

# MET Sistemi ve Dinlenik Metabolik Hızın Kestirilmesinde Sensewear Pro3 Armband'ın Geçerliliği

## Validity of Sensewear Pro3 Armband to Estimate MET System and Resting Metabolic Rate

Araştırma Makalesi

**Tahir HAZIR<sup>1</sup>, Ayşe KİN İŞLER<sup>1</sup>, Mehmet Gören KÖSE<sup>1</sup>, Ceren Işıl ATABEY<sup>1</sup>, Betül COŞKUN<sup>2</sup>, Ferhat ESATBEYOĞLU<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Hacettepe Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü, Beytepe-Ankara  
<sup>2</sup>Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Bölümü, Ankara  
<sup>3</sup>Bozok Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Yozgat

### ÖZ

Bir MET, 3.5 ml.kg<sup>-1</sup>.dk<sup>-1</sup> VO<sub>2</sub>'ye karşılık gelmekte ve dinlenik metabolik hız (DMH) olarak kabul edilmektedir. Bununla beraber 1 MET değerinin yüksek olduğuna dair tartışmalar mevcuttur. Bu çalışmanın üç amacı vardır; 1. DMH'nin kestiriminde SenseWear Armband'ın (SWA) geçerliliğini belirlemek, 2. indirekt kalorimetrik yöntem (İKY) ve SWA ile belirlenen DMH'nin MET sistemi ile aralarındaki farkları saptamak, 3. DMH'nin vücut kompozisyonu ile arasındaki ilişkileri incelemektir. Araştırmaya 25-55 yaş aralığında 28 erkek ve kadın gönüllü olarak katılmıştır. DMH, İKY ile ölçülmüş ve eş zamanlı olarak SWA ile enerji harcaması kayıt edilmiştir. VO<sub>2</sub>'nin kalori eşdeğeri Weir'in (1949) formülü ile belirlenmiştir. SWA'dan belirlenen MET değerlerinin 1 MET'ten ve İKY ile ölçülen dinlenik VO<sub>2</sub>'nin 3.5 ml.kg<sup>-1</sup>.dk<sup>-1</sup> (1 MET)'ten farkı Tek Örneklem t Testi, iki yöntem arasındaki farklar Bağımlı Gruplarda t-Testi, değişkenler arasındaki ilişkiler Pearson'un Korelasyon katsayısı ile belirlenmiştir. SWA'dan saptanan MET (1.0 ± 0.12)

### ABSTRACT

One metabolic equivalent (MET) corresponds to 3.5 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> VO<sub>2</sub> and is accepted as the resting metabolic rate (RMR). However, there have been arguments related with VO<sub>2</sub> equivalent of 1 MET (3.5 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>); some arguments indicated that this value is relatively high and may lead to misclassification of physical activities. The present study has 3 purposes: 1. to determine the validity of SenseWear Armband (SWA) in predicting RMR; 2. to assess the differences between the MET system and RMRs determined by SWA and indirect calorimetry (IC) and 3. to evaluate the associations between body composition and RMRs determined by the two methods. Twenty-eight men and women (age range:25-55 yrs) participated in the study voluntarily. RMR was determined by IC by measuring VO<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub>. Energy consumption was recorded simultaneously with SWA. Caloric equivalent of VO<sub>2</sub> was determined by Weir's equation (1949). Differences between 1 MET and SWA-measured MET values and between resting VO<sub>2</sub> measured by IC and 3.5 ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> were de-

1 MET'e eşit ( $p > 0.05$ ), İKY ile ölçülen MET ( $0.83 \pm 0.16$ ) 1 MET'ten önemli derecede düşüktür ( $p < 0.01$ ). SWA'dan ölçülen MET, İKY'den yüksektir ( $p < 0.05$ ). İki yöntemden belirlenen MET değerleri arasındaki ilişki anlamlı değildir ( $p > 0.05$ ). İki yöntemden ölçülen DMH değerleri arasında anlamlı ilişki ( $p < 0.01$ ) saptanmış olmakla beraber, SWA'dan ölçülen DMH, İKY'den yüksektir ( $p < 0.05$ ). İKY ve SWA'dan belirlenen DMH ve vücut ağırlığı, beden kitle indeksi, yağsız vücut kitlesi arasında anlamlı yüksek ilişkiler saptanmıştır ( $p < 0.05$ ). Bu çalışmanın bulguları İKY ile ölçülen DMH'nin 1 MET'ten önemli derecede düşük olduğunu, SWA'nın DMH'yi yüksek kestirdiğini ve İKY ile örtüşmediğini, her iki yöntemle belirlenen DMH için en önemli vücut kompozisyonu bileşeninin YVK olduğunu göstermiştir.

#### Anahtar Kelimeler

*Dinlenik metabolik hız, MET, Sensewear Armband, İndirekt kalorimetri.*

terminated by One-Sample t-test; differences between the two methods were determined by Paired-Samples t-test; and associations between the variables were determined by Pearson's correlation coefficient. SWA-measured MET ( $1.0 \pm 0.12$ ) was equal to 1 MET ( $p > 0.05$ ), whereas IC-measured MET ( $0.83 \pm 0.16$ ) was lower than 1 MET ( $p < 0.01$ ). SWA-measured MET was higher than IC-measured MET ( $p < 0.05$ ). The association between MET values determined by the two methods was not significant ( $p > 0.05$ ). Although significant correlation ( $p < 0.01$ ) was found between RMRs ( $\text{kcal.day}^{-1}$ ) measured by the two methods, SWA-measured RMR was higher than IC-measured RMR ( $p < 0.05$ ). Significant correlations were found between both IC and SWA-measured RMRs and body weight, body mass index and lean body mass ( $p < 0.05$ ). Results of this study showed that; RMR measured by IC was significantly lower than 1 MET, SWA overestimated RMR compared to IC method, and LBM was the most significant body composition component associated with RMRs determined by both methods.

#### Key Words

*Resting Metabolic Rate, MET, SenseWear Armband, Indirect Calorimetry.*

## GİRİŞ

Bir Metabolik Eşdeğer (MET) geleneksel olarak vücut ağırlığının (VA) kilogramı başına dakikada 3.5 ml  $\text{VO}_2$  olarak tanımlanmıştır ve dinlenik metabolik hız (DMH) olarak kabul edilmektedir. MET sistemi değişik aktivitelerde harcanan enerji miktarının basit bir şekilde anlaşılmasını sağlamakla beraber, 1 MET değerinin tanımı değişken olup Jette ve diğ., (1990) göre sandalyede hareketsiz bir şekilde otururken tüketilen yaklaşık 3.5 ml.kg<sup>-1</sup>.dk<sup>-1</sup> dinlenik  $\text{VO}_2$  değeridir (70 kg ağırlığındaki birey için 1.2 kcal.dk<sup>-1</sup> ; 1.2 x 1440 = 1728 kcal.gün<sup>-1</sup>). Bir başka tanım olarak 1 MET, solunan havadan bazal şartlarda vücut tarafından tüketilen oksijen miktarıdır ve ortalama 3.5 ml.kg<sup>-1</sup>.dk<sup>-1</sup>  $\text{VO}_2$ 'ye eşittir (Morris ve diğ., 1993). Ainsworth ve diğ., (2011) dinlenik metabolik enerji harcaması olarak 1 MET'i 1.0 kcal.kg<sup>-1</sup>.saat<sup>-1</sup>'e (4.184 kJ.kg<sup>-1</sup>.saat<sup>-1</sup>) eşit standart enerji şeklinde tanımlamışlardır. Bu değer 70 kg ağırlığındaki bir birey için (1.0 x 70 x 24) 1680 kcal.gün<sup>-1</sup> dinlenik enerji harcamasına karşılık gelmektedir. MET değeri, DMH'nin katları şeklinde fiziksel aktivite (FA) ve egzersiz esnasında harcanan enerji

miktarının hesaplanmasında ve sınıflandırılmasında referans değer olarak kullanılmaktadır (Ainsworth ve diğ., 2011; Schutz ve diğ., 2001). Bununla beraber Ainsworth ve diğ., (2000) ve Ainsworth ve diğ., (2011)'ne göre MET olarak enerji harcaması, kesin bir değer olmayıp sadece yapılan aktivitenin şiddetinin sınıflandırılmasına olanak sağlamaktadır. Geleneksel tanıma karşılık gelen  $\text{VO}_2$  veya enerji harcaması olarak MET değeri ile ilgili son birkaç 10 yıl içerisinde yapılan çalışmalar bu değerın yüksek olduğunu göstermiştir (Byrne ve diğ., 2005). Bu nedenle standart MET değerinin kendisi ve herhangi bir sınırlama olmaksızın tüm birey ve popülasyonlara uygulanması sorgulanmaya başlanmıştır (Kozey ve diğ., 2010, Byrne ve diğ., 2005; Kwan ve diğ., 2004). Özellikle FA'nin (günlük enerji harcamasının) değerlendirilmesinde kullanılan anket yönteminde 1 MET değerinin referans olarak alınması, standart MET değeri yüksek olduğu için enerji harcamasının yüksek kestirilmesine ve tam aksine yürüyüş, koşu vb. gibi özgün bir egzersizin şiddeti için referans alındığında eg-

zersiz şiddetinin düşük olarak değerlendirilmesine neden olmaktadır.

Çifte etiketlenmiş su (ÇES) ve indirekt kalorimetrik yöntem (İKY) enerji harcamasının değerlendirilmesinde kullanılan altın standart yöntemlerdir (Westertep, 2013; Koehler ve diğ., 2011). ÇES yöntemi sahada uygulanmakla beraber, üst düzey teknik bilgi ve beceri gerektirmesi, maliyeti yüksek ve kalabalık grupların değerlendirilmesinde çok zaman alıcı olması nedeniyle kullanımı sınırlıdır. Benzer şekilde İKY de nispeten pahalı, teknik bilgi ve beceriye ihtiyaç duyulan ve laboratuvar ortamı ile sınırlı olduğu için kalabalık popülasyonlara uygulanma olanağı kısıtlı olan bir yöntemdir. Bu nedenle değişik popülasyonlarda laboratuvar ortamı dışında değişik yer, durum veya zamanda dinlenik, günlük FA veya egzersizde enerji harcamasının ölçülmesinde ucuz, teknik bilgi gereksinimi en az, pratik ve kullanımı kolay, geçerliliği ve güvenilirliği yüksek ölçüm yöntemleri geliştirilmiştir. SenseWear Pro3 Armband (SWA), çoklu sensörler (Üç boyutlu akselerometre, galvanik deri cevabı, vücuda yakın çevre sıcaklığı, ısı akış ve terleme hızı sensörleri) ve spesifik algoritma yardımı ile enerji harcamasını kestiren pratik, taşınabilir, uygulama ve değerlendirme bilgi ve beceri gereksinimi düşük bir cihazdır. Altın standart olarak kullanılan yöntemler yardımı ile enerji harcaması geniş bir aralıkta değişen farklı popülasyonlarda yapılan geçerlik çalışmalarında günlük FA esnasında sedanter erkeklerde ve kadınlarda, obez erkek, kadın ve çocuklarda, yaşlılarda, hastalarda ve yeti yitimi olan bireylerde (Brazeau ve diğ., 2015; Malavolti ve diğ., 2007; Klein ve diğ., 2014; Lee ve diğ., 2014; Arvidsson ve diğ., 2007; Papazoglou ve diğ., 2006; Slinde ve diğ., 2013; Bellefeuille ve diğ., 2011; Predieri ve diğ., 2013; Dorminy ve diğ., 2008; Calabro ve diğ., 2014; Mackey ve diğ., 2011; Heiermann ve diğ., 2011; Hiremath, 2009; Cox ve diğ., 2014; Farooqi ve diğ., 2013; Machac ve diğ., 2013; Harrison ve diğ., 2013), değişik ergometrelerde egzersiz esnasında (Van Hoyer ve diğ., 2014; Brazeau ve diğ., 2015; Brazeau ve diğ., 2011; Erdogan ve diğ., 2010; Fruin ve Rankin, 2004; Jakicic ve diğ., 2004; King ve diğ.,

2004) ve değişik antrenman uygulamalarında ve müsabaka esnasında (Walker ve diğ., 2015; Benito ve diğ., 2012) enerji harcamasının kestirilmesinde kullanılabileceği gösterilmiş olmakla beraber, referans yöntemle karşılaştırıldığında genel olarak enerji harcamasının düşük olduğu durumlarda yüksek, yüksek olduğu durumlarda düşük kestirdiği saptanmıştır (Koehler ve diğ., 2011). Benzer şekilde SWA'nın DMH'nin kestirimi ile ilgili geçerlik çalışmalarında popülasyondan bağımsız olarak çelişkili sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin sağlıklı erkeklerde yapılan bir çalışmada DMH için SWA'nın geçerliliği düşük (Brazeau ve diğ., 2014), benzer bir popülasyonda yapılan bir diğer çalışmada yüksek olduğu gösterilmiştir (Casiraghi ve diğ., 2013; Malavolti ve diğ., 2007; Fruin ve Rankin, 2004). Ek olarak hasta bireylerde yapılan bazı çalışmalarda da SWA'nın DMH'yi yüksek kestirdiği ve geçerliliğinin düşük (Sundström ve diğ., 2016; El Ghoch ve diğ., 2012), diğer bazı çalışmalarda ise geçerliliğinin yüksek (Hughes ve diğ., 2015; Koehler ve diğ., 2015) olduğu saptanmıştır.

DMH günlük toplam enerji harcamasının en büyük bölümünü oluşturur ve sedanter bireylerde günlük enerji harcamasının % 60-75'ine karşılık gelir (Compher ve diğ., 2006). DMH yaş, cinsiyet, hormon profili, fiziksel aktivite, besin alımı (besinlerin termik etkisi), çevre ve iklim, bireyin genel sağlık durumu ve genetik özellikleri gibi birçok faktörden etkilenmekle beraber (Geisler ve diğ., 2016; Johnstone ve diğ., 2005; Speakman ve Selman, 2003; Astrup ve diğ., 2002), tüm popülasyonlarda DMH için en önemli belirleyici vücut boyutu ve kompozisyonudur. Yaşsız vücut kitlesi (YVK), DMH'deki değişkenliğin % 50-70'inden sorumludur (Geisler ve diğ., 2016; Müller ve diğ., 2002; Paolisso ve diğ., 1995). YVK metabolik olarak homojen değildir ve kas ve kemik gibi metabolik aktivitesi düşük ve kalp, karaciğer, beyin ile böbrek gibi metabolik aktivitesi yüksek doku ve organlardan oluşur (Wang ve diğ., 2000). Metabolik aktivitesi yüksek doku ve organlar YVK'nin % 10-12'sine karşılık gelirken DMH'nin % 60'ından sorumludur (Müller ve diğ., 2013; Bosy-Westphal ve diğ., 2003; Bosy-

Westphal ve diğ., 2009; Wang ve diğ., 2000). Buna karşılık metabolik aktivitesi düşük organ ve dokular YVK'nin % 50'inden fazlasına karşılık gelir ancak DMH'nin sadece % 20-25'inden sorumludur (Gallagher ve diğ., 1998). Sağlıklı erkek ve kadınlarda (Geisler ve diğ., 2016; Illner ve diğ., 2000; Cunningham, 1980), obez bireylerde (Geisler ve diğ., 2016), sporcularda (Loureiro ve diğ., 2015), yaşlılarda (Geisler ve diğ., 2016) ve çocuklarda (Cheng ve diğ., 2016; Molnar ve Schutz, 1997) yapılan çalışmalar DMH için en önemli kestiricinin YVK olduğunu göstermiştir. Beden kitle indeksi (BKİ), vücut yağ yüzdesi (VYY) ve yağ kitle (YK) gibi vücut boyut ve kompozisyonunun diğer bileşenleri de DMH ile yakın ilişki içerisinde olmakla beraber, YVK kadar belirleyici değildir.

Son 50 yıl içerisinde endüstrileşme ve teknolojik gelişmeler, refah seviyesi ve alım gücündeki artış ve kentleşme günlük yaşamda insan davranışlarında önemli değişime neden olmuştur. Aynı dönemde enerji alımı oransal olarak sabit kalmasına rağmen günlük enerji harcaması önemli ölçüde azalmıştır (Speakman ve Selman, 2003). Günlük enerji harcamasındaki azalmaya bağlı olarak son 25 yıl içerisinde özellikle modern toplumlarda aşırı kilo ve obezite ve buna paralel olarak sistemik hastalıkların görülme sıklığında belirgin artış vardır (Speakman ve Selman, 2003). Muhtemelen günlük yaşamda hareket ve enerji azalmasındaki bu eğilim gelecekte de devam edecek ve robot teknolojisindeki gelişmeler hareket ve enerji harcamasındaki azalmayı daha da artıracaktır. Bu nedenle dinlenik ve günlük FA esnasında enerji harcamasının doğru yöntemlerle ölçülmesi ve değerlendirilmesi, bireysel seviyede FA düzeyinin doğru olarak belirlenmesi ve enerji dengesinin (enerji harcaması-egzersiz/enerji alımı-diyet) kurulması için büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda bu **çalışmanın** üç amacı vardır; 1. DMH'nin kestiriminde SWA'nın geçerliliğini belirlemek, 2. İKY ve SWA ile belirlenen DMH'nin MET sistemi ile aralarındaki farkları saptamak, 3. Her iki yöntemle belirlenen DMH'nin vücut kompozisyonu ile arasındaki ilişkileri incelemektir.

## YÖNTEM

**Araştırma Grubu:** Bu çalışmaya hiçbir fiziksel aktivite yapmayan ya da haftada 2 saatten az düzenli fiziksel aktivite yapan, herhangi bir ilaç kullanmayan, VA 47.2 - 106.8 kg, BKİ 17.5-28.7 kg/m<sup>2</sup> arasında değişen, 25-55 yaş aralığında üniversite öğrencisi ve çalışanından oluşan toplam 28 kişi (n = 18 erkek ve n = 10 kadın) gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcılara çalışmanın amacı ve yöntemi hakkında ayrıntılı bilgi verilmiş, bir gece öncesinden alkol ve kafein içerikli besin tüketmemeleri ve herhangi bir fiziksel aktivite yapmamaları, laboratuvara bir gecelik açlık sonrasında gelmeleri istenmiştir. Fiziksel aktivite durumları bir anket yöntemi (Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi-Kısa Form) ile belirlenmiştir.

### İşlem Yolu

**Antropometrik ölçümler:** Boy uzunluğu duvara monte stadyometrede (Holtain Ltd., İngiltere), VA elektronik baskülde (**Tanita TBF401A, Japonya**) ölçülmüştür. VYY ayaktan ayağa biyoelektrik impedans analizöründe (**Tanita TBF401A, Japonya**) belirlenmiştir. Bunun için katılımcıların kişisel bilgileri analizöre kayıt edildikten sonra çıplak ayakla analizörün tablasında bulunan elektrotlar üzerine basarak hareketsiz durmaları istenmiştir. VYY, YVK ve BKİ analizörün yazıcısından çıktı olarak alınmıştır.

**İndirekt Kalorimetri ile DMH'nin Ölçülmesi:** DMH, her ekspirasyon havasından ölçüm yapan otomatik gaz analiz sistemi (Quark b2, Cosmed, İtalya) ile belirlenmiştir. Tüm ölçümler bir gece açlık sonrasında sabah saat 9.00-10.00 arasında tamamlanmıştır. Katılımcılar antropometrik ölçüm sonrasında en az 30 dk oturur pozisyonda dinlendirilmişlerdir. Katılımcılara analiz sisteminin maskesi takıldıktan sonra sandalyede oturur pozisyonda en az 15 dk dinlenik oksijen tüketimi (VO<sub>2</sub>) ve karbondioksit üretimi (VCO<sub>2</sub>) ölçülerek otomatik olarak sistemin yazılım programına kayıt edilmiştir. Her ölçümden önce oksijen ve karbondioksit analizörleri içerisinde konsantrasyonu bilinen referans gaz karışımı (% 15.70 O<sub>2</sub>, % 4.10 CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> Balans) kullanılarak üretici firmanın yönergesi doğrultusunda

kalibre edilmiştir. Gaz analiz sisteminin türbin kalibrasyonu için 3 L sertifikalı şırınga (Cosmed, İtalya) kullanılmıştır. Sisteme kayıt edilen veri Excel dosyasına dönüştürüldükten sonra son 5 dk kayıt edilen veri DMH'nin değerlendirilmesinde kullanılmıştır.  $VO_2$  ve  $VCO_2$ 'de kararlı değerlerinin elde edilmesi için son 5 dk'da ölçülen değerlerin 1'er dk ortalamaları alınmış ve ortalama değerlerin varyasyon katsayısı (VK) hesaplanmıştır.  $VO_2$  veya  $VCO_2$  için VK % 10'dan fazla ise en yüksek veya en düşük ortalama değer ya da her ikisi birden çıkarılarak kalan değerlerin ortalaması DMH olarak dikkate alınmıştır. En düşük ve en yüksek iki değer çıkarılmasına rağmen  $VO_2$  veya  $VCO_2$ 'den herhangi birinde VK % 10'dan fazla ise o katılımcı değerlendirilmeden çıkarılmıştır. Bu çalışmada katılımcılar için son 5 dk ölçülen  $VO_2$  ve  $VCO_2$  değerlerinin 1 dk'lık ortalamalarına ait  $VK < \% 9.4$ ' olduğu için tümü istatistiksel analizlerde kullanılmıştır.  $VCO_2 / VO_2$  oranından dinlenik solunum değişim oranı (SDO) hesaplanmıştır. Dinlenik  $VO_2$ 'nin kalorik değeri aşağıdaki formül kullanılarak kcal/gün değerine dönüştürülmüştür (Weir, 1949):

$$\text{kcal.gün}^{-1} = [3.941VO_2 + 1.106VCO_2] \times 1440$$

**SenseWear Pro 3 Armband ile DMH'nin Ölçülmesi:** İKY yöntemle karşılaştırmak için eş zamanlı olarak DMH ölçümü SWA Pro3 (Body-Media Inc., Pittsburgh, PA) ile kayıt edilmiştir. Bunun için katılımcının kişisel bilgileri (Boy, VA, doğum tarihi, sigara kullanıp kullanmadığı, sağlak ya da solak olup olmadıkları) yazılım (Ver 6.1) yardımıyla cihaza yüklendikten sonra üretici firmanın yönergesi doğrultusunda sağ kolunun triceps kası üzerine bağlanmıştır. Ölçüm sona erdikten sonra cihazdaki kayıtlı veri cihazın bilgisayardaki yazılım programına aktarılmıştır. Son 5 dk ölçülen kcal cinsinden enerji harcaması ve cihaz tarafından saptanan MET değerleri bilgisayar ekranından okunarak kayıt edilmiştir.

## Verilerin Analizi

Tüm değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri yapıldıktan sonra SWA'dan belirlenen MET değerlerinin 1 MET'ten ve İKY ölçülen dinlenik  $VO_2$ 'nin 3.5 ml.kg<sup>-1</sup>.dk<sup>-1</sup>(1 MET)'ten farkı Tek Örneklem t Testi ile belirlenmiştir. Her iki yöntemle ölçülen DMH değişkenleri arasındaki farklar Bağımlı Gruplarda t-Testi ile saptanmıştır. SWA ve İKY arasındaki tutarlılığı belirlemek için Bland-Altman grafikleme yöntemi kullanılmıştır (Bland ve Altman, 1986). Değişkenler arasındaki ilişkiler için Pearson Korelasyon katsayısı hesaplanmıştır. Tüm istatistik işlemler SPSS paket programında (Ver. 15) yapılmış ve 0.05 yanılma düzeyi kullanılmıştır.

## BULGULAR

Katılımcıların fiziksel özellikleri Tablo 1'de, İKY ve SWA'dan ölçülen MET ve DMH değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Katılımcıların fiziksel özellikleri.

	<b>X ± SD</b>	<b>Min</b>	<b>Maks</b>
Boy (cm)	172.3 ± 10.2	152.0	193.1
VA (kg)	70.5 ± 14.5	47.2	106.8
BKİ (kg/m <sup>2</sup> )	23.6 ± 3.3	17.5	28.9
VYY (%)	21.5 ± 8.5	7.4	40.2
YVK (kg)	55.1 ± 12.3	36.8	76.1

SWA'dan saptanan MET değeri 1 MET'e eşit ( $p > 0.05$ ), buna karşılık İKY'le ölçülen MET değeri ve dinlenik  $VO_2$ , 1 MET ve 3.5 ml.kg<sup>-1</sup>.dk<sup>-1</sup>'den önemli derecede düşüktür ( $p < 0.01$ ) (Tablo 2). SWA'dan ölçülen MET, İKY ile ölçülenden yüksektir ( $p < 0.05$ ). İki yöntemden belirlenen MET değerleri arasındaki ilişki anlamlı değildir ( $r = 0.174$ ;  $p > 0.05$ ).

**Tablo 2.** İKY ve SWA'dan ölçülen MET ve DMH değerleri.

	MET (3.5 ml.kg <sup>-1</sup> .dk <sup>-1</sup> )	DMH (kcal.gün <sup>-1</sup> )
İK	0.83 ± 0.16*¥ (2.92 ± 0.58)**	1472 ± 429***
SWA	1.0 ± 0.12	1635 ± 304

\*p<0.05 1 MET'ten; ¥p<0.05 SWA'dan; \*\*p< 0.05 3.5 ml.kg. dk'dan; \*\*\* p<0.05 SWA'dan düşük;

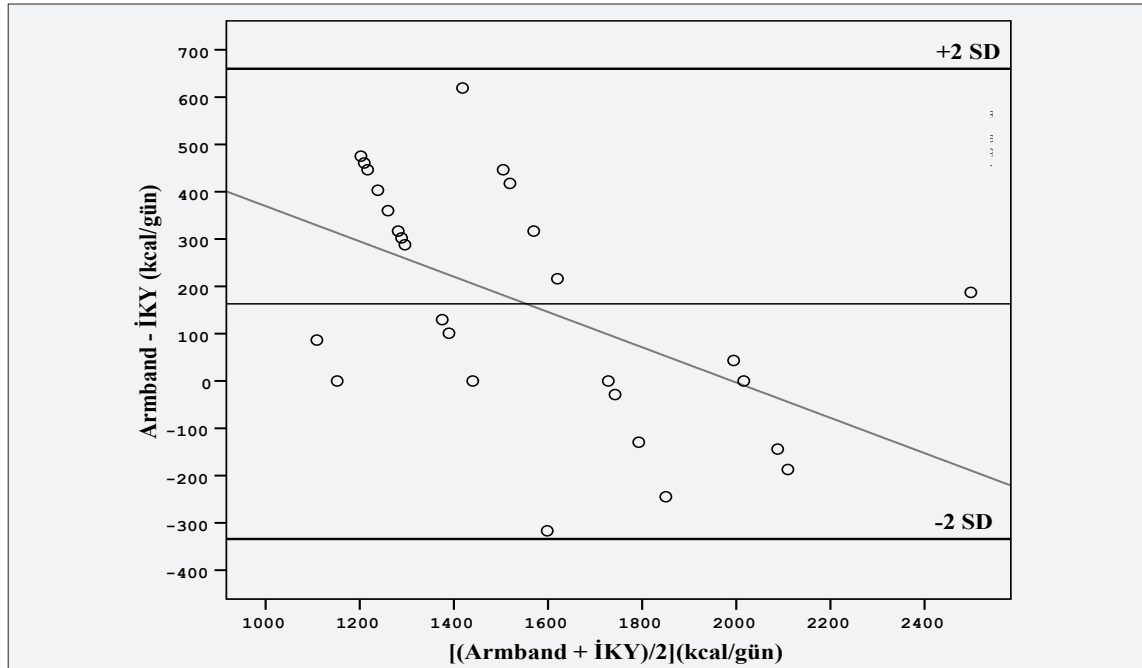
İki yöntemden ölçülen kcal.gün<sup>-1</sup> cinsinden DMH değerleri arasında anlamlı ilişki (r = 0.823; p<0.01) saptanmış olmakla beraber, SWA'dan ölçülen DMH (1635 ± 304 kcal.gün<sup>-1</sup>) İKY'den (1472 ± 429 kcal.gün<sup>-1</sup>) yüksektir (p<0.05) (Tablo 2).

İKY ve SWA'dan ölçülen DMH ve vücut kompozisyonu arasındaki ilişkiler Tablo 3'de verilmiştir. Hem İKY'den hem de SWA'dan belirlenen DMH ve vücut kompozisyonu değişkenleri arasında VYY ve YK hariç, anlamlı yüksek ilişkiler saptanmıştır (p<0.01). YVK, her iki yöntemle ölçülen DMH ile en yüksek ilişkiye sahiptir (Tablo 3).

SWA'dan ölçülen DMH için tutarlılık alt ve üst sınırları ve hata ortalaması Şekil 1'de gösterilmiştir. SWA'dan ölçülen DMH ve İKY'den ölçülen DMH arasındaki farkların (hata) ortalaması 168 kcal.gün<sup>-1</sup>'dür. Farklar için tutarlılık alt sınırı - 310 kcal.gün<sup>-1</sup>, üst sınırı 400 kcal.

**Tablo 3.** İKY ve SWA'dan ölçülen DMH ve vücut kompozisyonu arasındaki korelasyon katsayıları.

	İKY		SWA	
	r	R2	r	R2
VA (kg)	0.783*	0.613	0.816*	0.666
BKİ(kg/m <sup>2</sup> )	0.534*	0.285	0.493*	0.243
VYY(%)	-0.166	0.027	-0.199	0.040
YK(kg)	0.231	0.053	0.231	0.053
VYK(kg)	0.797*	0.635	0.838*	0.702



**Şekil 1.** Bland-Altman grafiklemesi. DMH için İKY ve SWA arasındaki tutarlılık analizi. Kalın çizgiler: tutarlılık alt ve üst sınırları, ince çizgi: DMH için farkların ortalaması, kesintili çizgi yöntemler arası farklar ve DMH değerleri arasındaki ilişki (r = -0.526; p<0.05).



gün<sup>-1</sup>dür. SWA'dan ölçülen DMH ve İKY'den ölçülen DMH arasındaki farklar (hatalar)  $\pm 2SD$  aralığında dağılmış olmakla beraber, fark değerleri ile DMH'nin değerleri arasında negatif ilişki ( $r = -0.526$ ;  $p < 0.05$ ) saptanmıştır.

## TARTIŞMA

Bu çalışmanın amacı, DMH'nin değerlendirilmesinde pratik kullanım değeri yüksek SWA'nın geçerliliğini saptamak, klasik MET değerini sorgulamak ve DMH ile vücut kompozisyonu bileşenleri arasındaki ilişkileri incelemektir. Bu çalışmanın ana bulguları, İKY ile karşılaştırıldığında SWA'nın DMH'nin kestiriminde geçerliliğinin düşük, 3.5 ml.kg<sup>-1</sup>.dk<sup>-1</sup> MET değerinin yüksek ve YVK'nin DMH'deki değişkenliğin en önemli belirleyici olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada oturur pozisyonda 2.92 ml.kg<sup>-1</sup>.dk<sup>-1</sup> ölçülen DMH, standart MET değeri olan 3.5 ml.kg<sup>-1</sup>.dk<sup>-1</sup> 'dan anlamlı derecede düşüktür. Bu bulgu önceki çalışmalarda elde edilen bulgularla uyumludur. Byrne ve diğ., (2005) 18 - 74 yaş aralığında 642 kadın ve 127 erkekte oluşan geniş bir popülasyonda yatar pozisyonda VO<sub>2</sub> olarak ölçtükleri ortalama DMH değerini (1 MET değerini)  $2.6 \pm 0.4$  ml.kg<sup>-1</sup>.dk<sup>-1</sup> olarak saptamışlardır ve bu değer yaygın olarak kullanılan 1 MET değerinden anlamlı derecede düşüktür. Benzer şekilde bu çalışmada olduğu gibi aynı laboratuvar da yapılan 12 erkek ve 12 kadından (Gunn ve diğ., 2002) ve 36 erkekte (Gunn ve diğ., 2005) oluşan örneklem boyutu düşük iki ayrı çalışmada da DMH, 1 MET değerinden anlamlı derecede düşük bulunmuştur (Sırasıyla  $2.8 \pm 0.3$  ml.kg<sup>-1</sup>.dk<sup>-1</sup> ve  $3.0 \pm 0.3$  ml.kg<sup>-1</sup>.dk<sup>-1</sup>). Önceki çalışmalarda ölçülen DMH, 1 MET'ten % 14 (Gunn ve diğ., 2005), % 20 (Gunn ve diğ., 2002) ve % 25.7 (Byrne ve diğ., 2005) oranında daha düşükken bu çalışmada İKY ile VO<sub>2</sub> olarak ölçülen DMH, standart MET değerinden % 16.5 oranında düşüktür (Tablo 2). Cunha ve diğ., (2013) tarafından daha yakın zamanda yapılan bir çalışmada 125 sağlıklı erkekte 3.21 ml.kg<sup>-1</sup>.dk<sup>-1</sup> olarak ölçülen DMH, 1 MET değerinden anlamlı derecede ve sadece % 8.2 daha düşük olmasına rağmen, önceki çalışmalarda ve bu çalışmada ölçülen

değerlerden yüksektir. Buna karşılık 1 MET değeri 1.0 kcal.kg<sup>-1</sup>.saat<sup>-1</sup> olarak kabul edilen bir çalışmada normal ve kilolu 12-17 yaşındaki kız ve erkek çocukların DMH'yi 1 MET'ten anlamlı derecede yüksek, normal, kilolu ve obez hamile ve doğum yapmış kadınların DMH'yi 1 MET değerine eşit, normal ve kilolu aktif erkeklerin DMH'yi 1 MET değerinden anlamlı derecede düşük bulunmuştur (Melzer ve diğ., 2016). Çalışmamızda DMH, standart 1 MET tanımına sadık kalınarak oturur pozisyonda ölçülmüştür. DMH'yi 1 MET değeri ile karşılaştıran önceki çalışmalarda VO<sub>2</sub> yatar pozisyonda ölçülmüştür. Kas tonusundaki değişim nedeniyle vücut pozisyonunun DMH'yi değiştirdiği bilinmektedir (Compher ve diğ., 2006). Sağlıklı ve 48-109 kg vücut ağırlığına sahip yetişkin kadın ve erkeklerde sandalyede hareketsiz otururken ölçülen DMH yatar pozisyondan 3.7 oranında daha yüksektir (Levine ve diğ., 2000). Aynı çalışmada sandalyede otururken kıpırdanmanın DMH'yi yatar pozisyona göre % 54 oranında artırdığı da gözlenmiştir. Bu değişimin ayakta kıpırdanmadan dururken ölçülen DMH'den bile yüksek olduğu saptanmıştır (Levine ve diğ., 2000). Bu bulgulardan da anlaşılacağı gibi ölçüm yöntemi dikkate alındığında bu çalışmada 1 MET değerinden % 16.5 oranında düşük ölçülen DMH'nin daha da düşük olduğu söylenebilir. Bu bulgular standart MET değerinin çok yüksek olduğunu ve böylece enerji harcamasının değerlendirilmesinde bir faktör olarak kullanıldığında daha yüksek kestirim değerlerinin hesaplanmasına neden olduğunu göstermektedir.

Bu çalışmada SWA'dan kcal.gün<sup>-1</sup> olarak hesaplanan DMH, İKY yöntemden hesaplandan anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. İki yöntem arasında yüksek pozitif ( $r = 0.823$ ) ilişkinin varlığı SWA'nın DMH'yi İKY'ye göre sistematik olarak yüksek ölçtüğünün bir göstergesi olarak kabul edilebilir. SWA ile DMH'nin kestirimine ilişkin geçerlik çalışmalarının sonuçları çelişkili olduğu ve ölçümün yapıldığı popülasyonun özelliklerine göre değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. Bazı çalışmalarda geçerliliği yüksek (Hughes ve diğ., 2015; Koehler ve diğ., 2015;

Casiraghi ve diğ., 2013; Malavolti ve diğ., 2007; Fruin ve Rankin, 2004), bazılarında ise düşük (Sundström ve diğ., 2016; El Ghoch ve diğ., 2012; Brazeau ve diğ., 2014) bulunmuştur. Örneğin sağlıklı erkek ve kadınlarda yapılan bir çalışmada SWA'nın IK yönteme göre DMH'yi yüksek kestirdiği ancak aralarında anlamlı yüksek ilişki ( $r = 0.75$ ) olduğu saptanmıştır (Casiraghi ve diğ., 2013). Obez erkek çocuk ve gençlerde yapılan benzer bir çalışmada da SWA ile kestirilen DMH, İKY ile karşılaştırıldığında bu çalışmada olduğu gibi DMH'yi yüksek kestirdiği ancak anlamlı yüksek ilişki verdiği saptanmıştır (Predieri ve diğ., 2013). Buna karşılık vücut ağırlığı normal sağlıklı erkek ve kadınlarda SWA'dan kestirilen ve İKY yöntemle ölçülen DMH arasında yüksek ilişki ile beraber anlamlı fark saptanmamış (Malavolti ve diğ., 2006), sağlıklı obez erkek ve kadınlardan oluşan benzer bir popülasyonda ise SWA'nın DMH'yi İKY yöntemine göre anlamlı derecede düşük kestirdiği gözlenmiştir (Papazoglou ve diğ., 2006). Her ne kadar Bland-Altman grafikleme SWA'dan hesaplanan DMH değerlerinin IK'den elde edilen değerlerle farklarının  $\pm 2SD$  aralığına dağıldığını gösteriyorsa da (Şekil 1), SWA DMH'yi ortalama  $163 \text{ kcal.gün}^{-1}$  yüksek kestirmektedir. Bunun yanında Bland-Altman grafiklemede  $+ 2SD$  aralığı  $600 \text{ kcal.gün}^{-1}$ 'ün üstünde,  $- 2SD$  aralığı  $- 300 \text{ kcal.gün}^{-1}$ 'ün altında olması, SWA'nın DMH'yi bireyden bireye mutlak olarak  $1200 \text{ kcal.gün}^{-1}$ 'den daha yüksek bir hata ile kestireceğini göstermektedir. Genel olarak IK yöntemin standart olarak kullanıldığı çalışmalarda SWA'nın enerji harcamasını düşük olduğu durumlarda yüksek, yüksek olduğu durumlarda düşük kestirdiği saptanmıştır (Koehler ve diğ., 2011; Papazoglou ve diğ., 2006; Fruin ve Rankin, 2004; King ve diğ., 2004). Bu bulgular, bu çalışmada elde edilen bulguları desteklemektedir. Bland-Altman grafiklemede SWA'nın İKY'den olan farkları ile iki yöntemden ölçülen ortalama DMH değerleri arasında anlamlı negatif ilişkinin varlığı ( $r = -0.526$ ;  $p < 0.05$ ) (Şekil 1), SWA'nın DMH'yi yansız olarak kestirmediğini, DMH'nin ölçüm değerine göre hata varyansının değiştiğini göstermektedir.

Bir başka deyişle SWA, DMH düşük olduğunda yüksek, yüksek olduğunda düşük kestirim hatasına sahiptir. SWA ile DMH'nin kestirimine ilişkin geçerlik çalışmalarının sonuçları çelişkili ve ölçümün yapıldığı popülasyonun özelliklerine göre değişkenlik gösterdiği saptanmıştır. Örneğin sağlıklı erkeklerde yapılan bir çalışmada DMH için SWA'nın geçerliliği düşük (Brazeau ve diğ., 2014), benzer bir popülasyonda yapılan bir diğer çalışmada ise yüksek olduğu gösterilmiştir (Casiraghi ve diğ., 2013; Malavolti ve diğ., 2007; Fruin ve Rankin, 2004). Ek olarak hasta bireylerde yapılan bazı çalışmalarda da SWA'nın DMH'yi yüksek kestirdiği ve geçerliliğinin düşük (Sundström ve diğ., 2016; El Ghoch ve diğ., 2012), diğer bazı çalışmalarda ise geçerliliğinin yüksek (Hughes ve diğ., 2015; Koehler ve diğ., 2015) olduğu saptanmıştır. Bulgular arasındaki çelişkiler SWA'da enerji harcamasının kestiriminde kullanılan algoritmaların, İKY'de kullanılan analiz sistemlerinin ve İKY'de ölçülen  $VO_2$ 'nin kalorik eşdeğerinin hesaplandığı formüllerin farklı olmasından kaynaklanıyor olduğu düşünülmektedir.

DMH ve günlük total enerji harcamasının değerlendirilmesinde bağlantılı değişken olarak VA, YVK ve yağ kitle gibi vücut boyut ve kompozisyonu ile ilgili bileşenler kullanılmakla beraber, bunlardan hangisinin en uygun değişken olduğu tartışmalıdır (Toth, 2001). DMH ile vücut boyut ve kompozisyonu arasındaki ilişkileri inceleyen çalışmalarda DMH'deki değişkenliğin en önemli ve en kuvvetli belirleyicisinin YVK olduğu ve DMH'deki değişkenliğin % 50-85'inden sorumlu olduğu gösterilmiştir (Geisler ve diğ., 2016; Müller ve diğ., 2002; Illner ve diğ., 2000; Cunningham, 1991). Bu çalışmada vücut boyutları ve kompozisyonu ile DMH arasında elde edilen korelasyon katsayıları önceki çalışmaların sonuçları ile uyumludur (Tablo 3). İKY ile belirlenen DMH ve YVK arasında anlamlı yüksek ilişki saptanmıştır ( $r = 0.797$ ). SWA'dan kestirilen DMH ve YVK arasındaki ilişki, İKY ile belirlenen DMH ve YVK arasındaki ilişkiden daha yüksektir ( $r = 0.838$ ). Ravussin ve diğ., (1986), bu çalışmadaki bulgulara benzer şekilde 177 erkekte



ölçtükleri 24 saatlik bazal metabolik hız ve YVK arasında anlamlı yüksek ilişki ( $r=0.818$ ) saptamışlardır. Bu çalışmada elde edilen ilişki katsayıları İKY ile ölçülen DMH'deki değişkenliğin % 63.5'inin ( $R^2 = 0.635$ ), SWA ile ölçülen DMH'deki değişkenliğin % 70.2'sinin ( $R^2 = 0.702$ ) YVK tarafından belirlendiğini göstermiştir (Tablo 3). Johnston ve diğ.,'nin (2005) yaptığı bir diğer çalışmada her iki cinsiyetten oluşan 150 kişide ölçtükleri DMH'deki değişkenliğin bu çalışmanın sonuçlarına uygun olarak % 62.3'ünün YVK tarafından açıklandığı bulunmuştur. Çalışmamıza benzer şekilde 13 kadın ve 13 erkekte oluşan sınırlı büyüklükteki bir popülasyonda BIA yöntemi ile ölçülen YVK'nin DMH'deki değişkenliğin % 85'inden sorumlu olduğu ve DMH ile 0.92 gibi çok yüksek anlamlı ilişki gösterdiği saptanmıştır (Illner ve diğ., 2000). Aynı çalışmada YVK'si <50 ve >60 kg olan katılımcıların DMH'leri arasında anlamlı fark olduğunun gösterilmesi de YVK'nin DMH üzerinde önemli etkisi olduğunun kanıtı sayılabilir (Illner ve diğ., 2000). Bununla beraber obez çocuk ve gençlerde her iki yöntem ile ölçülen DMH ve YVK arasındaki ilişkiler önceki ve bu çalışmada elde edilen ilişkilerden anlamlı ancak daha düşüktür (Predieri ve diğ., 2013). YVK metabolik aktivitesi birbirinden farklı doku ve organlardan oluşmaktadır. Bu nedenle DMH'nin alt bileşenleri olarak dikkate alındığında bu bileşenlerin DMH'deki değişkenliğe değişik oranlarda katkısı vardır. Bu çalışmada organ ya da doku seviyesinde enerji harcaması ölçülmemiştir ancak DMH'deki değişkenlik üzerine YVK'nin etkisi değerlendirilirken YVK'nin metabolik aktivite ya da enerji harcaması açısından birbirinden çok farklı doku ve organlardan oluştuğu dikkate alınmalıdır.

VA hariç, YVK dışında kalan VYY, YK ve BKİ gibi diğer vücut kompozisyonu bileşenleri ve DMH arasındaki ilişkiler YVK'den daha düşüktür (Tablo 3). VA ve her iki yöntemle ölçülen DMH arasında YVK gibi yüksek anlamlı ilişkiler saptanmış olmakla beraber, VA'nın % 55-60'ı YVK'den oluştuğu için bu ilişki içerisinde YVK'nin önemli katkısı olduğu söylenebilir. Örneğin bu çalışmada katılımcıların YVK'si,

VA'larının % 78'ini oluşturmaktadır. BKİ ve DMH arasında anlamlı ancak YVK'den daha düşük ilişkiler saptanmıştır. VA, BKİ ve DMH arasındaki ilişkileri inceleyen önceki çalışmaların sonuçları da bu çalışmada elde edilen bulgulara benzerdir (Illner ve diğ., 2000; Lührmann ve diğ., 2001). Buna karşılık VYY ve YK ve DMH arasındaki ilişkiler anlamlı bulunmamıştır (Tablo 3). VYY ve YK ile DMH arasındaki ilişkilerle ilgili çalışmaların sonuçları cinsiyete, yaşa, fiziksel aktivite durumuna göre değişkenlik göstermektedir. Bazı çalışmalarda VYY ve YK ile DMH arasında anlamlı ilişkiler saptanmıştır (Wahrlich ve Anjos, 2001; Loureiro ve diğ., 2015). Bununla beraber sporcu ve sporcu olmayan genç erkek ve kadınlarda yapılan bir çalışmada sporcu popülasyonda negatif düşük ancak anlamlı ilişki saptanırken, sporcu olmayan grupta bu çalışmada olduğu gibi bir ilişki gözlenmemiştir (Kim ve diğ., 2015). Benzer şekilde en az 60 yaş üstü erkek ve kadınlarda yapılan bir diğer çalışmada da erkeklerde VYY ve DMH arasında anlamlı ilişki gözlenmezken, kadınlarda düşük ancak anlamlı pozitif ilişki saptanmıştır (Lührmann ve diğ., 2001). Buna karşılık aynı popülasyonda her iki cinsiyette de bu çalışmanın aksine YK ve DMH arasında anlamlı orta düzeyde ilişki olduğu gösterilmiştir (Lührmann ve diğ., 2001). Vücut boyut ve kompozisyonu ile DMH arasındaki ilişkilerle ilgili çalışmaların sonuçları arasındaki çelişkiler, çalışmalarda yer alan katılımcıların demografik özelliklerinin yanında vücut kompozisyonu ve DMH'nin belirlenmesinde kullanılan yöntemsel farklılıklardan da kaynaklanmış olabileceğini göstermektedir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın bulguları; 1) İKY yöntemle ölçülen DMH'nin 1 MET'ten önemli derecede düşük olduğunu, 2) SWA'nın DMH'yi yüksek kestirdiğini ve İKY yöntem ile örtüşmediğini göstermiştir. Bu nedenle SWA'dan enerji harcamasının kestirimi ile ilgili çalışmaların sonuçları popülasyon spesifik olarak değerlendirilmeli, popülasyona genellenmemelidir. Bunun yanında vücut kompozisyonu bileşenleri içerisinde YVK her iki yöntemle

belirlenen DMH ile en yüksek ilişki katsayısına sahiptir. Bu çalışmada İKY ile ölçülen DMH'deki değişkenliğin % 63.5'inin ( $R^2 = 0.635$ ), SWA ile ölçülen DMH'deki değişkenliğin % 70.2'sinin ( $R^2 = 0.702$ ) YVK tarafından belirlenmiş olması, DMH'deki değişkenliği açıklamada güçlü bir değişken olduğunu göstermektedir.

### **Yazışma Adresi (Corresponding Address):**

Doç. Dr. Tahir Hazır

Hacettepe Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi,  
Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü, Beytepe-  
Ankara

E-posta: thazir@hacettepe.edu.tr

Telefon No: 0312 2976890

Faks No: 0312 2992167

### **KAYNAKLAR**

- Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR Jr, Tudor-locke C, ve diğ.** (2011). Compendium of physical activities: A second update of codes and MET values. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(8), 1575-81.
- 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), S498-504.
- Arvidsson D, Slinde F, Larsson S, Hulthen L.** (2007). Energy cost of physical activities in children: validation of SenseWear Armband. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(11), 2076-84.
- Astrup A, Buemann B, Christensen NJ, Madsen J, Gluud C, Bennett P, ve diğ.** (1992). The contribution of body composition, substrates, and hormones to the variability in energy expenditure and substrate utilization in premenopausal women. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 74(2), 279-286.
- Bellefeuille P, Robillard ME, Ringuet ME, Aubertin-Leheudre M, Karelis AD.** (2013). Comparison between several muscle strength and cardiorespiratory fitness indices with body composition and energy expenditure in obese postmenopausal women. *International Journal of Sports Medicine*, 34(03), 258-62.
- Benito PJ, Neiva C, González-Quijano PS, Cupeiro R, Morencos E, Peinado AB.** (2012). Validation of the SenseWear armband in circuit resistance training with different loads. *European Journal of Applied Physiology*, 112(8), 3155-9.
- Bland JM, Altman DG.** (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet*, 327(8476), 307-10.
- Bosy-Westphal A, Eichhorn C, Kutzner D, Illner K, Heller M, Muller MJ.** (2003). The age-related decline in resting energy expenditure in humans is due to the loss of fat-free mass and to alterations in its metabolically active components. *The Journal of Nutrition*, 133(7), 2356-62.
- Bosy-Westphal A, Kossel E, Goele K, Later W, Hitzel B, Settler U, ve diğ.** (2009). Contribution of individual organ mass loss to weight loss-associated decline in resting energy expenditure. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 90(4), 993-1001.
- Brazeau AS, Beaudoin N, Bélisle V, Messier V, Karelis AD, Rabasa-Lhoret R.** (2015). Validation and reliability of two activity monitor for energy expenditure assessment. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(1), 46-50.
- Brazeau AS, Karelis AD, Mignault D, Lacroix MJ, Prud'homme D, Rabasa-Lhoret R.** (2011). Accuracy of the SenseWear armband™ during ergocyclin. *International Journal of Sports Medicine*, 32(10), 761-4.
- Brazeau AS, Suppère C, Strychar I, Belisle V, Demers SP, Rabasa-Lhoret R.** (2014). Accuracy of energy expenditure estimation by activity monitors differs with ethnicity. *International Journal of Sports Medicine*, 35(10), 847-50.
- 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), 1112-9.
- Calabro MA, Kim Y, Franke WD, Stewart JM, Welk GJ.** (2015). Objective and subjective measurement of energy expenditure in older adults: a doubly labeled water study. *European Journal of Clinical Nutrition*, 69(7), 850-855.
- Casiraghi F, Lertwattanarak R, Luzi L, Chavez AO, Davalli AM, Naegelin T, ve diğ.** (2013). Energy expenditure evaluation in humans and non-human primates by SenseWear Armband. Validation of energy expenditure evaluation by SenseWear Armband by direct comparison with indirect calorimetry. *Plos One* 8(9), e73651. doi:10.1371/journal.pone.0073651
- Cheng HL, Amatory M, Steinbeck K.** (2016). Energy expenditure and intake during puberty in healthy nonobese adolescents: a systematic review. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 104(4), 1061-1074.
- Compher C, Frankenfield D, Keim N, Roth-Yousey L, Evidence Analysis Working Group.** (2006). Best practice methods to apply to measurement of resting metabolic rate in adults: a systematic review. *Journal of the American Dietetic Association*, 106(6), 881-903.
- Cox NS, Alison JA, Button BM, Wilson JW, Morton JM, Dowman LM, ve diğ.** (2014). Validation of a multi-sensor armband during free-living activity in adults with cystic fibrosis. *Journal of Cystic Fibrosis*, 13(3), 347-350.

19. Cunha FA, Midgley AW, Montenegro R, Oliveira RB, Farinatti PT. (2013). Metabolic equivalent concept in apparently healthy men: a re-examination of the standard oxygen uptake value of 3.5 mL·kg<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 38(11), 1115-9. doi: 10.1139/apnm-2012-0492
20. Cunningham JJ. (1980). A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 33(11), 2372-4.
21. Cunningham JJ. (1991). Body composition as a determinant of energy expenditure: a synthetic review and a proposed general prediction equation. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 54(6), 963-9.
22. Dorminy CA, Choi L, Akohoue SA, Chen KY, Buchowski MS. (2008). Validity of a Multisensor Armband in estimating 24-h energy expenditure in children. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(4), 699.
23. El Ghoch M, Alberti M, Capelli C, Calugi S, Battistini NC, Pellegrini M, ve diğ. (2012). Resting energy expenditure assessment in anorexia nervosa: comparison of indirect calorimetry, a multisensor monitor and the Müller equation. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(7), 796-801. doi: 10.3109/09637486.2012.658761
24. Erdoğau A, Çetin C, Karatosun H, Baydar ML. (2010). Accuracy of the Polar S810i heart rate monitor and the Sensewear Pro Armband to estimate energy expenditure of indoor rowing exercise in overweight and obese individual. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9, 508-516.
25. Farioqi N, Silinde F, Hağlin L, Sandström T. (2013). Validation of SenseWear Armband and ActiHeart monitors for assessments of daily energy expenditure in free-living women with chronic obstructive pulmonary disease. *Physiological Reports*, 1(6), e00150. doi: 10.1002/phy2.150
26. Fruin ML, Rankin JW. (2004). Validity of a multi-sensor armband in estimating rest and exercise energy expenditure. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(6), 1063-9.
27. Gallagher D, Belmonte D, Deurenberg P, Wang Z, Krasnow N, Pi-Sunyer FX, ve diğ. (1998). Organ-tissue mass measurement allows modeling of free and metabolically active tissue mass. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 275(2), E249-E258.
28. Geisler C, Braun W, Pourhassan M, Schweitzer L, Glüer CC, Bosy-Westphal A, ve diğ. (2016). Age-Dependent changes in resting energy expenditure (ree): insights from detailed body composition analysis in normal and overweight healthy caucasians. *Nutrients*, 8(6), 322.
29. 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.
30. Gunn SM, Brooks AG, Withers RT, Gore CJ, Plummer JL, Cormack J. (2005). The energy cost of household and garden activities in 55- to 65-year-old males. *European Journal of Applied Physiology*, 94(4), 476-86.
31. Harrison SL, Horton EJ, Smith R, Sandland CJ, Steiner MC, Morgan MD, ve diğ. (2013). Physical activity monitoring: Addressing the difficulties of accurately detecting slow walking speeds. *Heart & Lung: The Journal of Acute and Critical Care*, 42(5), 361-4.
32. Heiermann S, Hedayati KK, Müller MJ, Dittmar M. (2011). Accuracy of a portable multisensor body monitor for predicting resting energy expenditure in older people: A comparison with indirect calorimetry. *Gerontology*, 57(5), 473-9.
33. Hiremath SV, Ding D. (2009). *Evaluation of Activity Monitors to Estimate Energy Expenditure in Manual Wheelchair Users*. Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 835-8. doi: 10.1109/IEMBS.2009.5333626
34. Hughes MJ, Harrison EM, Wigmore SJ. (2015). Energy expenditure after liver resection: validation of a mobile device for estimating resting energy expenditure and an investigation of energy expenditure change after liver resection. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 20(10). doi: 10.1177/0148607115601969
35. Illner K, Brinkmann G, Heller M, Bosy-Westphal A, Müller M J. (2000) Metabolically active components of fat free mass and resting energy expenditure in nonobese adults. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 278(2), E308-E315.
36. Jakicic JM, Marcus M, Gallagher KI, Randall C, Thomas E, Goss FL, ve diğ. (2004). Evaluation of the SenseWear Pro Armband to assess energy expenditure during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(5), 897- 904.
37. Jette M, Sidney K, Blumchen G. (1990). Metabolic equivalents (METS) in exercise testing, exercise prescription, and evaluation of functional capacity. *Clinical Cardiology*, 13(8), 555-65.
38. Johnstone AM, Murison SD, Duncan JS, Rance KA, Speakman JR. (2005). Factors influencing variation in basal metabolic rate include fat-free mass, fat mass, age, and circulating thyroxine but not sex, circulating leptin, or triiodothyronine. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 82(5), 941-48.
39. Kim JH, Kim MH, Kim GS, Park JS, Kim EK. (2015). Accuracy of predictive equations for resting metabolic rate in Korean athletic and non-athletic adolescents. *Nutrition Research and Practice*, 9(4), 370-378.
40. King GA, Torres N, Potter C, Brooks T J, Coleman K J. (2004). Comparison of activity monitors to estimate energy cost of treadmill exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(7), 1244-51.
41. Klein D, Levine E, Walsh BT, Sazonov ES. (2014). *Validation of Two Novel Monitoring Devices to Measure Physical Activity in Healthy Women*. 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 1727-30. doi: 10.1109/EMBC.2014.6943941

42. Koehler K, Abel T, Wallmann-Sperlich B, Dreuscher A, Anneken V. (2015) energy expenditure in adolescents with cerebral palsy: comparison of the SenseWear armband and indirect calorimetry. *Journal of Physical Activity and Health*, 12(4), 540-5.
43. Koehler K, Braun H, De Marees M, Fusch G, Fusch C, Schaenzer W. (2011). Assessing energy expenditure in male endurance athletes: Validity of the SenseWear Armband. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(7), 1328-33.
44. Kozey S, Lyden K, Staudenmayer J, Freedson P. (2010). Errors in MET estimates of physical activities using 3.5 ml  $\pm$  kg( $\pm$ 1)  $\pm$  min( $\pm$ 1) as the baseline oxygen consumption. *Journal of Physical Activity and Health*; 7(4), 508-516.
45. Kwan M, Woo J, Kwok T. (2004). The standard oxygen consumption value equivalent to one metabolic equivalent (3.5 ml/min/kg) is not appropriate for elderly people. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 55(3), 179-82.
46. Lee JM, Kimb Y, Baib Y, Gaesserc GA, Welk GJ. (2014). Validation of the SenseWear Mini Armband in children during semi-structure activity settings. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(1), 41-45.
47. Levine JA, Schleusner SJ, Jensen MD. (2000). Energy expenditure of nonexercise activity. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 72(6), 1451-4.
48. Loureiro LL, Fonseca SJ, Castro NG, Dos Passos RB, Porto CP, Pierucci AP. (2015). Basal metabolic rate of adolescent modern pentathlon athletes: agreement between indirect calorimetry and predictive equations and the correlation with body parameters. *Plos One* 10(11), e0142859. doi: 10.1371/journal.pone.0142859
49. Lührmann PM, Herbert BM, Neuhäuser-Berthold M. (2001). Effects of fat mass and body fat distribution on resting metabolic rate in the elderly. *Metabolism*, 50(8), 972-5.
50. Machac S, Prochazka M, Radvansky J, Slaby K. (2013). Validation of physical activity monitors in individuals with diabetes: Energy expenditure estimation by the multisensor SenseWear Armband Pro3 and the Step Counter Omron HJ-720 against indirect calorimetry during walking. *Diabetes Technology and Therapeutics*, 15(5), 413-8.
51. Mackey DC, Manini TM, Schoeller DA, Koster A, Glynn NW, Goodpaster BH, ve diğ. (2011). Validation of an Armband to measure daily energy expenditure in older adults. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 1108-1113.
52. Malavolti M, Pietrobelli A, Dugoni M, Poli M, Romagnoli E, De Cristofaro P, ve diğ. (2007). A new device for measuring resting energy expenditure (REE) in healthy subjects. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 17(5), 338-43.
53. Melzer K, Heydenreich J, Schutz Y, Renaud A, Kayser B, Mäder U. (2016). Metabolic equivalent in adolescents, active adults and pregnant women. *Nutrients*, 8(7), 438.
54. Molnár D, Schutz Y. (1997). The effect of obesity, age, puberty and gender on resting metabolic rate in children and adolescents. *European Journal of Pediatrics*, 156(5), 376-81.
55. Morris C, Myers J, Froelicher V, Kawaguchi T, Ueshima K, Hideg A. (1993). Nomogram based on metabolic equivalents and age for assessing aerobic exercise capacity in men. *Journal of the American College of Cardiology*, 22(1), 175-182.
56. Müller MJ, Bosy-Westphal A, Kutzner D, Heller M. (2002). Metabolically active components of fat-free mass and resting energy expenditure in humans: recent lessons from imaging technologies. *Obesity Reviews*, 3(2):113-22.
57. Müller MJ, Wang Z, Heymsfield SB, Schautz B, Bosy-Westphal A. (2013). Advances in the understanding of specific metabolic rates of major organs and tissues in humans. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 16(5), 501-508.
58. Papazoglou D, Augello G, Tagliaferri M, Savia G, Marzullo P, Maltezos E, ve diğ. (2006). Evaluation of a multisensor armband in estimating energy expenditure in obese individuals. *Obesity*, 14(12), 2217-23.
59. Predieri B, Bruzzi P, Lami F, Vellani G, Malavolti M, Battistini NC, ve diğ. (2013). Accuracy of SenseWear Pro2 Armband to predict resting energy expenditure in childhood obesity. *Obesity*, 21(12), 2465-70.
60. Ravussin E, Lillioja S, Anderson TE, Christin L, Bogardus C. (1986). Determinants of 24-hour energy expenditure in man. Methods and results using a respiratory chamber. *Journal of Clinical Investigation*, 78(6), 1568-78.
61. Schutz Y, Weinsier RL, Hunter GR. (2001). Assessment of free-living physical activity in humans: an overview of currently available and proposed new measures. *Obesity Research*, 9(6), 368-379.
62. Slinde F, Bertz F, Winkvist A, Ellegard L, Olausson H, Brekke HK. (2013). Energy expenditure by Multisensor Armband in overweight and obese lactating women validated by doubly labeled water. *Obesity*, 21(11), 2231-35.
63. Speakman JR, Selman C. (2003). Physical activity and resting metabolic rate. *Proceedings of the Nutrition Society*, 62(03), 621-34.
64. Sundström M, Mehrabi M, Tjäder I, Rooyackers O, Hammarqvist F. (2016). Approximation of resting energy expenditure in intensive care unit patients using the sensewear bracelet: a comparison with indirect calorimetry. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*. doi: 10.1177/0148607116633808
65. Toth MJ. (2001). Comparing energy expenditure data among individuals differing in body size and composition: statistical and physiological considerations. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 4(5), 391-7.
66. Van Hoya K, Mortelmans P, Lefevre J. (2014). Validation of the SenseWear Pro3 Armband using an incremental exercise test. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(10), 2806-14.

- 67. Van Remoortel H, Raste Y, Louvaris Z, Giavedoni S, Burtin C, Langer D, ve diğ.** (2012). Validity of six activity monitors in chronic obstructive pulmonary disease: A comparison with indirect calorimetry. *Plos One* 7(6): e39198. doi:10.1371/journal.pone.0039198
- 68. Wahrlich V, Anjos LA.** (2001). Validation of predictive equations of basal metabolic rate of women living in Southern Brazil. *Revista de Saude Publica*, 35(1), 39-45.
- 69. Walker EJ, McAinch AJ, Sweeting A, Aughey RJ.** (2016). Inertial sensors to estimate the energy expenditure of team-sportathletes, *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(2), 177-81.
- 70. Wang Z, Heshka S, Gallagher D, Boozer CN, Kotler DP, Heymsfield SB.** (2000). Resting energy expenditure-fat-free mass relationship: new insight provided by body composition modeling. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 279(3), E539-E545.
- 71. WEIR JB.** (1949). New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *The Journal of Physiology*, 109(1-2), 1-9.
- 72. Westerterp KR.** (2013). Physical activity and physical activity induced energy expenditure in humans: measurement, determinants, and effects. *Energy Metabolism*, 4, 64-74.