

Değişik Eğimlerde Yürüyüş Esnasında Enerji Harcaması: Yöntemsel Karşılaştırma

Energy Expenditure During Walking at Various Grades: A Methodological Comparison

Araştırma Makalesi

¹Tahir HAZIR, ²Ferhat ESATBEYOĞLU, ³Betül COŞKUN, ¹Mehmet Gören KÖSE,
¹Ceren Işıl ATABEY

¹Hacettepe Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü, Ankara
²Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Spor Bilimleri ve Teknolojisi ABD, Ankara
³Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor Bölümü, Ankara

ÖZ

Bu çalışmanın amacı farklı eğimlerde sabit hızda yürüyüş esnasında giyilebilir teknoloji (SenseWear Armband (SWA)) ile kestirilen enerji harcamasını (EH) indirek kalorimetrik yöntemle (İKY) karşılaştırarak geçerliliğini değerlendirmektir. Araştırmaya düzenli fiziksel aktivite yapmayan yaş aralığı 25-51 olan 17 erkek ve kadın gönüllü katılmıştır. Katılımcılar koşu bandında 4.5 km.s⁻¹ sabit hızda rastgele sıra ile -%10, %0, %5 ve %10 eğimlerde 10'ar dakika yürümüştür. Yürüyüş egzersizleri esnasında eş zamanlı olarak SWA (F1)'dan EH ve bir gaz analizörü (Quark b², İtalya) ile oksijen tüketimi (VO₂) ve karbondioksit üretimi (VCO₂) ölçülmüştür. İKY'de EH hem gaz analiz sisteminden (Qb² (F2)) hem de Weir'in formülünden (F3) hesaplanmıştır. Farklı yöntem ve eğimlerin EH üzerine etkisi 3x4 (Yöntem x Eğim), İKY ve SWA'dan kestirilen MET cinsinden EH ise 2x4 (Yöntem x Eğim) tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi ile belirlenmiştir. Değişkenler arası ilişkiler Pearson Korelasyon Katsayısı ile belirlenmiştir. Farklı eğimlerde sabit

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the estimated energy expenditure (EE) values obtained from wearable technology (SenseWear Armband (SWA)) and indirect calorimetry method (ICM) during walking at a constant speed at various grades. Seventeen non-active adult men and women aged 25-51 years participated voluntarily in this study. EE was determined by using a gas analyzer (Quark b², Italy), during walking on a treadmill at a constant walking speed of 4.5 km.h⁻¹, at random grades of -10%, 0%, 5% and 10% for 10 minutes. Simultaneously, EE was recorded by SWA (F1). Caloric equivalent for VO₂ was determined from gas analyzer (Qb² (F2)) as well as by using Weir Equation (F3). The effect of different methods and grades on EE was determined by 3x4 (Method x Grade) and the effects of different methods from IC and SWA on EE in METs was determined by 2x4 (Method x Grade) two-way ANOVA with repeated measures. To determine the associations between variables Pearson correlation analysis was used. While significant

hızda yürüyüş esnasında kcal cinsinden EH'nın saptanmasında kullanılan formüller (F1, F2, F3) arasında yüksek ilişki olmakla beraber ($r=0.630-1.00$), anlamlı fark saptanmıştır ($p<0.01$). F1'den kestirilen EH, F2 ve F3'den yüksektir ($p<0.01$). İKY'de F3'den ölçülen EH F2'den yüksek olmakla beraber ($p<0.01$) tüm eğimlerde fark ortalaması 0.02 kcal hesaplanmıştır. EH üzerine Yöntem x Eğim etkileşimi de anlamlıdır ($p<0.01$). Farklı eğimlerde sabit hızda İKY ve SWA'dan kestirilen MET değerleri arasında da anlamlı fark saptanmıştır ($p<0.01$). İki yöntemden belirlenen MET değerleri arasında anlamlı bir ilişki saptanmamıştır ($p>0.05$). Bu çalışmanın bulguları farklı eğimlerde sabit hızda yürüyüş esnasında kcal ve MET cinsinden EH'nın değerlendirilmesinde kullanılan yöntemlerin birbirinin yerine kullanılmayacağını ve sabit hızda yürüyüş esnasında EH'nın eğime bağlı olarak değiştiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler

İndirek kalorimetri, Sensewear Armband, MET

Key Words

Indirect calorimetry, SenseWear Armband, ME

GİRİŞ

Son yıllarda kentleşme, endüstrileşme ve teknolojik gelişmelerin beraberinde gelen refah seviyesi ve alım gücündeki artış günlük yaşamda insan davranışlarında önemli değişime neden olmuştur. Bu dönemde enerji alımı oransal olarak sabit kalmasına rağmen günlük enerji harcaması (EH) önemli ölçüde azalmıştır (Speakman ve Selman, 2003). Günlük EH'ndaki azalmaya bağlı olarak son 25 yıl içerisinde özellikle modern toplumlarda aşırı kilo ve obezite ve buna paralel olarak sistemik hastalıkların görülme sıklığında belirgin artış gerçekleşmiştir (Speakman ve Selman, 2003). Tüm dünyada ve Türkiye'de artan obezite prevalansı, fiziksel hareketsizlikle bağlantılı sağlık sorunlarının toplum genelinde endişe yaratmasına neden olmaktadır. Yapılan çalışmalar gençler arasında fiziksel aktivitenin koroner kalp hastalığı, hipertansiyon ve tip 2 diyabete karşı önleyici etkisini ortaya koymaktadır (Quirk ve diğ., 2014; Thomas ve diğ., 2003). Bu nedenle günlük fiziksel aktivite (FA) esnasında EH'nın doğru yöntemlerle ölçülmesi ve değerlendirilmesi, bireysel seviyede FA düzeyinin doğru belirlenmesi ve günlük enerji dengesinin (Enerji harcaması / Enerji alımı) kurulması için büyük önem taşımaktadır.

correlations were found among different methods (F1, F2, F3) in terms of EE in kcal during different grades at constant speed ($r=0.630-1.00$), there was also significant differences among them in terms of EE estimation ($p<0.01$). EE estimated from F1 was higher than F2 and F3 ($p<0.01$). For ICM, estimated EE from F3 was higher than F2 ($p<0.01$) even though calculated mean EE difference was 0.02 kcal for all grades. Method x Grade interaction was also significant in caloric expenditure ($p<0.01$). There were significant differences in MET values obtained from ICM and SWA during walking at a constant speed at various grades ($p<0.01$). There was no significant correlation between MET values estimated from both methods ($p>0.05$). In conclusion, equations that were used to determine EE in kcal and METs at constant speed at different grades cannot be used in place of one another and EE during walking at constant speed may change at different grades.

EH'nın ölçülmesinde kullanılan birçok yöntem olmakla beraber, çifte etiketlenmiş su ve indirek kalorimetre yöntemi (İKY) altın standart olarak kabul edilir (Westerterp, 2013; Koehler ve diğ., 2011). İKY laboratuvar ortamında oksijen tüketimi (VO_2) ve karbondioksit üretimi (VCO_2) ölçümlerinden EH'nın değerlendirilmesinde en sık kullanılan yöntemdir (McLaughlin ve diğ., 2001). Birçok çalışmada İKY'nin EH'nın değerlendirilmesinde geçerli ve güvenilir olduğu gösterilmiştir (Duffield ve diğ., 2004; Howe ve diğ., 2014; McLaughlin ve diğ., 2001). Bununla beraber bu yöntemlerin çok teknik ve pahalı olmaları saha şartlarında pratik kullanım değerlerini düşürmektedir. Yakın zamanda geliştirilmiş olan ve EH'nın değerlendirilmesinde kullanılan SenseWear Armband (SWA), küçük, ucuz, invaziv olmayan, teknik bilgi ve beceri gerektirmeyen bir cihazdır ve EH'nın değerlendirilmesinde geçerli ölçümler yaptığı rapor edilmiştir (Johannsen ve diğ., 2010; Mackey ve diğ., 2011; Rousset ve diğ., 2015). SWA'nın değişik ergometrelerde yapılan egzersizlerde (Van Hoye ve diğ., 2014; Brazeau ve diğ., 2015; Brazeau ve diğ., 2011; Erdoğan ve diğ., 2010; Fruin ve Rankin, 2004; Jakicic ve

diğ., 2004; King ve diğ., 2004) ve antrenman uygulamaları ve müsabaka esnasında da (Walker ve diğ., 2015; Benito ve diğ., 2012) EH'nın kestirilmesinde kullanılabileceği gösterilmiştir. Bununla beraber İKY ve SWA'nın karşılaştırıldığı çalışmalar sınırlı sayıdadır ve bulgular çelişkilidir (Hermann ve diğ., 2014; Reeve ve diğ., 2014; Dudley ve diğ., 2012; Soric ve diğ., 2012).

Yürüyüş, en yaygın günlük FA formlarından birisidir ve genel sağlık durumunu iyileştirmek isteyen insanların sıklıkla yaptıkları egzersizlerin başında gelmektedir. Özellikle obezite, kardiyovasküler hastalıklar ve kemiklerde deformasyon gibi sağlık problemlerinin giderilmesinde yürüyüş gibi aerobik egzersizlerle yüksek verim elde edilebilir (Çolakoğlu ve Karacan, 2006). Bununla beraber, yürüyüş egzersizleri düşük seviyede EH'na neden olduğu için istenilen düzeyde egzersiz/antrenman etkisi yaratmada yetersiz kalabilmektedir (Porcari ve diğ., 1997). Negatif eğimlerde kaslar başlıca eksentrik kasıldığı için konsentrik kasılmaya göre (pozitif eğim) daha fazla kuvvet üretilmektedir (Wu ve diğ., 1997). Aynı zamanda konsentrik kasılmanın aksine eksentrik kasılmada kasın kasılma hızı arttıkça üretilen kuvvette artmaktadır (De Ste Croix ve diğ., 2007). Bunun yanında aynı şiddette konsentrik kasılma ile karşılaştırıldığında eksentrik kasılmada kardiyovasküler stres (kalp atım hızı, kan basıncı) (Okamoto ve diğ., 2006) ve metabolik cevapların daha düşük olması (Beaven ve diğ., 2014) bu tip kasılmada metabolik harcamanın azaldığına dair bir delil olarak kabul edilebilir. Bu nedenle günlük yaşam içerisinde doğal çevrede yapılan inişli çıkışlı yürüyüş egzersizlerinde EH'nın pratik, geçerli ve güvenilir bir şekilde ölçülmesi önem kazanmıştır.

Negatif ve pozitif eğim gibi farklı kasılma tiplerini içeren yürüyüş egzersizleri esnasında giyilebilir teknolojiler yardımıyla EH'nın kestirimi konusunda yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır (Vernillo ve diğ., 2015). Buradan hareketle bu çalışmanın iki amacı vardır: 1. Sabit hızda negatif (-%10) ve üç farklı pozitif (%0, %5, %10) eğimde yürüyüş esnasında giyilebilir teknoloji SWA kullanılarak kestirilen EH'nı İKY'le karşılaştırarak geçerliliğini değerlendirmek, 2. İKY'de farklı formlarla hesaplanan EH değerlerinin birbirinin yerine kullanılıp kullanılmayacağını belirlemektir.

YÖNTEM

Araştırma Grubu: Yürüyüş sedanter bireylerin günlük yaşamlarında başlıca aktivite olduğu için bu çalışmaya yaşları 24 ile 51 arasında değişen ve haftada 2 saatten az egzersiz yapan 8'i kadın 9'u erkek (Tablo 1) toplam 17 sağlıklı sedanter birey katılmıştır. Katılımcıların fiziksel aktivite durumu Uluslararası Fiziksel Aktivite Anketi-Kısa Form ile belirlenmiştir (Saglam ve diğ., 2010). Araştırmaya katılan bireylerden bir gece açlık sonrasında laboratuvara gelmeleri, bir gece öncesi alkol ve kafein tüketmemeleri ve 24 saat öncesi egzersiz yapmamaları istenmiştir. Katılımcılara çalışma ile ilgili açıklamalar yapılmış ve gönüllü katılım formu imzalatılmıştır.

İşlem Yolu

Katılımcılar laboratuvara geldiklerinde ilk olarak antropometrik ölçümleri yapılmış ve sonrasında en az 20 dakika oturur pozisyonda dinlenmeleri sağlanmıştır. Dinlenme sonrasında koşu bandında (Woodway, Almanya) yürüyüş egzersizleri yaptırılmıştır. Egzersiz esnasında EH eş zamanlı olarak İKY ve SenseWear Arm-

Tablo 1. Katılımcıların tanımlayıcı istatistikleri.

Katılımcılar (n=17)	Ort ± Ss	Mininum	Maksimum
Yaş (yıl)	33.4 ± 7.9	24.0	51.0
Boy (kg)	170.5 ± 9.0	152.0	186.0
Vücut Kitle İndeksi (kg/m ²)	23.2 ± 3.1	17.5	27.7
Vücut Yağ Yüzdesi (%)	22.4 ± 9.3	10.2	40.2
Yağsız Vücut Kitle (kg)	52.1 ± 13.5	28.6	75.0

band (SWA) (BodyMedia Inc., Pittsburgh, PA) ile belirlenmiştir. Tüm lmler öğleden önce 09.00-11.00 saatleri arasında yapılmıştır. Ölçümler esnasında laboratuvar sıcaklığı ve relatif nem oranı ortalamaları sırasıyla 21.2 ± 0.8 C ($20-22.3$ C) ve $\% 36.8 \pm 2.1$ ($\% 30-38.5$)'dir.

Antropometrik lmler: Boy ± 0.1 cm hata ile duvara monte stadiyometre ile (Holta in Ltd, İngiltere), vct ağırlığı ± 0.1 kg hata ile elektronik basklle (Tanita TBF 410A, ABD) llmştr. Vct kompozisyonu ayakta biyoelektrik impedans yöntemi (Tanita TBF 410A, ABD) ile belirlenmiştir. Vct yağ yüzdesi, yağsız vct kitesi ve beden kitle indeksi analizden çıktı olarak alınmış ve kayıt edilmiştir.

Egzersiz Protokolü: Dört buçuk (4.5 km.h⁻¹) sabit hızda 4 farklı eğimde yürüyüş egzersizlerden oluşturulmuştur. Yürüyüş esnasında EH ile ilgili çalışmalarda -25 'den $+25$ 'e kadar çok geniş bir aralıktaki değişen eğimler kullanılmaktadır. Bu çalışmada katılımcılara rastgele sırada (Takacs ve diğ., 2010) $\% 0$, $\% 5$, $\% 10$ ve -10 eğimlerde 10'ar dk egzersiz yaptırılmıştır (Vernillo ve diğ., 2015). Katılımcılar egzersizler arasında en az 2 dk veya kalp atım hızı (KAH) teorik maksimum KAH'nın (220 -yaş) $\%50$ 'sinin altına inene kadar oturur pozisyonda dinlendirilmişlerdir.

Enerji Harcamasının llmesi:

Katılımcıların koşu bandında sabit hızda 4 farklı eğimde EH eşzamanlı olarak hem İKY hem de SWA ile belirlenmiştir.

İndirek Kalorimetrik lm: Katılımcıların sabit hızda 4 farklı eğimde İKY ile enerji harcamalarını belirlemek için oksijen tktimi (VO_2) ve karbondioksit üretimleri (VCO_2) her ekspirasyon havasından ölçüm yapan gaz analiz sistemi (Quark b², Cosmed, Roma, İtalya) kullanılarak belirlenmiştir. Gaz analizörü her ölçümden önce üretici firmanın yönergesine uygun olarak hem atmosferik hava ($\%20,93$ O_2 , $\% 0.04$ CO_2) hem de içerisinde konsantrasyonu bilinen gaz karışımı ($\%15.70$ O_2 , $\% 4.0$ CO_2 , N_2 Balans) ile kalibre edilmiştir. Akımmetrenin trbun kalibrasyonu için 3 litrelik sertifikalı şırınga (Cosmed, İtalya) kullanılmıştır. Katılımcıların

egzersiz esnasında VO_2 ve VCO_2 , dakika ventilasyonu (V_E) ve solunum değişim oranları (SDO) ve KAH değerleri gaz analiz sistemi tarafından otomatik olarak kayıt edilmiştir. Kayıt edilen veriler Excel programına aktarıldıktan sonra her eğimde 10 dakikalık egzersizin ilk 5 dakikası alışma/ısınma olarak kabul edilmiş ve son 5 dakikada llen VO_2 ve VCO_2 verilerinin ortalaması ($L.dk^{-1}$) EH'nın hesaplanmasında kullanılmıştır. Gaz analiz sisteminde $L.dk^{-1}$ olarak llen VO_2 değerleri $ml.dk^{-1}$ 'ya çevrilerek her katılımcının vct ağırlığına bölünmüş ve $ml.kg^{-1}.dk^{-1}$ değerine dönüştürüldükten sonra 3.5 $ml.kg^{-1}.dk^{-1}$ değerine bölünerek MET değerleri hesaplanmıştır.

İKY ile EH kcal cinsinden iki farklı formül kullanılarak hesaplanmıştır.

Formül 1 (Qb²): Üretici firma (Quark b²) tarafından kullanılan formül yardımıyla gaz analiz sisteminde hesaplanmıştır. Her eğimde son 5 dakika kayıt edilen verinin ortalaması dikate alınmıştır.

Formül 2 (Weir): Egzersizler esnasında her eğimde gaz analiz sisteminde son 5 dakikada llen VO_2 ve VCO_2 değerleri kullanılarak EH; $kcal.dk^{-1} = 3.941 VO_2 + 1.106 VCO_2$ formülü (Weir, 1949) kullanılarak hesaplanmıştır.

SenseWear Armband lm: SWA, oklu sensörler ( boyutlu akselerometre, galvanik deri cevabı, vcda yakın evre sıcaklık, ısı akış ve terleme hızı sensörleri) ve spesifik algoritma yardımı ile EH'nı kestiren kablosuz, pratik, taşınabilir, uygulama ve değerlendirmede bilgi ve beceri gereksinimi düşük bir cihazdır. Katılımcının kişisel bilgileri yazılım programından (Sensewear Armband Pro Ver: 6.1) cihaza kayıt edildikten sonra sağ kolun triceps kası üzerine yerleştirilmiştir. Egzersizler esnasında SWA ile EH'nın kestirimi İKY ile eş zamanlı olarak yapılmıştır. Egzersiz sonlandırıldıktan sonra SWA'daki veri yazılım programı aracılığıyla bilgisayara aktarılmış ve son 5 dakika kayıt edilen EH'nın ortalaması kcal ve MET cinsinden kayıt edilmiştir.

Kalp Atım Hızı (KAH): KAH, gaz analiz sistemine entegre bir telemetrik KAH monitörü ile (Polar 810i, Finlandiya) 5 saniye aralıklarla kayıt edilmiş ve her eğim için son 5 dakikanın

ortalaması hesaplanmıştır.

Verilerin Analizi: Değişkenlerin normal dağılıma uyumu Kolmogorof-Smirnov Testi ile saptanmıştır. Tüm değişkenler için normal dağılımdan sapma önemsizdir ($p > 0.05$). Tanımlayıcı istatistikler yapıldıktan sonra farklı yöntem (İKY:Qb2,Weir; SWA) ve eğimin (-% 10, % 0, % 5, % 10) kcal cinsinden EH üzerine etkisi 3×4 (Yöntem \times Eğim); yöntem (İKY ve SWA) ve eğimin MET cinsinden EH üzerine etkisi 2×4 (Yöntem \times Eğim) tekrarlı ölçümlerde çift yönlü varyans analizi ile belirlenmiştir. Tekrarlı ölçümlerde küresellik varsayımının geçerliliği Mauchly testi ile saptanmıştır. Küresellik varsayımı yerine gelmeyen değişkenlerde Epsilon (ϵ) < 0.75 ise Greenhouse-Geisser, > 0.75 ise Huynh-Feldt düzeltmesi uygulanmıştır (Winter ve diğ., 2001). Deneme etkisinin boyutu için, kısmi eta kare (η^2) hesaplanmıştır. Kısmi η^2 ; 0.01 = küçük etki, 0.06 = orta etki ve 0.14 = büyük etki olarak sınıflandırılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon yöntemiyle belirlenmiştir. Verilerin analizinde SPSS 16.0 programı kullanılmış ve 0.05 yanılma düzeyi kullanılmıştır.

BULGULAR

Katılımcıların tanımlayıcı istatistikleri Tablo 1'de ve farklı eğimlerde yürüyüş egzersizi esnasında ölçülen fizyolojik cevaplar Tablo 2'de verilmiştir. Eğimin fizyolojik cevaplar üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur (V_E için $F_{1,24,19,8} = 329.3$; $p = 0.000$, VO_2 için $F_{1,71,27,4} = 807.5$; $p = 0.000$, KAH için $F_{1,51,24,17} = 127.3$; $p = 0.000$, SDO için $F_{1,42,22,7} = 16.7$; $p = 0.000$). Yürüyüş egzersizi esnasında ölçülen V_E , VO_2 ve KAH tüm eğimlerde birbirinden anlamlı derecede farklıdır. Buna karşılık pozitif % 10 eğimde ölçülen SDO tüm eğimlerden, % 5 eğimde ölçülen % 0 eğimden anlamlı derecede yüksek, negatif ve sıfır eğimde benzer bulunmuştur ($p < 0.05$, Tablo 2). Benzer şekilde sabit hızda yürüyüş esnasında eğimin de EH üzerine etkisi anlamlı bulunmuştur ($F_{3,48} = 278.0$; $p < 0.000$, $\eta^2 = 0.95$). Negatif %10 eğimde EH diğer eğimlerden anlamlı derecede düşüktür. Sıfır eğimden itibaren eğim arttıkça EH anlamlı derecede artış göstermiştir. Yürüyüş esnasında EH üzerine Yöntem \times Eğim etkileşimi de anlamlı bulunmuştur ($F_{2,13,34,0} = 284.8$; $p < 0.000$, $\eta^2 = 0.95$) (Şekil 1).

Sabit hızda değişik eğimlerde yürüyüş esnasında harcanan enerji üzerine yöntem etkisi

Tablo 2. Değişik eğimlerde yürüyüş egzersizine verilen fizyolojik cevaplar.

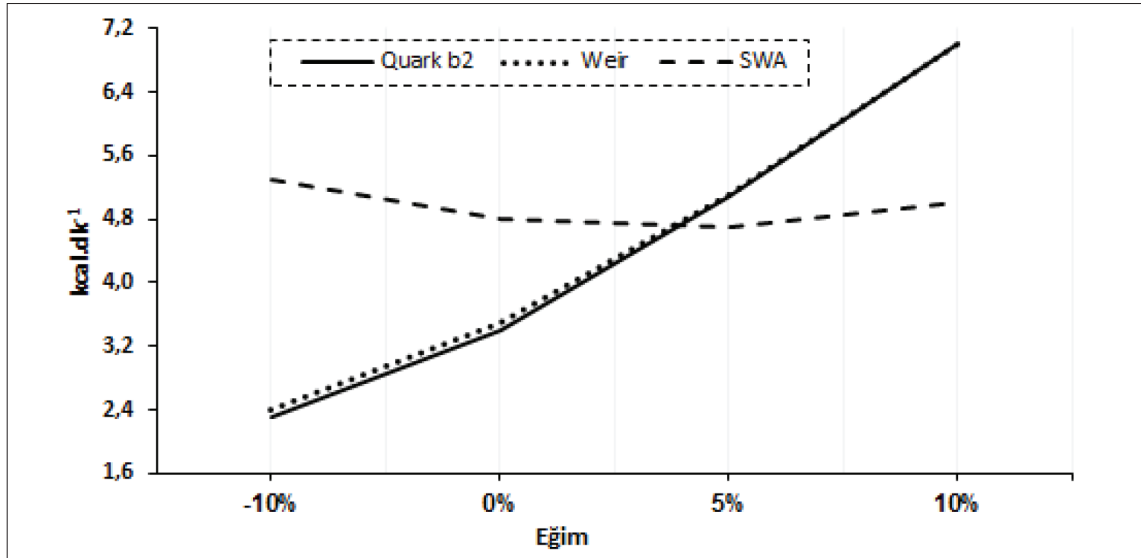
	Eğim (%)				F	Kısmi η^2
	-% 10	% 0	% 5	% 10		
VE (L.dk-1)	18.2 \pm 4.4	23.0 \pm 4.3	31.1 \pm 5.4	43.7 \pm 7.8	329.3*	0.95
VO2 (ml.kg-1.dk-1)	6.9 \pm 1.6	10.3 \pm 1.6	15.1 \pm 1.7	20.7 \pm 1.9	807.5*	0.98
SDO	0.920 \pm 0.07	0.909 \pm 0.06	0.936 \pm 0.06	0.975 \pm 0.07	16.67*	0.51
KAH (atım.dk-1)	95.8 \pm 9.4	102.6 \pm 9.2	114.3 \pm 12.2	138.4 \pm 17.5	127.3*	0.89

*p = 0.000 VE:Dakika ventilasyonu; VO2:Oksijen tüketimi; SDO:Solunum değişim oranı; KAH:Kalp atım hızı.

Tablo 3. Farklı eğimlerde yürüyüş egzersizi esnasında indirek kalorik yöntemde iki farklı formülle hesaplanan ve SenseWear Armband'dan kestirilen enerji harcaması.

Enerji harcaması (kcal.dk-1)	Eğim (%)			
	-10	0	5	10
Qb2	2.34 \pm 0.8	3.45 \pm 0.9	5.07 \pm 1.1	7.03 \pm 1.4
Weir	2.36 \pm 0.8	3.47 \pm 0.9	5.09 \pm 1.1	7.05 \pm 1.4
SWA	5.34 \pm 0.9	4.80 \pm 1.2	4.75 \pm 0.9	4.99 \pm 0.9

Qb2: Quark b2, SWA:SenseWear Armband



Şekil 1. Değişik eğimlerde yürüyüş esnasında indirek kalorimetrik yöntemde iki farklı formülle hesaplanan ve Armband'dan kestirilen EH.

Tablo 4. Değişik eğimlerde yürüyüş esnasında iki farklı yöntemle belirlenen MET değerleri.

		Eğim (%)			
		-% 10	% 0	% 5	% 10
İKY		2.0 ± 0.4	2.9 ± 0.5	4.3 ± 0.5	5.9 ± 0.5
SWA		4.8 ± 0.6	4.2 ± 0.6	4.2 ± 0.5	4.4 ± 0.4

İKY: İndirek kalorimetrik yöntem; SWA:SenseWear Armband

anlamlı bulunmuştur ($F_{2,16} = 10.14$; $p < 0.006$, $\eta^2 = 0.39$) (Tablo 3). SWA'dan kestirilen EH Qb^2 ve Weir'in formülünden, Weir formülünden belirlenen EH da Qb^2 'den anlamlı derecede yüksektir (Tablo 3). Sabit hızda farklı eğimlerde yürüyüş esnasında İKY'den hesaplanan MET değerleri, SWA'dan kestirilen MET değerlerinden anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($F_{1,16} = 21.9$; $p < 0.000$, $\eta^2 = 0.58$) (Tablo 4). Benzer şekilde MET değerleri üzerinde eğimin etkisi de anlamlıdır ($F_{3,48} = 147.6$; $p < 0.000$, $\eta^2 = 0.90$). Pozitif % 10

eğimde hesaplanan MET değeri diğer eğimlerden anlamlı derecede yüksektir ($p < 0.01$).

Negatif eğimde hesaplanan MET değerleri % 0 eğime benzer ($p > 0.05$), her ikisi % 5 eğimde hesaplanandan anlamlı derecede düşüktür. MET değerleri üzerine Yöntem x Eğim etkileşimi de anlamlı bulunmuştur ($F_{3,48} = 293.0$; $p < 0.000$, $\eta^2 = 0.95$) (Şekil 2).

Sabit hızda değişik eğimlerde yürüyüş esnasında İKY ile hesaplanan ve SWA'dan kestirilen kalori değerleri arasındaki korelasyon katsayıları

Tablo 5. Sabit hızda değişik eğimlerde yürüyüş esnasında indirek kalorimetrik yöntemle hesaplanan ve SenseWear Armband'dan kestirilen kalori değerleri arasındaki korelasyon katsayıları.

		Eğim (%)			
		-% 10	% 0	% 5	% 10
Weir X SWA		0.630*	0.719*	0.850*	0.717*
Qb^2 X SWA		0.632*	0.720*	0.852*	0.720*
Weir X Qb^2		1.00**	1.00**	1.00**	1.00**

* $p < 0.007$; ** $p = 0.000$

Tablo 6. Sabit hızda değişik eğimlerde yürüyüş esnasında İKY ile hesaplanan ve SenseWear Armband'dan kestirilen MET değerleri arasındaki korelasyon katsayıları.

	Eğim (%)			
	-% 10	% 0	% 5	% 10
İKY x SWA	0.097	0.420	0.303	0.305

İKY: İndirek kalorimetrik yöntem; SWA:SenseWear Armband

Tablo 5'de, MET değerleri arasındaki korelasyon katsayıları Tablo 6'de gösterilmiştir. Tüm eğimlerde Weir ve Qb²'den İKY'le hesaplanan EH değerleri arasında tam ilişki gözlenmiştir (Tablo 6).

Her iki formülle hesaplanan EH ve SWA'dan kestirilen EH arasında da anlamlı yüksek ilişkiler olmakla beraber, ilişki düzeyi eğime göre değişmektedir (Tablo 5). İKY ve SWA arasında en yüksek ilişki +%5 eğimde, en düşük ilişki-%10 eğimde gözlenmiştir (Tablo 5). Buna karşılık sabit hızda yürüyüş esnasında tüm eğimlerdeki EH, MET cinsinden hesaplandığında İKY ve SWA arasında anlamlı olmayan düşük korelasyon değerleri gözlenmiştir ($p>0.05$) (Tablo 6).

TARTIŞMA

Bu çalışma sabit hızda dört farklı (-%10, %0, %5, %10) eğimde yürüyüş esnasında giyilebilir teknoloji SWA ile kcal ve MET cinsinden kestirilen EH'nın geçerliliğini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmanın ana bulgularından birincisi, sabit hızda değişik eğimlerde yürüyüş esnasında SWA'dan kcal olarak kestirilen EH İKY ile karşılaştırıldığında anlamlı derecede yüksek, MET değerleri anlamlı derecede düşük olduğunu göstermiştir. Bununla beraber Yöntem x Eğim etkileşim istatistiğinin de anlamlı olması, SWA'dan kestirilen hem kcal hem de MET cinsinden EH'nın eğime bağlı olarak değiştiğini göstermektedir (Şekil 1 ve 2). İKY ile karşılaştırıldığında negatif ve sıfır eğimlerde SWA'dan kestirilen EH İKY'den düşük, pozitif eğimlerde yüksektir. Bu çalışma diğer bulgusu İKY'den hesaplanan EH değerlerinin formüle bağlı olarak değiştiğini göstermiştir.

Sabit hızda farklı eğimlerde V_E , VO_2 ve KAH cevaplarının en düşük negatif % 10, en yüksek pozitif %10 eğimde olması (Tablo 2) fizyolojik

stresin kasılma tipine bağlı olarak değiştiğini göstermektedir (Tablo 2). Ek olarak sabit hızda yürüyüş esnasında en düşük EH'nın negatif eğimde gerçekleşmesi ve %0 eğimden itibaren eğim arttıkça yükselmesi en düşük metabolik harcamanın da negatif eğimde gerçekleştiğini göstermektedir. Bu bulgular daha önce yapılan çalışmaların bulgularıyla uyumludur (Beaven ve diğ., 2014; Bigland-Ritchie ve Woods, 1976). Negatif ve pozitif eğimde alt ekstremite kasları sırasıyla eksentrik ve konsentrik kasılırlar. Bu iki kasılma arasındaki temel farklardan birisi eksentrik kasılmada daha yüksek kuvvet üretimi ikincisi daha düşük enerji maliyetidir (Franchi ve diğ., 2017; Hoppeler, 2016). Erkek ve kadınlarda kol ergometresinde değişik şiddetlerde yapılan eksentrik egzersizlerin tümünde V_E , KAH, kalp debisi ve SDO konsentrik egzersizlerden anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (Beaven ve diğ., 2014). Benzer şekilde motorize bisiklet ergometresinde yapılan ilk çalışmalardan birinde aynı şiddette egzersiz esnasında konsentrik kasılmada ölçülen VO_2 'nin eksentrik kasılmadan 6 kat yüksek olduğu gösterilmiştir (Bigland-Ritchie ve Woods, 1976). Aynı çalışmada elektromyografik aktivitenin eksentrik kasılmada konsentrik kasılmadan iki kat daha düşük olması (Bigland-Ritchie ve Woods, 1976), aynı iş yükü için gerekli kuvvetin daha az kas fibrili ile üretildiğinin ve bunun da metabolik harcamada azalmaya neden olduğunun bir göstergesi olarak kabul edilebilir. Konsentrik kasılma ile karşılaştırıldığında eksentrik kasılmada aktin ve myozin myoflamentleri arasında çapraz köprü döngüsünün daha hızlı gerçekleşmesi, eksentrik kasılmada daha düşük enerji maliyeti ile daha fazla kuvvet üretiminin temel nedeni olarak kabul edilmektedir (Franchi ve diğ., 2017). Eğimin SDO üzerine et-

kisi diğer fizyolojik cevaplardan kısmen farklıdır. Negatif ve sıfır eğimde llen SDO benzer bulunmuş sıfır eğimden itibaren pozitif eğimdeki artışa paralel olarak SDO da anlamlı derecede yükselmiştir. SDO değerlerinin büyümesi egzersiz metabolizmasında yakıt kullanımının serbest yağ asitlerinden karbonhidratlara kaydığının bir göstergesidir (Goedecke ve diğ.,2000). SDO değerlerinin negatif ve sıfır eğimde benzer olması yakıt kullanımında aynı metabolik süreçlerin gerçekleştiğini göstermektedir. Bu çalışmada kan laktat değerleri ölçülmemiş olmakla beraber, sabit yürüyüş hızına rağmen negatif eğimde SDO'nun düşük ve pozitif eğim arttıķa yükselmesi karbonhidratların baskın olarak kullanıldığının bir göstergesidir. Düşük, orta ve yüksek şiddetli egzersizlerde substrat konsantrasyonuna, enzim aktivitelerine ve plazma laktat konsantrasyonuna bağlı olarak SDO değerleri farklı sonuçlar vermektedir (Goedecke ve diğ., 2000). Dinlenik ve farklı egzersiz şiddetlerinde SDO'nun değerlendirildiği bir çalışmada, egzersiz şiddeti arttıķa ortalama SDO değerleri de artmıştır (Goedecke ve diğ., 2000). Kol ergometresinde değişik şiddetlerde yapılan eksentrik egzersizlerde kan LA değerlerinin ve SDO'nun konsentrik egzersizlerden düşük olması da (Beaven ve diğ., 2014) bu çalışmada elde edilen bulguları desteklemektedir.

nceki alışmalarda SWA'nın yüksek şiddetli fiziksel aktivitelerde EH'nı düşük, düşük şiddetli egzersizlerde ise yüksek kestirdiği gösterilmiştir (Dudley ve diğ., 2012; Reeve ve diğ., 2014; Rousset ve diğ., 2015; Soric ve diğ., 2012). Bu çalışmada elde edilen bulgular da önceki çalışmalardan elde edilen bulgularla uyumludur. Metabolik harcamanın düşük olduğu negatif eğimde (eksentrik kasılmada) SWA'dan kestirilen kcal.dk⁻¹cinsinden EH, Qb² ve Weir formüllerinden anlamlı derecede yüksek, metabolik harcamanın yüksek olduğu pozitif eğimde (konsentrik kasılmada) anlamlı derecede düşüktür (şekil 1). Fruin ve Rankin (2004), İKY'le karşılaştırdığında SWA'nın %0 eğimdeki yürüyüşte EH'nı (kcal.dk⁻¹) alışmamızda olduğu gibi daha yüksek, hızın da artırıldığı %5 eğimde ise daha düşük kestirdiğini rapor etmişlerdir. Benzer şekilde negatif %25

eğimden pozitif % 25 eğime kadar sabit hızda yürüyüş egzersizlerinde İKY'le karşılaştırıldığında SWA'nın EH'nı doğru kestiremediği ve eğim arttıķa farkın büyüdüğü gösterilmiştir (Vernillo ve diğ., 2015). Araştırmacılar SWA'nın eğime (kasılma tipine) bağlı olarak farklı kestirimlerde bulunmasının SWA'daki akselerometrenin genel olarak arazi eğimini algılamamasından, pozitif ya da negatif eğimi hesaba katmaksızın düz zemin şartları varsayımı altında EH'nı değerlendirdiği rapor edilmiştir (Vernillo ve diğ., 2015). SWA'nın EH'nı negatif eğimde yürüyüş esnasında eksik kestirmesi, pozitif eğimde ise fazla kestirmesi bu çalışmanın bulgularını desteklemektedir. Hiremath ve Ding (2011)'in spinal kord hasarı bulunan bireylerle yaptıkları çalışmada dinlenik de dhil olmak üzere 3 farklı şiddette yapılan tekerlekli sandalye sürme ve kol ergometre egzersizlerinde portatif indirek kalorimetriye kıyasla SWA'dan kestirilen EH'nın yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Qb²'nin referans yöntem olduğu başka bir çalışmada ise kürek egzersizinde enerji tüketimleri kcal.dk⁻¹cinsinden hesaplanmıştır. İKY ile karşılaştırıldığında %50 VO_{2maks} şiddetinde SWA'dan kestirilen EH'nın yüksek, %70 VO_{2maks} şiddetinde ise benzer bulunmuştur. Çalışmamızda sabit hızda farklı eğimlerde yürüyüş esnasında EH MET cinsinden değerlendirildiğinde kcal EH'nın aksine İKY'den hesaplanan MET değerleri, SWA'dan kestirilen MET değerlerinden anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Bunun yanında Yöntem x Eğim etkileşim istatistiğinin anlamlı olması metabolik harcamaya bağlı olarak SWA'dan elde edilen MET değerlerinin değerken olduğunu ve düşük şiddetlerde yüksek, yüksek şiddetlerde düşük olduğunu göstermektedir (şekil 2). Dudley ve diğ. (2012)'nin yaptıkları bir çalışmanın bulguları da bu çalışmanın bulgularıyla uyumludur. İKY ile karşılaştırıldığında tenis ve koşu aktivitelerinde SWA'dan kestirilen MET değerlerinin anlamlı derecede daha düşük, yürüyüş aktivitelerinde ise yüksek olduğu rapor edilmiştir (Dudley ve diğ. 2012). SWA'nın geçerliğini değerlendirmek amacıyla yapılan başka bir çalışmada da, bireylerin hızlarını kendilerinin belirlediği zorlayıcı hızda olmak şartıyla yapılan tek sıra paten ak-

tivitesinde, İKY'e kıyasla SWA'dan elde edilen EH ($\text{kJ}\cdot\text{dk}^{-1}$) ve MET değerleri anlamlı derecede daha düşük bulunmuştur (Soric ve diğ., 2012).

Çalışmamızda tüm eğimlerde sabit hızda yürüyüş esnasında İKY'de Weir ve Qb^2 'den hesaplanan EH değerleri arasında tam ilişki gözlenmiştir (Tablo 5). Her ne kadar iki formülden hesaplanan EH arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptandıysa da tüm eğimlerde (-%10, %0, %5 ve %10) fark ortalama $0.02 \text{ kcal}'\text{dir}$. Bir başka deyişle herhangi bir eğimde bu çalışmada kullanılan sabit hızda 100 dk yürüyüş yapıldığında iki formül arasındaki ortalama EH 2 kcal olacaktır. Bu nedenle iki formülün birbiri yerine kullanılabileceği söylenebilir. Buna karşılık iki formülle hesaplanan EH ve SWA'dan kestirilen EH arasında da anlamlı yüksek ilişkiler olmakla beraber, ilişki düzeyi eğime göre değişmektedir. İKY ve SWA arasında en yüksek ilişki +%5 eğimde, en düşük ilişki-%10 eğimde gözlenmiştir. Benzer şekilde, eğimsiz ve farklı eğimlerde yapılan yürüyüşte SWA'dan elde edilen enerji tüketiminin ($\text{kcal}\cdot\text{dk}^{-1}$) İKY ile karşılaştırıldığı farklı bir çalışmada, +%5 ve -%5 eğimde yüksek ilişki; -%15 eğimde orta dereceli bir ilişki bulunmuştur (Vernillo ve diğ., 2015). Calabro ve diğ.'nin (2014), farklı aktivite monitörlerini portatif indirekt kalorimetri ile karşılaştırdığı çalışmada da, İKY ve SWA'dan elde edilen toplam EH (kcal) arasında yüksek ilişki bulunmuştur. Qb^2 'nin referans yöntem olduğu başka bir çalışmada ise kürek egzersizinde EH hesaplanmış ve düşük ve orta şiddetteki egzersizlerde SWA ve Qb^2 arasında anlamlı derecede yüksek ilişkiler saptanmıştır (Erdoğan ve diğ., 2010). Spinal kord hasarı bulunan bireylerde yapılan çalışmada da, dinlenik de dahil olmak üzere, 3 farklı uygulama şiddetinde yapılan tekerlekli sandalye sürme ve kol ergometre egzersizlerinde enerji harcamasının ($\text{kcal}\cdot\text{dk}^{-1}$) hesaplanmasında SWA ve İKY arasında yüksek ilişki bulunmuştur (Hiremath ve Ding, 2011). İKY ve SWA'nın karşılaştırıldığı başka bir çalışmada ise, düşük egzersiz şiddetinde iki hesaplama arasındaki korelasyon yüksektir, ancak çalışmamızdan farklı olarak hız ve eğim artışına bağlı egzersiz şiddeti arttıkça korelasyon düşmüştür (Fruin ve Rankin, 2004). Buna karşın Soric ve diğ. (2012)'nin yapmış

olduğu çalışmada ise, zorlayıcı hızda olmak şartıyla bireylerin hızlarını kendilerinin belirlediği tek sıra paten aktivitesinde, SWA ve İKY arasında ($\text{kJ}\cdot\text{dk}^{-1}$) yüksek ilişki bulunmuştur. Çalışmamızda sabit hızda yürüyüş esnasında tüm eğimlerdeki EH $\text{kcal}\cdot\text{dk}^{-1}$ cinsinden değerlendirildiğinde İKY ve SWA arasında anlamlı yüksek ilişkiler bulunmasına rağmen MET cinsinden hesaplandığında anlamlı olmayan düşük korelasyon değerleri gözlenmiştir.

Bu çalışmada kalorik harcamanın indirek olarak ölçülmesinde kullanılan iki farklı formül yanında her ikisi referans olarak kullanılarak giyilebilir teknoloji (SWA) ile EH'nın geçerliği, değişik eğimlerde sabit bir yürüyüş hızında değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın bulguları farklı eğimlerde sabit hızda yürüyüş esnasında İKY'de farklı formüllerden hesaplanan EH değerlerinin birbiri yerine kullanılabileceğini ve EH'nın eğime bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Buna karşılık hem kcal hem de MET cinsinden EH'nın değerlendirilmesinde kullanılan giyilebilir teknoloji olan SWA'nın İKY yerine kullanılamayacağını göstermiştir. Bu nedenle giyilebilir teknolojilerle EH'nın ölçümü, özellikle farklı negatif eğimlerde daha düşük ve daha yüksek hızlar kullanılarak sorgulanmalıdır. Bu çalışmada ve diğer çalışmalarda elde edilen bulgular farklı şiddetlerdeki egzersizlerde EH'nı hesaplamada SWA'dan daha doğru değerlendirmeler alabilmek için egzersiz tipine ve popülasyona özel algoritmalara ihtiyaç olduğunu göstermektedir.

Yazar notu:

Bu çalışmanın geniş bir özeti

01-04 Kasım 2016 tarihinde Antalya'da düzenlenen

14. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi'nde sözel bildiri olarak sunulmuştur.

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

1. **Beaven CM, Willis SJ, Cook CJ, Holmberg HC.** (2014). Physiological comparison of concentric and eccentric arm cycling in males and females. *PLoS One*, 9(11), e112079.
2. **Benito PJ, Neiva C, Gonzalez-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), 3155-3159.
3. **Bigland-Ritchie B, Woods JJ.** (1976). Integrated electromyogram and oxygen uptake during positive and negative work. *The Journal of Physiology*, 260(2), 267-77.
4. **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.
5. **Brazeau AS, Beaudoin N, BÉlisle V, Messier V, Karelis AD, Rabasa-Lhoret R.** (2016). Validation and reliability of two activity monitors for energy expenditure assessment. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(1), 46-50.
6. **Brazeau AS, Karelis AD, Mignault D, Lacroix MJ, Prud' Homme D, Rabasa-Lhoret R.** (2011). Accuracy of the Sensewear Armband™ during ergocycling. *International Journal of Sports Medicine*, 32(10), 761-764.
7. **Calabro M, Lee JM, Saint-Maurice PF, Yoo H, Welk GJ.** (2014). Validity of physical activity monitors for assessing lower intensity activity in adults. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 11-119.
8. **Çolakoğlu FF, Karacan S.** (2006). Genç bayanlar ile orta yaş bayanlarda aerobik egzersizin bazı fizyolojik parametrelere etkisi. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 14(1), 277-284.
9. **De Ste Croix M, Deighan M, Armstrong N.** (2007). Functional eccentric-concentric ratio of knee extensors and flexors in pre-pubertal children, teenagers and adult males and females. *International Journal of Sports Medicine*, 28(9), 768-772.
10. **Dudley P, Bassett DR, John D, Crouter SE.** (2012). Validity of a multi-sensor Armband for estimating energy expenditure during eighteen different activities. *Journal of Obesity & Weight Loss Therapy*, 2, 146.
11. **Duffield R, Dawson B, Pinnington H C, Wong P.** (2004). Accuracy and reliability of a Cosmed K4b² portable gas analysis system. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 7(1), 11-22.
12. **Erdoğan A, Çetin C, Karatosun H, Baydar ML.** (2010). Accuracy of the Polar S810i TM heart rate monitor and the Sensewear Pro Armband™ to estimate energy expenditure of indoor rowing exercise in overweight and obese individuals. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(3), 508-516.
13. **Franchi MV, Reeves ND, Narici MV.** (2017). Skeletal muscle remodeling in response to eccentric vs. concentric loading: morphological, molecular, and metabolic adaptations. *Frontier Physiology*, 8(447), 1-16.
14. **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), 1063-1069.
15. **Goedecke JH, Gibson ASC, Grobler L, Collins M, Noakes TD, Lambert EV.** (2000). Determinants of the variability in respiratory exchange ratio at rest and during exercise in trained athletes. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 279(6):E1325-1334.
16. **Hermann A, Ried-Larsen M, Jensen AK, Holst R, Andersen LB, Overgaard S, ve diğ.** (2014). Low validity of the Sensewear Pro3 activity monitor compared to indirect calorimetry during simulated free living in patients with osteoarthritis of the hip. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 15-43.
17. **Hiremath SV, Ding D.** (2011). Evaluation of activity monitors to estimate energy expenditure in manual wheelchair users. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, 34(1), 110-117.
18. **Hoppeler H.** (2016). Moderate load eccentric Exercise; a distinct novel training modality. *Frontiers in Physiology*, 483(7), 1-12.
19. **Howe CC, Matzko RO, Piaser F, Pitsiladis YP, Easton, C.** (2014). Stability of the K4b² portable metabolic analyser during rest, walking and running. *Journal of Sports Sciences*, 32(2), 157-163.
20. **Jakicic JM, Marcus M, Gallagher KI, Randall CE, Thomas E, Goss FL, ve diğ.** (2004). Evaluation of the Sense Wear Pro Armband to assess energy expenditure during exercise. *Medicine&Science in Sports&Exercise*, 36(5), 897-904.
21. **Johannsen DL, Calabro MA, Stewart J, Franke W, Rood JC, Welk GJ.** (2010). Accuracy of Armband monitors for measuring daily energy expenditure in healthy adults. *Medicine&Science in Sports&Exercise*, 42(11), 2134-2140.
22. **King GA, Torres N, Potter C, Brooks TJ, Coleman KJ.** (2004). Comparison of activity monitors to estimate energy cost of treadmill exercise. *Medicine&Science in Sports&Exercise*, 36(7), 1244-1251.
23. **Koehler K, Braun H, De Mare'es M, Fusch G, Fusch C, Schaezner W.** (2011). Assessing energy expenditure in male endurance athletes: validity of the Sensewear Armband. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(7), 1328-1333.
24. **Mackey DC, Manini TM, Schoeller DA, Koster A, Glynn NW, Goodpaster BH, ve diğ.** (2011). Health, aging, and body composition study. Validation of an Armband to measure daily energy expenditure in older adults. *The Journals of Gerontology: Series A*, 66(10), 1108-1113.

25. **McLaughlin JE, King GA, Howley ET, Bassett DR, Ainsworth BE.** (2001). Validation of the COSMED K4b² portable metabolic system. *International Journal of Sports Medicine*, 22(4), 280-284.
26. **Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K.** (2006). Cardiovascular responses induced during high-intensity eccentric and concentric isokinetic muscle contraction in healthy young adults. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 26(1), 39-44.
27. **Porcari JP, Hendrickson TL, Walter PR, Terry L, Walsko G.** (1997). The physiological responses to walking with and without Power Poles™ on treadmill exercise. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 68(2), 161-166.
28. **Quirk H, Blake H, Tennyson R, Randell TL, Glazebrook C.** (2014). Physical activity interventions in children and young people with Type 1 diabetes mellitus: a systematic review with meta-analysis. *Diabetic Medicine*, 31(10), 1163-1173.
29. **Reeve MD, Pumpa KL, Ball N.** (2014). Accuracy of the SenseWear Armband Mini and the BodyMedia FIT in resistance training. *Journal of Science & Medicine in Sport*, 17(6), 630-634.
30. **Rousset S, Fardet A, Lacomme P, Normand S, Montaurier C, Boirie Y, ve diğ.** (2015). Comparison of total energy expenditure assessed by two devices in controlled and free-living conditions. *European Journal of Sport Science*, 15(5), 391-399.
31. **Sağlam M, Arikan H, Savcı S, Inal-Ince D, Bosnak-Guclu M, Karabulut E, ve diğ.** (2010). International physical activity questionnaire: reliability and validity of the Turkish version. *Perceptual and Motor Skills*, 111(1), 278-84.
32. **Soric M, Mikulic P, Misigoj-Durakovic M, Ruzic L, Markovic G.** (2012). Validation of the Sensewear Armband during recreational in-line skating. *European Journal of Applied Physiology*, 112(3), 1183-1188.
33. **Speakman JR, Selman C.** (2003). Physical activity and resting metabolic rate. *Proceeding of the Nutrition Society*, 62(3), 621-634.
34. **Takacs J, Pollock CL, Guenther JR, Bahar M, Napier C, Hunt MA.** (2014). Validation of the Fitbit One activity monitor device during treadmill walking. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(5), 496-500.
35. **Thomas NE, Baker JS, Davies B.** (2003). Established and recently identified coronary heart disease risk factors in young people: the influence of physical activity and physical fitness. *Sports Medicine*, 33(9), 633-50.
36. **Van Hoye K, Mortelmans P, Lefevre J.** (2014). Validation of the SenseWear Pro³ Armband using an incremental exercise test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(10), 2806-2814.
37. **Vernillo G, Savoldelli A, Pellegrini B, Schena F.** (2015). Validity of the SenseWear Armband to assess energy expenditure in graded walking. *Journal of Physical Activity and Health*, 12(2), 178-183.
38. **Walker EJ, McAinch AJ, Sweeting A, Aughey RJ.** (2015). Inertial sensors to estimate the energy expenditure of team-sport athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(2), 177-181.
39. **Weir JB.** (1949). New methods for calculating metabolic rate with special reference to protein metabolism. *Journal of Physiology*, 109(1-2), 1-9.
40. **Westerterp KR.** (2013). Physical activity and physical activity induced energy expenditure in humans: measurement, determinants, and effects. *Frontiers in Physiology*, 4(90), 1-11.
41. **Wu Y, Li RC, Maffulli N, Chan KM, Chan JL.** (1997). Relationship between isokinetic concentric and eccentric contraction modes in the knee flexor and extensor muscle groups. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 26(3), 143-9.

