

Yürüyüş ve Koşu Aktiviteleri Süresince Yağ ve Karbonhidrat Oksidasyonundaki Değişimler

Changes in Fat and Carbohydrate Oxidation During Walking and Running Activities

Şükrü Serdar Balcı¹, Nilsel Okudan², Hamdi Pepe³, Serkan Revan³, Hakkı Gökbel², Muaz Belviranlı², Hasan Akkuş¹

Selçuk Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Antrenörlük Eğitimi Bölümü¹, Meram Tıp Fakültesi, Fizyoloji A.D., Spor Fizyolojisi B.D.², Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Beden Eğitimi ve Spor Öğretmenliği Bölümü³, Konya.

Özet

Bu çalışmada aynı ve farklı hızlarda yapılan yürüyüş ve koşu egzersizleri süresince yağ ve karbonhidrat oksidasyon oranlarındaki değişimlerin incelenmesi amaçlandı. Araştırmaya düzenli olarak egzersiz yapmayan, orta düzeyde aktif ve sigara kullanmayan 11 sağlıklı erkek öğrenci gönüllü olarak katıldı. Katılımcıların bireysel yürüyüşten koşuya geçiş hızları (YKGH) belirlendi. Katılımcıların her biri 2413,5 metrelik mesafeyi ayrı günlerde kendi YKGH 'nda yürüyüş (YKGH-Y), koşu (YKGH-K) ve bu hızdan 2 km/saat daha yavaş yürüyüş (YKGH-2), 2 km/saat daha hızlı koşu (YKGH+2) olmak üzere dört farklı aktiviteyle kat etti. Yürüyüş ve koşu aktiviteleri sürecinde pulmoner gaz değişimi indirekt kalorimetreyle takip edilerek, yağ ve karbonhidrat oksidasyon miktarları hesaplandı. En yüksek yağ oksidasyonu YKGH'da yapılan koşu aktivitesinde meydana geldi ve bu oksidasyon miktarı YKGH-Y aktivitesine göre önemli düzeyde yükseldi. YKGH-Y aktivitesindeki karbonhidrat oksidasyon miktarı YKGH-2, YKGH+2 aktivitelerinden önemli düzeyde yükseldi. Yürüyüş veya koşu aktivitelerinde yağ oksidasyonu miktarlarındaki farklılıkların aktivite tipinden ziyade, aktivitelerin yoğunluklarından kaynaklandığı söylenebilir.

Anahtar kelimeler: Yağ oksidasyonu, Karbonhidrat oksidasyonu, Yürüyüş, Koşu, Indirekt kalorimetre

Abstract

The aim of the study was to investigate the changes in fat and carbohydrate oxidation rates in the same and different activity speed during walking and running. Eleven healthy males participated in this study. The subjects' individual preferred walk-to-run transition speeds (WRTS) were determined. Each subject covered 1.5 mile distance for four exercise tests; walking (WRTS-W) and running (WRTS-R) tests at WRTS, 2 km.h⁻¹ slower walking than WRTS (WRTS-2) and 2 km.h⁻¹ faster running than WRTS (WRTS+2). The expired air was measured and analyzed breath-by-breath using an automated online system and heart rate was monitored and recorded throughout walking and running tests. Maximal fat oxidation was observed at the WRTS-R activity. Fat oxidation rate was significantly higher in WRTS-R than WRTS-W. Also, carbohydrate oxidation rates were significantly higher in WRTS-W activity than WRTS-2 and WRTS-2 activities. Our results indicate that differences in fat oxidation during running and walking might have been resulted from activity intensity rather than activity mode.

Key words: Fat oxidation, Carbohydrate oxidation, Walking, Running, Indirect calorimeter

GİRİŞ

Yürüyüş ve koşu aktiviteleri genellikle insanların hareket etmek için kullandıkları temel iki aktivite biçimidir. Yürüyüş daha düşük hızlarda tercih edilen bir hareket modeliyken, koşu tipik olarak daha yüksek hızlarda karakterize bir hareket modelidir (1). Halk sağlığının korunmasıyla ilgili olarak vücut yağının azaltılması amacıyla sıklıkla orta yoğunlukta yapılan yürüyüş ve koşu aerobik egzersiz programları uygulanır (2-4). Üstelik yürüyüş ve koşu aktivitelerinin uygulanması için özel

bir eğitim veya beceriye ihtiyaç duyulmaz (5).

Sağlıkla ilişkili olarak egzersiz sürecinde enerji metabolizmasının düzenlenmesinde yağ oksidasyon oranının artırılması önemlidir. Fiziksel aktivite süresince karbonhidratların ve yağların toplam enerji harcamasına katkısı aktivitenin yoğunluğu tarafından belirlenir (6,7). Antrenmansız bireylerde maksimum oksijen tüketiminin (VO₂maks) %47-52' si, antrenmanlı bireylerde %59-64 aralığındaki egzersiz yoğunluklarında maksimal yağ

oksidasyonuna ulaşıldığı bildirilmektedir (8,9).

Yağ ve karbonhidrat hem fiziksel aktivite sürecinde hem de istirahat halinde vücut için oldukça önemli enerji kaynaklarıdır (10,11). Aktivite yoğunluğu arttıkça karbonhidratların toplam enerji üretimine katkısı artarken (12), yağ oksidasyonu ve aktivite yoğunluğu etkileşimi daha karmaşıktır (13). Fiziksel aktivite süresince yağ oksidasyonu miktarını aktivite yoğunluğu dışında yaş, cinsiyet, vücut kompozisyonu, diyet, düzenli fiziksel aktivite, aktivitenin süresi ve tipi gibi faktörler de etkileyebilmektedir (6,7,9,14-18).

Koşu aktivitesinin geniş bir egzersiz yoğunluğu aralığında bisiklet egzersizine göre daha fazla yağ oksidasyonuna neden olduğu bilinmektedir (6). Vücut kompozisyonunun düzenlenmesiyle ilgili olarak egzersiz programlarında genellikle yürüyüş ya da koşu aktiviteleri tavsiye edilmesine rağmen hangi aktivite tipinin hangi hızlarda daha fazla yağ oksidasyonu sağladığı literatürde kesinlik kazanmamıştır. Bu nedenle çalışmada aynı mesafede farklı hızlarda yapılan yürüyüş ve koşu egzersizleri sürecinde yağ ve karbonhidrat oksidasyonlarındaki değişimlerin incelenmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ ve YÖNTEMLER

Araştırma Grubu

Bu çalışmaya 2009 yılında Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksek Okulu'nda öğrenim gören, son bir yıl içerisinde herhangi bir düzenli egzersiz programına katılmamış, yaşları 21-23 arasında değişen, orta düzeyde aktif, sigara kullanmayan ve özel bir diyet programı uygulamayan 11 erkek öğrenci gönüllü olarak katıldı. Araştırma Helsinki Deklarasyonu Prensiplerine uygun olarak hazırlandı ve Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Etik Kurulu'ndan onay alındı. Ayrıca katılımcıların araştırmaya katılmaya razı olduklarını belirten yazılı onam belgesi alındı. Katılımcılardan ölçümler süresince fiziksel aktivite ve diyet alışkanlıklarında değişiklik yapmamaları istendi. Katılımcıların her biri fiziksel özelliklerinin belirlenmesi, yürüyüş ve koşu testleri için altı kez laboratuvara geldi. İlk ziyarette katılımcıların antropometrik özellikleri, vücut kompozisyonları ve aerobik kapasiteleri belirlendi. Aerobik kapasite ölçümü öncesi katılımcıların koşu bandına alışması ve ayrıca ısınması için gerekli süre verildi. Daha sonra her bir deneğin yürüyüşten koşuya geçiş hızları (YKGH) tespit edildi. Diğer günlerde belirlenen bireysel hızlara göre dört farklı yürüyüş ve koşu testleri gerçekleştirildi.

Fiziksel özelliklerin belirlenmesi

Katılımcıların boy uzunluğu (m) ve vücut ağırlığı (kg) ölçülerek, vücut kütle indeksi (VKİ) hesaplandı. Vücut yağ yüzdesinin (VYY) belirlenmesi için skinfold kaliper (Holtain marka) kullanılarak biceps, triceps, subscapula ve subrailiac deri kıvrım kalınlıkları alındı. Bu ölçümlerden toplam skinfold değeri hesaplanarak (TSF) vücut yoğunlukları (VY) tespit edildi ve Siri formülüne göre vücut yağ yüzdeleri hesaplandı (19).

$VY = 1.1631 - (0.0632 \cdot \log(TSF))$, $VYY = (4.95/VY - 4.50) \times 100$

Katılımcıların VO₂maks değerlerinin belirlenmesi için, eğitim ve hızın üçer dakikalık periyotlarla artırılması şeklinde gerçekleştirilen Bruce protokolü (Cosmed T150 marka koşu bandında) uygulandı (20). VO₂maks değerleri Foster ve

arkadaşlarının geliştirdiği formül yardımıyla hesaplandı (21). **Yürüyüşten koşuya geçiş hızının belirlenmesi ve testler**

Katılımcıların yürüyüşten koşuya geçiş hızlarını belirlemek için Rotstein ve ark (22)'nin yaptığı çalışmadaki protokol temel alındı. Katılımcılar ısınma egzersizi yaptıktan sonra koşu bandı üzerinde 5 km/saat hızla yürümeye başladı. Hız her bir dakikada 0,5 km/saat artırılarak katılımcıların kendi isteğiyle koşu aktivitesine geçiş hızları kaydedildi. Bu protokol her katılımcı için iki kez tekrarlandıktan sonra ortalama hızlar katılımcıların YKGH olarak kabul edildi.

Katılımcıların YKGH tespit edildikten sonra, katılımcılara kendi YKGH' den 2 km/saat daha yavaş hızla yürüyüş (YKGH-2), YKGH'de hem yürüyüş (YKGH-Y) hem de koşu (YKGH-K) ve kendi YKGH'den 2 km/saat daha hızlı koşu (YKGH+2) olmak üzere dört farklı aktivite uygulandı.

Katılımcılardan yürüyüş ve koşu testlerine katılacakları günün önceki akşamı ağır yiyeceklerden kaçınılması istendi. Testler öncesi besin içeriklerinin ve miktarlarının standart olması için katılımcılara bilgi verildi. Her katılımcı testlere besin alımından en az iki en fazla üç saat sonra alındı. Aktiviteler 48 saat arayla uygulandı, testler öncesi katılımcıların ısınması için yeterli süre verildi ve bütün aktivitelerde 2413,5 metrelik (1,5 mil) mesafenin kat edilmesi sağlandı.

İndirekt Kalorimetre ve Hesaplamalar

Koşu ve yürüyüş aktiviteleri koşu bandı ergometresinde yapıldı ve aktiviteler süresince oksijen tüketimi (VO₂), karbondioksit üretimi (VCO₂), kalp atım hızı (HR) değişkenleri indirekt kalorimetreyle (Quark B2 system, Cosmed Srl, Roma, İtalya) takip ve kayıt edildi. Aktiviteler süresince her 400 metre mesafedeki yağ ve karbonhidrat oksidasyon miktarları (g/dk), idrar nitrojen atılım hızı göz ardı edilerek, VCO₂ ve VO₂ (l/dk) değerlerinden Frayn (23)'ün aşağıda belirtilen stoichiometric eşitlikleri kullanılarak hesaplandı.

Karbonhidrat osidasyonu= $4.55 VCO_2 - 3.21 VO_2$

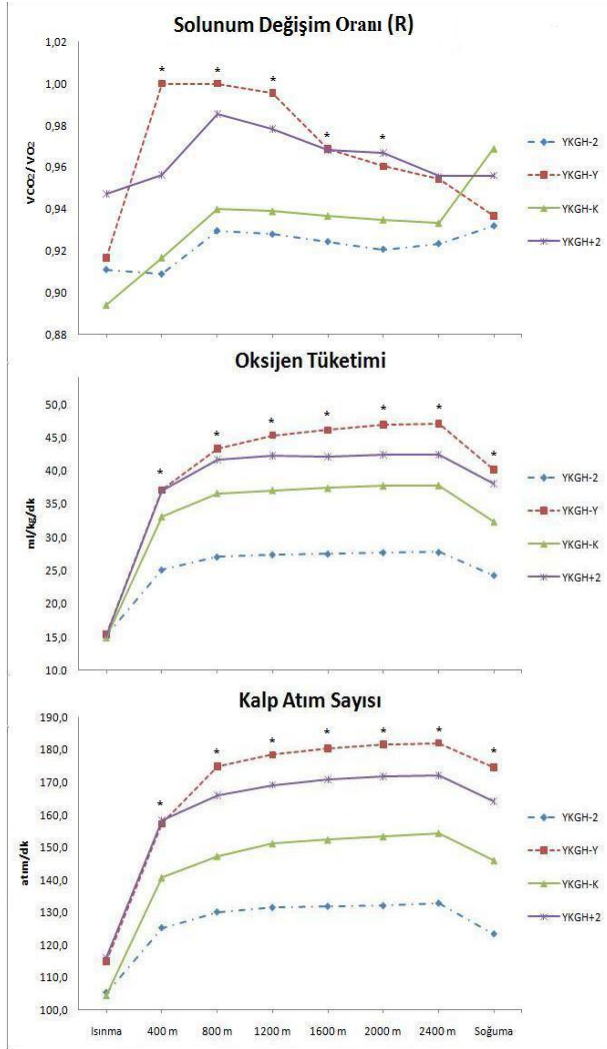
Yağ osidasyonu= $1.67 VO_2 - 1.67 VCO_2$

İstatistiksel analiz

Çalışmada elde edilen verilerin ortalaması ve standart hatası tespit edildi. Yürüyüş ve koşu aktiviteleri süresince solunum değişim oranının, oksijen tüketiminin, kalp atım sayısının, yağ ve karbonhidrat oksidasyon miktarlarının zamana/kat edilen mesafeye ve aktivite tipine/hızına göre

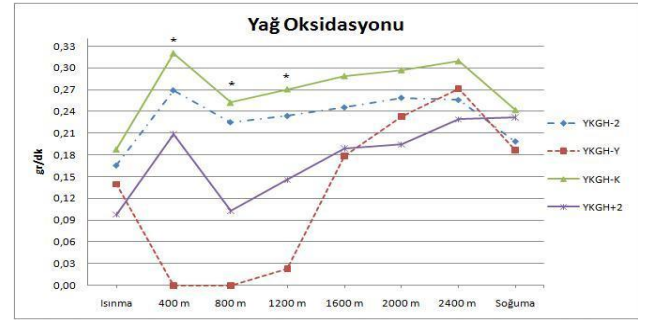
Tablo 1. Katılımcıların fiziksel özellikleri

Yaş (yıl)	22.6± 0.4
Boy uzunluğu (cm)	173.1±2.1
Vücut ağırlığı (kg)	70.1±2.2
VKI (kg/m ²)	23.2±0.4
VYY (%)	14.3±0.7
VO ₂ maks (ml/kg/dk)	54.3±1.2
YKGH (km/saat)	8.2±0.2



Grafik 1. Aktiviteler süresince solunum değişim oranı, vücut ağırlığı başına oksijen tüketim değeri ve kalp atım sayılarındaki değişimler. Yürüyüş ve koşu aktiviteleri süresince solunum değişim oranı ($F=6.4$; $p<0.01$), vücut ağırlığı başına oksijen tüketim değeri ($F=26.0$; $p<0.01$) ve kalp atım sayılarının ($F=22.6$; $p<0.01$) aktivite-zaman/mesafe etkileşimi anlamlıdır. * $p<0.05$ Aktiviteler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar vardır.

farklılaşp farklılaşmadığı. Tekrarlı Ölçümlerde İki Yönlü Varyans Analiziyle (Two-way repeated measures ANOVA) test edildi. ANOVA analizleri sonucu farklılık tespit edilen değişkenlerin hangi aktiviteden kaynaklandığı Bonferroni çoklu karşılaştırma analiziyle test edildi. Anlamlılık düzeyi $p<0.05$ ve $p<0.01$ olarak kabul edildi. Aktivite tipi/hızı-zaman/mesafe etkileşiminde anlamlılık tespit edilen değişkenlerde farklılığın hangi aktiviteden kaynaklandığını tespit etmek için tek faktörlü varyans analizi, aktivitelerde zaman/mesafe değişimindeki farklılıklar ise tekrarlayan ölçümlerde tek faktörlü varyans analiziyle test edildi.



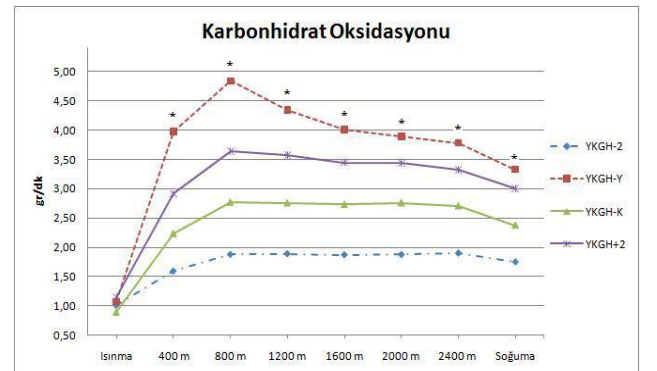
Grafik 2. Yürüyüş ve koşu aktiviteleri süresince katılımcıların yağ oksidasyon miktarlarındaki değişim. Yağ oksidasyon değerlerinin aktiviteler süresince zaman içindeki (mesafeler arasındaki) değişiminde ($F=14.7$; $p<0.01$), aktiviteler arasında ($F=4.3$; $p<0.01$) farklılıklar anlamlıdır. Aktivite-zaman/mesafe etkileşimi anlamlıdır ($F=9.8$; $p<0.01$). * $p<0.05$ Aktiviteler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar vardır.

BULGULAR

Çalışmaya katılan gönüllülerin fiziksel özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Katılımcıların yürüyüş ve koşu aktiviteleri süresince solunum değişim oranı (R) ($F= 18.7$; $p<0.01$), vücut ağırlığı başına tüketilen oksijen miktarı (VO_2/kg) ($F= 774.7$; $p<0.01$) ve kalp atım sayısının ($F= 4582.5$; $p<0.01$) zaman/mesafe içindeki değişimleri istatistiksel olarak anlamlıdır. Solunum değişim oranları ($F= 5.8$; $p<0.01$), vücut ağırlığı başına oksijen tüketim değerleri ($F= 18.9$; $p<0.01$) ve kalp atım sayıları ($F= 40.1$; $p<0.01$) yürüyüş ve koşu aktiviteleri arasında anlamlı farklılık göstermektedir. Bu değişkenler için aktivite-zaman (mesafe) etkileşimi istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.01$) (Grafik 1).

Yürüyüş ve koşu aktiviteleri süresince katılımcıların yağ



Grafik 3. Yürüyüş ve koşu aktiviteleri süresince katılımcıların karbonhidrat oksidasyon miktarlarındaki değişim. Karbonhidrat oksidasyon değerlerinin aktiviteler süresince zaman içindeki (mesafeler arasındaki) değişiminde ($F=244.3$; $p<0.01$), aktiviteler arasında ($F=19.8$; $p<0.01$) farklılıklar anlamlıdır. Aktivite-zaman/mesafe etkileşimi anlamlıdır ($F=14.7$; $p<0.01$). * $p<0.05$ Aktiviteler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar vardır.

oksidasyon miktarlarındaki değişim Grafik 2'de gösterilmiştir. Tekrarlayan ölçümlerde iki faktörlü varyans analizi sonuçlarına göre; yağ oksidasyon değerlerinin aktiviteler süresince zaman içindeki (mesafeler arasındaki) değişiminde ($F= 14.7$; $p<0.01$), yürüyüş ve koşu aktivitelerinde ($F= 4.3$; $p<0.01$) anlamlı farklılıklar tespit edildi. Ayrıca aktivite-zaman (mesafe) etkileşimi de istatistiksel olarak anlamlıdır ($F= 9.8$; $p<0.01$). Farkın kaynağını bulmak amacıyla yapılan Bonferroni çoklu karşılaştırma analizine göre YKGH' de yapılan koşu (YKGH-K) aktivitesi, yürüyüş (YKGH-Y) aktivitesine göre anlamlı düzeyde farklı miktarda yağ oksidasyonuna neden oldu. YKGH-Y aktivitesinde 400, 800 ve 1200 m mesafelerindeki yağ oksidasyon miktarı diğer aktivitelerden anlamlı düzeyde düşüktür ($p<0.01$). YKGH-Y aktivitesinde 400, 800 ve 1200 m mesafelerindeki yağ oksidasyonu 1600, 2000 ve 2400 m mesafelerindeki oksidasyon miktarına göre anlamlı düzeyde düşüktür ($p<0.05$).

Katılımcıların yürüyüş ve koşu aktiviteleri süresince karbonhidrat oksidasyon miktarlarındaki değişim Grafik 3'de verilmiştir. Karbonhidrat oksidasyonu değerlerinin aktiviteler süresince zaman içindeki (mesafeler arasındaki) değişiminde ($F= 244.3$; $p<0.01$), yürüyüş ve koşu aktivitelerinde ($F= 19.8$; $p<0.01$) anlamlı farklılıklar tespit edildi. Karbonhidrat oksidasyon miktarıyla ilgili olarak aktivite-zaman (mesafe) etkileşimi istatistiksel olarak anlamlıdır ($F= 14.7$; $p<0.01$). YKGH-Y aktivitesindeki karbonhidrat oksidasyon miktarı YKGH-2, YKGH+2 aktivitelerinden anlamlı düzeyde yüksekti ($p<0.01$). YKGH-K aktivitesi ve YKGH-2 yürüyüş aktivitelerindeki sürecindeki karbonhidrat oksidasyon miktarlarında ise anlamlı farklılık tespit edilmedi ($p>0.05$). YKGH-Y aktivitesinde karbonhidrat oksidasyon miktarı çalışmada belirlenen tüm mesafelerde YKGH-K ve YKGH-2 aktivitelerinden, 400 ve 800 metrelerde YKGH+2 aktivitesinden anlamlı düzeyde yüksektir ($p<0.01$).

TARTIŞMA

Aynı mesafede farklı hızlarda yapılan yürüyüş ve koşu aktiviteleri süresince yağ ve karbonhidrat oksidasyon oranlarındaki değişimi inceleyen bu çalışmada, genç erkeklerin solunum değişim oranı (VCO_2/VO_2), vücut ağırlığı başına düşen oksijen tüketim miktarı, yağ ve karbonhidrat oksidasyon miktarları aktivite hızına ve tipine göre anlamlı farklılıklar göstermiştir. YKGH-K aktivitesi süresince meydana gelen yağ oksidasyonu, YKGH-Y aktivitesine göre anlamlı düzeyde yüksektir.

Egzersiz uygulamalarında belirli bir mesafe veya süreye karşı yapılan aktivitelerde hız/yoğunluk genellikle VO_{2maks} 'nin belirli bir yüzdesi ya da hesaplanan hedef kalp atım sayısına göre verilmektedir (3,4). Bu çalışmada bireyler tarafından daha kolay anlaşılabilmesi ve uygulanabileceği düşüncesiyle aktivite hızı/yoğunluğu YKGH göre belirlenmiştir. Araştırmaya katılan genç orta seviyede aktif erkeklerin YKGH ortalaması 8.2 ± 0.2 km/saat olarak belirlenmiştir. İnsanlar için en yüksek yürüyüş hızı 7.2 ± 0.6 km/saat en düşük koşu hızı 8.4 ± 1.1 km/saat olarak hesaplanmıştır (24). Katılımcıların tespit edilen YKGH en düşük koşu hızına oldukça yakındır. Rostein ve ark (22) antrenmansız bireylerin kendi istekleriyle YKGH' nin ortalama 7.2 ± 0.3 km/saat olduğunu belirtmişler,

ayrıca YKGH' nin antrenman durumu veya aerobik kapasite farklılıklarından etkilenmediği bildirmişlerdir. Monteiro ve Araújo (25) ise çalışmalarında normal kilolu genç erkeklerin YKGH 8.1 km/saat olarak tespit etmişlerdir. Antropometrik, mekanik, kinematik, algısal ve özellikle de enerjiyle ilgili faktörler, insanların yürüyüşten koşuya geçiş hızı üzerinde önemli rol oynamaktadır (26). Bu çalışmada katılımcılar için belirlenen YKGH' nin koşu hızına çok yakın olması yukarıda belirtilen faktörlerle birlikte, katılımcıların aşırı motivasyonuna bağlanabilir.

Araştırmada yürüyüş ve koşu aktiviteleri süresince, solunum değişim oranlarının YKGH-Y aktivitesinde YKGH-2 ve YKGH-K aktivitelerinden önemli düzeyde yüksek olduğu görülmüştür. YKGH-2 aktivitesi süresince vücut ağırlığı başına düşen oksijen tüketim miktarı ve kalp atım sayıları diğer aktivitelerden önemli düzeyde düşüktür. Aktiviteler süresince en yüksek oksijen tüketim miktarları YKGH-Y aktivitesinde gerçekleşmiştir. Ganley ve ark (26) YKGH hızı 7.5 km/saat olan normal kilolu bireylerin vücut ağırlığı başına düşen oksijen tüketim miktarlarının YKGH' den daha yavaş hızlarda uygulanan koşu aktivitesinde yürüyüşe göre önemli düzeyde yüksek olduğunu, YKGH'den daha hızlı yapılan aktivitelerde ise oksijen tüketim miktarlarının birbirine benzer olduğunu tespit etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise YKGH' nin biraz üzerinde yapılan yürüyüş aktivitesinin koşu aktivitesinden önemli düzeyde yüksek kalp atım sayısı ve oksijen tüketimine neden olduğunu, YKGH ve biraz daha düşük hızda yapılan koşu ve yürüyüş aktivitelerinde farklılık olmadığı bildirilmiştir (25). Aktivitelerin yapıldığı zemin oksijen tüketim miktarlarında farklılaşmaya neden olabilir. Normal zemin üzerinde yapılan yürüyüş aktivitesinin koşu bandı üzerinde yapılan yürüyüş aktivitesine göre önemli düzeyde yüksek oksijen tüketimine neden olmaktadır (27). Çalışmaların sonuçlarındaki farklılıklar aktivitelerin uygulandığı zeminlerin çeşitliliğinden kaynaklanabilir.

Araştırmada en yüksek yağ oksidasyonu YKGH' da yapılan koşu aktivitesinde meydana gelmiştir ve bu oksidasyon miktarı YKGH-Y aktivitesine göre önemli düzeyde yüksektir. YKGH-Y aktivitesindeki karbonhidrat oksidasyon miktarı YKGH-2, YKGH+2 aktivitelerinden önemli düzeyde yüksektir. YKGH-K aktivitesi ve YKGH-2 yürüyüş aktivitelerindeki karbonhidrat oksidasyon miktarlarında ise önemli farklılık tespit edilmemiştir. Yoğunluk aktivite süresince yağ ve karbonhidrat oksidasyon oranlarındaki değişimde temel unsurdur. Özellikle belirli bir egzersiz yoğunluğundan (VO_{2maks} %65) sonra aktivitenin yoğunluğu arttıkça karbonhidrat oksidasyon miktarı artarken, yağ oksidasyon miktarı azalmaktadır (28). Bununla birlikte aynı egzersiz yoğunluklarında sürdürülen bisiklet ve koşu aktiviteleri karşılaştırıldığında koşu aktivitesi süresince tüm egzersiz yüklerinde yağ oksidasyon miktarının bisiklet aktivitesine göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun koşu aktivitesi süresince daha geniş kas kitlelerinin kullanımından kaynaklanabileceği belirtilmiştir (29). Yürüyüş ve koşu aktivitelerinde benzer kas grupları çalışmaktadır, çalışmada YKGH-K ve bundan 2 km/saat daha yavaş uygulanan yürüyüş aktivitelerinin diğer hızlarda yapılan koşu ve yürüyüş aktivitelerine göre bütün mesafelerde daha fazla yağ oksidasyonu sağladığı gözlemlenmiştir. Literatürle paralel

olarak araştırmada bu aktiviteler süresince oluşan egzersiz yoğunluğunun çalışmalarında maksimal yağ oksidasyonu için en uygun yoğunluk olarak belirtilen VO₂maks'ın %47-64 aralığındaki egzersiz yoğunluklarında gerçekleştiği görülmektedir (8,9,15,28).

Araştırmada en yüksek yağ oksidasyonunun meydana geldiği koşu aktivitesinde hız 8.2 km/saat idi, bu aktiviteden sonra en fazla yağ oksidasyonu oluşan yürüyüşün aktivite hızı 6.2 km/saat olarak belirlenmiştir. Normal kilolu bireylerde tercih edilen yürüyüş hızı 4.8 km/saat olarak belirlenirken, yürüyüş süresince en yüksek yağ oksidasyonunun 6.4 km/saat hızda meydana geldiği bildirilmektedir. Bu hızdan daha yüksek hızlarda yapılan yürüyüş aktivitelerinde karbonhidrat daha baskın olarak kullanılmaktadır (30). Hall ve ark (31) koşu aktivitesinin hem atletizm pistinde hem de koşu bandında yürüyüşten daha fazla toplam enerji harcamasına neden olduğunu bildirmektedirler. Normal kilolu bireylerde yaklaşık 6.7-8.3 km/saat hız aralığında yapılan koşu ve yürüyüş aktiviteleri süresince tüm hızlarda koşu aktivitesinin yürüyüşe göre daha yüksek yağ oksidasyonu sağladığı, ayrıca yürüyüş hızındaki artışın karbonhidrat oksidasyon miktarını da artırdığı rapor edilmiştir (26).

Araştırma bazı sınırlılıklara sahiptir; egzersiz süresince ve sonrasında yağ ve karbonhidrat oksidasyon oranlarındaki değişim egzersiz öncesinde tüketilen yemek içeriklerinden etkilenebilmektedir (32, 33). Bu araştırmada katılımcılara testlere katılacakları günün sabahı ve önceki gün akşamı beslenme içerikleri ve miktarlarıyla ilgili bilgi verilmiş, fakat katılımcıların beslenme içerikleri gözlemlenmemiştir. Kondisyon durumu, vücut kompozisyonu, cinsiyet, egzersiz süresi gibi faktörler egzersiz süresince yağ oksidasyon oranlarını etkilese de kişiler arasındaki değişim farklılıklarını açıklamakta yeterli olmayabilir (7,34). Çalışmaya normal kilolu, sağlıklı ve orta düzeyde aktif bireyler katılmıştır. Fazla kilolu, sedanter veya yüksek kondisyona sahip bireylerde yürüyüş ve koşu aktiviteleri süresince yağ ve karbonhidrat oksidasyon oranlarındaki değişim ayrıca incelenmelidir.

SONUÇ

Sonuç olarak, yürüyüş veya koşu aktivitelerinde yağ oksidasyonu miktarlarındaki farklılıkların aktivite tipinden ziyade, yürüyüş ve koşu aktivitelerinin yoğunluklarından kaynaklandığı söylenebilir. Özellikle yeni başlayan antrenmansız bireylerde egzersiz süresince yağ oksidasyon oranlarını artırmak için YKGH' den daha yavaş yürüyüş aktiviteleri yapılması uygundur. Belirli bir adaptasyon süresinden sonra daha fazla yağ oksidasyonu sağlamak için YKGH' de yapılan koşu aktiviteleri önerilebilir.

KAYNAKLAR

1. Tseh W, Bennett J, Caputo JL, Morgan DW. Comparison between preferred and energetically optimal transition speeds in adolescents. *Eur J Appl Physiol.* 2002; 88:117-21.
2. Fogelholm M, Kukkonen-Harjula K, Nenonen A, Pasanen M. Effects of walking training on weight maintenance after a very-low-energy diet in premenopausal obese women. *Arch Intern Med.* 2000;160:2177-84.
3. Revan S, Balcı ŞS, Pepe H, Aydoğmuş M. Sürekli ve interval koşu antrenmanlarının vücut kompozisyonu ve aerobik kapasite

üzerine etkileri, *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi* 2008;6:193-7.

4. Duscha BD, Slentz CA, Johnson JL, Houmard JA, Bensimhon DR, Knetzger KJ et al. Effects of Exercise Training Amount and Intensity on Peak Oxygen Consumption in Middle-Age Men and Women at Risk for Cardiovascular Disease. *Chest.* 2005;128:2788-93.
5. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA, et al. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:1423-34.
6. Achten J, Venables MC, Jeukendrup AE. Fat oxidation rates are higher during running compared with cycling over a wide range of intensities. *Metabolism.* 2003;52:747-52.
7. Venables MC, Achten J, Jeukendrup AE: Determinants of fat oxidation during exercise in healthy men and women: a cross-sectional study. *J Appl Physiol.* 2005;98:160-7.
8. Achten J, Jeukendrup AE. Optimizing fat oxidation through exercise and diet. *Nutrition.* 2004;20(7-8):716-27.
9. Pillard F, Moro C, Harant I, Garrigue E, Lafontan M, Berlan M, et al. Lipid oxidation according to intensity and exercise duration in overweight men and women. *Obesity (Silver Spring).* 2007;15:2256-62.
10. Ranallo RF, Rhodes EC. Lipid metabolism during exercise. *Sports Med.* 1998 Jul;26(1):29-42.
11. Jeukendrup AE. Modulation of carbohydrate and fat utilization by diet, exercise and environment. *Biochem Soc Trans.* 2003;31:1270-73.
12. Brooks GA, Mercier J. Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the "crossover" concept. *J Appl Physiol.* 1994;76:2253-61.
13. Romijn JA, Coyle EF, Sidossis LS, Gastaldelli A, Horowitz JF, Endert E, Wolfe RR. Regulation of endogenous fat and carbohydrate metabolism in relation to exercise intensity and duration. *Am J Physiol.* 1993;265:E380-E391.
14. Bergman BC, Brooks GA. Respiratory gas-exchange ratios during graded exercise in fed and fasted trained and untrained men. *J Appl Physiol.* 1999;86:479-87.
15. Kang J, Hoffman JR, Ratamess NA, Faigenbaum AD, Falvo M, Wendell M. Effect of exercise intensity on fat utilization in males and females. *Res Sports Med.* 2007;15(3):175-88.
16. Kostyak JC, Kris-Etherton P, Bagshaw D, DeLany JP, Farrell PA. Relative fat oxidation is higher in children than adults. *Nutr J.* 2007;6:19.
17. Zunquin G, Theunynck D, Sesboüé B, Arhan P, Bouglé D. Comparison of fat oxidation during exercise in lean and obese pubertal boys: clinical implications. *Br J Sports Med.* 2009;43:869-70.
18. Capostagno B, Bosch A: Higher fat oxidation in running than cycling at the same exercise intensities. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2010;20:44-55.
19. Durnin JV, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr.* 1974 Jul;32(1):77-97.
20. Cooper, CB, and Storer, TW. *Exercise Testing and Interpretation: A Practical Approach.* New York: Cambridge University Press. 2001: s 242.
21. Noonan V, Dean E. Submaximal exercise testing: clinical application and interpretation. *Phys Ther* 2000;80:782-807.
22. Rotstein A, Inbar O, Berginsky T, Meckel Y. Preferred transition speed between walking and running: Effects of training status. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37:1864-70.
23. Frayn KN. Calculation of substrate oxidation rates in vivo from

- gaseous exchange. *J Appl Physiol.* 1983;55:628-34.
24. Minetti AE, Boldrini L, Brusamolin L, Zamparo P, McKee T. A feedback-controlled treadmill (treadmill-on-demand) and the spontaneous speed of walking and running in humans. *J Appl Physiol.* 2003;95:838-43.
 25. Monteiro WD, Araújo CG. Cardiorespiratory and perceptual responses to walking and running at the same speed. *Arq Bras Cardiol.* 2009;93:418-25, 410-7.
 26. Ganley KJ, Stock A, Herman RM, Santello M, Willis WT. Fuel oxidation at the walk-to-run-transition in humans. *Metabolism.* 2010; doi:10.1016/j.metabol.2010.06.007.
 27. Dal U, Erdogan T, Resitoglu B, Beydagi H. Determination of preferred walking speed on treadmill may lead to high oxygen cost on treadmill walking. *Gait Posture.* 2010;31:366-9.
 28. Romijn JA, Coyle EF, Sidossis LS, Rosenblatt J, Wolfe RR. Substrate metabolism during different exercise intensities in endurance-trained women. *J Appl Physiol.* 2000;88:1707-14.
 29. Chenevière X, Malatesta D, Gojanovic B, Borrani F. Differences in whole-body fat oxidation kinetics between cycling and running. *Eur J Appl Physiol.* 2010;109:1037-45.
 30. Willis WT, Ganley KJ, Herman RM. Fuel oxidation during human walking. *Metabolism.* 2005;54:793-9.
 31. Hall C, Figueroa A, Fernhall B, Kanaley JA. Energy expenditure of walking and running: comparison with prediction equations. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36:2128-34.
 32. Stevenson EJ, Williams C, Mash LE, Phillips B, Nute ML. Influence of high-carbohydrate mixed meals with different glycemic indexes on substrate utilization during subsequent exercise in women. *Am J Clin Nutr.* 2006;84:354-60.
 33. Long W 3rd, Wells K, Englert V, Schmidt S, Hickey MS, Melby CL. Does prior acute exercise affect postexercise substrate oxidation in response to a high carbohydrate meal? *Nutr Metab (Lond).* 2008;5:2.
 34. Jeukendrup AE, Wallis GA. Measurement of substrate oxidation during exercise by means of gas exchange measurements. *Int J Sports Med.* 2005;26:S28-37.