

# Egzersiz Sırasında Enerji Tüketiminin Hesaplanmasında Yaygın Olarak Kullanılan Endirekt Yöntemlerin Karşılaştırılması

## Comparison of Widely Used Indirect Methods in Calculation of Energy Utilization During Exercise

Araştırma Makalesi

<sup>1</sup>Hakan AS, <sup>2</sup>Özgür ÖZKAYA, <sup>3</sup>Görkem Aybars BALCI, <sup>4</sup>Ali GÜREŞ,  
<sup>3</sup>Bekir Muzaffer ÇOLAKOĞLU

<sup>1</sup>Ege Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Sağlık Bilimleri Anabilimdalı, Doktora Öğrencisi

<sup>2</sup>Ege Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Hareket ve Antrenman Bilimleri Anabilimdalı

<sup>3</sup>Ege Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Spor Sağlık Bilimleri Anabilimdalı

<sup>4</sup>Adnan Menderes Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Hareket ve Antrenman Bilimleri Anabilimdalı

### ÖZ

Bu çalışmanın amacı, Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization; WHO) ve Amerikan Spor Hekimleri Derneği (American College of Sports Medicine; ACSM) tarafından önerilen formüle dayalı pratik enerji tüketimi hesaplamalarının istirahat metabolizma hızı ve egzersize ait sonuçlarını solunumsal parametrelerle elde edilen enerji tüketimi düzeyleriyle karşılaştırmaktır. Çalışmaya 23,9±6,7 yaş ortalamasına sahip 35 sedanter kadın gönüllü katıldı (Boy: 166,6±6,10 cm; Vücut kütlesi (VK): 66,7±11,6 kg; Beden Kütle İndeksi (BKİ): 23,97±3,4 kg·m<sup>-2</sup>). İstirahat analizlerinin ardından tüm grup BKİ ölçüm sonuçlarına göre normal (n=20) ve fazla kilolular (n=15) olmak üzere ikiye ayrıldı (BKİ sırasıyla 21,41±1,53 kg·m<sup>-2</sup> ve 27,39±1,76 kg·m<sup>-2</sup>). Her katılımcı için istirahat ve 30 dakikalık 8 MET'lik egzersize ait toplam enerji tüketimi düzeyleri; hem O<sub>2</sub> tüketimi değeri, solunum değişim oranına ait enerji eşitliği ve zaman üzerinden,

### ABSTRACT

The aim of this study was to compare energy consumption results of resting metabolic rate and exercise obtained from World Health Organization (WHO) and American College of Sports Medicine (ACSM) and energy cost determined by respiratory parameters. 23.9±6.70 years old 35 sedentary females participated in this study (Height: 166.6±6.10 cm; Body mass (BM): 66.7±11.64 kg; Body mass index (BMI): 23.97±3.4 kg·m<sup>-2</sup>). Following resting measurements, participants were divided two groups such as normal weight (n=20) and overweight (n=15) based on BMI scores (BMI: 21.41±1.53 and 27.39±1.76 kg·m<sup>-2</sup>, respectively). Caloric costs of resting metabolic rates and total energy expenditures of 30-min exercises were analyzed based on both respiratory parameters such as O<sub>2</sub> consumption, energy equivalent of respiratory exchange ratio and exercise durations and

hem de WHO ve ACSM eşitlikleri kullanılarak hesaplandı. İkili karşılaştırmalarda ilişkili gruplar t-testi kullanıldı. Yalnızca fazla kilolu kadınlarda ACSM (1928,64±256,61 kkal) eşitliğiyle tahmin edilen istirahat metabolizma hızlarıyla solunumsal parametrelere dayalı olarak hesaplanan değerler (1868,99±223,17 kkal) arasındaki farklar anlamlı değildi (p=0,342). Normal kilolu kadınlarda WHO ve ACSM eşitlikleriyle hesaplanan istirahat metabolizma hızı değerleri, laboratuvar ölçümlerine kıyasla oldukça düşük bulundu (p=0.001). Otuz dakikalık egzersizlere ait toplam enerji tüketimi düzeyleri için ne WHO ne de ACSM eşitlikleriyle hesaplanan değerler, ne normal ne de fazla kilolu kadınlar için toplam enerji tüketimlerini doğru tahmin edemedi (p≤0,019). Çalışmanın sonuçlarına göre, fazla kilolu kadınların istirahat metabolizma hızlarını değerlendirmede  $\left[ \frac{(MET \times 3,5 \times VK \text{ (kg)})}{1000} \right] \times 5 \times t \text{ (dk)}$  eşitliğinin kullanılabilmesi, ancak egzersizlere ait enerji tüketimi düzeylerinin belirlenmesinde solunumsal parametrelere dayalı analizlerin yapılmasının gerekli olduğu değerlendirildi.

#### Anahtar Kelimeler

ACSM, WHO, Kalorik eşitlik, Oksijen tüketimi

#### Key Words

ACSM, WHO, Caloric equation, Oxygen uptake.

## GİRİŞ

Kardiyovasküler hastalıklar, obezite ve diyabet gibi sağlık sorunları yaşam kalitesini olumsuz yönde etkiler (Buttussi ve Chittaro, 2008; Swinburn ve diğ., 2011). Bu ve benzer sağlık sorunlarından kaçınmada düzenli fiziksel aktiviteler yardımıyla ağırlık kontrolünün düzenlenmesi oldukça önemlidir. Yüksek hızlı sprint intervaller ya da direnç egzersizleri kilo kaybı, alımı ya da kontrolünde önemli egzersiz modelleri olmalarına karşın, daha az yaralanma riski taşıyan, etkileri iyi bilinen ve kalorik değerleri kolayca hesaplanabilen aerobik yapılı egzersiz modelleri genelde tercih edilenleridir. Bu konuda önemli kurumlar olan Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization; WHO) ve Amerikan Spor Hekimleri Derneği (American College of Sports Medicine; ACSM) belirli periyotlarla raporlar yayımlayarak bir takım egzersiz önerilerinde bulunurlar. Örneğin, WHO'nun yayımladığı son raporda, 18-65 yaş arası yetişkin bireyler için 6 MET düzeylerinde haftada en az 150 dakika veya 8 MET ve üzeri egzersiz yüklerinde haftada 75 dakika egzersiz önerilmektedir (World Health

energy equations of WHO and ACSM. Paired samples t-test was used for statistical analyses. Results showed that there was no significant difference between resting metabolic rates obtained from ACSM equation and respiratory parameters for only overweight females (1928.64±256.61 vs. 1868.99±223.17 kcal; p=0.342). For the normal weight participants, compare to respiratory parameters, both WHO and ACSM equations underestimated the resting metabolic rate (p=0.001). Neither WHO nor ACSM could be predicted previously determined total energy levels of exercises based on respiratory parameters for both normal and overweight females (p≤0.019). In conclusion, only  $\left[ \frac{(MET \times 3,5 \times BM \text{ (kg)})}{1000} \right] \times 5 \times t \text{ (min)}$  equation can be used to predict resting metabolic rates of overweight females. Moreover, analyzing of respiratory parameters is necessary to evaluate total energy expenditure of exercises.

Organization, 2013). Burada 1 MET, istirahat sırasında vücut kütlesi başına bir dakikada tüketilen O<sub>2</sub> (mL·dk<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>) düzeyi üzerinden ölçülür. Her birey için istirahate ait 1 MET ve sonrasında kullanılacak birkaç farklı hız ya da egzersiz yüküne ait fizyolojik koşulun istirahat düzeyinin kaç kat üzerinde olduğunun hesaplanması oldukça kolay bir analiz şekli olsa da (Formül 1), genellikle tercih edilen hesaplama yöntemleri formüllere dayalı eşitliklerdir (Shephard, 2001; Church ve diğ., 2007; Garber ve diğ., 2011). Bu formüllerden en sık kullanılanları da WHO ve ACSM tarafından önerilenlerdir (Formül 2 ve 3).

WHO formülünde istirahat metabolizma hızı hesaplanırken, yetişkin bir erkeğin her saat için vücut kütlesi (kg) kadar, kadının ise vücut kütesinin %95'i kadar kalori cinsinden enerji tükettiği varsayılır. Koşu tipi aerobik yapılı egzersizlerdeyse yaklaşık km·sa<sup>-1</sup> cinsinden koşu hızı kadar MET değerine ulaştığı varsayılır (Ainsworth ve diğ., 1993). Örneğin 8 km·sa<sup>-1</sup> hızda koşan yetişkin bir birey, 8 MET iş yükünde egzersiz yapıyormuş gibi değerlendirilir. ACSM'nin önerdiği eşitlikteyse,

1 MET değeri  $3,5 \text{ mL} \cdot \text{dk}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  sabiti olarak kabul edilir ve oksijen kullanımının kalorik eşitliği egzersizde ölçülen solunum değişim katsayısı (Respiratory Exchange Ratio; RER) düzeyine bakılmaksızın  $5 \text{ kkal} \cdot \text{L}^{-1} \text{ O}_2$  tüketimi değeri ( $\text{VO}_2$ ) olarak alınır (Swain, 2000; Garber ve diğ., 2011). Fakat egzersize bağlı kalori tüketiminin en doğru şekilde hesaplanabilmesi için, o egzersize ait bireysel  $\text{VO}_2$ , karbondioksit üretimi ( $\text{VCO}_2$ ) ve RER değeri üzerinden bir hesaplama yapmak gerekir (Garber ve diğ., 2011; Peronnet ve Massicotte, 1991).

Aşırı kilolu bireylerin hem istirahat metabolizma hızları hem de egzersizlere ait toplam enerji gereksinimleri bir takım yöntemlerle düzeltilerek hesaplanırsa da, kilo fazlası olan fakat aşırı kilolu gurubuna girmeyen bireyler için formüle dayalı hesaplamalar normal kilolularla kıyaslandığında bir takım farklılıklar yaratıyor olabilir. Ek olarak regresyon ya da sabit katsayılarla dayanan eşitliklerin bireylerin vücut kompozisyonlarını, etnik kökenlerini, cinsiyet farklılıklarını, yaşlarını ve fitness düzeylerini dikkate almadığı, dolayısıyla laboratuvar şartlarında yapılan hesaplamalarla karşılaştırıldıklarında birtakım çelişkiler oluşabileceği bildirilmiştir (Schofield, 1985; Ainsworth ve diğ., 1993, Racette ve diğ., 1995; Schmitz, 1998; Howell ve diğ., 1999; Ainsworth ve diğ., 2000; Howley, 2001; Byrne ve diğ., 2005). Hem normal hem de kilo fazlası olan kadınların istirahat ve egzersizlere ait kalori hesaplamalarında sıklıkla kullanılan WHO ve ACSM eşitliklerinden kaynaklanabilecek muhtemel hatalar daha önce değerlendirilmemiştir. Bu çalışmanın amacı, hem normal hem kilo fazlası olan kadınların istirahat metabolizma hızları ve aerobik egzersizlere ait toplam enerji tüketimi düzeylerini yaygın olarak kullanılan formüller ve solunumsal gaz parametrelerine dayalı olarak hesaplayarak sonuçları karşılaştırmaktır.

## YÖNTEM

### Araştırma Grubu

Çalışmanın etik kurul izni Ege Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan "ilaç dışı araştırmalar" etik kurul onayı ile alınmıştır. Bu çalışma 35 sedanter kadının gönüllü katılımıyla gerçekleştirilmiştir (Yaş:  $23,9 \pm 6,7$  yıl; Boy:  $166,6 \pm 6,1$  cm; VK:  $66,7 \pm 11,6$  kg; BKİ:  $23,97 \pm 3,4$   $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ). İstirahat analizlerinin ardından tüm grup BKİ  $18,5$ - $24,9$   $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$  arasında olanlar (normal) ve  $25$ - $29,5$   $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$  arasında olanlar (fazla kilolu) olarak ikiye ayrıldı (normal kilolular;  $n=20$ ; BKİ:  $21,41 \pm 1,53$  ve fazla kilolular;  $n=15$ ; BKİ:  $27,39 \pm 1,76$ ). Tüm ölçümler  $22$ - $25^\circ\text{C}$  ve %50-70 bağıl nem düzeyindeki laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir. Tüm gönüllüler çalışma prosedürünün detaylarının, çalışmanın literatüre olası katkılarının ve bu deneyler sırasında oluşabilecek risklerin kendilerine açıkça anlatıldığı "bilgilendirilmiş gönüllü olur formlarını" okuyarak imzaladılar. Katılımcıların tüm laboratuvar ölçümleri bireysel menstürel döngülerinin erken foliküler fazının âdet sonrasındaki ilk beş gününde uygulandı (Oosthuysen ve diğ., 2005).

**Veri Toplama Araçları**  
**Antropometrik ölçümler:** Katılımcıların vücut kütleleri ve boy ölçümleri laboratuvar tipi bir cihaz kullanılarak ölçüldü (Seca 217, UK).  
**Gaz Ölçümleri:** Tüm solunum ölçümleri Cosmed Quark gaz analizörüyle nefesten nefese kayıt altına alındı (Cosmed Quark CPET, Rome, İtalya).  
**Koşu Bandı:** Testler HP/Cosmos marka laboratuvar tipi bir koşu bandı kullanılarak gerçekleştirildi (HP Cosmos Sports & Medical MBH, Nussdorf-Traunstein, Almanya).

### Araştırma Dizaynı

Katılımcıların ilk laboratuvar ziyaretlerinde boy ve vücut kütlesi ölçümleri alındı. İstirahat solunum gazı analizleri katılımcılar 10 dakika oturur pozisyonda bekletildikten sonra, son dakika ortalamalarına ait değerler dikkate alınarak yapıldı. Nefesten-nefese gaz ölçümleri sırasında  $\text{VO}_2$ ,  $\text{VCO}_2$  ve RER değerleri kayıt altına alındı ve her bir katılımcı için 1 MET değerleri bireysel olarak hesaplandı. Aynı seans içinde yapılan çalışmalarda her katılımcı için 8 MET'e karşılık gelen egzersiz hızları denendi. Sonraki laboratuvar ziyaretlerinde her katılımcı  $5 \text{ km} \cdot \text{sa}^{-1}$  hızda 5 dakikalık bir yürüyüşten sonra 8 MET'lik koşu hızına

çıkarılarak 30 dakikalık egzersizlerini tamamladı. WHO ve ACSM eşitlikleri toplam (bürüt) enerji tüketimi düzeyleri üzerinden kullanıldıklarından (Garber ve diğ., 2011), katılımcıların solunumsal parametrelere dayalı hesaplamaları 30 dakikalık koşuya ait toplam enerji tüketimleri üzerinden yapıldı (Formül 1).

Kıyaslamaların yapılabilmesi için WHO (Formül 2) ve ACSM (Formül 3) tarafından önerilen formüller kullanılarak egzersizlere ait kalorik değerlendirmeler, önceki aşamalarda bireylerin gerçek 8 MET düzeylerine karşılık gelen koşu bandı hızları dikkate alınarak yapıldı. İstirahat enerji tüketimi düzeylerinin hesaplanmasında istirahat düzeyleri, "1 MET" olarak değerlendirildi.

#### Formül 1

$$\text{Enerji} = \text{VO}_2 (\text{L} \cdot \text{dk}^{-1}) \times \text{RER eşitliği}^* (\text{kal} \cdot \text{L}^{-1}) \times t (\text{dk})$$

#### Formül 2

$$\text{WHO}_{\text{Enerji}} = (\text{MET}^{**} \times \text{VK} (\text{kg}) \times 0,95 \times t (\text{sa}))$$

(World Health Organization, 2013)

#### Formül 3

$$\text{ACSM}_{\text{Enerji}} = \left[ \frac{(\text{MET}^{**} \times 3,5 \times \text{VK} (\text{kg}))}{1000} \right] \times 5 \times t (\text{dk})$$

(American College of Sports Medicine, 2013)

\*RER ( $\text{VO}_2 \cdot \text{VCO}_2^{-1}$ ) değerinin kalorik karşılığı ( $\text{kcal} \cdot \text{L}^{-1}$ ) (Peronnet ve Massicotte, 1991)

\*\*İstirahatte "1", koşuda ise "hız" ( $\text{km} \cdot \text{sa}^{-1}$ ) MET değeri olarak kullanıldı

$\text{VO}_2$ : Litre cinsinden dakikadaki  $\text{O}_2$  kullanım düzeyi

VK: Vücut kütlesi

t: Dakika ya da saat cinsinden zaman

## Verilerin Analizi

Verilerin basıklık ve çarpıklık analizlerinin ardından, normal dağılıma uygunluk düzeyleri Shapiro-Wilk ile değerlendirildi. Parametrik veriler için ikili karşılaştırmalarda ilişkili guruplar t-testi kullanıldı. İstatistiksel değerlendirmelerde  $p \leq 0,05$  değeri anlamlı kabul edildi. Etki büyüklükleri ortalama değerler ve standart sapmalar üzerinden değerlendirildi. 0,8 ve üzeri etki büyüklüğü skorları yeterli kabul edildi.

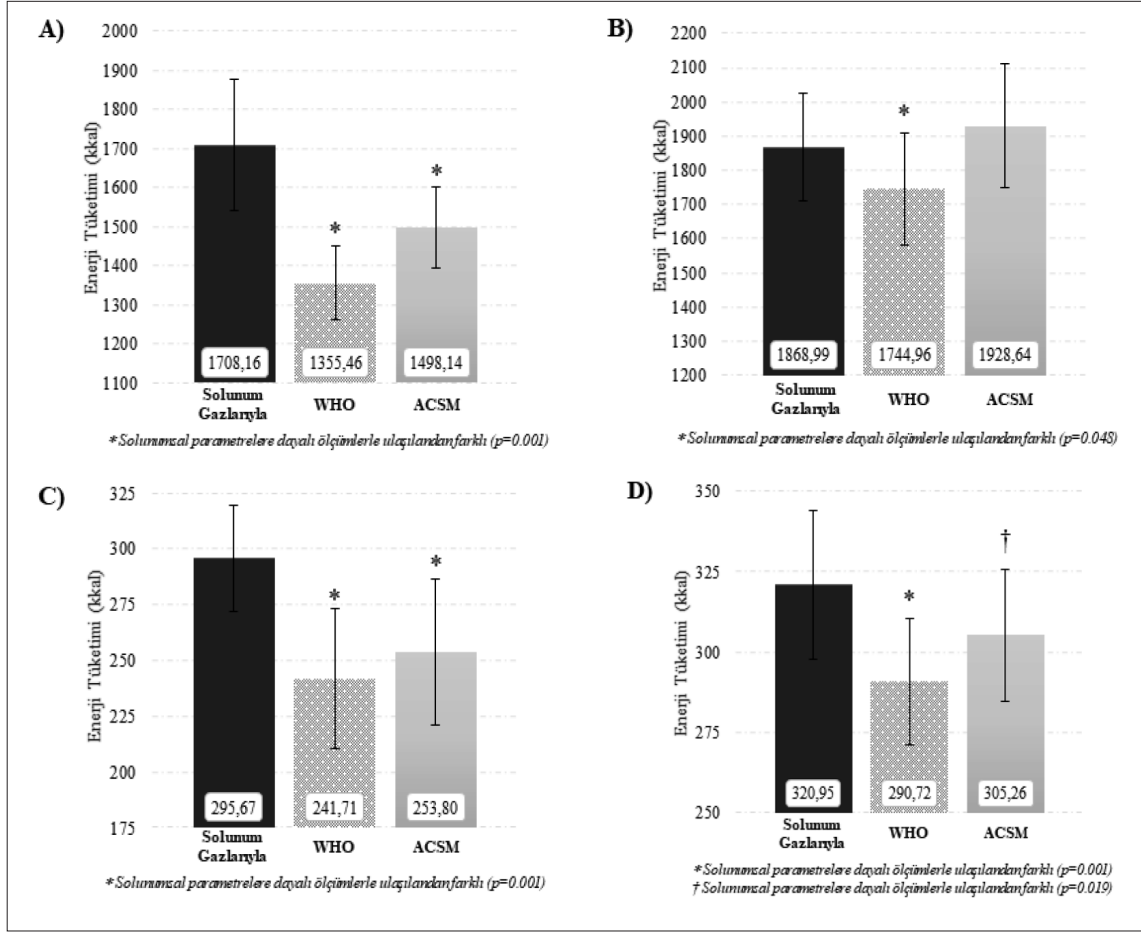
## BULGULAR

Çalışmaya katılan gönüllülerin tanımlayıcı analizleri Tablo 1'de sunuldu. Çalışmanın ana bulguları yalnızca fazla kilolu olan kadınlarda ve yalnızca ACSM ( $1928,64 \pm 256,61$  kkal) formülü kullanılarak yapılan istirahat metabolizma hızı tahminlerinin gerçeğe ( $1868,99 \pm 223,17$  kkal) yakın sonuçlar verdiğini gösterdi ( $p=0,342$ ; etki bü-

**Tablo 1.** Katılımcıların tanımlayıcı özellikleri, Ort±SD

Ortalama değerler	Normal Kilolular (n=20)	Fazla Kilolular (n=15)	Tüm Grup (n=35)
Yaş (yıl)	23,9±6,8	24±6,78	23,9±6,7
Boy (cm)	166,5±5,9	166,8±6,5	166,6±6,1
Vücut kütlesi (kg)	59,4±5,8	76,5±10,1	66,7±11,6
BKİ ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )	21,41±1,53	27,3 ±1,7	23,9±3,4
İstirahat $\text{VO}_2$ ( $\text{ml} \cdot \text{dk}^{-1}$ )	249,42±34,43	271,92±30,71	259,06±34,33
Hesaplanan 1 MET değerleri ( $\text{ml} \cdot \text{dk}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ )	4,20±0,45	3,58±0,44	3,94±0,54
8 MET'lik egzersiz için hesaplanan $\text{VO}_2$ ( $\text{ml} \cdot \text{dk}^{-1}$ )	1995,35±275,42	2175,39±245,71	2072,51±274,93
8 MET'lik egzersizde ulaşılan $\text{VO}_2$ ( $\text{ml} \cdot \text{dk}^{-1}$ )	1998,51±267,15	2165,11±245,60	2069,91±267,80
Hedef $\text{VO}_2$ 'ye ulaşabilmek için kullanılan koşu hızları ( $\text{km} \cdot \text{sa}^{-1}$ )	8,10±1,04	7,64±0,63	7,9±0,9

BKİ: Beden kütle indeksi; MET: İstirahat sırasında vücut kütlesi başına bir dakikada tüketilen  $\text{O}_2$  düzeyi;  $\text{VO}_2$ :  $\text{mL} \cdot \text{dk}^{-1}$  cinsinden  $\text{O}_2$  kullanım düzeyi.



**Şekil 1.** A panelinde normal kilolu katılımcılara ait 24 saatlik istirahat metabolizma hızları görülmekte. Şekilde görüldüğü gibi, solunumsal parametrelere dayalı olarak ölçülen istirahat metabolizma hızları, WHO ve ACSM eşitlikleriyle tahmin edilenlere kıyasla anlamlı düzeylerde yüksek. B panelinde kilo fazlası olan kadınların 24 saatlik istirahat metabolizma hızları görülmekte. Elde edilen sonuçlara göre, solunumsal parametrelere dayalı olarak ölçülen istirahat metabolizma hızları ile ACSM eşitliğiyle elde edilen ortalama değerler arasındaki farklar anlamlı değil. C panelinde normal kilolu, D panelinde ise fazla kilolu katılımcıların 30 dakikalık aerobik egzersizlerine ait toplam enerji tüketimi düzeyleri görülmekte. WHO ve ACSM eşitlikleriyle elde edilen değerler, solunumsal parametrelere dayalı olarak ölçülen değerlerden anlamlı düzeyde düşüktü.

yüklüğü: 0,25) (Şekil 1B). Fazla kilolu kadınlarda WHO eşitliği kullanılarak tahmin edilen istirahat metabolizma hızı değerleri ile ( $1744,96 \pm 232,17$  kkal) solunumsal parametrelere dayalı ölçümlerden elde edilen değerler arasındaki fark anlamlı bulunmuştur ( $p=0,048$ ; etki büyüklüğü: 0,56). Normal kilolu kadınlarda her iki formülle de tahmin edilen istirahat metabolizma hızları (WHO:  $1355,46 \pm 133,66$  kkal; ACSM:  $1498,14 \pm 147,73$  kkal) solunumsal parametrelere dayalı olarak hesaplananlardan ( $1708,16 \pm 238,62$  kkal) oldukça küçük bulundu ( $p=0,001$ ) (Şekil 1A). WHO ve

ACSM eşitliklerinden elde edilen ortalama değerlerin her biri için solunumsal parametrelere dayalı ölçümlerle elde edilen değerlerin fark analizlerinden elde edilen etki büyüklüğü skorları sırasıyla 1,94 ve 1,16 olarak bulundu.

30 dakikalık aerobik egzersizlere ait toplam enerji tüketimi düzeyleri değerlendirildiğinde, ne WHO ne de ACSM eşitliklerinin ne normal kilolu ne de kilo fazlası olan kadınlarda doğruyu yansıtmadığı saptandı. Normal kilolu kadınların egzersizlere ait toplam enerji tüketimi düzeyleri solunumsal parametrelere dayalı veriler

üzerinden bireysel yanıtlarına göre hesaplandıklarında ( $295,67 \pm 38,59$  kkal), WHO ve ACSM formülleriyle tahmin edilen değerlere kıyasla oldukça yüksek bulundu (sırasıyla,  $241,71 \pm 46,30$  ve  $253,8 \pm 48,61$  kkal) ( $p=0,001$ ) (Şekil 1C). Etki büyüklüğü değerleri sırasıyla 1,74 ve 1,28 olarak hesaplandı. Benzer şekilde kilo fazlası olan kadınlarda da egzersizlerin toplam enerji tüketimi düzeyleri solunumsal parametrelere dayalı olarak hesaplandığında ( $320,95 \pm 37,23$  kkal), WHO ve ACSM formülleriyle tahmin edilen değerlere kıyasla oldukça yüksek bulundu (sırasıyla,  $290,72 \pm 31,43$  kkal;  $p=0,001$  ve  $305,26 \pm 33$  kkal;  $p=0,019$ ) (Şekil 1D). Kilo fazlası olan kadınlar için elde edilen p skorlarına ait etki büyüklükleri ise sırasıyla 1,21 ve 0,69 olarak bulundu.

## TARTIŞMA

Bu çalışmanın ana bulguları normal kilolu kadınların istirahat metabolizma hızı tahminlerinde WHO ya da ACSM formüllerinin kullanımının uygun olmadığı, ancak kilo fazlası olan kadınların istirahat metabolizma hızı değerlendirmelerinde yalnızca ACSM formülünün kullanılabilceğini göstermiştir ( $p=0,342$ ). Diğer yandan 30 dakikalık aerobik koşu egzersizlerine ait sonuçlar oldukça ilginçti. Egzersizler  $<1$  RER yanıtlarıyla karakterize olmalarına rağmen, ne WHO ne de ACSM formülüyle elde edilen toplam enerji tüketimi düzeyleri, solunumsal parametrelere dayalı olarak belirlenenlerle aynı değildi. Her iki formül de ne normal kilolu ne de kilo fazlası olan kadınlar için doğru sonuç vermedi ( $p \leq 0,019$ ).

Bilindiği gibi istirahat koşullarında aktif iskelet kaslarındaki hücresel solunuma ait solunumsal oran (Respiratory Quotient; RQ) ve akciğer solunumunu temsil eden RER düzeyi benzerdir. İstirahat koşullarında yaklaşık  $1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  sabit kan laktatı yanıtı ve dolayısıyla sabit oranda bir laktasit enerji kullanıldığından (sabit pH ve bikarbonat düzeyi), non-oksidatif  $\text{CO}_2$  üretimi de sabit kalır. Ancak ağır egzersizlerde durum değişir. Egzersiz şiddeti arttıkça non-oksidatif  $\text{CO}_2$  üretiminin arttığı ve buna bağlı olarak RER değerinin önce 1'e ve sonrasında 1'in üzerine çıktığı bilinir. Sprint tarzı bir yüklenmede RER değeri

2'nin bile üzerine çıkar (Ozkaya ve diğ., 2014). Egzersizlerin kalorik maliyetlerinin  $\text{O}_2$  tüketimine dayalı olarak basitçe hesaplanabilmesi için, egzersizin RER'in 1'in altında kaldığı fizyolojik düzeylerde sürdürülmesi gerekir. Bu koşullarda zamana göre alınan  $\text{VO}_2$  yanıtlarında 20-30 saniyelik bir kardiyο-dinamik fazı takiben, 2-3 dakikada oluşacak bir primer artış fazı görülür (Gasser ve Poole, 1996). Primer fazın sonrasında orta şiddetli egzersizlerde bir denge oluşurken, ağır egzersizlerde denge durumunun oluşması gecikir. Bu durum yavaş komponent olarak bilinir ve  $\text{VO}_2$ 'de denge durumunun oluşması 6-8 dakikalara bulur (Poole et al., 1988). RER değeri 1'in hemen altındayken bile zamana göre  $\text{VO}_2$  yanıtlarında izlenen kompleks durum, egzersize artan anaerobik katkının göstergesidir. Ancak bu koşullar altında yapılan kalorik değerlendirmelerde enerjinin tamamının aerobik yollardan temin edildiği ve aminoasitlerin enerji kaynağı olarak kullanılmadığı varsayılır. Eğer RER değeri 1'i aşmışsa, varsayımsal olarak kabul edilmiş koşullar sağlanamaz ve hesaplamalardaki hata oranı kabul edilemez sınırlarda oluşur. Bu çalışmada söz konusu nedenlere bağlı olarak 8 MET'lik egzersizler tercih edilmiştir. Egzersizler süresince RER değeri 1'in üzerine çıkan gönüllülere ait verilerin çalışma dışı bırakılacağı duyurulmuş olsa da bu koşul testlerde hiç oluşmamıştır. Yavaş komponent oluşma süreleri (6-8 dakika) dikkate alınarak, egzersizler  $\text{VO}_2$ 'de denge koşullarının garanti altına alınacağı sürelerde uygulatılmıştır. 30 dakikalık aerobik egzersizlere ait RER değeri ortalamaları normal kilolu kadınlarda  $0,91 \pm 0,07$  ve kilo fazlası olan grupta ise  $0,91 \pm 0,05$  olarak tespit edilmiştir.

Laboratuvarında solunumsal parametrelere dayalı değerlendirmelerde bireylerin 1 MET düzeyleri ve RER değerleri vücut kütleleriyle birlikte istirahat ve egzersiz koşullarındaki bireysel yanıtları üzerinden değerlendirilse de, WHO ve ACSM formülleri MET ve RER değerlendirmelerinde varsayımsal bir takım ölçütler kullanır. Örneğin WHO formülüyle istirahat metabolizma hızı hesaplanırken, yetişkin bir erkeğin her saat için (kg) kadar kadının ise vücut kütlelerinin

%95'i kadar kalori cinsinden enerji tükettiği varsayılır. Egzersizde ise metabolizma hızının koşu hızı ile aynı oranda arttığı kabul edilir. Örneğin  $9 \text{ km}\cdot\text{sa}^{-1}$  hızdaki bir koşunun MET karşılığı  $\sim 9$  iken,  $\sim 17,5 \text{ km}\cdot\text{sa}^{-1}$  hızdaki bir koşunun MET karşılığı 18'dir (Ainsworth ve diğ., 2000). WHO formülünde kabul edilen varsayımsal yaklaşımlar ACSM formülü için de geçerlidir. ACSM formülü 1 MET değerini tüm bireylerde  $3,5 \text{ ml}\cdot\text{dk}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  olarak kabul eder. Ek olarak ACSM formülü RER'in kalorik karşılığı olarak 1 L  $\text{O}_2$  için 5 kalori değerini kullanır. Dahası egzersizde de 1 L  $\text{O}_2$  için kullanılan kalorik eşitlik istirahatte olduğu gibi yine 5 kalordir (Garber ve diğ., 2011). Gerçekten de yaygın literatürde ortalama bir yetişkinde 1 MET'lik düzey  $3,5 \text{ ml}\cdot\text{dk}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  olarak kabul ediliyor olsa da (ACSM, 2013), Gagge ve arkadaşları tarafından 1941 yılında ortaya atılan  $3,5 \text{ ml}\cdot\text{dk}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ 'lik 1 MET değeri, 70 kg vücut kütlesine sahip 40 yaşında yalnızca bir erkeğe aittir (Howley, 2000; Wasserman ve diğ., 1994). Önemli çalışma bulguları  $3,5 \text{ ml}\cdot\text{dk}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  olarak kabul gören MET eşitliğinin ortalama bir yetişkinde oldukça farklılaşabileceğini göstermiştir (Byrne ve diğ., 2005; Gunn ve diğ., 2002; Gunn ve diğ., 2004). Çalışma bulgularımıza dayanarak elde ettiğimiz MET ortalamaları, normal kadınlarda  $4,2 \text{ ml}\cdot\text{dk}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  ve kilo fazlası olan kadınlarda ise  $3,6 \text{ ml}\cdot\text{dk}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  olarak bulunmuştur. Diğer yandan 1 L  $\text{O}_2$  için kullanılması gereken kalorik eşitlik değeri, RER'i oluşturan  $\text{VCO}_2$ 'nin  $\text{VO}_2$ 'ye durumuna göre farklılaşır. RER'in 0,7 olarak hesaplandığı ve aerobik enerji tüketiminin tamamının yağ oksidasyonu yoluyla oluştuğu durumda RER'in kalorik karşılığı 1 L  $\text{O}_2$  için 4,686 kkal iken, enerjinin tamamının karbohidratların aerobik yollarla yıkımıyla elde edildiği RER=1 durumunda ise kalorik değer  $\sim 5,047 \text{ kkal}$ 'dir (Peronnet ve Massicotte, 1991; Swain, 2000). Çalışmamızdan elde edilen her iki guruba da ait istirahat ve egzersiz RER ortalamaları sırasıyla 0,77 ve 0,92'e karşılık gelen  $4,8 \text{ kkal}\cdot\text{L}^{-1}$  ve  $4,9 \text{ kkal}\cdot\text{L}^{-1}$ 'dir.

Çalışmamızın ana bulguları, çokça varsayımsal görünen bu değerlendirmelerin kadınların hem istirahat hem de egzersizlere bağlı hesaplamalarında sonuçları anlamlı düzeyde

değiştirdiğini gösterdi. Örneğin normal kilolu gruba dâhil bir katılımcıya (katılımcı #17) ait verilere göre; istirahat düzeyinde hesaplanan 1 MET değeri  $4,87 \text{ ml}\cdot\text{dk}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$  ( $253,4 \text{ ml}\cdot\text{dk}^{-1} \text{O}_2$ ; VK: 52 kg) ve solunumsal parametrelere dayalı olarak hesaplanan istirahat metabolizma hızı 24 saat için 1738,3 kalori olmasına karşın, bu kadının WHO eşitliğiyle elde edilen istirahat metabolizma hızı 1185,6 kalori olmuştur. Söz konusu farklılık katılımcı #17'nin istirahat metabolizma hızının hesaplanmasında %30'dan büyük yanılığa anlamına gelmektedir. Aynı katılımcının istirahat metabolizma hızı değeri ACSM'nin önerdiği eşitlikle yaklaşık %25'lik fark yaratacak şekilde 1310,4 kalori olarak bulunmuştur. Benzer sonuçlar egzersizlere ait bulgular için de geçerlidir. Katılımcı #17'nin 8 MET koşu hızı  $9 \text{ km}\cdot\text{sa}^{-1}$  hızı karşılık gelmiştir. Ancak bu hızda hem WHO hem de ACSM için katılımcı #17 9 MET düzeyinde kabul edilmektedir. Dolayısıyla katılımcı #17'nin gerçekte tükettiği toplam enerji 30 dakikalık egzersiz için 302,4 kaloriyken, WHO eşitliğiyle hesaplandığında bu değer 234 kalori ve ACSM eşitliğine göre ise 245,7 kalori olarak bulunmuştur. Bu değerler de gerçeğine kıyasla yaklaşık %20-25 küçüktür. Öyle görünüyor ki cinsiyet, beden kompozisyonu, fiziksel aktivite durumu ve genetik farklılıklar, eşitlikler yoluyla elde edilen kalorik değerlerde önemli farklar yaratmaktadır (Ainsworth, ve diğ. 1993; Byrne, ve diğ. 2005; Howley, 2001; Jette ve diğ., 1990). Dolayısıyla hem istirahat koşullarında hem de egzersize bağlı kalori tüketiminin en doğru şekilde hesaplanabilmesi için, o egzersize ait bireysel  $\text{VO}_2$ ,  $\text{VCO}_2$  ve RER üzerinden hesaplamalar yapmak gerekir (Garber ve diğ., 2011; Peronnet ve Massicotte, 1991).

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın sonuçlarına göre normal kilolu kadınların istirahat metabolizma tahminlerinde WHO ya da ACSM eşitlikleriyle tahmin edilen değerlerin doğru olmadığı ve yalnızca ACSM eşitliğinin kilo fazlası olan kadınların istirahat metabolizma hızı değerlendirmelerinde doğru sonuç verebileceği gösterildi. Diğer yandan 30

dakikalık aerobik koşu egzersizlerinde solunumsal parametrelere dayalı olarak belirlenen enerji tüketim değerleri, hem WHO hem de ACSM eşitlikleriyle karşılaştırıldıklarında oldukça yüksekti. Sonuç olarak hem istirahat hem de egzersizlere bağlı toplam ya da net enerji tüketimi düzeylerinin analizlerinde, günümüz koşullarında ulaşılması pek de zor olmayan cihazlarla ölçülen solunumsal parametrelerin değerlendirilmesinin oldukça önemli olduğu gösterildi. Ayrıca bu ekipmanlara sahip olmayan diyetisyenlerin ve spor eğitmenlerinin enerji tüketim düzeylerini bu eşitlikler yardımıyla hesaplaması sonucu oluşabilecek hatalar konusunda daha dikkatli olmaları gerektiği sonucuna varıldı.

**Yazar Notu:** Bu çalışma Spor Bilimleri Derneği tarafından her yıl düzenlenen 15. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi'nde sözel bildiri

olarak sunulmuştur. Kongre sırasında alınan olumlu eleştiriler sonrasında çalışmadan elde edilen sonuçların doğruluğunu arttırmak için etki büyüklüğü skorları yeterli görülene kadar ölçüm alınmaya devam edilerek katılımcı sayıları arttırılmıştır. Çalışma için herhangi bir fon kullanılmamıştır. Yazarlar arasında bir çıkar çatışması yoktur.

**Yazışma Adresi (Corresponding Address):**

Doç. Dr. Özgür Özkaya

Ege Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Hareket ve Antrenman Bilimleri Anabilim Dalı

E-posta: ozgur.ozkaya@ege.edu.tr

Telefon No: +90 505 593 9032

---

**KAYNAKLAR**

---

- Ainsworth BE, Haskell WL, Leon AS, Jacobs JD, Montoye HJ, Sallis JF ve diğ.** (1993). Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Medicine and science in sports and exercise*,25(1), 71-80.
- Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC, Irwin ML, Swartz AM, Strath SJ ve diğ.** (2000). Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine and science in sports and exercise*,32(9; SUPP/1), S498-S504.
- American College of Sports Medicine (Ed.)** (2013). *ACSM's health-related physical fitness assessment manual*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Buttussi, F, Chittaro, L.** (2008). MOPET: A context-aware and user-adaptive wearable system for fitness training. *Artificial Intelligence in Medicine*, 42(2), 153-163.
- Byrne NM, Hills AP, Hunter GR, Weinsier RL, Schutz Y.** (2005). Metabolic equivalent: one size does not fit all. *Journal of Applied physiology*,99(3), 1112-1119.
- Church TS, Earnest CP, Skinner JS, Blair SN.** (2007). Effects of different doses of physical activity on cardiorespiratory fitness among sedentary, overweight or obese postmenopausal women with elevated blood pressure: a randomized controlled trial. *Jama*, 297(19), 2081-2091.
- Gaesser GA, Poole DC** (1996). The slow component of oxygen uptake kinetics in humans. *Exercise and sport sciences reviews*,24(1), 35-70.
- Gagge AP, Burton AC, Bazett HC.** (1941). A practical system of units for the description of the heat exchange of man with his environment. *Science*, 94(2445), 428-430.
- fGarber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte, MJ, Lee IM ve diğ.** (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*,43(7), 1334-1359.
- Gunn SM, Brooks AG, Withers RT, Gore CJ, Owen N, Booth ML ve diğ.** (2002). Determining energy expenditure during some household and garden tasks. *Medicine and science in sports and exercise*,34(5), 895-902.
- Gunn SM, Ploeg GE, Withers RT, Gore CJ, Owen N, Bauman AE ve diğ.** (2004). Measurement and prediction of energy expenditure in males during household and garden tasks. *European journal of applied physiology*,91(1), 61-70.
- Howell W, Earthman C, Reid P, Greaves K, Delany J, Houtkooper L.** (1999). Doubly labeled water validation of the Compendium of Physical Activities in lean and obese college women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*,31(5), S142.
- Howley ET.** (2000). You asked for it Question Authority. *ACSM's Health & Fitness Journal*,4(4), 6-18.



14. **Howley ET.** (2001). Type of activity: resistance, aerobic and leisure versus occupational physical activity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(6), S364-S369.
15. **Jette M, Sidney K, Blümchen G.** (1990). Metabolic equivalents (METS) in exercise testing, exercise prescription, and evaluation of functional capacity. *Clinical cardiology*, 13(8), 555-565.
16. **Oosthuysen T, Bosch AN, Jackson S.** (2005). Cycling time trial performance during different phases of the menstrual cycle. *European journal of applied physiology*, 94(3), 268-276.
17. **Özkaya O, Colakoglu M, Kuzucu EO, Delextrat A.** (2014). An elliptical trainer may render the Wingate all-out test more anaerobic. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(3), 643-650.
18. **Peronnet F, Massicotte D.** (1991). Table of nonprotein respiratory quotient: an update. *Can J Sport Sci*, 16(1), 23-29.
19. **Poole DC, Ward SA, Gardner GW, Whipp BJ.** (1988). Metabolic and respiratory profile of the upper limit for prolonged exercise in man. *Ergonomics*, 31(9), 1265-1279.
20. **Racette SB, Schoeller DA, Kushner RF.** (1995). Comparison of heart rate and physical activity recall with doubly labeled water in obese women. *Medicine and science in sports and exercise*, 27(1), 126-133.
21. **Schmitz MKH.** (1998). *Interactive and Independent Associations of Physical Activity, Body Weight, and Blood Lipid Levels*. University of Minnesota.
22. **Schofield WN.** (1985). Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Human nutrition. Clinical nutrition*, 39, 5-41.
23. **Shephard RJ.** (2001). Absolute versus relative intensity of physical activity in a dose-response context. *Medicine and science in sports and exercise*, 33(6 Suppl), S400-18.
24. **Swain DP.** (2000). Energy cost calculations for exercise prescription. *Sports Medicine*, 30(1), 17-22.
23. **Swinburn BA, Sacks G, Hall KD., McPherson K, Finegood DT, Moodie ML ve diğ.** (2011). The global obesity pandemic: shaped by global drivers and local environments. *The Lancet*, 378(9793), 804-814.
24. **Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Whipp BJ, Casaburi R.** (1994) *Measurements during integrative cardiopulmonary exercise testing*. In: *Principles of Exercise Testing and Interpretation (2nd ed.)*. Philadelphia, PA: Lea & Febiger, 59-60.
25. **World Health Organization.** (2013). *Global Physical Activity Questionnaire (GPAQ) Analysis Guide. 2011*. Geneva: World Health Organization.