

Antropometrik Özelliklerin Tercih Edilen Yürüme Hızı ve Yürüme Sırasında Harcanan Enerji Miktarına Etkileri: Oksijen Maliyeti-Oksijen Tüketimi

Influence of Anthropometric Characteristics on Preferred Walking Speed and Walking Energy Consumption: Cost & Consumption of Oxygen

Uğur DAL¹, A.Taner ERDOĞAN², Aşlıgül CÜREOĞLU¹, Bora REŞİTOĞLU¹, İltter HELVACI³, Hüseyin BEYDAĞI¹

¹Mersin Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Mersin

²Mersin Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Mersin

³Mersin Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyoistatistik Anabilim Dalı, Mersin

Özet

Amaç: Yürüme sırasında enerji sarfiyatı ölçümü, yürümenin objektif bir şekilde değerlendirilmesini sağlar. Antropometrik özellikler yürüme sırasında harcanan enerji miktarını etkileyebileceğinden, enerji sarfiyatındaki değişikliğin ne kadarının antropometrik özelliklere bağlı olduğu bilinmelidir. Bu çalışmada antropometrik özelliklerin yürüme sırasındaki hız seçimi ve enerji tüketimine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

Yöntem: Yaşları 17-42 arasında değişen (24.51±5.66 yıl) 30 birey çalışmaya alındı. Vücut yağ yüzdesinin hesaplanması için deri kıvrım kalınlıkları ve bacak uzunluğu olarak spina iliaca anterior superior ile malleolus medialis arasındaki mesafe ölçüldü. Her birey için zeminde tercih edilen yürüme hızı belirlendi. Bireyler bu hız ile koşu bandında 7 dakika yürütülerek oksijen tüketimleri açık devre spirometri tekniği ile kayıt edildi.

Bulgular: Vücut ağırlığı ve bacak uzunluğu yürüme sırasında hız seçimi varyansının %21.1'ini açıklamaktadır. Yürüme sırasında harcanan oksijen miktarı ile bacak uzunluğu ($r=0.543$, $p<0.01$) ve vücut ağırlığı ($r=0.616$, $p<0.01$) arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Yürümenin oksijen maliyeti ile bacak uzunluğu ve vücut ağırlığı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir ($p>0.05$). Vücut ağırlığı, bacak uzunluğu ve tercih edilen yürüme hızı, yürüme sırasında harcanan oksijen miktarındaki değişimin %77.5'ini, yürümenin oksijen maliyetindeki değişimin ise %2.2'sini açıklamaktadır.

Sonuç: Vücut ağırlığı ve bacak uzunluğu yürüme sırasında hız seçimi ve oksijen tüketimini etkileyen önemli parametrelerdir. Oksijen maliyetinin hesaplanmasında, vücut ağırlığının ve yürüme hızının etkisi ortadan kalktığı için, farklı antropometrik özellikteki bireylerin yürüme enerji sarfiyatları karşılaştırılırken oksijen tüketimi yerine oksijen maliyeti parametresinin kullanılmasının daha uygun olabileceği düşünülmüştür.

Anahtar sözcükler: antropometri, enerji, oksijen tüketimi, yürüme

Abstract

Objective: Measurement of walking energy consumption provides objective evaluation of gait. As anthropometric characteristics may affect walking energy consumption, anthropometric characteristics related change in energy consumption should be known. It was aimed to investigate the influence of anthropometric characteristics on preferred walking speed and energy consumption.

Method: Thirty subjects in the age range of 17 and 42 (mean: 24.51±5.66 years) were included to this study. Body fat percentage was determined using skinfold method. Also, leg-length was measured as the distance between the spina iliaca anterior superior and the medial malleolus for the same purpose. Preferred walking speed was measured on overground for each subject. Oxygen consumption was recorded while subjects walked on a treadmill at a predetermined speed for 7 min.

Results: Body-mass and leg-length accounted for 21.1 % of the variation in the preferred walking speed. Statistically significant correlation was found between oxygen consumption upon walking and both leg-length ($r=0.543$, $p<0.01$) and body-mass ($r=0.616$, $p<0.01$). No statistically significant correlation was determined between oxygen cost of treadmill walking and both leg-length and body-mass ($p>0.05$). Body-mass, leg-length and preferred walking speed accounted for 77.5 % of the variation in oxygen consumption upon walk and 2.2 % of the variation in oxygen cost.

Conclusion: Body-mass and leg-length are important parameters influencing selecting the speed of walk and oxygen consumption. As the influence of body-mass and walking speed are ignored in calculating oxygen cost of walking, it would be more appropriate to use oxygen cost while comparing the walking energy expenditure of subjects with different anthropometric characteristics.

Key words: anthropometry, energy, gait, oxygen consumption.

Mersin Univ Sağlık Bilim Derg, 2010;3(1):9-14

Geliş Tarihi : 08.05.2010

Kabul Tarihi : 18.08.2010

Yazışma Adresi:

Dr. Uğur DAL

Mersin Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı,
Mersin

Tel : 0-324-3412815/1026

Faks : 0-324-3412400

E-posta : drugurdal@gmail.com

Giriş ve Amaç

Yürüme eylemi, enerji sarfiyatının minimum düzeyde tutularak vücudun uzayda düzgün biçimde ilerlemesidir. Düzgün şekilde ilerleyen gövdenin yanı sıra, uzuvların hareketi ile baş, kollar ve gövdenin ağırlık merkezlerinin dikey ve yatay yönde simetrik, düşük genlikli yer değişiminin sağlanması hedeflenir. Ağırlık merkezlerindeki yer değişiminin az olması sonucu kinetik ve potansiyel enerji korunmuş olur (1). Yürüme sırasındaki enerji sarfiyatı genel olarak oksijen tüketimi ve oksijen maliyeti parametreleri kullanılarak ifade edilmektedir. Submaksimal yüklerle yapılan egzersizlerde enerji elde edilmesi sürecinde başlıca oksijen kullanılmaktadır, bu nedenle enerji tüketimi yerine oksijen tüketimi ifadesi kullanılabilir (2). Oksijen tüketimi ile birim zamanda harcanan oksijen miktarı ifade edilir ve özellikle sarf edilen eforu yansıtır (l/dk). Oksijen maliyeti ise katedilen mesafe başına harcanan oksijen miktarına (ml/kg/m) işaret eder ve esas olarak yürüme etkinliğinin bir ölçümüdür (3). Yürüme etkinliği veya verimliliği terimleri, yürümenin enerjiyi ve zamanı boşa harcamadan ne kadar başarılı yapıldığının bir göstergesi olarak kullanılmaktadır.

Yürümenin enerji sarfiyatı ölçümü ile yürümedeki sorunlar kantitatif olarak tespit edilebilir. Bu yöntem, egzersiz fizyolojisi çalışmalarından adapte edilmiş fonksiyonel bir değerlendirme metodudur. Yürüme sırasındaki enerji sarfiyatı ölçümü, rehabilitasyon çalışmalarında, engelin yürüme üzerine etkisini değerlendirmek ve yapılan bir dizi ölçümlerle zaman içerisindeki iyileşme veya gerilemenin tespiti amacıyla da kullanılabilir (1). Diz altı amputasyonlu veya inme geçiren hastalarda rehabilitasyon tedavisinin hedefi orteze ya da protezle etkin ve bağımsız bir hareketlilik sağlamaktır (4-6). Bu hasta gruplarında yürüme için gereken enerji miktarında normal kişilere göre artış vardır (4,7).

Yürüme sırasında tercih edilen hız genel yürüme performansının iyi bilinen bir göstergesidir ve sıklıkla lokomotor faaliyeti değerlendirmek için kullanılır (8). Tercih edilen yürüme hızı (TEYH) ve bacak boyu yürüme sırasında harcanan enerji miktarını etkileyebilir (1,9). Fakat bu iki parametre, yürüme sırasında enerji tüketiminde kişiler arasında gözlenen farkın tamamını açıklayamamaktadır (9). Yürüme sırasında harcanan enerji miktarındaki değişiklikler kişinin antropometrik özelliklerinden veya yürümedeki sorunlardan da kaynaklanabilir. Bu nedenle yürüme sırasında meydana gelebilecek değişikliğin ne kadarının antropometrik

özelliklere bağlı olduğunu bilmek önemli hale gelmektedir (10). Bu çalışmada antropometrik özelliklerin yürüme sırasındaki bireysel hız seçimine ve enerji tüketimi parametreleri olan oksijen tüketimi ve oksijen maliyetine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

Yöntem

Çalışmaya yaşları 17-42 arasında değişen (24.51±5.66 yıl) toplam 32 gönüllü birey (11 erkek, 10 bayan) katıldı. Tüm bireylerden test öncesi yazılı onam alındı. Katılımcılardan, enerji tüketimini etkileyebilecek hastalığı (diyabet, hipertiroidi, hipotiroidi, hipertansiyon vb.) ve yürümeyi değiştirebilecek ortopedik sorunları olanlar çalışmaya dahil edilmedi (n=2). Her bireyin test öncesi fiziksel aktiviteye hazır olup olmadıkları anket uygulanarak değerlendirildi (11). Daha sonra test için uygun kişilerin (n=30) antropometrik ölçümleri (vücut ağırlığı, boy, vücut kompozisyonu) yapıldı. Bireylerin boy ölçümleri için ayakta durmaları, vücut ağırlığı ölçümleri için ise hafif kıyafetler giymeleri istendi. Vücut kompozisyonunun hesaplanması için deri kıvrım kalınlıkları kaliper (Holtain LTD, Crymych, İngiltere) kullanılarak 3 farklı bölgeden (suprailiak/abdomen, triceps, uyluk) 3'er kez ve daima sağ taraftan ölçüldü. Vücut kompozisyonu hesaplamaları Jackson-Pallock Eşitlikleri ve Siri Formülü kullanılarak yapıldı (12,13). Vücut kitle indeksi (VKİ), kilogram cinsinden vücut ağırlığının metre cinsinden boyun karesine bölünmesiyle hesaplandı. Bacak uzunluğu, spina iliaca anterior superior ile malleolus medialis arasındaki mesafe olarak kabul edildi. Her iki bacak uzunluğu aynı araştırmacı tarafından iki kez ölçülüp ortalamaları hesaplandı ve analiz için sağ bacak uzunluğu dikkate alındı (14). Katılımcıların test günü egzersiz yapmamaları ve en az 4 saatlik açlıkla laboratuara gelmeleri istendi (15).

Tercih Edilen Hız Tespiti

Bireylerin 14 metrelik düz bir parkurda tercih ettikleri hızda yürümeleri istendi. Bu parkur 2. ve 12. metrelerinde bulunan kızılötesi sensörlerle bireyin 10 m mesafeyi kat etme süresi elde edildi ve bu süre kullanılarak TEYH hesaplandı. Parkurda yürüme 3 defa tekrarlanarak hızların ortalamaları alındı. Sensörlerin bu şekilde yerleşimi ile yürümenin başlangıcındaki hızlanma ve sonundaki yavaşlamanın etkileri ortadan kaldırılmaya çalışıldı. Hız tespitinden sonra bireylerin yürüme tecrübeleri dikkate alınmaksızın en az 10 dk koşu bandında (Viasys Health Care, USA) düşük hızlardan başlayarak TEYH'na kadar ulaşan hızlarda yürüme alıştırmaları yapıldı (16). Koşu bandının eğimi 0° olarak ayarlandı ve kişilerin yürüme sırasında koşu bandı barlarına tutunmaları engellendi. Bireyler belirlenen bu hız ile koşu bandında 7 dk yürütülerek oksijen tüketimi ölçümü yapıldı.

Yürüme Sırasında Enerji Tüketimi Ölçümü

Oksijen tüketimi ölçümleri indirekt kalorimetri tekniği ile metabolik analizör (Vmax 29c Sensormedics USA) kullanılarak yapıldı. Cihaz her testten önce mutlaka üreticilerin önerileri doğrultusunda uygun gazlarla ve 3 lt'lik kalibrasyon şırıngası ile kalibre edildi. Laboratuvar ortamı klima yardımıyla, sıcaklık 20-24⁰ C ve nem ise %50 civarında olacak şekilde ayarlandı. Oksijen tüketimi ölçümü için solunum havası örnekleme maske ile her nefeste (breath by breath) yapıldı. Yedi dakikalık yürüme sırasında oksijen tüketimi ölçümlerinin son 2 dakikası kararlı durum (steady state) olarak kabul edilip ortalaması alınarak oksijen tüketimi hesaplandı (5,17). Yürümenin kişilerde yarattığı metabolik etkinin ve egzersiz yoğunluğunun takibi için de solunumsal değişim oranı (RER- respiratory exchange ratio) dikkate alındı.

İstatistiksel Değerlendirme

Verilerin istatistiksel analizinde SPSS (v. 11.5; SPSS INC. 2002, Lead. Technology) paket programı kullanıldı. Tanıtıcı istatistik tablolarında, parametrelere ait ortalama ve standart sapma değerleri verildi. Değişkenlere ait verilerin normal dağılıma uygunluk gösterip göstermediklerini kontrol etmek için Shapiro-Wilk Testi kullanıldı. Normal dağılmayan değişkenlere (vücut ağırlığı, bacak uzunluğu, yağsız vücut kitlesi) log₁₀ transformasyonu uygulandı ve hesaplanan yeni değerler için yapılan normal dağılıma uygunluk testinde yağsız vücut kitlesi hariç diğer iki değişkenin normal dağıldıkları saptandı. Korelasyon analizinde, yağsız vücut kitlesi için Spearman korelasyon analizi, diğerleri için Pearson korelasyon analizi uygulandı. Antropometrik değişkenlerin oksijen tüketimindeki varyasyonun ne kadarını açıkladığını hesaplamak için regresyon analizi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi p<0.05 olarak kabul edildi. Grafiklerin çizimi için GraphPad v3 programından yararlanıldı.

Bulgular

Çalışmaya katılan 30 bireyden (11 erkek, 19 bayan) elde edilen demografik ve antropometrik verilerin ortalama değerleri ve standart sapmaları Tablo 1'de verilmiştir.

TEYH ile vücut ağırlığı, bacak uzunluğu, VKİ, vücut yağ yüzdesi ve yağsız vücut kitlesi arasında korelasyon analizi yapıldı. TEYH ile vücut ağırlığı (r=-0.405, p<0.05) ve VKİ arasında (r=-0.422, p<0.05) negatif yönlü istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulundu. TEYH ile bacak uzunluğu, vücut yağ yüzdesi ve yağsız vücut kitlesi arasında anlamlı bir ilişki saptanmadı (p>0.05). Yapılan regresyon analizine göre vücut ağırlığı ve bacak uzunluğu parametreleri yürüme sırasında hız seçimi değişiminin %21.1'ini açıklamaktadır. Bu iki parametreden varyansa en fazla etkisi olan parametrenin %16.4 ile vücut ağırlığı olduğu gözlemlendi. Bacak uzunluğunun katkısı ise %1.2'idi.

Yürüme sırasında harcanan oksijen miktarı (l/dk) ile vücut ağırlığı, bacak uzunluğu, VKİ, vücut yağ yüzdesi, yağsız vücut kitlesi ve TEYH arasında korelasyon analizi yapıldı. Yürüme sırasında harcanan oksijen miktarı ile vücut ağırlığı (r=0.616, p<0.01), bacak uzunluğu (r=0.543, p<0.01), VKİ (r=0.407, p<0.05), yağsız vücut kitlesi

(r=0.609, p<0.01) arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu; yürüme sırasında harcanan oksijen miktarı ile vücut yağ yüzdesi ve TEYH arasında ise istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığı saptandı (p>0.05).

Oksijen maliyetinin (ml/kg/m) ise, vücut ağırlığı, bacak uzunluğu, VKİ, vücut yağ yüzdesi, yağsız vücut kitlesi ve TEYH ile anlamlı bir ilişkisi bulunmadı (p>0.05). Yürüme hızı ve enerji sarfiyatı değerleri Tablo 2'de gösterilmiştir.

İstatistiksel değerlendirmede uygulanan regresyon analizine göre vücut ağırlığı, bacak uzunluğu ve TEYH parametreleri yürüme sırasında harcanan oksijen miktarındaki (l/dk) değişimin %77.5'ini açıklamaktadır. Bu parametreler tek tek incelendiğinde ise varyansa en fazla etkisi olan parametrenin %37.9 ile vücut ağırlığı olduğu saptandı. Bunu %29.5 ile bacak uzunluğu ve %10.4 ile TEYH izledi. Antropometrik özellikler ile oksijen tüketimi miktarı değişimi arasındaki regresyon analizi sonuçları Şekil 1'de gösterilmiştir.

Uygulanan regresyon analizi sonuçlarına göre, vücut ağırlığı, bacak uzunluğu ve TEYH parametreleri ise yürümenin oksijen maliyetindeki değişimin %2.2'sini açıklamaktadır.

Tablo 1. Çalışmaya katılan tüm bireylerin demografik ve antropometrik özellikleri (ortalama ve standart sapma (SS) olarak verildi).

	Ortalama (n=30)	SS
Yaş (yıl)	24.13	5.66
Boy (cm)	168.80	9.08
Vücut ağırlığı (kg)	65.83	13.64
Bacak Uzunluğu (cm)	87.84	4.83
VKİ (kg/m ²)	22.99	3.51
Vücut Yağ Yüzdesi (%)	20.01	6.65
Yağsız Vücut Kitlesi (kg)	52.43	10.72
Vücut Yağ Kitlesi (kg)	13.40	5.81

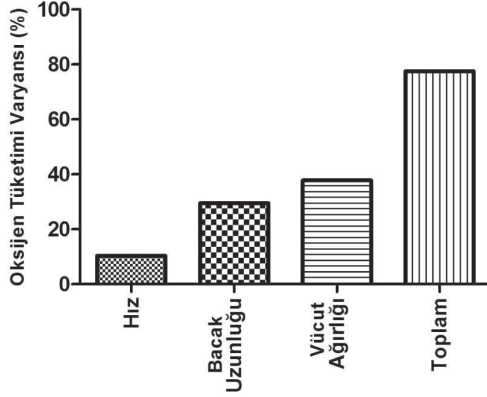
VKİ: Vücut Kitle İndeksi

Tablo 2. Yürüme hızı ve enerji sarfiyatı değerleri (ortalama ve standart sapma (SS) olarak verildi).

	Ortalama (n=30)	SS
Hız (m/dk)	84.27	11.88
Oksijen Tüketimi (l/dk)	0.80	0.16
Oksijen Maliyeti (ml/kg/m)	0.15	0.02
RER	0.84	0.06

RER: Solunumsal Değişim Oranı

Şekil 1. Tercih edilen yürüme hızı, bacak uzunluğu ve vücut ağırlığının oksijen tüketimindeki varyansa etkisi.



Tartışma ve Sonuç

Yürüme sırasında enerji sarfiyatı ölçümü ile yürüme objektif bir şekilde değerlendirilebilir. Bu yöntemin yürüme engelini doğurduğu sorunları kantitatif olarak tespit etmede güvenilirliği kanıtlanmıştır (1). Araştırma popülasyonuna veya hasta gruplarına ait elde edilen veriler karşılaştırılırken antropometrik özelliklerin enerji sarfiyatına etkileri bilinirse sadece hastalığın veya diğer farklılıkların enerji sarfiyatında meydana getirebilecekleri değişiklikler daha iyi anlaşılabilir. Elde edilen bu verilere göre, antropometrik özelliklerin yürüme sırasında tercih edilen hız ve enerji sarfiyatına etkili olduğu; ayrıca enerji sarfiyatı ölçüm sonuçlarının oksijen maliyeti olarak ifade edildiğinde antropometrik farklılıkların etkilerinin oldukça azaldığı sonucuna varıldı.

Elde edilen verilerin istatistiksel analizi yapılırken bireylerin boyu yerine bacak uzunluğu analize dahil edildi. Bacak uzunluğu (yürümenin sarkaç modeli temel alındığında) yürüme sırasında kitle merkezinin yer değişimini ve potansiyel-kinetik enerji değişimini en fazla etkileyen değişkenlerden biridir (10). İki bacağın uzunluk farkı yürümenin simetrisini bozabileceğinden, bacak uzunluğu ölçümü için her iki bacağın uzunluğu kayıt edilmiştir (14,18). Çalışmamıza katılan bireylerden hiçbirinin sağ ve sol bacak uzunluğu birbirinden farklı değildi.

Yürüme sırasında harcanan enerji miktarı ölçülürken bireyin hangi hızda yürüdüğü çok önemlidir. Yürüme enerji sarfiyatı ve hız değişimi ilişkisi incelendiğinde, U şeklinde bir grafiğe sahip olduğu görülmüştür. Kişi kendi tercih ettiği hızda katedilen mesafe başına en düşük seviyede enerji sarfederken, bu hızın altındaki ve üstündeki hızlarla yürümenin, enerji maliyetini daha da arttırdığı bilinmektedir (19). Kişinin yürümeye başladığı ilk birkaç adımdan sonra merkezi sinir sistemi enerjisi en verimli şekilde kullanmak için yürüme hızını ayarlamaktadır (20). Bu nedenle, çalışmamızda, test öncesi düz zeminde TEYH tespit edildi. Yetişkinlerde normal yürüme hızı 60-100 m/dk'dır (1). Çalışmamıza katılan bireylerin tercih ettikleri

hız ortalaması 84.27 ± 11.88 m/dk olup, normal sınırlar içerisindedir.

Yürüme çalışmalarında, bireyin kendi tercih ettiği hızda veya bütün bireyleri aynı sabit hızda yürüterek enerji sarfiyatı ölçümü yapılabilir (21-23). Kişiler arası antropometrik özellikler hız seçiminde de etkili olabilir. Çalışma sonuçlarımıza göre, TEYH ile VKİ ve vücut ağırlığı arasında negatif bir ilişki olduğu saptandı. Browning ve Kram (24) yaptıkları araştırmada, obez bireylerin TEYH'nın daha düşük olmasına rağmen, obez ve normal bireyler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadığını bildirmişlerdir. Bu durumun, bireylerin kendi tercih ettiği hız yerine sabit hız kullanmalarından kaynaklanabileceğini düşünmekteyiz. Bu çalışmanın sonuçlarına göre, hız seçimi üzerine en etkili parametre vücut ağırlığıydı. Bacak uzunluğunun katkısı ise %1.2'dir ve hız seçimi ile ilişkili değildir. Verilerimizle uyumlu olarak, Steudel-Numbers ve Weaver (10), araştırmalarında bacak uzunluğunun TEYH'na katkısının oldukça az olduğunu belirtmişlerdir.

Kramer ve Sartton-Miller (9) hızın, vücut ağırlığının ve bacak uzunluğunun yürüme sırasında oluşan enerji tüketimindeki varyansın %88'ini açıklayabildiğini rapor etmişlerdir. Yaptığımız çalışmada ise vücut ağırlığı, bacak uzunluğu ve TEYH, yürüme sırasındaki enerji tüketimi varyansının %77.5'ini açıklamaktaydı. Verilerimize göre yürüme sırasında harcanan oksijen miktarı ile bacak uzunluğu ilişkilidir. Kramer ve Sartton-Miller (9)'ın yaptıkları çalışmanın sonuçları verilerimizle benzerdir. Vücut kitle merkezinin yüksekliğinin artması yürüme sırasında dengeyi olumsuz etkilediği ve yürümenin enerji tüketimini arttırdığı bilinmektedir (25,26). Steudel-Numbers ve Tilken's'in (27) bacak uzunluğunun yürüme enerji maliyetine etkisini konu alan araştırmalarında, vücut ağırlığının oksijen tüketimi ile korelasyonunun yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Çalışmamızda vücut ağırlığının yürüme oksijen tüketimi varyansına olan katkısı en yüksek parametre olarak tespit edilmiştir.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre oksijen tüketimi ile vücut ağırlığı ve yağsız vücut kitlesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulundu. Vücut ağırlığı ve yağsız vücut kitlesinde meydana gelen artışların daha fazla oksijen tüketimine neden olacağı bilinmektedir ve bu bulgumuz literatürle uyumludur (28). Bireysel yürüme hızı seçimi ile oksijen tüketimi ilişkili bulunmamıştır. Tespit edilen hızlar kişilerin en düşük oksijen tüketimini sağlayan hızlardır ancak aynı bireye ait hızlar arttırıldığı ya da düşürüldüğünde oksijen tüketimi ile ilişki gösterebilir (1). Çalışmamıza katılan bireylerin 7 dk yürüme sırasındaki RER 0.84 ± 0.06 'dır ve yürüme egzersizinin submaksimal yükte olduğunu belirtmektedir.

Steudel-Numbers ve Weaver'ın (10) yaptıkları çalışmada, farklı antropometrik özellikteki insanların ve diğer canlıların yürüme parametreleri ve hareketle ilgili değişkenlerin karşılaştırılmasında, fiziksel farklılıkları düzelterek yöntemlerin bulunması

gerektiğini vurgulamaktadırlar. Bu konuda Froude sayısı adı verilen bir formül ile yapılan düzeltme oldukça sık kullanılmaktadır (29,30). Fakat bu formülün birtakım yetersizliklerinin olduğunu gösteren çalışmalar da vardır (31,32). Elde edilen enerji tüketimi verilerine, anatomik ve fizyolojik faktörlerin etkisini azaltmak amacıyla birtakım normalleştirme çalışmaları da yapılmaktadır. Net yürüme enerji tüketimi ölçümü (bazal metabolik enerji sarfiyatını yürüme sırasında harcanan enerji miktarından çıkarıp sadece yürüme için harcanan enerji sarfiyatının bulunması) bu yöntemlerden biridir. Fakat bu yöntemin tekrarlanabilirliğinin zayıf olduğu belirtilmektedir (15).

Oksijen tüketiminin vücut ağırlığına bölünmesi farklı vücut ağırlığına sahip bireylerin enerji tüketimlerine ağırlığın etkisini ortadan kaldırır, ayrıca yaş, ırk, cinsiyet ve vücut ağırlığının etkilerini azaltır (33). Yürüme maliyeti ölçümü, bir metre yürümek için kilogram başına harcanan oksijen miktarını ifade eder. Sonuçlarımıza göre yürüme maliyeti ile vücut ağırlığı, bacak uzunluğu, VKİ, vücut yağ yüzdesi, yağsız vücut kitlesi ve TEYH arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktu ve antropometrik özellikler yürüme maliyeti varyansını çok az açıklıyordu. Yürüme oksijen tüketimini oksijen maliyetine çevirirken, bulunan değeri vücut ağırlığı ve yürüme hızına bölmek gerekmektedir. Bu durum, vücut ağırlığının ve yürüme hızına etkili parametrelerin etkilerini ortadan kaldırmaktadır. Kramer ve Sarton-Miller'in (9) yaptıkları çalışmada oksijen tüketimini etkileyen anahtar değişken olarak yürüme hızı gösterilmiştir. Araştırmacılar Froude Sayısı ve diğer yürüme modellerinin bacak uzunluğunun etkisini ortadan kaldırmadığını bildirmişlerdir (31,32). Bu nedenle farklı grupların yürüme enerji sarfiyatları karşılaştırılırken oksijen maliyetinin kullanılmasının daha uygun olabileceğini ve oksijen maliyetinin bu kullanımının literatüre katkı sağlayabileceğini düşünmekteyiz.

Ülkemizdeki yürüme analizi laboratuvarlarının sayısı az olup bu sistemlerin ilk yatırım maliyetleri çok yüksek ve laboratuvar personelinin eğitim süreçleri oldukça uzundur. Enerji sarfiyatı ölçümü yapabilecek cihazların daha yaygın olduğu bilinmektedir. Bu nedenle enerji tüketimi ölçümleri yürüme analizi laboratuvarına erişimin güç olduğu yerlerde bir ön basamak olarak kullanılabilir. Ayrıca yürüme analizi laboratuvarı ve enerji tüketimi ölçümü laboratuvarlarının işbirliği içinde çalışmaları bu alana katkılar sağlayabilir ve yürüme analizi laboratuvarına enerji tüketimi ölçümü yapan sistemlerin eklenmesi ile tam donanımlı bir yürüme analizi laboratuvarına erişilebileceği belirtilmektedir (34).

Araştırmamızın verilerine, yürümenin kinetik ve kinematik tüm parametrelerinin eklenmesi ile daha fazla veri elde etmek mümkündür ancak bu durum yine yüksek maliyetli ekipman ve yazılım sorunu nedeniyle mümkün olamamıştır ve çalışmamızın kısıtlı yanını teşkil etmektedir.

Vücut ağırlığı ve bacak uzunluğu yürüme sırasında hız seçimi ve oksijen tüketimini etkileyen önemli parametreler arasındadır. Yürüme oksijen maliyeti, oksijen tüketiminin vücut ağırlığı ve yürüme hızına bölünmesi ile hesaplandığı için, vücut ağırlığına ve yürüme hızına etkili parametrelerin etkilerini ortadan kaldırmaktadır. Bu nedenle farklı antropometrik özellikteki bireylerin yürüme enerji

sarfiyatları karşılaştırılırken oksijen maliyeti parametresinin kullanılması tercih edilebilir.

Kaynaklar

1. Waters RL, Mulroy S. The energy expenditure of normal and pathologic gait. *Gait & Posture* 1999;9:207-31.
2. Balaban B, Yasar E, Dal U, Yazicioglu K, Mohur H, Kalyon TA. The effect of hinged ankle-foot orthosis on gait and energy expenditure in spastic hemiplegic cerebral palsy. *Disabil Rehabil* 2007;29(2):139-44.
3. Schwartz MH, Koop SE, Bourke JL, Baker R. A nondimensional normalization scheme for oxygen utilization data. *Gait & Posture* 2006;24:14-22.
4. Brouwer B, Parvataneni K, Olney SJ. A comparison of gait biomechanics and metabolic requirements of overground and treadmill walking in people with stroke. *Clin Biomech* 2009;24:729-34.
5. Traballes M, Porcaccia P, Averna T, Brunelli S. Energy cost of walking measurements in subjects with lower limb amputations: A comparison study between floor and treadmill test. *Gait & Posture* 2008;27:70-5.
6. Levendoğlu F, Oğuz H, Polat E, Bodur S. The effect of corset on walking time in lumbar spinal stenosis. *Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri Dergisi* 2009;29:1172-7.
7. Genin JJ, Bastien GJ, Franck B, Detrembleur C, Willems PA. Effect of speed on the energy cost of walking in unilateral traumatic lower limb amputees. *Eur J Appl Physiol* 2008;103:655-63.
8. Teixeira-Salmela LF, Nadeau S, Milot MH, Gravel D, Requião LF. Effects of cadence on energy generation and absorption at lower extremity joints during gait. *Clin Biomech* 2008;23(6):769-78.
9. Kramer PA, Sarton-Miller I. The energetics of human walking: Is Froude number (Fr) useful for metabolic comparisons? *Gait & Posture* 2008;27:209-15.
10. Steudel-Numbers K, Weaver TD. Froude number corrections in anthropological studies. *Am J Phys Anthropol* 2006;131:27-32.
11. Thomas S, Reading J, Shephard RJ. Revision of the Physical Activity Readiness Questionnaire (PAR-Q). *Can J Sport Sci* 1992;17(4):338-45.
12. Jackson AS, Pollock ML, Ward A. Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc* 1980;12:175-81.
13. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr* 1978;40:497-504.
14. Gurney B. Leg length discrepancy. *Gait & Posture* 2002;15:195-206.

15. Schwartz MH. Protocol changes can improve the reliability of net oxygen cost data. *Gait & Posture* 2007;26:494-500.
16. Van de Putte M, Hagemester N, St-Onge N, Parent G, de Guise JA. Habituation to treadmill walking. *Biomed Mater Eng* 2006;16:43-52.
17. Özyener F, Rossiter HB, Ward SA, Whipp BJ. Influence of exercise intensity on the on- and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. *J Physiol* 2001;533:891-902.
18. Perttunen JR, Anttila E, Södergård J, Merikanto J, Komi PV. Gait asymmetry in patients with limb length discrepancy. *Scand J Med Sci Sports* 2004;14:49-56.
19. Martin PE, Rothstein DE, Larish DD. Effects of age and physical activity status on the speed-aerobic demand relationship of walking. *J Appl Physiol* 1992;73(1):200-6.
20. Willis WT, Ganley KJ, Herman RM. Fuel oxidation during human walking. *Metabolism* 2005;54:793-9.
21. Ortega JD, Fehlman LA, Farley CT. Effects of aging and arm swing on the metabolic cost of stability in human walking. *J Biomech* 2008;41:3303-8.
22. Chumanov ES, Wall-Scheffler C, Heiderscheidt BC. Gender differences in walking and running on level and inclined surfaces. *Clin Biomech* 2008;23:1260-8.
23. Hanada E, Kerrigan DC. Energy Consumption During Level Walking With Arm and Knee Immobilized. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82:1251-4.
24. Browning RC, Kram R. Energetic cost and preferred speed of walking in obese vs. normal weight women. *Obes Res* 2005;13:891-9.
25. Huang SC, Lu TW, Chen HL, Wang TM, Chou LS. Age and height effects on the center of mass and center of pressure inclination angles during obstacle-crossing. *Med Eng Phys* 2008;30:968-75.
26. Duff-Raffaele M, Kerrigan DC, Corcoran PJ, Saini M. The proportional work of lifting the center of mass during walking. *Am J Phys Med Rehabil* 1996;75(5):375-9.
27. Steudel-Numbers KL, Tilken MJ. The effect of lower limb length on the energetic cost of locomotion: implications for fossil hominins. *J Hum Evol* 2004;47:95-109.
28. Lafortuna CL, Lazzar S, Agosti F, Busti C, Galli R, Mazzilli G, Sartorio A. Metabolic responses to submaximal treadmill walking and cycle ergometer pedalling in obese adolescents. *Scand J Med Sci Sports* 2009 Aug 23; DOI:10.1111/j.1600-0838.2009.00975.x.
29. Ruckstuhl H, Kho J, Weed M, Wilkinson MW, Hargens AR. Comparing two devices of suspended treadmill walking by varying body unloading and Froude number. *Gait & Posture* 2009;30:446-51.
30. Agiovlasis S, McCubbin JA, Yun J, Mpitsos G, Pavol MJ. Effects of Down syndrome on three-dimensional motion during walking at different speeds. *Gait & Posture* 2009;30:345-50.
31. Donelan JM, Kram R. Exploring dynamic similarity in human running using simulated reduced gravity. *J Exp Biol* 2000;203:2405-15.
32. Kram R, Domingo A, Ferris DP. Effect of reduced gravity on the preferred walk-run transition speed. *J Exp Biol* 1997;200:821-6.
33. Holloszy OJ. Energy for physical Activity. Mc Ardle DW, Katch IF, Katch LV. Exercise Physiology: energy, nutrition, and human performance, 6th Ed. USA: Lippincott Williams & Wilkins, 2007:113-253.
34. Kirtley C. Gait analysis in the Clinic. Kirtley C. Clinical Gait Analysis: theory and practice, 1st Ed. China: Churchill Livingstone (Elsevier), 2006:299-301.