

T.C  
MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI

**DEĞİŞİK VÜCUT KİTLE İNDEKSİNE SAHİP BİREYLERİN  
FİZİKSEL AKTİVİTE SEVİYELERİNİN VE YÜRÜME  
PARAMETRELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Zeynep ALTINKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Uğur DAL

MERSİN-2014

T.C.  
MERSİN ÜNİVERSİTESİ  
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
FİZYOLOJİ ANABİLİM DALI

**DEĞİŞİK VÜCUT KİTLE İNDEKSİNE SAHİP BİREYLERİN  
FİZİKSEL AKTİVİTE SEVİYELERİNİN VE YÜRÜME  
PARAMETRELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Zeynep ALTINKAYA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DANIŞMAN

Doç. Dr. Uğur DAL

Bu tez, Mersin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından  
BAP-SBE FB (ZA) 2012-8 YL nolu proje olarak desteklenmiştir.

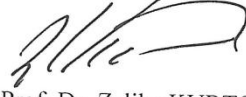
Tez No:257

MERSİN-2014

**Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü**

Fizyoloji Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi Programı çerçevesinde yürütülmüş olan “Değişik Vücut Kitle İndeksine Sahip Bireylerin Fiziksel Aktivite Seviyelerinin ve Yürüme Parametrelerinin Karşılaştırılması” başlıklı çalışma, jürimiz tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 04/08/2014



Prof. Dr. Zeliha KURTOĞLU

Mersin Üniversitesi



Doç. Dr. Uğur DAL

Mersin Üniversitesi



Yrd. Doç. Dr. Leyla ŞAHİN

Mersin Üniversitesi

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunun 05.08.2014... tarih ve 2014/210 sayılı kararı ile kabul edilmiştir.



## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca fikirleri ile deneyim kazandığım ve bu çalışma süresince değerli yardım ve katkılarını esirgemeyen tez danışmanım Doç. Dr. Uğur DAL'a,

Yüksek lisans eğitimim süresince fikirleri ile bana yol gösteren Doç. Dr. Tolgay ERGENOĞLU'na, Yrd. Doç. Dr. Leyla ŞAHİN'e yardımları için sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmamın deney aşamasında yapmış olduğu katkılardan dolayı Arş. Gör. Figen DAĞ'a, deney gruplarının oluşturulmasında ve tez yazım süresince yaptığı katkılardan dolayı Arş. Gör. Dilan Deniz KOYUNCU'ya, deney gruplarının oluşturulmasında emeği geçen Arş. Gör. Coşar UZUN ve Arş. Gör. Ümit KARAKAŞ'a, tezimin istatistikleri ve bulgularının değerlendirilmesi konusundaki yardımlarından dolayı Arş. Gör. Merve TÜRKEGÜN'e ve tez yazım süresince desteğini esirgemeyen Arş. Gör. Berrin MARAŞLIGİL'e teşekkür ederim.

Hayatım boyunca, maddi ve manevi her zaman destekçim olan annem, babam ve kardeşlerime sonsuz teşekkürler.

Zeynep ALTINKAYA

# İÇİNDEKİLER

<b>KABUL VE ONAY</b>	ii
<b>TEŞEKKÜR</b>	iii
<b>İÇİNDEKİLER</b>	iv
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b>	viii
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b>	ix
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ</b>	x
<b>ÖZET</b>	xii
<b>ABSTRACT</b>	xiii
<b>1. GİRİŞ</b>	1
<b>2. GENEL BİLGİLER</b>	3
2.1. Fiziksel Aktivite	3
2.1.1. Fiziksel Aktivitenin Değerlendirilmesi	4
2.1.1.1. Anketler	4
2.1.1.2. Görüşmeler	5
2.1.1.3. Günlükler	5
2.1.1.4. Direkt Gözlem	6
2.1.1.5. Fotoğraf ya da Video Yöntemi	6
2.1.1.6. Hareket Sayıcılar	7
2.1.1.7. Akselometre	7
2.1.2. Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi (UFAA)	9
2.2. Vücut Kompozisyonu	9
2.2.1. Vücut Kompozisyonunun Değerlendirilmesinde Kullanılan	
Metodlar	9
2.2.1.1. Direkt Yöntem	9
2.2.1.2. İndirekt Yöntem	10
2.2.1.2.1. Hidrostatik Yöntem	10
2.2.1.2.2. Deri Kıvrım Kalınlığı ve Çevre Ölçümleri	11
2.2.1.2.3. X-ışını Yöntemi	11
2.2.1.2.4. Ultrasonografi	11

2.2.1.2.5. Biyoelektrik İmpedans Analizi	12
2.2.1.2.6. Bilgisayarlı Tomografi	13
2.2.1.2.7. Manyetik Rezonans	13
2.2.2. Obezite	13
2.2.2.1. Tanım	13
2.2.2.2. Obezitenin Yaygınlığı	14
2.2.2.3. Obezite Tipleri	15
2.2.2.4. Obezitenin Etiyolojisi	15
2.2.2.4.1. Enerji Alımı	16
2.2.2.4.1.1. Beslenmeyi Düzenleyen Sinirsel Merkezler	16
2.2.2.4.2. Enerji Tüketimi	17
2.2.2.4.3. Obeziteye Neden Olan Muhtemel Mekanizmalar	18
2.2.2.4.4. Obeziteye Neden Olan Azalmış Fiziksel Aktivite	19
2.2.2.4.5. Çevresel, Sosyal ve Psikolojik Faktörler	20
2.2.3. Zayıflık	20
2.3. Genel Enerji Metabolizması	21
2.3.1. Biyoenerjistik	21
2.3.1.1. Anaerobik Sistem	21
2.3.1.1.1. Adenozin Trifosfat	22
2.3.1.1.2. Fosfokreatin	23
2.3.1.1.3. Glikolitik Sistem	24
2.3.1.2. Aerobik Sistem	25
2.3.2. Enerji Kaynağı	25
2.3.2.1. Karbonhidratlar	26
2.3.2.2. Yağlar	27
2.3.2.3. Proteinler	28
2.3.3. Enerji Metabolizması	28
2.3.3.1. Metabolik Hız	28
2.3.3.2. Bazal Metabolizma Hızı	29
2.3.3.3. Kalori	29
2.3.4. Metabolizma Ölçüm Metodları	30
2.3.4.1. Direkt Kalorimetre	30

2.3.4.2. İndirekt Kalorimetre	31
2.3.4.2.1. Kapalı-Devre Spirometri	32
2.3.4.2.2. Açık-Devre Spirometri	32
2.3.4.2.2.1. İndirekt Kalorimetre Yöntemleri	33
2.3.4.2.2.1.1. Taşınabilir Spirometri	33
2.3.4.2.2.1.2. Douglas Torbası/Balon Metodu	33
2.3.4.2.2.1.3. Bilgisayarlı Sistemler	34
2.3.4.2.2.2. O <sub>2</sub> Tüketimi ve CO <sub>2</sub> Üretiminin Hesaplanması	35
2.3.4.2.2.3. Solunumsal Değişim Oranı	36
2.3.5. Metabolizma Hızını Etkileyen Faktörler	36
2.4. Yürüme	37
2.4.1. Yürüme Siklusu	38
2.4.2. Yürüme Enerji Tüketimi	39
2.5. Obezite ve Egzersiz	40
2.5.1. Doz-Cevap İlişkisi	41
2.5.1.1. Farklı Sürelerde Yürüme ve Koşma	41
2.5.1.2. Egzersiz Sıklığı	41
2.5.1.3. Egzersize Başlamak ve Arttırmak	42
<b>3. GEREÇ VE YÖNTEMLER</b>	43
3.1 Çalışma Gruplarının Oluşturulması	43
3.2. Fiziksel Aktivite Düzeyinin Belirlenmesi	43
3.2.1. Akselometre	44
3.2.1.1. Akselometre Datalarının Analizi ve Değerlendirilmesi	45
3.2.1.2. UFAA Datalarının Analizi ve Değerlendirilmesi	46
3.3. Tercih Edilen Yürüme Hızının Belirlenmesi	46
3.4. Enerji Tüketiminin Ölçülmesi	47
3.5. İstatistiksel Değerlendirme	48
<b>4. BULGULAR</b>	49
4.1. Zayıf, Normal, Vücut Ağırlığı Fazla ve Obez Grupların Demografik ve Antropometrik Özelliklerinin Karşılaştırılması	49
4.2. Zayıf, Normal, Vücut Ağırlığı Fazla ve Obez Grupların Enerji	

Tüketimlerinin Karşılaştırılması	50
4.2.1. Gruplar Arasında İstirahat Enerji Tüketimi (İET)'nin Karşılaştırılması	50
4.2.2. Gruplar Arasında Yürüme Parametrelerinin Karşılaştırılması	51
4.2.2.1. Gruplar Arasında TEYH ve Brüt YET'nin Karşılaştırılması	51
4.2.2.2. Gruplar Arasında Net Enerji Tüketimi (NET)'nin Karşılaştırılması	52
4.2.2.3. Gruplar Arasında Oksijen Maliyetinin Karşılaştırılması	53
4.2.3. Regresyon Analizi	54
4.3. Zayıf, Normal, Vücut Ağırlığı Fazla ve Obez Grupların Fiziksel Aktivitelerinin Karşılaştırılması	56
<b>5. TARTIŞMA</b>	60
5.1. Antropometrik Ölçümler	60
5.2. İstirahat Enerji Tüketimi	61
5.3. Yürüme Enerji Tüketimi	63
5.4. Fiziksel Aktivite	65
<b>6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b>	67
<b>7. KAYNAKLAR</b>	69
<b>EKLER</b>	81
EK-1	81
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	86



## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 2.1.</b> ATP'nin kimyasal yapısı	22
<b>Şekil 2.2.</b> Glikoliz sırasında ortaya çıkan tepkime dizisi	25
<b>Şekil 2.3.</b> Hücresel solunumla ısı üretimi	30
<b>Şekil 2.4.</b> Kalorimetre odası	31
<b>Şekil 2.5.</b> Laboratuvarımızda yer alan O <sub>2</sub> ve CO <sub>2</sub> analizinin yapıldığı metabolitör	35
<b>Şekil 2.6.</b> Yürüme fazları. a) Basma fazı, b) Salınım fazı	38
<b>Şekil 3.1.</b> Üç eksenli akselometre ve aktarım ünitesi	44
<b>Şekil 3.2.</b> Yürüme enerji tüketiminin ölçümü	48
<b>Şekil 4.1.</b> Akselometre ve anketten elde edilen düşük şiddetli aktivite sürelerinin gruplar arasındaki dağılımı	57
<b>Şekil 4.2.</b> Akselometre ve anketten elde edilen orta şiddetli aktivite sürelerinin gruplar arasındaki dağılımı	58
<b>Şekil 4.3.</b> Akselometre ve anketten elde edilen şiddetli aktivite sürelerinin gruplar arasındaki dağılımı	58

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 2.1.</b> Vücut kitle indeksi değerlerine göre obezitenin sınıflandırılması	14
<b>Çizelge 2.2.</b> Hipotalamusta beslenme ve tokluk merkezlerini etkileyen nörotransmitter ve hormonlar	16
<b>Çizelge 4.1.</b> Grupların demografik ve antropometrik ortalamalarının karşılaştırılması	49
<b>Çizelge 4.2.</b> Grupların demografik ve antropometrik ortancalarının karşılaştırılması	49
<b>Çizelge 4.2.</b> Grupların demografik ve antropometrik ortancalarının karşılaştırılması (devamı)	50
<b>Çizelge 4.3.</b> Gruplar arasında İET ortalamalarının karşılaştırılması	50
<b>Çizelge 4.4.</b> Gruplar arasında normalize edilen İET ortalamalarının karşılaştırılması	51
<b>Çizelge 4.5.</b> Gruplar arasında TEYH ve %30 TEYH ortalamalarının karşılaştırılması	51
<b>Çizelge 4.6.</b> Gruplar arasında Brüt YET ve Brüt YET %30 ortancalarının karşılaştırılması	52
<b>Çizelge 4.7.</b> Gruplar arasında NET ortalamalarının karşılaştırılması	53
<b>Çizelge 4.8.</b> Gruplar arasında NET ortancalarının karşılaştırılması	53
<b>Çizelge 4.9.</b> Gruplar arasında oksijen maliyeti ortalamalarının karşılaştırılması	54
<b>Çizelge 4.10.</b> Gruplar arasında oksijen maliyeti ortancalarının karşılaştırılması	54
<b>Çizelge 4.11.</b> Normal ve obez gruplarda YET'e yaş, boy, ağırlık, yağsız kitle, yağ kitlesi ve TEYH'nin katkısı	55
<b>Çizelge 4.12.</b> Normal ve obez gruplarda YET %30'una yaş, boy, ağırlık, yağsız kitle, yağ kitlesi ve TEYH'nin katkısı	55
<b>Çizelge 4.13.</b> Normal ve obez gruplarda İET'e yaş, boy, ağırlık, yağsız kitle ve yağ kitlesinin katkısı	56
<b>Çizelge 4.14.</b> Gruplara göre anketten ve akselometre cihazından elde edilen değişkenlerin karşılaştırılması	56
<b>Çizelge 4.15.</b> Gruplar arasında akselometre cihazından elde edilen fiziksel aktivite sürelerinin yüzde ortalamalarının karşılaştırılması	59
<b>Çizelge 4.16.</b> Anket ve akselometre uyumu	59

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b><math>\alpha</math>-MSH</b>	Alfa- Melanosit Uyarıcı Hormon
<b>ADP</b>	Adenozin Difosfat
<b>AMP</b>	Adenozin Monofosfat
<b>ATP</b>	Adenozin Trifosfat
<b>BIA</b>	Biyoelektrik İmpedans Analizi
<b>BMH</b>	Bazal Metabolizma Hızı
<b>BMI</b>	Body Mass Index
<b>cm</b>	Santimetre
<b>CO<sub>2</sub></b>	Karbondioksit
<b>DEXA</b>	Dual-Enerji-X-Işını Absorbsiyometri
<b>dk</b>	Dakika
<b>gr</b>	Gram
<b>h</b>	Saat
<b>H<sub>2</sub>O</b>	Su
<b>ICC</b>	Intraclass Korelasyon Katsayısı
<b>IL-6</b>	İnterlökin-6
<b>IPAQ</b>	International Physical Activiy Questionnaire
<b>İET</b>	İstirahat Enerji Tüketimi
<b>kg</b>	Kilogram
<b>kal</b>	Kalori
<b>kcal</b>	Kilokalori
<b>km</b>	Kilometre
<b>lt</b>	Litre
<b>m</b>	Metre
<b>m<sup>2</sup></b>	Metrekare
<b>mlt</b>	Mililitre
<b>MC4R</b>	Melanokortin 4 Reseptörü
<b>MET</b>	Metabolik Eşitlik
<b>N<sub>2</sub></b>	Nitrojen
<b>NET</b>	Net Enerji Tüketimi
<b>NPY</b>	Nöropeptit Y

<b>O<sub>2</sub></b>	Oksijen
<b>OB-R</b>	Leptin Reseptörü
<b>Pi</b>	Fosfat İyonu
<b>PCr</b>	Fosfokreatin Fosfat
<b>POMC</b>	Proopiomelanokortin
<b>PVN</b>	Paraventriküler Nükleus
<b>PWS</b>	Preferred Walking Speed
<b>PWS 30%</b>	30% More of Preferred Walking Speed
<b>R</b>	Solunumsal Değişim Oranı
<b>REE</b>	Resting Energy Expenditure
<b>sn</b>	Saniye
<b>TEYH</b>	Tercih Edilen Yürüme Hızı
<b>TEYH%30</b>	Tercih Edilen Yürüme Hızının %30 Fazlası
<b>TNF-<math>\alpha</math></b>	Tümör Nekrozis Faktör-alfa
<b>UFAA</b>	Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi
<b>VB</b>	Vektör Büyüklüğü
<b>VKİ</b>	Vücut Kitle İndeksi
<b>Brüt YET</b>	Brüt Yürüme Enerji Tüketimi
<b>Brüt YET%30</b>	Brüt %30 Fazla Hızdaki Yürüme Enerji Tüketimi

## ÖZET

### Değişik Vücut Kitle İndeksine Sahip Bireylerin Fiziksel Aktivite Seviyelerinin ve Yürüme Parametrelerinin Karşılaştırılması

Fiziksel aktivite sağlıklı yaşamın önemli bir belirleyicisidir. Bu nedenle fiziksel aktivite ve sağlık arasındaki ilişkinin belirlenebilmesi için çeşitli fiziksel aktivite ölçüm yöntemleri geliştirilmiştir. Yürüme ise günlük hayatta kullanılan en yaygın fiziksel aktivite çeşididir. Bu çalışmada, farklı vücut kitle indeksine (VKİ) sahip bireylerin yürüme parametrelerinin değerlendirilmesi ve uluslararası fiziksel aktivite anketi (UFAA) ile üç-eksenli akselometre kullanılarak bireylerin fiziksel aktivite düzeylerinin belirlenmesi ayrıca bu iki yöntemin tutarlılığının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Araştırmamızda, VKİ'ne göre zayıf, normal, vücut ağırlığı fazla ve obez 4 grup oluşturuldu. Bireylerin istirahat enerji tüketimi (İET), tercih edilen yürüme hızı (TEYH)'nda ve bu hızın %30 fazlasında (TEYH %30) yürüme enerji tüketimleri ölçüldü. Katılımcıların fiziksel aktivite düzeyi ise akselometre cihazı ve UFAA kullanılarak belirlendi.

Bulgularımıza göre, İET, vücut ağırlığı ile normalize edildiğinde zayıf ve normal bireylerde vücut ağırlığı fazla ve obez bireylere göre daha yüksek bulunurken ( $p<0,05$ ), İET yağsız kitle ile normalize edildiğinde bireyler arasında bir fark bulunmamaktadır. TEYH'de brüt yürüme enerji tüketimi, vücut ağırlığı fazla ve obez bireylerde zayıf ve normal bireylere göre daha yüksektir ( $p<0,05$ ). TEYH %30'ndaki yürümede tüketilen brüt enerji miktarı, normal, vücut ağırlığı fazla ve obez bireylerde zayıf bireylere göre, obez bireylerde, normal ve vücut ağırlığı fazla bireylere göre anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ( $p<0,05$ ). UFAA ile akselometreden elde edilen fiziksel aktivite düzeyleri uyumlu değildir.

Sonuçlarımıza göre, gruplar arasında İET'ni değerlendirmek için İET yağsız kitle ile normalize edilmelidir. Yürüme sırasında tüketilen enerji miktarını en fazla etkileyen vücut ağırlığı olduğu için brüt yürüme enerji tüketimi dikkate alınmalıdır. Fiziksel aktivitenin değerlendirilmesinde akselometre tercih edilebilir.

**Anahtar Sözcükler:** Fiziksel Aktivite, Enerji Tüketimi, Yürüme, Akselometre, Obezite.

## **ABSTRACT**

### **Comparison of Physical Activity Levels and Walking Parameters of Individuals with Different Body Mass Index**

Physical activity is an important determining aspect of a healthy life, to determine relationship between physical activity and health, various physical activity measurement methods were improved. Walking is a common physical activity in daily life. We aimed to evaluate walking parameters of individuals with different body mass index (BMI) and to determine physical activity levels by using international physical activity questionnaire (IPAQ) and triaxial accelerometer and also to assess consistency of these methods.

In our research, according to BMI values 4 groups were formed including underweight, normal, overweight, and obese individuals. The resting energy expenditure and also the walking energy expenditure was measured at preferred walking speed (PWS) and 30% more of this speed (PWS 30%). The physical activity levels was determined by using accelerometer and IPAQ.

According to our findings, when resting energy expenditure (REE) is normalized with body weight, it was found higher ( $p < 0.05$ ) in underweight and normal subjects with respect to overweight and obese ones, and when REE is normalized with fat-free mass, there was no significant difference between subjects. The gross walking energy expenditure at PWS was higher ( $p < 0.05$ ) in overweight and obese subjects compared to underweight and normal subjects. The gross walking energy expenditure levels at PWS 30% was found significantly higher in normal, overweight and obese subjects than underweight subjects, and obese subjects than overweight and normal subjects. There was no consistency between IPAQ and accelerometer results.

According to our results, to evaluate REE between groups, REE must be normalized with fat-free mass. Since energy expenditure level in walking is affected mostly by body weight, gross walking energy expenditure should be considered. In order to evaluate physical activity level, accelerometer can be used.

**Keywords:** Physical Activity, Energy Expenditure, Gait, Accelerometer, Obesity

# 1. GİRİŞ

Fiziksel aktivite sağlıklı yaşamın önemli, belirleyici bir faktörüdür ve fiziksel aktivitenin azalması bazı hastalıkların görülme riskini artırır (1). Fiziksel aktivitenin artırılması ile birçok hastalığa karşı önlem alınabileceği gibi obeziteyi de etkili bir şekilde önleyebileceği bilinmektedir (2, 3, 4).

Fiziksel aktivite ve sağlık arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılması için aktivitenin değerlendirilmesinde objektif ve güvenilir metodlar gerekmektedir. Fiziksel aktivite düzeyini belirlemek için birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler arasında anketler, görüşmeler, günlükler, direkt gözlem, hareket sayıcılar, akselometre, fizyolojik işaretçiler bulunmaktadır (5, 6).

Gelişmekte olan ülkelerde obezite ve obezite ile ilişkili hastalıklar ciddi halk sağlığı problemidir (7). Bu nedenle fiziksel aktivitenin artırılması kilo alımına karşı etkin bir faktördür, aynı zamanda vücut ağırlığının korunmasında ve yeniden kilo alımı problemlerinde çok önemli bir rol oynamaktadır (8, 9). Ayrıca, dengesiz beslenmenin bir indeksi olan zayıflık da anoreksiya nevroza, kaşeksi gibi bazı sağlık problemlerine neden olur (10, 11). Bu nedenle vücut kompozisyonunun doğru yorumlanması, klinik inceleme ve halk sağlığının değerlendirilmesinde önemlidir (12).

Sedanter bireylerde bazal metabolizma hızı (BMH) günlük enerji tüketiminin %50-70'ni oluşturduğu için, özellikle obezlerde BMH obezite tedavileri ve bu tedavilerin geliştirilmesi ile ilgili yapılan çalışmalarda önemli bir yer tutar (13, 14, 15). BMH, yağsız vücut kitlesi ile orantılıdır ve yirmi yaşından sonra yaklaşık olarak her on yılda kadınlarda %2 erkeklerde ise %3 azalır (13, 16). Yaşla birlikte bazal metabolizma hızındaki bu azalış, vücuttaki kas ve yağ oranındaki değişimle orantılıdır (13, 17).

Obezite enerjisi alımının enerji tüketiminden fazla olduğu durumda meydana gelir. Aşırı miktarda veya dengesiz beslenme ile günlük yaşantıdaki hareket azlığı obezitenin artmasına, sağlığın tehlikeye girmesine neden olmaktadır (18, 19). Obezitenin gelişimine yukarıda sayılan etkilerin yanı sıra, genetik, metabolik, sosyo-ekonomik, sosyo-kültürel etkenler de katkıda bulunmaktadır (19).

Yürüme sırasında çeşitli kasların aktivasyonu enerji tüketimine neden olur (20). Obeziteyi önlemek için günlük fiziksel aktivite, yürüme ile kolayca gerçekleştirilir ve

yaygın kullanılan bir egzersiz çeşididir (21). Obez bireylerde yürüme ile birlikte biyomekanik yüklenmenin çok fazla arttığı ayrıca vücut ağırlığı fazla/obez kadınlarda tüketilen brüt enerji miktarının daha fazla olduğu bildirilmiştir (21, 22). Vücut ağırlığının yanında yürüme hızının da enerji tüketimini etkileyen değişkenler içinde olduğu bazı çalışmalarda vurgulanmaktadır (16, 23). Fakat farklı vücut kompozisyonuna sahip bireyler arasındaki yürüme enerji tüketimi farklılıklarının nasıl değişeceğine dair bir çalışmaya literatürde rastlayamadık.

Bu çalışmada, farklı vücut kitle indeksine göre sınıflandırılmış gruplarda yürüme enerji tüketimlerinin değerlendirilmesi ve fiziksel aktivite ölçümünde kullanılan iki yöntemin, fiziksel aktivite anketi ve akselometrenin birbiri ile tutarlılığının incelenmesi amaçlanmıştır.

Elde edilen bulgular, fiziksel aktivite değerlendirme yöntemlerinin seçimin de ve vücut ağırlığının azaltılmasına yönelik egzersiz reçetelerinin kişiye özel olması sağlanarak diyet programların geliştirilmesine katkıda bulunabilir.



## 2. GENEL BİLGİLER

Adölesan dönemde var olan ve ileri yaşlarda da devam eden sedanter yaşam tarzı halk sağlığı için büyük bir endişe kaynağıdır. Fiziksel olarak aktif bireyler daha sağlıklıdır ve sedanter bireylere göre daha serbest hareket edebilirler (24). Yapılan bir çalışmada yaşın ilerlemesi ile birlikte yürüme yetersizliği meydana geldiği ve günlük yaşamda kısıtlanmanın arttığı belirtilmektedir (25). Kardiyovasküler hastalıklar, diyabetes mellitus tip 2, obezite, osteoporozis gibi birçok hastalık ve kolon, meme kanseri gibi bazı kanser çeşitleri düşük fiziksel aktivite seviyesi ile ilişkilidir (2, 26, 27, 28).

Vücut kitle indeksi (VKİ) vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde kullanılan antropometrik temelli ölçümlerden biridir (29). Vücut ağırlığının normal olup olmadığını değerlendirmek için vücut ağırlığı ve boydan elde edilen VKİ, sıklıkla klinisyenler ve araştırmacılar tarafından kullanılır (16). Vücut ağırlığının boy uzunluğunun karesine oranı VKİ'yi verir. Bu orana göre VKİ'nin  $18,5 \text{ kg/m}^2$ 'nin altındaki değerleri zayıf,  $18,5-24,9 \text{ kg/m}^2$  arasındaki değerleri normal, VKİ'nin  $25-29,9 \text{ kg/m}^2$  arasındaki değerleri vücut ağırlığı fazla (kilolu),  $30 \text{ kg/m}^2$  ve üzerinde olması obezite olarak tanımlanmaktadır (30).

Antik Yunan hekimi Hipokrat obezitenin bir sağlık riski olduğunu ve ölüme yol açan hastalıklara neden olduğunu belirtmiştir. Günümüzde obezite, genetik, çevresel, metabolik, fizyolojik, davranışsal, sosyal ve ırksal etkilerin kompleks etkileşiminden kaynaklanan epidemik bir hastalık olarak tanımlanmaktadır (16). Obezite ve obeziteyle ilişkili hastalıklar, gelişmiş ülkelerde ciddi halk sağlığı problemidir. Yüksek enerjili diyet ve sedanter yaşam tarzı dünya çapındaki obezitenin primer faktörleri olarak tanımlanır (7).

### 2.1. Fiziksel Aktivite

Fiziksel aktivite, iskelet kaslarının faaliyeti sonucunda enerji tüketimi ile yapılan vücut hareketleri olarak tanımlanmaktadır (31, 32). Fiziksel aktivite günlük yaşamda yapılan merdiven çıkma, alışveriş merkezinde yürüme gibi spor dışı aktivitelerin yanı sıra spor aktivitelerini içeren kompleks davranışlardır (31). Spor dışı aktiviteler iş, boş zaman,

ev işi ve bunların dışında kişisel bakım ve ulaşım aktiviteleri gibi farklı kategorilere bölünebilirken (33), spor aktiviteleri kişilerin geliştirdiği ve devam ettirdiği fiziksel uygunluk (fitnes) planlı ve sık tekrarlanan aktivitelerdir (32). Bu tanımlamadan, fiziksel aktivitenin enerji tüketimi üzerinde bir etkiye sahip olduğu açıktır ve enerji tüketimi vücut kompozisyonu ile vücut büyüklüğüne bağlıdır (33).

### **2.1.1. Fiziksel Aktivitenin Değerlendirilmesi**

Günlük fiziksel aktivite ve sağlık arasındaki etkileşimin iç yüzünü anlayabilmek, günlük yaşamdaki fiziksel aktiviteyi değerlendirebilmek için objektif ve güvenilir bir metoda ihtiyaç vardır. Metodlar kişileri minimum rahatsız edecek şekilde normal günlük yaşamı temsil edecek, yeteri kadar uzun periyotlarda ve geniş popülasyonlara uygulanabilir olmalıdır. Fiziksel aktivitenin değerlendirilmesi için birçok metod bulunmaktadır (5). Bu metodların listesi aşağıda yer almaktadır (5, 6).

- 1- Anketler
- 2- Görüşmeler
- 3- Günlükler
- 4- Direkt gözlem
- 5- Fotoğraf ya da video yöntemi
- 6- Hareket sayıcılar
- 7- Akselometre

#### **2.1.1.1. Anketler**

Fiziksel aktiviteyi değerlendirmek için epidemiyolojik çalışmalarda kullanılan en yaygın yöntemdir (34). Basitliği ve düşük maliyetinden dolayı anketler, klinik içerikli ve az gruplu çalışmalarda kullanıldığı gibi, geniş-ölçekli araştırmalarda da sıklıkla kullanılırlar. Bir anketi cevaplamak, kişinin okuma-anlama becerilerine ve geçmiş aktiviteleri tekrar hatırlayabilme kabiliyetine bağlıdır. Çocuklara uygulanan anketlerde, anket sorularını cevaplamak için aileden birinin, öğretmenin ya da aktivite davranışlarına eşlik eden bir kişinin yardımına ihtiyaç duyulabilir. Bu gereklilikler, özellikle çocuklarda kullanıldığında hatırlama anketlerinin yararlarını ve geçerliliğini sınırlayabilir. Hatırlama anketlerinin geçerliliği ve güvenilirliği çocukların yaşlarının artması ile birlikte artar (6).

Anketler dört bileşenden oluşur. Bu bileşenlerin ilki yapılan fiziksel aktivite süresidir. Bu süre 5 dakika kadar kısa, bir veya birkaç yıl kadar uzun olabilir. İkinci bileşen fiziksel aktivitelerin detaylandırılmasıdır. Katılımcılara belirli aktivitelerin frekansı, süresi ve şiddeti ile ilgili sorular sorulabilir. Üçüncü bileşen veri toplama çeşididir. Kişisel görüşme, telefonla görüşme, kendi kendine uygulama ya da bunların kombinasyonu yaygın metodlardır. Son bileşen ise harcanan enerjinin hesaplandığı özet indeks ya da fiziksel aktivite seviyelerine göre sıralanan bir sıralama ölçeğidir (35).

Birçok hatırlama anketi geliştirilmiştir. Katılımcılardan, bir günden birkaç yıla kadar yaptıkları fiziksel aktiviteleri hatırlaması istendiğinde genellikle daha kısa zaman aralığı, daha yüksek geçerliliğe ve kesinliğe sahip olmuştur (6).

#### **2.1.1.2. Görüşmeler**

Bir kişi ile yönetilen anketler, kendi kendine uygulanan anketlere göre daha yüksek geçerlilik ve güvenirliliğe sahiptir. Deneyimli bir kişi anketi uygularken kişinin kendisine, öğretmenine veya aile üyesine göre daha fazla bilgi edinir. 10-12 yaş altı çocuklar özellikle aktivite sırasında harcanan zamanı belirlemede zorlanırlar. Anketi uygulayan kişi gün içerisindeki olayları hatırlatarak çocukların aktivitelerini belirlemede yardımcı olurlar (6).

Anketi bir kişi aracılığı ile uygulamanın en büyük handikapı fazla zaman gereksinimidir. Bu nedenle görüşmeler geniş ölçekli araştırmalarda nadiren kullanılırlar. Telefonla yapılan görüşmelerin kullanımı yüz yüze görüşmelerden ziyade maliyeti azaltır. Kendi kendine uygulanan anketler sonrasında görüşmelerle birleştirilmesi, klinik içerikli ve küçük ölçekli çalışmalarda sıklıkla kullanılır (6).

#### **2.1.1.3. Günlükler**

Hafızaya bağlı olmak yerine, kişiler aktivitelerini meydana geldiği anda veya gün boyunca belirli aralıklarla kaydedebilirler (6, 35). Günlüklere girilen bilgiler aktivitenin niteliğini ve süresini içerebilir. Her aktiviteden elde edilen enerji tüketimi ile harcanan zamanın toplamı günlük toplam enerji tüketimini verir (35). Bazı durumlarda, aktivitenin şiddeti de sorulur. Karşılaştırılan bilgiler, aktivite seviyelerini tahmin etmek için

kullanılır. Günlükler 10 yaşındaki genç çocuklarda dahi başarıyla kullanılmıştır ama daha genç çocuklardaki geçerliliği açık değildir (6).

Günlük tutma metodunun başlıca dezavantajı, tepki riskinin yüksek olmasıdır. Defalarca aktiviteleri kaydetme ihtiyacı, kişilerin spontan aktivitelerinde bir değişikliğe neden olabilir ve böylece özellikle girilen bilgilerin frekansı yüksek ise diğer işlerin performansını etkiler (6). Ayrıca gün boyunca yapılan bütün fiziksel aktivitelerin kaydedilmesi kişiler tarafından istenmeyebilir ya da kayıt işlemini basitleştirilmesi için normal fiziksel aktiviteler değiştirilebilir (35).

#### **2.1.1.4. Direkt Gözlem**

Bu metotta araştırmacı tarafından kişiler devamlı olarak gözlenmekte ve kodlama sistemi kullanılarak yüksek frekanslı aktiviteler kaydedilmektedir (6, 35). Endüstriyel işlerin zaman ve hareket analizi için kullanılan bu metot, bütün yaş gruplarındaki insanların aktivite davranışlarının analizi için önemlidir. Anketlerden, görüşmelerden ve günlüklerden temel farklılığı bilgilerin, kişilerin yorumlamasına ve hafızasına bağlı olmamasıdır. Gerçek aktivitenin daha iyi bir göstergesidir. Bu metodun başarısı, kişilerin hatırlama kabiliyetinden ziyade gözlemcinin kabiliyetine bağlıdır (6).

Bu metodun başlıca eksiği gözlemcinin fazla zaman harcamasının çok yüksek maliyete neden olmasıdır. Dahası, önemli bir miktarda zaman ve efor, her dakikada birçok değişkeni kodlayabilmek için gözlemcilerin eğitimini gerektirir (6). Diğer potansiyel eksiklik, gözlemcinin varlığının neden olabileceği tepkidir. Bazı kişiler gözlemci varlığında aktivite paternlerini değiştirme eğilimindedirler (6, 35). Bu sınırlamalara rağmen direkt gözlem metodu diğer metodlara göre daha değerlidir (6).

#### **2.1.1.5. Fotoğraf ya da Video Yöntemi**

İyi yerleştirilmiş kameraların kullanımıyla, direkt gözlem metoduna benzer bir tutumla kişilerin aktiviteleri belgelenebilir. Bu metodun başlıca avantajı çevrim dışı olarak kayıtların alınması ve analiz edilebilmesidir. Aynı kayıt birkaç araştırmacı tarafından incelenebilir ve böylece tarafsız bir inceleme sağlanmış olur. Fotoğraf direkt gözlemde olduğundan daha az reaksiyona neden olur ama kişiler belirli bir alanla sınırlandırıldığı için dezavantaja sahiptir (6).

### **2.1.1.6. Hareket Sayıcılar**

Fiziksel aktivitenin belirlenmesinde vücut hareketini algılayan cihazlar enerji tüketimini belirleyen yöntemlere göre daha iyi sonuçlar verebilir (35). Hareket sayıcılar, aktiviteyi mekanik olarak belgelemektedir. Sayaçlar, genelde tek düzlemde harekete hassas olan mekanik ya da elektronik mekanizmaya sahiptir ve harekete geçirildiğinde hareketin sayısal değerini kaydeder. Cihazın vücudun bir kısmına yerleştirilmesi ile ölçüm zamanla yapılan hareketin sayısından elde edilir (6).

En iyi bilinen ve primer hareket ölçen cihazlar pedometrelerdir. Bu cihazlar genellikle bele takılır ve vertikal hareketin kaydedilmesi ile adımları sayabilirler. Belirli bir adım uzunluğu ile, ölçüm süresi boyunca katedilen mesafenin değerlendirilmesi yapılabilir. Pedometrelerin başlıca dezavantajı adımların yoğunluğuna hassas değildir ve bu yüzden hızlı ve yavaş yürüme ya da yürüme ve koşma arasındaki farkı ayırt edemez. Ayrıca yürümenin yukarıya doğru veya aşağıya doğru olup olmadığını belirleyemez. Bir diğer sınırlama ise pedometrelerin belin dışında vücudun diğer kısımlarının hareketine hassas olmamasıdır (6).

### **2.1.1.7. Akselometre**

Elektronik akselometreler, günlük yaşamda fiziksel aktivitenin değerlendirilmesinde en umut vaat eden hareket sensörleridir. Bu sensörler, hareketin şiddetine ve frekansına göre ölçüm yapar (36). Akselometreler, yürüyüş ve diğer hareketler için (37) ya da nörolojik hastalarda motor aktivite ve tremor ölçümleri için kullanılmaktadırlar (38).

Yaygın kullanılan akselometrelerin çoğu piezo-elektrik sensörüne sahiptir. Piezo-elektrik sensörler hareket nedeniyle akselasyonu ölçerler (36, 39). Teknolojideki gelişmeler küçük ve hafif cihazların gelişmesini ve bu gelişmeler aynı zamanda cihazların birkaç gün ve hafta boyunca yüksek frekanstaki dataları toplayabilmesini ve dakika dakika depolamalarını sağlamaktadır (33, 36). Tek eksenli akselometreler tek yönde genellikle vertikal düzlemde ivmelenmeyi ölçerken, üç eksenli akselometreler anteroposterior, mediolateral ve vertikal düzlemdeki ivmelenmeyi ölçerler (33). Bir kişinin yapabileceği aktivitelerin geniş çeşitliliği ile ilgili üç eksenli akselometreler tek eksenli akselometrelere göre daha fazla bilgi sağlar ve aktivite ile ilişkili enerji tüketimi hakkında daha iyi bir ilişki gösterirler (40).

Akselometrelerin enerji tüketimlerini tahmin etmedeki kabiliyetini test etmek için indirekt kalorimetreye doğrulanması gereklidir (33). Birçok akselometre, taşınabilir kalorimetrelere karşı alanlarda ya da oda kalorimetresi gibi kontrollü alanlarda standart aktiviteler boyunca, test edilmiştir (40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48). Çoğu akselometre koşu bandında yürüme, koşma süresince ya da belirli diğer aktivitelerdeki enerji tüketimi ile çok iyi korelasyon göstermiştir (40, 41, 42, 43, 44). Mevcut akselometrelerin ilki tek eksenli akselometrelerdir. Bu cihazlarda hareket, seramik çevirgecin bükülmesine neden olur, bükülme mekanik hareketin seramik çevirgeci hareket ettirmesiyle orantılı bir akımın yayılmasına neden olur. Bu cihazların geçerliliği ile ilgili direkt gözlem, kalp hızı görüntüleme yöntemi, çift etiketli su yöntemi su ve oda kalorimetresi yapılan birçok çalışma vardır. Korelasyon katsayıları yetişkinlerde 0,50-0,90 arasında değişirken, çocuklarda daha düşüktür. Daha düşük katsayılar, yetişkinlere göre, çocuklarda vücut hareketinin daha fazla olduğunu yansıtabilir. Bir diğer eksiklik, kayıt zamanının tamamında tek bir değer sağlamasıdır ve böylece herhangi bir zamandaki hareketin sayısı ve yoğunluğundaki değişiklikleri değerlendirmez (6). Tek eksenli akselometre kullanımı çok yönlü vücut hareketlerini hesaplamayı sınırlamakta ve bu yüzden enerji tüketimini yanlış hesaplamaktadır (36).

Tek eksenli akselometreler tarafından değerlendirilmeyen hareketler, geliştirilen üç eksenli akselometrelerin üç düzlemdeki hassasiyeti ile belirlenmektedir. Çeşitli zamanlardaki hareketin yoğunluğu ve miktarı kaydedilir. Daha sonra profilde birleştirilmiş olarak gösterilir. Tek eksenli akselometrelere göre daha pahalı olduğu için geniş ölçekli çalışmalarda kullanımı pek uygun değildir (6).

İnsan hareketlerinde fiziksel aktiviteyi değerlendirmek için kullanılan akselometreler hareketi sağlayan ivmelenmenin frekans ve amplitüdünün tam kaydını sağlamalıdır. Yüksek frekanslı en büyük ivmelenmenin koşma ve zıplama süresince olduğu düşünülmektedir (36).

- Hareket boyunca, frekanslar genellikle medio-lateral ya da antero-posterior yöne göre vertikal yönde daha yüksektir ve hareket, vücudun kranialden kaudaline yer değiştirdikçe frekans spektrumunda daha yüksek frekanslar oluşur.
- Amplitüd; frekans özelliklerindeki gibi, hareketi içeren ivmelenmenin amplitüdü genellikle vertikal yönde daha yüksektir ve vücudun kranialinden kaudaline doğru büyüklük artar (36).

### **2.1.2. Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi**

Popülasyonlarda hastalıkları önleme ve sağlıklı yaşam için fiziksel aktivitenin önemi iyi bilinmektedir (49). Farklı kültürel çevrelerde fiziksel aktiviteye bağlı sağlığın her açıdan değerlendirilmesi için uluslararası fiziksel aktivite anketi (UFAA) geliştirilmiştir. İlk pilot deneme, 1998-1999 yıllarında yapılmıştır ve dört kısa ve dört uzun formu ile birlikte UFAA'nın 8 farklı modeli geliştirilmiştir. Bu, telefon görüşmeleri ya da kendi kendine uygulama yöntemiyle yapılmıştır. Araştırmada iki farklı referans periyodu vardı, bunlardan biri ya "son 7 gün" ya da "herhangi bir haftada" periyotlarıdır. Bu anketlerin ölçüm özelliklerini belirlemek için, 2000 yılı süresince 12 ülkede 14 merkezde geçerlilik ve güvenilirlik çalışmaları yapılmıştır (50).

UFAA'nın kısa ve uzun formu olmak üzere iki versiyonu bulunmaktadır. Anket son 7 günlük periyodu kapsar. UFAA'nin özellikle kısa formu geniş çapta kabul görmüştür. Dünya Sağlık Örgütü'nün dünya sağlık araştırmasında, uluslararası prevalans çalışmaları gibi ulusal ve uluslararası çalışma serilerinde kullanılmıştır. UFAA'nın uzun formu başlıca fiziksel aktivite çalışmalarında ve aktivitenin frekansı, yoğunluğu ve içeriği ile ilgili detaylarında kullanılmaktadır (51).

## **2.2. Vücut Kompozisyonu**

### **2.2.1. Vücut Kompozisyonunun Değerlendirilmesinde Kullanılan Metodlar**

Vücut kompozisyonu iki yöntemle değerlendirilir:

- 1- İnsan kadavrasının kimyasal analizi ile yapılan direkt yöntemler
- 2- Hidrostatik tartım, basit antropometrik ölçümler ve diğer klinik ve laboratuvar yöntemleri ile yapılan indirekt yöntemler

#### **2.2.1.1. Direkt Yöntem**

Vücut kompozisyonunu direkt olarak değerlendirmek için iki yöntem kullanılır. Tekniklerden birinde vücuttaki yağlı ve yağsız kitleyi belirlemek için bu bileşenleri çözen kimyasal solüsyonlar kullanılır. Diğer yöntemde ise vücut yağı, yağdan arındırılmış katı

maddeler, kas ve kemik kitlesinin fiziksel olarak ayrılması ile vücut kompozisyonu değerlendirilir (16).

### **2.2.1.2. İndirekt Yöntem**

Vücut kompozisyonunu değerlendirmek için farklı indirekt yöntemler kullanılır. Bunlardan biri, vücut yoğunluğundan yağ yüzdesinin hesaplandığı hidrostatik tartım yöntemi (densitometri ya da sualtı tartımı)'dir. Diğer yöntemler ise deri kıvrım kalınlığı, çevre ölçümü, x-ışını, biyoempedans, ultrason, bilgisayarlı tomografi, ve manyetik rezonans yöntemleridir (16).

#### **2.2.1.2.1. Hidrostatik Tartım**

Su yaklaşık 1 kg/lt yoğunluğa sahipken vücut yağının yoğunluğu ise yaklaşık 0,900 kg/lt'dir. Bu nedenle vücut yağı su içerisinde yüzebilir. Yağsız doku ise yetişkinlerde 1,100 kg/lt yoğunluğa sahiptir ve yağsız doku ise su içerisinde batar. Vücut yoğunluğunun hesaplanması, yağlı ve yağsız kitleden oluşan vücut bölümleri hakkında bilgi verir (13, 30).

Bir maddenin yoğunluğu, o maddenin kütesinin hacmine bölünmesi ile hesaplanır (13, 30). Vücut yoğunluğunu hesaplamak için vücut kitlesi ve hacminin hesaplanması gerekir. Arşimed prensibine dayanan bir metod olan hidrostatik tartımda, bir kişi tamamen su içerisine battığında, yer değiştiren su hacmi kilo kaybına eşittir (13, 16). Yer değiştiren suyun ağırlığı, suyun yoğunluğuna bölünerek hacme çevrilir (13).

Yöntemde, su yoğunluğunu doğru bir şekilde ölçmek için suyun sıcaklığı ölçülür. Kişi zeminde tartılır. Tartım süresi boyunca yüzmenin engellenmesi için dalgıç kemeri takılır, sandalyeye oturtulur ve hassas bir ölçekle askıya alınır. Kişi maksimum bir solukla su içerisine daldırılır. Kişi su içerisinde yaklaşık beş-on saniye bekletilir ve bu sırada ölçek üzerindeki değer okunur. Bu işlem değerler stabil olana kadar altı-on kez tekrarlanır. Su altındaki sandalye ve kemerin ağırlığı kişinin su altındaki toplam ağırlığından çıkartılarak vücut hacmi hesaplanmış olur (13, 16).



#### **2.2.1.2.2. Deri Kıvrım Kalınlığı ve Çevre Ölçümleri**

Hem deri altı yağı hem de vücut çevresini ölçen iki basit yöntemle vücut yağı tahmin edilir (16). Deri kıvrım kalınlığı metodu, deri altında bulunan toplam vücut yağının belirli bir kısmının ölçülmesine dayanır. Deri altındaki yağın belirli bir kısmının ölçülmesi ile toplam vücut yağı tahmin edilebilir. Genellikle bu tahmini eşitlikler, standart olarak kullanılan hidrostatik tartım yöntemi ile geliştirilmiştir (13).

Deri kıvrım kalınlığı gibi çevre ölçümleri, yağ yüzdesi ve/veya vücut yoğunluğunu tahmin etmek için eşitlikler kullanılır. Obez kadınlar ve erkeklerin vücut kompozisyonlarını kesin bir şekilde belirlemek için çevre ölçümlerine dayanan eşitlikler bulunmaktadır. Vücuttaki yağ yüzdesinin tahmin edilmesinin yanı sıra, çevre ölçümleri zayıflama süresi boyunca vücuttaki yağ dağılımındaki değişiklikler analiz edilebilir (16).

#### **2.2.1.2.3. X-ışını Yöntemi**

X-ışını teknolojisi ile bölgesel yağ depoları analiz edilebilir. Röntgen filminde belirlenen yağ kalınlığı, vücut yağı tahmini eşitliklerinde deri kıvrım kalınlığı değerinin yerine geçer. Röntgen filminden elde edilen yağ yüzdesi ile hidrostatik yöntemle ölçülen vücut yağı kıyaslanarak x-ışını metodunun geçerliliği belirlenmiştir. Bu yöntemle belirlenen toplam yağ yüzdesi genellikle, deri kıvrım kalınlığı ve çevre ölçümleri ile benzer bir sonuca sahipken, hidrostatik tartımla belirlenen vücut yağına göre  $\pm$  %3 daha farklı hesaplanmıştır. Aynı zamanda bu yöntemle, vücut kompozisyonunun değerlendirildiği çalışmalarda, kas büyüklüğü de değerlendirilmektedir (16).

Aslında kemiğin mineral yoğunluğunu belirlemek için geliştirilen dual-enerji-x-ışını absorpsiyometri (DEXA) yöntemi, etkili bir şekilde vücuttaki yağ miktarını ve yağsız kitleyi belirlemek için kullanılmaktadır (16). DEXA yöntemi vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde düşük maliyet, düşük radyasyon oranı ve kısa tarama zamanı gibi avantajlarından dolayı hızlı ve pratik bir metod haline getirirken, yağ dağılımında uzaysal bilgi sağlaması açısından sınırlıdır (30).

#### **2.2.1.2.4. Ultrasonografi**

Ultrason teknolojisi ile farklı dokuların kalınlıkları değerlendirilir ve dokuların daha iç kısımları görüntülenebilir. Bu metod ile bir prop içerisindeki elektrik enerjisi

yüksek enerjili ses dalgalarına dönüştürülür. Böylece ses dalgaları deri yüzeyinden dokuların içerisine nüfus eder (13, 16). Ses dalgaları kas tabakalarına nüfus etmek için adipoz doku içerisinden geçer. Yağ ile kas ara yüzeyinden yansırken bir yankı oluşur ve bu yankı prop içerisindeki bir alıcıya döner (16).

#### **2.2.1.2.5. Biyoelektrik İmpedans Analizi**

Vücut yağ miktarının belirlendiği yöntemlerden biridir. Yağ doku ve yağsız dokunun farklı elektriksel direnç göstermesinden kaynaklanan bir ölçümdür (30).

Biyoelektriksel impedans analizi (BIA)'nin iki çeşidi vardır. Tek düşük-frekans BIA'da iki elektrot arasında geçen alternatif bir akım, sulu yağsız vücut kitlesi ve ekstraselüler sıvıda, yağ ve kas dokularına göre daha hızlı yayılır. Çünkü yağsız bileşenlerin elektrolit içeriği daha fazladır. Aslında vücudun su içeriği elektriksel yükü iletir, böylece akım sıvı içerisinde ilerlediğinde hassas cihaz suyun direncini belirleyebilir. Akım ve voltajın ölçülmesi ile hesaplanan elektrik akımına karşı direnç Ohm kanununa ( $R = V/I$ ,  $R =$  direnç,  $V =$  voltaj ve  $I =$  akım) dayanır. Bu ilişki ile vücuttaki su hacmi dolayısıyla vücuttaki yağ yüzdesi ve yağsız kitle hesaplanır (16).

Multifrekanslı BIA'da vücudun sıvı kompartmanlarındaki anlık değişiklikleri belirleyebilmek için çeşitli frekanslarda elektrik akımı gönderilir (13, 16). Vücudun bir dizi silindir (gövde, sağ ve sol kol ve bacak) olduğu düşünüldüğünde, 8 elektrot sistemi (iki elektrot bacakların her birine yerleştirilir) ile toplam vücut suyunu belirlemek için bu segmentlerin ayrı ayrı direnci belirlenir. Intraselüler su yüksek frekanslı akımlarla (>200) değerlendirilir ve ekstraselüler alanlar 50 kHz ya da daha düşük frekanslarla ölçülür (16, 30). Hamilelikte, yaşlılıkta, gastrik hastalıklarda, ödem ve diğer hastalık durumlarında, vücut segmentlerindeki doku kompozisyonlarını daha kesin bir şekilde belirlemek mümkündür (16).

BIA'nın vücut yağının belirlenmesinde en fazla kullanılan yöntemlerden biri olmasının nedenleri hızlı sonuç vermesi, hastanın kooperasyonunu gerektirmemesi ve hastanın tüm kıyafetlerinin çıkarılmasına gerek duyulmadan uygulanan bir yöntem olmasıdır. BIA ve hidrostatik tartım yöntemleri arasında anlamlı pozitif bir ilişki olduğu gösterilmiştir (30).

#### **2.2.1.2.6. Bilgisayarlı Tomografi**

Bir x-ışını farklı yoğunluklardaki dokulardan geçtiğinde bilgisayarlı tomografi, iki açıdan vücut segmentlerinin radyografik görüntülerini kesitsel olarak detaylandırır (16). Bilgisayarlı tomografi; doku bölgelerinin tamamı, yağ ve kas bölgelerinin tamamı, organlardaki dokuların kalınlıkları ve hacimleri ile ilgili görsel ve kantitatif olarak bilgi verir (16, 30).

Bu yöntemin pahalı olması ve bir miktar radyasyon yayması dezavantaj oluşturmaktadır. Yayılmış olduğu radyasyondan dolayı çocuklarda ve hamile kadınlarda kullanılması uygun görülmemektedir (30).

#### **2.2.1.2.7. Manyetik Rezonans**

Bu yöntemle, güçlü manyetik bir alanda elektromanyetik radyasyon ile vücuttaki su ve lipit moleküllerindeki hidrojen çekirdekleri harekete geçirilir. Sonra çekirdekler tarafından çeşitli dokuların görsel olarak sunulması için yeniden düzenlenen, belirlenebilen bir sinyal yansıtılır (16, 30). Manyetik rezonans yöntemi ile toplam ve derialtı adipoz doku belirlenebilir (16). Bilgisayarlı tomografiden farkı radyasyon tehlikesi olmamasıdır, fakat daha uzun süreli ve pahalı bir yöntemdir. İşlemin uzun süreli olması göğüs ve bağırsak hareketlerinin netliğini bozabilmektedir. Radyasyon içermemesinden dolayı diyet, ilaç ve egzersizin etkisi gibi durumlarda sıklıkla tekrarlanabilir (30).

### **2.2.2. Obezite**

#### **2.2.2.1. Tanım**

Obezite, enerji alımı ve enerji tüketimi arasındaki dengesizlikten kaynaklanan, vücutta aşırı miktarda yağ birikmesi olarak tanımlanır (18, 30, 52). Vücut yağının normal vücut ağırlığına sahip kişilerdeki oranı erkeklerde %12-18, kadınlarda ise %20-30 olmalıdır. Bu oranın erkeklerde %22-25 ve kadınlarda %32-35'den fazla olması durumunda obeziteden söz edilir. Günümüzde obezitenin belirlenmesi için sıklıkla VKİ

kullanılır. VKİ obezitenin sınıflandırılmasında ve tedavi yöntemlerinin planlanmasında kullanılan pratik bir yöntemdir (30).

**Çizelge 2.1.** Vücut kitle indeksi değerlerine göre obezitenin sınıflandırılması (53).

Sınıflandırma	Referans Değerler
Zayıf	VKİ < 18,5
Normal	18,5 – 24,9
Vücut Ağırlığı Fazla (Overweight)	25 – 29,9
Obez	VKİ > 30
Obez Klas 1 (Hafif)	30 – 34,9
Obez Klas 2 (Orta)	35 – 39,9
Obez Klas 3 (Ağır = Morbid Obez)	VKİ > 40

#### 2.2.2.2. Obezitenin Yaygınlığı

Yaş, cinsiyet, ırk ve yaşanılan yer obezitenin yaygınlığında etkili olan faktörlerdir. Obezite 20 yaşından 60 yaşına kadar giderek artan oranda görülür. Bu eğri erkek ve kadında aynıdır. Özellikle 50 yaşından sonra fiziksel aktivitenin azalmasına bağlı olarak obez kişilerin sayısında artış görülür. Irklar arasındaki obezite yaygınlığında fark, toplulukların gelişmişlik düzeylerine bağlı olarak değişiklik gösterir (30).

Amerika Birleşik Devletleri'nde obezitenin yaygınlığı kadınlarda %25, erkeklerde %20 oranındadır. 2003 yılında vücut ağırlığı fazla ve obez bireylerde bu oran %4 ve 2007 yılında %10 artmıştır. 2009-2010 yılında yapılan çalışmalar 12-19 yaş arasındaki gençlerde vücut ağırlığının artışı ve obezite yaygınlığının sırasıyla %15,2 ve %18,4 olduğunu göstermiştir (30).

Afyonkarahisar'da 2010 yılında, obezite prevalansını belirlemek için yapılan çalışmada obezite prevalansı %31,7 olarak belirlenmiştir (54). 2010 yılında yapılan başka bir çalışma, Tokat ilinde 1095 kişinin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda bireylerin %40'nın vücut ağırlığı fazla %23,4'ünün ise obez olduğu tespit edilmiştir. Kadınlardaki obezite prevalansı %33,6 iken, erkeklerde %12,9'dur (55). 2011'de İstanbul, Iğdır ve Muğla illerine bağlı belde ve köylerde yapılan bu çalışmada toplamda 1134 çocuk çalışmaya katılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda ise katılan çocukların %10,8'inin vücut ağırlığı fazla, %5,3'ünün obez olduğu bulunmuştur (56).

### **2.2.2.3. Obezite Tipleri**

Vücutun adipoz doku özellikleri çocuklarda, gençlerde ve yetişkinlerde sağlık riskini değiştirir (16). İnsan vücudunda yağ dokusu; cilt altında, karın içinde (omentum, mezenkimal dokularda ve intraabdominal organların etrafında) ve retroperitoneal bölgelerde yer alır. Cilt altı yağ dokusu dışında kalanlara “visseral yağ dokusu” denir. Obezite visseral yağ dokusunun vücuttaki dağılımına göre android ve jinoid olmak üzere iki tipe ayrılır. Android obezite (abdominal, santral obezite) birçok metabolik hastalıkla ilişkilidir (57, 58). Örneğin diyabetes mellitus, hipertansiyon, hiperkolesterolemi, hiperlipidemi gibi patolojik durumlarda hastanın özellikle karın ve bel bölgesinde yağ dokusu artışı vardır (30). Katekolaminlerin uyarısıyla lipoliz abdominal bölgede depolanan yağlarda, gluteal ve femoral bölgedeki yağlara göre daha fazladır. Santral bölgedeki yağlanma kalp hastalıkları riskini arttırmaktadır (16). Erkeklerde visseral yağ yüzdesi yaşla birlikte artarken, kadınlarda menapoz başlangıcında artmaya başlar (16). Bu tipteki obezite genellikle erkeklerde görülür (30).

Jinoid tipteki obezitede (glutofemoral, periferik obezite) bel, kalça ve bacaklardaki yağ dokusunda artış meydana gelir. Hasta genellikle venöz dolaşım bozuklukları ve eklem hastalıklarından şikayet eder. Kadınlarda daha sık görülür (30, 57).

Üç ana adipoz doku özellikleri sağlık açısından özellikle önemlidir.

1- Aşırı vücut yağ oranı ya da boya göre vücut kitlesinin fazla olmasıdır.

2- Fazla yağın kol ve bacaklardan ziyade, başlıca vücudun üst kısımlarında depo edilmesi risk profilini arttırır.

3- Yağ dokusunun iç organlarının etrafındaki abdominal boşluklarda birikmesi en tehlikeli durumu oluşturur. Abdominal boşluktaki yağ miktarı obezitenin major ve minör sağlık sorunlarına sebep olup olmayacağını belirlemede bir kriterdir (59).

### **2.2.2.4. Obezitenin Etiyolojisi**

Tarih boyunca, obezitenin enerji alımı ve enerji tüketimi arasındaki dengesizlikle ilgili olduğu bilinmektedir (18). Ancak, birçok çalışma genetik, fizyolojik ve davranış faktörlerinin de obezitenin etiyolojisinde önemli bir rol oynadığını göstermiştir (60).

### 2.2.2.4.1. Enerji Alımı

Diyetle alınan karbonhidrat, yağ ve proteinlerden elde edilen enerji, hücrel fonksiyonların devam ettirilebilmesi için vücut tarafından kullanılır. Aşırı kalori alımında adipoz dokularda bu enerji maddeleri trigliseride çevrilir ve depolanır (15, 18). Zamanla, eğer enerji tüketiminde bir artış olmadan aşırı besin alımı olursa, vücutta obeziteye sebep olacak aşırı yağ birikimi gerçekleşecektir. Aşırı besin alımı yaşamın çeşitli aşamalarında adipozit sayısında ve büyüklüğünde artışa neden olmaktadır (61).

#### 2.2.2.4.1.1. Beslenmeyi Düzenleyen Sinirsel Merkezler

Hipotalamus birçok işlevinin yanı sıra beslenmeyi kontrol eden çekirdekleri de içerir. Hipotalamusun lateral çekirdekleri açlık merkezi olarak görev yaparken, ventromediyal çekirdekleri tokluk merkezi olarak görev yaparlar. Açlık merkezinin uyarılması kişide hiperfajiyi artırır. Aksine bu bölge harabiyeti besine karşı isteği azaltır, kilo kaybı, kas zayıflığı ve metabolizmanın azalmasına ve belirgin bir şekilde zayıflamaya neden olur. Tokluk merkezinin uyarılması ise kişide beslenme ile tatmin duygusu ortaya çıkmaktadır. Bu bölgenin haraplanması sonucunda enerji alımı artar ve obeziteye neden olur (15).

**Çizelge 2.2.** Hipotalamusta beslenme ve tokluk merkezlerini etkileyen nörotransmitter ve hormonlar (15).

<b>Beslenmeyi Azaltanlar (Anoreksijenik)</b>	<b>Beslenmeyi Arttıranlar (Oreksijenik)</b>
$\alpha$ - Melanosit Uyarıcı Hormon ( $\alpha$ -MSH)	Nöropeptit Y (NPY)
Leptin	Aguti-ilişkili protein
Serotonin	Melanin-yoğunlaştırıcı hormon
Norepinefrin	Oreksin A ve B
Kortikotropin salıverici hormon	Endorfinler
İnsülin	Galanin
Kolesistokinin	Aminoasitler (Glutamat ve GABA)
Glukagon-benzeri peptit	Kortizol
Kokain ve amfetamin ilişkili transkript	Ghrelin
Peptit YY	

Hipotalamusun paraventriküler, dorsomedyal ve arkuat çekirdeklerinin de besin alımının düzenlenmesi üzerinde etkileri vardır. Paraventriküler çekirdeklerin harabiyeti besin alımının artmasına neden olurken, dorsomedyal çekirdeklerin harabiyeti zıt etki ile besin alımını azaltır. Sindirim sisteminden, yağ dokusundan salınan birçok hormonun etkilediği arkuat çekirdekler besin alımı ve enerji tüketimini düzenler (15).

Hipotalamustaki nöronlar hem kendileri arasındaki etkileşimle hem de tiroid bezi, adrenal bezler ve pankreastan salınan hormonlar aracılığıyla enerji metabolizmasının düzenlenmesinden sorumlu hormonların salımını etkiler. Ayrıca gastrointestinal kanaldan gelen duysal bilgiler kanda glikoz, amino asit ve yağ asitleri gibi maddelerin artması gastrointestinal hormonlardan ve serebral korteksten gelen sinyaller; enerji metabolizmasının düzenlenmesinden sorumludur (15).

Beslenme davranışı ve iştahı değiştiren maddeler Çizelge 2.2.'de iştah açıcı (oreksijenik) maddeler ve iştah kapatıcı (anoreksijenik) maddeler olarak sıralanmıştır.

#### **2.2.2.4.2. Enerji Tüketimi**

Enerji tüketimi; bazal metabolizma hızı, yiyeceklerin termik etkisi ve fiziksel aktiviteden oluşur. Fiziksel aktivite iki ayrı alt sınıfa ayrılabilir:

1- Aktivite ile ilişkili termogenez (bilinçli egzersiz)

2- Aktivite ile ilişkili olmayan termogenez (spor yapmak gibi egzersizle ilişkili olmayan bütün aktiviteleri içerir) (62).

Aktivite termogenezisi, sedanter insanlardan çok aktif insanlarda toplam günlük harcamanın yaklaşık olarak %15'den %50'ye kadar değişen oranlarından sorumludur (59). 24 saatlik periyotta yapılan spontan minor aktiviteler farklı enerji tüketimlerinin %25'inden sorumludur (15). Ek olarak minimum düzeydeki spontan fiziksel aktivitelerin, vücuttaki yağ kitlesini tahmin etmede önemli bir unsur olduğu belirtilmiştir (63). Yapılan bir çalışmada fiziksel aktivite ile vücut ağırlığı arasında ters bir ilişki olduğu bildirilmektedir (64). Benzer şekilde, Meredith ve ark. (65) %65-80 maksimal oksijen tüketiminde aerobik egzersiz ile vücut kompozisyonu arasında negatif bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

### 2.2.2.4.3. Obeziteye Neden Olan Muhtemel Mekanizmalar

Obezitenin oluşumunda birçok hormon, genetik komponentler ve salgılanan faktörler rol oynamaktadır. Bunlardan bazıları enerji alımında (leptin, NPY vb) uzun süreli bir kontrole sahipken, diğerleri enerji alımında kısa süreli (ghrelin, insülin, kolesistokinin vb) bir etkiye sahiptir (18).

İnsülin; sadece kaslarla ilgili değil aynı zamanda yağ dokusuyla da ilgilidir (18). İnsülinin doğrudan depolanmayla ve adipozitlerdeki enerjinin kullanımıyla ilişkili olduğu bilinir (66). Kan şekerinin artması ile insülin miktarı artar. İnsülinin artması glikozun yağ hücrelerine geçişini artırır ve böylece yağ depoları artar (15). Bir kişide insülin direnci meydana geldiğinde, pankreasın beta hücrelerinden daha fazla insülin salınımı olur (18). Vücut ağırlığının artması ile hepatik ve periferik insülin hassasiyeti azalırken, abdominal obezitede artış meydana gelir (59). Diğer hormonlar, insülin direnci ve obezitenin gelişmesinde rol oynayabilirler. Örneğin, leptinin ve adiponektinin insülin hassasiyetini arttırdığı bilinmektedir (18). Ayrıca leptinin insülin sekresyonunu azalttığı görülmüştür (67).

Leptin; hipotalamik reseptörlerin aktivasyonu ile yiyecek alımını kontrol eden yağ hücreleri tarafından üretilen peptid hormondur (15, 19). Leptin belli bir oranda adipoz dokudan üretilir ve bu nedenle beyni depo yağ seviyesi ile ilgili olarak bilgilendirir. Leptinin reseptörüne bağlanması Janus kinaz/sinyal dönüştürücüsünün aktivasyonu ile sonuçlanır (68). Leptin reseptörüne (OB-R) bağlandığında, prohormon proopiomelanokortin (POMC)'den  $\alpha$ -MSH'u sentezlenir. Daha sonra  $\alpha$ -MSH, besin alımı efektörlerini inhibe eden paraventriküler nükleus (PVN)'deki melanokortin 4 reseptörüne (MC4R) bağlanır. Böylece vücutta besin alımı azalırken, enerjinin arttırılmasına yönelik sinyaller gönderilir (15).

Leptin eksikliği olan hayvanlara leptin enjekte edildiğinde besin alımında azalma, sonrasında kilo kaybı ve kilo kaybının devamlılığı ile sonuçlanır (18, 19). Obez insanlarda leptin eksikliğine rastlanmadığı fakat şaşırtıcı bir şekilde vücutta dolaşan leptin seviyesinin yüksek olduğu belirtilmektedir (18). Bu da leptin azlığının obezitenin başlıca nedeni olmadığını aksine leptine olan cevabı azalttığını göstermektedir. Birçok teori dolaşımdaki plazma leptin seviyesinin tepkisizlik ile ilişkili olduğunu varsayar. İlk olarak, plazma leptin konsantrasyonunun (25 ng/ml) sınırın üzerinde olması durumu yüksek leptin değerine rağmen hipotalamusa leptin alımını arttırmamaktadır (18). Bu nedenle, morbid obezite hastalarında, yağ kitlesi tarafından üretilen leptinin plazma



seviyesindeki artışı sonuç vermemektedir (69). İkincisi hipotalamik leptin reseptörü OB-R'de bir defekt olabilir. Son olarak, leptin sinyal kaskadında bir defekt olabilir. Bu defektler, POMC, pro-hormon konvertaz ve MC4R'deki genetik mutasyonlar içerebilir (15, 18).

NPY; bozulan leptin fonksiyonuyla yakından ilişkilidir ve enerji alımındaki etkisi besin alımını arttırmasıdır. Leptin aşırı besin alımını kontrol etmeye yardım eden NPY'nin ekspresyonunu değiştirir. Enerji alımının kontrolünden sadece NPY ve leptin sorumlu değildir (15, 18). İştahın kontrolünde nöropeptidlerin çalışıldığı bir araştırmada obez, hipertansif ve diyabetik hastaların plazmalarında NPY'nin en yüksek düzeyde bulunduğu gözlenmiştir (70).

Kortizol; güçlü metabolik etkiye sahip olduğu bilinen bir glukokortikoiddir (18). Depo gliseritlerden yağ asitlerinin mobilizasyonunu, glukoneogenezis ve proteolizisi içeren bir etkiye sahiptir. Epel ve ark. (71) yaptıkları çalışmada, 59 sağlıklı pre-menapoz öncesi kadınların, kortizol seviyelerini ve stresle indüklenen seanslarda yeme paternlerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, stres seansları sonucunda yüksek kortizol sekresyonu ile sonuçlanan kadınların bol miktarda yiyecek aldıklarını, özellikle de tatlı yiyecekleri daha fazla tükettiklerini belirlemişlerdir (71).

Midenin oksintik hücrelerinden salgılanan ghrelin (15) büyüme hormonu salgısını uyarır (18). Gastrik ghrelinin sekresyonu açlıkla artar (yemeyi arttırır) (19) ve yemek sonrasında azalır (72). Şaşırtıcı bir şekilde obezite de plazma ghrelin konsantrasyonunun azaldığı görülmüştür (59). Vücut ağırlığına ghrelinin etkisi leptine zıt etki göstererek ve diğer anorektik sitokinler aracılığıyla sağlanır ve sinyaller hipotalamusa direkt olarak kan yolu ile değil, vagal afferentler aracılığıyla iletilir. Bu durum hipotalamik NPY ekspresyonunun artmasıyla sonuçlanmaktadır (73).

Nörepinefrin, serotonin, interlökin-6 (IL-6) ve TNF- $\alpha$  ve diğer biyolojik faktörler enerji alımını etkilemekte ve obeziteye katkıda bulunmaktadır (18).

#### **2.2.2.4.4. Obeziteye Neden Olan Azalmış Fiziksel Aktivite**

Düzenli fiziksel aktivite ve fiziksel antrenmanın kas kitesini arttırdığı ve vücut yağ kitesini azalttığı bilinirken, yetersiz fiziksel aktivite tipik olarak azalan kas kitlesi ve artan adipoz dokuyla ilişkilidir. BMH kas kitlesine, organ ve dokuların metabolik hızına

bağlıdır (15). Kas kitlesinin artışı ile BMH'nin artışı vücut ağırlığına göre daha güçlü bir ilişkiye sahiptir (74).

Ortalama bir insan enerjinin yaklaşık %25-30'unu kas aktivitesi için kullanırken, bir işçi enerjinin %60-70'ini kas aktivitesi için kullanır. Obez insanlarda artan fiziksel aktivite genellikle enerji tüketimini besin alımından daha fazla arttırır ve bu da önemli derecede bir kilo kaybı ile sonuçlanır. Tek bir yoğun egzersiz bile, fiziksel aktivite sonlandırıldıktan sonra birkaç saat için bazal enerji tüketimini arttırabilir. Kas aktivitesi vücuttaki enerji tüketimi açısından önemli olduğu için, artan fiziksel aktivite sıklıkla yağ depolarının azalması anlamında etkilidir (15).

#### **2.2.2.4.5. Çevresel, Sosyal ve Psikolojik Faktörler**

Çevresel faktörler, sedanter yaşam tarzı ve yüksek enerjili yiyecek miktarının fazla olduğu sanayileşmiş ülkelerin çoğunda obezite prevalansında hızlı artışın bir kanıtıdır. Psikolojik faktörler bazı insanlarda obeziteye katkıda bulunabilir. Örneğin, insanlar aileden birinin ölümü, şiddetli bir hastalık ya da depresyon gibi stresli durumlarda veya sonrasında sıklıkla fazla miktarda kilo alırlar (15).

#### **2.2.3. Zayıflık**

Obezitenin karşıtı olan zafiyet, aşırı kilo kaybı olarak nitelendirilir. Yetersiz besin alımı ya da psikojenik bozulmalar, hipotalamik anomaliler ve periferal dokulardan salınan faktörleri içeren besin alma istediğini geniş ölçüde azaltan patofizyolojik durumlarla oluşabilir. Kanseri gibi ciddi hastalıklarda besin alımına karşı azalan istek ciddi kilo kaybına neden olan artmış enerji tüketimi ile ilişkili olabilir (15).

Gelişmiş ülkelerdeki zayıflık problemi besin ya da enerji yokluğundan ziyade kişilerin psikososyal ve psikolojik karakterlerinin öneminden kaynaklanmaktadır. Anoreksiya nervoza ve bulimia zayıf genç kadınlar arasındaki zayıflık nedenlerinin en önemlisi olarak düşünülür. VKİ'ne göre sınıflandırılan zayıf, vücut ağırlığı fazla, obez kadınların normal kilolu kadınlarla kıyaslandığı bir çalışmada, zayıf kadınların psikolojik sağlık açısından normal kadınlara göre daha kötü olduğu görülmüştür (75).

Anoreksiya, başlıca iştahın azalması ile ortaya çıkan besin alımında azalma olarak tanımlanır (15). Anoreksiya nervoza, kilo alma endişesinin bir sonucu olarak bireylerin

zayıflık durumunu devam ettirdiği bir sendromdur (76). Besinlere karşı tüm isteğin kaybolduğu anormal ruhsal bir durumdur (15). Anoreksiya nervoza da bireyler beklenenden en az %15 daha az kiloya sahiptir ya da yetişkinlerde VKİ 17,5'in altındadır. Anoreksiya nervoza da kilo kaybı yağlı besinlerden sakınma ile oluşurken bazen aşırı egzersiz bu durumu tetikler (76).

Bulimia nervosa, aşırı yemek yeme nöbetlerinin tekrarları ve aşırı besin alımının ardından kilo almamak için bu durumu kompanse etme davranışları (kusma, aç kalma, şiddetli egzersiz diüretik, müsül, tiroksin ya da amfetamin ilaç kullanımı ya da bunların kombinasyonu) ile karakterizedir. Anoreksiya nervozada olduğu gibi kişi vücut şekli ve kilosundan aşırı derecede etkilenir (76, 77).

Kaşeksi, yiyecek alımındaki azalmadan ziyade artmış enerji tüketimi ile ilgili metabolik bir bozukluktur. Anoreksi ve kaşeksi birçok kanser tipi ve tükenmişlik sendromu gözlenen edinsel immün yetmezlik sendromu ve kronik inflamatuvar hastalıklarda birlikte görülür (15).

Açlık vücuttaki her sistemi etkiler. Kas-iskelet sisteminde bu etki, kaslarda güç kaybı, kemik yoğunluğunda azalma ve lineer büyüme bozukluğu olarak görülür (76).

## **2.3. Genel Enerji Metabolizması**

### **2.3.1. Biyoenerjistik**

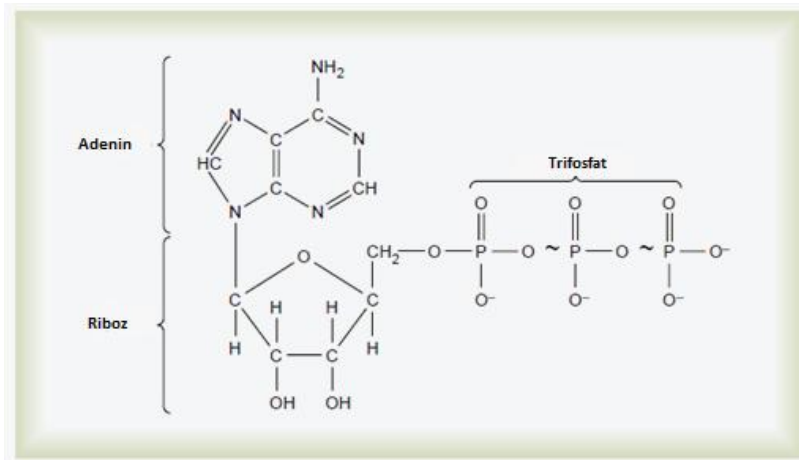
#### **2.3.1.1. Anaerobik Sistem**

Birçok kompleks fonksiyonları yapabilmek için insan vücudu devamlı sağlanan kimyasal enerjiye ihtiyaç duyar. Karbonhidrat, yağ ve protein bağlarındaki potansiyel enerji, bağlar parçalandığında ortaya çıkar. Bu enerji dönüşümünde göreceli olarak yüksek randıman sağlanır (13, 16).

### 2.3.1.1.1. Adenozin Trifosfat

Yiyeceklerdeki enerji biyolojik iş için hücrelere direkt olarak aktarılmaz. Aksine besinlerin oksidasyonundan elde edilen enerji, enerjiden zengin bir bileşik olan adenozin trifosfat'a (ATP) aktarılır (15). ATP'nin enerji alıcı ve enerji vericisi olması nedeniyle hücrelerin enerji dönüştürücü aktivitesini oluşturur (13, 16).

ATP'nin fosfat bağları yiyecek moleküllerinin potansiyel enerjisinin büyük bir kısmını saklar ve hızlı bir şekilde bu enerjiyi diğer bileşiklere daha yüksek bir aktivasyon seviyesini çıkarmak için aktarır. Hücreler başka yüksek enerjili bileşiklerde içerir, fakat en önemlisi ATP'dir. ATP adenin, riboz ve üç fosfat moleküllerinden oluşur. Fosfat molekülleri birbirlerine yüksek enerjili bağlarla bağlanırlar. Bu bağların hidrolizi ile açığa çıkan enerji biyolojik aktiviteler için kullanılmaktadır. Adenozin trifosfataz enziminin katalizlemesiyle su, ATP ile birleşir ve adenozin difosfat (ADP) bileşiği oluşur. Reaksiyon, bir fosfat iyonu (Pi)'nu açığa çıkarmak için ATP'nin en dıştaki fosfat bağını parçalar ve her hidroliz edilen ATP molekülü başına yaklaşık olarak 7.3 kkal enerji açığa çıkar.  $7.3 \text{ kkal/mol}^{-1}$  değeri standart koşullar altında standart serbest enerji değişimini gösterir. Hücre içerisinde bu değer yaklaşık olarak  $10 \text{ kkal/mol}^{-1}$ 'e yaklaşabilir. ATP'nin hidroliziyle açığa çıkan serbest enerji, tepkimeye giren ve açığa çıkan son ürünler arasındaki enerji farkını yansıtır. Bu reaksiyon yüksek enerjili fosfat bileşiği olarak bilinen ATP'yi oluşturan serbest enerjiyi üretir. Biyosentezin bazı reaksiyonlarında, ATP iki terminal fosfatını verir. Tek bir fosfat grubuna sahip olan bu yeni moleküle adenozin monofosfat (AMP) denir (13, 16).



Şekil 2.1. ATP'nin kimyasal yapısı (15)

ATP'nin parçalanmasıyla açığa çıkan enerji direkt olarak diğer enerji gerektiren moleküllere aktarılır. Kaslarda, enerji kas liflerini kısaltmak için moleküler motorları harekete geçiren kasılabilen elementlerin özel kısımlarını harekete geçirir. ATP hidrolizi ile elde edilen enerji; zarlardan aktif taşınım, vücuttaki bezlerden hormon salınımı, sinir iletimi gibi biyolojik işler için kullanılır (15); bu yüzden ATP, hücrelerin enerji sirkülasyonunu oluşturur (13, 16).

Farklı metabolik yollarla vücut sürekli bir ATP ikmali sağlar; bu yolların bazıları hücrelerin sitozollerindeyken diğerleri mitokondriler içerisinde etkin hale gelir. Örneğin; sitozol fosfokreatin fosfat (PCr), glikoz, gliserol ve deamine amino asitlerin karbon iskeletlerinin anaerobik parçalanmasıyla ATP üretimini sağlayan yolu içerir. Aerobik olarak -sitrik asit döngüsü,  $\beta$ -oksidasyonu ve solunum zinciri- ATP oluşturmak için hücresel enerjiyi kullanan reaksiyonlar mitokondri içerisinde bulunmaktadır (13, 16).

#### **2.3.1.1.2. Fosfokreatin**

Hücre içerisinde enerji ihtiyacını karşılayabilmek için ATP üretiminin sürekli olarak devam etmesi gerekmektedir. Yağ ve glikojen gerekli olan ATP'nin sürekliliği için major enerji kaynağı olarak kullanılır. ATP'nin yeniden sentezi, hem PCr'den bir fosfatın anaerobik yolla ayrılmasından, hem de hücre içerisinde yüksek enerjili fosfat bileşiklerinden meydana gelir (13, 16).

PCr ve ATP molekülleri benzer özellikleri paylaşmaktadır. Büyük miktarda serbest enerji, PCr'de fosfat ve kreatin moleküllerinin ayrılması ile açığa çıkar. Açığa çıkan enerji ile ATP'yi oluşturmak için ADP ve Pi molekülleri birleşir. Çünkü PCr ATP'nin hidrolizinden daha büyük bir enerjiye sahiptir, hidrolizi ADP'yi ATP'ye fosforiller (13, 15, 16). Hücreler yaklaşık olarak ATP'den dört-altı kat daha fazla PCr'yi depolarlar (13, 16).

Egzersiz boyunca kasların kasılması ile ADP miktarındaki kısa süreli artış, kreatin kinaz reaksiyonunu PCr ve ATP hidrolizi yönünde değiştirir; reaksiyon oksijen gerektirmez ve maksimum 10 saniyelik bir enerji sağlar. Bu yüzden PCr yüksek enerji bağlarının bir rezervuarı olarak görev yapar. ADP fosforilasyonunun hızlılığı, kreatin kinazın yüksek hızından dolayı depolanan kas glikojeninden anaerobik enerji transferini oldukça aşar. Eğer maksimal efor 10 saniyeden fazla devam ederse, sürekli olarak

ATP'nin yeniden sentezi için gerekli olan enerji makronutrientlerin katabolizmasından aerobik metabolizma ile daha yavaş elde edilir (13, 16).

Adenilat siklaz reaksiyonu, ATP oluşumu için bir diğer tek enzim aracılı reaksiyonu gösterir. Reaksiyon bir molekül ATP ve AMP üretmek için iki ADP molekülü kullanır (13, 16). Kreatin kinaz ve adenilat kinaz reaksiyonu, artan enerjiyle sadece kasların etkinliğini arttırmaz, aynı zamanda mitokondrinin solunum yolağını, glikojen ve glikoz katabolizmasının başlangıç seviyelerini aktive eden AMP, Pi ve ADP moleküller ara ürünleri üretir (13, 16).

### **2.3.1.1.3. Glikolitik Sistem**

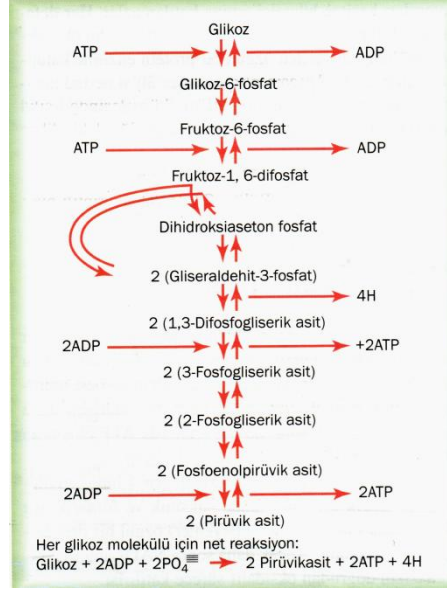
ATP'nin bir diğer üretim şekli glukozun parçalanmasıyla açığa çıkan enerjidir. Bu sistem glikolitik sistem olarak adlandırılır, çünkü özel glikolitik enzimlerle glukozun parçalanması olan glikolizisi içerir (57).

Glukoz, kan dolaşımındaki şekerlerin %99'undan sorumludur. Kan glikozu, karbohidratların sindiriminden ve karaciğer glikojeninin parçalanmasından kaynaklanır. Glikojen, glikogenezis olarak adlandırılan süreç ile glikozdan sentezlenir. Glikojen ihtiyacı olana kadar, kaslarda ve karaciğerde depolanır. Glikoz ihtiyacı oluştuğunda, glikojen, glikojenoliz süreci ile glukoz-1-fosfata parçalanır (15, 57). Glukoz ya da glikojenin, enerji üretmek için kullanılabilmesi için öncelikle glukoz-6-fosfata dönüştürülmesi gerekir. Bir molekül glikozun dönüşümü bir molekül ATP gerektirir. Glikojenin glikoz-6-fosfata dönüşü için bu enerji gerekli değildir (15, 57).

Glikolizde glikoz ve piruvat arasındaki reaksiyonlar iki ayrı faz olarak düşünülür:

- 1) Enerji yatırım fazı
- 2) Enerji oluşum fazı

İlk beş reaksiyon, şeker fosfatlarını oluşturmak için kullanılan ATP enerji yatırım fazını oluşturur. Glikolizisin sonucunda enerji üretilmesine rağmen, yolağın başında iki noktada ATP eklenmesinin amacı, glikoza fosfat gruplarını eklemektir ve fruktoz-6-fosfat oluşturmaktır. Glikolizisin son beş reaksiyonu, enerji oluşum fazını gösterir (13).



Şekil 2.2. Glikoliz sırasında ortaya çıkan tepkime dizisi (15)

Bu enerji sistemi büyük miktarda ATP üretmez. Bu sınırlamaya rağmen ATP- PCr ve glikolitik sistemlerin kombinasyonu oksijen desteği sınırlı olduğunda dahi kasların güç üretmesine izin verirler. Bu iki sistem şiddetli egzersizin ilk dakikalarında hakimdir (57).

### 2.3.1.2. Aerobik Sistem

Fosforilasyon için gerekli çoğu enerji diyetle alınan karbonhidrat, yağ ve protein makronütrientlerinden sağlanır. Elektron donöründen elektronlarını alan bir molekül indirgenir. Sırayla elektronlarını veren moleküller okside olurlar. Esasen hücrel oksidasyon ve redüksiyon enerji metabolizmasının altında yatan biyokimyasal mekanizmayı oluşturur. Bu süreç depo besinlerin katabolizmasından hidrojen atomu sağlar. Mitokondri taşıyıcı molekülleri içerir. Bu moleküller elektronları hidrojenden taşır ve en son oksijene geçer. Oksidasyon ve redüksiyon olayları boyunca ATP sentezi meydana gelir (13, 15, 16).

### 2.3.2. Enerji Kaynağı

Vücut istirahatte ve egzersizde hücrel aktiviteleri devam ettirebilmek, gerekli enerjiyi sağlamak için günlük tüketilen karbonhidrat, yağ ve protein besin kaynaklarını

kullanır (13, 15). Egzersiz süresince enerji için ana besin kaynakları, yağlar ve karbonhidratlar ve toplam enerjiye çok az katkıda bulunan proteinlerdir (13).

Patlamalı kalorimetrede ölçülen yaygın besin maddelerinin kalorik değerleri, karbonhidratların 4,1 kkal/g, yağların 9,3 kkal/g, proteinlerin 5,3 kkal/g olarak bulunmuştur. Vücutta karbonhidrattan ve yağdan benzer değerler elde edilir fakat proteinlerin oksidasyonu eksiktir. CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O'ya ek olarak protein katabolizmasının son ürünleri olan üre ve azotlu bileşikler oluşur. Bu nedenle vücuttaki proteinin kalorik değeri yalnızca 4,1 kkal/g'dır (78).

### **2.3.2.1. Karbonhidratlar**

Karbonhidratlar karbon, hidrojen ve oksijen atomlarından oluşur. Depo karbonhidrat vücut için uygun enerji formunu hızlı bir şekilde sağlar (13, 77). Vücut bu hızlı enerji kaynağını, bir gram karbonhidrattan yaklaşık 4 kkal enerji sağlayarak gerçekleştirmektedir. Karbonhidratlar üç formda bulunurlar;

- 1) Monosakkaritler,
- 2) Disakkaritler,
- 3) Polisakkaritler.

Monosakkaritler, glukoz ve fruktoz gibi basit şekerlerdir. Glukoz, karbonhidrat sindiriminin ana ürünü ve sıklıkla “kan şekeri” olarak tanımlanır (13, 77, 78). Fruktoz meyvelerde ya da balda bulunur ve basit karbonhidratların en tatlısı olduğu belirtilmektedir (13).

Disakkaritler, iki monosakkaritin birleşmesiyle oluşur. Örneğin, sofr şekerini sükröz olarak isimlendirilir ve glukoz ile fruktozun birleşmesiyle oluşur. Maltozda iki glukoz molekülünün birleşmesiyle oluşur (13, 77). Sütte bulunan laktoz glukoz ve galaktozun birleşmesi ile oluşur (77).

Polisakkaritler, üç ya da daha fazla monosakkarit içeren kompleks karbonhidratlardır. Polisakkaritler ya küçük moleküllerdir (örneğin; üç monosakkarit) ya da yüzlerce monosakkaridi içeren görece büyük moleküllerdir. Glikojen, hayvan dokularında depolanan polisakkarit için kullanılan terimdir. Glikoz molekülleri birbirlerine bağlanarak hücre içerisinde sentezlenir. Glikojen molekülleri genellikle büyüktür ve yüzlerce hatta binlerce glikoz molekülü içerebilir. Hücreler, enerji kaynağı olarak sağlanan karbonhidratı glikojen olarak depolar (13, 77). Örneğin, egzersiz boyunca



kas hücreleri glikojeni glikoza parçalar ve glikozu kas kasılmasında enerji kaynağı olarak kullanırlar. Diğer yandan, serbest glikozun kan dolaşımına salınması ve vücut boyunca dokulara taşınmasıyla, glikojenoliz karaciğer hücrelerinde de meydana gelir (13).

Karaciğer ve kas liflerinin her ikisinde depolanan glikojen egzersiz metabolizması için önemlidir, ancak vücuttaki toplam glikojen depoları göreceli olarak azdır ve uzamış egzersiz sonucunda birkaç saatte tükenbilir. Bu nedenle glikojen sentezi hücrelerde devam eden bir süreçtir. Yüksek karbonhidratlı besin alımı glikojen sentezini artırırken, karbonhidrattan düşük besin alımı glikojen sentezini engelleme eğilimindedir (13).

### **2.3.2.2. Yağlar**

Yağlar karbonhidratlar gibi aynı elementleri içermesine rağmen, yağlarda oksijene göre karbon oranı karbonhidratta olduğundan daha fazladır. Yağ molekülleri, ağırlık birimi başına fazla miktarda enerji ürettiği için uzamış egzersiz için depolanan vücut yağı ideal bir kaynaktır. Bir gram yağ yaklaşık 9 kkal enerji içerir ki bu enerji hem karbonhidrat hem de proteinlerden elde edilen enerjilerin iki katıdır. Yağlar genelde dört grupta sınıflandırılabilir;

- 1) Yağ asitleri
- 2) Trigliseritler
- 3) Fosfolipidler
- 4) Steroidler (13, 15, 78).

Yağ asitleri vücutta trigliserit olarak depolanır. Trigliserit üç molekül yağ asidi ve bir molekül gliserolden oluşur. Trigliserit için en geniş depolama bölgesi yağ hücresi olmasına rağmen, bu moleküller iskelet kaslarını da içeren birçok hücre tipinde de depolanır. İhtiyaç olduğunda kas ve diğer dokular tarafından enerji kaynağı olarak kullanılması için komponentlerine parçalanabilirler (13, 77, 78). Lipoliz ile açığa çıkan gliserol kaslar için direkt enerji kaynağı değildir, ama karaciğer tarafından glikoz sentezi için kullanılabilir. Fosfolipitler, egzersiz boyunca iskelet kasları tarafından enerji kaynağı olarak kullanılmazlar. Fosfolipitler, fosforik asitle birleşen lipitlerdir ve hemen hemen vücuttaki her hücrede sentezlenirler (13). Fosfolipitlerin biyolojik rolleri, hücre membranlarının bütünlük yapısından sinir liflerinin çevresinde yalıtım kılıfı sağlamak gibi çeşitlidir (13, 15, 77). Yağların son sınıfı steroidlerdir. Bu yağlar da egzersiz boyunca enerji kaynağı olarak kullanılmazlar. En yaygın steroid kolesteroldür. Kolesterol

bütün hücre membranlarının bir komponentidir ve vücuttaki her hücrede sentez edilebilir (13, 78).

### **2.3.2.3. Proteinler**

Proteinler, amino asit denilen birçok küçük alt birimden oluşur. Vücutta farklı formlarda kullanılmak üzere en az yirmi farklı amino asite ihtiyaç duyulur (13, 15). Esansiyel amino asit olarak adlandırılan dokuz amino asit, vücut tarafından sentezlenemez ve bu yüzden yiyeceklerle alınmak zorundadır. Proteinler, peptit bağları olarak adlandırılan kimyasal bağlarla amino asitler bağlanarak şekillenirler (13, 78). Enerji kaynağı olarak proteinler, gram başına yaklaşık olarak 4 kkal enerji içerirler. Egzersizde proteinler iki yolla enerji sağlarlar. İlki, alanin amino asiti karaciğerde glikojen sentezinde kullanılması için glikoza çevrilebilir. İkincisi, birçok amino asit, kas hücrelerinde metabolik ara ürünlere çevrilebilirler ve direkt olarak biyoenerjistik yolakda yakıt olarak katkıda bulunurlar (13).

### **2.3.3. Enerji Metabolizması**

Organizmalar karbonhidratları, proteinleri ve yağları okside ederler ve başlıca CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O ve yaşam için gerekli enerjiyi üretirler. Vücutta oksidasyon tek aşamalı bir reaksiyon değil yarı patlayıcı, yavaş ve aşamalı bir süreçtir ve buna katabolizma denir. Besinlerin katabolizmasıyla az, kullanılabilir miktarda enerji açığa çıkar. Enerji vücutta enerjiden zengin fosfat bileşikleri şeklinde ve daha basit moleküllerden sentezlenen protein, yağ ve kompleks karbonhidrat formunda saklanabilir. Enerji salınımından ziyade tutulması olan bir işlem yardımıyla bu maddelerin oluşumu anabolizma olarak adlandırılmaktadır (78).

#### **2.3.3.1. Metabolik Hız**

Birim zamanda açığa çıkan enerji miktarına metabolik hız denir. Vücutta yiyeceklerin katabolizmasıyla ortaya çıkan enerji miktarı, yiyeceklerin vücut dışında yanmasıyla açığa çıkan enerji miktarı ile aynıdır. Vücutta katabolizma ile açığa çıkan enerji vücut fonksiyonlarının, sindirim ve yiyeceklerin metabolizmasının, termoregülasyon ve fiziksel aktivitenin devam ettirilmesi için kullanılır (15, 78).

### 2.3.3.2. Bazal Metabolizma Hızı

Vital fonksiyonların devamı için minimum bir enerjiye ihtiyaç vardır. Bu enerji gereksinimi BMH olarak vücudun ısı üretimini yansıtır. Uyulması zorunlu şartlar altında oksijen tüketiminin ölçülmesi dolaylı olarak BMH'yi verir. Örneğin; BMH ölçümü alınan besinlerin sindirimi, absorpsiyonu ve asimilasyonu sırasında metabolizma hızının artmasından sakınmak için en az 12-14 saatlik açlıkla dinlenme halinde yapılır (16, 57, 78). Diğer ısı üretimine neden olacak etkileri azaltmak için, testten en az iki saat önce hiçbir fiziksel aktivite yapılmamalıdır. En az 8 saatlik uykunun ardından kişiler ısı değişiminin olmadığı rahat bir ortamda yaklaşık 30 dakika sırtüstü dinlenir sonra oksijen tüketimi ölçülür (16, 57). BMH için oksijen tüketim değerleri genellikle 160 ve 290 ml.dk<sup>-1</sup> (0,8-1,43 kkal.dk<sup>-1</sup>) arasında olup cinsiyet, yaş, vücut büyüklüğü ve yağsız vücut kütlesine bağlı olarak değişir (16). BMH uyku sırasında yaklaşık %10 ve uzun süreli açlıkta %40'a kadar azalır. Günlük aktiviteler boyunca hız, kas aktivitesi ve yiyecek alımından dolayı BMH'den daha yüksektir (78).

BMH, direkt olarak vücudun yağsız kitlesi ile ilişkilidir ve dakikada yağsız kitle başına kilokalori (kkal.kg<sup>-1</sup>.dk<sup>-1</sup>) olarak da ifade edilebilir. Yağsız kitle ne kadar fazla ise harcanan toplam enerji o kadar fazladır. Kadınların erkeklere göre yağsız kitleleri az ve yağ kitlesi daha fazla olduğu için, aynı kilodaki erkeklere göre kadınlar daha düşük BMH'ye sahiptir (57). Vücudun yüzey alanı benzer şekilde önemlidir. Daha fazla yüzey alanına sahip olmak, BMH'nin artmasına neden olan deri yüzeyinden daha fazla ısı kaybı olacaktır. Çünkü vücut sıcaklığını devam ettirebilmek için daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulur (57).

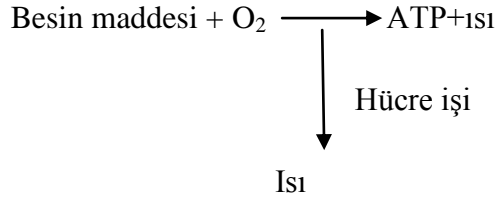
### 2.3.3.3. Kalori

Bir gram suyun sıcaklığını 15 °C'den 16 °C'ye 1 derece arttırmak için gerekli olan ısı miktarı olarak tanımlanan kalori (kal) standart ısı enerjisi birimidir. Bu birim gram kalori, küçük kalori ya da standart kalori olarak da kullanılır. Bu birim fizyoloji ve tıpta genellikle kullanılan birim kalori (kilokalori; kkal) olup 1000 kaloriye eşittir (15, 57).

### 2.3.4. Metabolizma Ölçüm Metodları

Vücut iş için enerji kullandığında açığa ısı çıkar. Bu ısı üretimi, hücre işi ve hücre solunumu (biyoenerjetik) birlikte meydana gelir. Genel süreç şematik olarak Şekil 2.3.'de çizilmiştir.

Bir kişide ısı üretim oranı, doğrudan metabolik hız ile orantılıdır. Bu yüzden, ısı üretimini ölçmek metabolik hızın doğrudan ölçümünü verir (13).



Şekil 2.3. Hücre solunumuyla ısı üretimi.

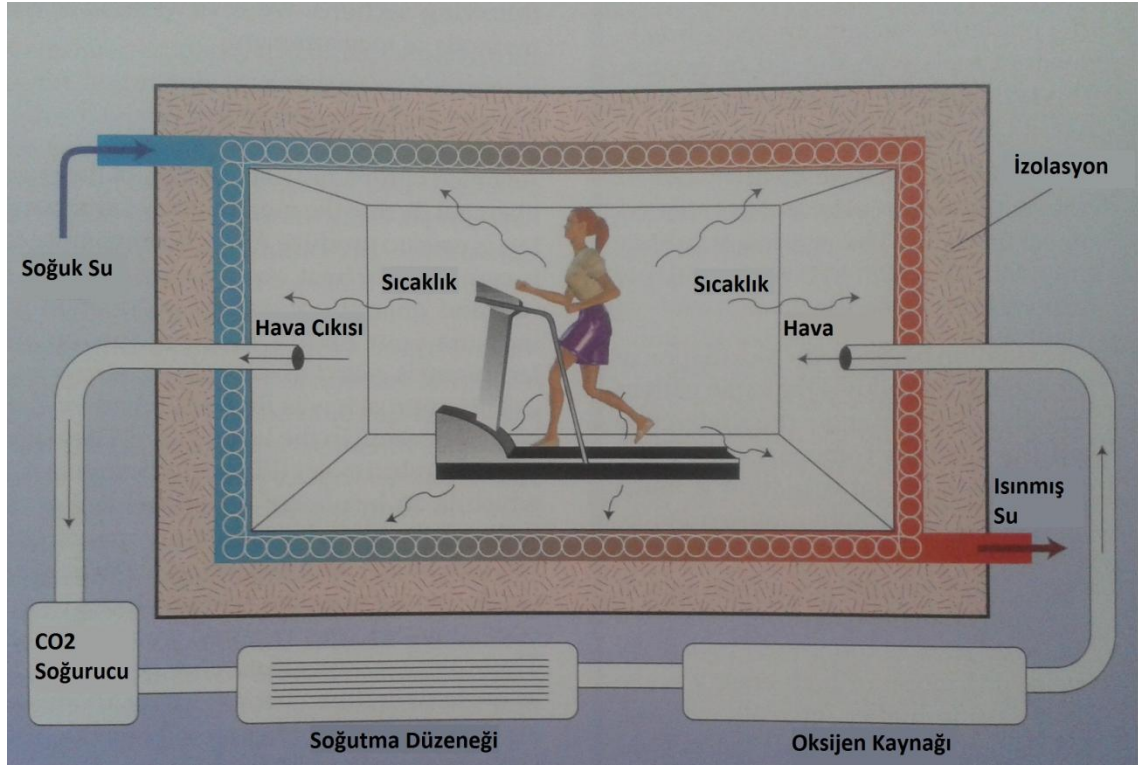
Dinlenme ve fiziksel aktivite süresince enerji tüketimi direkt ve indirekt kalorimetre yöntemleri kullanılarak ölçülmektedir (16). Vücuttan yayılan ısının direkt olarak ölçümünü içeren ölçüm metodu direkt kalorimetrik yöntem olarak adlandırılır. Isı yayılımı diğer ölçümlerle hesaplanıyor ise bu yönteme indirekt kalorimetre yöntemi denir. İndirekt kalorimetre açık ve kapalı devre spirometri olarak ikiye ayrılır. Kapalı devre spirometri solunan ve verilen havanın akımı ile gerçekleşir. Açık devre spirometri atmosferik havanın solunması, solunan havanın örneklenmesi ve solunumuyla verilen havanın ölçülmesini içerir (79).

#### 2.3.4.1. Direkt Kalorimetre

Besin maddelerinin yanmasıyla açığa çıkan enerji, izole bir konteynırın içerisinde su bulunan metal bir kapla kaplı olan, patlamalı kalorimetre gibi bir aparatla direkt olarak ölçülebilir (15, 16, 57, 78). Bir elektrik kıvılcımı ile yiyecekler yanar. Su sıcaklığındaki değişim üretilen kalorinin bir ölçüsüdür. İnsanda ve hayvanda bileşiklerin yanmasıyla salınan enerjinin benzer ölçümleri daha karmaşıktır fakat fiziksel olarak insanlara göre uyum sağlayan kalorimetreler tasarlanmıştır (78). Belirli bir sıcaklıkta hacmi bilinen su, odanın üst kısmındaki bir seri bobin boyunca dolaşır; bu su kişiler tarafından üretilen ve yayılan sıcaklığı absorbe eder. Bütün oda yalıtımla korunmuştur bu nedenle su

sıcaklığındaki herhangi bir değişim kişilerin enerji metabolizmasını yansıtmaktadır (15, 16, 57).

Direkt kalorimetri, bazal metabolizma hızı, günlük enerji tüketimi, çevresel ve fizyolojik şartları değiştiren etkileri çalışmak için kullanılır (79). İnsanlarda ısı üretimini direkt olarak belirlemek teorik olarak önemli sonuçlara sahiptir fakat pratik olarak uygulamada sınırlıdır (15, 16, 57). Kalorimetrede ısı ölçümleri önemli derecede zaman, masraf ve teknik uzmanlık gerektirir. Bu yüzden kalorimetreler çoğu spor, iş ve eğlenceli aktiviteler için enerjinin belirlenmesini mümkün kılmaz (16, 57).



Şekil 2.4. Kalorimetre odası (57)

#### 2.3.4.2. İndirekt Kalorimetre

Vücuttaki bütün enerji salınım reaksiyonları tamamen oksijen kullanımına bağlıdır. Fiziksel aktivite boyunca bir kişinin oksijen tüketiminin ölçülmesi ile enerji tüketimi indirekt ölçülebilir. Direkt kalorimetreye kıyaslandığında, indirekt kalorimetri daha ucuzdur ve maliyeti azdır (16).

Enerji üretimi, enerji üreten biyolojik oksidasyon ürünlerinin ölçülmesiyle de hesaplanabilir; yani CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O ve protein katabolizmasının son ürünleri üretilir, fakat bunu belirlemek zordur. Ancak, O<sub>2</sub> depolanmaz ve oksijen açığı dışında, birim zamanda tüketilen O<sub>2</sub> miktarı metabolizma sonucunda açığa çıkan enerji ile orantılıdır (16, 78, 79). Bu nedenle tüketilen O<sub>2</sub> ve üretilen CO<sub>2</sub> dinlenim enerji tüketimini ve solunum oranını hesaplamak için kullanılır (16, 78, 79, 80). Birim zamanda tüketilen oksijen miktarı tüketilen oksijenin litresi için 4,82 kkal ile çarpılarak enerji üretim miktarına dönüştürülür (16, 78, 79).

İndirekt kalorimetri insan kalorimetresinde direkt ölçmek için karşılaştırılabilir sonuçlar sağlar. Kapalı devre spirometri ve açık devre spirometri indirekt kalorimetrenin iki uygulanış şeklini gösterir (16, 79).

#### **2.3.4.2.1. Kapalı Devre Spirometri**

Dinlenim enerji tüketimini ölçmek için hastanelerde ve araştırma laboratuvarlarında kullanılmaktadır. Kişiler doldurulmuş konteynırdan %100 oksijen alır. Kişiler sadece spirometredeki gazı tekrar tekrar soluduğu için cihaz bir kapalı sistemdir. Soluk alıp-verme sistemine yerleştirilen bir potasyum hidroksit kabı, verilen solunum havasındaki karbondioksidi absorbe eder (81). Spirometreye bağlı bir silindir sistemi, total hacimdeki değişimlerden oksijen tüketimini kaydetmek için bilinen bir hızda döner (16).

Egzersiz boyunca, kapalı devre spirometre ölçümü problemlidir. Kişiler büyük cihazda kapalı kalmak zorundadır, kapalı devre egzersiz boyunca daha fazla nefes almak için önemli bir direnç oluşturur ve yoğun egzersiz süresince karbondioksit üretimindeki oran daha fazla olur. Bu nedenlerden dolayı açık devre spirometre egzersiz oksijen tüketimini ölçmek için geniş çapta laboratuvarlarda kullanılır (16).

#### **2.3.4.2.2. Açık Devre Spirometri**

Açık devre metodu oksijen tüketimini ölçmek için göreceli olarak basit bir yol sağlar. Bir kişi % 20,93 O<sub>2</sub>, % 0,03 CO<sub>2</sub> ve % 79,04 nitrojen (N<sub>2</sub>) karışımına sahip dış ortam havasını solur. Ekspire edilen havadaki oksijen ve karbondioksit yüzdelerindeki değişim inspire edilen dış ortam havasındaki yüzdelerle kıyaslandığında dolaylı olarak

devam eden enerji metabolizmasını yansıtır. Bu nedenle iki faktörün analizi -belirli bir zamanda soluk alıp verilen hava hacmi ve verilen havanın içeriği- oksijen tüketimini ölçmek için pratik bir yol sağlar ve enerji tüketimi ile ilgili bilgi verir (16, 57).

#### **2.3.4.2.2.1. İndirekt Kalorimetre Yöntemleri**

Fiziksel aktivite süresince oksijen tüketimini ölçmek için üç farklı indirekt kalorimetri yöntemi kullanılabilir (16).

- 1- Taşınabilir spirometri
- 2- Douglas torbası/balon metodu
- 3- Bilgisayarlı cihazlar

##### **2.3.4.2.2.1.1. Taşınabilir Spirometri**

1940'ların başlarında iki Alman bilim adamı tarafından fiziksel aktivite boyunca indirekt olarak enerji tüketiminin belirlenmesi için taşınabilir, hafif bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistemle kişiler sırt çantası gibi 3 kg'lık kutu şeklinde bir aparat taşırlar ve ortamdaki havayı soluken verilen hava bir gaz metresinden geçer. Gaz metresi ekspire edilen toplam hava hacmini ölçer ve oksijen ve karbondioksit içeriğinin analizi için bir gaz örneği toplar. Bu değerler ölçüm süresince oksijen ve enerji tüketimini belirler (16).

Taşınabilir spirometrenin kullanımı dağa tırmanma, kayak yapma, denize açılma, golf oynama ve yaygın ev işlerini yapma gibi çeşitli fiziksel aktivitelerde oldukça hareket özgürlüğü sağlamaktadır. Şiddetli fiziksel aktivitelerde bu teknik dezavantaj oluşturmakla birlikte, yoğun egzersiz süresince hızlı nefes alıp verme ile hava akım hacminin eksik kaydedildiği görülmektedir (16)

##### **2.3.4.2.2.1.2. Douglas Torbası/Balon Metodu**

Bu teknikte hızlı, düşük dirençli, çift yönlü bir solunum kapakçığına bağlı bir başlık takılarak sabit bir bisiklet ergometresi kullanılır. Kapakçığın bir kısmından ortamdaki hava solunurken, diğer kısımdan dışarı atılır. Ekspire edilen hava hem geniş plastikten hem de keten Douglas torbasına ya da direkt olarak bir gaz metreye geçer.

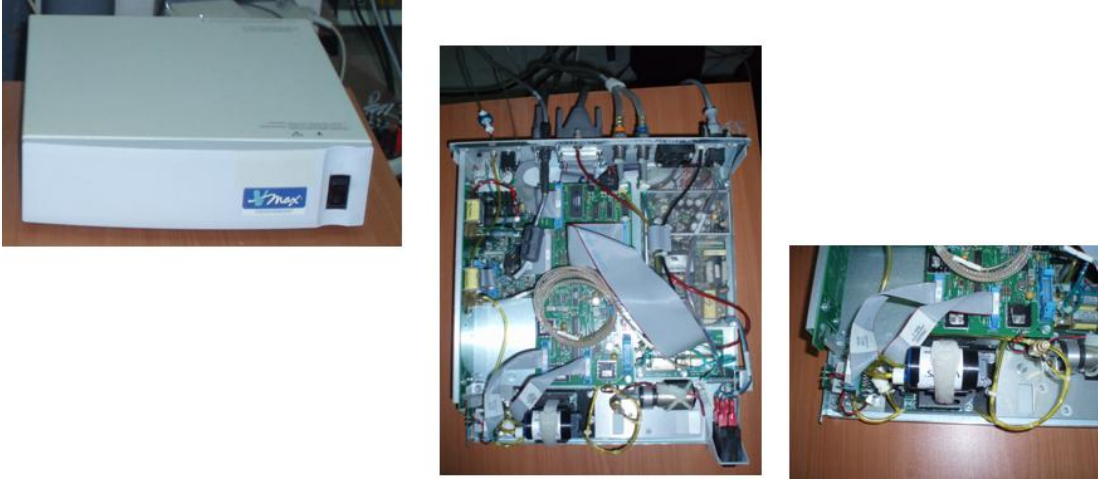
Daha sonra O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> tüketiminin analizi için ekspire edilen havanın küçük bir örneği alınır (16, 82). Teknik aynı zamanda yaygın ev işleri ve bahçe işleri süresince harcanan enerji tüketimini belirlemek için kullanılır (16). Ancak, bu şekilde ekspire edilen havanın toplanması kişiler ve bazı hastalar için uygun ve rahat bir yöntem değildir (82).

#### **2.3.4.2.2.1.3. Bilgisayarlı Sistemler**

Bilgisayarlı sistemlerle, her nefeste ölçüm sistemi ile metabolik ve fizyolojik cevap hızlı bir şekilde ölçülebilir. Bir bilgisayar en az üç parçalı ara bağlantılara sahiptir: ekspire edilen havayı sürekli olarak örnekleyen bir sistem, solunan havanın hacmini kaydetmek için bir akım-ölçer, ekspire edilen gaz karışımının içeriğini ölçmek için oksijen ve karbondioksit analizörleri (16, 79). İnspire edilen hava hacmi, gaz hacmini belirleyen cihazlarla ölçülür. Ekspire edilen gaz, elektronik gaz analizörleri aracılığı ile O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> içeriklerini analiz edilebilmesi için küçük bir gaz örneği karışım kamarasına yönlendirilir. İnspire edilen hava hacmi ve ekspirasyon havasındaki O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> fraksiyonu ile ilgili bilgiler, analog sinyallerin dijital sinyallere dönüştürüldüğü cihazlar yardımı ile bilgisayar ortamına aktarılır. Bilgisayarlar, araçlardan gelen elektronik sinyallerine göre tüketilen O<sub>2</sub> ve üretilen CO<sub>2</sub> miktarını hesaplaması için programlanır (13). Ölçüm periyodu süresince dataların yazılı ve grafik olarak görüntüsü bilgisayar ekranında görünür. Çoğu gelişmiş sistemler otomatik kan basıncı, kalp hızı ve sıcaklık monitörleri içerir. Bu monitörlerde koşu bandı, bisiklet ergometresi ve diğer egzersiz aparatlarında da hızı, süreyi ve egzersiz şiddetini önceden ayarlayan talimatlar bulunmaktadır (16, 79).

Bilgisayarlı sistemler, işlem kolaylığında ve hızlı data analizinde büyük avantajlar sağlarlar. Ekipmanların yüksek maliyeti ve bozulan sistemin yapımının gecikmesi dezavantajları oluşturur (16).





Şekil 2.5. Laboratuvarımızda yer alan O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> analizinin yapıldığı metabolitör

#### 2.3.4.2.2.2. O<sub>2</sub> Tüketiminin ve CO<sub>2</sub> Üretimini Hesaplanması

Tüketilen O<sub>2</sub> miktarı ve üretilen CO<sub>2</sub> miktarını belirlemek için her nefeste ölçüm (breath-by-breath) yöntemi ya da belli zaman dönemleri kullanılır. Genellikle değerler dakikada tüketilen (VO<sub>2</sub>) ve dakikada üretilen CO<sub>2</sub> olarak kullanılır (57).

Bir dakikada tüketilen oksijen miktarı;

$$VO_2 = (V_I \times F_I O_2) - (V_E \times F_E O_2)$$

Karbondioksit üretimi ise;

$$VCO_2 = (V_E \times F_E CO_2) - (V_I \times F_I CO_2) \text{ fomülleri ile hesaplanır.}$$

- İspirasyon hacmi (V<sub>I</sub>)
- Ekspirasyon hacmi (V<sub>E</sub>)
- İspirasyon havasındaki oksijen fraksiyonu (F<sub>I</sub>O<sub>2</sub>)
- İspirasyon havasındaki karbondioksit fraksiyonu (F<sub>I</sub>CO<sub>2</sub>)
- Ekspirasyon havasındaki oksijen fraksiyonu (F<sub>E</sub>O<sub>2</sub>)
- Ekspirasyon havasındaki karbondioksit fraksiyonu (F<sub>E</sub>CO<sub>2</sub>)

1949 yılında J.B. Weir, akciğer ventilasyonu ve ekspirasyon havasındaki oksijen yüzdesinin hesaplanması ile harcanan kaloriyi (kkal.dk<sup>-1</sup>) belirlemek için basit bir yöntem sunmuştur. Eksik protein oksidasyonundan dolayı dinlenim enerji tüketimini düzeltmek için Weir eşitliği kullanılır. Bu eşitliğin kullanımı için 24 saatlik idrar nitrojeni gerekmektedir. Ancak, tam ve kısaltılmış formüllerin sonuçları arasındaki fark %2'den az olduğu için, birçok klinisyen, 24 saatlik toplanan idrarın zorluğundan dolayı kısaltılmış Weir eşitliğini kullanmaktadırlar (16, 80).

### 2.3.4.2.2.3. Solunumsal Değişim Oranı

Vücutta tüketilen enerji miktarını belirlemek için, okside edilen besin tipi (karbonhidrat yağ ya da protein)'nin bilinmesi önemlidir. Glikoz, serbest yağ asitleri ve proteinlerin karbon ve oksijen içeriği farklıdır. Bunun sonucunda metabolizma süresince kullanılan oksijen miktarı okside edilen besin tipine bağlıdır. İndirekt kalorimetre ile salınan CO<sub>2</sub> ve tüketilen O<sub>2</sub> miktarı ölçülür. Bu iki değer arasındaki oran solunumsal değişim oranı (R) olarak ifade edilir (16, 57).

$$R = VCO_2/VO_2$$

Glikoz oksidasyonunda üretilen CO<sub>2</sub> molekülü ve tüketilen O<sub>2</sub> molekülü birbirine eşittir. Bu nedenle karbonhidratın R değeri 1'dir. Yağlar için genellikle R değeri 0,70 olarak ifade edilir. Bu değer yağ asidindeki karbon zincirinin uzunluğuna göre 0,69-0,73 arasında değişir (15, 16, 57). Proteinler için bu değer ise 0,82'dir (16, 57). Karbonhidrat, yağ ve proteinle beslenen bir kişinin R değeri 0,825 olarak değerlendirilir (15).

### 2.3.5. Metabolizma Hızını Etkileyen Faktörler

Metabolik hız birçok faktör tarafından etkilenir. En önemlisi kasların çalışmasıdır (16, 78). O<sub>2</sub> tüketimi sadece kasların çalışması sırasında değil sonrasında O<sub>2</sub> açığını geri ödemek için de devam eder. Mideye yeni girmiş yiyecekler de (kısa süre önce yiyecek alımı) özel dinamik hareketleri nedeniyle metabolizma hızını arttırlar. Yiyeceklerin özel dinamik hareketleri, emilimi ve işlenmesi boyunca meydana gelen zorunlu enerji tüketimine neden olur. Metabolizma hızında 100 kkal artış sağlayacak miktarda proteinin vücuda alınmasıyla 30 kkal; aynı miktarda karbonhidrat için 6 kkal ve aynı miktarda yağ için 5 kkal enerji tüketilir (78).

BMH, genellikle yağsız kitlenin azalması nedeniyle dereceli olarak yaşın ilerlemesiyle azalır (16, 57). Benzer şekilde erkeklerde kadınlara göre BMH'nin daha yüksek olması kadınlarda kas kitlesinin yağ dokusuna göre daha fazla olmasından kaynaklanabilir. Stresin artması sempatik sinir sistem aktivitesini arttırdığı için BMH de bir artış görülür (57). Aynı zamanda tiroit bezinden salgılanan tiroksin hormonu en yüksek düzeyde salgılandığında BMH'yi %50-100'e kadar arttırırken, erkek cinsiyet hormonları BMH'yi %10-15 arttırır (15). Büyüme hormonu (15) ve adrenal medulladan salgılanan epinefrin BMH'yi arttıran diğer hormonlardır (57).

Metabolizmayı etkileyen bir diğerk faktör çevresel sıcaklıktır. Metabolik hız ve çevresel sıcaklık arasındaki eğri U şeklindedir. Çevresel sıcaklık vücut sıcaklığından daha düşük olduğunda, titreme gibi sıcaklık üreten mekanizmalar aktifleşir ve metabolik hızı artırır. Çevresel sıcaklık vücut sıcaklığını arttıracak düzeyde olduğunda metabolik süreçler hızlanır ve metabolik hız, her santigrat için yaklaşık %14 artar (16, 57, 78). Uyku sırasında BMH normalin %10-15 altına düşerken, uzun süreli dengesiz beslenme BMH'yi %20-30 kadar azaltabilir (15).

Günlük aktiviteler boyunca hızlı kas aktivitesi ve yiyecek alımından dolayı BMH'den daha yüksektir. Egzersiz sırasında ulaşılan maksimum metabolizma hızının bazal metabolizma hızına göre 10 kat daha hızlı olduğu bilinirken, antrenmanlı sporcular metabolik hızlarını 20 katına kadar çıkarabilirler (78).

#### **2.4. Yürüme**

Normal yürüme, en az bir ayağın zeminle sürekli olarak temas etmesiyle birlikte vücudu desteklemek ve ileriye doğru hareket ettirmek için her iki bacağın kullanımını içeren bir hareket metodu olarak tanımlanır (82) ve aktive olan yüzlerce kasın koordinasyonunu gerektirir. Yürümeye, vücudu dengesiz bir pozisyona düşürerek desteklemek için bir bacağı öne atarak başlanır. Vücudun ağırlığını taşımak için vücudun desteklenen tarafındaki ekstensör kaslar aktive olduğunda kontralateral ekstensörler, desteklenmeyen bacağı bükme ve ileriye doğru sallamak için resiprokal inervasyonla inhibe edilir. Döngüsel olarak, yürüme hareketlerinin birbirini izlemesine omurilikte lokal seviyede bulunan ara nöronlar arası ağlar neden olur. Ara nöronların yaptığı ağ kol, omuz, vücut, kalça ve ayak kaslarının uygunluğunu kontrol eden çeşitli motor nöron havuzlarının çıktısını düzenler (77).

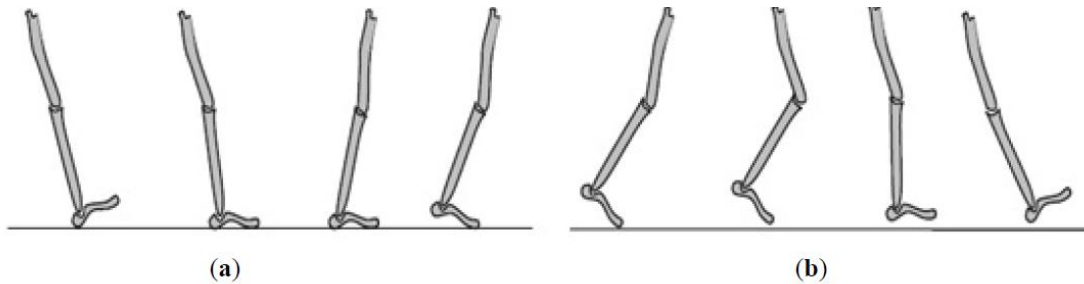
Ağ nöronları, plazma membranındaki spontan pacemaker özelliklerini ve kendi ritmlerini belirlemek için kalıplaşmış kavşak etkinliğini kullanırlar. Aynı zamanda, önemli biçimde uyumludurlar ve tek ağ girdilere bağımlı olarak birçok farklı nöral aktivite paternlerini oluşturabilirler. Bu girdiler diğerk lokal ara nöronlardan, afferent liflerden ve aşağı inen yollardan gelir (77).

### 2.4.1. Yürüme Siklusu

Yürüme siklusu, yürümenin tekrarlayan olayları arasındaki zaman aralığı olarak tanımlanır. Yürüme siklusuna herhangi bir noktadan başlanabilmesine rağmen, ayağın zemine temas ettiği anın kullanımı genellikle uygun olur. Eğer sağ ayağın teması ile başlarsa, siklus sağ ayağın tekrar zemine temasına kadar devam edecektir. Sol ayak da aynı sağ ayak gibi aynı olaylar zincirini gerçekleştirecektir, fakat siklusun yarısı kadar bir zaman da gerçekleşecektir (82). Fazlarla yürüme paterninin analizi, eklem ve segmentlerin oluşturduğu farklı hareketlerin fonksiyonel önemine göre tanımlanır (83). Yürüme siklusunda bacağın havada olduğu süre salınım, yerde olduğu süre ise basma fazı olarak tanımlanır (82). Normal bir yürümenin yürüme siklusu sekiz farklı yürüme fazına bölünür. Bu fazlar;

- 1- İlk temas
- 2- Yüklenme
- 3- Basma ortası
- 4- Basma sonu
- 5- Salınım öncesi
- 6- Erken salınım
- 7- Salınım ortası
- 8- Salınım sonu fazları olarak sıralanır.

İlk temas: Bu faz, ayağın zeminle temas ettiği anı içerir. Bu andaki eklem duruşu bacağın yüklenme paternini belirler (83).



Şekil 2.6. Yürüme fazları. a) Basma fazı, b) Salınım fazı (83).

Yüklenme: Bu faz çift destek fazının başlangıcıdır. Faz başlangıçta zemin temasıyla başlar ve diğer ayağın salınım için kaldırılmasına kadar devam eder. Ayak da

topuğun kullanılması, darbenin emilmesi için diz esnetilir. Ayak bileği plantar fleksiyonu zeminle ön ayağın teması süresince topuk salınımını sınırlar (83).

**Basma ortası:** Bu faz tek bacak destek süresinin ilk yarısıdır. Bu fazda, diz ve kalça gerilirken, bacak, ayak bileği dorsifleksiyonu süresince sabit ayak üzerinden hareket eder. Basma ortası fazı, diğer ayak kaldırıldığında başlar ve vücut ağırlığının ön ayak üzerine dayanmasına kadar devam eder (83).

**Basma sonu:** Bu faz tek bacak desteğini tamamlar. Basma topuğun yükselmesi ile başlar ve diğer ayağın zemine vurmasına kadar devam eder. Bu faz süresince vücut ağırlığı ön ayağın önüne hareket eder (83).

**Salınım öncesi:** basmanın bu son fazı yürüme siklusunda ikinci çift basma süresidir. Salınım öncesi karşı bacağın temasının başlangıcı ile başlar ve ipsilateral başparmağın yerle teması kesilince sonlanır. Bu fazın amacı salınım için bacağı yerleştirmektir (83).

**Erken salınım:** Bu faz yaklaşık olarak salınım periyodunun üçte birini oluşturur, zeminden ayağın kalkmasıyla başlar ve salınan ayağın basan ayakla zıt olduğu durumda sonlanır. Bu fazda ayak kaldırılır ve kalça fleksiyonu ve artan diz fleksiyonu ile bacak ilerletilir (83).

**Salınım ortası:** Bu faz salınan bacağın basan bacağı zıt olmasıyla başlar ve salınan bacağın önde tibianın vertikal düzlemde olmasıyla sonlanır. Ayak bileği dorsifleksiyona devam ederken, diz yerçekimine karşı oluşan cevapta gerilmeye izin verir (83).

**Salınım sonu:** Salınımın bu son fazı vertikal tibia ile başlar ve ayağın yere vurmasıyla sonlanır. Bacağın ilerlemesi, bacağın uyluğun ilerisine hareket etmesi ile tamamlanır. Bu fazda, bacağın ilerlemesi diz ekstansiyonu ile tamamlanır (83).

#### **2.4.2. Yürüme Enerji Tüketimi**

Egzersiz reçetelerinin oluşturulmasında belirli aktivitelerde harcanan enerji tüketiminin bilinmesi önemlidir (23). Yürüme, birçok insan için büyük bir günlük fiziksel aktivite imkânı sunar (16). Düşük fiziksel aktivite düzeyi obeziteye neden olabilir. Obezite diyabetes mellitus, hipertansiyon gibi birçok kronik hastalık riskini artırır. Etkili bir şekilde vücut ağırlığını kontrol edebilmek için yapılan egzersiz süresince harcanan metabolik enerjinin ne kadar olduğunu tam olarak bilmek gerekir (84).

Yürüme sırasında tüketilen enerji üç kısma ayrılabilir;

- 1- Gövde ve bacak segmentlerinin farklı yönlere ivmelenmesi ve yavaşlaması ile çalışan kaslarda enerji tüketimi.
- 2- Artan aktivite ile solunumda kullanılan kalp ve kaslar için enerji tüketimi gerçekleşir. Ayrıca postürün dik durmasının devamlılığı için de enerji kullanılır.
- 3- Dinlenme durumunda kullanılan minimum enerji (82).

Tercih edilen yürüme hızı, enerji tüketiminin minimum olduğu yürüme hızı olduğu bilinmektedir. Bu hız merkezi sinir sistemi tarafından belirlenir. Vücut hareketinin programlanması supraspinal merkezlerde meydana gelir ve bu programlamanın, yürüme eyleminin oluşumu için gerekli olan kas aktivitesine dönüşmesi gerekir. Supraspinal programlamanın sonucunda oluşan nöral çıktılar, merkezi lokomotor emir olarak beyin sapı ve spinal korda iletilir. Bu emirin yerine getirilmesi için iki bileşen gereklidir:

- 1- Kas aktivasyonu paternlerinin sırasını oluşturmak için alt sinir merkezlerinin aktivasyonu
- 2- Hareketin değiştirildiği kas, eklem ve diğer reseptörlerden duyuşal geri bildirim (85).

Önceki çalışmalarda obez bireylerin daha yavaş yürümeyi tercih ettikleri gösterilmiştir (86, 87, 88, 89). Obez bireylerde kilogram başına düşen aerobik kapasite normal kilolu bireylere göre daha azdır (86, 90) ve obez bireylerin tercih ettikleri hızda yürüme göreceli olarak daha fazla aerobik efor gerektirir (86).

Yapılan bir çalışmada, 1,5-9,5 km/h arası değişen hızlarda yürüyen erkeklerin enerji tüketimleri beş farklı ülkeden aldıkları örneklerle göstermişlerdir. Yürüme hızı ve oksijen tüketimi arasındaki ilişki yaklaşık olarak 3,0 ve 5,0 km/h arasında lineer kalmıştır; daha yüksek hızlarda, yürüme ekonomisi azalır ve hızın artmasıyla enerji tüketiminde aşırı bir artış gösteren ilişki yukarıya döner. Bu, birim mesafe başına daha hızlı, az etkili yürüme hızında daha fazla harcanan total kaloriyi açıklar (16).

## **2.5. Obezite ve Egzersiz**

Aşırı miktarda beslenme, kişilerde fazla miktarda yağ depolanmasına neden olur. Birçok insan istenmeyen vücut yağından kurtulmanın tek yolunun diyetle besin alımının kısıtlanması olduğunu düşünmektedir. Fakat bu, uzun sürede kilo vermenin devamlılığı

için yeterli değildir. Sedanter yaşam tarzı, çocuklarda gençlerde ve yetişkinlerde kilo alımı için önemli bir faktördür (16).

### **2.5.1. Doz-Cevap İlişkisi**

Bir fiziksel aktivitede harcanan toplam enerji zayıflamak için yapılan egzersizin etkinliği ile doz-cevap ilişkisi içindedir. Dünya çapında obezite ile savaşmak için, toplumun bakış açısı, yapılan antrenmandan iyi bir sonuç almak için egzersiz şiddetini arttırmaktan ziyade, toplam günlük enerji tüketimini arttırmak olarak geliştirilmelidir. Yavaş yürüme gibi hafif bir egzersizle başlayan fazla yağ oranına sahip bir kişi, uzayan egzersiz süresi ile basit bir şekilde uygun bir kalori harcaması yapabilir. Ağırlık taşıma egzersizlerinin enerji maliyeti direkt olarak vücut kitlesi ile ilişkilidir; vücut ağırlığı fazla kişiler, aynı egzersizde ortalama ağırlıktaki bir kişiye göre daha fazla kalori harcar (16).

#### **2.5.1.1. Farklı Sürelerde Yürüme ve Koşma**

Egzersiz süresi yağ kaybını etkiler. Erkeklerden oluşan üç farklı grupta, 20 hafta boyunca her antrenman için 15, 30 ve 45 dk yürüme ve koşma egzersizi yapıldığında ve üç egzersiz grubu sedanter kontrollerle karşılaştırıldığında vücut yağında bir azalma gözlenmiştir. 15 dk'lık grup dışında egzersizle vücut ağırlığında da azalma gözlenmiştir. Üç egzersiz grubu kıyaslandığında 45 dakikalık grup, 15 ya da 30 dk'lık gruplara göre daha fazla vücut yağı kaybetmiştir. Bu fark uzun süreli egzersizin daha fazla kalori harcamasıyla yakından ilişkilidir (16). Triaçilgliserol depolarından salınan yağ asitleri hafif şiddetli egzersizden orta şiddetli egzersize kadar major enerji kaynağı olarak kullanılırlar (16, 57).

#### **2.5.1.2. Egzersiz Sıklığı**

Optimal egzersiz sıklığını belirlemek için yapılan bir çalışmada, kişilere %80 ve 95 maksimum kalp hızı arasında sürdürülen egzersiz şiddetiyle, 20 hafta boyunca 30-47 dk yürüme ve koşma egzersizleri yapılmıştır. Haftalık iki kez yapılan antrenmanın vücut ağırlığında, deri kıvrımında ve yağ yüzdesinde bir değişikliğe neden olmadığı, fakat haftalık 3 ve 4 kez yapılan antrenmanın değişikliğe neden olduğu gösterilmiştir. Haftada

4 gün antrenman yapan kişilerin, haftada 3 gün antrenman yapan kişilere göre deri kıvrımında ve vücut ağırlığında bir azalma görülmüştür. Yağ yüzdesi benzer şekilde her iki grupta da azalmıştır. Bu bulgular, vücut kompozisyonunu değiştirmek için haftada en az 3 gün egzersiz yapma önerisini desteklemektedir. Daha sık egzersizle birlikte enerji tüketimindeki artış daha iyi sonuçlar verir. Zayıflama egzersizlerinde enerji tüketim sınırı değeri yüksek oranda kişiye özgü bir değerdir. Her egzersiz süresinin kalori yakma etkisinin mümkün olduğunca en az 300 kkal'ye ulaşması gerekmektedir. Bu da genellikle, 30 dk boyunca orta dereceden şiddetli dereceye kadar devam eden koşma, yüzme, bisiklet sürme ya da 60 dk boyunca tempolu yürüyüşle meydana gelir (16).

### **2.5.1.3. Egzersize Başlamak ve Arttırmak**

Sedanter ve aşırı yağ kitlesine sahip kişiler için egzersiz ve zayıflama programının başlangıç aşaması orta dereceli enerji talebi ile geliştirilmelidir. Kişilerin uzun süreli hedefleri arasında, kişisel disiplin, beslenmenin yeniden düzenlenmesi ve egzersiz davranışlarını belirlemek olmalıdır. Aşırı derecede hızlı antrenmanın ilerlemesi, fazla yağ oranına sahip kişilerin çoğu başlangıçta artan fiziksel aktivitelere direnmeleri nedeniyle ters etki oluşturur. İlk birkaç ay boyunca daha hızlı yürüyüş aralıkları yavaş yürüyüş ile yer değiştirebilir. Vücut ağırlığı ve vücut kompozisyonunda anlamlı değişiklikler için en az 12 hafta gerekmektedir. Egzersize davranışsal yaklaşımlar günlük fiziksel aktivitede yaşam tarzında değişiklikler şeklinde olmalıdır (16).



### 3. GEREÇ VE YÖNTEMLER

#### 3.1. Çalışma Gruplarının Oluşturulması

Çalışma Mersin Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 18/10/2012 tarihli 2012/342 sayılı Kurul Kararı ile onaylanmıştır. Çalışma grupları, farklı VKİ sahip sağlıklı kişilerden seçilmiştir. Zayıf ( $VKİ < 18.5 \text{ kg/m}^2$ ), normal ( $VKİ = 18.5 - 24.9 \text{ kg/m}^2$ ), vücut ağırlığı fazla (overweight) ( $VKİ = 25 - 29.9 \text{ kg/m}^2$ ) ve obez ( $VKİ \geq 30 \text{ kg/m}^2$ ) olmak üzere toplamda 4 grup oluşturulmuştur. Çalışmaya, 18-30 yaş arasında, her grupta 8 bayan 8 erkek olmak üzere toplamda 64 gönüllü katılmış ve tüm katılımcılardan bilgilendirilmiş onam formu alınmıştır. Çalışmadan dışlanma kriterleri:

- Aktif enfeksiyon olması
- Ortopedik problemler
- Diyet yapılması
- Düzensiz menstrual siklus
- Metabolizmayı etkileyecek ilaçların kullanılması
- Ekstremitte sakatlıkları (91, 92).

Çalışmaya katılan tüm katılımcıların ayakkabısız stadiometrede boyları ölçülürken, vücut ağırlıkları bioelektrik empedans analiz (TANİTA BC-418 MA, Tanita Corporation, Tokyo, JAPONYA) yöntemiyle ölçüldü. Tüm katılımcıların adı, soyadı, doğum tarihi ve cinsiyeti kaydedildi. Vücut kitle indeksi ( $\text{kg/m}^2$ )'leri, vücut ağırlığı (kg)'nin boyun kare ( $\text{m}^2$ )'sine bölünmesiyle hesaplandı.

#### 3.2. Fiziksel Aktivite Düzeyinin Belirlenmesi

Deney gruplarının fiziksel aktivite düzeyini ölçmek için akselometre ve uluslararası fiziksel aktivite anketi kullanıldı. Her katılımcı için deney süreci bir haftadır. Bu süreçte katılımcılar iki kez laboratuara geldiler. Katılımcılar ilk laboratuara geldiğinde boy ve vücut ağırlığı ölçümü yapıldı. Akselometre cihazına katılımcıların bilgileri girildikten sonra cihazın nasıl kullanılacağı anlatıldı. Bireylerin cihazdan etkilenip hareketlerini değiştirmemeleri için vücut sıcaklığı ölçümünün yapıldığı ifade edildi. Cihaz verildikten bir hafta sonra katılımcılar, bazal metabolizma hızı ve yürüme enerji

tüketimi testleri için tekrar laboratuara geldiler. Vücut ağırlığı ölçümü tekrar yapılarak bazal metabolizma hızı ölçüldü. Tercih edilen yürüme hızının belirlenmesinin ardından iki farklı hızda yürüme enerji tüketimi yapıldı. Akselometre, 7 gün dolduktan sonra katılımcılardan alındı ve uluslararası fiziksel aktivite anketi uygulandı.

### 3.2.1. Akselometre

Akselometre (RT3, Stayhealthy, Inc. California, ABD ) (bel askısıyla birlikte) 7 cm x 5.5 cm x 3 cm ebatlarında, 70 gr ağırlığında, fiziksel aktiviteyi ölçmek için kullanılan pille çalışan bir cihazdır. Kayıt alma moduna bağlı olarak 21 güne kadar işlem yapabilir ve sonra verilerin görüntülenmesi ve istatistiksel işlemler için bir bilgisayara aktarılır. Cihaz içerisindeki sensör, sırasıyla vertikal, anteroposterior ve mediolateral hareketi gösteren üç dikey açıya (X,Y ve Z) hassas bir akselometredir. Periyodik olarak ölçülen ivmelenme dijital bir gösterime dönüştürülerek ve hafızada kaydedilen “aktivite sayımı” elde etmek için işlenmektedir. 4 farklı mod da kayıt alma özelliği vardır (93).



Şekil 3.1. Üç eksenli akselometre ve aktarım ünitesi

Mod 1: Her saniye 3 eksenle alınan datayı örnekler ve kaydeder. Bu, cihazın yaklaşık 3 saatlik kayıt yapmasına izin verir.

Mod 2: 3 eksenle alınan datayı örnekler, sonra her saniye vektör büyüklüğünü hesaplar ve kaydeder. Bu, cihazın yaklaşık 9 saatlik aktiviteyi kaydetmesine izin verir.

Mod 3: Bir dakikada, her saniye 3 ekseninde alınan datayı örnekler, geçici bellekte verileri saklar. Her ekseninde ortalama hesaplanır ve bir dakikalık süre kaydedilir. Bu cihazın yaklaşık 7 günlük aktiviteyi kaydetmesine izin verir.

Mod 4: 3 ekseninde datayı örnekler ve her saniye vektör büyüklüğünü hesaplar. Bu bir saniyelik değerler bir dakika için ara bellekte depolanır. Bu cihazın yaklaşık 21 günlük aktiviteyi kaydetmesine izin verir.

Son iki model, aktiviteyle ilgili daha az detay içermesine rağmen uzun süreli çalışmalarda hafızanın kullanımı açısından oldukça ekonomiktir. 1 dakikalık dönem uzunluğu genellikle alan çalışmalarında kullanılır ve bu yüzden deneme raporları için tercih edilir (93).

Akselometre kullanılmadan önce cihaza bireylerin boyu, kilosu, yaşı, ve cinsiyeti girildi. Cihaz, 4. moda ayarlandı (94, 95, 96, 97, 98, 99, 100). Akselometrenin kişinin aktif olarak kullandığı sağ veya sol kalça kemiği üzerine kıyafetlere cihazın klipsi ile sabitlenmesi ve cihazı ard arda 7 gün boyunca takmaları istendi (95, 96, 100, 101, 102). Cihaz, uyumak, duş almak, dışında kişilerin uyanık olduğu saatlerde takıldı. 7 gün sonunda veriler aktarım ünitesi yardımıyla bilgisayar ortamına aktarıldı.

### **3.2.1.1. Akselometre Datalarının Analizi ve Değerlendirilmesi**

Katılımcılar tarafından akselometre 7 gün kullanıldıktan sonra, cihazın hafızasında depolanan datalar aktarım ünitesi aracılığıyla bilgisayar ortamına aktarıldı. Bütün datalar Microsoft Excel dosyasına dönüştürüldü. Akselometreden elde edilen datalar bilgisayar ortamına vektör büyüklüğü (VB) olarak aktarıldı. Vertikal, anteroposterior ve mediolateral açılardaki sayımın karelerinin toplamının karekökünün hesaplanması VB (aktivite sayımı/dk)'nü verir  $[VB = (X^2 + Y^2 + Z^2)^{0.5}]$ . VB olarak elde edilen datalar fiziksel aktivitenin değerlendirilmesinde kullanıldı. Elde edilen dataların istatistiksel analizi için, cihazın takıldığı 7 gün içerisinde bir hafta sonu günü dahil en az 4 geçerli gün olması sağlandı (103, 104). Geçerli gün kriteri ise, en az 600 dakika kayıt olarak belirlendi (100, 102, 104). Ham veride 20 dakika ve ya daha uzun süre devam eden 0 kayıtlar cihazın kullanılmadığı zaman olarak belirlenerek veriden atıldı (105).

Akselometreden elde edilen geçerli veriler düşük (sedanter), orta şiddetli ve şiddetli fiziksel aktivite olarak üç aktivite seviyesinde değerlendirildi. Verilerde < 984 aktivite sayımı/dk değerler düşük fiziksel aktivite, 984-2340,8 aktivite sayımı/dk değerler

orta şiddetli fiziksel aktivite, > 2340,8 değerleri ise şiddetli fiziksel aktivite olarak değerlendirildi (106). Üç farklı aktivite seviyesine ayrılan değerlerin ortalaması alınarak geçerli gün sayısına bölündü. Böylece verilerde fiziksel aktivite seviyelerinin günde kaç dakika yapıldığı belirlendi (104). Aynı zamanda yapılan fiziksel aktivite seviyelerinde ne kadar süre geçirildiği belirlendi ve her seviye için yüzde değer hesaplandı (96).

### **3.2.1.2. UFAA Datalarının Analizi ve Değerlendirilmesi**

UFAA uzun form, dört alanın (iş, ulaşım, ev ve bahçe işi, boş zaman) her birinde belirli aktivite tipleri hakkında sorular sorar. UFAA uzun formda, yürüme, orta-şiddetli aktivite ve şiddetli aktiviteyi belirlemek için belli puanlar oluşturulmuştur. Uzun formun toplam puanını hesaplamak için dört alandaki bütün aktivite tiplerinin süre (dk) ve frekansının (gün) toplanması gerekir. İki farklı puanlama yapılabilir: 1- Alana özel puanlama ve 2- Aktiviteye özel puanlama. Alana özel puanlama, belirli alanlardaki yürüme, orta şiddetli ve şiddetli aktivitelerin puanlamasını toplamı ile gerçekleştirilirken, aktiviteye özel puanlama alanlar içerisinde belirli tipteki aktivitelerin puanlarının toplamı ile hesaplanır (50).

Anketteki her bir alan yürüme, orta şiddetli aktivite, şiddetli aktivite ve toplam fiziksel aktivite puanı olarak hesaplanır. UFAA verilerinin analizi için aşağıdaki değerler kullanılmaktadır:

Yürüme = 3,3 MET

Orta şiddetli fiziksel aktivite = 4,0 MET

Şiddetli fiziksel aktivite = 8,0 MET

Fiziksel aktivitenin sınıflandırılması için üç fiziksel aktivite seviyesi kullanıldı: 1- düşük şiddetli fiziksel aktivite, 2- orta şiddetli fiziksel aktivite ve 3- şiddetli fiziksel aktivite (50). Anketten bireylerin bir hafta içerisinde geçirmiş oldukları düşük, orta ve şiddetli fiziksel aktivite süreleri dk/hafta olarak hesaplandı. Bir gün içerisinde yapılan fiziksel aktivite süresini hesaplamak için toplam süre 7'ye bölündü.

### **3.3. Tercih Edilen Yürüme Hızının Belirlenmesi**

Tercih edilen yürüme hızının belirlenmesi için 14 metrelik bir parkur kullanıldı. Bu parkurun 2. ve 12. metrelerine kızılötesi sensörler (Sport Expert Professional Sport

Technologies, Ankara, TÜRKİYE) yerleştirildi. Kişilerden parkur boyunca “acele etmeden, normal yürüme hızları” ile yürümeleri istendi. Yürüme işlemi 3 kez tekrarlandıktan sonra m/sn cinsinden elde edilen hızların ortalaması alınarak belirlenen ortalama hız, km/saat’e çevrildi (91, 107).

### **3.4. Enerji Tüketiminin Ölçülmesi**

Bazal metabolizma hızı için bireyler 12 saatlik açlıkla teste katıldılar (92, 108). Tüm katılımcılara test günü kahvaltı yapmamaları, çay, kahve, sigara içmemeleri ve herhangi bir fiziksel egzersiz yapmamaları söylendi (109). Test süresince rahat hareket edebilmeleri için kişilerden eşofman ve spor ayakkabısı giymeleri istendi. Teste katılan tüm bayanlar menstrual sikluslarının foliküler fazında iken enerji tüketimleri ölçüldü (108, 110). Tüm ölçümler sıcaklık 20-24°C ve nem %50 civarında olacak şekilde ayarlanan laboratuvar koşullarında gerçekleştirildi (91, 107). Enerji tüketimi indirekt kalorimetri yöntemi (Vmax Spectra 29c, ABD) ile ölçüldü. Her testten önce üretici firmanın önerilerine göre akım sensörü 3 lt’lik kalibrasyon şırıngası ile kalibre edilirken gaz analizörü iki farklı standart gazlar (%4 CO<sub>2</sub>, %16 O<sub>2</sub>, denge N<sub>2</sub> ve %26 O<sub>2</sub>, denge N<sub>2</sub> karışım gazları) ile kalibre edildi (91, 92, 94, 99, 111, 107, 108). Enerji tüketimi ölçümü için bir yüz maskesi (Hans Rudolph, ABD) takıldı ve inspire ve ekspire edilen hava her nefeste (breath by breath) örneklendi (91, 107). Bazal metabolizma hızını ölçmek için kişilerden bir sedye üzerinde sırt üstü yatar pozisyonda, uyanık bir şekilde 30 dakika boyunca sakin nefes alıp vermeleri istendi (92).

Yürüme sırasındaki enerji tüketim ölçümünü yapmadan önce, teste katılan herkese koşu bandı tecrübesi olup olmadığı sorgulanmaksızın koşu bandında yürüme alıştırmaları yapıldı. Bu alıştırma, düşük hızlardan başlayarak tercih edilen yürüme hızına ulaşana kadar koşu bandında en az 10 dakika yürütülerek yapıldı (112). Tercih edilen yürüme hızı belirlendikten sonra kişiler bu hızda ve bu hızın %30 fazla hızında koşu bandında (Viasys Health Care, ABD) yürütülerek yürüme sırasındaki enerji tüketimleri ölçüldü (93, 107). Bazal metabolizma ve yürüme sırasında belirlenen enerji tüketimi, tüketilen oksijen miktarı (l/dk) ve enerji tüketimi (kcal/gün) şeklinde ifade edilmektedir. Bu parametreler enerji tüketimini belirtmek için birbirlerinin yerlerine kullanılabilen ifadelerdir (91).



Şekil 3.2. Yürüme enerji tüketiminin ölçümü

### 3.5. İstatistiksel Değerlendirme

Verilerin analizi için SPSS 11.5 istatistik paket programı kullanıldı. Verilere normal dağılıma uygunluk kontrolü yapıldı. Tanımlayıcı istatistik olarak ortalama, standart sapma minimum ve maksimum değerler verilmiştir. Grup sayısının ikiden fazla olduğu durumda ortalamaların karşılaştırılması amacıyla parametrik testlerden ANOVA testi kullanıldı. Ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunan grupların tespiti için Post-Hoc testlerden TUKEY ve LSD testi kullanıldı. Parametrik olmayan veriler için tanımlayıcı istatistik olarak medyan (ortanca), minimum ve maksimum değerler kullanıldı. Grup sayısının ikiden fazla olduğu durumda ortancaların karşılaştırılması amacıyla parametrik olmayan testlerden Kruskal – Wallis testi kullanıldı. Ortancalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunan grupların tespiti için MedCalc 10.3.0 istatistik paket programı kullanıldı. Obez ve normal grubunda iki sürekli değişken arasındaki ilişkinin tespiti ve tahmini modeli için regresyon analizi yapıldı. Yaş, boy, ağırlık, yağsız kitle, yağ kitlesi, TEYH ve TEYH%30 parametreleri kullanılarak brüt YET, brüt YET%30 ve İET'i açıklama yüzdesi olarak çoklu belirtme katsayısı  $R^2$  kullanıldı. Akselometre cihazı sonuçları ile anket sonuçlarının uyumluluğunun araştırılması için Intraclass Korelasyon Katsayısı (ICC) ve güven aralığı kullanıldı. İstatistik anlamlılık seviyesi (p) 0,05 düzeyinde tutuldu. Anketten ve akselometreden elde edilen fiziksel aktivite sürelerinin gruplara göre dağılımı bar grafiği ile gösterildi.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Zayıf, Normal, Vücut Ağırlığı Fazla ve Obez Grupların Demografik ve Antropometrik Özelliklerinin Karşılaştırılması

Araştırmamıza katılan 80 bireyden, 10 birey geçersiz akselometre kaydı ve 6 birey geçersiz enerji tüketimi kaydından dolayı çalışmadan dışlandı. Çalışmaya, yaşları 18-29 yıl ( $22,45\pm 2,87$ ) arasında değişen toplamda 64 gönüllü birey katıldı. Birey sayısı Jacobi ve ark.'na (113) ait araştırmadan yararlanılarak Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik Anabilim Dalı tarafından power analizi yapılarak belirlendi. Bireyler VKİ'ne göre zayıf, normal, vücut ağırlığı fazla ve obez olmak üzere dört gruba ayrıldı. Her grupta 8 kadın ve 8 erkek olmak üzere toplamda 16 birey bulunmaktadır. Bireylerin demografik ve antropometrik özellikleri çizelge 1 ve 2'de yer almaktadır.

**Çizelge 4.1.** Grupların demografik ve antropometrik ortalamalarının karşılaştırılması

Değişkenler	Zayıf		Normal		Vücut Ağırlığı Fazla		Obez		p
	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	
Yaş (yıl)	18-24	20,94±1,61	19-28	24,13±2,94	18-29	22,63±3,46	19-26	22,13±2,42	<b>0,014</b>
Boy (cm)	160,80-179	170,74±6,36	150-179,7	166,29±9,95	155,20-183,10	170,14±9,67	155,50-195	172,27±10,69	0,319
Yağ Yüzdesi	2,10-24,70	13,38±6,49	10,7-32,7	19,7±6,15	16,10-46,8	29,98±8,65	23,20-47,20	37,26±8,57	<b>&lt;0,0001</b>

**Çizelge 4.2.** Grupların demografik ve antropometrik ortancalarının karşılaştırılması

Değişkenler	Zayıf		Normal		Vücut Ağırlığı Fazla		Obez		p
	Min-Max	Medyan	Min-Max	Medyan	Min-Max	Medyan	Min-Max	Medyan	
Vücut Ağırlığı (kg)	42,90-56,10	50,25	46,30-75,30	61,10	66,30-97,30	81,55	84,80-152,10	101,65	<b>&lt;0,0001</b>
VKI (kg/m <sup>2</sup> )	15,80-18,40	17,35	19,30-24,60	21,60	25,30-29,90	27,70	30,30-42,10	34,45	<b>&lt;0,0001</b>

**Çizelge 4.2.** Grupların demografik ve antropometrik ortancalarının karşılaştırılması (devamı)

Değişkenler	Zayıf		Normal		Vücut Ağırlığı Fazla		Obez		p
	Min-Max	Medyan	Min-Max	Medyan	Min-Max	Medyan	Min-Max	Medyan	
Yağsız Kitle (kg)	32,6-52,30	42,45	31,60-71,40	48,60	42,60-71,40	55,6	50,90-98,70	61,55	<0,0001
Abdominal Yağ (kg)	0,8-8,60	3,1	3,40-10,10	5	8,10-22	12,45	11,60-26,60	20,10	<0,0001

VKİ: Vücut kitle indeksi

## 4.2. Zayıf, Normal, Vücut Ağırlığı Fazla ve Obez Grupların Enerji Tüketimlerinin Karşılaştırılması

### 4.2.1. Gruplar Arasında İstirahat Enerji Tüketimi (İET)'nin Karşılaştırılması

Zayıf, normal, vücut ağırlığı fazla ve obez gruplarda İET ortalaması açısından, obez ile zayıf ve obez ile normal grupları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,0001$ ). İET ölçümü sırasında tüketilen oksijen miktarının ortalaması, obez grupta zayıf ve normal gruplara göre, vücut ağırlığı fazla grupta ise zayıf gruba göre anlamlı olarak yüksektir ( $p<0,0001$ ).

**Çizelge 4.3.** Gruplar arasında İET ortalamalarının karşılaştırılması

Değişkenler	Zayıf		Normal		Vücut Ağırlığı Fazla		Obez		p
	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	
İET (kkal/gün)	1073,87-1599,26	1362,67±174,17	996,30-1810,13	1407,54±263,30	926,3-2259,45	1618,24±330,52	1294,32-2534,63	1877,42±359,84	<0,0001
İET VO <sub>2</sub> (lt/dk)	0,15-0,22	0,19±0,02	0,14-0,27	0,20±0,03	0,14-0,32	0,23±0,05	0,19-0,36	0,27±0,05	<0,0001

İET: İstirahat Enerji Tüketimi

Gruplar arasında vücut ağırlığı ile normalize edilen İET ortalaması açısından, zayıf ve normal grubu diğer gruplara göre yüksek bulunurken, vücut ağırlığı fazla ve obez grupları arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır ( $p<0,0001$ ). Yağsız kitle ile normalize edilen İET açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık



bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ). Gruplar arasında vücut ağırlığı ile normalize edilen tüketilen oksijen miktarı ortalaması zayıf ve normal grubunda yüksek olduğu için istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunurken ( $p<0,0001$ ), yağsız kitle ile normalize edilen oksijen tüketimi arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ).

**Çizelge 4.4.** Gruplar arasında normalize edilen İET ortalamalarının karşılaştırılması

Değişkenler	Zayıf		Normal		Vücut Ağırlığı Fazla		Obez		p
	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	
İET/vücut ağırlığı (kkal/kg/gün)	21,48-35,43	27,13±3,65	20,74-27,51	23,46±1,98	13,70-27,55	20,33±3,98	13,80-23,45	18,25±3,39	<b>&lt;0,0001</b>
İET/yağsız kitle (kkal/kg/gün)	24,84-41,07	31,0±4,25	21,60-35,12	28,5±3,20	21,74-38,70	29,22±4,96	19,02-42,94	29,31±5,46	0,464
İET( $VO_2$ )/vücut ağırlığı (ml/kg/dk)	3,03-4,62	3,83±0,44	2,96-3,87	3,37±0,28	2,02-3,88	2,91±0,55	1,93-3,34	2,6±0,46	<b>&lt;0,0001</b>
İET( $VO_2$ )/yağsız kitle (ml/kg/dk)	3,50-5,36	4,38±0,52	3,12-4,94	4,09±0,44	3,20-5,44	4,18±0,70	2,73-5,84	4,16±0,73	0,582

İET: İstirahat Enerji Tüketimi

## 4.2.2. Gruplar Arasında Yürüme Parametrelerinin Karşılaştırılması

### 4.2.2.1. Gruplar Arasında TEYH ve Brüt YET'nin Karşılaştırılması

Gruplar arasında TEYH ortalamaları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ).

**Çizelge 4.5.** Gruplar arasında TEYH ve %30 TEYH ortalamalarının karşılaştırılması

Değişkenler	Zayıf		Normal		Vücut Ağırlığı Fazla		Obez		p
	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	
TEYH (m/dk)	3,20-5,10	4,13±0,57	3,8-5,2	4,48±0,46	3,10-5,20	4,18±0,57	3,30-5,10	4,09±0,53	0,162
TEYH %30 (m/dk)	4,20-6,50	5,35±0,71	4,9-6,8	5,83±0,61	4-6,8	5,38±0,74	4,30-6,50	5,31±0,67	0,123

TEYH: Tercih edilen yürüme hızı, TEYH %30: Tercih edilen yürüme hızının %30 fazlası

Tercih edilen yürüme hızı ile yürüme sırasında tüketilen brüt enerji miktarı ortancaları açısından zayıf ile normal grupların diğer gruplarla ve vücut ağırlığı fazla ile obez gruplarının arasında anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $p<0,0001$ ). Brüt YET ortancaları açısından tüm gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır ( $p<0,0001$ ). Tercih edilen yürüme hızının %30 fazla hızında brüt YET ortancaları açısından zayıf ile tüm gruplar, normal ve vücut ağırlığı fazla gruplar ile obez grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır ( $p<0,0001$ ). Brüt YET %30 oksijen miktarı ortancaları açısından zayıf ile tüm gruplar, normal ve vücut ağırlığı fazla grupları ile obez grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $p<0,0001$ ). İET, Brüt YET ve Brüt YET%30 sırasında gruplarda R değeri ortalamaları 1'in altındadır.

**Çizelge 4.6.** Gruplar arasında Brüt YET ve Brüt YET %30 ortancalarının karşılaştırılması

Değişkenler	Zayıf		Normal		Vücut Ağırlığı Fazla		Obes		p
	Min-Max	Medyan	Min-Max	Medyan	Min-Max	Medyan	Min-Max	Medyan	
Brüt YET (kkal/gün)	3218,23-6163,31	4689,92	3753,77-7415,31	5021,88	4227,31-7742,92	6056,53	5173,64-11262,7	7924,42	<0,0001
Brüt YET VO <sub>2</sub> (lt/dk)	0,46-0,88	0,66	0,53-1,12	0,73	0,62-1,11	0,87	0,75-1,63	1,14	<0,0001
Brüt YET %30 (kkal/gün)	3556,46-8713,93	6008,84	5365-11682	6851,88	5401,92-11897	7432,76	6410,38-19590	10593,23	<0,0001
Brüt YET %30 VO <sub>2</sub> (lt/dk)	0,51-1,24	0,87	0,76-1,69	0,98	0,78-1,67	1,06	0,92-2,61	1,51	<0,0001

Brüt YET: Brüt Yürüme Enerji Tüketimi, Brüt YET %30: Tercih Edilen Yürüme Hızının %30 Fazla Hızında Brüt Yürüme Enerji Tüketimi

#### 4.2.2.2. Gruplar Arasında Net Enerji Tüketimi (NET)'nin Karşılaştırılması

Net enerji tüketimi, yapılan iş sırasında harcanan enerji miktarından İET'nin çıkarılması ile elde edilir ve sadece yapılan iş sırasında harcanan enerji miktarını ifade eder (16, 114). Gruplarda yer alan bireylere ait metabolik farklılıkların (cinsiyet, yaş, vücut ağırlığı ve boy) enerji tüketimine etkisini en aza indirmek için net enerji tüketimi kullanıldı (115). Tercih edilen yürüme hızında yürüme sırasında tüketilen oksijen miktarı, vücut ağırlığı ile normalize edilen İET ölçüm sırasında tüketilen oksijen miktarından çıkarılması ile elde edilen NET 1 ortalamaları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ). TEYH'de yürüme sırasında kullanılan oksijen miktarı, yağsız kitle ile normalize edilen İET'de ölçülen oksijen miktarından çıkarılması ile elde edilen NET 2 ( $p=0,001$ ) ortalamaları açısından zayıf ve

normal grupları ile diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır. TEYH%30'ndaki yürüme hızında tüketilen oksijen miktarından, vücut ağırlığı ile normalize edilen İET sırasında tüketilen oksijen miktarının çıkarılması ile elde edilen NET 3 açısından gruplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ). TEYH%30'ndaki yürüme hızında tüketilen oksijen miktarından, yağsız kitle ile normalize edilen İET sırasında tüketilen oksijen miktarının çıkarılması ile elde edilen NET 4 ortancaları açısından zayıf ve normal gruplar ile vücut ağırlığı fazla, normal ve obez grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $p<0,0001$ ).

**Çizelge 4.7.** Gruplar arasında NET ortalamalarının karşılaştırılması

Değişkenler	Zayıf		Normal		Vücut Ağırlığı Fazla		Obez		p
	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	
NET1 (ml/kg/dk)	6,03- 12,80	9,21±2	7,70- 11,70	9,46±1,39	6,10-12	8,03±1,59	5,77- 12,50	8,42±1,63	0,064
NET2 (ml/kg/dk)	5,44- 12,36	8,66±2,00	6,83- 11,42	8,74±1,53	4,51- 10,47	6,76±1,50	3,81- 10,80	6,85±1,63	<b>0,001</b>
NET3 (ml/kg/dk)	7,06- 18,74	13,01±3,68	8,97- 19,06	14,40±3,09	8,08- 19,85	11,37±3,21	7,69- 22,02	12,28±3,23	0,063

NET1: Yür( $VO_2$ )-İETvücut ağırlığı, NET2: Yür( $VO_2$ )-İETyağsız kitle, NET3: Yür30( $VO_2$ )-İETvücut ağırlığı

**Çizelge 4.8.** Gruplar arasında NET ortancalarının karşılaştırılması

Değişken	Zayıf		Normal		Vücut Ağırlığı Fazla		Obez		p
	Min-Max	Medyan	Min-Max	Medyan	Min-Max	Medyan	Min-Max	Medyan	
NET4 (ml/kg/dk)	6,47- 18,14	11,52	8,51- 18,63	13,70	6,41- 18,34	9,36	5,73- 20,33	10,75	<b>0,014</b>

NET 4: Yür30( $VO_2$ )-İETyağsızkitle

#### 4.2.2.3. Gruplar Arasında Oksijen Maliyetinin Karşılaştırılması

NET 1 değerinin TEYH'na bölünmesi ile elde edilen oksijen maliyeti 1 ortancaları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak bir anlamlılık bulunmazken ( $p>0,05$ ), NET 2 değerinin TEYH'na bölünmesi ile elde edilen oksijen maliyeti 2 ortancaları açısından zayıf ve normal grupları ile diğer gruplar arasında istatistiksel olarak

anlamli bir fark bulunmaktadir ( $p<0,0001$ ). NET 3 değerinin TEYH %30'na bölünmesi ile elde edilen oksijen maliyeti 3 ortalaması açısından gruplar arasında istatistiksel olarak bir anlamlılık bulunmamaktadır ( $p>0,05$ ). NET 4 değerinin TEYH %30'na bölünmesi ile elde edilen oksijen maliyeti 4 ortalaması açısından zayıf ve normal grupları ile vücut ağırlığı fazla grubu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadir ( $p<0,05$ ).

**Çizelge 4.9.** Gruplar arasında oksijen maliyeti ortalamalarının karşılaştırılması

Değişkenler	Zayıf		Normal		Vücut Ağırlığı Fazla		Obez		p
	Min-Max	Medyan	Min-Max	Medyan	Min-Max	Medyan	Min-Max	Medyan	
Oksijen Maliyeti 1 (ml/kg/m)	0,09-0,17	0,12	0,11-0,16	0,12	0,10-0,14	0,11	0,10-0,15	0,12	0,44
Oksijen Maliyeti 2 (ml/kg/m)	0,09-0,17	0,11	0,10-0,15	0,11	0,08-0,12	0,09	0,06-0,13	0,10	<b>&lt;0,0001</b>

Oksijen Maliyeti 1: NET1/TEYH, Oksijen Maliyeti 2: NET2/TEYH

**Çizelge 4.10.** Gruplar arasında oksijen maliyeti ortancalarının karşılaştırılması

Değişkenler	Zayıf		Normal		Vücut Ağırlığı Fazla		Obez		p
	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	
Oksijen Maliyeti 3 (ml/kg/m)	0,10-0,19	0,14±0,03	0,11-0,18	0,15±0,02	0,10-0,20	0,13±0,02	0,10-0,20	0,14±0,02	0,078
Oksijen Maliyeti 4 (ml/kg/m)	0,09-0,19	0,14±0,03	0,10-0,17	0,14±0,02	0,08-0,16	0,11±0,02	0,07-0,19	0,12±0,02	<b>0,002</b>

Oksijen Maliyeti 3: NET3/TEYH%30, Oksijen Maliyeti 4: NET4/TEYH%30

### 4.2.3. Regresyon Analizi

Normal ve obez gruplarında brüt YET ile ağırlık arasındaki açıklayıcılık katsayısı istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ). Normal grup da brüt YET'in %70,5'i obez grup da ise brüt YET'in %57,9'u ağırlık ile açıklanmaktadır. Normal grup da brüt YET'in %64,1'i, obez grup da brüt YET'in %33,8'i yağ kitlesi ile açıklanmaktadır. Normal grup da brüt YET'e TEYH'nin katkısı %51,9 iken, obez grubunda brüt YET'e TEYH'nin katkısı %54,6'dır.

**Çizelge 4.11.** Normal ve obez gruplarda YET'e yaş, boy, ağırlık, yağsız kitle, yağ kitlesi ve TEYH'nin katkısı

Brüt YET (kkal/gün)	R <sup>2</sup>			
	Normal	p	Obez	p
Yaş (yıl)	0,010	0,707	0,030	0,521
Boy (cm)	0,599	<0,0001	0,132	0,091
Ağırlık (kg)	0,705	<0,0001	0,579	0,001
Yağsız Kitle (kg)	0,641	<0,0001	0,210	0,074
Yağ kitlesi (kg)	0,002	0,883	0,338	0,018
TEYH (m/dk)	0,519	0,002	0,546	0,001

Brüt YET: Brüt Yürüme Enerji Tüketimi, TEYH: Tercih edilen yürüme hızı

Normal ve obez grupları için yapılan lineer regresyon analizinde YET%30 ile ağırlık arasındaki açıklayıcılık katsayısı istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p < 0,05$ ). Normal grup da ağırlığın brüt YET%30'a katkısı %43,3 iken, obez grup da ağırlığın brüt YET%30'a katkısı %38,8'dir. Normal grup da %30 TEYH'nin brüt YET%30'a katkısı %76,2 iken, obez grup da ise %30 TEYH'nin brüt YET%30'a %56,4'lük bir katkısı bulunmaktadır.

**Çizelge 4.12.** Normal ve obez gruplarda YET%30'una yaş, boy, ağırlık, yağsız kitle, yağ kitlesi ve TEYH'nin katkısı

Brüt YET%30 (kkal/gün)	R <sup>2</sup>			
	Normal	p	Obez	p
Yaş (yıl)	0,025	0,559	0,022	0,581
Boy (cm)	0,277	0,036	0,093	0,251
Ağırlık (kg)	0,433	0,006	0,388	0,010
Yağsız Kitle (kg)	0,337	0,018	0,086	0,270
Yağ kitlesi (kg)	0,011	0,696	0,340	0,018
%30 TEYH (m/dk)	0,762	<0,0001	0,564	0,001

Brüt YET %30: Tercih Edilen Yürüme Hızının %30 Fazla Hızında Brüt Yürüme Enerji Tüketimi  
%30 TEYH: Tercih Edilen Yürüme Hızının %30 Fazlası

Her iki grup da İET ile yağsız kitle arasındaki açıklayıcılık katsayısı istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p < 0,05$ ). Normal grubunda İET'nin %83,5'i yağsız kitle ile açıklanırken, obez grubunda İET'nin %26,8'i yağsız kitle ile açıklanmaktadır.

**Çizelge 4.13.** Normal ve obez gruplarda İET'e yaş, boy, ağırlık, yağsız kitle ve yağ kitlesinin katkısı

İET (kkal/gün)	R <sup>2</sup>			
	Değişkenler	Normal	p	Obez
Yaş (yıl)	0,006	0,782	0,172	0,110
Boy (cm)	0,752	<0,0001	0,126	0,177
Ağırlık (kg)	0,830	<0,0001	0,186	0,095
Yağsız Kitle (kg)	0,835	<0,0001	0,268	0,040
Yağ kitlesi (kg)	0,031	0,515	0,000	0,975

İET: İstirahat Enerji Tüketimi

### 4.3. Zayıf, Normal, Vücut Ağırlığı Fazla ve Obez Grupların Fiziksel Aktivitelerinin Karşılaştırılması

Zayıf, normal, vücut ağırlığı fazla ve obez gruplarda fiziksel aktiviteyi ölçmek için UFAA anketi ve akselometre cihazı kullanıldı. Anket ve akselometreden düşük, orta ve şiddetli olmak üzere üç aktivite seviyesi elde edildi.

**Çizelge 4.14.** Gruplara göre anketten ve akselometre cihazından elde edilen değişkenlerin karşılaştırılması

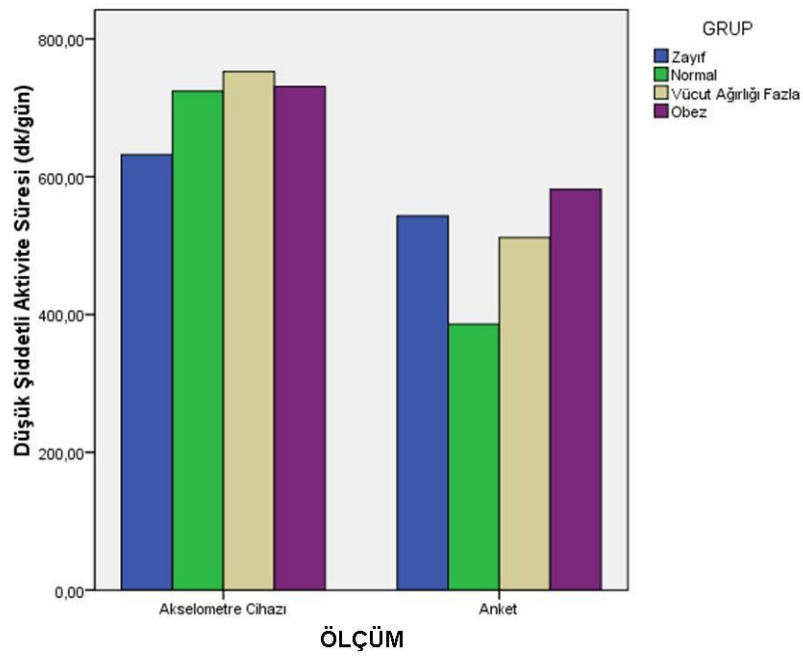
Değişkenler	Zayıf	Normal	Vücut Ağırlığı Fazla	Obez	p
	Ort±S.S	Ort±S.S	Ort±S.S	Ort±S.S	
Düşük Şiddetli (A) (dk/gün)	543,06±162,26	385,84 <sup>a</sup> ±196,49	511,49±179,79	581,71±235,30	<b>0.037</b>
Orta Şiddetli (A) (dk/gün)	40,22±50,53	98,48±98,43	105,16±164,51	72,95±101,78	0.349
Şiddetli (A) (dk/gün)	4,02±16,07	42,77±112,89	64,07±166,03	29,37±67,11	0.448
Düşük Şiddetli (AC) (dk/gün)	632,02±139,74	724,28 <sup>a</sup> ±110,78	752,50 <sup>a</sup> ±110,17	730,98 <sup>a</sup> ±118,42	<b>0.032</b>
Orta Şiddetli (AC) (dk/gün)	50,06±18,60	56,72±33,30	45,82±19,64	55,90±32,46	0.627
Şiddetli (AC) (dk/gün)	17,70±14,16	19,04±15,00	15,38±14,23	9,68±8,28	0.206

A: Anket, AC: Akselometre Cihaz, a: Zayıf, b: Normal, c: Vücut Ağırlığı Fazla, d: Obez

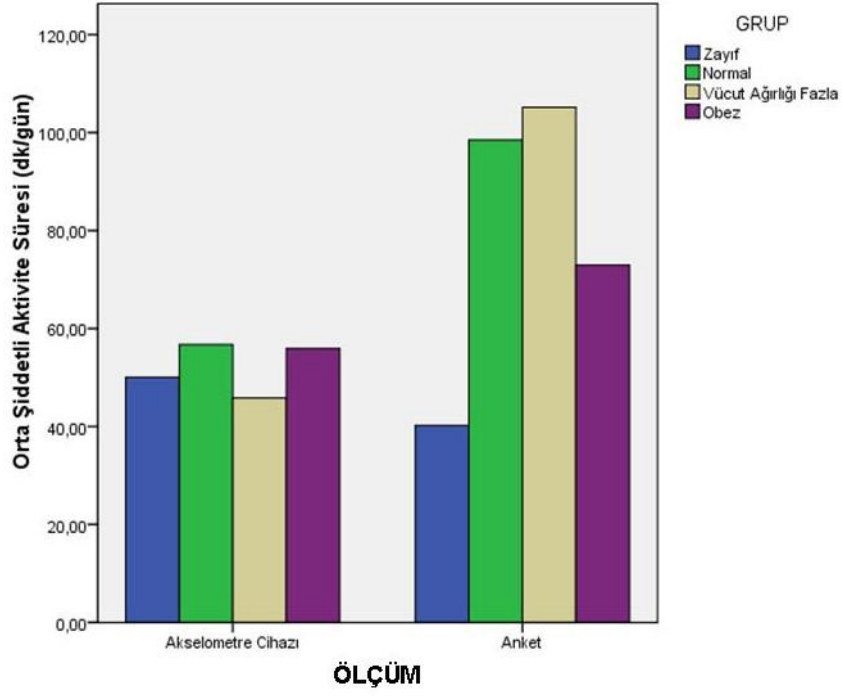
Zayıf, normal, vücut ağırlığı fazla ve obez gruplarda anketten elde edilen düşük şiddetli aktivite süresinin gruplar arasındaki ortalamaları istatistiksel olarak anlamlıdır (p=0,037). Gruplar ikişerli olarak karşılaştırıldığında obez grubun anketten elde edilen düşük şiddetli aktivite süresinin ortalama değeri, normal grubun anketten elde edilen düşük şiddetli aktivite süresinin ortalama değerine göre anlamlı olarak yüksektir (p=0,031). Akselometre cihazından elde edilen düşük şiddetli aktivite süresinin

ortalamları açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmaktadır ( $p=0,032$ ). Normal ( $p=0,034$ ), vücut ağırlığı fazla ( $p=0,006$ ) ve obez ( $p=0,023$ ) gruplarında akselometreden elde edilen düşük şiddetli aktivite süre ortalama değeri, zayıf grubunda akselometreden elde edilen düşük şiddetli aktivite süresi ortalama değerine göre anlamlı olarak yüksektir.

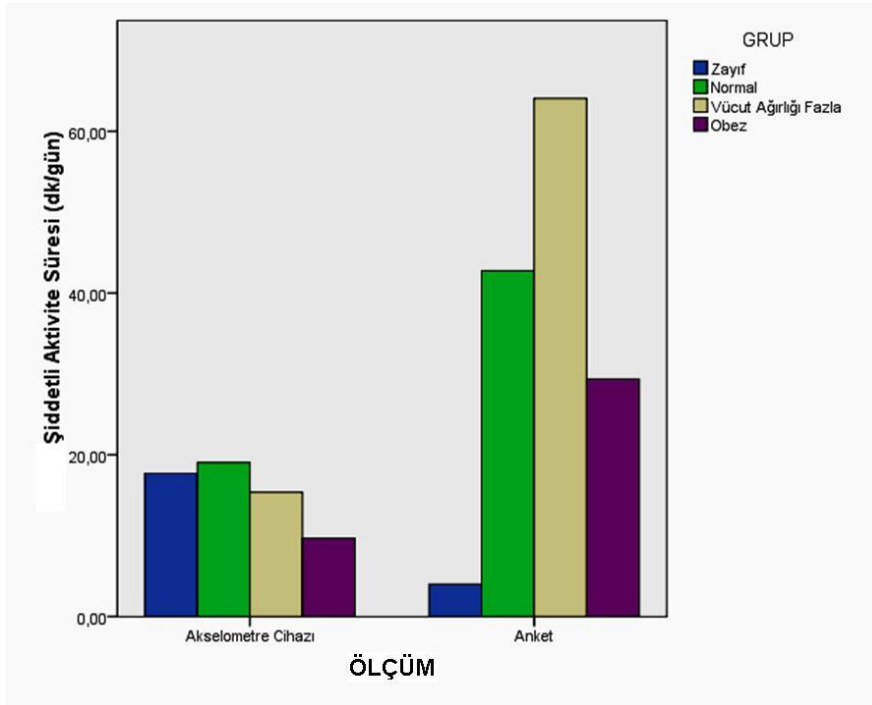
Gruplar arasında akselometre cihazı ve anketten elde edilen düşük orta ve şiddetli fiziksel aktivite sürelerinin gruplara göre dağılımı Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3’de gösterilmiştir



**Şekil 4.1.** Akselometre ve anketten elde edilen düşük şiddetli aktivite sürelerinin gruplar arasındaki dağılımı



Şekil 4.2. Akselometre ve anketten elde edilen orta şiddetli aktivite sürelerinin gruplar arasındaki dağılımı



Şekil 4.3. Akselometre ve anketten elde edilen şiddetli aktivite sürelerinin gruplar arasındaki dağılımı



Zayıf, normal, vücut ağırlığı fazla ve obez gruplarda ve akselometre cihazından dakika olarak elde edilen düşük, orta ve şiddetli fiziksel aktivite yüzdelerinin ortalamaları Çizelge 4.15’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.15.** Gruplar arasında akselometre cihazından elde edilen fiziksel aktivite sürelerinin yüzde ortalamalarının karşılaştırılması

Değişkenler	Zayıf		Normal		Vücut Ağırlığı Fazla		Obez		p
	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	Min-Max	Ort±S.S	
Düşük Şiddetli Aktivite	81,03-94,54	90,20±3,80	75,34-98,28	90,55±5,53	85,01-99,92	92,40±3,78	81,25-98,31	91,74±4,67	0,484
Orta Şiddetli Aktivite	2,82-15,42	7,36±3,25	1,72-18,79	7,11±4,00	0,05-8,74	5,72±2,47	1,64-16,88	7,07±4,03	0,544
Şiddetli Aktivite	0,61-6,44	2,43±1,73	0,18-6,59	2,49±1,87	0,03-6,24	1,88±1,77	0,05-2,84	1,19±0,94	0,094

Anket ve akselometreden elde edilen düşük, orta ve şiddetli fiziksel aktivite sürelerinin uyumuna bakıldığında istatistiksel olarak bir uyum bulunmamaktadır.

**Çizelge 4.16.** Anket ve akselometre uyumu

Değişkenler	ICC	Güven Aralığı
Düşük Şiddetli Aktivite (Anket)		
Düşük Şiddetli Aktivite (Cihaz)	0,04	[-0,2092]-[0,2784]
Orta Şiddetli Aktivite (Anket)		
Orta Şiddetli Aktivite (Cihaz)	-0,04	[-0,3198]-[0,2425]
Şiddetli Aktivite (Anket)		
Şiddetli Aktivite (Cihaz)	-0,01	[-0,5407]-[0,5240]

## 5. TARTIŞMA

Fiziksel aktivite, iskelet kaslarının faaliyeti sonucunda oluşan enerji tüketimi ile vücudun hareket ettirilmesidir (32, 99) ve sağlıklı yaşamın önemli bir belirleyicisidir (116). Fiziksel aktivitenin azalması, koroner kalp hastalıkları, tip 2 diyabet, obezite, kolon ve göğüs kanserlerinin ortaya çıkma riskini artırır ve ortalama yaşam süresini azaltır (103, 116).

Obezite, enerji alımı ve enerji tüketimi arasındaki dengesizlikten kaynaklanan, vücutta aşırı miktarda yağ birikmesi olarak tanımlanır (18, 30, 52) ve dünyada ciddi bir halk sağlığı problemidir (52). Obezite gelişmiş ülkelerde 50-60 yaşlarında, az gelişmiş ülkelerde ise 30-40 yaşları arasında daha sık görülmektedir. Irklar arasındaki obezite yaygınlığında fark, toplulukların gelişmişlik düzeylerine bağlı olarak değişiklik gösterir (30). Bu nedenle enerji tüketimi, enerji dengesi ve vücut kompozisyonunun ana belirleyicisidir (117). Farklı aktiviteler sırasında harcanan enerji tüketiminin bilinmesi, fiziksel aktivitelerde obez bireylerin karşılaştığı bazı güçlükleri açıklamaya yardımcı olabilir (118).

### 5.1. Antropometrik Ölçümler

Obezite, diyabet bazı kanser tipleri ve kardiyovasküler hastalıklar gibi birçok kronik hastalıkla yakından ilişkilidir (119, 120, 121, 122). Vücut kompozisyonunun değerlendirilmesi, toplumsal sağlık değerlendirilmesinde ve klinik değerlendirmede son derece önemlidir (12). Vücut kompozisyonunun değerlendirilmesinde kullanılan antropometrik temelli ölçümlerden biri de VKİ'dir (29). Vücut ağırlığının boy uzunluğunun karesine oranı VKİ'yi verir. Bu orana göre VKİ'nin  $18.5 \text{ kg/m}^2$ 'nin altındaki değerler zayıf,  $18.5-24.9 \text{ kg/m}^2$  arasındaki değerler normal, VKİ'nin  $25-29.9 \text{ kg/m}^2$  arasındaki değerler vücut ağırlığı fazla (kilolu),  $30 \text{ kg/m}^2$  ve üzerinde olması obezite olarak tanımlanmaktadır (30). Bu sınıflamanın yanında Dünya Sağlık Örgütü'nün farklı sınıflaması da bulunmaktadır. Asya ülkelerindeki etnik ve kültürel çeşitlilik nedeniyle, hastalık ve ölüm oranı, sağlığın sosyal ve ekonomik belirleyicileri geniş çeşitlilik göstermektedir. Bilimsel çalışmalar Asya toplumlarının VKİ, yağ yüzdesi ve sağlık riskleri ile ilişkisinin Avrupa toplumlarına göre farklı olduğunu belirtmektedir. Tıp

2 diyabet ve kardiyovasküler hastalık riskinin Asyalı bireyler için daha düşük VKİ'nde olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle Asyalı toplumlar Dünya Sağlık Örgütü'nün önerdiği güncel VKİ'ne göre daha düşük değerlerde hastalık riski taşımaktadırlar. Asya toplumları için, halk sağlığında belirlenen kriterlere göre  $23 \text{ kg/m}^2$  ya da daha fazlası artmış riski ve  $27,5 \text{ kg/m}^2$  ya da daha fazlası yüksek riski göstermektedir. Önerilen kategorilere göre,  $18,5 \text{ kg/m}^2$  altındaki değerler zayıf;  $18,5-23 \text{ kg/m}^2$  artmış ama kabul edilebilir risk;  $23-27,5 \text{ kg/m}^2$  artmış risk ve  $27,5 \text{ kg/m}^2$  ve daha fazlası değerler artmış yüksek riski göstermektedir (123).

Çalışma gruplarımız VKİ kategorilerine göre oluşturulmuştur ve tüm katılımcıların vücut kompozisyonları biyoelektrik empedans yöntemi ile belirlenmiştir. Sonuçlara göre, beklenildiği gibi obez ve vücut ağırlığı fazla bireyler de zayıf ve normal bireylere göre, obez bireylerde vücut ağırlığı fazla bireylere göre yağ yüzdesi anlamlı olarak fazla bulunmuştur. Wang ve ark.'ları (119) yaptıkları araştırmada yağ yüzdesi ile VKİ'nin yakın ilişkili olduklarını ve her iki parametrenin tip 2 diyabet insidansı ile yakın ilişkili olduğunu göstermişlerdir. Yapılan önceki çalışmalarda santral bölgedeki yağlanmanın kalp hastalıkları riskini arttırdığı gösterilmiştir (16). Çalışmamızda abdominal yağ oranlarına bakıldığında obez bireylerde ölçülen abdominal yağ zayıf, normal ve vücut ağırlığı fazla bireylere göre anlamlı olarak yüksektir. Yağsız kitle açısından bakıldığında zayıf bireylerde vücut ağırlığı fazla ve obez bireylere göre, normal bireylerde obez bireylere göre daha az bulunmuştur.

## 5.2. İstirahat Enerji Tüketimi

Yirmi dört saatlik enerji tüketimi, uyku sırasındaki metabolik hız, uyanıklık, yiyeceklerin termik etkisi ve fiziksel aktivitenin enerji maliyeti olarak dört bileşenden oluşur (15, 117, 124). Uyku sırasındaki metabolik hız ve hiçbir aktivite yapılmaksızın meydana gelen enerji maliyeti ile birlikte minimum enerji miktarı olan bazal metabolizma hızını oluşturur (125). Vücut büyüklüğü, vücut kompozisyonu, yaş, cinsiyet, hormonlar ve genetik faktörler bireyler arasında istirahat enerji tüketimini etkileyen faktörlerdir (126).

Yaptığımız çalışmada zayıf grubundaki bireylerin yaş ortalaması normal bireylerin yaş ortalamasından anlamlı olarak küçüktür. Bazal metabolizma hızı, yağsız vücut kitlesi ile orantılıdır ve yirmi yaşından sonra yaklaşık her on yılda kadınlarda %2

erkeklerde ise %3 azalır (13, 16). Bu nedenle yaşlar arasındaki bu farkın enerji tüketimi ölçümlerini etkilemeyeceğini düşünmekteyiz.

Bazal metabolizma hızının vücut büyüklüğü ile olan ilişkisi birçok çalışmada gösterilmiştir (127, 128, 129). Önceki çalışmalarda vücut kompozisyonunun bazal metabolizma üzerinde etkisinin fazla olduğu bildirilmiştir (130, 131). Benzer şekilde çalışmamızda da İET obez bireylerde zayıf ve normal bireylere göre anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Ayrıca vücut ağırlığı fazla ve obez bireyler arasında İET açısından fark yoktur. Bunun nedeni vücut ağırlığı fazla ve obez bireyler arasında yağsız vücut kitleleri açısından anlamlı bir fark olmamasından kaynaklanabilir. Ayrıca yapılan bazı çalışmalarda da bu iki grubun fizyolojik özellikleri benzer olduğu için tek bir grup olarak değerlendirilmiştir (132, 133). Laboratuvarımızda yapılan önceki bir çalışmada vücut ağırlığı fazla ve obez bireyler bir grup olarak normal bireylerle İET'leri açısından karşılaştırılmıştır (134). Koshimizu ve ark.'larının (153) Japon erkek atletler üzerinde yaptıkları araştırmada bazal metabolizma hızı ve vücut kompozisyonu değerlendirilmiştir. Bu araştırmanın sonucunda bazal metabolizma hızının yağsız vücut kitlesi ve vücut ağırlığı ile anlamlı olarak ilişkili olduğu gösterilmiştir (153).

Gruplar arasında İET'i karşılaştırmak için (normalizasyon, düzeltme) yöntemler geliştirilmiştir (134, 135, 136). Bu yöntemlerden biri İET'i yağsız vücut kitlesi ile normalize etmektir. Çalışmamızda yağsız kitle başına ölçülen istirahat enerji tüketimi açısından gruplar arasında anlamlı bir fark yoktur. Yu ve ark.'larının (137) çocuklarda yaptıkları araştırmada, yağsız kitle ile normalize edilen bazal metabolizma hızının obez çocuklarda obez olmayan çocuklara göre anlamlı olarak daha yüksek olduğunu göstermişlerdir. Önceki çalışmalarda İET'nin en önemli belirleyicisinin yağsız vücut kitlesi olduğu gösterilmiştir (125, 137, 138, 154). Benzer şekilde çalışmamızda yapılan lineer regresyon analizinde normal ve obez bireylerde İET en fazla yağsız kitle ile açıklanmaktadır. Heymsfield ve ark.'ları (139) yaptığı çalışma ile yağsız kitlenin enerji sarfiyatı açısından homojen olmadığını desteklemiştir. Vücut ağırlığının artması ile birlikte yağ kitlesi, iskelet kaslarına ve metabolik olarak hızlı dokulara göre daha fazla artar (139). Bu nedenle obez bireylerde İET'e yağsız kitlenin katkısı normal bireylere göre daha az olabilir.

Gallagher ve ark.'ları (140) yaptığı araştırmada oksidatif metabolizma ve vücut kompozisyonunun belirgin bir ilişkiye sahip olduğunu göstermişlerdir. İET, vücuttaki dokuların metabolik hızlarının toplanması ile belirlenir (126) ve yağsız kitle (iskelet

kasları, rezidüel kitle) ve yağ kitlesi olarak belirlenen vücut kompozisyonuna bağlıdır (14). Vücut büyüklüğü fazla olan bireyler, vücut büyüklüğü daha az olan bireylere göre daha yüksek İET'e sahiptirler. Ancak İET için vücut ağırlığının bir değişken olarak kullanımında normalizasyon, obez bireylerin daha düşük İET'e sahip olduğu hatalı sonuca neden olur. Çünkü obez bireylerde vücut kitlesi, daha fazla metabolik olarak inaktif yağ kitlesi oranına sahip olduğu için spesifik metabolik hız daha düşüktür. Bu nedenle İET'nin belirlenmesinde vücut kompozisyonunun belirlenmesi özellikle önemlidir (136). Benzer şekilde, Heymsfield ve ark. (139) vücut kitlesinin artmasıyla birlikte, yağ kitlesi artışının metabolik olarak aktif dokuların artışına göre daha fazla olduğunu göstermişlerdir. Bu yüzden obez bireylerde vücut ağırlığı ile normalize edilen İET, yağsız kitle ile normalize edilen İET'e göre daha düşüktür.

### **5.3. Yürüme Enerji Tüketimi**

YET'i etkileyen önemli faktörlerden biri yürüme hızı seçimidir (141). Çalışmamızın sonuçlarına göre obez bireylerin TEYH diğer gruplara göre düşüktür fakat bu farklılık istatistiksel olarak anlamlı değildir. Önceki çalışmalarda obez bireylerin daha yavaş yürümeyi tercih ettikleri gösterilmiştir (86, 141, 142, 143). Obez bireylerde kilogram başına düşen aerobik kapasite normal kilolu bireylere göre daha azdır (86, 90) ve obez bireylerin tercih ettikleri hızda yürüme göreceli olarak daha fazla aerobik efor gerektirir (86). Bu nedenle obez bireyler daha yavaş yürüme hızını tercih ederek mekanik ve metabolik işi azaltmış olurlar (87, 89). Çalışmamıza katılan obez bireylerin yaş, boy, VKİ gibi parametrelerinin farklı olmasının etkisiyle sonuçlarımız önceki araştırmalarla benzer olmayabilir. Çalışmamızın sonuçlarına paralel olarak Browning ve ark. (144) yaptıkları araştırmada obez bireylerin normal bireylere göre TEYH'nin daha yavaş olduğunu fakat gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığın olmadığını göstermişlerdir.

Vücut ağırlığı, vücudun ileri doğru hareketi sırasında tüketilen enerji miktarında önemli bir belirleyicidir (145). Araştırmamızda vücut ağırlığı fazla ve obez gruplarda yürüme sırasında tüketilen enerji miktarı zayıf ve normal gruplara göre anlamlı olarak yüksektir. Benzer şekilde obez bireylerde yürüme sırasındaki enerji tüketimi vücut ağırlığı fazla bireylere göre anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Lafortuna ve ark.'larının (145) yaptığı araştırmada yürüme sırasında obez bireylerin kullandıkları net metabolik

enerjinin normal bireylere göre 2.2-2.3 kat daha fazla olduğu gösterilmiştir. Net metabolik hız vücut ağırlığı ile normalize edildiğinde obez bireylerde değerler normal bireylere göre %6-13 daha yüksektir (145). Mattsson ve ark. (86) obez kadınlar üzerinde yaptıkları bir çalışmada obez bireylerin, normal bireylere göre yürüme sırasında harcadıkları metabolik enerjinin daha fazla olduğunu göstermişlerdir. Ayub ve ark. (118) yapmış olduğu araştırmada ise normal ve obez gençler toplam vücut kitlesine göre karşılaştırıldığında, yavaş ve orta hız (67 ve 83 m/dk)'daki yürüme enerji maliyetlerinde farklılık olmadığını belirtmişlerdir. Ancak daha hızlı yürüme hızında (100 m/dk) obez bireyler için enerji maliyeti %12 daha yüksek olarak tespit edilmiştir. Ek olarak en yüksek yürüme hızındaki ventilasyon hızı obez bireylerde normal bireylere göre daha yüksek olduğu için obezlerde ventilasyon için harcanan enerjinin artması sonucunda YET artmıştır (118).

Çalışmamızın sonuçlarına göre TEYH ve TEYH %30 yürüme hızında tüketilen oksijen miktarı, vücut ağırlığı ile normalize edilen İET'den çıkartıldığında elde ettiğimiz net enerji tüketimlerinin yürüme hızlarına bölümü ile hesaplanan oksijen maliyeti açısından gruplar arasında anlamlı bir farklılık yoktur. Ayrıca, her iki yürüme hızında net enerji tüketimini hesaplamak için yağsız kitle ile normalize edilen İET kullanıldığında aynı yürüme hızlarında belirlenen oksijen maliyeti obez bireylerde normal ve zayıf bireylere göre daha düşük olarak tespit edilmiştir. Huang ve ark'larının (141) yaptığı araştırmada obez çocuklar ile normal çocukların tercih ettikleri yürüme hızı boyunca benzer metabolik hızlara sahip olduklarını göstermişlerdir. Ayub ve ark. (118) obez bireylerdeki yürüme hızının artması ile birlikte yürüme oksijen maliyetinin artmasının adipoz dokudan daha ziyade toplam vücut ağırlığından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca Katch ve ark. (146) obez bireylerde, artan yürüme hızlarında vücut dengesini sağlayabilmek için daha fazla enerjiye ihtiyaç olduğunu ve vücut yağının artması ile birlikte enerji ihtiyacının daha da artacağını belirtmişlerdir. Bu bulgulara göre oksijen maliyetinin hesaplanmasında yürüme oksijen tüketiminin vücut ağırlığı veya yağsız kitle ile normalizasyonu verilerin değerlendirilmesinde yanıltıcı olabilir. Ayrıca vücut kitlesi, normal ve obez bireyler arasında yürüme biyomekaniği ve enerji parametrelerinin farklılığı bakımından önemli bir rol oynamaktadır. Obez bireyler fazla vücut kitlesini hareket ettirebilmek için gerekli olan mekanik iş ve enerji maliyetini minimum düzeyde tutacağı bir yürüyüş belirleyebilir (141).

Sonuçlarımızın lineer regresyon analizine göre normal ve obez bireylerde TEYH'de elde edilen YET'ne en fazla katkısı olan parametre vücut ağırlığıdır. YET%30'a vücut ağırlığının katkısı azalmaktadır. Hızın artması ile birlikte brüt YET üzerinde ağırlığın katkısının azalmasında özellikle obez bireylerde dengeyi korumanın daha zor olmasının etkisi olabilir. Ayub ve ark. (118) yaptığı multiple regresyon analizinde üç farklı hızda, vücut kitlesinin enerji maliyetine katkısının yaş, boy ve yağ yüzdesinin katkılarına göre daha fazla olduğunu göstermişlerdir. Lafortuna ve ark. (145) farklı yürüme koşullarında vücut kitlesinin, metabolik hızda gözlenen %82-92'lik değişimi açıkladığını göstermişlerdir. Bu nedenle obez bireyler için yürüme, bireylerin aerobik maksimal kapasitelerinin önemli bir kısmını gerektiren yorucu bir iş olabilir.

Çalışmamız sırasında yaptığımız tüm metabolik ölçümlerde gruplardaki R değeri ortalamaları 1'in altındadır. Bu durum, test süresince bireylerde aerobik metabolizmanın hakim olduğunu göstermektedir (16).

### **5.3. Fiziksel Aktivite**

Günlük fiziksel aktivite ve sağlık arasındaki etkileşimin daha iyi anlaşılabilmesi için objektif ve güvenilir metodlar gerekmektedir. Fiziksel aktivitenin ölçümü için kullanılacak metodlar günlük hayatı temsil eden uzunlukta bir periyodu kapsamalı, en az düzeyde rahatsızlık vermeli ve geniş popülasyonlara uygulanabilmelidir. Fiziksel aktivitenin değerlendirilmesi için birçok yöntem kullanılmaktadır (5). Çalışmamızda zayıf, normal, vücut ağırlığı fazla ve obez grupların fiziksel aktivitesini belirlemek için akselometre ve uluslararası fiziksel aktivite anketi kullanılmıştır.

Popülasyonlarda aktivite seviyesinin belirlenmesi için akselometrenin kullanılması, fiziksel aktivite ile obezite tedavisi arasındaki doz cevap ilişkisini tanımlamak için önemlidir (155). Üç eksenli akselometreler vücudun ivmelenmesini üç düzlemde belirlenmesi için geliştirilmiştir (147). Çalışmamızda kullandığımız üç eksenli akselometreden düşük, orta ve şiddetli aktivite seviyelerinde harcanan süreleri (dk/gün) elde ettik. Bu sonuçlara göre akselometreden elde edilen düşük şiddetli aktivite süresi normal, vücut ağırlığı fazla ve obez bireylerde zayıf bireylere göre anlamlı olarak daha yüksek bulunurken, anketten elde edilen sonuca göre ise obez bireylerde normal bireylere göre anlamlı olarak daha yüksektir. Ayrıca akselometreden elde ettiğimiz aktivite yüzde değerlerine göre vücut ağırlığı fazla ve obez bireyler zayıf ve normal bireylere göre daha

yüksek düşük şiddetli aktivite yüzdelerine sahiptir. Bireylerin şiddetli fiziksel aktiviteye daha az zaman harcaması obeziteye neden olabilir (148). Yoshioka ve ark. (148) akselometreden elde ettikleri verilere göre vücut ağırlığı fazla ve obez bireylerin orta şiddetli ve şiddetli fiziksel aktivite de daha az zaman harcadıklarını ve obezite ile şiddetli fiziksel aktivitede harcanan zaman arasında zıt bir ilişki olduğunu göstermişlerdir. Hemmingsson ve ark.'nın (149) yaptığı araştırmada zayıf, normal ve vücut ağırlığı fazla bireylerde, VKİ ve fiziksel aktivite arasındaki ilişkinin zayıf olduğunu ya da aralarında bir ilişki olmadığını, ancak, obez bireylerde VKİ'nin fiziksel aktivite ile anlamlı bir ilişkisi olduğunu göstermişlerdir. Tudor-Locke ve ark.'larının (150) yaptığı çalışmada ise normal, vücut ağırlığı fazla ve obez grupların akselometre ile fiziksel aktivite/inaktivite profilleri belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre VKİ kategorilerinde orta ve şiddetli fiziksel aktivitede harcanan zaman farklıdır ve obez bireyler orta ve şiddetli fiziksel aktivite de daha az zaman harcamaktadırlar (150). Araştırmamızda şiddetli fiziksel aktivite açısından anket sonuçlarına göre zayıf grubundaki bireyler diğer gruplardaki bireylere göre şiddetli fiziksel aktivitede daha az zaman harcarlarken, obez grubundaki bireyler normal gruptaki bireylere göre şiddetli fiziksel aktivite de daha az zaman harcamışlardır. Akselometre sonuçlarına göre ise, vücut ağırlığı fazla ve obez bireyler zayıf ve normal bireylere göre şiddetli fiziksel aktivitede daha az zaman harcamışlardır. Ancak anket ve akselometreden elde edilen şiddetli fiziksel aktivitedeki bu farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı değildir. Bu sonuçlara göre çalışmaya katılan bireylerin zorunlu olarak benzer bir yaşam tarzına sahip olduklarını söyleyebiliriz.

Çalışmamızın amaçlarından biri de fiziksel aktivitenin değerlendirilmesinde kullanılan UFAA anketi ile akselometre cihazı arasındaki uyumun değerlendirilmesidir. Anketle ve akselometreden elde edilen sonuçlara göre her iki yöntem arasında anlamlı bir uyum yoktur. Sabia ve ark.'nın (151) yaptıkları çalışmada anketle değerlendirilen fiziksel aktivite ve akselometre ile değerlendirilen fiziksel aktivite arasındaki korelasyon düşük bulunmuştur. Ayrıca bu çalışmada anket ve akselometre sonuçları sosyodemografik gruplar arasında farklılık göstermektedir (151). Benzer şekilde Benítez-Porres ve ark. (152) fibromiyalji hastalarında yaptıkları çalışmada sedanter zaman dışında tüm fiziksel aktivite seviyesinde UFAA ve akselometre arasında düşük bir korelasyon bulmuşlardır.



## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Zayıf, normal, vücut ağırlığı fazla ve obez gruplar üzerinde yapılan çalışmamızda gruplar arasında İET, TEYH, YET ve fiziksel aktivite düzeyleri değerlendirildi. Bulgularımıza göre ulaştığımız sonuçlar aşağıdadır;

1. Gruplar arasında İET, obez bireylerde zayıf ve normal bireylere göre anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. İET vücut ağırlığı ile normalize edildiğinde zayıf ve normal bireylerde vücut ağırlığı fazla ve obez bireylere göre daha yüksek bulunurken, İET yağsız kitle ile normalize edildiğinde bireyler arasında bir fark bulunmamaktadır. Obez bireylerin vücut kompozisyonu değerlendirildiğinde metabolik olarak inaktif olan yağ kitlesi diğer gruplara göre daha fazladır. Fazla yağ kitlesi toplam vücut ağırlığını artırırken İET'e katkıda bulunmaz. Bu nedenle vücut ağırlığı ile normalize edilen İET sonuçları yanıltıcı olabilir. Ancak İET yağsız kitle ile normalize edildiğinde obez bireylerde yağ kitlesinin etkisi ortadan kalkar ve gruplar arasında İET ile ilgili daha doğru sonuçlar elde edilebilir. Ayrıca yağsız kitlenin alt komponentleri incelenerek metabolik olarak daha yüksek ve daha düşük aktiviteye sahip dokuların İET'e olan etkisi değerlendirilebilir. Farklı VKİ'ne sahip bireylerin İET değerlendirilmek istendiğinde yağsız kitle ile normalize edilen İET araştırmalarda kullanılabilir.

2. TEYH ve TEYH%30'da yürüme sırasındaki oksijen maliyetinin hesaplanmasında YET'in vücut ağırlığı ile normalizasyonunda gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamaktadır. Her iki yürüme hızında YET'in yağsız vücut kitlesi ile normalizasyonu kullanılarak hesaplanan oksijen maliyetinde gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmaktadır ve vücut ağırlığı fazla ve obez bireylerde oksijen maliyeti diğer gruplara göre daha düşüktür. Yürüme sırasında tüketilen enerji miktarını belirlemek için oksijen maliyetinin kullanılması yanlış sonuçlara yönlendirebilir. Çünkü yapılan regresyon analizi sonuçlarına göre TEYH'de brüt YET'e en fazla vücut ağırlığının katkısı bulunmaktadır. Obez bireylerde brüt YET'e yağ kitlesinin etkisi vücut ağırlığına göre daha azdır. Yağ kitlesinin artması yüksek yürüme hızlarında vücut dengesinin korunması için enerji ihtiyacını da arttıracaktır. Bu nedenle brüt yürüme enerji tüketimi yapılacak çalışmalarda dikkate alınabilir.

3. Akselometre ve UFAA sonuçlarına göre vücut ağırlığı fazla ve obez bireylerin düşük şiddetli fiziksel aktivitede harcadıkları zaman zayıf ve normal gruplarına göre daha

fazladır. Bu sonuca göre vücut ağırlığı fazla ve obez bireylerin vücut ağırlıklarının artışında daha düşük fiziksel aktiviteyi tercih etmelerinin katkısı olabilir.

4. Çalışmamızda fiziksel aktivite düzeyi UFAA ve üç eksenli akselometre cihazı ile belirlenmiştir. Bulgularımıza göre iki yöntem arasında bir uyum gözlenmemiştir. Anketler hafızaya dayalı subjektif bir fiziksel aktivite ölçüm yöntemidir. Ancak üç eksenli akselometre hafızadan bağımsız bireylerin üç eksendeki hareketini algılayarak fiziksel aktiviteyi değerlendiren objektif bir yöntemdir. Bu nedenle fiziksel aktivitenin değerlendirildiği çalışmalarda üç eksenli akselometre cihazları tercih edilebilir.

## KAYNAKLAR

1. **Lee I, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT.** Impact of Physical Inactivity on the World's Major Non-Communicable Diseases. *Lancet*, **2012**; 380(9838):219-229.
2. **Hu FB, Li TY, Colditz GA, Willett WC, Manson JE.** Television Watching and Other Sedentary Behaviors in Relation to Risk of Obesity and Type 2 Diabetes Mellitus in Women. *JAMA*, **2003**; 289(14):1785-1791.
3. **Cameron AJ, Welborn TA, Zimmet PZ, Dunstan DW, Owen N, Salmon J, Dalton M, Jolley D, Shaw JE.** Overweight and obesity in Australia: 1999-2000 Australian Diabetes, Obesity and Life Style Study (AusDiab). *MJA*, **2003**; 178(9):427-432.
4. **Arabacı R, Korkmaz N.** Study on the physical activity level in Turkish males. *International Journal of Human Sciences*, **2008**; 5(2):1-11.
5. **Westerterp KR.** Assessment of Physical Activity: a critical appraisal. *Eur J Appl Physiol*, **2009**; 105(6):823-828.
6. **Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O,** *Growth, Maturation and Physical Activity*. 2<sup>nd</sup> Ed., United States: Human Kinetics, **2004**.
7. **Alves JG, Falcao RW, Pinto RA, Correia JB.** Obesity Patterns among Women in a Slum Area in Brazil. *J Health Popul Nutr*, **2011**;29(3):286-289.
8. **Saris WHM, Blair SN, van Baak MA, Eaton SB, Davies PSW, Di Pietro L, Fogelholm M, Rissanen A, Schoeller D, Swinburn B, Tremblay A, Westerterp KR, Wyatt H.** How much physical activity is enough to prevent unhelathy weight gain? Outcome of the IASO 1st Stock Conference and consensus statement. *Obes Rev*, **2003**; 4(2):101-114.
9. **Slentz CA, Duscha BD, Johnson JL, Ketchum K, Aiken LB, Samsa GP, Houmard JA, Bales CW, Kraus WE.** Effects of the Amount of Exercise on Body Weight, Body Composition, and Measures of Central Obesity. *Arch Intern Med*, **2004**; 164(1):31-39.
10. **Wakeling A.** Epidemiology of anorexia nervosa. *Psychiatry Research*, **1996**; 62(Issue 1):3-9.
11. **Fairburn CG, Harrison PJ.** Eating disorders. *Lancet*, **2003**; 361(Issue 9355):407-416.
12. **Ayetollahi SMT, Bagheri Z, Heydari ST.** Agreement Analysis among Measures of Thinnes and Obesity Assessment in Iranian School Children and Adolescents. *Asian J Sports Med*, **2013**; 4(4):272-280.

13. **Powers SK, Howley ET.** *Exercise Physiology: Theory and Application to Fitness and Performance.* 3<sup>rd</sup> Ed., Madison: Brown and Benchmark Publishers, **1997.**
14. **Lazzer S, Bedogni G, Lafortuna CL, Marazzi N, Busti C, Galli R, De Col A, Agosti F, Sartorio A.** Relationship Between Basal Metabolic Rate, Gender, Age, and Body Composition in 8,780 White Obese Subjects. *Obesity*, **2009**; 18(1):71-78.
15. **Guyton AC, Hall JE.** *Textbook of Medical Physiology.* 11<sup>th</sup> Ed., Philadelphia: Elsevier Saunders, **2006.**
16. **McArdle WD, Katch FI, Katch VL.** *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance.* 6<sup>th</sup> Ed., Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins, **2007.**
17. **Waters RL, Mulroy S.** The energy expenditure of normal and pathologic gait. *Gait&Posture*, **1999**; 9(3):207-231.
18. **Wilborn C, Beckham J, Campbell B, Harvey T, Galbreath M, La Bounty P, Nassar E, Wismann J, Kreider R.** Obesity: Prevalence, Theories, Medical Consequences, Management, and Research Directions. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, **2005**; 2(2):4-31.
19. **Semin İ.** Obezite Fizyolojisi. *Archives of Clinical Toxicology*, **2014**; 1:2-7.
20. **Gottschall JS, Kram R.** Energy cost and muscular activity required for propulsion during walking. *J Appl Physiol*, **2003**; 94(5):1766-1772.
21. **LeCheminant JD, Heden T, Smith J, Covington NK.** Comparison of energy expenditure, economy, and pedometer counts between normal weight and overweight or obese women during a walking and jogging activity. *Eur J Appl Physiol*, **2009**; 106(5):675-682.
22. **Browning RC, Kram R.** Effects of Obesity on the Biomechanics of Walking at Different Speeds. *Med Sci Sports Exerc*, **2007**; 39(9):1632-1641.
23. **Hall C, Figueroa A, Fernhall B, Kanaley JA.** Energy Expenditure of Walking and Running: Comparison with Prediction Equations. *Med Sci Sports Exerc*, **2004**; 36(12):2128-2134.
24. **Seefeldt V, Malina RM, Clark MA.** Factors Affecting Levels of Physical Activity in Adults. *Sports Med*, **2002**; 32(3):143-168.
25. **Çivi S, Tanrikulu MZ.** Yaşlılarda Bağımlılık ve Fiziksel Yetersizlik Düzeyleri ile Kronik Hastalıkların Prevalansını Saptamaya Yönelik Epidemiyolojik Çalışma. *Geriatrics*, **2000**; 3(3):85-90.
26. **Warren TY, Barry V, Hooker SP, Sui X, Church TS, Blair SN.** Sedentary behaviors increase risk of cardiovascular disease mortality in men. *Med Sci Sports Exerc*, **2010**; 42(5):879-885.
27. **Fang J, Wylie-Rosett J, Cohen HW, Kaplan RC, Alderman MH.** Exercise, Body Mass Index, Caloric Intake, and Cardiovascular Mortality. *Am J Prev Med*, **2003**; 25(4):283-289.

28. **Mensink M, Corpeleijn E, Feskens EJ, Kruijshoop M, Saris WH, de Bruin TW, Blaak EE.** Study on lifestyle-intervention and impaired glucose tolerance Maastricht (SLIM): design and screening results. *Diabetes Res Clin Pract*, **2003**; 61(1):49-58.
29. **Mei Z, Grummer-Strawn LM, Pietrobelli A, Goulding A, Goran MI, Dietz WH.** Validity of body mass index compared with other body-composition screening indexes for the assessment of body fatness in children and adolescents. *Am J Clin Nutr*, **2002**; 75:978–85.
30. **Bozborra A.** *Obezite ve Tedavisi*. 1. Baskı., Nobel Tıp Evleri, **2002**.
31. **Soyuer F, Soyuer A.** Yaşlılık ve Fiziksel Aktivite. *İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, **2008**; 15(3):219-224.
32. **Caspersen CJ, Powell KE, Christenson GM.** Physical Activity Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research. *Public Health Reports*, **1985**; 100(2):126-131.
33. **Plasqui G, Westerterp KR.** Physical Activity Assessment With Accelerometers: An Evaluation Against Doubly Labeled Water. *Obesity*, **2007**; 15(10):2371-2379.
34. **Kurtze N, Rangul V, Hustvedt BE.** Reliability and validity of the international physical activity questionnaire in the Nord-Trøndelag health study (HUNT) population of men. *BMC Medical Research Methodology*, **2008**; 8(63):9.
35. **Laporte RE, Montoye HJ, Caspersen CJ.** Assessment of Physical Activity in Epidemiologic Research: Problems and Prospects. *Public Health Reports*, **1985**; 100(2):131-146.
36. **Bouten CVC, Koekkoek KTM, Verduin M, Kodde R, Janssen JD.** A Triaxial Accelerometer and Portable Data Processing Unit for the Assessment of Daily Physical Activity. *IEEE Transactions On Biomedical Engineering*, **1997**; 44(3):136-147.
37. **Kavanagh JJ, Menz HB.** Accelerometry: a technique for quantifying movement patterns during walking. *Gait Posture*, **2008**; 28(1):1-15.
38. **Frost JD.** Triaxial vector accelerometry: a method for quantifying tremor and ataxia. *IEEE Trans Biomed Eng*, **1978**; 25(1):17-27.
39. **Murphy SL.** Review of physical activity measurement using accelerometers in older adults: Considerations for research design and conduct. *Preventive Medicine*, **2009**; 48(2):108-114.
40. **Bouten CV, Westerterp KR, Verduin M, Janssen JD.** Assessment of energy expenditure for physical activity using a triaxial accelerometer. *Med Sci Sports Exerc*, **1994**; 26(12):1516-1523.
41. **Terrier P, Aminian K, Schutz Y.** Can accelerometry accurately predict the energy cost of uphill/downhill walking?. *Ergonomics*, **2001**; 44(1):48-62.

42. **Nichols JF, Morgan CG, Sarkin JA, Sallis JF, Calfas KJ.** Validity, reliability, and calibration of the Tritrac accelerometer as a measure of physical activity. *Med Sci Sports Exerc*, **1999**; 31(6):908-912.
43. **Nichols JF, Morgan CG, Chabot LE, Sallis JF, Calfas KJ.** Assessment of physical activity with the Computer Science and Applications, Inc., accelerometer: laboratory versus field validation. *Res Q Exerc Sport*, **2000**; 71(1):36-43.
44. **Levine JA, Baukol PA, Westerterp KR.** Validation of the Tracmor triaxial accelerometer system for walking. *Med Sci Sports Exerc*, **2001**; 33(9):1593-1597.
45. **Hendelman D, Miller K, Baggett C, Debold E, Freedson P.** Validity of accelerometry for the assessment of moderate intensity physical activity in the field. *Med Sci Sports Exerc*, **2000**; 32(9 Suppl):442-449.
46. **Bassett DR, Ainsworth BE, Swartz AM, Strath SJ, O'Brien WL, King GA.** Validity of four motion sensors in measuring moderate intensity physical activity. *Med Sci Sports Exerc*, **2000**; 32(9 Suppl):471-480.
47. **Puyau MR, Adolph AL, Vohra FA, Butte NF.** Validation and calibration of physical activity monitors in children. *Obes Res*, **2002**; 10(3):150-157.
48. **Kumahara H, Schutz Y, Ayabe M, Yoshioka M, Yoshitake Y, Shindo M, Ishii K, Tanaka H.** The use of uniaxial accelerometry for the assessment of physical-activity-related energy expenditure: a validation study against whole-body indirect calorimetry. *Br J Nutr*, **2004**; 91(2):235-243.
49. **Pedersen BK, Saltin B.** Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scand J Med Sci Sports*, **2006**; 16(Suppl.1):3-63.
50. **Craig CL, Marshall AL, Sjöström M, Bauman AE, Booth ML, Ainsworth BE, Pratt M, Ekelund U, Yngve A, Sallis JF, Oja P.** International Physical Activity Questionnaire: 12-Country Reliability and Validity. *Med Sci Sports Exerc*, **2003**; 35(8):1381-1395.
51. **Hagströmer M, Bergman P, Bourdeauduij ID, Ortega FB, Ruiz JR, Manios Y, Rey-Lopez JP, Phillip K, Berlepsch JV, Sjöström M.** Concurrent validity of a modified version of the International Physical Activity Questionnaire (IPAQ-A) in European adolescents: The HELENA Study. *International Journal of Obesity*, **2008**; 32(Suppl 5):S42-S48.
52. **İslamoğlu Y, Koplay M, Sunay S, Açikel M.** Obezite ve metabolik sendrom. *Tıp Araştırmaları Dergisi*, **2008**; 6(3):168-174.
53. **Çapan N.** Astım ve Obezite. *Solunum Hastalıkları*, **2013**; 24(2):82-84.
54. **Doğan N, Toprak D, Demir S.** Afyonkarahisar İlinde Obezite Prevalansı ve İlgili Risk Faktörleri. *Türkiye Klinikleri J Med Sci*, **2011**; 31(1):122-132.

55. **Kutlutürk F, Öztürk B, Yıldırım B, Özüğurlu F, Çetin İ, Etikan İ, Sazlıdere H, Tetikçok R, Akbaş A, Şahin İ.** Obezite Prevalansı ve Metabolik Risk Faktörleri ile İlişkisi: Tokat İli Prevalans Çalışması. *Türkiye Klinikleri J Med Sci*, **2011**; 31(1):156-63.
56. **Kayıran PG, Taymaz T, Kayıran SM, Memioğlu N, Taymaz B, Gürakan B.** Türkiye'nin Üç Farklı Bölgesinde İlköğretim Okulu Öğrencilerinde Kilo Fazlalığı, Obezite ve Boy Kısalığı Sıklığı. *Ş.E.E.A.H. Tıp Bülteni*, **2011**; 45(1):13-18.
57. **Wilmore JH, Costill DL.** *Physiology of Sport and Exercise*. 3<sup>rd</sup> Ed., Hong Kong: Human Kinetics, **2004**.
58. **Balkau B, Deanfield JE, Despres JP, Bassand JP, Fox KAA, Smith SC, Barter JP, Tan C, Gaal LV, Wittchen HU, Massien C, Haffner SM.** International Day for the Evaluation of Abdominal Obesity (IDEA): A Study of Waist Circumference, Cardiovascular Disease, and Diabetes Mellitus in 168 000 Primary Care Patients in 63 Countries. *Circulation*, **2007**; 116(17):1942-1951.
59. **Bray GA, Bouchard C, James WPT.** *Handbook of Obesity*. 1<sup>th</sup> Ed., New York: Marcel Dekker, **1998**.
60. **Jequier E, Tappy L.** Regulation of Body Weight in Humans. *Physiol Rev*, **1999**; 79(2):451-480.
61. **Spiegelman MB, Flier JS.** Obesity and the Regulation of Energy Balance. *Cell*, **2001**; 104(4):531-543.
62. **Levine JA, Kotz CM.** NEAT-non-exercise activity thermogenesis-egocentric and geocentric environmental factors vs. biological regulation. *Acta Physiol Scand*, **2005**; 184(4):309-318.
63. **Castaneda TR, Jürgens H, Wiedmer P, Pfluger P, Diano S, Horvath TL, Tang-Christensen M, Tschöp MH.** Obesity and the Neuroendocrine Control of Energy Homeostasis: The Role of Spontaneous Locomotor Activity. *The Journal of Nutrition*, **2005**; 135(5): 1314-1319.
64. **Mikkola I, Keinanen-Kiukaanniemi S, Jokelainen J, Peitso A, Harkönen P, Timonen M, Ikaheimo T.** Aerobic performance and body composition changes during military service. *Scand J Prim Health Care*, **2012**; 30(2):95-100.
65. **Meredith CN, Zackin MJ, Frontera WR.** Body composition and aerobic capacity in young and middle-aged endurance-trained men. *Med Sci Sports Exerc*, **1987**; 19(6):557-563.
66. **Giorgino F, Laviola L, Eriksson W.** Regional differences of insulin action in adipose tissue: insights from in vivo and in vitro studies. *Acta Physiol Scand*, **2005**; 183(1):13-30.
67. **Cases JA, Gabriely I, Ma XH, Yang XM, Michaeli T, Fleischer N, Rossetti L, Barzilai N.** Physiological increase in plasma leptin markedly inhibits insulin secretion in vivo. *Diabetes*, **2001**; 50(2):348-352.
68. **Banks AS, Davis SM, Bates SH, Myers MG.** Activation of Downstream Signals by the Long Form of the Leptin Receptor. *J Biol Chem*, **2000**; 275(19):14563-14572.

69. **Considine RV, Considine EL, Williams CJ, Hyde TM, Caro JF.** The hypothalamic leptin receptor in humans: identification of incidental sequence polymorphisms and absence of the db/db mouse and fa/fa rat mutations. *Diabetes*, **1996**; 45(7):992-994.
70. **Baranowska B, Wolinska-Witort E, Wasilewska-Dziubinska E, Roguski K, Martynska L, Chmielowska M.** The role of neuropeptides in the disturbed control of appetite and hormone secretion in eating disorders. *Neuro Endocrinol Lett*, **2003**; 24(6):431-439.
71. **Epel E, Lapidus R, McEwen B, Brownell K.** Stress may add bite to appetite in women: a laboratory study of stress-induced cortisol and eating behavior. *Psychoneuroendocrinology*, **2001**; 26(1):37-49.
72. **Cummings DE, Purnell JQ, Frayo RS, Schmidova K, Wisse BE, Weigle DS.** A preprandial rise in plasma ghrelin levels suggests a role in meal initiation in humans. *Diabetes*, **2001**; 50(8):1714-1719.
73. **Shintani M, Ogawa Y, Ebihara K, Aizawa-Abe M, Miyanaga F, Takaya K, Hayashi T, Inoue G, Hosoda K, Kojima M, Kangawa K, Nakao K.** Ghrelin, an Endogenous Growth Hormone Secretagogue, Is a Novel Orexigenic Peptide That Antagonizes Leptin Action Through the Activation of Hypothalamic Neuropeptide Y/Y1 Receptor Pathway. *Diabetes*, **2001**; 50(2):227-232.
74. **Ravussin E, Bogardus C.** Relationship of Genetics, Age, and Physical Fitness to Daily Energy Expenditure and Fuel Utilization. *Am J Clin Nutr*, **1989**; 49(5 Suppl):968-975.
75. **Ali SM, Lindström M.** Socioeconomic, psychosocial, behavioural, and physiological determinants of BMI among young women: differing patterns for underweight and overweight/obesity. *European Journal of Public Health*, **2005**; 16(3):324-330.
76. **National Collaborating Centre for Mental Health.** *Eating Disorders Core interventions in the treatment and management of anorexia nervosa, bulimia nervosa and related eating disorders*. 1<sup>st</sup> Ed., The British Psychological Society and Gaskell, **2004**.
77. **Widmaier EP, Raff H, Strang KT.** *Vander's Human Physiology: The Mechanisms of Body Function*. 11<sup>th</sup> Ed., New York: McGraw-Hill Higher Education, **2008**.
78. **Barret K, Brooks H, Boitano S, Barman S.** *Ganong's Review of Medical Physiology*. 23<sup>th</sup> Ed., The McGraw-Hill Companies, **2010**.
79. **Robergs RA, Keteyian SJ.** *Fundamentals of Exercise Physiology for Fitness, Performance and Health*. 2<sup>nd</sup> Ed., New York: Mc Graw Hill, **2003**.
80. **Matarese LE.** Indirect Calorimetry: Technical aspects. *J Am Diet Assoc*, **1997**; 97(10 Suppl 2):S154-S160.
81. **Henry CJK.** Basal metabolic rate studies in humans: measurement and development of new equations. *Public Health Nutrition*, **2005**;8(7A):1133-1152.
82. **Whittle MW.** *Gait Analysis: An Introduction*. 4<sup>th</sup> Ed., China: Butterworth Heinemann Elsevier, **2007**.



83. **Tao W, Liu T, Zheng R, Feng H.** Gait Analysis Using Wearable Sensors. *Sensors*, **2012**; 12(2):2255-2283.
84. **Wilkin LD, Cheryl A, Haddock BL.** Energy Expenditure Comparison between Walking and Running in Average Fitness Individuals. *J Strength Cond Res*, **2012**; 26(4):1039-1044.
85. **Vaughan CL, Davis BL, O'Connor JC.** *Dynamics of Human Gait*. 2<sup>nd</sup> Ed., South Africa: Kiboho Publishers, **1999**.
86. **Mattsson E, Larsson UE, Rössner S.** Is walking for exercise too exhausting for obese women? *International Journal of Obesity*, **1997**; 21(5):380-386.
87. **Huang L, Chen P, Zhuang Y, Walt S.** Metabolic Cost, Mechanical Work and Efficiency During Normal Walking in Obese and Normal-Weight Children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **2013**; 84(Sup2):72-79.
88. **Mc Graw B, McClenaghan BA, Williams HG, Dickerson J, Ward DS.** Gait and postural stability in obese and nonobese prepubertal boys. *Arch Phys Med Rehabil*, **2000**; 81(4):484-489.
89. **Malatesta D, Vismara L, Menegoni F, Galli M, Romei M, Capodaglio.** Mechanical External Work and Recovery at Preferred Walking Speed in Obese Subjects. *Med Sci Sports Exerc*, **2009**; 41(2): 426-434.
90. **Byrne NM, Hills AP.** Relationships between HR and VO<sub>2</sub> in the obese. *Med Sci Sports Exerc*, **2002**; 34(9):1419-1427.
91. **Dal U, Erdoğan T, Reşitoğlu B, Beydağı H.** Determination of preferred walking speed on treadmill may lead to high oxygen cost on treadmill walking. *Gait&Posture*, **2010**; 31(3):366-369.
92. **Hofsteenge GH, Chinapaw MJM, Delemarre-van de Waal HA, Weijs PJM.** Validation of predictive equations for resting energy expenditure in obese adolescents. *Am J Clin Nutr*, **2010**; 91(5):1244-1254.
93. **Powell SM, Jones DI, Rowlands AV.** Technical Variability of the RT3 Accelerometer. *Med Sci Sports Exer*, **2003**; 35(10):1773-1778.
94. **Kavouras SA, Sarras SE, Tsekouras YE, Sidossis LS.** Assessment of energy expenditure in children using the RT3 accelerometer. *Journal of Sports Sciences*, **2008**; 26(9): 959-966.
95. **Hendrick P, Bell ML, Bagge PJ, Milosavljevic S.** Can accelerometry be used to discriminate levels of activity? *Ergonomics*, **2009**; 52(8):1019-1025.
96. **Vanhelst J, Beghin L, Duhamel A, Bregman P, Sjöström M, Gottrand F.** Comparison of uniaxial and triaxial accelerometry in the assessment of physical activity among adolescents under free-living conditions: the HELENA study. *BMC Medical Research Methodology*, **2012**; 12(26):6.

97. **Hendrick P, Boyd T, Low O, Takarangi K, Paterson M, Claydon L, Milosavljevic S.** Construct validity of RT3 accelerometer: A comparison of level-ground and treadmill walking at self-selected speeds. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, **2010**; 47(2):157-168.
98. **Vanhelst J, Zunquin G, Theunynck D, Mikulovic J, Bui-Xuan G, Beghin L.** Equivalence of accelerometer data for walking and running: Treadmill versus on land. *Journal of Sports Sciences*, **2009**; 27(7): 669-675.
99. **Vanhelst J, Theunynck D, Gottrand F, Beghin L.** Reliability of the RT3 accelerometer for measurement of physical activity in adolescents. *Journal of Sports Sciences*, **2010**; 28(4):375-379.
100. **Perry MA, Hendrick PA, Hale L, Baxter GD, Milosavljev S, Dean SG, McDonough SM, Hurley DA.** Utility of the RT3 triaxial accelerometer in free living: An investigation of adherence and data loss. *Applied Ergonomics*, **2010**; 41(3):469-476.
101. **Sloane R, Snyder DC, Demark-Wahnefried W, Lobach D, Kraus WE.** Comparing the 7-Day PAR with a Triaxial Accelerometer for Measuring Time in Exercise. *Med Sci Sports Exerc*, **2010**; 41(6):1334-1340
102. **Deforche B, Bourdeaudhuji ID, D'hondt E, Cardon G.** Objectively measured physical activity, physical activity related personality and body mass index in 6- to 10-yr-old children: a cross-sectional study. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, **2009**; 6(25):9.
103. **Jerome GJ, Young DR, Laferrriere D, Chen C, Vollmer WM.** Reliability of RT3 accelerometers among Overweight and Obese Adults. *Med Sci Sports Exerc*, **2008**; 41(1):110-114.
104. **Bond DS, Raynor HA, Phelan S, Steeves J, Daniello R, Wing RR.** The Relationship between Physical Activity Variety and Objectively Measured Moderate-to-Vigorous Physical Activity Levels in Weight Loss Maintainers and Normal-Weight Individuals. *Journal of Obesity*, **2012**; 812414:6.
105. **Hollowell RP, Willis LH, Slentz CA, Topping JD, Bhakpar M, Kraus WE.** Effects of Exercise Training Amount on Physical Activity Energy Expenditure. *Med Sci Sports Exerc*, **2009**; 41(8):1640-1644.
106. **Rowlands AV, Thomas PWM, Eston RG, Topping R.** Validation of the RT3 Triaxial Accelerometer for the Assessment of Physical Activity. *Med Sci Sports Exerc*, **2004**; 36(3):518-524.
107. **Dal U, Erdoğan AT, Cüreoğlu A, Reşitoğlu B, Helvacı İ, Beydağı H.** Antropometrik Özelliklerin Tercih Edilen Yürüme Hızı ve Yürüme Sırasında Harcanan Enerji Miktarına Etkileri: Oksijen Maliyeti-Oksijen Tüketimi. *Mersin Univ Sağlık Bilim Derg*, **2010**; 3(1):9-14.
108. **Westphal AB, Kossel E, Goele K, Later W, Hitze B, Settler U, Heller M, Glüer CC, Heymsfield SB, Müller MJ.** Contribution of individual organ mass loss to weight loss-associated decline in resting energy expenditure. *Am J Clin Nutr*, **2009**; 90(4): 993-1001.
109. **Schwartz MH.** Protocol changes can improve the reliability of net oxygen cost data. *Gait Posture*, **2007**; 26(4):494-500.

110. **Chen KY, Sun M.** Improving energy expenditure estimation by using a triaxial accelerometer. *J Appl Physiol*, **1997**; 83(6):2112-2122.
111. **Balci SS.** Comparison of Substrate Oxidation during Walking and Running in Normal-Weight and Overweight/Obese Men. *Obes Facts*, **2012**; 5(3):327-338.
112. **Ford MP, Wagenaar RC, Newell KM.** Arm Constraint and Walking in Healthy Adults. *Gait Posture*, **2007**; 26(1):135-141.
113. **Jacobi D, Perrin AE, Grosman N, Dore MF, Normand S, Oppert JM, Simon C.** Physical Activity-Related Energy Expenditure With the RT3 and TriTrac Accelerometers in Overweight Adults. *Obesity*, **2007**; 15(4):950-956.
114. **Swain DP.** Energy Cost Calculations for Exercise Prescription An Update. *Sports Med*, **2000**; 30(1):17-22
115. **Schwartz MH, Koop SE, Bourke JL, Baker R.** A nondimensional normalization scheme for oxygen utilization data. *Gait&Posture*, **2006**; 24(1):14-22.
116. **Lee I-M, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT.** Impact of Physical Inactivity on the World's Major Non-Communicable Diseases. *Lancet*, **2012**; 380(9838):219-229.
117. **Vermorel M, Lazzer S, Bitar A, Ribeyre J, Montaurier C, Fellmann N, Coudert J, Meyer M, Boirie Y.** Contributing Factors and Variability of Energy Expenditure in non-obese, obese and post-obese adolescent. *Reprod Nutr Dev*, **2005**; 45(2):129-142.
118. **Ayub BV, Bar-Or O.** Energy Cost of Walking in Boys Who Differ in Adiposity But Are Matched for Body Mass. *Med Sci Sports Exerc*, **2003**; 35(4):669-674.
119. **Wang C, Hou XH, Zhang ML, Bao YO, Zou YH, Zhong WH, Xiang KS, Jia WP.** Comparison of Body Mass Index with Body Fat Percentage in the Evaluation of Obesity in Chinese. *Biomedical and Environmental Sciences*, **2010**; 23(3):173-179.
120. **Nooyens ACJ, Koppes LLJ, Visscher LS, Twisk JWR, Kemper HCG, Schuit AJ, Mechelen WV, Seidell JC.** Adolescent Skinfold Thickness is a Better Predictor of High Body Fatness in Adults than is Body Mass Index: the Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study. *Am J Clin Nutr*, **2007**; 85(6):1533-1539.
121. **Almeida CAN, Pinho AP, Ricco RG, Elias CP.** Abdominal Circumference as an Indicator of Clinical and Laboratory Parameters Associated with Obesity in Children and Adolescents: Comparison Between Two Reference Tables. *J Pediatr*, **2007**; 83(2):181-185.
122. **Sardinha LB, Going SB, Teixeira PJ, Lohman TG.** Receiver Operating Characteristic Analysis of Body Mass Index, Triceps Skinfold Thickness, and Arm Girth for Obesity Screening in Children and Adolescents. *Am J Clin Nutr*, **1999**; 70(6):1090-1095.

123. **WHO Expert Consultation.** Appropriate body-mass index for Asian populations and its implications for policy and intervention strategies. *Lancet*, **2004**; 363(9403):157-163.
124. **Ravussin E, Lilloja S, Anderson TE, Christin L, Bogardus C.** Determinants of 24-hour Energy Expenditure in Man Methods and Results Using a Respiratory Chamber. *The Journal of Clinical Investigation*, **1986**; 78(6):1568-1578.
125. **Ravussin E, Bogardus C.** Relationship of Genetics, Age, and Physical Fitness to Daily Energy Expenditure and Fuel Utilization. *Am J Clin Nutr*, **1989**; 49(5 Suppl):968-975.
126. **Nelson KM, Weinsier RL, Long CL, Schutz Y.** Prediction of Resting Energy Expenditure from Fat-Free Mass and Fat Mass. *Am J Clin Nutr*, **1992**; 56(5):848-856.
127. **Ravussin E, Burnand B, Schutz Y, Jequier E.** Twenty-four-hour Energy Expenditure and Resting Metabolic Rate in Obese, Moderately Obese, and Control Subject. *Am J Clin Nutr*, **1982**; 35(3):566-573.
128. **Roza AM, Shizgal HM.** The Harris Benedict Equation Reevaluated: Resting Energy Requirements and the Body Cell Mass. *Am J Clin Nutr*, **1984**; 40(1):168-182.
129. **Bernstein RB, Thornton JC, Yang MU, Wang J, Redmond AM, Pierson RN, Pi-Sunyer FX, Van Itallie TB.** Prediction of the Resting Metabolic Rate in Obese Patient. *Am J Clin Nutr*, **1983**; 37(4):595-602.
130. **Henry CJK.** Mechanisms of Changes in Basal Metabolism During Ageing. *European Journal of Clinical Nutrition*, **2000**; 54(3 Suppl):77-91.
131. **Paolisso G, Gambardella A, Balbi V, Ammendola S, D'Amore A, Varricchio M.** Body Composition, Body Fat Distribution, and Resting Metabolic Rate in Healthy Centenarians. *Am J Clin Nutr*, **1995**; 62(4):746-750.
132. **Unick JL, Otto AD, Goodpaster BH, Helsel DL, Pellegrini CA, Jakicic JM.** Acute effect of walking on energy intake in overweight/obese women. *Appetite*, **2010**; 55(3):413-419.
133. **Armitage CJ, Wright CL, Parfitt G, Pegington M, Donnelly LS, Harvie MN.** Self-efficacy for temptations is a better predictor of weight loss than motivation and global self-efficacy: Evidence from two prospective studies among overweight/obese women at high risk of breast cancer. *Patient Educ Couns*, **2014**; 95(2): 254-258.
134. **Dal U, Erdogan AT, Cureoglu A, Beydagi H.** Resting Energy Expenditure in Normal-Weight and Overweight/Obese Subjects Was Similar Despite Elevated Sympathovagal Balance. *Obes Facts*, **2012**; 5(5):776-783.
135. **Weinsier RL, Schutz Y, Bracco D.** Reexamination of the Relationship of Resting Metabolic Rate to Fat-Free Mass and to the Metabolically active components of Fat-Free Mass in Humans. *Am J Clin Nutr*, **1992**; 55(4):790-794.

136. **Bosy-Westphal A, Braun W, Schautz B, Müller MJ.** Issues in Characterizing Resting Energy Expenditure in Obesity and After Weight Loss. *Front Physiol*, **2013**; 4(47):9.
137. **Yu CW, Sung RYT, So R, Lam K, Nelson EAS, Li AMC, Yuan Y, Lam PKW.** Energy expenditure and physical activity of obese children: cross-sectional study. *Hong Kong Med J*, **2002**; 8(5):313-317.
138. **Ekelund U, Franks PW, Wareham NJ, Aman J.** Oxygen Uptakes Adjusted for Body Composition in Normal-Weight and Obese Adolescents. *Obesity Research*, **2004**;12(3):513-520.
139. **Heysfield SB, Gallagher D, Kotler DP, Wang Z, Allison DB, Heshka S.** Body-Size Dependence of Resting Energy Expenditure can be Attributed to Nonenergetic Homogeneity of Fat-Free Mass. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, **2002**;282(1):132-138.
140. **Gallagher D, Belmonte D, Deurenberg P, Wang Z, Krasnow N, Pi-Sunyer FX, Heysfield SB.** Organ-tissue mass measurement allows modeling of REE and metabolically active tissue mass. *Am J Physiol*, **1998**; 275(2 Pt 1):249-258.
141. **Huang L, Chen P, Zhuang Y, Walt S.** Metabolic Cost, Mechanical Work and Efficiency During Normal Walking in Obese and Normal-Weight Children. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, **2013**; 84(Sup2):72-79.
142. **Mc Graw B, McClenaghan BA, Williams HG, Dickerson J, Ward DS.** Gait and postural stability in obese and nonobese prepubertal boys. *Arch Phys Med Rehabil*, **2000**; 81(4):484-489.
143. **Malatesta D, Vismara L, Menegoni F, Galli M, Romei M, Capodaglio.** Mechanical External Work and Recovery at Preferred Walking Speed in Obese Subjects. *Med Sci Sports Exerc*, **2009**; 41(2): 426-434.
144. **Browning RC, Kram R.** Energetic Cost and Preferred Speed of Walking in Obese vs. Normal Weight Women. *Obesity Research*, **2005**; 13(5):891-899.
145. **Lafortuna CL, Agosti F, Galli R, Busti C, Lazzer S, Sartorio A.** The energetic and cardiovascular response to treadmill walking and cycle ergometer exercise in obese women. *Eur J Appl Physiol*, **2008**; 103(6):707-717.
146. **Katch V, Becque MD, Marks C, Moorehead C, Rocchini A.** Oxygen Uptake and Energy Output During Walking of Obese Male and Female Adolescent. *Am J Clin Nutr*, **1988**; 47(1):26-32.
147. **Eston RG, Rowlands AV, Ingledeu DK.** Validity of heart rate, pedometry, and accelerometry for predicting the energy cost of children's activities. *J Appl Physiol*, **1998**; 84(1):362-371.
148. **Yoshioka M, Ayabe M, Yahiro T, Higuchi H, Higaki Y, St-Amand J, Miyazaki H, Yoshitake Y, Shindo M, Tanaka H.** Long-Period Accelerometer Monitoring Shows The Role of Physical Activity in Overweight and Obesity. *International Journal of Obesity*, **2005**; 29(5):502-508.

149. **Hemmingsson E, Ekelund U.** Is The Association Between Physical Activity and Body Mass Index Obesity Dependent?. *International Journal of Obesity*, **2007**; 31(4):663-668.
150. **Tudor-Locke C, Brashear MM, Johnson WD, Katzmazyk PT.** Accelerometer profiles of physical activity and inactivity in normal weight, overweight, and obese U.S. men and women. *Int J Behav Nutr Phys Act*, **2010**; 7(60):11.
151. **Sabia S, Van Hees VT, Shipley MJ, Trenell MI, Hagger-Johnson G, Elbaz A, Kivimaki M, Singh-Manoux A.** Association Between Questionnaire- and Accelerometer-Assessed Physical Activity: The Role of Sociodemographic Factors. *Am J Epidemiol*, **2014**; 179(6):781-790.
152. **Benítez-Porres J, Delgado M, Ruiz JR.** Comparison of physical activity estimates using International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) and accelerometry in fibromyalgia patients: The Al-Andalus study. *J Sports Sci*, **2013**; 31(16):1741-1752.
153. **Koshimizu T, Matsushima Y, Yokota Y, Yanagisawa K, Nagai S, Okamura K, Komatsu Y, Kawahara T.** Basal metabolic rate and body composition of elite Japanese male athletes. *The Journal of Medical Investigation*, **2012**; 59(3-4):253-260.
154. **Wang Z, Heshka S, Wang J, Gallagher D, Deurenberg P, Chen Z, Heymsfield SB.** Metabolically active portion of fat-free mass: a cellular body composition level modeling analysis. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, **2007**; 292(1):49-53.
155. **Hansen BH, Holme I, Anderssen SA, Kolle E.** Patterns of Objectively Measured Physical Activity in Normal Weight, Overweight, and Obese Individuals (20–85 Years): A Cross-Sectional Study. *PLoS One*, **2013**;8(1):e53044.

## EK-1

### ULUSLAR ARASI FİZİKSEL AKTİVİTE ANKETİ

İnsanların günlük hayatlarının bir parçası olarak yaptıkları fiziksel aktivite tiplerini bulmayla ilgileniyoruz. Sorular son 7 gün içerisinde fiziksel olarak harcanan zamanla ilgili olarak sorulacaktır. Lütfen yaptığınız aktiviteleri düşünün; işte, evde, bir yerden bir yere giderken, boş zamanlarınızda yaptığınız spor, egzersiz veya eğlence aktiviteleri.

Son 7 günde yaptığınız şiddetli ve orta dereceli aktiviteleri düşünün. Şiddetli fiziksel aktiviteler zor fiziksel efor yapıldığını ve nefes almanın normalden çok daha zor olduğu aktiviteleri ifade eder. Orta dereceli aktivitelerde orta dereceli fiziksel efor yer alır ve nefes almada normalden biraz daha zor olduğu aktiviteleri ifade eder.

#### BÖLÜM 1: İŞLE İLGİLİ FİZİKSEL AKTİVİTE

İlk bölüm işinizle ilgilidir. İş tanımı ücretli işleri, tarım, gönüllü işler, akademik işler ve evinizin dışında yaptığınız ücretsiz diğer işleri kapsamaktadır. Ancak evinizin çevresinde yapmakta olduğunuz ev işleri, bahçe işleri, genel bakım ve ailenizle ilgilenme gibi ücretsiz işler bu kapsamda yer almamaktadır. Onlara ilişkin sorular 3. Bölümde bulunmaktadır.

**1. Şu an bir işiniz var mı ya da evinizin dışında ücret karşılığı olmayan (gönüllü) herhangi bir iş yapıyor musunuz?**

evet

hayır → (Bölüm 2: Ulaşım'a gidin.)

Aşağıdaki sorular geçen 7 günde ücretli ya da ücretsiz işinizin parçası olarak yaptığınız tüm fiziksel aktivitelerle ilgilidir. İşe gidiş gelişiniz ise bu kapsamda yer almamaktadır.

**2. Geçen 7 gün içerisinde işinizin bir parçası olarak ağır kaldırma, kazma, ağır inşaat veya merdiven çıkma gibi şiddetli fiziksel aktiviteler yaptığınız gün sayısı kaçtır?**

Haftada ----gün

İşle ilgili şiddetli fiziksel aktivite yapmadım. → ( 4.soruya gidin.)

**3. Bu günlerden birinde işinizin parçası olarak şiddetli fiziksel aktivite yaparak genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?**

Günde \_\_\_ saat  
Günde \_\_\_ dakika

**4. Yalnız bir seferde en az 10 dakika boyunca yaptığımız fiziksel aktiviteleri düşünün. Geçen 7 gün içerisinde hafif yük taşıma gibi orta derecede fiziksel aktiviteleri yaptığımız gün sayısı kaçtır? Lütfen yürümeyi hariç tutunuz.**

\_\_\_Haftada-----gün  
\_\_\_İşle ilgili orta derecede fiziksel aktivite yapmadım. → (6.soruya gidin.)

**5. Bu günlerden birinde işinizin parçası olarak orta derecede fiziksel aktivite yaparak genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?**

Günde \_\_\_ saat  
Günde \_\_\_ dakika

**6. Geçen 7 gün içerisinde işinizin parçası olarak bir seferde en az 10 dakika yürüdüğünüz gün sayısı kaçtır?**

\_\_\_Haftada----- gün  
\_\_\_İşle ilgili yürümedim. → (Bölüm 2:Ulaşım'a gidin.)

**7. Bu günlerden birinde işinizin parçası olarak genellikle ne kadar yürüdünüz?**

Günde \_\_\_ saat  
Günde \_\_\_ dakika

## **BÖLÜM 2:ULAŞIM**

Bu bölümdeki sorular iş, mağaza, sinema gibi yerler dahil olmak üzere bir yerden bir yere nasıl yolculuk ettiğinizle ilgilidir.

**8. Geçen 7 gün içerisinde tren, otobüs, araba gibi motorlu bir taşıtta yolculuk yaptığınız gün sayısı kaçtır?**

\_\_\_Haftada----gün  
\_\_\_Motorlu taşıtta yolculuk yapmadım. → (10.soruya gidin.)

**9. Bu günlerden birinde tren, otobüs, araba veya diğer çeşit bir motorlu taşıtta yolculuk yaparak genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?**

Günde \_\_\_ saat  
Günde \_\_\_ dakika



Şimdi işe gidip gelirken, gündelik işlerinizi yaparken veya bir yerden bir yere gidip gelirken sadece bisiklete bindiğiniz ve yürüdüğünüz zamanları düşünün.

**10. Geçen 7 gün içerisinde, bir yerden bir yere gitmek için bir seferde en az 10 dakika bisiklete bindiğiniz gün sayısı kaçtır?**

\_\_\_Haftada ----gün

\_\_\_Bir yerden bir yere bisikletle gitmedim. → (12.soruya gidin.)

**11. Bu günlerden birinde bir yerden bir yere bisikletle giderken genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?**

Günde \_\_\_ saat

Günde \_\_\_ dakika

**12. Geçen 7 gün içerisinde, bir yerden bir yere gitmek için bir seferde en az 10 dakika yürüdüğünüz gün sayısı kaçtır?**

\_\_\_Haftada----gün

\_\_\_Bir yerden bir yere giderken yürümedim. → (Bölüm 3: Ev işleri, Evin Bakımı ve Ailenin Bakımı'na gidin.)

**13. Bu günlerden birinde bir yerden bir yere yürüyerek giderken genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?**

Günde \_\_\_ saat

Günde \_\_\_ dakika

### **BÖLÜM 3: EV İŞLERİ, EVİN BAKIMI VE AİLENİN BAKIMI**

Bu bölüm geçen 7 gün içerisinde ev işi, bahçe işleri, genel bakım, onarım işleri ve ailenin bakımı gibi evin içerisinde ve çevresinde yapmış olabileceğiniz fiziksel aktivitelerle ilgilidir.

**14. Yalnız bir seferde en az 10 dakika boyunca yaptığınız fiziksel aktiviteleri düşünün. Geçen 7 gün içerisinde, ağır kaldırma, odun kesme, kar küreme veya bahçede çukur kazma gibi şiddetli fiziksel aktivite yaptığınız gün sayısı kaçtır?**

\_\_\_Haftada----gün

\_\_\_Bahçede şiddetli aktivite yapmadım. → (16.soruya gidin)

**15. Bu günlerden birinde bahçede şiddetli fiziksel aktivite yaparak genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?**

Günde \_\_\_ saat

Günde \_\_\_ dakika

**16. Yalnız bir seferde en az 10 dakika boyunca yaptığınız fiziksel aktiviteleri tekrar düşünün. Geçen 7 gün içerisinde, hafif yük taşıma, süpürme, pencereleri silme veya bahçeyi tırmıklamak gibi bahçede orta derecede fiziksel aktivite yaptığınız gün sayısı kaçtır?**

\_\_\_Haftada----gün

\_\_\_Bahçede orta dereceli fiziksel aktivite yapmadım. → (18.soruya gidin.)

**17. Bu günlerden birinde bahçede orta dereceli fiziksel aktivite yaparak genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?**

Günde\_\_\_ saat

Günde\_\_\_ dakika

**18. Yalnız bir seferde en az 10 dakika boyunca yaptığınız fiziksel aktiviteleri bir kez daha düşünün. Geçen 7 gün içerisinde, hafif yük taşıma, pencereleri silme, yerleri sürtme veya süpürme gibi evin içinde orta dereceli fiziksel aktiviteleri yaptığınız gün sayısı kaçtır?**

\_\_\_Haftada----gün

\_\_\_Evde orta dereceli fiziksel aktivite yapmadım. → (Bölüm 4: Dinlenme, Spor ve Boş Zaman Fiziksel Aktiviteleri'ne gidin)

**19. Bu günlerden birinde evde orta dereceli fiziksel aktivite yaparak genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?**

Günde\_\_\_ saat

Günde\_\_\_ dakika

#### **BÖLÜM 4: DİNLENME, SPOR VE BOŞ ZAMAN FİZİKSEL AKTİVİTELERİ**

Bu bölümdeki sorular sadece geçen 7 gün içerisinde yaptığınız dinlenme,spor ve boş zaman fiziksel aktiviteleri ile ilgilidir.Lütfen daha önce bahsettiğiniz aktiviteleri hariç tutunuz.

**20. Daha önce bahsetmiş olduğunuz yürüyüşleri dahil etmeden, geçen 7 gün içerisinde, boş zamanınızda bir seferde en az 10 dakika yürüdüğünüz gün sayısı kaçtır?**

\_\_\_Haftada----gün

\_\_\_Boş zamanımda yürümedim. → (22.soruya gidin.)

**21. Bu günlerden birinde boş zamanınızda yürüyerek genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?**

Günde\_\_\_ saat

Günde\_\_\_ dakika

**22. Yalnız bir seferde en az 10 dakika boyunca yaptığınız fiziksel aktiviteleri düşünün. Geçen 7 gün içerisinde, boş zamanlarınızda basketbol, futbol, aerobik, koşu, hızlı bisiklet çevirme veya hızlı yüzme gibi şiddetli fiziksel aktiviteleri yaptığınız gün sayısı kaçtır?**

\_\_\_Haftada----gün

\_\_\_Boş zamanımda şiddetli aktivite yapmadım. → (24.soruya gidin.)

**23. Bu günlerden birinde boş zamanınızda şiddetli fiziksel aktivite yaparak genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?**

Günde\_\_\_ saat

Günde\_\_\_ dakika

**24. Yalnız bir seferde en az 10 dakika boyunca yaptığınız fiziksel aktiviteleri düşünün. Geçen 7 gün içerisinde, boş zamanlarınızda dans, halk oyunları, masa tenisi, bowling, düzenli tempoda bisiklet çevirme ve düzenli tempoda yüzme gibi orta dereceli fiziksel aktiviteleri yaptığınız gün sayısı kaçtır?**

\_\_\_Haftada----gün

\_\_\_Boş zamanımda orta dereceli fiziksel aktivite yapmadım. → (Bölüm 5: Oturarak Geçen Zaman'a gidin)

**25. Bu günlerden birinde boş zamanınızda orta dereceli fiziksel aktivite yaparak genellikle ne kadar zaman geçirdiniz?**

Günde\_\_\_ saat

Günde\_\_\_ dakika

## **BÖLÜM 5: OTURARAK GEÇEN ZAMAN**

Bu bölüm işte, evde, ders çalışırken ve boş zamanlarınızda oturarak geçirdiğiniz zamanla ilgilidir. Bu masada oturarak, bir arkadaşı ziyaret ederken, okurken veya televizyon seyrederek otururken veya yatarken ki oturularak geçirilen zamanları kapsar. Ancak daha önce bahsetmiş olduğunuz bir motorlu taşıt içerisinde oturlan zamanlar buna dahil değildir.

**26.Geçen 7 gün içerisinde, hafta içinde oturarak ne kadar zaman harcadınız?**

Günde\_\_\_ saat

Günde\_\_\_ dakika

**27. Geçen 7 gün içerisinde, hafta sonunda oturarak ne kadar zaman harcadınız?**

Günde\_\_\_ saat

Günde\_\_\_ dakika

## ÖZGEÇMİŞ

03 Mart 1987 yılında Bursa'da doğdu. İlkokul eğitimine Yunus Emre İlköğretim Okulu'nda başlayıp ilk ve ortaokul eğitimini Fevzi Çakmak İlköğretim Okulu'nda tamamladı. Lise eğitimini Ahmet Vefik Paşa Lisesi'nde tamamladı. 2005-2010 yılları arasında Mersin Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Biyoloji Bölümü'nde lisans eğitimini tamamladı. 2010 yılında Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoloji Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Halen Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Fizyoloji Anabilim Dalı'nda Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.