Büşra Yağmur UMUTLU' ya aileme ve beni bu günlere getiren ve emeğini asla ödeyemeyeceğim biricik annem Meryem UMUTLU' ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## ÖZET

# FARKLI SPOR BRANŞLARINDAKİ AKTİF SPORCULARIN VO<sub>2</sub>MAKS ve vVO<sub>2</sub>MAKS DEĞERLERİNİN BELİRLENMESİ ve TLİMVO<sub>2</sub>MAKS SÜRELERİ İLE İLİŞKİSİ

GÖKHAN UMUTLU

Yüksek Lisans Tezi

Eğitim Bilimleri Enstitüsü

Yrd.Doç.Dr. A.Taner ERDOĞAN

Ağustos, 2014

110 Sayfa

Sporcuların performans durumunu belirlemede VO<sub>2</sub>maks ölçümleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak sporcuların performans durumlarını ölçmede VO<sub>2</sub>maks ölçümleri tek başına yeterli değildir. Aynı VO<sub>2</sub>maks değerlerine sahip sporcuların farklı vVO<sub>2</sub>maks değerlerine sahip olması sebebiyle kişinin vVO<sub>2</sub>maks seviyesinin belirlenmesi ve bunun yanında kişinin vVO<sub>2</sub>maks seviyesinde performansını ne kadar devam edebildiğini (Tlim) belirlemek daha objektif bir yöntemdir. Bu çalışmanın amacı Mersin ilinde aktif olarak spor; Futbol, Bisiklet, Atletizm ve Muay Thai sporcularının VO<sub>2</sub>maks ve vVO<sub>2</sub>maks seviyelerini belirlemek ve bu değerlerin sporcuların vVO<sub>2</sub>maks seviyesindeki Tlim süreleriyle ilişkisini incelemektir. Bu çalışmada 8 bisikletçi, 10 muay-thai, 10 futbolcu ve 9 atlet olmak üzere toplamda 37 sporcu birer hafta arayla laboratuara uğramış ve ilk hafta sporcuların Vo<sub>2</sub>maks ve vVO<sub>2</sub>maks seviyeleri

belirlenmiş ve bir hafta sonra sporcular aynı laboratuvar ortamı şartlarında elde etmiş oldukları vVO2maks hızında Tlim testine tabi tutulmuştur.

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda Atletizm grubunun vVO2maks değerleri Uzak Doğu sporları grubunkinden anlamlı olarak daha yüksekti (U=6,50, Z=-3,21, p<0,001). Ek olarak, Futbol grubunun vVO2maks değerleri anlamlı olarak Uzak Doğu sporları grubunkinden daha yüksek olduğu bulundu (U=9,50, Z=-3,14, p<0,001). Atletizm grubunun VO2maks değerleri Uzak Doğu sporları grubunkinden anlamlı olarak daha yüksek bulunurken (U=4,00, Z=-3,35, p<0,001) Futbol grubunun VO2maks değerleri anlamlı olarak Uzak Doğu sporları grubunkinden daha yüksekti (U=3,50, Z=-3,51, p<0,001). Tlim değerleri ile VO2maks ve vVO2maks değerleri arasında bir ilişki bulunmamıştır (p>0,05). Sonuç olarak, vVO2maks değerleri branşlar arası fark göstermekte fakat bu fark Tlim değerlerine yansımamaktadır.

*Anahtar kelimeler:* Aerobik performans, Oksijen tüketimi, Spor

## **ABSTRACT**

### **DETERMINATION OF VO<sub>2</sub>MAX and vVO<sub>2</sub>MAX VALUES in DIFFERENT SPORT and ITS RELATION TO TlimVO<sub>2</sub>MAX DURATION**

**GÖKHAN UMUTLU**

M.Sc. Thesis

Institute of Education Sciences

Asst.Prof.Dr. A.Taner ERDOĞAN

August, 2014

110 Pages

VO<sub>2</sub>max is a commonly used measurement tool for determining performance level of athletes. Yet, it's not single and sufficient criteria to predict athletic performance. Due to the fact that the vVO<sub>2</sub>max may vary among athletes who present similar values of VO<sub>2</sub>max, its more objective to determine vVO<sub>2</sub>max expressed as minimum velocity VO<sub>2</sub>max elicits, in addition to maximal oxygen consumption to ascertain performance level. Besides, Tlim is also an important tool measure athlete's continuity at his/her vVO<sub>2</sub>max level. Thus, the objective of our investigation was to measure VO<sub>2</sub>max, vVO<sub>2</sub>max and Tlim performance for various sport branches. 8 cyclists, 10 martial arts athletes, 10 soccer players and 9 track and field athletes, a total of 37 athletes who live in Mersin participated in our study which consists of two test sessions. First visit was to measure VO<sub>2</sub>max and vVO<sub>2</sub>max and during their second visit to laboratory Tlim was assessed in same laboratory conditions as previously.

vVO<sub>2</sub>max values of track and field are significantly higher than martial art sports (U=6,50, Z=-3,21, p<0,001). In addition, it was found that vVO<sub>2</sub>max values are significantly higher in soccer groups than martial arts groups (U=9,50, Z=-3,14, p<0,001). While VO<sub>2</sub>max values in track and field group are significantly higher than martial art group (U=4,00, Z=-3,35, p<0,001), values in soccer group are also significantly higher than martial arts groups (U=3,50, Z=-3,51, p<0,001). In conclusion, vVO<sub>2</sub>max values are different among groups but these differences are not reflected to Tlim values.

*Key Words:* Aerobic performance, Oxygen consumption, Sports



# İÇİNDEKİLER

Sayfa No

KABUL VE ONAY .....	i
TEŞEKKÜR.....	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
<b>BÖLÜM 1</b>	
GİRİŞ.....	1
1.1. Problem.....	2
1.2. Amaç .....	2
1.3. Denenceler .....	3
1.4. Önem .....	3
1.5. Sınırlılıklar.....	4
<b>BÖLÜM 2</b>	
GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Motor İşlevler.....	5
2.2. Koşmanın Motor Kontrolü.....	8

## İÇİNDEKİLER

## Sayfa No

2.3. Motor Korteks ve Kortikospinal Yol.....	10
2.4. Primer Motor Korteks.....	10
2.5. Premotor Korteks.....	11
2.6. Supleментар Motor Alan.....	11
2.7.Sinyallerin Motor Korteksten KaslaraTaşınması.....	11
2.7.1 Kortikospinal Yol (Piramidal yol).....	12
2.7.1.1 Ventral ve medial kortikospinal yollar.....	12
2.7.1.2 Lat. Korti.spin. yol ve rubrospinal yol.....	12
2.7.2 Ekstrapiramidal Yol.....	13
2.8. Beyincik (Cerebellum).....	13
2.9. Afferent Yollar.....	13
2.9.1. MSS' den gelen yollar.....	13
2.9.2. Periferden gelen yollar.....	14
2.10 Efferent Yollar.....	14
2.11. Kas Sistemi Ve Egzersiz.....	15
2.12 Kas Sistemi Ve Enerji Metabolizması.....	18
2.13. İskelet Kası.....	19
2.13.1. İskelet Kaslarının Yapısı.....	19
2.13.2 İskelet Kasının Fizyolojisi.....	20
2.13.3. İskelet Kasının Kimyasal Bileşimi.....	22
2.13.4. İskelet Kasının Kan Kaynağı.....	22
2.13.5. İskelet Kasında Kasılma.....	23

## İÇİNDEKİLER

## Sayfa No

2.13.6. İskelet Kasının Kullandığı Enerji Kaynakları.....	25
2.13.7. Motor Nöronlar.....	27
2.13.8. Kas Kasılması .....	28
2.13.8.1. Kas Kasılması için Gerekli Sinirsel Uyarı ve Enerjinin Elde Edilmesi .....	29
2.14. Kardiovasküler Sistem.....	30
2.14.1. Kalbin Yapısı.....	30
2.14.2. Pulmoner Ve Sistematik Dolaşım.....	32
2.14.3. Kalbin Uyarılması.....	33
2.14.4. Kardiyak Siklus.....	34
2.14.5. Kardiyak Debi.....	34
2.14.6. Kalp Atım Volümü.....	35
2.14.7. Kalp Atım Hızı ve Egzersiz.....	35
2.15. Egzersizin Akut Etkileri.....	36
2.15.1. Kalp Atım Hızı Seviyesinde Artma.....	36
2.15.2. Vurum Hacminde Artma.....	36
2.15.3. Kardiyak Debide Yükselme.....	37
2.15.4. VO2 Seviyesinde Artma.....	37
2.15.5. Sistolik Ve Diastolik Basınç.....	37
2.15.6. Dakika Ventilasyonunda Artma.....	38
2.15.7. Aktif Kas Bölgelerine Kan Akımında Artma.....	38
2.15.8. Solunum Değişim Oranındaki Değişim.....	38

## İÇİNDEKİLER

## Sayfa No

2.16. Egzersizin Kronik Etkileri.....	39
2.17. Algılanan Zorluk Düzeyi(RPE)BORG Skalası.....	39
2.18. Enerji Sistemleri.....	40
2.18.1. Anaerobik Enerji Yolu.....	40
2.18.2. Alaktik Enerji Yolu (ATP-CP).....	41
2.18.3. Laktik Enerji Yolu.....	42
2.18.4. Aerobik Enerji Yolu .....	42
2.19. Karbonhidratlar .....	43
2.20. Maksimal Oksijen Tüketim Kapasitesi Ölçüm Testleri..	43
2.21. Vücutta Harcanan Enerjinin Ölçülmesi.....	44
2.21.1. Direkt Kalorimetre Yöntemi.....	44
2.21.2. İndirekt Kalorimetre Yöntemi.....	45
2.22. Bioelektrik İmpedans Analizi.....	46
2.23. Maksimum Oksijen Tüketimi ( VO <sub>2</sub> maks).....	47
2.24. Absolüt ve Relatif VO <sub>2</sub> maks.....	49
2.25. VO <sub>2</sub> maks ve Isınma İlişkisi.....	50
2.26. Enerji Tüketimi.....	51
2.27. VO <sub>2</sub> maks Seviyesindeki Hız (vVO <sub>2</sub> maks).....	52
2.28. Tlim.....	54

## BÖLÜM 3

YÖNTEM.....	55
-------------	----

## İÇİNDEKİLER

## Sayfa No

3.1. Evren.....	55
3.2. Katılımcılar.....	55
3.3. Veri Toplama Teknikleri .....	57
3.3.1. VO2maks Testi.....	57
3.3.2 Tlim VO2maks Testi. ....	60
3.3.3. Algılanan Zorluk Derecesinin Belirlenmesi.....	61
3.3.4. Antropometrik Ölçümler.....	61
3.4. Verilerin Analizi.....	63

## BÖLÜM 4

BULGULAR.....	64
4.1. Çalışmaya Katılan Grupların Solunumsal ve Fizyolojik Parametre Değerleri.....	64
4.2. Gruplar arası demografik ve antropometrik değerlerinin karşılaştırılması.....	66
4.3. Gruplar arası vVO2maks değerlerinin karşılaştırılması.....	66
4.4. Gruplar arası tlim değerlerinin karşılaştırılması.....	67
4.5. Gruplar arası VO2maks değerlerinin karşılaştırılması.....	68
4.6. Gruplar arası VO2maks <sub>YVK</sub> değerlerinin karşılaştırılması.....	69
4.7. Gruplar arası Kalp Atım Sayısı (KAS) değerlerinin karşılaştırılması.....	70
4.8. Gruplar arası Algılanan Zorluk Derecesi (RPE)	70

değerlerinin karşılaştırılması.....	
4.9. Gruplar arası Solunumsal Değişim Oranı (RER) değerlerinin karşılaştırılması.....	71
4.10. VO <sub>2</sub> maks, vVO <sub>2</sub> maks ve tlim değerleri arasındaki ilişki.....	72
<b>BÖLÜM 5</b>	
TARTIŞMA VE SONUÇ.....	73
5.1. Antropometrik ve Demografik Özellikler.....	73
5.2. VO <sub>2</sub> maks.....	73
5.3. vVO <sub>2</sub> maks.....	75
5.4. Tlim.....	76
5.5. VO <sub>2</sub> maks, vVO <sub>2</sub> maks ve Tlim ilişkisi.....	80
<b>ÖNERİLER.....</b>	<b>82</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>83</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>93</b>

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

<b>Çizelge 1</b>	Çalışmaya katılan tüm sporcuların demografik ve antropometrik bilgileri .....	55
<b>Çizelge 2</b>	Çalışmaya katılan sporcuların gruplarına ilişkin demografik ve antropometrik bilgileri.....	56
<b>Çizelge 3</b>	Çalışmaya katılan tüm sporcuların solunumsal ve fizyolojik parametre değerleri.....	64
<b>Çizelge 4</b>	Çalışmaya katılan grupların solunumsal ve fizyolojik parametre değerleri .....	65
<b>Çizelge 5</b>	Gruplar arası vVO <sub>2</sub> maks (km/saat) değerlerinin karşılaştırılması .....	67
<b>Çizelge 6</b>	Gruplar arası tlim (sn) değerlerinin karşılaştırılması .....	68
<b>Çizelge 7</b>	Gruplar arası VO <sub>2</sub> maks (ml/kg/dk) değerlerinin karşılaştırılması .....	68
<b>Çizelge 8</b>	Gruplar arası VO <sub>2</sub> maksYVK (ml/kg/dk) değerlerinin karşılaştırılması .....	69
<b>Çizelge 9</b>	Gruplar arası KAS (atım/dk) değerlerinin karşılaştırılması .....	70
<b>Çizelge 10</b>	Gruplar arası RPE değerlerinin karşılaştırılması.....	71
<b>Çizelge 11</b>	Gruplar arası RER değerlerinin karşılaştırılması.....	71
<b>Çizelge 12</b>	VO <sub>2</sub> maks, vVO <sub>2</sub> maks ve tlim değerleri arasındaki ilişki .....	72

<b>Şekil 1</b>	Koşu sırasında etki eden dışsal faktörler .....	9
<b>Şekil 2</b>	Kas kasılması mekanizması .....	29
<b>Şekil 3</b>	Kalbin yapısı .....	32
<b>Şekil 4</b>	Kardiovasküler Sistem .....	33
<b>Şekil 5</b>	Kalbin uyarı sistemi .....	34
<b>Şekil 6</b>	Gruplar arası $vVO_2$ maks (km/saat) değerlerinin karşılaştırılması .....	67
<b>Şekil 7</b>	Gruplar arası $VO_2$ maks (ml/kg/dk) değerlerinin karşılaştırılması .....	69



## SİMGELER VE KISALTMALARI

**ATP:** Adenozin Tri Fosfat

**CP:** Kreatin Fosfat

**KAH:** Kalp Atım Hızı

**RER:** Solunumsal Değişim Oranı

**RPE:** Algılanan Zorluk Derecesi

**SS:** Standart Sapma

**T<sub>lim</sub>:** Minimum Hızda Koşulan Süre

**v:** Hız

**VO<sub>2</sub>maks:** Maksimum Oksijen Tüketim Miktarı

**vVO<sub>2</sub>maks:** Maksimum Oksijen Tüketimindeki Minimum Hız

**VYY:** Vücut Yağ Yüzdesi

**YVK:** Yağsız Vücut Kütleli

# 1. GİRİŞ

Vo2maks günümüzde performansın göstergesi olarak kullanılan bir parametredir. Uzmanlar sezon öncesi ve sırasında sporcuların performanslarındaki değişimleri izlemek için VO2maks testleri uygulamış ve ölçüm sonuçlarına göre antrenman programları düzenlenmişlerdir. Maksimal oksijen tüketimi (VO2maks) aerobik ya da kardiyorespiratuar kapasitenin tanımlanmasında yaygın olarak kullanılan fizyolojik bir parametredir. Ancak, VO2maks sporcuların koşu performansları arasında ayırım yapmada tek başına yeterli değildir (Denadai, 2004; Jones,1998). Son yıllarda VO2maks ölçümlerinin tek başına performansın bir göstergesi olamayacağı konusunda tartışmalar başlamış ve performans ölçümlerinde yeni yöntemler ve protokoller test edilmeye başlanmıştır.

İlk defa 1996 yılında Billat ve ark. tarafından vVO2maks olarak tabir edilen ve kişinin VO2maks testi sırasında ulaştığı minimum hız olarak tanımlanan bu parametre dayanıklılık performansının belirlenmesinde oldukça etkili ve orta ve uzun mesafeler üzerinde yarışan sporcular için yararlı bilgiler sağladığı öne sürülmüştür (Billat, 1996a; McLaughlin, 2010). Aşamalı bir protokol dahilinde belirlenen bu hız ile kişinin koşu bandında koşabildiği maksimum süre (Tlim) hem sporcunun performansını test etmede, hem sporcular ve branşlar arasındaki farklılıkları ortaya koymada yardımcı olmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalarda çoğunlukla uzun mesafe koşucularının vVO2maks ve Tlim değerleri

belirlenmiştir (Laursen, 2007; David, 2000; Bragada 2010). Fakat baskın olarak anerobik sistemi kullanan spor olarak kabul edebileceğimiz uzak doğu sporları ile ilgili ölçüm ve belirleme yapılmamıştır. Günümüzde popüler olan Futbol branşı ile de yeterli çalışmanın yapılmaması bu konuda oluşan boşluğu tamamlama ihtiyacını ortaya çıkarmıştır.

Bu bilgiler ışığında bu çalışmanın amacı farklı spor branşlarındaki aktif sporcuların VO<sub>2</sub>maks ve vVO<sub>2</sub>maks değerlerinin belirlemek ve tlim-VO<sub>2</sub>maks ilişkisini tespit etmektir.

## **1.1 Problem**

Bu çalışmada ele alınan temel sorun farklı spor branşlarındaki aktif sporcuların performans düzeylerinin belirlenmesinde önemli bir parametre olan VO<sub>2</sub>maks, vVO<sub>2</sub>maks ve Tlim sürelerinin belirlenmesi ve birbirleriyle ilişkisinin ortaya konulmasıdır.

## **1.2 Amaç**

VO<sub>2</sub>maks sporcuların performans düzeyini belirlemede önemli faktörlerden bir tanesidir. Yıllardır yapılan çalışmalarda performans ölçümleri üzerinde çalışılmış ve performansı etkileyen parametreler bulunmaya

çalışılmıştır. Son yıllarda yapılan çalışmalar ağırlıklı olarak dayanıklılık sporları üzerine odaklanmış olması, baskın olarak anaerobik enerji sistemini kullanan branşların performanslarının belirlenmesinde yeterli çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmanın amacı farklı spor branşlarındaki aktif sporcuların VO<sub>2</sub>maks ve vVO<sub>2</sub>maks değerlerinin belirlemek ve Tlim süreleri ile ilişkisini ortaya koymaktır.

### **1.3. Denenceler**

- Yüksek VO<sub>2</sub>maks değerine sahip sporcuların vVO<sub>2</sub>maks değerleri de yüksektir.
- Yüksek VO<sub>2</sub>maks değerine sahip sporcuların Tlim değerleri de yüksektir.
- vVO<sub>2</sub>maks ile Tlim değerleri arasında negatif korelesyon vardır.
- Değişik enerji sistemlerinin kullanıldığı spor branşları arasında VO<sub>2</sub>maks, vVO<sub>2</sub>maks ve Tlim arasında fark vardır.

### **1.4 Önem**

Bügüne kadar yapılan çalışmalarda çoğunlukla dayanıklılık sporcuları test edilmiş ve uzun mesafe koşucularında tlim değeri bakılmıştır. Bizim çalışmamızda diğer çalışmalardan farklı olarak hem aerobik hem de anaerobik enerji sistemlerini baskın olarak kullanan branşlar çalışmaya dahil edilmiştir ve branşlar arası karşılaştırma imkanı sağlamıştır.

## **1.5 Sınırlılıklar**

Çalışmamız, bisiklet, uzak doğu sporları (muay thai ve taekwando), futbol ve atletizm branşları ile sınırlıdır. Ayrıca, Bisiklet sporcularının VO<sub>2</sub>maks değerlerinin belirlenmesinde bisiklet ergometresi yerine koşubandı kullanılmıştır.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1 Motor İşlevler

Fiziksel enerjiyi sinirsel işaretlere dönüştüren duysal sistemlerin aksine, sinirsel işaretleri, kaslarda kasılma gücüne dönüştürülerek mekanik hareketleri meydana getirilir. Refleks, ritmik ve istemli hareketler olmak üzere hareketi oluşturan 3 farklı motor sistemi bulunmaktadır. Refleks ve ritmik hareketler stereotipik örüntülü kas etkinliği ile meydana gelmektedir. Periferik uyararla oluşan refleksler, aynı zamanda meydana gelen kas kasılması ve gevşemesi sonucu oluşan istemsiz örüntülerdir. Uyarılan duysal reseptör tipine göre farklı reflekslerdeki spasyal ve temporal kasılma örüntüleri değişik şekillerde ortaya çıkar. Kas reseptörleri germe reflekslerinin oluşmasında, deri reseptörleri de geri çekme reflekslerinin oluşmasında rol oynamaktadır. Reflekslerde, bir uyarana karşı kasılan belirli kaslar, uyarının yerine göre değişiklik göstermektedir ( Ganong, 2002).

Belirli bir uyarın, dış koşullar değışiklik göstermediği sürece tekrar tekrar aynı yanıtı yol açar. Fakat, hem yanıtın şiddeti, hem de reflekslerin yerel işareti modüle edilebilir bu mekanizmalar, davranışın bağlamına göre, aferent lif bağlantılarının örüntülerini spinal ara nöronlara ve motor nöronlara dönüştürür. Yinelenen ritmik motor örüntüler arasında, çiğneme, yutma, kaşıma ve dört ekstremiteli lokomasyonda, iki yanlı, sıralı ve değışken fleksör ve ekstansör kasılmaları yer alır. Bu hareketler, omurilik ve beyin sapında meydana gelmektedir. Bazen kendiliğinden de oluşabilen bu

örüntüler, daha çok periferik uyarılar aracılığıyla oluşmaktadır. İstemli hareketler, amaca yönelik olarak gerçekleşen eylemlerdir ve tekrar ile geri ve ileri bildirim mekanizmaları sonucu gelişirler. Sinir sistemi bu dış etkenlerin üstesinden gelmek için iki farklı yol izlemektedir. Birincisi, duysal sinyalleri gözlemler ve bu bilgiyi doğrudan o kol veya bacağı etkileyecek biçimde kullanır (geri-bildirim). İkincisi, sinir sistemi, aynı veya farklı, görme, işitme gibi duyuları, bu uyarıları belirlemede ve deneyime dayalı proaktif stratejiler başlatmada kullanır (ileri-bildirim). Motor sistemlerin postür ve hareketi nasıl kontrol ettiğini anlamak için bu iki kontrol mekanizması gereken işlemi anlamada yardımcı olmaktadır (Cappellini, Ivanenko, Poppele ve Lacquaniti, 2006).

Geri bildirimli kontrolde sensörlerden gelen sinyaller, *referans sinyalleri ile yani* istendik bir durum ile karşılaştırılır. Ortaya çıkan bu fark veya *hata sinyali*, çıkıyı ayarlama kullanılır. Ekstremitelerimizin pozisyonunu veya tuttuğumuz nesneye uyguladığımız kuvveti devam ettirebilmek adına geribildirim önemli bir yere sahiptir. Kaslardaki çok duyarlı kas içicikleri ve parmak uçlarındaki deri aferentleri, bu fonksiyonlar için kritik geribildirim sinyalleri oluştururlar. Bu fonksiyonlardan yoksun bireylerde çok belirgin postür ve hareket bozuklukları meydana gelmektedir (Ganong, 2002).

İleri-bildirimli kontrollerde deneyim önemli bir yere sahiptir. Bir topu yakalama eylemi, bir görsel tetiklenmiş ileri-bildirimdir. Topun yörüngesinin başlangıç bölümüne ait görsel bilgiyi, topun seyrini saptamak amacıyla

kullanırız. Ancak, top elimize dokunduktan ve pozisyonunu etkiledikten sonra geribildirim ile el pozisyonu otomatik olarak ayarlanacaktır. İleri-bildirim mekanizması, bizim topun etkisini hesaplayıp, ona göre karşılayacak elimizin kaslarını, tam top değecekken kasmamızı sağlayacaktır (Cappellini, Ivanenko, Poppele ve Lacquaniti, 2006).

Motor sistemlerde hiyerarşik bir yapılanma mevcuttur. Omurilik, beyin sapı ve önbeyin sırası ile daha karmaşık motor devreler içerirler. Motor sistemler, hız ve incelikle, refleks, ritmik ve istemli pek çok farklı motor işlevi yerine getirebilmesi, bu işlevsel düzenlenmelerdeki iki özelliğe bağlıdır. En alt düzeyde omurilik bulunmaktadır. Lokomasyon (hareket) gibi, refleks ve ritmik hareketlere aracılık eden devreleri kapsamaktadır. Reflekslerin çoğu polisaptiktir; devrede, ara nöronlarla sinapslar bulunur. Aranöronlar ve motor nöronlar yüksek merkezlerden gelen aksonlardan da girdi alırlar. Agonist-antagonist, çapraz mekanizması içerisinde çok önemli rol oynarlar. Tüm motor iletiler sonunda motor nöronlarda toplanmaktadır. İkinci düzey beyin sapıdır. İki beyin sapı sistemi nöronları (mediyal ve lateral) serebral korteks ve subkortikal çekirdeklerden girdi alır ve omuriliğe doğru uzatır. Mediyaldeki inisi sistemler, görsel, vestibüler ve somatoduysal bilgiyi bütünleştirek postürün korunmasını sağlar. Lateral desend sistemler ise daha distaldeki kasları yönetir ve amaca yönelik ince hareketlerin oluşumundan sorumludur. Diğer beyin sapı devreleri göz ve baş hareketlerini



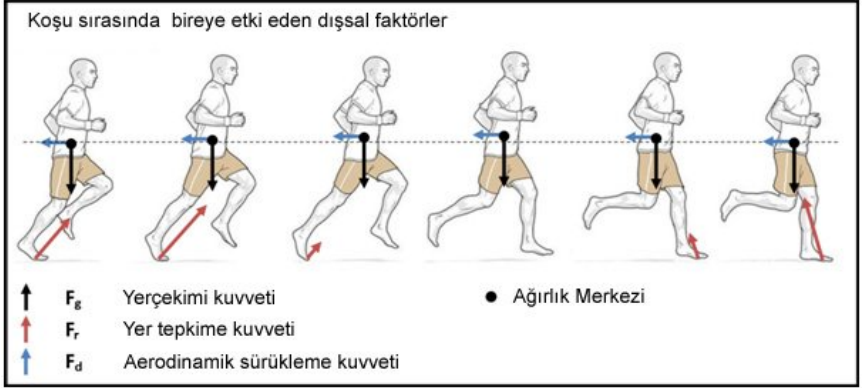
kontrol etmekle yükümlüdür (Cappellini, Ivanenko, Poppele ve Lacquaniti, 2006).

Korteks, motor kontroldeki en üst düzeydir. Primer motor korteks ve bazı premotor alanlar, kortikospinal yolak aracılığıyla doğrudan omuriliğe uzantı gönderir ve beyin sapından doğan motor yolları da düzenler. Premotor alanlar, karmaşık hareket dizilerinin oluşumu için önemlidir. Posteriyör pariyetal ve prefrontal ilişkiler kortekslerden bilgi alıp, primer motor kortekse ve omuriliğe aktarırlar (Ganong, 2002).

## **2.2. Koşmanın Motor Kontrolü**

Adım, iki ayağın yerle teması kesildiği anda başlayan ve diğer ayak tekrar yere değene kadar geçen koşma eyleminin bir parçasıdır. Uzun adım; destek ve hareket anı olmak üzere iki aşamadan oluşur (Collins, Gross ve Shi, 2002). Doğru koşu biyomekaniği kinetik zincirin tüm bileşenlerin eşzamanlı hareketlerini içerir. Ayaklar bu zincirin geri kalan diğer kısımlarıyla bir bağlantı noktası görevi üstlenir. Engebeli bir alana adaptasyon sağlama, uygun denge ve duruş, propriosepsiyon ve ayağın ileri salınımı esnasında bir kaldıraç işlevi görme, ayağın sahip olduğu fonksiyonlardan bazılarıdır. Yürüyüş döngüsü sırasında, ayak, hareketleri kolaylaştırmakta ve alt ekstremitenin diğer kemik ve eklemler hareketleri arasındaki işbirliğini etkilemektedir (Dugan ve Bhat, 2005). Bu eylem kaslara gönderilen sinir sinyalleri sayesinde eklemlerin, kalçanın ve vücudun diğer bölümlerinin hareketini sağlayan, koordine edilmiş, karmaşık bir

yapıdan meydana gelmektedir (Whittle ve Levine, 1999). Bacak yere değdiğinde, kinetik ve yerçekimi potansiyel enerjisi geçici süreliğine kas, tendon ve bağlarda depolanır. (Cappellini, Ivanenko, Poppele ve Lacquaniti, 2006).



Şekil 1. Koşu sırasında etki eden dışsal faktörler (Cody Beals'dan alıntıdır)

Kollar, savrulan kola  $180^\circ$  ters açıda hareketine devam eden savrulma konumundaki bacağı bir denge mekanizması olarak kullanılır. Kollar, vücudun orta noktasında ileri geri hareket ederken kısmen açılmış bir pozisyonda dirseklerden bükülür. Yürürken ayağın yerden kesildiği anda başlayan desteksiz süre artar ve ayağın yere temasıyla başlayan destek süresi azalır. Yürüme anında iki ayak arasında geçen adım frekansı zamanı, mesafe koşusu için %50 daha yakındır. Koşma eylemini yürüme ile kıyasladığımız zaman bazı farklılıklar gözlemlenmektedir. Koşu fazının bir aşamasında iki ayakta yerle temas halinde değildir, ayrıca hiç bir noktada iki ayak aynı anda

yerle temas etmemektedir. Koşma eylemi esnasında yürümede oluşan hareket boyutlarına benzemekte, sadece koşu eylemi esnasında pelvik rotasyonu, leğen kemiği eğimi, leğen kemiğinin lateral hareketi, dizlerdeki bükülme, ayak ve bilek hareketleri, ve diz hareketleri bacakların ve kolların daha büyük bir açıdan daha geniş bir hareket mesafesiyle sonuçlanır, adımlar arasındaki genişlik ve esneklik daha fazladır. Duruş şekli, yürüyüş şekli gibi diktir, fakat gövdeyi dengelemek için kollar ileriye geriye doğru hızlı bir şekilde hareket etmektedir (Ganong, 2002).

### **2.3 Motor Korteks ve Kortikospinal Yol**

Motor korteks santral sulkusun önünde yer almakta ve frontal lobların üçte birini kaplayacak boyuttadır. Motor korteks 3 alt alana ayrılır: Primer Motor Korteks, Premotor Alan ve Suplemler motor alan. Özellikle istemli hareketlerin başlatılması ve icra edilmesinde motor alanlar önemli bir yere sahipken, duyu alanlar tüm vücuttan gelen duyu verilerin algılandığı üst merkezler olarak faaliyet gösterirler (Bear, Connors ve Paradiso, 1996).

### **2.4 Primer Motor Korteks**

Frontal lobun ilk kıvrımında yer alan primer motor korteks santral sulkusun önünde bulunan frontal lobun ilk kıvrımında bulunmaktadır. El ve konuşma kaslarının kontrolü gibi beceri ve hassas ayar gerektiren hareketlerin yerine getirilmesinde rol almaktadır (Ghez ve Krakauer, 2000).

## **2.5 Premotor Korteks**

Primer motor korteksin anterolateralindedir ve primer motor kortekse yardım fonksiyonu vardır. Belirli görevleri yapacak olan kas grupları premotor korteksten gelen sinyaller tarafından uyarılır. Kişi harekete hazırlanır ve aktivasyonuna başlamadan önce, o hareket için uygun ortamı hazırlar. Hareketlerin gerçekleştirebilmesi ve postürün sağlanması için premotor korteks, bazal gangliyonlar, talamus, primer motor korteks devamında birbirleriyle koordineli çalışır (Ghez ve Krakauer, 2000).

## **2.6 Suplemler Motor Alan**

Premotor alanın hemen üzerinde yer almaktadır. Bölgenin lezyonu esnasında el becerileri ve hassas el hareketleri zorlaştığı için vücut segmentlerinin hareketlerini, baş ve gözlerin pozisyonel hareketlerinin gerçekleştirilmesinde etkilidir. Bu bölgenin uyarılması sonucu çift taraflı kasılmalar meydana gelmektedir (Ghez ve Krakauer, 2000).

## **2.7 Sinyallerin Motor Korteksten Kaslara Taşınması**

Motor sinyaller korteksten omuriliğe doğrudan kortikospinal yolla taşınırken, bazal gangliyonlar, beyincik ve çeşitli beyin sapı nükleusları sayesinde ikinci dereceden yollar aracılığı ile de taşınabilmektedir (Anderson, 1977).

### **2.7.1 Kortikospinal Yol (Piramidal yol)**

Yüzde 30 primer motor korteksten, %30 premotor ve süplementer motor alanlardan, %40 somatik duyuşal alandan sağlanır. Kortikospinal yol korteksten ayrılmasının ardından putamen ve nükleus caudatus arasından geçmektedir. (Anderson, 1977).

Aşğı inip medulla piramitlerini oluşturmasının ardından piramidal liflerin büyük kısmı (%80) karşı tarafa geçer ve omuriliğin lateral kortikospinal yollarını oluşturmak amacıyla aşğı iner. Başta omurilik gri maddesinin geçiş bölgelerindeki ara nöronlarda ise sonlanır. Bir kısmı da arka boynuzdaki duyuşal ileti nöronlarında sonlanırken bir kısmı da doğrudan kas kasılmasına neden olan anterior motor nöronlarda sonlanır (Anderson, 1977).

**2.7.1.1 Ventral ve medial kortikospinal yollar:** Ekstremitelerin proksimal kısımlarını ve kaba hareketlerini kontrol etmeleri konusunda etkili olurlar.

**2.7.1.2 Lateral kortikospinal yol ve rubrospinal yol:** Ekstremitelerin distalini ve el ile ayak hareketlerini kontrol eder.

## **2.7.2 Ekstrapiramidal Yol**

Korteksten çıkan ekstrapiramidal yol direkt olarak piramidal yolun bir elemanı değildir. Hassas hareketler kontrol edilemediği gibi eğer piramidal yolun yakınında bir lezyon oluşmuşsa, kaslarda kasılmanın ve tonusun artmasına bağlı olarak spastisite oluşmaktadır (Ghez ve Krakauer, 2000).

## **2.8. Beyincik (Cerebellum)**

Beyincik, hareketler arası hızlı geçişi ve aralarındaki koordinasyonu sağlamaktır. Bu şekilde motor kortekse yardımcı olur. Agonist ve antagonist kaslar arasındaki zamanlayıcı olarak çalışır. Ayrıca kas yükü değiştiğinde, kasılma şiddetini belirler. Beyinciğe motor korteksten (yani MSS' den) ve periferden afferent lifler gelmektedir. Bu iletiler dahilinde beyincik, planlanan ve devam ettirilen hareket koordineli bir şekilde devam etmesinde yardımcı olur. Serebellum' un afferent ve efferent lifleri bulunmaktadır (Ghez ve Krakauer, 2000).

## **2.9. Afferent Yollar**

### **2.9.1. MSS' den gelen yollar**

**Kortikopontoserebellar yol:** Yosunsu lifler bu yoldan bilgi getirir. Primer motor merkez, premotor merkez, somatik duyu merkezi bu yolu kullanır (Ghez ve Krakauer, 2000).

**Olivoserebellar yol:** İnferior olivar çekirdekten çıkan lifler serebelluma proprioseptif duyuları yani afferent bilgileri getirir. Bu bilgiler inferior olivar çekirdeğe uğramadan motor korteks, bazal gangliyonlar ve retiküler formasyondan kaynaklanır. Bu yolu yapan lifler tırmanıcı (Ghez ve Krakauer, 2000).

**Vestibulocerebellar yol:** Labirentlerden ve vestibuler çekirdeklerden kaynaklanır.

**Retikülocerebellar yol:** Retiküler formasyondan kaynaklanır.

**Tectospinal yol:** İşitsel ve görsel duyuları cerebelluma ulaştırır. İnferior ve süperior colliculuslardan kaynaklanır (Ghez ve Krakauer, 2000).

### 2.9.2. Periferden gelen yollar

**Dorsal spinoserebellar yol:** Proprioseptif (vücut içi duyular kas içiği gibi) ve ekstraseptif (dokunma, ısı ağrı gibi) duyuları getirir (Anderson, 1977).

**Ventral Spinoserebellar yol:** Proprioseptif ve ekstraseptif duyuları getirir. Spinoserebellar yolun hızı 120 m/sn' dir. Bu kadar hızlı olmasındaki amaç ise hareketlerin koordineli olmasını sağlamaktır (Anderson, 1977).

### 2.10 Efferent Yollar

4 çekirdekten meydana gelmektedir. Bunlar lateralden mediale Nuc. Dentatus, Emboliformis, Globosus ve Fastigii' dir. Nuc. Globosus ve Nuc.

Emboliformis interpozisyon çekirdekleridir. Lifler ya direkt olarak çekirdeklere ya da indirekt olarak serebellar kortekse daha sonra da çekirdeklere gider. Buradan da çekirdekler spinoserebelluma ve neoserebelluma efferent gönderir. Spinoserebellumda medial bölümdeki Nuc. Fastigii ile bitişiğindeki interpozisyon çekirdeklerinden çıkan efferentler beyin sapına gider. Neocerebellumdaki Nuc. Dentatus ise sinyalleri Talamus' a gönderir.

## **2.11. Kas Sistemi Ve Egzersiz**

İnsan organizmasında 430'dan fazla kas bulunmakta ve her biri fibröz bağ dokusundan oluşan çeşitli kılıflara sahiptir. Her kas, lif (fibril) olarak adlandırılan binlerce silindirik kas hücresinden oluşmaktadır. Liflerin sayısı fetal gelişimin ikinci üç ayında belirlenir. Bu uzun, ince, çok nükleuslu lifler birbirlerine paralel olarak uzanırlar. Kasılma kuvveti, lifin uzun eksenine boyunca meydana gelmektedir. Bir kasta ne kadar kas lifinin olacağı kasın büyüklüğü ve yaptığı iş ile ilişkilidir (Dowell, 1983).

Her kas lifi endomisyum adı verilen bir bağ dokusu ile çevrelenir ve diğer kas liflerinden ayrılır. Fasikül adı verilen kas lifi demetlerini çevreleyen bağ dokusu tabakasına perimisyum adı verilir. Fasia adı verilen doku kasın tüm yüzeyini sarar ve bunun hemen altında kasın tamamını çevreleyen fibröz



bağ dokulu bir yapıya sahip epimisyum yer almaktadır. Bu koruyucu kılıf distal uçlarda incelik ve kas içi doku tabakalarıyla birleşerek tendon adı verilen yoğun ve kuvvetli bağ dokuları oluşturur.

Tendonlar kasların sonlandığı ve kemiklere bağlandığı bölümlerdir ve kemiklerin etrafını saran dış tabakaya tutunurlar. Bu sayede kasın kasılma kuvveti, doğrudan kasın bağ doku tabakasından tendonlara iletilir ve tendonlar kemiğe tutundukları noktada çekme etkisi yaratırlar. Tendonun, daha basit olan kemik kısmına tutunduğu yere kasın origosu, kemiğin hareket eden kısmına tutunan parçasına ise kasın insersiosu denir. Kasın origosu genellikle proksimalde, kaldıraç sisteminin sabit ucunda veya vücudun orta hattına yakın kısmında; insersiosu ise distal kısmında veya hareketli tutunma noktasında yer almaktadır (Ekblom, 1968; Dowell, 1983; Ehsani, 1991).

Fiziksel bir aktivite anında kasların iş yapabilme kapasitesi güç göstergesi olduğundan, bu bileşenleri oluşturan unsurların tümü sporcuların performans kapasitelerinin de belirleyicisi olacaktır. Sportif performans beklentisini karşılayabilmesi için bir sporcunun öncelikle sağlıklı bir iskelet kas sistemine sahip olması gerekir (Guyton ve Hall, 2001).

ATP nin içinde yer alan kimyasal enerji mekanik enerjiye dönüştürüldüğü anda iskelet kaslarının hareketi oluşmaktadır. Vücudumuzda 3 tip kas dokusu yer almaktadır.

Düz kaslar otonom sinir sistemi tarafından uyarılır. İstem dışı ve otomatik olarak kasılırlar. Çizgili kaslarla karşılaştırıldıklarında kasılmaları daha yavaştır, fakat kasılmaları daha ritmik ve süreklidir. Düz kaslarda lifler genelde uzun, iğ şeklindedir; ancak dış görünüşleri çevrelerindeki dokulara uyum sağlayabilmek için belirli bir oranda değişiklik gösterebilir. Her lifte sadece bir çekirdek mevcuttur. Damar sisteminde yer alan düz kaslar dış membran boyunca küçük girintiler gösterirler. İskelet kasında mevcut olan bütün kas proteinleri düz kaslarda bulunur. Sadece Troponin iskelet kaslarında yer almaz (Martin, Sparks, Zwillich ve Weil 1979).

Çizgili bir yapıya sahip olan kalp kası sadece kalpte bulunur. Kalp kası lifleri daha kısadır ve dallanma görünümlü bir özelliğe sahiplerdir. Kalp kaslarının mitokondrileri daha büyük ve sayıları fazladır. Lifler birbirinin içine girmiş hücreler şeklinde birbiri ile birleşmişlerdir. Kalp kası; yapısal olarak diğer kas liflerinden temelde ağ örgüsü şeklinde birbiriyle iletişim halinde olan kas lifleri ile ayrılır. Bu yapı, kalp kasını kendisi gibi çizgili bir yapıya sahip olan iskelet kasından farklı kılar. Kalp kası dışarıdan herhangi bir uyarı almaksızın otomatik ve ritmik olarak kasılır. Kalp kası uyarıya bütün kasa yayılan, dalgalanmaya benzer bir kasılma ile yanıt verir. İskelet kasında ise kuvvet oluşumu derecelendirilebilir. Ancak, temelde iskelet kası ve kalp kasının kasılma mekanizması birbiri ile aynıdır.

Temel organ sistemlerinden olan iskelet kası insan vücudundaki ekstremite hareketliliğini sağlar ve kontrol eder. İskelet kasları tendonlar aracılığıyla kemik dokusuna bağlı bulunurlar. Kas liflerinin kasılmasıyla meydana gelen mekanik enerjinin kemiklere aktarılmasını ve bu yüzden kemiğin bağlı bulunduğu eklemden hareketin başlamasına iskelet kasları sebep olur (Astrand, 2003; Kraemer 2006).

İskelet kasları, binlerce silindirik hücrenin bir araya gelmesiyle oluşmuş kas liflerinden meydana gelmiştir. Yüzlerce miyoblastın füzyonu ile oluşan kas hücreleri birbirine paralel olarak yerleşen kas liflerini oluştururlar. İskelet kasları komşu kas lifleri arasında yerleşen endomisyom tabakası ile birbirlerinden ayrılır. Kas lifi demetleri tarafından oluşturulan yapılar perimisyum denilen bir bağ dokusuyla çevrili olarak fasikülleri meydana getirir. Fasiküllerin bir araya gelmesiyle de oluşan iskelet kası epimisyum denilen bağ dokusu kılıfı ile sarılarak kemiğe bağlanır (Berne, 2008; Ganong, 2002; Guyton ve Hall, 2001; Kraemer, 2006).

## **2.12 Kas Sistemi Ve Enerji Metabolizması**

İskelet ve kasları insan organizmasında hareket sistemimizin temel yapılarını oluşturur. Uyarılara karşı kaslar kasılarak yanıt verme ve sinir sistemi tarafından sağlanan bu uyarıları iletebilme özelliğine sahiptir (Aracı,

2004). İskelet ve eklem sistemleri yaklaşık 600-700 iskelet kasından oluşan kas sistemi yardımı ile hareket edebilir (Yıldırım, 2004).

Kaslar bir işin meydana gelebilmesi için potansiyel (kimyasal) enerjiyi kinetik (mekanik) işe çeviren bir görev üstlenirler. Kaslar sadece itici değil aynı zamanda çekici özelliğe sahiptir. Dolayısıyla belirli bir kas başka bir kas grubu tarafından antagonize edilmek durumundadır. Bu sebeple, genellikle kas çiftleri halinde bulunurlar. Kemiğin bir yönde hareket etmesi gereken durumlarda, çiftlerden birisi kasılır ve kemiği çeker. Diğer yöne hareket gerektiğinde ise, diğer kas kasılır ve böylece kemiği ters yönde çeker (Jonhsen, 1993).

## **2.13. İskelet Kası**

Aktin ve miyozin filamentlerinin belirli bir düzen içinde dağıldığı iskelet kasları, çizgili bir görünüme sahiptir ve istemli kaslar olarak adlandırılır. Organizmada meydana gelen hareketler somatik sinir sistemi tarafından uyarılan iskelet kaslarının kasılması ile oluşmaktadır.

### **2.13.1. İskelet Kaslarının (Çizgili Kaslar) Yapısı**

Bir insanın vücut ağırlığının % 43'ünü oluşturan çizgili kaslarda myofibrilleri enine ve çizgili bir yapıdadır. İskelet kasları aktin ve miyozin

olarak ifade edilen miyoflamentlerden oluşmuşlardır (Dere ve Yücel, 1994). Somatik sinir sistemi tarafından gönderilen uyarılar sonucu iskelet kasları istemli olarak kasılırlar. İnsan organizmasında ısı üretme, postürü sağlama, hareketi sağlama, iç organları koruma, mekanik iş yapabilme ve gibi özellikleri yerine getirmekle yükümlüdürler. İskelet kasları bir araya gelmiş bağ dokulardan oluşmaktadır.

Bir araya gelen bu kas hücrelerini oluşturan her bir bağ dokuya lif adı verilir. Bir kasta binlerce lif (kas hücresi) bir arada bulunmaktadır. Her bir lif, endomisyum adı verilen sarmal bir doku ile çevrelenmiştir. Aynı zamanda 100–150 kas lifi bir araya gelmesi sonucu fasiküller oluşmaktadır. Fasiküllerin etrafı endomisyumun bir çeşidi olan “perimisyum” ile çevrilmiştir. Bununla birlikte fasiküllerin bir araya gelmesi sonucu de kas dokusu oluşur. Kas dokusunun etrafı da “epimisyum” adı verilen fibröz bağ dokusu ile kaplıdır. İskelet kasları, doğrudan kemiklere bağlantı yapmadan tendonlar aracılığıyla kemiklere tutunurlar (Günay, 1997).

### **2.13.2 İskelet Kasının Fizyolojisi**

İskelet kasının kimyasal yapısı incelendiğinde %15 su, %50 protein, %5 inorganik tuzlar ve yüksek enerjili fosfatlar, üre, laktik asit, Kalsiyum, Na, aminoasitler, yağlar, karbonhidratlardan oluşan diğer maddelerin bulunduğu

tespit edilmiştir (Astrand ve Rodalh, 1986). İskelet kaslarında bulunan en önemli kas proteinleri; miyozin, aktin ve tropomiyozindir. Kasta bulunan bu proteinlerin yüzdeler oranları sırasıyla; miyozin %52, aktin %23 ve tropomiyozin %15 dir. İskelet kası elektron mikroskobu ile incelendiği zaman bir kas lifinin uzun eksenine paralel fonksiyonel ünitelerden meydana geldiği görülmektedir. Bu yapılara fibril ya da miyofibril adı verilir. Bunların daha alt yapılarına ise; filament ya da miyoflament denir. Miyoflamentler miyofibrillerin yapısına paralel olarak uzanmaktadırlar. Miyoflamentlerin yapısı aktin ve miyozin olmak üzere başlıca iki proteinden oluşmaktadır. Aktin ve miyozin proteinleri miyofibrillerin %84'ünü oluşturur. Aktin ve miyozin filamentlerinin yanısıra strüktürel yapıda 6 protein daha bulunmaktadır. Bu proteinler kasılama esnasında protein filamentlerinin aktivasyonunda önemli bir yere sahiptir (Guyton, Arthur ve John 1986).

Miyofibriller içinde yan yana dizilmiş yaklaşık 1500 miyozin ve 3000 aktin filamenti bulunmaktadır. Kas kasılmasından sorumlu olan bu yapılar elektron mikroskobu altında longitudinal; görünümünde kalın ve ince filamentler şeklidirler. Miyozin kalın filamentler, aktin ise ince filamentlerdir. Aktin ve miyozin filamentleri kısmen birbirinin arasına girmiş bir yapıda görünmektedir ve miyofibriller içerisinde birbirine bant görevi yapar. Sadece aktin filamentleri içeren aydınlık bantlara "I bantları" adı verilir. Miyozin filamentleriyle birlikte yapıların arasına giren aktin filamentleri koyu renkli bir görünüm oluşturur. Oluşturulan bu koyu renkli bölgeye "A bandı" adı verilir.

A bandının orta bölgesinde yalnızca miyozin filamentlerinden oluşan H bandı yer almaktadır. Aktin filamentlerinin oluşturduğu I bandının arasında ise Z çizgisi bulunmaktadır. İki Z çizgisi arasındaki bölge ise Sarkomer olarak adlandırılır (Guyton, Arthur ve John 1986).

### **2.13.3. İskelet Kasının Kimyasal Bileşimi**

Çeşitli enzim ve pigmentler, sodyum, potasyum ve klor iyonları, aminoasit, yağ ve karbonhidratlar içeren kaslarda % 75 su, % 20 protein ve geriye kalan % 5 inorganik tuzlar, yüksek enerji fosfatlar, üre ve laktik asit gibi maddelerden, kalsiyum, magnezyum ve fosfor gibi minerallerden bulunmaktadır. Miyozin, aktin ve tropomiyozin gibi kas proteinleri organizma için hayati bir önem taşır. Ayrıca 100 gr kas dokusu içerisinde yaklaşık 700 mg bağlanmış protein (myoglobin) yer almaktadır (Dowell, 1983).

### **2.13.4. İskelet Kasının Kan Kaynağı**

Kasların etrafını çevreleyen zengin bir damar ağı bulunmaktadır. Bağ dokusu boyunca kasa giren arterler ve venler her bir kas lifine paralel uzanmaktadır. Arter ve venler sırasıyla arteriollere ve venüllere ayrılarak endomisyum içinde ve çevresinde geniş bir kapiller ağ örgüsü oluştururlar. Bu sayede arterial sistemden gelen oksijenden zengin yeterli kanla beslenen

her kas lifi, diğ er taraftan da karbondioksit gibi artık maddeleri venöz sistem yoluyla kas liflerinden uzaklaştırılmaktadır (Benzi, 1975; Dowell, 1983).

Spor yapmayan sedanter bireylerde her kas lifi ortalama 3-4 kapil tarafından çevrelenirken sporcularda bu sayı 5-7 kapiller damara ulaşmaktadır. İskelet kasının ihtiyaç duyduğu kan miktarı, bir kasın gerçekleştirmiş olduğu aktivite düzeyi ile yakından ilişkilidir. Maksimal egzersiz anında kas, istirahat durumuna oranla 100 kat daha fazla kana ihtiyaç duyabilir. Dakikada 4 litre oksijen alınımını gerektiren herhangi bir egzersiz esnasında kasın oksijen tüketimi seviyesi yaklaşık 70 kat artış gösterir.

Zorlayıcı tipteki aktiviteler esnasında ise kas kendi kuvvet oluşturma kapasitesinin % 60'ı oranında kasılırsa, artan kas içi basınç nedeniyle kasa olan kan akışı engellenir. Bunun yanısıra uzun süreli, statik ve izometrik kasılmalar esnasında, kasılmanın kompresif kuvveti kan akışını durdurur. Bu koşullarda kas çalışmasını devam ettirebilmek için gerekli olan enerjiyi temel olarak depo edilmiş olan fosfojenlerden ve anaerobik glikoliz sistemlerinden sağlar (Benzi, 1975; Dowell, 1983).

### **2.13.5. İskelet Kasında Kasılma**

Motor nöronlar ve iskelet kas fibrilleri arasında direkt olarak bağlantı gerçekleştiremeyen sinir hücreleri bir motor nöron tarafından uyarıldığı



durumlarda elektriksel bir akım sinir fibrilinden aşağı doğru geçer. Nöronun son noktasındaki nöromüsküler kavşak sonundaki impulslar sebebiyle nörotransmitterlerden asetilkolin serbest kalır. Nöronun bağlantısının sonlandığı yerde asetilkolin kas membranındaki reseptörlere bağlanır ve böylece kas membranındaki aksiyon potansiyelinin başlaması için, kas membranına, asetilkolinin bağlanmasına izin verir.

Asetilkolinin kas membranına bağlantısının devam etmemesi için asetilkolineteraz (asetilkoenzim) adında özel bir enzim bulunmaktadır. Asetilkoenzim sayesinde kas hareketinin sinirsel kontrolü dahilinde, sinir tarafından ilk akım üretildiği andan itibaren kasta da akım üretebilir. Kas membranı bir kez bu elektriksel akım ile uyarıldığında, kasın baştan sarkoplazmik retikulumda depo olarak bulunan kalsiyum serbest kalır. Serbest kalan kalsiyum kas fibrilindeki kontraktil elemanın içine gelir ve kas kontraksiyonu başlar (Gleim, 1993).

Kalsiyum hazır durumda kasta bulunan aktin ve miyozinin etkileşmesine izin verir. Dinlenme devresinde bu proteinlerin birbiriyle olan temasları önlenmektedir. Troponin ve tropomiyozin, aktin ve miyozin arasında heliks bir şekilde dolanır ve teması önler. Kalsiyumun devreye girdiği zaman ise, troponin ve tropomiyozin kompleksi şekil değiştirir. Miyozin molekülleri biçim olarak kompleks bir yapıdadır. şekilsel olarak, küre biçiminde olan miyozin başı miyozin molekülünün büyük parçası olan uzun sapa bağlanır.

Tek bir miyozin molekülünde birden fazla baş bulunmaktadır. Esnek yapıda olan bu başlar aktin molekülüne bağlanır. Baş izin verdiği oranda miyozin molekülü, aktin molekülünün hareketi için enerji gereksinimini sağlar. Bu sistem dişli bir çark sistemine benzemektedir ve aktinin güçlü hareketinden sonra bağlantı yerinden ayrılır, ardından tekrar geriye doğal yerine gider ve aktin de başka bir bağlantı noktasına sıkıca bağlanır. Aktin ve miyozin filamentleri boyunca kayarak oluşan bu süreç kas kontraksiyonunda kayan filament teorisi olarak ifade edilmektedir (Gleim, 1993).

### **2.13.6. İskelet Kasının Kullandığı Enerji Kaynakları**

Maksimal kasılmalar esnasında iskelet kası, içerisinde depo halde bulunan ATP miktarı gereksinim duyulan enerjiyi ancak 1-2 saniye için karşılayabilir. ATP havuzunun kasılmalar esnasında sürekli yenilenmesi sonucu kas içi kontraksiyonların uzun süre devam etmesi mümkün olabilmektedir. Yüksek enerjili fosfat bağı taşıyan fosfokreatin, ATP'nin yıkılması sonucunda yeniden sentezlenmesi için kullanılan ilk enerji kaynağıdır (PCr). ATP yıkımı sonrasında ortaya çıkan ADP molekülünün, kreatin kinaz enziminin (CK) katalize ettiği reaksiyon dolayısıyla yeniden ATP'ye dönüştürülmesi mümkün olabilmektedir. Kasta depolanmış olarak bulunan fosfo-kreatin miktarı maksimal egzersiz için gereken enerjiyi ancak

8-15 saniye için sağlayabilmektedir (Berne, 2008; Fox, 1999; Guyton&Hall, 2001; McArdle, 2000; Sharon, 2003; Wilmore, 2004 ).

İskelet kası içindeki ATP ve PCr depoları sınırlı miktarda bulunmaktadır. Ancak iskelet kas kasılmasının depo kapasitesini aşan sürelerde devam ettiği için kas kontraksiyonların daha uzun sürelerle devam ettiği durumlarda enerji açısından zengin besin öğelerinin metabolizmaya katılması zorunlu bir hal alır. Hücre sitoplazmasında depolanmış olan glikojenin, pirüvik asit ve laktik aside dönüşmesi sonucunda açığa çıkan enerji ile ATP'nin yeniden sentezlenmektedir. Glikolitik reaksiyonların gerçekleşebilmesi için oksijene gereksinim olmaması sebebiyle bu enerji metabolizması anaerobik metabolizma olarak ifade edilir. Ancak oluşan laktik asit hem molekül olarak hem de hücre içi pH'sını asit tarafa kaydırduğu için homeostatik denge koşullarının bozulmasına yol açar. Dolayısıyla anaerobik yolla kazanılan enerji ile uzun süre yüksek bir tempoda iş yapabilmesi mümkün değildir. Buna karşılık iskelet kas hücresinin artan enerji gereksinimini uzun süre sağlayabildiği ve daha uzun süre ve denge koşullarını bozmadan organizmanın aktivasyonuna devam edebilmesini sağladığı için oksijeni kullanıyor olması sebebiyle aerobik enerji metabolizmasının kullanılması önem kazanmaktadır. Aerobik metabolizmayı anaerobik metabolizmadan ayıran en önemli farklılık, karbonhidratlara ek olarak, yağlar ve aminoasitler gibi enerjiden zengin besin öğelerinin de

aerobik metabolizmaya katılıyor olmasıdır (Berne, 2008; Fox, 1999; Guyton&Hall, 2001; McArdle, 2000; Sharon, 2003; Wilmore, 2004 ).

Dolayısıyla sürdürülen aktivitenin şiddeti ve süresi enerji yollarından hangilerinin ATP desteğini sağlamada belirleyici olacağını gösterir. 15 saniyeye kadar maksimal şiddette yapılan aktivitelerde enerji gereksinimi, ATP-PCr fosfojen sistemi ile karşılanmaktadır. Aerobik metabolizmaya karşılaştırıldığında anaerobik reaksiyonlar yaklaşık iki buçuk kat daha hızlı ATP oluşturuyor olsa da ancak onlu saniyelerle ifade edilen zaman aralıkları için gereksinim duyulan enerjiyi karşılayabilmektedirler. Egzersiz süresinin 2 dakikayı aştığı durumlarda ise organizmanın aktiviteyi sürdürmek için gereksinim duyduğu enerji, tepkimelere aerobik metabolizmanın etkin olarak katılması yoluyla mümkün olur (Astrand, 2003; Berne, 2008; Bompa, 1998; Fox, 1969; Fox, 1999; Guyton&Hall, 2001; Kellmann, 2002; McArdle, 2000; Sharon, 2003; Wilmore, 2004;).

### **2.13.7. Motor Nöronlar**

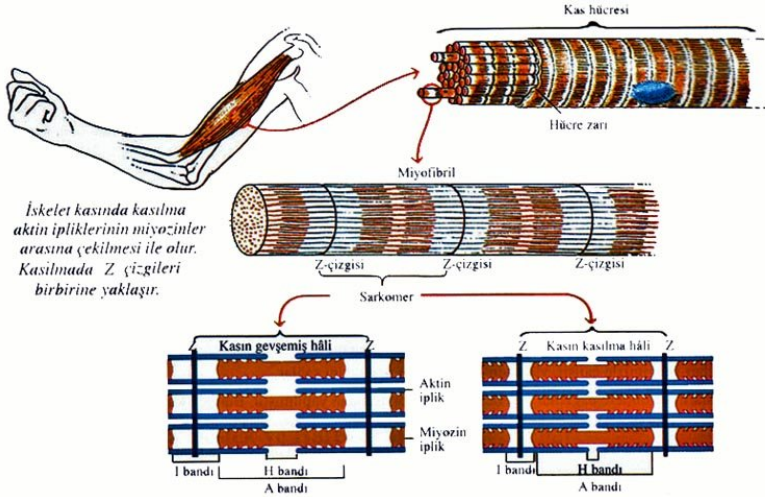
Nöronlar; uyarı üretme, uyarı alma, iletme ve motor ve duyuşsal cevaplar oluşturma, öğrenme ve hafıza gibi fonksiyonların yerine getirilmesini sağlayan hücrelerdir. Motor nöronlar, beyin ya da omurilikten aldığı emirleri tepki organına ileten nöronlardır. Hareketi sağlayan sinir hücreleridir; uygun

kas hareketinin yapılmasını sağlarlar. Motor nöronlar gelen emirleri kaslara ve salgı bezlerine ulaştırır. Merkezi sinir sisteminden aldıkları uyarıları periferik yapı ve organlara ileterek çalışmalarını düzenler. Bu nöronlar periferik sinir sisteminin efferent bölümünü oluştururlar. Her bir sinir sadece bir aksona sahipken birden çok dendrite sahip olabilir. Dendritler iletileri hücre gövdesine doğru taşırken, aksonlar uyarıları hücre gövdesinden uzaklaştırır (Brodal, Inger ve Hermansen 1977).

### **2.13.8. Kas Kasılması**

Aktin ve myozin filamentlerinin etkileşimi ile kas kasılması esnasında ortaya doğru çekilen ve uçları birbirine sınırlı miktarda ulaşabilen aktin filamentleri, dinlenme esnasında neredeyse birbirini tamamen örter bir şekil alır. Kasın kasılabilen en küçük birimi olan sarkomer, iki Z çizgisi arasında yer almaktadır. Sarkomerin sağ ve sol kenarlarında aktin filamentleri (I bandı) bulunurken, A bandında ise aktin ve myozin, H bandında ise sadece myozin filamentleri yer almaktadır. Sarkomerin boyu kas kasılması sonucu Z çizgileri birbirine yaklaştığı zaman kısalmaktadır. Kasılma esnasında A bandında herhangi bir değişim görülmezken I ve H bölgelerinde küçülme meydana gelir. Kayan filamentler teorisi (Guyton, 1996; Günay, 1997) olarak ifade edilen bu süreçte kas kasılmasının gerçekleşebilmesi ve filamentlerin kayma işlemini gerçekleştirebilmeleri için ATP'nin parçalanarak enerji açığa

çıkarması gerekmektedir. Myozin çarpraz köprüsü enzim aktivitesi göstererek bu işlemi gerçekleştirebilmektedir. Bu süreç esnasında kalın filamentler sabit dururken ince filamentler H bandına doğru çekilirler.



Şekil 2. Kas kasılması mekanizması (biyolojisesitesi.net'ten alıntıdır)

### 2.13.8.1. Kas Kasılması için Gerekli Sinirsel Uyarı ve Enerjinin Elde Edilmesi

İskelet kaslarındaki sinirler, motor ve duyu sinirlerden meydana gelmektedir. Motor sinirler, merkezi sinir sisteminden çıkarlar. İskelet kasları arasında yer alan sinirlerin % 60'ı motor sinir, % 40'ı duyu sinirlerdir. Motor sinirlerin bir iskelet kası üzerinde sonlandığı alan motor son plak olarak tanımlanmaktadır. İskelet kasları, motor sinir aracılığıyla uyarıldığı takdirde sinir ucundan asetil kolin salgılanmaktadır. Asetil kolin, iskelet

kaslarında bulunan nörotransmitter maddedir. Aksiyon potansiyelini başlatan asetil kolin kasılmaya sebep olur. Asetil kolinin salgılanması sonucu sarkolemma membranının geçirgenliğinde bir artış meydana gelmektedir. Bu şekilde depolarizasyona uğrayan hücre zarı ve kas kasılması için gerekli olan aksiyon potansiyeli oluşmuş olur. Hücre zarı boyunca yayılan aksiyon potansiyeli, impuls iletme sistemi sayesinde transvers tübüllerden sarkolemma içerisine doğru yayılır. Transvers tübüllere temas içerisinde olan sarkoplazmik retikulumdan Ca salınımı artması sonucu myozin çarpaz köprüsündeki ATPaz enzimi aktif hale gelir ve ATP'yi parçalayarak enerji açığa çıkarır ve bu şekilde kas kasılması için gerekli enerji ATP' den sağlanmış olur (Fox, 1999).

## **2.14. Kardiovasküler Sistem**

Kardiovasküler sistem kanı tüm vücut dokularına ulaştırır sistem olarak ifade edilir. Egzersiz anında kaslar enerji üretimi için daha fazla oksijene ihtiyaç duyar. Çünkü egzersiz sırasında oluşan laktik asit ve karbondioksit gibi artık maddelerin kaslardan uzaklaştırılması gerekir. Dolayısıyla kardiyovasküler sisteme olan ihtiyaç oldukça büyüktür (Sönmez, 2002).

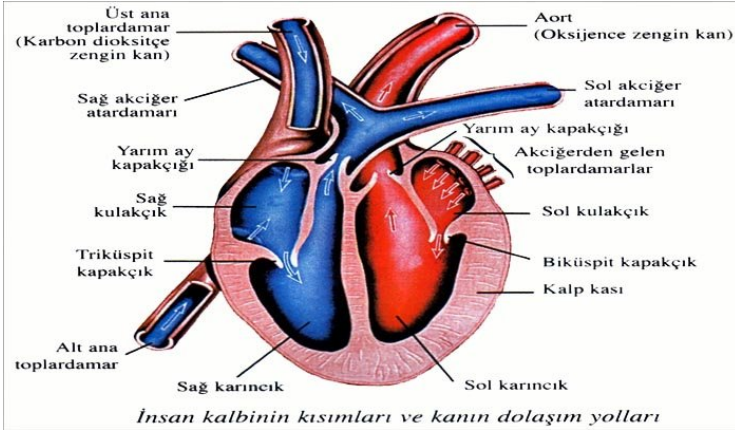
### **2.14.1. Kalbin Yapısı**

Kardiovasküler sistem kalp ve damarlardan meydana gelir. Kalpte atrium (kulakçık) ve ventrikül (karıncık) olarak ifade edilen boşluklar mevcuttur. Kalp sağ ve sol olmak üzere iki bölüme ayrılır. Kalbin sağ ve sol

tarafını birbirinden ayıran ve kanın birbirine karışmasını engelleyen interventriküler septum adı verilen kas bir duvar bulunmaktadır. Sağ atrium ve sağ ventrikülün oluşturduğu sağ pompa ve sol atrium ve ventrikülün oluşturduğu sol pompa olmak üzere iki pompa şeklinde çalışmaktadır.

Kalpde bulunan kan atriadan ventriküllere, ventriküllerde bulunan kanda arterlere doğru pompalanır. Kalbe doğru kanın geri dönüşünü önlemek için atrium ile ventrikül arasında atrioventriküler kapak, ventriküller ile arterler arasında ise semilünar kapak yer almaktadır. Triküspit kapak sağ atriumu sağ ventriküle, biküspit kapakta sol atriumu sol ventriküle bağlamaktadır (Borensztajn, 1975). Kanın ventriküllere dönmesini engellemek için arterlerde semilünar kapaklar yer alır. Pulmoner semilünar kapak pulmoner arter ve sağ ventrikül arasında yer alırken aortik semilünar kapak da aort ve sol ventrikül arasında yer alan kapakçıklardır (Davis, 1985). Sol ventrikülden çıkan, organizmada tüm vücuda oksijenli kanı taşımakla sorumlu aort atardamarı üstlenmiştir (Ehsani, Ogawa, Miller, Spina ve Jilka, 1991).

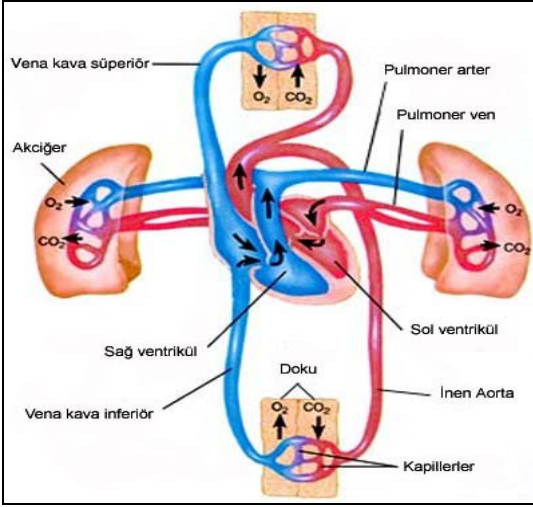




**Şekil 3.** Kalbin yapısı (kubilaytrk.blogspot.com.tr'den alınıdır)

## 2.14.2. Pulmoner Ve Sistemik Dolaşım

Kalbin sağ bölümünde bulunan oksijen miktarı az, karbondioksit miktarı fazla olan kanı akciğerlere gönderildikten sonra kanın oksijen miktarı normale döndürülür ve tekrardan tüm vücuda pompalanmak üzere kalbin sol bölümüne geri gelmesi sonucu oluşan bu dolaşıma pulmoner dolaşım olarak ifade edilir. Dokularda oksijenin enerji olarak kullanıldığı esnada karbondioksit üretilmekte venöz dönüş sonucu kanın sağ atriüme geri dönmesi sonucu oluşan dolaşıma da sistemik dolaşım denmektedir (Borensztajn, Rune, Babirak, McGarr ve Oscari, 1975).

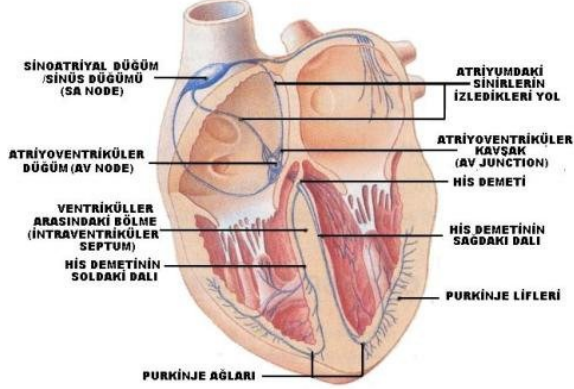


**Şekil 4.** Kardiovasküler Sistem (fizyoterapistozdemir.com'dan alıntıdır)

### 2.14.3. Kalbin Uyarılması

Kalp bağımsız bir kasılma ritmine sahiptir. Sinirsel uyarılar kalbin sağ atriumunda bulunan sinotrial düğümünden atria boyunca dağılır ve atriumun kasılmasıyla kan ventriküle boşaltılır. Atriadaki bu uyarı atrioventriküler düğümü harekete geçirir. Bu uyarı his demeti yoluyla ventriküle gönderilir. Sağ ve sol ventrikül duvarlarına purkinje lifleri olarak yayılır ve purkinje sistemini oluşturur. Uyarıların tüm ventriküler miyokardiyuma ulaşması sonucu ventriküler kasılmayı başlatır ve kan arterlere ve dolayısıyla tüm vücuda pompalanır (Ehsani, 1991).

## KALPTEKİ UYARILARI İLETME SİSTEMİ



Şekil 5. Kalbin uyarı sistemi (aktuelresim.com'den alınmıştır)

### 2.14.4. Kardiyak Siklus

Kalp atımı esnasında meydana gelen elektriksel ve mekanik değişikliklere kardiyak siklus adı verilir. Kalp atımı sırasında miyokardiyumun kasılmasına sistol, gevşemesine ise diastol denilmektedir. Kalbin elektriksel aktivitesi elektrokardiyogram (EKG) ile ölçülmektedir. Vücudun belli bölgelerine yerleştirilen elektrotlar sayesinde elektriksel aktiviteler elektrokardiyografa kaydedilir (Ekblom, Astrand, Saltin, Stenberg ve Wallstrom, 1968).

### 2.14.5. Kardiyak Debi

Dolaşım sisteminin fiziksel aktivitenin gerektirdiği fonksiyonel ihtiyaçları karşılayabilme kapasitesinin bir göstergesidir. Egzersiz sırasında

iş yükü ve oksijen kullanımı nedeni ile kardiyak debide bir artış meydana gelir. Kardiyak debi arttıkça maksimal aerobik güç de artmaktadır (Anderson, 1975).

#### **2.14.6. Kalp Atım Volümü**

Kalbin bir atımda pompaladığı kan miktarı olarak ifade edilir. Egzersiz sırasında antrenmanlı kişilerin istirahat ve egzersiz esnasındaki kalp atım volümleri daha yüksektir. Dayanıklılık sporcularında çok yüksek kardiyak debi değerlerinin görülmesinin temel nedeni artan maksimum kalp atım volümü hacmidir (Benzi, Panceri, Bernardi, Villa ve Arcelli, 1975).

#### **2.14.7. Kalp Atım Hızı ve Egzersiz**

Egzersiz esnasında organizmanın ne kadar çalışması gerektiğinin bir göstergesidir. Dinlenme esnasında sağlıklı kişilerde kalp atım hızı 60-80 atım/dakika'dır. Dayanıklılık sporu yapan iyi bir sporcunun kalp atım sayısı 30-40 atım/dakika'ya kadar düşebilir (Ekblom, 1968). Egzersiz sırasında artan şiddete bağlı olarak kalp atımları değişiklik gösterir. Yorgunluk noktasına gelindiğinde ise kalp atımlarında bir yavaşlama olur ve aynı seviyede kalır. Bu seviyede ulaşılan kalp atım sayısı da maksimum kalp atım hızı olarak ifade edilir (Benzi ve diğerleri., 1975).

## **2.15. Egzersizin Akut Etkileri**

Egzersiz esnasında gösterilen akut yanıtlar kişinin antrenman seviyesi ve fiziksel uygunluk durumu, dış ortam ısı ve nem miktarı, test saati, kahve ve yemek tüketimi, alkol ve sigara tüketimi, menstrual dönemler gibi faktörlere göre değişiklik göstermektedir. Dolayısıyla aşağıdaki etkilerin açıklanmasında bu etkiler göz önünde bulundurulmalıdır (Brooks, 1996).

### **2.15.1. Kalp Atım Hızı Seviyesinde Artma**

Aşamalı testler esnasında kalp atımı egzersizin şiddetine bağlı olarak doğru orantıda bir artış gösterir. Yorgunluk esnasında kalp atım hızı plato çizer. Bu durum maksimal atım hızı olarak ifade edilir. Aşamalı bir test esnasında kişinin kalp atım hızının etap sonunda çok az bir şekilde yükseliyor olması kişinin maksimal kalp atım seviyesine ulaştığının bir göstergesidir (Nieman, 2003).

### **2.15.2. Vurum Hacminde Artma**

Strok volüm her kalp atımında kalpten dışarı pompalanan kan miktarını ifade eder (Brooks, 1996). Aşamalı testler esnasında vurum hacmi VO<sub>2</sub>maks'ın % 40-60'ı oranındaki yüklenmelerde bir miktar artış gösterir. Bu

yüklenme seviyesinden sonra vurum hacminde çok düşük miktarda artış meydana gelir.

### **2.15.3. Kardiyak Debide Yükselme**

Kardiyak debi kalbin bir dakikada pompaladığı kan miktarını ifade eder. Dinlenme esnasında ortalama 5 L/dk olan bu oran maksimal egzersizler esnasında kişinin aktivite düzeyine bağlı olarak 20-40 L/dk ' ya ulaşır (Brooks, 1996).

### **2.15.4. VO2 Seviyesinde Artma**

Egzersiz şiddetine bağlı olarak oksijen tüketimi testin son etabına kadar yükselmektedir. Bu noktaya gelindiğinde ise VO2 'de bir plato meydana gelmekte ve bu da VO2maks olarak ifade edilmektedir. Kişi yorgunluk seviyesine ulaştığı anda gönüllü olarak teste devam etse bile VO2 oranında düşük seviyede bir artış görülmektedir (Nieman, 2003).

### **2.15.5. Sistolik Ve Diastolik Basınç**

Sistolik kan basıncı aerobik egzersiz şiddetindeki artışa göre doğru oranda artış gösterir. Diastolik kan basıncı ise aerobik egzersizler esnasında çok az bir seviyede artış gösterir (Nieman, 2003).

### **2.15.6. Dakika Ventilasyonunda Artma**

Dakika ventilasyonu bir dakika boyunca inspirasyon ile vücuda alınan hava miktarını ifade eder. Aşamalı testler esnasında dinlenme halinde bayanlarda bu oran  $6 \text{ L.dk}^{-1}$  dan  $60\text{-}120 \text{ L.dk}^{-1}$  'ya yükselirken; erkeklerde ise  $100\text{-}200 \text{ L.dk}^{-1}$  'ya ulaşmaktadır (Brooks, 1996).

### **2.15.7. Aktif Kas Bölgelerine Kan Akımında Artma**

Dayanıklılık egzersizleri esnasında plazma volümü kaslara doğru yaklaşmaktadır. Aşamalı testler esnasında plazma hacminin % 12-16' sından ayrılarak aktif kas dokularına dahil olur (Shephard, 2000).

### **2.15.8. Solunum Değişim Oranındaki Değişim**

Egzersiz esnasında ATP üretmek için kaslar oksijeni karbohidratları ve yağları yakımında kullanır ve karbondioksit oluşur. Solunum Değişim Oranı (RER) vücudun egzersiz esnasında tükettiği oksijen miktarının ürettiği karbondioksit miktarına oranı olarak ifade edilir ( $R = \text{VCO}_2/\text{VC}_2$ ) . Sadece yağlar kullanıldığında  $R = 0,71$  iken; sadece karbohidratlar kullanıldığında  $R = 1.0$ ' dir. Şiddetli egzersizler esnasında karbohidratlar enerji kaynağı olarak kullanıldığı için  $R = 1.0$  seviyesine ulaşır (Brooks, 1996).

## 2.16. Egzersizin Kronik Etkileri

Düzenli egzersiz sayesinde kas hücrelerinde birçok değişiklik meydana gelir (Nieman, 2003).

Aerobik egzersizin bir sonucu olarak iskelet kaslarında meydana gelen değişiklikler aşağıda listelenmiştir;

- Myogloblin içeriği artar.
- Mitokondrilerin boyutunda ve sayısında artış meydana gelir.
- Özellikle Krebs çemberi ve Elektron Taşıma Sisteminde yer alan mitokondri içerisinde bulunan önemli enzimlerin konsantrasyonu artar.
- Kasta depolanan glikojen depoları artar.
- Yağların oksidasyon kapasitesi artar (Spina, 1996).
- ST fibrillerinde artış meydana gelir.

## 2.17. Algılanan Zorluk Düzeyi BORG Skalası

Bu skala kişilerin algıladığı egzersiz şiddetini belirlemede kullanılmaktadır. Gunnar Borg tarafından 1970 yılında geliştirilen skalada; puanlama için en hafif egzersiz seviyesi ile başlanıp, çok zor olan aktivite şiddetine kadar, üzerinde 6' dan 20' ye kadar belirlenmiş 15 nokta ve bu noktaların karşısında da zorluk dereceleri yer almaktadır. Bireyler test esnasında yaptığı işe ilişkin algıladığı zorluk derecesini subjektif olarak



belirlenmektedirler. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda bu skala ile kalp atım hızı arasında 0.80 - 0.90 arasında korelasyonlar bulunmuştur (Borg, 1982). RPE skalası peak oksijen tüketimi yüzdesi (VO<sub>2</sub> pik) kalp atım rezerv yüzdesi, dakika ventilasyonu ve kan laktat seviyeleri ile ilişkili olduğu için artan egzersiz şiddetine bağlı olarak bu parametrelerle doğrusal olarak bir artış gözlemlenmektedir (Williams&Wilkins, 1991). Bu skorlamada en hafif egzersiz seviyesi ile başlanıp, çok zor olan aktiviteye kadar skala üzerinde 6' dan 20' ye kadar belirlenen 15 nokta vardır. Olgular yaptığı işe ilişkin algıladığı zorluk derecesini subjektif olarak belirlemişlerdir (Borg, 1982).

## **2.18. Enerji Sistemleri**

Enerji, iş yapabilme kapasitesidir (Günay, 1997). Egzersiz sırasında kullanılan iki temel enerji kaynağı bulunmaktadır. Bunlar;

- **Anaerobik Enerji Yolu**
- **Aerobik Enerji Yolu**

### **2.18.1 Anaerobik Enerji Yolu**

Anaerobik enerji metabolizması iki ayrı kısımda incelenmektedir.

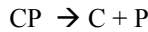
- Alaktik Enerji Yolu (ATP-CP)
- Laktik Enerji Yolu

## 2.18.2 Alaktik Enerji Yolu (ATP-CP)

Kas yapısında bulunan, adenin, riboz ve üç fosfat kökünün bileşiminden oluşan ATP kimyasal bir bileşiktir. ATP'den bir fosfat kökünün ayrılması ile bileşiğin adenozin difosfata (ADP ) dönüşmesi sonucu 12 kcal enerji açığa çıkar (Astrand, 1981).

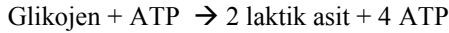
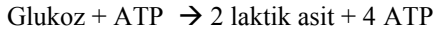


Bu enerji yolu aracılığıyla, kaslarda en antrenmanlı sporcularda bile 6-8 saniye süre ile enerji üretilebilir. Dolayısıyla alaktik enerji ile 100 metre koşusunun tamamlanması mümkün değildir. Kaslarda ATP'nin yanısıra yüksek enerji veren bir diğer fosfat bileşiği de kreatin fosfattır (CP). Doğrudan kas tarafından kullanılamamasına rağmen fosfatını ADP'ye kolayca aktarır ve kısa yoldan ATP yapımını sağlar. Dinlenme esnasında ATP bir fosfatını kreatine vererek kreatin fosfat yapar ve gerektiğinde kullanılmak üzere kaslarda depolanır (Astrand, 1981).



### **2.18.3. Laktik Enerji Yolu:**

Glukoz ve glikojen oksijensiz olarak laktik aside dönüşür. Açığa çıkan enerji ile 4 molekül ATP sentezlenir. Ancak bunlardan ikisi reaksiyon için gerekli enerjinin sağlanmasında kullanılacağı için net ATP kazanımı 2 moleküldür (Astrand, 1981).



Açığa çıkan enerji doğrudan kas çalışmasında kullanılmaz. Parçalanmış durumdaki ATP'nin yeniden yapılmasında kullanılmaktadır. Fosfojen sistemi ile devam ettirilen aktiviteye ek olarak 30 -40 saniye süreyle maksimal kas aktivitesi için gerekli enerjiyi sağlar. Bu süre uzarsa kaslarda biriken laktik asit miktarı arttığı için enerji üretimi durur. Böylece aerobik sistem devreye girer (Astrand, 1981).

### **2.18.4. Aerobik Enerji Yolu**

Aerobik sistemde enerji besin maddelerinin oksitlenmesi sonucu elde edilir. Glikoz, yağ asitleri ve amino asitlerin yakılması mümkündür aynı zamanda vücuttaki amino asitlerin % 60'ı karbonhidrata dönüşebilecek bir

formda bulunmaktadır. Aerobik sistemde, oksijenin ortamda bulunması sebebiyle karbonhidrat ve yağların, su ve karbondioksite kadar parçalanmasıyla enerji sağlanmaktadır. Oksijenli ortamda glikoz molekülünün tam olarak su ve karbondioksite ayrışması sonucunda toplam 38–39 mol ATP üretilir. Aerobik enerji uzun süreli egzersizlerde kullanılır (Astrand, 1981).

### **2.19. Karbonhidratlar**

Yağ asitleri + Oksijen → Su + Karbondioksit + ENERJİ

Aerobik sistem sayesinde yeterli besin bulunduğu takdirde sınırsız miktarda enerji sağlanabilir (Astrand, 1981).

### **2.20. Maksimal Oksijen Tüketim Kapasitesi Ölçüm Testleri**

MaksVO<sub>2</sub> maksimum oranda oksijenin vücuda alma, taşıma ve kullanma kapasitesini ifade eder. En geçerli VO<sub>2</sub>maks ölçümleri laboratuvar ortamında yapılmaktadır. Kullanılan bu testlere maks VO<sub>2</sub> ölçüm testleri denilmektedir. Koşu bandı ve bisiklet ergometresinin kullanımını gerektiren bu testler en yüksek şiddette egzersizin sürdürülebilmesini gerektirir (Sharkey, 1997). Bu testler sırasında ekspire edilen havanın miktarı, oksijen ve karbondioksit miktarlarını ölçmek için gaz analizörü ve metabolik ölçümlerinin

hesaplamasını yapmak için de bir bilgisayar programı kullanılmaktadır (Wilmore, 1994).

## **2.21. Vücutta Harcanan Enerjinin Ölçülmesi**

Organizmada harcanan enerji sonrasında ortaya çıkan ısı miktarı ölçülerek, belli bir sürede ve durumda harcanan enerji miktarı tespit edilebilir. Enerji tüketiminin belirlenmesindeki en geçerli ve doğru ölçüm yöntemleri direkt veya indirekt kalorimetre metodlarıdır (Mehta, 2009).

Direkt kalorimetre yöntemi vücuttaki toplam ısı kaybı miktarını ölçülürken, indirekt kalorimetre yöntemi aracılığıyla da vücuttaki toplam enerji üretim miktarını tespit edilebilmektedir (Jequier, 1985).

Vücutta harcanan enerji miktarı iki yöntem aracılığıyla ölçülebilmektedir;

### **2.21.1. Direkt Kalorimetre Yöntemi**

Bir kalorimetrede içerisinde, vücutta oluşan ısı enerjisinin doğrudan ölçülmesi ilkesine dayanan bu yöntem oldukça zor, zaman alıcı ve pahalıdır. Kardiyorespiratuar performansın belirlenmesinde altın standart olarak kabul edilen direkt kalorimetre yönteminde maksimal oksijen tüketimi (VO<sub>2</sub>maks), maksimal iş yükü esnasında doğrudan ölçülebilmektedir (Haskell, 1992).

### 2.21.2. İndirekt Kalorimetre Yöntemi

İndirekt kalorimetre yöntemi sayesinde vücuttaki gaz değişimi yani oksijen tüketimi karbondioksit salınım seviyesi ve inspire ve ekspire edilen gazlardaki oksijen farkları ölçülebilmektedir (Consolazio, 1963).

Bu yöntem sayesinde oksijen tüketimi ve karbondioksit üretimi hesaplanabilmekte ayrıca dinlenme esnasında organizmada gerçekleşen enerji harcama düzeyi de belirlenebilmektedir (Chan, 2009).

Bu yöntemlerin dışında egzersiz esnasında organizmanın enerji tüketim seviyelerini belirlemede kullanılan diğer ölçüm yöntemleri ise şu şekilde sıralanmıştır.

- UKK- 2 km yürüyüş testi
- Graded (kademeli) test
- Conconi testi
- Bruce protokolü
- Naughton protokolü
- Balke testi
- Cooper testi
- Modifiye Bruce protokolü
- Taylor protokolü

## 2.22. Bioelektrik İmpedans Analizi

Biyoelektrik impedans analizi yöntemi yağ dokunun su içermediği ve yağ harici dokularda da su miktarının sabit olduğu varsayımına dayanır. Oldukça hızlı, ekonomik, taşınabilir, çok fazla deneyim gerektirmeyen ve özellikle saha çalışmaları ve büyük popülasyonları kapsayan araştırmalarda önemli bir yer tutmaktadır. Elektrik akımına karşı meydana gelen direnç total vücut suyu ve elektrotların dağılımı ile ters orantılıdır. Yağsız vücut kütlesi vücuttaki suyun ve elektrolitlerin büyük bölümünü içerdiğinden elektrik akımına olan geçirgenliği yağsız kütleden daha fazladır.

Vücut kompozisyonu değerlendirilmesinde BIA yöntemi egzersiz ve spor alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu yöntemle elde edilen ölçüm sonuçları çoğu zaman skinfold ölçümlerinden elde edilen skinfold ölçüm sonuçlarına göre daha farklı çıkabilmektedir. Dolayısıyla BIA yöntemi ile vücut kompozisyonu ölçümleri yapılmadan önce hata payını azaltmak için aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.

- Ölçümden 4 saat öncesindeki zaman periyodu içerisinde yiyecek ve içecek tüketiminden kaçınılmalı,
- Uygulamadan önceki 12 saat içerisinde ağır bir fiziksel aktiviteye katılmamış olmak,
- Uygulamadan 30 dk. önce idrar yapmamış olmak,

- Uygulamadan önceki 48 saatlik süre içerisinde alkol tüketmemiş olmak,
- Doktor tarafından önerilmediği sürece idrar söktürücü ilaçlar tüketmemiş olmak gibi unsurlar ölçüm sonrasında elde edilecek sonuçların hata payını minimal seviyeye indirecektir. Ayrıca vücut kompozisyon ölçümlerinin çok zayıf yada aşırı obez kişilerde uygulanması da BIA sonucunda elde edilen vücut yağ yüzdesi değerlerinin geçerliliğini etkileyen bir diğer unsurdur (Jackson, 1985; Brodie, 1988).

### **2.23. Maksimum Oksijen Tüketimi ( VO2maks)**

VO2maks (ml/kg/dk), yoğun egzersiz esnasında organizmanın soluyabildiği ve kullanabildiği en yüksek oksijen kapasitesi olarak ifade edilebilir. Dayanıklılık sporcuları açısından ve sağlıklı yaşam için kardiorespiratuar kapasite büyük önem taşır (Dalleck, 2008).

Yüksek VO2maks seviyesi dayanıklılık performansının yüksek olduğunun bir göstergesidir (Osteras, 2002). Organizma tarafından gerçekleştirilen iş kapasitesi veya aerobik kapasite genellikle VO2maks 'ın ölçülmesi sayesinde belirlenebilir (Baldwin, 1972; Anderson, 1977).

VO2maks fonksiyonel kapasite ve sistem integrasyonunda kullanılan oksijen miktarı, taşınması, iletimi, ve kullanımına bağlıdır. Oksijen taşıma



sistemi; nefes alma, hemoglobin konsantrasyonu, kan miktarı ve pompalanan kan miktarı, çevresel kan akımı ve aerobik metabolizmadan oluşmaktadır (McArdle, 2007).

VO<sub>2</sub>maks kişinin bir dakikada kullandığı maksimum oksijen miktarı olarak ifade edilmektedir. VO<sub>2</sub>maks aerobik enerjinin, fonksiyonel güç kapasitesinin en geçerli ölçüm yöntemidir. Enerji elde etmek adına besinlerin enerjiye dönüşmeleri için oksijene ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla belli bir zaman aralığı içinde ne kadar fazla miktarda O<sub>2</sub> kullanılabilirse o kadar çok ATP üretilebileceği söylenebilir (Baldwin, 1972; Anderson, 1977; Dempsey, 1986).

Antrenmanlar sayesinde aerobik kapasitede meydana gelene gelişmeler sayesinde, ATP üretiminde de artış gerçekleşmektedir. Bu yüzden, antrenman yapan bireyler ile antrenman yapmayan sedanter bireyler arasında VO<sub>2</sub>maks değerleri açısından bir fark vardır. Sedanter kişiler daha düşük bir VO<sub>2</sub>maks değerine sahiptir. Kişinin bir ünite zamanında kullanabildiği O<sub>2</sub> miktarı ne kadar fazla ise o kişinin aerobik kapasitesi o oranda yüksek demektir (Açıkada, 1987).

Bu da daha çok iş yapabilme veya yorgunluk oluşmadan uzun süre egzersize devam edebilme anlamına gelir. VO<sub>2</sub>maks kapasitesini ölçmek adına çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar laboratuvar testleri (direkt ölçüm) ve saha testleri (indirekt ölçüm) olarak ayrılırlar. Laboratuvar testlerinin gerçekleştirilebilmesi için, gelişmiş laboratuvar aletleri (gaz

analizörü gibi) ve eğitilmiş teknisyenlere gereksinim vardır. Laboratuvar testlerinde sonuçlar daha kesindir. Saha testleri daha pratik olmasına rağmen tahmini cetveller kullanıldığından yanılma riskleri laboratuvar testlerine oranla çok daha fazladır.

Maksimum oksijen alımı ( $VO_2$ ) egzersiz kapasitesinin belirlenmesinde ve vücut kitlesine (litre/dakika) göre ölçülmesinde en etkili ve en genel kavramdır. Bu değer bireyin yaş, cinsiyet, boy ve kilo'suna göre değişiklik gösterebilir. En üst düzey elit atletlerde bu değer 80 ml/kg/dk'yi bulur, normal değer ise 20 ml/kg/dk'dır. Bu değer antrenmanla artabildiği gibi yaşla beraber düşmektedir (Gormley, 2005).

İnspirasyon esnasında solunum yolu ile alınan  $O_2$ , karbonhidrat ve yağların ATP üretimi için parçalanmaları esnasında kullanılır. Belirli bir miktarda karbonhidrat veya yağın parçalanabilmesi için belirli miktarda  $O_2$ 'ye ihtiyaç duyulur. Örneğin, 180 gr glukozu parçalamak için 134.4 litre  $O_2$  ve 256 gr yağı parçalamak için ise 515.2 litre  $O_2$ 'e gereksinim vardır (Baldwin, 1972; Costill, 1976; Anderson, 1977).

## **2.24. Absolut ve Relatif $VO_2$ maks**

$VO_2$ maks 'ın belirlenmesinde kullanılan iki yöntem vardır. Absolut  $VO_2$ maks (L/dak.) ya da (ml/dak.) harcanan oksijen miktarının belirlenmesinde kullanılır. Bu ölçüm yönteminde elde edilen  $VO_2$  değeri direkt olarak vücut kütlesi ve vücut ağırlığıyla ilişkili olduğundan erkeklerin

absolüt VO<sub>2</sub>maks seviyesi bayanlardan daha yüksektir. Relatif VO<sub>2</sub> ise (ml/kg/dak.) dakikada kg başına tüketilen VO<sub>2</sub> 'nin ml cinsinden ifade edildiği için farklı vücut ağırlığına sahip bireylerin fiziksel uygunluk durumlarını karşılaştırmada daha etkilidir (Heyward, 2006).

## **2.25. VO<sub>2</sub>maks ve Isınma İlişkisi**

Isınma ve esnetme egzersizleri hem müsabaka sporlarında hem de rekreatif aktivitelerde fiziksel performansı arttırmak ve aktivite anında oluşabilecek sakatlıklardan kaçınmak adına sporcuların yaygın olarak kullandıkları hazırlayıcı uygulama yöntemlerindedir. Egzersiz öncesinde yapılan ısınma evresinin kasların esnekliğini arttırdığı ve kas kasılmasını kolaylaştırdığı için kas sakatlıklarını azalttığı düşünülmektedir (Safran, 1989). Isınma egzersizleri esnekliği ve kas kasılmasını kolaylaştırırken, dolaşım esnasında artan kan akımı sayesinde stresin azalmasına da yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda bu egzersizler sinir sistemi reseptörlerini uyarak stres hormonlarının üretimini azaltmaktadır. Teorik olarak statik ısınmanın dayanıklılık performansı arttırdığı söylene de (Holcomb, 2002) çeşitli otoriteler tarafından egzersiz öncesinde uygulanan bu akut dönemin güç ve kuvveti azalttığını ve aynı zamanda anaerobik performans seviyesini de düşürdüğünü ileri sürmüşlerdir (Fowles, 2000; Kokkonen, 1998). Uzun süreli statik esnetme egzersizlerinin belirli eklemlerdeki hareket açısını arttırdığı ancak bu ısınma protokollerinin genç sporculardaki anaerobik performans

düzeyine ters bir etki yarattığını ileri sürmüşlerdir (Taylor, 1990). Bunların yanı sıra yapılan bazı çalışmalarda statik esnetme egzersizlerine ek olarak uygulanan dinamik esnetme egzersizlerinin dayanıklılığı arttırdığını ve dinamik egzersiz protokolündeki Tlim sürelerini % 51.15 arttırırken bu değer dinamik esnetme hareketleri sonrası % 29,63 ve statik esnetme yapan grup için ise % 18.72 arttırdığını tespit etmişlerdir. Ayrıca VO2maks seviyesinde de en fazla artışın % 14.26 ile yine dinamik ısınma protokolü uygulayan sporcular olduklarını belirlemişlerdir (Koch, 2003).

## **2.26.Enerji Tüketimi**

Enerji tüketimi kişinin hareket, soluma, sindirim gibi düzenli aktivitelerini yerine getirmek adına günlük harcadığı enerji miktarını ifade eder. Isı birimi olan kalori ile ölçülür ve "kcal" sembolüyle gösterilir. Enerji ihtiyacı kişiden kişiye değiştiği gibi, aynı kişinin günden güne değişen fiziksel aktiviteleri için bile değişiklik gösterebilir. Toplam enerji tüketimi "metabolik oran" olarak da bilinmektedir. Enerji tüketimi kişinin katıldığı fiziksel aktivite miktarına, günlük uyuyarak geçirilen zamana, tüketilen besin maddelerine, aşırı ısıya maruz kalmanın ve hatta kişinin sahip olduğu kas kütle miktarı gibi faktörlerden etkilenmektedir.

Özetle, enerji tüketimi vücut tarafından yapılan iç ve dış aktivitesi birleşimidir. İç aktivite sürecinde iki temel faktörden bahsedilmektedir.

- **Besinlerin Sindirimi**
- **Bazal Enerji Tüketimi**

Sindirim; besin maddelerinin vücudumuz tarafından kullanılabilir hale gelinceye kadar küçük parçalara bölünmesi ve absorbe edilmesi sürecidir. Toplam enerji tüketiminin % 10'u sindirim sistemindeki iç metabolik işlemler için harcanmaktadır. Bazal enerji tüketimi ise solunumun sürdürülmesi, kalp atımı, böbreklerin çalışması gibi metabolik işlemlerin yerine getirebilmesi için harcanan enerjiyi ifade eder. Çevresel ısı, kas kütlesi ve dinlenme sürecinde dahi olsa büyük kas gruplarının enerji gereksinimi bazal enerji tüketimini etkilemektedir. Dış aktivite bir sandalyede oturmaktan koşu bandı üzerinde koşmaya kadar olan hareket getiren unsurları içermektedir. Bu aktiviteler fiziksel aktivite düzeyi olarak ifade edilmektedir (McArdle, 2010).

### **2.27. VO2maks Seviyesindeki Hız (vVO2maks)**

vVO2maks maksimal oksijen tüketimi yada VO2maks' a ulaşıldığı andaki en düşük hız olarak ifade edilir (Billat, 1999). Kişinin vVO2maks seviyesi aşamalı egzersiz testleri aracılığıyla belirlenmektedir. Organizmanın maksimal oksijen tüketimine ulaştığı bu anda egzersiz bu şiddette devam ettirildiği takdirde birkaç dakika sonra ihtiyaç duyulan enerji tamamen

anaerobik metabolizmadan sağlanacaktır. Bu seviyede kaslardaki laktat seviyesi 8-10 mM' a ulaşmaktadır. Test oksijen tüketimi daha fazla artmayacağı noktaya gelene kadar artan bir dizi aşama boyunca, kişinin oksijen tüketiminin ölçülmesi ilkesine dayanmaktadır.

Oksijen tüketiminde plato oluşmaya başlanan hız  $vVO_2$ maks olarak düşünülmektedir (Billat ve diğerleri, 1996b).  $vVO_2$ maks dayanıklılık performansının belirlenmesinde oldukça etkilidir ve orta ve uzun mesafeler üzerinde yarışan sporcular için yararlı bilgiler sağlamada kullanılır (Billat, 1996b; Noakes, 1990; Billat, 1999; McLaughlin, 2010). Otoriteler bir grup Kenyalı bayan ve erkek mesafe koşucuları üzerine yapmış oldukları çalışmalarında 10 km 'lik ölçüm sonucunda  $VO_2$ maks seviyesindeki hızın ( $vVO_2$ maks) performansın en iyi göstergesi olduğunu ileri sürmüşlerdir (McLaughlin, 2010).

Eşit  $VO_2$ maks seviyesine sahip iki sporcunun yarış performansı arasındaki farkı açıklamada  $vVO_2$ maks kullanılmaktadır. Dolayısıyla iki sporcuda aynı  $VO_2$ maks değerine sahipse  $vVO_2$ maks düzeyi yüksek olan sporcu  $VO_2$ maks seviyesinde daha yüksek bir hızda koşabilecektir. Genelde kişinin  $VO_2$ maks seviyesindeki hızı, aşamalı testlerde hızın kademeli olarak artması sonucu oksijen miktarının ölçülmesiyle laboratuvar ortamında elde edilmektedir. Hızın artması sonucu oksijen tüketimi maksimal seviyeye ulaşana dek hızın artışıyla oksijen tüketimi arasında bir doğrusallık

bulunmaktadır. Dolayısıyla maksimum oksijen tüketiminin meydana geldiği en düşük hız  $vVO_{2max}$  olarak ifade edilmektedir.

### **2.28. Tlim**

Kişinin aşamalı maksimum test ile önceden belirlenen  $vVO_{2max}$  seviyesinde devam edebildiği süre Tlim olarak ifade edilir. Tlim ölçümleri kişilerin egzersiz performansını belirlemede kullanılan ölçüm yöntemlerindedir (Laursen, 2007). Bu süre laboratuvar testleri için 3-6,5 dakika arasında değişirken, alan testleri için bu süre 8 dakikanın üzerinde olabilmektedir.

### 3. YÖNTEM

#### 3.1. Evren

Bu çalışmanın evrenini Mersin ilinde aktif olarak spor yapan sporcular oluşturmuştur.

#### 3.2. Katılımcılar

Bu çalışmada Mersin ilindeki, bisiklet, uzak doğu sporları (muay thai ve taekwando), futbol ve atletizm branşlarında aktif olarak spor yapan 37 erkek sporcu yer almıştır (sırasıyla, yaş: 24,75±5,28yıl; 20,60 ±3,47yıl; 21,30±3,62yıl; 19,44±2,46yıl; boy:177,63±6,65cm; 173,60±5,30cm; 175,00±5,89cm; 174,00±6,46cm; vücut ağırlığı: 70,21±7,37kg; 68,90±10,54kg; 68,29±7,23kg; 64,71±6,26kg).

**Çizelge 1.** Çalışmaya katılan tüm sporcuların demografik ve antropometrik bilgileri.

	<b>Ortalama±SS</b>
	<b>n=37</b>
<b>Yas (yıl)</b>	21,41±4,09
<b>Boy (cm)</b>	174,95±5,99
<b>VA<sub>v</sub>VO<sub>2</sub>maks (kg)</b>	68,00±8,01
<b>VYY<sub>v</sub>VO<sub>2</sub>maks (%)</b>	11,58±5,29
<b>YVK<sub>v</sub>VO<sub>2</sub>maks (kg)</b>	60,04±7,08
<b>VA<sub>tlim</sub>(kg)</b>	67,86±8,43
<b>VYY<sub>tlim</sub> (%)</b>	11,21±5,44
<b>YVK<sub>tlim</sub> (kg)</b>	60,55±6,93

**VA;** Vücut Ağırlığı, **VYY;** Vücut Yağ Yüzdesi, **YVK;** Yağsız Vücut Kütlesi



**Çizelge 2.** Çalışmaya katılan sporcuların gruplarına ilişkin demografik ve antropometrik bilgileri (Ortalama±SS).

	<b>Bisiklet n=8</b>	<b>Uzak Doğu n=10</b>	<b>Futbol n=10</b>	<b>Atletizm n=9</b>
<b>Yaş (yıl)</b>	24,75±5,28	20,60 ±3,47	21,30±3,62	19,44±2,46
<b>Boy (cm)</b>	177,63±6,65	173,60±5,30	175,00±5,89	174,00±6,46
<b>VA<sub>vVO2maks</sub> (kg)</b>	70,21±7,37	68,90±10,54	68,29±7,23	64,71±6,26
<b>YVK<sub>vVO2maks</sub> (kg)</b>	64,01±6,53	59,07±7,79	60,57±6,81	56,99±6,31
<b>VYY<sub>vVO2maks</sub> (%)</b>	8,70±5,42	13,78±7,29	11,30±4,04	12,02±2,76
<b>VA<sub>tlim</sub>(kg)</b>	69,53±9,25	69,03±10,91	68,22±7,12	64,68±6,16
<b>YVK<sub>tlim</sub> (kg)</b>	64,36±5,13	59,73±8,29	61,02±6,61	57,54±6,41
<b>VYY<sub>tlim</sub> (%)</b>	10,06±6,13	12,92±7,68	10,51±4,16	11,12±2,96

YVK; Yağsız Vücut Kütlesi, VA; Vücut Ağırlığı, VYY; Vücut Yağ Yüzdesi

Çalışma başlamadan önce Mersin Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan etik kurulu raporu alınmıştır. Ayrıca bireyler bu çalışmaya katılmadan önce test protokolü hakkında bilgilendirilmiş ve çalışmaya gönüllü olarak katıldıklarını gösteren aydınlanmış onan formu imzalamışlardır. Öncelikle bireyler laboratuara geldiklerinde teste başlamadan önce test hakkında detaylı şekilde bilgilendirilmiştir. Kişilere daha önce herhangi bir kalp rahatsızlarının olup olmadığı, tıbbi bir kontrol altında egzersiz yapmaları gerektiğinin söylenip söylenmediği, son 6 ay içerisinde gelişen bir göğüs ağrılarının olup olmadığı, bir yada daha fazla sayıda gelişen şuur kaybı veya baş dönmesi sebebiyle düşme olup olmadığı, önerilen fiziksel aktivite ile artan kemik veya eklem problemi olup olmadığı, doktor tarafından önerilen kan basıncı veya kalp rahatsızlığı tedavisi olup olmadığı, egzersizi kendi isteğiyle bırakıp bırakmadığı veya doktor önerisi ile kişiye egzersiz yapmasının sakıncalı olduğu söylenip söylenmediği sorulmuş (PAR-Q), bu kriterlere uygun olan kişilere çalışmaya gönüllü olarak katıldıklarını belgeleyen onam formu imzalatılmış, bir yada daha fazla kritere uymayan kişilere ise herhangi bir test uygulanmamış ve çalışmaya dahil edilmemiştir.

### **3.3. Veri Toplama Teknikleri**

#### **3.3.1 VO2maks Testi**

Bu çalışmamızda sporcuların aerobik performans düzeylerinin belirlenmesi için bisiklet, uzak doğu sporları (muay thai, taekwando), futbol ve atletizm branşlarında aktif olarak spor yapan 37 sporcunun VO2maks değerleri belirlenmiş ve 1 hafta sonra aynı laboratuarda aynı gün ve saatlerde bireylere

$T_{lim_{maks}}$  testi uygulanmıştır. Çalışmamıza katılan sporcuların  $VO_{2maks}$  ve  $T_{lim_{maks}}$  testleri birer hafta arayla aynı laboratuarda aynı saatler arasında uygulanmıştır. Teste tabi tutulan bireylere testten 24 saat öncesinde herhangi bir ağır fiziksel aktiviteye katılmamaları gerektiği söylenmiştir. Bireylerin test esnasında herhangi bir kazaya maruz kalmamaları amacıyla teste başlamadan ayakkabılarını mümkün olduğu kadar iyi bir şekilde bağlanmış ve test esnasında bağcıkların açılma riskine karşın flaster ile sarılmıştır. Test başlamadan önce bireyelere test detaylı bir şekilde anlatılmış ve test sırasında ve test sonrasında dikkat etmesi gereken hususlar anlatılmıştır. Teste başlamadan önce 12 kanal EKG kaydı ve takibi için bireylere yüzeysel EKG elektrotları bağlanmış ve elektrotların test esnasında sallanmadan dolayı meydana gelebilecek parazitlerin engellenmesi ve elektrotların düşmesini önlemek için bireye file atlet giydirilmiştir. Bireylerin referans verilerini belirlemek amacıyla kişiler 3 dakika boyunca koşu bandı üzerinde dik bir şekilde beklemiş, 3 dakikalık referans süresinin son 10 saniyesinde birey koşu bandının hareket edeceğine dair uyarılmış ve ayaklarını koşu bandının kenarına koyması istenmiştir. Koşu bandı hareket etmeye başladıktan sonra bireyden yanlardan tutarak yürümeye başlaması istenmiş ve dengesini sağladıktan sonra el desteğini bırakarak birey yürüyüş temposunda aktivitesine devam ettirilmiştir. Başlangıç hızında koşu bandı 5 km.h<sup>-1</sup> hızda iken her dakikada bir koşu bandının hızı 1 km.h<sup>-1</sup> arttırılmıştır. Bireyler için testi sonlandırma kriterleri dikkate alınarak mümkün olan en uzun mesafeyi koşmaları istenmiş ve bireyler sözlü motivlerle desteklenmiştir. Koşu

bandı hızı 8 km.h-1 den 9 km.h-1 'e geçerken başlamak üzere bireye 1 dakikalık her etabın son 15 saniyesinde Borg skalası sorulmuş ve algıladığı zorluk derecesi kaydedilmiştir. Oksijen tüketimi (VO<sub>2</sub>maks) gaz analizörü aracılığıyla her nefeste (breath by breath) ölçülmüş ve ardından test boyunca 10 saniyelik aralıklardaki ortalamaları alınmıştır (Bertuzzi, Bueno, Pasqua, Acquesta, Batista, Roschel, Kiss, Serrao, Tricoli ve Ugrinowitsch, 2012). Her ölçüm öncesinde gaz analizörü 16% O<sub>2</sub> ve 4% CO<sub>2</sub> seviyesindeki dış ortam havasına göre kalibre edilmiş ve hava akım sensörü otomatik olarak cihaz tarafından kalibre edilmiştir. Test esnasında bireylerin EKG ve kalp atım hızı cihazla entegre olarak çalışan EKG adaptörü ile kontrol edilmiştir. Maksimal kalp atım hızı test sonunda elde edilen en yüksek değer olarak belirlenmiştir.

VO<sub>2</sub>maks'a ulaşma kriterlerini sağladığı andaki hızda 1 dk dakika geçirdiği süredeki hız vVO<sub>2</sub>maks hızı olarak tlim testinde kullanılmak üzere kaydedilmiştir. VO<sub>2</sub>maks'e karşılık gelen hız (vVO<sub>2</sub>maks) VO<sub>2</sub>maks'a ulaşılan minimum hız olarak belirlenmiş, eğer birey VO<sub>2</sub>maks seviyesinde 1 dakikalık etabı sonlandıramamışsa, bir önceki etapta ulaşılan hız vVO<sub>2</sub>maks olarak kabul edilmiştir. Bireylerin solunum gazları indirekt kalorimetri yöntemi (CareFusion MasterScreen CPX, ABD) ile toplanmış, kişinin yük artışını tolere edemediği ve testi bırakmak istediği durumda test sonlandırılmıştır.

Laboratuvarımızda acil durumlarda kullanılma üzere bifazik defibrilator ve entübasyon kiti bulundurulmuş ve ölçümler esnasında uzman bir hekim laboratuvarında meydana gelebilecek kazalara karşı çalışmaya eşlik etmiştir.

$VO_{2maks}$  aşağıdaki kriterlerden en az  $\geq 2$  tanesi elde edildiği zaman belirlenmiştir.

- Birbirini izleyen iki etap arasında  $VO_2$  nin  $\square 2.1$  ml.kg-1.dk-1 lık bir artış gözlemlendiğinde;
- Solunum değişim oranı (RER) 1.1 i geçtiğinde;
- Tahmini  $HR_{maks}$  (220-yaş) 'nin  $\pm 10$  atım.dk-1 olduğu durumlarda.

### 3.3.2. Tlim $VO_{2maks}$ Testi

Bireylerin  $vVO_{2maks}$  seviyesindeki Tlim süresinin belirlenebilmesi için bireyler  $vVO_{2maks}$  seviyelerindeki hızlarının % 60'ına denk gelen bir hızda 15 dakika boyunca ısındırılmıştır. Bu süre zarfını takiben koşu bandı hızı 30 ile 45 saniye arasında daha önce yapılan testte belirlenen  $vVO_{2maks}$  hızına eşitlenmiş ve kronometre başlatılmıştır. Birey test süresi boyunca sözlü olarak motive edilmiş ve mümkün olduğu kadar uzun bir süre koşması sağlanmıştır. Her nefeste deneğin  $VO_2$  ve  $VCO_2$  değerleri kaydedilmiştir. EKG ve kalp atım hızı test boyunca bir hekim tarafında takip edilmiştir (Billat, 1994b). Birey tükenene kadar koşuktan ve daha fazla devam edemeyeceğini rapor ettikten sonra veya destek için koşu bandının kenarlıklarından tuttuğu anda test sonlandırılmıştır ve süre en yakın saniyeye denk gelecek şekilde kaydedilmiştir. Ayrıca Tlim testini

tamamlayan bireylere kalp atım hızları normal atım hızına dönene kadar yürümelemleri sağlanmış ve kalp atım hız seviyesi kontrol edilerek test sonlandırılmıştır.

Yukarıda bahsedilen testler öncesi, sırasında ve sonrasında bireyin durumunu kontrol etmek amacıyla bir hekim bulundurulmuştur. EKG verilerinde herhangi beklenmedik bir durumla karşılaştığında test durdurulmuştur. Birey arzu ettiği zaman hiçbir kısıtlama olmaksızın testi sonlandırmıştır.

### **3.3.3. Algılanan Zorluk Derecesinin Belirlenmesi**

Egzersizin şiddetini belirlemede kullanılan bir başka metod ise egzersizin zorluk derecesini belirleyen Borg skalasıdır. (Rating of Perceived Exertion (RPE), Algılanan Zorluk Derecesi (AZD)). Bu skala bireylerin egzersizin zorluk derecelerini kendilerinin belirlediği subjektif bir yöntemdir. Gunnar Borg tarafından 1970 yılında geliştirilen skala, 6'dan 20'ye kadar olan değerleri ve bu değerlerin bazılarının yanında yazan zorluk ifadelerini içermektedir. Yapılan çalışmalarda bu skala ile kalp atım hızı arasında 0.80 - 0.90 arasında korelasyonlar bulunmuştur (Borg,1982).

### **3.3.4. Antropometrik Ölçümler**

Bireylerin antropometrik özelliklerinin belirlenmesi için boy ve kilo ölçümleri yapılmış ve vücut yağ yüzdeleri Bioelektrik Impedans Analizi (Tanita

418-MA Japonya) yöntemiyle belirlenmiştir. Antropometrik ölçümler ilk ölçüm günü aynı kişi tarafından yapılmıştır. Vücut ağırlığı (VA); denekler standart spor kıyafeti içerisinde (şort, atlet) ayakkabısız  $\pm 0.1$  hata ile baskülde (T Tanita 418-MA Japonya), boy; baş frankfort düzlemindeyken, derin bir inspirasyonu takiben başın verteksi ile ayak arasındaki mesafe stadiyometre (Holtain Ltd. U.K.)  $\pm 1$  mm hata ile ölçülmüştür. Kişilerin antropometrik ölçümleri farklı günlerde yapılan her iki test öncesinde de alınmıştır.

Biyoelektrik İmpedans Analizi (BIA), ayakta-ayağa metoduyla impedans analizöründe (Tanita 418-MA Japonya) yapılmıştır. BIA methodu ile altın standart olarak kabul edilen çift enerjili X- ışınli absorbsiyometri yöntemi (DXA) arasında yüksek korelasyon vardır ( $r=0,91$ ) (Beeson , Batech , Schultz , Salto, Firek, Deleon, Balcazar ve Cordero-Macintyre ). Analizörün elektrotlarının bulunduğu baskül bölümü, her test günü sulandırılmış alkolle silinerek kurulanmıştır. Deneklerin boy uzunlukları ölçüldükten sonra analizöre kayıt edilmiştir. Deneklerden çıplak ayakla baskül üzerindeki elektrotlar ayak tabanına temas edecek şekilde analizöre çıkarak dik pozisyonda ve hareketsiz bir şekilde sonuçlar ekranda görünene kadar beklemeleri istenmiştir. VYY, YVK ve impedans verileri kayıt edilmiştir. Bireylerin BIA testleri yapılmadan önce aşağıdaki test öncesi kriterlere uymaları istenmiştir:

- Testten 4 saat önce herhangi bir besin alınmaması
- Sıvı alımının yeterli olması
- Testten 12 saat önce kafein veya alkol tüketilmemesi

- Testten 6 saat önce egzersiz yapılmaması
- Testin yapılacağı 7 gün içerisinde diüretik maddelerin alınmaması
- Testten 30 dakika önce idrar kesesinin boşaltılması (Deurenberg, 1988; Heyward, 1996; Lukaski,1986)

### **3.4. Verilerin Analizi**

Çalışmanın analizinde gruplar arası farkın test edilmesi için Kruskal Wallis testi uygulanmıştır. Testin anlamlı çıkması durumunda farkın hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Mann Whitney U testi kullanılmıştır. Anlamlılık düzeyi  $p \leq 0,05$  olarak belirlenmiş ve Post-hoc testi için p değerine Bonferroni düzeltmesi uygulanarak anlamlılık düzeyi  $p \leq 0,0125$  kabul edilmiştir.

Örneklem büyüklüğünü belirlemek için G Power (3.1.9.2) programı kullanıldı. TlimVO2maks ortalama ve standart sapma referans değerleri kullanılarak Tip II hata (Beta) 0.20 alınarak değişkenlerin ortalamaları arasındaki farklar hesaplandı ve standart sapma değerlerine göre örneklem büyüklüğü belirlendi (etki büyüklüğü 0,89). Hesaplamalar sonucunda her grupta en az 8 bireyin olması gerektiği bulunmuştur (power %80).



## 4. BULGULAR

### 4.1 Çalışmaya Katılan Grupların Solunumsal Ve Fizyolojik Parametre Değerleri.

Çalışmaya yaşları 17-33 yıl arasında değişen toplam 37 sporcu (21,41±4,09 yıl) katıldı.

**Çizelge 3.** Çalışmaya katılan tüm sporcuların solunumsal ve fizyolojik parametre değerleri.

	<b>Ortalama±SS</b>
<b>vVO2maks (km/saat)</b>	16,05±3,07
<b>tlim (sn)</b>	335,11±117,59
<b>VO2maks (ml/kg/dk)</b>	53,94±5,39
<b>VO2maks<sub>YVK</sub> (ml/kg/dk)</b>	61,15±5,95
<b>KAS (atım/dk)</b>	185,33±7,24
<b>RPE</b>	14,89±2,76
<b>RER</b>	1,15±0,04

**KAS**; Kalp Atım Sayısı, **RPE**; Algılanan Zorluk Derecesi,

**RER**; Solunumsal Değişim Oranı, **YVK**; Yağsız Vücut Kütlesi

**Çizelge 4.** Çalışmaya katılan grupların solunumsal ve fizyolojik parametre değerleri.

	<b>Bisiklet n=8</b>	<b>Uzak Doğu n=10</b>	<b>Futbol n=10</b>	<b>Atletizm n=9</b>
<b>vVO2maks (km/saat)</b>	16,25±1,49	15,20±1,14	17,30±1,06	17,33±1,00
<b>tlim (sn)</b>	391,50±182,90	320,10±114,80	296,10±68,50	345,00±87,21
<b>VO2maks (ml/kg/dk)</b>	54,34±6,43	48,95±2,43	56,40±4,83	56,40±4,00
<b>VO2maks<sub>YVK</sub> (ml/kg/dk)</b>	59,81±5,28	57,01±4,22	63,59±6,38	64,21±5,27
<b>KAS (atım/dk)</b>	184,80±9,72	187,56±5,80	185,63±6,68	183,00±7,23
<b>RPE</b>	16,25±2,12	14,00±2,00	16,00±2,54	13,44±3,43
<b>RER</b>	1,12±0,05	1,15±0,06	1,16±0,03	1,14±0,03

**KAS**; Kalp Atım Sayısı, **RPE**; Algılanan Zorluk Derecesi, **RER**; Solunumsal Değişim Oranı, **YVK**; Yağsız Vücut Kütlesi

#### **4.2. Gruplar arası demografik ve antropometrik değerlerinin karşılaştırılması**

Gruplar arasında demografik ve antropometrik açıdan farkın olup olmadığını test etmek için Kruskal-Wallis H analizi yapıldı ve gruplar arasında Boy ( $\chi^2(3) = 2,278, p = 0,517$ ), Yaş ( $\chi^2(3) = 6,398, p = 0,094$ ), Vücut Ağırlığı ( $\chi^2(3) = 1,596, p = 0,660$ ), Yağsız Vücut Kütlesi ( $\chi^2(3) = 4,386, p = 0,223$ ), Vücut Yağ Yüzdesi ( $\chi^2(3) = 3,589, p = 0,309$ ), değerleri açısından anlamlı fark bulunmadı.

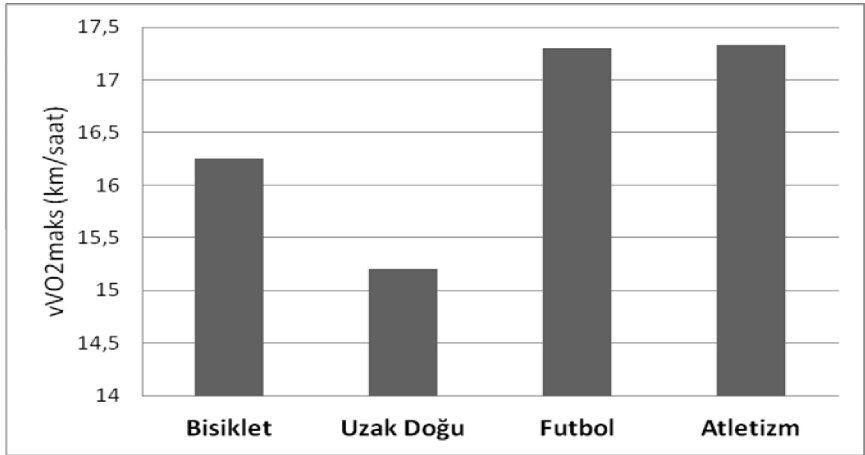
#### **4.3. Gruplar arası vVO2maks değerlerinin karşılaştırılması**

Gruplar arasında vVO2maks açısından fark olup olmadığını test etmek için yapılan Kruskal-Wallis H analizi sonucunda, grupların arasında vVO2maks değerleri arasında anlamlı fark bulundu ( $\chi^2(3) = 14,287, p = 0,003$ ). Çizelge 5' de gösterildiği üzere, ortalama sırası; Bisiklet için 16,94, Uzak Doğu sporları için 9,50, Futbol için 25,00 ve Atletizm için 24,72'dir. Farkın hangi gruplar arasında olduğunu saptamak için yapılan Mann-Whitney U testi sonucunda, Atletizm grubunun vVO2maks değerleri Uzak Doğu sporları grubunkinden anlamlı olarak daha yüksekti ( $U=6,50, Z=-3,21, p<0,001$ ). Ek olarak, Futbol grubunun vVO2maks değerleri anlamlı olarak Uzak Doğu sporları grubunkinden daha yüksek olduğu bulundu ( $U=9,50, Z=-3,14, p<0,001$ ).

**Çizelge 5.** Gruplar arası vVO2maks (km/saat) değerlerinin karşılaştırılması.

	<b>Ortalama±SS</b>	<b>Ortalama Sırası</b>
<b>Bisiklet</b>	16,25±1,49	16,94
<b>Uzak Doğu</b>	15,20±1,14	9,50
<b>Futbol</b>	17,30±1,06*	25,00
<b>Atletizm</b>	17,33±1,00*	24,72

\*p<0,001



**Şekil 6.** Gruplar arası vVO2maks (km/saat) değerlerinin karşılaştırılması.

#### 4.4 Gruplar arası tlim değerlerinin karşılaştırılması

Gruplar arasında tlim açısından fark olup olmadığını belirlemek etmek için yapılan Kruskal-Wallis H analizi sonucunda, gruplar arasında tlim değerleri açısından anlamlı fark bulunmadı ( $\chi^2(3) = 1,745, p = 0,627$ ). Ortalama sırası, Bisiklet için 21,25, Uzak Doğu sporları için 17,10 Futbol için 18,20 ve Atletizm için 20,00'dır (Çizelge 6).

**Çizelge 6.** Gruplar arası tlim (sn) değerlerinin karşılaştırılması.

	<b>Ortalama±SS</b>	<b>Ortalama Sırası</b>
<b>Bisiklet</b>	391,50±182,90	21,25
<b>Uzak Doğu</b>	320,10±114,80	17,10
<b>Futbol</b>	296,10±68,50	18,20
<b>Atletizm</b>	345,00±87,21	20,00

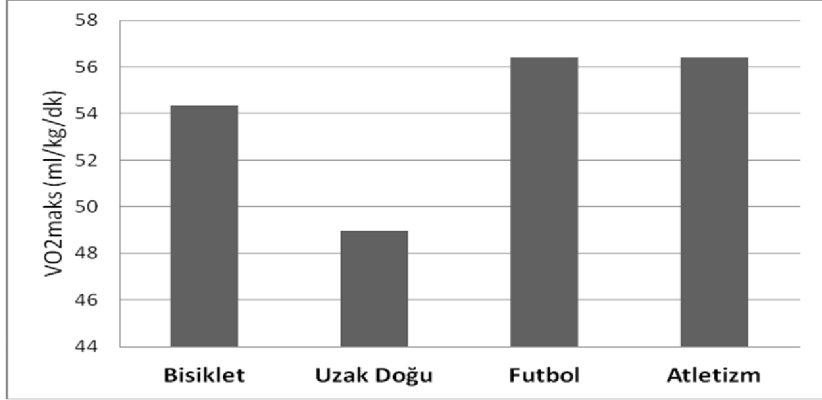
#### **4.5 Gruplar arası VO<sub>2</sub>maks değerlerinin karşılaştırılması**

Gruplar arasında VO<sub>2</sub>maks açısından fark olup olmadığını tespit etmek için yapılan Kruskal-Wallis H analizi sonucunda, gruplar arasında VO<sub>2</sub>maks değerleri açısından anlamlı fark bulundu ( $\chi^2(3) = 14,153, p = 0,003$ ). Ortalama sırası, Bisiklet için 19,94, Uzak Doğu sporları için 8,35, Futbol için 24,05 ve Atletizm için 24,39'dur (Çizelge 7). Yapılan Mann-Whitney U testi sonucunda, Atletizm grubunun VO<sub>2</sub>maks değerleri Uzak Doğu sporları grubunkinden anlamlı olarak daha yüksek bulunurken (U=4,00, Z=-3,35, p<0,001) Futbol grubunun VO<sub>2</sub>maks değerleri anlamlı olarak Uzak Doğu sporları grubunkinden daha yüksekti (U=3,50, Z=-3,51, p<0,001). Gruplar arası yapılan diğer karşılaştırmalarda VO<sub>2</sub>maks değerleri arasında anlamlı fark bulunmadı (Çizelge 7).

**Çizelge 7.** Gruplar arası VO<sub>2</sub>maks (ml/kg/dk) değerlerinin karşılaştırılması.

	<b>Ortalama±SS</b>	<b>Ortalama Sırası</b>
<b>Bisiklet</b>	54,34±6,43	19,94
<b>Uzak Doğu</b>	48,95±2,43	8,35
<b>Futbol</b>	56,40±4,83*	24,05
<b>Atletizm</b>	56,40±4,00*	24,39

\*p<0,001



**Şekil 7.** Gruplar arası VO2maks (ml/kg/dk) değerlerinin karşılaştırılması

#### 4.6 Gruplar arası VO2maks<sub>YVK</sub> değerlerinin karşılaştırılması

Yağsız Vücut Kütlesi ile düzeltilmiş VO2maks (VO2maks<sub>YVK</sub>) değerlerinde gruplar arasında fark olup olmadığını test etmek için yapılan Kruskal-Wallis H analizi sonucunda gruplar arasında anlamlı fark bulunmadı ( $\chi^2(3) = 8,946, p = 0,03$ ). Ortalama sırası, Bisiklet için 16,88, Uzak Doğu sporları için 11,50, Futbol için 23,40 ve Atletizm için 24,33'dür (Çizelge 8).

**Çizelge 8.** Gruplar arası VO2maks<sub>YVK</sub> (ml/kg/dk) değerlerinin karşılaştırılması.

	Ortalama±SS	Ortalama Sırası
<b>Bisiklet</b>	59,81±5,28	16,88
<b>Uzak Doğu</b>	57,01±4,22	11,50
<b>Futbol</b>	63,59±6,38	23,40
<b>Atletizm</b>	64,21±5,27	24,33

#### 4.7 Gruplar arası Kalp Atım Sayısı (KAS) değerlerinin karşılaştırılması

Gruplar arasında KAS açısından fark olup olmadığını belirlemek için yapılan Kruskal-Wallis H analizi sonucunda gruplar arasında KAS değerleri arasında anlamlı fark bulunmadı ( $\chi^2(3) = 2,127, p = 0,547$ ). Ortalama sırası, Bisiklet için 19,00, Uzak Doğu sporları için 22,50 Futbol için 18,85 ve Atletizm için 15,28'dir (Çizelge 9).

**Çizelge 9.** Gruplar arası KAS (atım/dk) değerlerinin karşılaştırılması.

	<b>Ortalama±SS</b>	<b>Ortalama Sırası</b>
<b>Bisiklet</b>	184,80±9,72	19,00
<b>Uzak Doğu</b>	187,56±5,80	22,50
<b>Futbol</b>	185,63±6,68	18,85
<b>Atletizm</b>	183,00±7,23	15,28

#### 4.8 Gruplar arası Algılanan Zorluk Derecesi (RPE) değerlerinin karşılaştırılması

Gruplar arasında RPE açısından fark olup olmadığını tespit etmek için yapılan Kruskal-Wallis H analizi sonucunda gruplar arasında RPE değerleri arasında anlamlı fark bulunmadı ( $\chi^2(3) = 2,127, p = 0,547$ ). Ortalama sırası, Bisiklet için 24,19, Uzak Doğu sporları için 14,95 Futbol için 22,85 ve Atletizm için 14,61'dir (Çizelge 10).

**Çizelge 10.** Gruplar arası RPE değerlerinin karşılaştırılması.

	<b>Ortalama±SS</b>	<b>Ortalama Sırası</b>
<b>Bisiklet</b>	16,25±2,12	24,19
<b>Uzak Doğu</b>	14,00±2,00	14,95
<b>Futbol</b>	16,00±2,54	22,85
<b>Atletizm</b>	13,44±3,43	14,61

#### **4.9 Gruplar arası Solunumsal Değişim Oranı değerlerinin karşılaştırılması**

Gruplar arasında RER açısından fark olup olmadığını test etmek için yapılan Kruskal-Wallis H analizi sonucunda gruplar arasında RER değerleri arasında anlamlı fark bulunmadı ( $\chi^2(3) = 5,144, p = 0,164$ ). Ortalama sırası, Bisiklet için 12,38, Uzak Doğu sporları için 20,55 Futbol için 23,60 ve Atletizm için 18,06'dır (Çizelge 11).

**Çizelge 11.** Gruplar arası RER değerlerinin karşılaştırılması.

	<b>Ortalama±SS</b>	<b>Ortalama Sırası</b>
<b>Bisiklet</b>	1,12±0,05	12,38
<b>Uzak Doğu</b>	1,15±0,06	20,55
<b>Futbol</b>	1,16±0,03	23,60
<b>Atletizm</b>	1,14±0,03	18,06



#### 4.10 VO2maks, vVO2maks ve tlim değerleri arasındaki ilişki

VO2maks, vVO2maks ve tlim değerleri arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla Pearson momentler çarpımı korelasyon analizi kullanıldı. Yapılan analiz sonucuna göre, VO2maks ile vVO2maks değerleri arasında anlamlı pozitif ilişki bulundu ( $r=0,63$ ,  $p<0,01$ ) (izelge 12).

**Çizelge 12.** VO2maks, vVO2maks ve tlim değerleri arasındaki ilişki

	vVo2maks	tlim	VO2maks
vVo2maks			
tlim	-0,173		
VO2maks	0,632*	0,247	
VO2maks_YVK	0,473**	0,119	0,828*

\* $p<0,01$ , \*\* $p<0,05$

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

### 5.1 Antropometrik ve Demografik Özellikler

Yaş, boy, vücut ağırlığı ve vücut yağ yüzdesi gibi antropometrik ve demografik parametreler, bireylerin VO<sub>2</sub>maks düzeylerini ve dolayısıyla performanslarını etkilemektedir. Çalışmamızda yer alan sporcuların antropometrik ve demografik parametreleri arasında anlamlı farkın bulunmaması, branşlar arasında fizyolojik parametrelerde (VO<sub>2</sub>maks, vVO<sub>2</sub>maks, Tlim) meydana gelen farkın antropometrik ve demografik özelliklerden kaynaklanmadığını göstermektedir.

Kalp atım hızı, algılanan zorluk derecesi ve solunumsal değişim oranları performansın hangi şiddetle yapıldığı ve kullanılan enerji sistemleri hakkında bilgi vermektedir. Kalp atım hızı, algılanan zorluk derecesi ve solunumsal değişim oranları çalışmamızdaki branşlar arasında farklılık göstermemektedir. Bu da, çalışmamıza katılan sporcuların benzer performans düzeyinde olduğunu göstermektedir.

### 5.2 VO<sub>2</sub>maks

Fiziksel egzersizler esnasında kardiyorespiratuar sistemin temel fonksiyonu oksijenin besinlerin iskelet kaslarına taşınmasındaki devamlılığını sağlamak ve hücre sel solunum sonrası oluşan metabolik ürünleri (laktik asit) uzaklaştırmaktır (Mayers, 2001). Eğer branşlar genel olarak uzun mesafe

koşularını içeriyorsa atletik dayanıklılık performansı açısından bu fizyolojik yanıtlar oldukça önemlilik arz etmektedir.

VO<sub>2</sub>maks aerobik kapasite durumunu gösteren ve yaygın olarak kullanılan bir fizyolojik parametre olmasına rağmen sporcular arasındaki koşu performansını belirlemede tek başına yeterli değildir (Jones, 1998; Denadai, 2004).

Gruplar arasında VO<sub>2</sub>maks açısından fark olup olmadığını tespit etmek için yapılan analiz sonucunda, gruplar arasında VO<sub>2</sub>maks değerleri açısından anlamlı fark bulundu. Yapılan post-hoc testi sonucunda, Atletizm grubunun VO<sub>2</sub>maks değerleri Uzak Doğu sporları grubunkinden anlamlı olarak daha yüksek bulunurken, Futbol grubunun VO<sub>2</sub>maks değerleri anlamlı olarak Uzak Doğu sporları grubunkinden daha yüksekti. Gruplar arası yapılan diğer karşılaştırmalarda VO<sub>2</sub>maks değerleri arasında anlamlı fark bulunmadı. Branşlar arasında görülen bu aerobik kapasite farkının genel olarak branşın türüyle ve bu branşların koşu eylemini ne miktarda kapsadığıyla ilgili olabilir. Daha önce yapılmış çalışmalarda Crisp ve ark. (2013) basketbol ve futbol branşlarının hem aerobik hem de anaerobik özellikleri içermekte ve kararlı kas aktivitelerinin anaerobik metabolizma tarafından karşılanmakta olduğunu belirtmişlerdir. Spor performansının sürdürülmesi ile yüksek şiddetli kas eylemleri arasındaki toparlanma sürecinin aerobik kapasite tarafından sağlanıyor olması ve dolayısıyla bir müsabaka esnasında kat edilen mesafe dikkate alındığında ortalama

futbolcuların için (10000-12000 m.) basketbolcular için (4404-7558 m.) olduğu ve bu nedenle futbolcuların VO<sub>2</sub>maks seviyelerinin daha yüksek olduğunu ileri sürmüşlerdir. Dolayısıyla branşın genel karakteristik özelliklerinin sporcuların VO<sub>2</sub>maks seviyeleri üzerinde etkili olduğu söylenebilir (Crisp ve diğerleri, 2013).

Ayrıca yapmış olduğumuz çalışmada bisiklet ve uzak doğu branşı arasındaki değerlerin farklı olması ancak bu farkın istatistiksel olarak anlamlı bulunmamasının sebebinin bisiklet branşının koşu karakteristiğine uygun olmadığından Atletizm-Uzak doğu ve Futbol-Uzak doğu branşlarında görülen bu farkın Bisiklet-Uzak doğu branşları arasında görülmemesi konusunda etkili olmuş olabilir.

### **5.3 vVO<sub>2</sub>maks**

Bu değişkenlerin yanı sıra aynı VO<sub>2</sub>maks değerlerine sahip sporcuların farklı vVO<sub>2</sub>maks değerlerine sahip olabiliyor olması gerekçesiyle vVO<sub>2</sub>maks yaygın olarak araştırılan faktörlerdendir. Bu fark kısmen de olsa sporcuların performansları arasındaki farkı açıklamada etkili olmaktadır (Billat ve Koralsztein, 1996a).

Aynı zamanda vVO<sub>2</sub>maks, VO<sub>2</sub>maks yüzdesi olarak ifade edilen anaerobik eşiğin (Billat, 1994a) ve anaerobik kapasitenin belirlenmesi (Erculj, 2008; Midgley, 2006) amacıyla kullanılan Tlim ölçümü için de kullanılmaktadır

(Billat ve Koralsztein, 1996a). Buna ek olarak kullanılan maksimum kuvvet antrenmanlarının koşucularda (Støren, Helgerud, Stoa, ve Hoff, 2008) ve bisikletçilerde (Sunde, Storen, Bjerkaas, Larsen, Hoff ve Helgerud,2010) Tlim değerlerini geliştirmede çok etkili olabileceği ileri sürülmüştür. Dolayısıyla vVO2maks seviyesindeki Tlim sürelerinin anaerobik metabolizma ve/veya nöromusküler faktörlerle ilişkili olabileceği ileri sürülebilir.

Bugüne kadar yapılan çalışmalar vVO2maks seviyesindeki Tlim değerlerinin ortalama 2.5 dakika (Billat ve Koralsztein, 1996a) ile 10 dakika (Demarie ve diğerleri, 2000) arasında olduğunu ve bu değerlerin elit seviyedeki sporcular için bile büyük değişkenlikler gösterdiğini ileri sürmektedir (Billat, 1994b). Bu prensip doğrusunda Billat ve arkadaşları (Billat ve Koralsztein, 1996a) farklı spor branşlarındaki (bisiklet,kürek,yüzme,atletizm) sporcuların aerobik adaptasyonları sağlaması bakımından VO2maks değerlerini branşların karakteristik özelliklerine uygun ergometreleri kullanarak ölçmüş ve vVO2maks seviyesindeki Tlim değerleri arasında ( bisiklet: 222 sn. ; kürek: 376 sn.) oluşan farkın branşın genel yapısına uygun ölçüm yöntemlerini kullanma prensibini destekler nitelikte olduğunu göstermişlerdir.

#### **5.4 Tlim**

Sporcuların genel performans düzeyleri incelendiğinde, Tlim-vVO2maks ile VO2maks arasında bir ilişki bulunmamaktadır. Dolayısıyla Tlim-

vVO<sub>2</sub>maks elde edilirken anaerobik eşik ve genel biyomekanik parametrelerinin de belirlenmesi, test uygulama prosedürlerinin kapsamının genişlemesine ve daha nesnel ve etkili antrenman programlarının hazırlanmasına olanak sağlayacaktır.

Dayanıklılık branşlarında altın standart olarak kabul edilen VO<sub>2</sub>maks kişinin oksijeni hücrelere taşıma ve kullanma kapasitesine bağlıdır. Ancak çeşitli branşlarda kişinin aerobik kapasitesi ne kadar yüksek olursa olsun branşın genel aerodinamik özellikleri kişinin performans seviyesini etkileyen önemli etmenlerdendir. Branşların genel özellikleri dikkate alındığında mesafe ve süre faktörü göz önünde bulunarak sporcuların aerobik kapasiteleri hakkında subjektif olarak karşılaştırma yapılabilmektedir. Ancak laboratuvar testleri sonrasında elde edilen sonuçlar ile bu öngörüler arasında çelişkili sonuçlarla da karşılaşılabilir. Çünkü mesafe ve süre faktörü dikkate alındığında bisiklet, maraton gibi uzun mesafe branşlarındaki sporcularının VO<sub>2</sub>maks seviyeleri yüksek olmasına rağmen, vVO<sub>2</sub>maks hızlarında uygulanan Tlim sonuçları arasında anlamlı farklar genelde görülmemektedir (Crisp ve diğerleri, 2013).

Yapmış olduğumuz çalışmada da bisiklet, atletizm, futbol ve uzak doğu branşları arasında Tlim açısından fark olup olmadığını belirlemek için yapılan analiz sonucunda, gruplar arasında Tlim değerleri açısından anlamlı fark bulunmadı. Branşın karakteristik özellikleri dikkate alındığında bisiklet, atletizm ve futbol gibi mesafe branşlarında elde edilen VO<sub>2</sub>maks değerlerinin; Bisiklet:54,34±6,43; Futbol:56,40±4,83; Atletizm: 56,40±4,00, Uzak Doğu:

48,95±2,43 branşındaki sporcuların VO<sub>2</sub>maks seviyesinden yüksek olmasına rağmen Tlim değerleri arasında anlamlı bir fark bulunamaması sporcuların vVO<sub>2</sub>maks seviyesinde performanslarına devam etmelerinin aerobik performans düzeyleri arasında farklı faktörlere de bağlı olduğunun bir göstergesi olabilir. 2011 yılında Costa ve arkadaşlarının (Costa, De Matos, Pertence, Martins, Roberto ve De Lima, 2011) yaptığı bir çalışmaya göre Tlim değerlerinin tekrar edilebilir yani bir testte elde edilen sonuçların bir hafta sonraki testte de aynı yada daha yüksek veya düşük olup olmadığını belirlemek amacıyla 17 bisikletçi üzerine yapmış oldukları çalışmalarında her iki Tlim performansları arasında anlamlı derecede bir artış tespit etmişlerdir. Dolayısıyla her iki test performansı arasında anlamlı farkın çıkması aerobik performans düzeyleri yanında farklı faktörlerinde etkili olduğunun bir göstergesi olabilir. Sporcuların zihinsel olarak teste daha iyi adapte olmaları daha farklı sonuçlar elde etmelerinde etkili olabilir. Aynı şekilde bizim yapmış olduğumuz çalışmada da branşlar dikkate alındığında, örneğin bisiklet branşı için beslenme, ekipman, aerodinamik ve sürüş taktikleri performans açısından oldukça etkili olabilmektedir. Testin koşu ergometresi yerine bisiklet ergometresi ile yapılması bisiklet sporcularının daha yüksek Tlim derecesi elde etmelerinde etkili olabilir. Sporcuların test sonrasındaki sözel beyanları da bu algının oluşmasında etkili olmuştur. Genel vücut aerodinamikleri bisiklet branşına özgü bir karakteristik oluşturduğundan bu testin bisiklet ergometresi ile yapılması uygulanan test prosedürüne bağlı olarak performans düzeyleri arasındaki farkı belirlemek adına etkili olacaktır. Aynı şekilde; Uzak

Doğu sporcularının branşlarının genel karakteristiğinin koşu eylemini çok fazla içermiyor olması, koşubandı üzerinde bireylere alıştırma yapılmasına rağmen, sporcuların koşu ergometresine adaptasyonunu etkilemiş dolayısıyla Tlim derecelerini etkilemiş olabilir. Ancak tüm branştaki sporcuların RER değerlerinin 1.15 in üzerine çıkmış olması testin maksimal bir test olarak yapıldığının bir göstergesidir.

Yapılan başka bir çalışmada Crisp ve arkadaşları (Crisp ve diğerleri, 2013) basketbol ve futbol branşlarındaki sporcuların  $vVO_2$  maks seviyesindeki Tlim değerleri karşılaştırılmış, futbolcuların  $VO_2$  maks seveleri ( $58.3 \pm 4.2$  ml/kg/dk), basketbolcuların ( $50.0 \pm 3.1$  ml/kg/dk) değerlerinden yüksek olmasına rağmen, basketbolcuların Tlim süreleri ( $318 \pm 98.9$  sn.); futbolcuların ( $255.3 \pm 86.6$  sn.) değerlerine oranla daha yüksek bulunmuştur. Gruplar arasında kan laktat uzaklaştırma kinetikleri ve pik kan laktat değerleri arasında ise anlamlı bir fark bulmamışlardır. Dolayısıyla basketbol branşının anaerobik karakteristiğinin futbol branşına oranla daha yüksek olması, dolayısıyla basketbolcuların anaerobik kapasitelerinin daha yüksek olması sebebiyle bu farkın meydana geldiği ileri sürülebilir.

Tlim koşuları sırasında ölçülen RER değerinin 1.0'den büyük olduğu durumlarda enerji kaynağı olarak baskın şekilde karbondioksinin kullanıldığını ve aşırı  $CO_2$  üretildiği anlamına gelmektedir. Çalışmamızda ortalama RER değerleri 1.0'dan yüksek olduğu düşünülürse Tlim testindeki sporcuların baskın enerji



kaynağının glikolitik enerji kaynaklarından sağlandığı söylenebilir. (Bertuzzi, 2012).

### **5.5 VO<sub>2</sub>maks, vVO<sub>2</sub>maks ve Tlim ilişkisi**

Çalışmamızda farklı spor branşları arasında yaptığımız analizde VO<sub>2</sub>maks ile vVO<sub>2</sub>maks arasında pozitif ilişki bulunmuştur. Diğer bir deyişle, VO<sub>2</sub>maks değerleri yüksek olan sporcuların vVO<sub>2</sub>maks değerlerinin de yüksekti. Daha önce yapılan bazı çalışmalarda da bizim çalışmamızda bulunan benzer sonuçlar bulunmuştur. VO<sub>2</sub>maks bireyin kullandığı maksimum oksijen miktarı olmasından ve yüksek miktarda kullanılan oksijenin vVO<sub>2</sub>maks testi sırasında özellikle aerobik glikolizi desteklemesinden ve boşalan depoların yenilenmesinden dolayı yüksek oksijen kullanma kapasitesine sahip bireyler daha yüksek vVO<sub>2</sub>maks değerlerine ulaştığı söylenebilir. Yapılan bazı çalışmalarda vVO<sub>2</sub>maks ve Tlim arasında negatif ilişki bulunurken bazı çalışmalarda herhangi bir ilişki bulunmamıştır. Negatif ilişki bulan çalışmalar bunun nedenini yüksek hıza sahip olan bireylerin bu hızda, hızlı bir şekilde laktatın birikmesine neden olacağı ve bu sebeple daha az süre koşabileceği yönündeydi (Denadai ve diğerleri, 2004). Çalışmamızda herhangi bir ilişkinin bulunmamasının nedeninin, bireylerin yüksek hızda koşarken biriken laktatı aynı zamanda yeterli derecede tamponlayarak egzersiz süresini beklenenden daha uzun tutmaları olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, vVO2maks ve Tlim testlerinin sporcuların performanslarını belirlemek için kullanılabileceği kanaatindeyiz. Bu sayede, VO2maks testleri ile beraber, performans analizinde daha verimli belirlemelerin ve antrenman programların yapılabileceğini düşünmekteyiz.

## ÖNERİLER

Farklı branşlardan sporcular ileriki çalışmalarda test edilerek diğer branşlarında bu konudaki fizyolojik profillerinin belirlenmesinin karşılaştırma açısından yararlı olacağı kanaatindeyiz. Ayrıca, bisikletçilerin testlerinde bisiklet ergometresi kullanılmasının daha verimli olacağını düşünmekteyiz.

## KAYNAKLAR

- Açıkada, C. (1987). *Sporcularda Vücut Parametrelerinin Değerlendirilmesi*. Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul, 31-34.
- Adrian, M. J., Cooper, J. M. (1989). *The Biomechanics of Human Movement*. Indianapolis, Ind; Benchmark Press; 362-363.
- Anderson, P. (1975). Capillary density in skeletal muscle of man. *Acta Physiologica Scandinavica*. 95: 203-205.
- Anderson, P., Henriksen, J. (1977). Training induced changes in the subgroups of human type II skeletal muscle fibres. *Acta Physiologica Scandinavica*, 99: 123-125.
- Aracı, H. (2004). *Öğretmenler ve Öğrenciler için Okullarda Beden Eğitimi*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, s.17-23.
- Astrand, P. O. (1981). Aerobic and anaerobic energy sources in exercise. *Medicine and Sport Science*. 13: 22–37.
- Astrand, P., Rodahl, K. (1986). *Textbook of Work Physiology*, 3th Ed, USA: Mc Garw-Hill Book Company.
- Astrand P. O., Rodahl, K., Dahl, H. A., Stromme, S. B. ( 2003). *Text Book of Work Physiology*. 4th ed, Champaign, IL: Human Kinetics.
- Baldwin, K., Winder, W., Terjung, R., Holloszy, J. (1972). Glycolytic capacity of red, white and intermediate muscle: adaptive response to running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 4: 50-54.
- Bear, M. F., Connors, B. W., Paradiso, M. A. (2006). *Neuroscience: Exploring The Brain*. (3rd ed.), Hardcover, p.376-398.
- Beeson WL, Batech M, Schultz E, Salto L, Firek A, Deleon M, Balcazar H, Cordero-Macintyre Z. (2010). Comparison of body composition by

bioelectrical impedance analysis and dual-energy X-ray absorptiometry in Hispanic diabetics. *Int J Body Compos Res.* 8(2):45-50.

Benzi, G., Panceri, P., Bernardi, M., Villa, R., Arcelli, E., D'Angelo, L., Arrigoni, E., Berte, F. (1975). *Journal of Applied Physiology.* 38: 565-569.

Berne, M.R., Levy, N. M., Koeppen, M. B., Stanton, B. A. (2008). *Fizyoloji.* 5.baskı, Ankara: Güneş Tıp Kitabevleri.

Bertuzzi, R., Bueno, S., Pasqua, L. A., Acquesta, F. M., Batista, M. B., Roschel, H., Kiss, M. A. , Serrao, J. C., Tricoli, V., Ugrinowitsch, C. (2012). Bioenergetics and Neuromuscular determinants of the time to exhaustion at velocity corresponding to VO<sub>2</sub>max in recreational long-distance runners. *The Journal of Strength and Conditioning Research.* 26(8): 2096-2012.

Billat, V, Renoux, J. C., Pinoteau, J., Petit, B., Koralsztein, J. P. (1994). Times to exhaustion at 100% of velocity at VO<sub>2</sub> max and modelling of the time-limit/velocity relationship in elite long-distance runners. *European Journal of Applied Physiology.* 69:271-273.

Billat, V., Renoux, J. C., Pinoteau, J., Petit, B., Koralsztein, J.P. (1994). Reproducibility of running time to exhaustion at VO<sub>2</sub> max in subelite runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 26:254-257.

Billat, L.V., Koralsztein, J. P. (1996a). Significance of the velocity at VO<sub>2</sub>max and time to exhaustion at this velocity. *Sports Medicine.* 22(2):90-108.

Billat, V., Faina, M., Sardella, F., Marini, C., Fanton, F., Lupo, S., Faccini, P., De Angelis, M., Koralsztein, J. P., Dalmonte, A. (1996b). A comparison of time to exhaustion at VO<sub>2</sub> max in élite cyclist, kayak paddlers, swimmers and runners. *Ergonomics.* 39:267-277.

Billat, V. L., Blondel, N., Berthoin, S. (1999). Determination of the velocity associated with the longest time to exhaustion at maximal oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology.* 80(2):159-61.

- Bomba, T.O. (1998). *Antrenman Kuramı ve Yöntemi*. 2. baskı, Ankara: Bağırgan Yayınevi.
- Borensztajn, J., Rune, M., Babirak, S., McGarr, J., Oscai, L. (1975). Effects of exercise on lipoprotein lipase activity in rat heart and skeletal muscle. *American Journal of Physiology*. 229: 394-397.
- Borg, G.A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine Science in Sport Exercise*. 15:377-381.
- Bragada, J. A., Paulo, J., Santos, J., Maia, A., Colaço, P. J., Lopes, V. P., Barbosa, T. M. (2010). Longitudinal study in 3,000 m male runners: relationship between performance and selected physiological parameters. *Journal of Sports Science and Medicine*. 9: 439-444.
- Brodal, P., Inger, F., Hermansen, L. (1977). Capillary supply of skeletal muscle fibers in untrained and endurance trained men. *American Journal of Physiology*. 232(6): 705-712.
- Brooks, G. A., Fahey, T. D., White, T. P. (1996). *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and Its Applications*. (2nd ed.) Mountain View, CA: Mayfield Publishing Company.
- Cappellini, G., Ivanenko, Y. P., Poppele, R. E., Lacquaniti, F. (2006). Motor Patterns in Human Walking and Running. *Journal of Neurophysiology*, 95(6), 3426-3437.
- Chan, M. M., Chan, G. M. (2009). Nutritional therapy for burns in children and adults. *Nutrition*. 25: 261-9.
- Collins, R., Gross, R., Shi, J. (2002). Silhouette-Based Human Identification from Body Shape and Gait, FGR '02: *Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition*. Washington, DC, USA. IEEE Computer Society, p. 351-356.
- Consolazio, C. F., Johnson, R. E., Pecora, L. J. (1963). *Physiological Measurements of Metabolic Functions in Man*. McGraw-Hill, New York, p. 313-339.

Costa, V. P., De Matos, D. G., Pertence, L. C., Martins, J. A., Roberto, J., De Lima, P. (2011). Reproducibility of Cycling Time to Exhaustion at VO<sub>2</sub> Max in Competitive Cyclists. *Journal of Exercise Physiology*. 14:28-34.

Costill, D. L., Daniels, J., Evans, W., Fink, W., Krahenbuhl, G., Saltin, B. (1976). Skeletal muscle enzymes and fiber composition in male and female track athletes. *Journal of Applied Physiology*. 40:149-154.

Crisp, A. H., Rozangela, V., Sindorf, G., Antonio, M., Moises, D. G., Marcelo, C. C., Ricardo, L. C. (2013). Time to Exhaustion at VO<sub>2</sub> Max Velocity in Basketball and Soccer Athletes. *Journal of Exercise Physiology*. Vol. 16 Issue 2, p.82.

Dalleck, L., Dalleck, A. (2008). The Acsm Exercise Intensity Guidelines for Cardiorespiratory Fitness: Why The Misuse, *Journal of Exercise Physiologyonline*, Vol.11(2): 2-3.

David, V. B., James, J.A., Doust, H . (2000). Time to exhaustion during severe intensity running: response following a single bout of interval training. *European Journal of Applied Physiology*. 81: 337-345.

Davis, J. A. (1985). Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 17: 6-18.

Demarie, S., Koralsztejn, J. P., Billat, V. (2000). The limit and time at VO<sub>2</sub> max during a continuous and an intermittent run. *The Journal Of Sports Medicine And Physical Fitness*. 40:96-102.

Dempsey, R. T. (1986). Is the lung built for exercise? *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 18: 143-155.

Denadai, B. S., Figueira, T. R., Favaro, O. P., Gonçalves, M. (2004). Effect of the aerobic capacity on the validity of the anaerobic threshold for determination of the anaerobic threshold for determination of the maximal lactate steady state in cycling. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 37: 1551-1556.

- Denadai, B. S., Ortiz, M. J., Mello, M. T. (2004). Physiological indexes associated with aerobic performance in endurance runners: effects of race duration. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 10:401-404.
- Dere, F., Yücel, B. (1994). *Spor Eğitimi İçin Fonksiyonel Anatomi*. 1. baskı, Adana: Okullar Pazarı Kitabevi, 63: 185.
- Deurenberg, P., Weststrate, J. A., Paymans, I., Kooy, V. D. (1988). Factors affecting bioelectrical impedance measurements in humans. *European Journal of Clinical Nutrition*. 42(12):1017-22.
- Dowell, R. T. (1983). Cardiac adaptations to exercise. *Exercise & Sport Sciences Reviews*, 11:99-117.
- Dugan, S. A., Bhat, K. P. (2005). Biomechanics and Analysis of Running Gait. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 16; 603-621.
- Ehsani, A. A., Ogawa, T., Miller, T. R. Spina, R. J., Jilka, S. M. (1991). Exercise training improves left ventricular systolic function in older men. *Circulation*, 83: 96-103.
- Eklblom, B., Astrand, P., Saltin, B., Stenberg, J., Wallstrom, B. (1968). Effect of training on circulatory response to exercise. *Journal of Applied Physiology*. 24(4): 518-528.
- Erculj, F., Dezman, B., Vuckovic, G., Pers, J., Perse, M., Kristan, M. (2008). An analysis of basketball players' movements in Slovenian basketball league play-offs using the sagit tracking system. *Facta Universitatis*. 6:75-84.
- Fox, E. L., Robinson, S., Wiegman, D. L. (1969). Metabolic energy sources during continuous and interval running. *Journal of Applied Physiology*, 27(2):174-178.
- Fox, E. L., Bowers, R. W., Foss, M. L. (1999). *Beden Eğitimi ve Sporun Fizyolojik Temelleri*. 2. baskı. Ankara: Bağırgan Yayımevi.



Fowles, J. R., Sale, D. G., Mac Dougall, J. D. (2000). Reduced strength after passive stretch of the human plantar flexors. *Journal of Applied Physiology*. 89: 1179-1188.

Ganong, W. F. (2002). *Tıbbi Fizyoloji*. 20. baskı, Ankara: Nobel Kitapevi.

Ghez, C., Krakauer, J. (2000). The organization of movement. In: Kandel E.R., Schwartz J.H., Jessell T.M., (eds) *Principles of Neural Science*, : McGraw-Hill, Health Professions Division, New York, p. 653-673.

Gleim, G. W. (1993). Anaerobic Testing and Evaluation. *Medicine, Exercise, Nutrition and Health*. 2:27-35.

Gormley J, Hussey, J. (2005). *Exercise therapy: Prevention and treatment of disease*. Oxford, UK, Blackwell.

Guyton, A. C. (1986). *Tıbbi Fizyoloji*, 7. baskı, Nobel Tıp Kitabevleri, s. 51.

Guyton, C., Arthur, H., John, E. (1996). *Tıbbi fizyoloji*. (Çeviri: H.Çavuşoğlu, B. Yeğen, Z. Aydın, İ.Alican). *Tıbbi Fizyoloji*. İstanbul: Tıp Kitabevleri & Yüce Yayınevi; 61- 483.

Guyton, A.C., Hall, J. E. (2001). *Tıbbi Fizyoloji*. 10. baskı, Ankara: Nobel Kitabevi.

Guyton, A. C., Hall, J.E. Çeviri: Özkutlu, U. (2001). *Tıbbi fizyoloji*. 10. baskı, Yüce Yayınları, İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi, 195-209.

Guyton, A., Hall, J., Çavuşoğlu, H. (2011). *Tıbbi Fizyoloji*. 10. baskı, İstanbul: Yüce yayınları.

Günay, M. (1997). *Egzersiz Fizyolojisi*. 1. Baskı. Ankara: Bağırman Yayınevi, 29-105.

Haskell, W. L., Leon, A. S., Caspersen, C. J., Froelicher, V. F., Hagberg, J. M., Harlan, W., Holloszy, J. O., Regensteiner, J. G., Thompson, P. D., Washburn, R. A. (1992). Cardiovascular benefits and assessment of physical

- activity and physical fitness in adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 24(6): 201-20.
- Heyward, V. H., Stolarczyk, L. M. (1996). *Applied body composition assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Heyward, V. H. (2006). *Advanced Fitness Assessment and Exercise Prescription*: Fifth Edition. Champaign, IL: Human Kinetics. p.56.
- Holcomb, B. (2002). *Stretching and Warm up: Essentials of Strength Training and Conditioning* (2nd Edition). Champaign, IL: Human Kinetics. (p. 321-342.
- Jonhsen H. (1993). Effect of Exercise Training on the Blood Pressure and Hemo Dynamics Features or Hypertensive and Adolescents, *Annual Journal of Cardiology* 52: 763.
- Jequier, E. (1985). Direct and indirect calorimetry in man, in Garrow JS, Halliday D (eds): *Substrate and Energy Metabolism*. London, Libbey, p. 82-91.
- Jackson, A. S., Pollock, M. L. (1985). Practical assesment of body composition. *Physician and Sportsmedicine*. 13(5): 101.
- Jones, A. M. (1998). A five year physiological case study of an Olympic runner. *British Journal of Sports Medicine*. 32:39-43.
- Kellmann, M. (2002). *Enhancing Recovery, Preventing Underperformance in Athlete*. 1th ed., Champaign, IL: Human Kinetics.
- Koch, A. J., O'Bryant, H. S., Stone, M. E. (2003). Effect of warm up on the standing broad jump in trained and untrained men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 17: 710-714.
- Kokkonen, J., Nelson, A. G., Cornwell, A. (1998). Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance. *Research Quarterly for Exercise & Sport*. 69: 411-415.

- Kraemer, W.J., Spiering, B. (2006). Skeletal muscle physiology: plasticity and responses to exercise. *Hormone Research*, 66(1): 2-16.
- Laursen, P. B., Francis, G. T., Abbiss, C. R., Newton, M. J., Nosaka, K. (2007). Reliability of time-to-exhaustion versus time-trial running tests in runners. *Medicine and science in sports and exercise*. 39(8):1374-9.
- Lukaski, H. C., Bolonchuk, W. W., Hall, C. B., Siders, W. A. (1986). Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *Journal of Applied Physiology*. 60(4):1327-32.
- Martin, B.J., Sparks, K.E., Zwillich, C.W., Weil, J.V. (1979). Low exercise ventilation in endurance athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 11(2): 181-185.
- Mayers, J. N. (2001). The physiology behind exercise testing. *Primary Care*. 28:5-28.
- McArdle, W. D., Frank, I. K., Victor, L. K. (2000). *Essentials of Exercise Physiology*. 2th ed, Lippincott Williams.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., Katch, V. L. (2007). *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, & Human Performance* : Sixth edition. MD: Lippincott Williams & Wilkins, 170-173.
- McArdle, W. D., Katch, F. I., Katch V. L. (2010). *Exercise physiology*. Lippincott Williams & Wilkins. p. 158-163.
- McLaughlin, J. E., Howley, E. T., Bassett, D.R. Jr., Thompson, D. L., Fitzhugh, E.C. (2010). Test of the classic model for predicting endurance running performance. *Medical Science and Sports Exercise*. 42(5):991-7.
- Mehta, N. M. (2009). Clinical guidelines: Nutrition support of the critically ill child. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. 33: 260-276.
- Midgley, A. W., Mcnaughton, L. R., Wilkinson, M. (2006). Is there an optimal training intensity for enhancing the maximal oxygen uptake of distance runners? Empirical research findings, current opinions,

physiological rationale and practical recommendations. *Sports Medicine*. 36:117-132.

Nieman, D. C. (2003). *Exercise Testing and Prescription: A Health Related Approach* 5th edition. S: 209.

Noakes, T. D., Myburgh, K. H., Schall, R. (1990). Peak treadmill running velocity during the VO<sub>2</sub>max test predicts running performance. *Journal of Sport Sciences*, 8(1): 35-45.

Osteras, H., Helgerud, J., Hoff, J. (2002). Maximal strenght training effects on force velocity and force power relationships explain increases in aerobic performance in humans. *European Journal of Applied Physiology*. 88:255-263.

Safran, M. R., Seaber, A. V. (1989). Warm up and muscular injury prevention. An update. *Sports Medicine*, 4: 239-249.

Sharon A. P., Denise, L. S. (2003). *Exercise Physiology for Health, Fitness and Performance*. 2th ed, San Francisco: Benjamin Cummings Publishing.

Sharkey, B. J. (1997). *Fitness and Health*, 4th edition, Human Kinetics. p. 69-11.

Shephard, R. J., Astrand, P. O. (2000). *Endurance in Sport: The Encyclopaedia of Sports Medicine*. Vol. II. Second edition. Oxford: Blackwell Science.

Sönmez, G. T. (2002). *Egzersiz ve Spor Fizyolojisi*. Ankara: Birlik Yayıncılık, 151-152.

Spina R. J., Chi, M. M., Hopkins, M. G., Nemeth, P. M., Lowry, O. H., Holloszy, J. O. (1996). Mitochondrial enzymes increase in muscle in response to 7-10 days of cycle exercise. *Journal of Applied Physiology*. 80(6):2250-2251.

Storen, O., Helgerud, J., Stoa, E. M., Hoff, J. (2008). Maximal strength training improves running economy in distance runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 40:1087-1092.

Sunde, A., Storen, O., Bjerkaas, M., Larsen, M. H., Hoff, J., Helgerud, J. (2010). Maximal strength training improves cycling economy in competitive cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 24:2157-2165.

Taylor, D., Dalton, J., Seaber, A., Garrett, W. (1990). Viscoelastic properties of muscle tendon units: The biomechanical effects of stretching. *American Journal of Sports Medicine*. 18: 300-309.

Whittle, M. W., Levine, D. (1999). Three-dimensional relationships between the movements of the pelvis and lumbar spine during normal gait. *Human Movement Science*, 18; 681–692.

Williams & Wilkins. (1991). *American College of Sports Medicine (ACSM). Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. Philadelphia. 5: 67-68.

Wilmore, J. H., Costil, D. C. (1994). *Physiology of Sport and Exercise*, Champaign, IL: Human Kinetics. p. 513-529.

Wilmore, J. H., Costil, D. L. (2004). *Physiology of Sport and Exercise*. 3th ed., Champaign, IL: Human Kinetics.

Yıldırım, M. (2004). *İnsan Anatomisi*. 6. baskı, İstanbul: Nobel Tıp Kitapevleri, s.74-121.

## ÖZGEÇMİŞ

1988 yılında Ceyhan'da doğdu. 2011 yılında Dumlupınar Üniversitesi Antrenörlük Eğitimi bölümünden, 2012 yılında ise çift ana dal programı ile Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği bölümünden mezun oldu. 2013 yılında Dumlupınar Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalında başladığı yüksek lisans programına 2014 yılında araştırma görevlisi olarak başladığı Mersin Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalında devam etmektedir. Halen Mersin Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksek Okulunda araştırma görevlisi olarak devam etmektedir. Yabancı dili İngilizcedir.