



ARAŞTIRMA / RESEARCH

Egzersiz sırasında substrat kesişim noktasındaki yağ oksidasyonlarının farklı vücut kitle indeksine sahip kadınlarda karşılaştırılması

Comparison of fat oxidation rate at crossover point during exercise among women with different body mass index

Çiğdem Özdemir¹, Kerem T. Özgünen¹, Özgür Günastı¹, Selcen Korkmaz Eryılmaz², Abdullah Kılıç², C. Çağlar Bıldırcın², S. Sadi Kurdak¹

¹Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji A.D. Spor Fizyolojisi Bilim Dalı, Adana, Turkey

²Çukurova Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Adana, Turkey

Cukurova Medical Journal 2019;44(1):87-92

Abstract

Purpose: The aim of this study was to evaluate the relationship between metabolic responses and fat oxidation at basal metabolic rate (BMR) and crossover point during performance tests in sedentary young women with different body mass index (BMI).

Materials and Methods: Thirty sedentary women who were classified as normal weight (n=10), overweight (n=10) and class I obese (n=10) according to their body mass index participated in this study. Participants' basal metabolic rate and metabolic responses during exercise were measured by indirect calorimetry (Quark B2). Exercises were performed with gradually increased test protocols on treadmill.

Results: Body mass index of groups were significantly different than each other. Body weight normalized peak oxygen uptake value reduced significantly with weight gain. Fat oxidation rate at crossover point increased with weight gain and the difference between normal and class-I obese women was found to be significant. Comparison of energy expenditure at crossover point for normal weight group was found to be significantly lower than overweight and class-I obese women.

Conclusion: Fat oxidation rates and total energy expenditure increases with body mass index at crossover point.

Keywords: : Cardiopulmonary exercise test, obesity, basal metabolic rate

Öz

Amaç: Bu çalışmada farklı vücut kitle indeksine (VKİ) sahip sedanter genç kadınların bazal metabolik hız (BMH) ölçümü ve performans testleri sırasında ortaya çıkan kesişim noktalarında göstermiş oldukları metabolik yanıtları ile yağ oksidasyonu ilişkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya vücut kitle indekslerine göre normal kilolu (n=10), aşırı kilolu (n=10) ve sınıf I obez (n=10) olmak üzere toplam 30 kadın katıldı. Katılımcıların bazal metabolik hızları ve egzersiz anındaki metabolik yanıtları indirekt kalorimetre ile ölçüldü (Quark B2). Egzersizler yürüme bandında şiddeti kademeli olarak artan test protokolü kullanılarak gerçekleştirildi.

Bulgular: Grupların vücut kitle indeksleri arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. Pik oksijen tüketimi vücut ağırlığına göre normalize edildiğinde kilo artışı ile birlikte oksijen tüketiminin azaldığı görülmüştür. Kesişim noktasındaki yağ oksidasyon hızı, kilo artışıyla beraber yükselmiş, normal kilolu kadınlarla sınıf I obez bireyler arasındaki fark anlamlı bulunmuştur. Kesişim noktasında harcanılan enerji miktarının sınıf I obez ve aşırı kilolu kadınlarda normal kilolu kadınlardan anlamlı olarak daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç: Vücut kitle indeksindeki artış, kesişim noktasındaki egzersizlerde toplam enerji sarfı ile yağ oksidasyon hızını arttırmıştır.

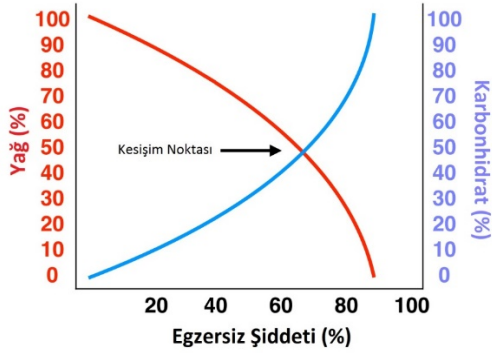
Anahtar kelimeler: Kardiyopulmoner egzersiz testi, obezite, bazal metabolik hız

Yazışma Adresi/Address for Correspondence: Dr. Çiğdem Özdemir, Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı, Spor Fizyolojisi Bilim Dalı, Adana, Turkey, E- mail: cozdemir@cu.edu.tr

Geliş tarihi/Received: 02.08.2018 Kabul tarihi/Accepted: 27.08.2018 Çevrimiçi yayın/Published online: 11.11.2018

GİRİŞ

Karbonhidratlar, proteinler ve yağlar temel besin grupları olmakla birlikte, vücut yaşamsal fonksiyonlarını sürdürülebilirlik için gereksinim duyduğu enerjiyi öncelikli olarak yağlar ve karbonhidratların metabolizmasından sağlamaktadır. Bu kaynaklardan özellikle yağların oksidasyonu, kilo alınmasının önlenmesi ve başta obezite olmak üzere birçok hastalığın tedavisinde önemli bir bileşendir. Yağ oksidasyon hızı ve miktarı beslenme, hormonlar, vücut glikojen içeriği ve egzersiz gibi pek çok etkene bağlı olarak değişiklik göstermektedir^{1,2,3,4}. Bu kapsamda maksimal oksijen kullanımının yaklaşık % 65'inin altında kalan şiddetlerdeki egzersizler, yağ oksidasyonunun en yüksek olduğu egzersiz şiddetleri olarak kabul edilmektedir⁵. Şiddeti giderek arttırılan egzersizlerde enerji ihtiyacının yükselmesi substrat kullanımını da değiştirmektedir. Egzersiz şiddeti maksimal oksijen kullanımının yaklaşık %65'inin üzerine çıkmaya başladığında, yağ oksidasyonu azalma eğilimine girer ve artan enerji gereksinimi karbonhidrat oksidasyonunun artışıyla sağlanmaya çalışılır^{6,7}. Yüksek şiddette yapılan egzersizlerde karbonhidratların baskın olarak kullanıldığı ve yağ oksidasyonunun belirgin olarak azaldığı nokta, literatürde keşişim noktası (crossover point) olarak tanımlanmaktadır^{4,6}.



Şekil 1. Keşişim noktasının kuramsal gösterimi⁴

Yağ ve karbonhidrat oksidasyonu ile ilgili metabolik cevapların tümü indirekt kalorimetride solunum gazlarının analiziyle değerlendirilebilmektedir^{8,9}. Bu şekilde elde edilen yağ yakımı ve keşişim değerleri analizi, literatürde hem sağlıklı hem de farklı hastalıkları olan bireylerin genel durumlarını değerlendirerek egzersize cevaplarını analiz edebilmek için kullanılmaktadır^{10,11,12}. İlgili

değişkenlerin takibi, özellikle kilo kontrolü yapılan bireylerde, yağ oksidasyonu ile ilişkili kişisel egzersiz reçetelerinin düzenlenebilmesi açısından da önem taşır. Ancak, uygulanan özel protokoller dışında, performans testleri esnasında ortaya çıkan substrat kullanım tercihinin sedanter ve kilolu bireylerde ne yönde değiştiğini gösteren kapsamlı çalışmalara da gereksinim vardır.

Bu çalışmada, laboratuvarımıza daha önceki senelerde başvuru yapmış olan farklı vücut kitle indekslerine (VKİ) sahip sedanter genç kadınların bazal metabolik hızları (BMH), performans testleri sırasında tespit edilen keşişim noktasında ortaya çıkan metabolik yanıtları ile yağ oksidasyonu ilişkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

GEREÇ-YÖNTEM

Çalışmada Çukurova Üniversitesi Tıp Fakültesi Spor Fizyolojisi Performans Laboratuvarı'na kardiyopulmoner egzersiz testi yaptırmak üzere daha önceki senelerde başvuran kadınların verileri değerlendirildi. Çalışmaya vücut kitle indekslerine göre normal kilolu (n=10, VKİ: 18.5-24.9 kg/m²), aşırı kilolu (n=10, VKİ: 25-29.9 kg/m²) ve sınıf I obez (n=10, 30-34.9 kg/m²) olmak üzere 3 gruba ayrılan toplam 30 kadın dahil edildi. Katılımcılar için diyabet, metabolik-hormonal, kardiyovasküler hastalıklar başta olmak üzere, hastalık ve ilaç kullanımı öyküsünün varlığı ile adet düzensizliği araştırmadan dışlanma kriteri olarak kabul edildi. Bu araştırma Helsinki Bildirgesi ilkelerine uygun olarak gerçekleştirilmiştir.

Vücut ağırlıkları (VA) 0.1kg'dan az değişiklik gösterecek hassasiyetle ve ayakkabısız olarak, boy uzunluğu ölçümü ise ayaklar, sırt ile aynı hizada olacak şekilde dik dururken, Sports Expert (Professional Sport Technologies) stadiometre ile ölçüldü. Tüm ölçümler sabah saatlerinde ve 12 saatlik açlıkla, bir gecelik istirahatten sonra indirekt kalorimetre (Quark B² gaz analizörü) ile gerçekleştirildi. Katılımcılardan test süresince supin pozisyonda uzanmaları sağlandı ve gaz analizi sırasında bireylerden yüzlerine takılan bir maskeyle soluk alıp vermeleri istendi. BMH ölçümleri 15dk süreyle sessiz, loş bir ortamda yapıldı ve denekler test sırasında uyumadılar.

Deneklerin sedanter olmaları nedeniyle kardiyopulmoner egzersiz testine 3 km/saat yürüme hızı ile başlandı ve hız dakikada 0.5 km/saat arttırıldı. Testler durdurma kriterlerine ulaşıldığında (nabızın

maksimale ulaşması, oksijen alımının plato oluşturması, non-protein RQ [npRQ] değerinin 1.15 ve üzerinde seyretmeye devam etmesi ile katılımcıların teste daha fazla devam edemeyeceklerini bildirmeleri) sonlandırıldı¹³. Test sırasında bireyin tükettiği substrat türü ve miktarı, kullanılan O₂ ve ekspire edilen CO₂ verileri ile hesaplandı¹⁴. Süreç içinde nabız ile yürüme hızı değerleri eş zamanlı olarak kaydedildi. İzleyen aşamada karbonhidrat ve yağ metabolizmasının kesişim noktasındaki⁶ nabız ve hız aralıkları belirlendi.

İstatistiksel analiz

İstatistiksel değerlendirmeler Windows versiyon 22.0 SPSS paket programıyla yapıldı. Verilerin dağılımı Shapiro-Wilk testiyle değerlendirildi. Normal dağılım gösteren verilerin karşılaştırılmasında Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) ve post hoc Tukey testi,

normal dağılım göstermeyen veri gruplarında ise Kruskal Wallis testi ve post hoc olarak da Mann-Whitney U testi kullanıldı. Korelasyon analizi Pearson Korelasyon testi ile yapıldı. Güven aralığı %95 olarak belirlendi. Değerler ortalama \pm standart hata olarak sunuldu.

BULGULAR

Katılımcıların yaş, VKİ ve BMH ölçümlerine ilişkin değerler Tablo 1'de sunulmuştur. Vücut kitle indeksleri birbirinden istatistiksel olarak farklı bulunan grupların ($p < 0.001$), bazal metabolik hızlarında anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Grupların bazal metabolik hız ölçümü sırasında kullandıkları substratlar ile npRQ ve yağ oksidasyon değerleri arasındaki fark da istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

Tablo 1. Katılımcıların bazal metabolik hız ve fiziksel özelliklerine ait veriler

	Yaş	VKİ	BMH (Kcal/gün)	BMH'de Yağ Kullanımı (%)	BMH'de Karbonhidrat Kullanımı (%)	BMH'de npRQ	BMH'de Yağ Oksidasyonu (gr/dk)
Normal Kilo	24.1 \pm 1.1	20.4 \pm 0.5 [#]	960.2 \pm 85.8	62.9 \pm 4.0	37.4 \pm 4.0	0.89 \pm 0.05	0.02 \pm 0.01
Aşırı Kilolu	23.8 \pm 0.8	28.1 \pm 0.6 [#]	1310.0 \pm 158.6	53.8 \pm 4.5	46.6 \pm 4.5	0.86 \pm 0.04	0.05 \pm 0.01
Sınıf I Obez	21.0 \pm 0.5	31.9 \pm 0.4 [#]	1164.1 \pm 79.7	55.6 \pm 6.9	41.8 \pm 7.0	0.86 \pm 0.08	0.04 \pm 0.01

#: Gruplar arasındaki farkı ifade etmektedir ($p < 0.001$). Veriler ortalama \pm SE olarak sunulmuştur. BMH: Bazal metabolik hız, VKİ: Vücut kitle indeksi, npRQ: non-protein RQ

Tüm grupların kardiyopulmoner egzersiz testlerinde elde edilen maksimal değerleri Tablo 2'de sunulmuştur. Katılımcıların test sırasında ulaştıkları en yüksek hız, nabız ve oksijen kullanım değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık

bulunmamıştır. Buna karşın kilogram başına normalize edilen O₂ kullanım değerleri, normal kilolu olan grupta diğer gruplardan anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$).

Tablo 2. Kardiyopulmoner egzersiz testinde elde edilen maksimal değerler.

	Normal Kilolu	Aşırı Kilolu	Sınıf I Obez
Pik Oksijen kullanımı (ml/dk)	1415.9 \pm 72.1	1703.0 \pm 95.8	1695.8 \pm 116.2
Pik Oksijen kullanımı (ml/kg/dk)	25.4 \pm 0.9 *	21.7 \pm 1.05	21.3 \pm 1.2
Ulaşılan pik nabız(atım/dk)	172.5 \pm 3.9	169.0 \pm 4.3	172.8 \pm 5.5
Ulaşılan pik hız(km/sa)	8.3 \pm 0.3	7.8 \pm 0.2	7.7 \pm 0.2

*: Diğer gruplardan anlamlı olarak farklıdır ($p < 0.05$). Veriler ortalama \pm SE olarak sunulmuştur.

Grupların performans testinde elde edilen kesişim noktalarındaki metabolik cevapları Tablo 3'te sunulmuştur. Bu noktaya karşılık gelen egzersiz şiddetlerinde, gruplar arasında nabız, npRQ ve hız değerleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir değişiklik görülmemiştir. Buna karşın aşırı kilolu ve sınıf I obez kadınların kullandıkları oksijen miktarı, normal kilolu kadınlardan anlamlı olarak yüksek

bulunmuştur ($p < 0.05$). İstatistiksel olarak anlamlı olan bu fark, oksijen alımının vücut ağırlığına göre normalize edilmesi durumunda ortadan kalkmaktadır. Kesişim noktasında kullanılan oksijenin pik O₂ kullanımına oranının aşırı kilolu ve sınıf I obez kadınlarda normal kilolu kadınlara oranla daha yüksek olduğu görülmüştür. Normal kilolu ve aşırı kilolu kadınlar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı

bulunmuştur ($p<0.05$). Normal kilolu bireyler ile diğer grupların kesişim noktasında harcadıkları enerji miktarları arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Kesişim noktasında kullanılan enerjiye yağ ve karbonhidratların katkıları arasında bir farklılık

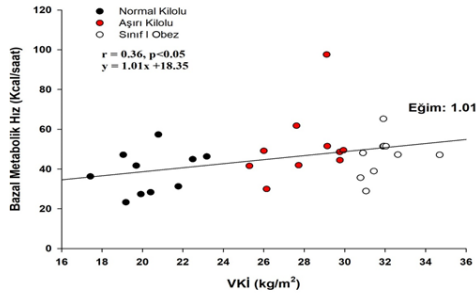
olmadığı görülmüştür. Bu noktada okside edilen yağ miktarının kilo artışıyla beraber yükseldiği, normal kilolu ve sınıf I obez kadınlar arasındaki farkın ise istatistiksel olarak anlamlılık gösterdiği bulunmuştur ($p<0.05$).

Tablo 3. Kesişim noktasına ait metabolik değişkenler.

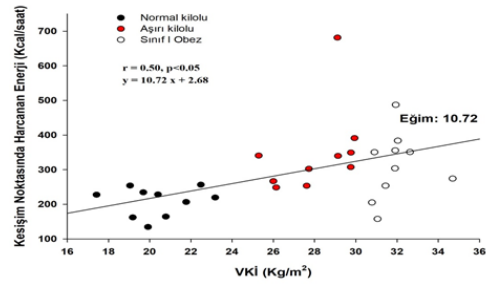
	Normal Kilolu	Aşırı Kilolu	Sınıf I Obez
O ₂ kullanımı (ml/dk)	715.2±44.8	1180.9±129.9*	1068.5±101.5*
Normalize O ₂ kullanımı (ml/kg/dk)	12.7±0.9	14.5±1.1	13.3±1.3
Pik O ₂ kullanımına oranı (%)	51.1± 3.4	69.7 ±5.1*	63.1± 4.7
Nabız(atım/dk)	122.2±5.7	135.5±7.9	140.2±6.7
npRQ	0.88± 0.01	0.90±0.01	0.88±0.02
Hız (km/sa)	5.4±0.2	5.9±0.2	5.6±0.3
Yağ Oksidasyonu(gr/dk)	0.14±0.01	0.18±0.03	0.21±0.02*
Harcanan enerji(Kcal/sa)	209.0±13.1	328.2±49.0 #	312.4±29.9*
Total enerjiye yağların katkısı (%)	39.6±2.5	29.3± 4.9	40.8±2.1
Total enerjiye karbonhidratların katkısı (%)	60.9±2.5	67.4±4.1	59.5±2.1

*: Normal kilolu gruba ait verilerden anlamlı olarak farklıdır ($p<0.05$).

#: Normal kilolu gruba ait verilerden anlamlı olarak farklıdır ($p<0.001$). Veriler ortalama ± SE olarak sunulmuştur



Şekil 2. VKİ ve BMH arasındaki ilişki



Şekil 3. VKİ ile kesişim noktasında harcanan enerji arasındaki ilişki

Katılımcıların bazal metabolik hız değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık görülmemiş olmakla beraber, grupların VKİ ile BMH'leri

arasındaki ilişki anlamlı bulunmuş ($p<0.05$) ve eğrinin eğimi 1.01 olarak hesaplanmıştır (Şekil 2). Buna karşın VKİ ile kardiyopulmoner egzersiz testinde belirlenen kesişim noktasında harcanan kalori ilişkisinin de istatistiksel olarak anlamlı olduğu ($p<0.05$) ve eğrinin eğiminin yaklaşık olarak 10 katına çıktığı tespit edilmiştir (Şekil 3).

TARTIŞMA

Bu çalışmanın en önemli bulgusu, kardiyopulmoner egzersiz testinde tespit edilen kesişim noktasındaki yağ oksidasyon hızının sınıf I obez kadınlarda, normal kilolu kadınlara göre anlamlı olarak daha yüksek olduğudur. Obez insanların, belirli bir iş yükünde, vücutlarını hareket ettirebilmek için normal kilolu bireylerden daha fazla kalori harcamaları beklenir. Elde ettiğimiz veriler irdelendiğinde enerji sarfının artmış olması ile beraber kesişim noktasına karşılık gelen görece yüksek tempolardaki egzersizlerde obez insanların, daha fazla yağ metabolize edebildiği görülmüştür.

Çalışmaya katılan kadınların tamamı sedanter olup, pik oksijen kullanımları arasında farklılık bulunmamıştır. Buna karşın pik oksijen alımı vücut ağırlığına göre normalize edildiğinde oksijen kullanımının kilo alımıyla birlikte azaldığı da görülmüştür. Bu durum bize kişilerin kondisyon düzeylerinden bağımsız olarak, kilo alımının aerobik kapasiteyi sınırlayabileceğini düşündürmektedir. Çalışmamızda normal kilolu, aşırı kilolu ve sınıf I obez kadınların kesişim noktalarındaki oksijen

kullanımları, kendi pik oksijen kullanımlarının, sırasıyla yaklaşık %51.1, %69.7 ve %63.1’inde gerçekleşmektedir. Yapılan araştırmalarda hem normal kilolu hem de obez bireylerin kesişim noktalarının, kendi pik oksijen kullanımlarının yaklaşık %40 – 60’ı arasında değiştiği gösterilmiş olup^{12,15,16}, bulgularımız literatürle uyumludur. Ancak araştırmamızdan farklı olarak, bisiklet ergometresiyle yapılan çalışmalarda obez bireylerin kesişim noktasını daha düşük egzersiz şiddetlerinde yakaladığı bulunmuştur¹⁵. Çalışmamızda kesişim noktasının görece daha yüksek egzersiz şiddetlerinde görülmüş olmasının nedeni, koşu bandı ve bisiklet ergometresiyle yapılan egzersizlerde aktifleşen kas gruplarının farklılığı olabilir¹⁷.

Literatürde, yağ dokusu artışıyla birlikte, dinlenme halinde, yağ oksidasyonunun arttığını ve RQ değerlerinin düştüğünü gösteren çalışmalar mevcuttur^{18,19,20}. Hatta açlık halinde, yağ oksidasyonunun tokluk durumuna göre daha fazla olacağı klasik fizyoloji bilgileri arasında yer alır²¹. Açlık halinde insülin düzeylerinin bazal seviyelerine geri dönmesi ve hormona duyarlı lipazı baskılayıcı etkisinin ortadan kalkmasına bağlı olarak yağ oksidasyonunu kolaylaştığı bildirilmektedir²¹. Bu çalışmadaki ölçümlerin tümü sabah aç karnına yapılmıştır. Bu nedenle deneklerin metabolik değerlendirmelerinin birbirlerine yakın koşullarda yapıldığını söylemek mümkündür. BMH ölçümlerinde elde edilen yağ oksidasyon düzeyleri, Tablo 1’de de sunulduğu üzere, kilo alımıyla artış göstermiş ancak gruplar arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır. Buna karşın kesişim noktasındaki egzersiz şiddetlerinde, istirahatten farklı olarak, yağ oksidasyonunun kilo alımıyla birlikte istatistiksel olarak anlamlı artış gösterdiği tespit edilmiştir. Egzersizin, serbest yağ asitlerinin salınımı ve oksidasyonu için çok güçlü bir uyaran olduğu bilinmektedir². Özellikle de aerobik egzersizin, adipoz dokudan yağ asit salınımını arttırdığı gösterilmiştir. Araştırmamızda da grupların kesişim anındaki nabız ve hız değerlerinin yaklaşık olarak aynı şiddetteki egzersizlere karşılık gelmesine rağmen, kalori harcaması ve yağ oksidasyonunun kilo artışıyla beraber yükselme eğiliminde olduğu bulunmuştur. Bu durumda egzersiz, obez bireylerde yağ oksidasyonunu arttıran güçlü bir uyaran olarak da düşünülebilir.

Çalışmamızda, katılımcıların beslenme içerikleri sorgulanmamış olmakla beraber obez bireylerin besin içeriklerinde yağ türlerinin daha fazla

bulunduğu^{22,23} ve yüksek yağlı diyetin de yağ oksidasyonunu arttırdığı bilinmektedir^{4,18}. Bu bilgiler, artan egzersiz şiddetlerinde yağ oksidasyonunun hızını etkileyen unsurlar arasında beslenme alışkanlıklarının da göz önünde bulundurulması gerekebileceğini düşündürmektedir.

Katılımcıların bazal metabolik hızları, bu hızlara substratların katkı yüzdeleri ile yağ oksidasyonu arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. VKİ-BMH arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki gözlenmiş ve bu ilişkinin eğiminin ise 1.01 olduğu tespit edilmiştir. VKİ ile kesişim noktasında harcanılan enerji arasındaki korelasyon değerlendirildiğinde, anlamlılığın devam ettiği buna karşın eğiminin 10.72’ye çıktığı görülmüştür. Eğrinin ayrıntılı analizinde ise VKİ’deki artışın kesişim noktasında harcanan enerji miktarını arttırdığı bulunmuştur. Bu bulgu bize kilolu katılımcıların, aynı iş yükleriyle başa çıkabilmek için daha fazla oksijen kullandıklarını ve daha fazla enerji harcadıklarını göstermektedir¹⁷.

Çalışmada uygulanan protokollerin dakikalık olması, veri tabanı analizi niteliğinde olmasından dolayı hormonal parametrelerce desteklenememiş olması, kişi sayısının sınırlı kalması ve beslenme içeriklerinin sorgulanmaması bu çalışmanın kısıtlılıklarıdır.

Bu çalışmada, sınıf I obez kadınlarla fazla kilolu kadınların yağ oksidasyon hızları normal kilolu kadınlardan daha yüksek bulunmuştur. Öte yandan kullanılan egzersiz test modeli bir performans testi niteliğindedir ve iş yükleri dakikalık olarak arttırılmıştır. Metabolik yanıtın dengeye gelme süresi prensibi göz önüne alınarak yapılan ve yağ oksidasyon hızını değerlendirmeye yönelik 4-6 dakikalık yüklemelerin yapıldığı egzersiz protokollerini kullanılmaktadır. Kesişim noktasındaki metabolik yanıtların farklı egzersiz modellerinde de irdelenmesi sedanter ya da obez bireylerin egzersize verdiği yanıtı daha iyi analiz etme şansı verecektir.

Yazar Katkıları: Çalışma konsepti/Tasarım: ÇÖ, KTÖ, ÖG, SKE, AK, CÇB, SSK; Veri toplama: ÇÖ, KTÖ, ÖG; Veri analizi ve yorumlama: ÇÖ, KTÖ, ÖG, SKE, AK, CÇB, SSK; Yazı taslağı: ÇÖ; İçerinin eleştirel incelenmesi: ÇÖ, KTÖ, ÖG, SKE, AK, CÇB, SSK; Son onay ve sorumluluk: ÇÖ, KTÖ, ÖG, SKE, AK, CÇB, SSK; Teknik ve malzeme desteği:-; Süpervizyon: ÇÖ, KTÖ, ÖG, SKE, AK, CÇB, SSK; Fon sağlama (mevcut ise): yok.

Bilgilendirilmiş Onam: Katılımcılardan yazılı onam alınmıştır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması beyan etmemişlerdir.

Author Contributions: Concept/Design: ÇÖ, KTÖ, ÖG, SKE, AK, CÇB, SSK; Data acquisition: ÇÖ, KTÖ, ÖG; Data analysis and interpretation: ÇÖ, KTÖ, ÖG, SKE, AK, CÇB, SSK; Drafting manuscript: ÇÖ; Critical revision of manuscript: ÇÖ, KTÖ, ÖG,

SKE, AK, CÇB, SSK; Final approval and accountability: ÇÖ, KTO, ÖG, SKE, AK, CÇB, SSK; Technical or material support: -; Supervision: ÇÖ, KTO, ÖG, SKE, AK, CÇB, SSK; Securing funding (if available): n/a.

Informed Consent: Written consent was obtained from the participants.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: Authors declared no conflict of interest.

Financial Disclosure: Authors declared no financial support

KAYNAKLAR

- Shimada K, Yamamoto Y, Iwayama K, Nakamura K, Yamaguchi S, Hibi M et al. Effects of post-absorptive and postprandial exercise on 24 h fat oxidation Metabolism. 2013;62:793-800.
- Nielsen S, Guo ZK, Albu JB, Klein S, O'Brien PC, Jensen M.D Energy expenditure, sex, and endogenous fuel availability in humans, J Clin Invest. 2003;111:981-8.
- Weltan SM, Bosch AN, Dennis SC, Noakes TD. Influence of muscle glycogen content on metabolic regulation Am J Physiol. 1998;274:72-82.
- Purdum T, Kravitz L, Dokladny K, Mermier C. Understanding the factors that effect maximal fat oxidation J Int Soc Sports Nutr. 2018; 15: 2-10.
- Achten J, Gleeson M, Jeukendrup AE. Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation Med Sci Sports Exerc. 2002;34:92-7.
- Brooks GA, Mercier J. Balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the "crossover" concept J Appl Physiol. 1994;76:2253-61.
- 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.
- Bogdanis GC, Vangelakoudi A, Maridaki M. Peak fat oxidation rate during walking in sedentary overweight men and women J Sports Sci Med. 2008;7:525-31.
- Suk MH, Moon YJ, Park SW, Park CY, Shin Y. A. maximal fat oxidation rate during exercise in Korean Women with type 2 diabetes mellitus. Diabetes Metab J. 2015;39:328-34.
- Bordenave S, Metz L, Flavier S, Lambert K, Ghanassia E, Dupuyd AM et al. Training-induced improvement in lipid oxidation in type 2 diabetes mellitus is related to alterations in muscle mitochondrial activity. Effect of endurance training in type 2 diabetes. Diabetes Metab. 2008;34:162-8.
- Ounis O.B, Elloumi M, Zouhal H, Makni E, Lac G, Tabka Z et al. Effect of an individualized physical training program on resting cortisol and growth hormone levels and fat oxidation during exercise in obese children Ann Endocrinol. 2011;72:34-41.
- Borel B, Coquart J, Boitel G, Duhamel A, Matran R, Delsart P et al. Effects of endurance training at the crossover point in women with metabolic syndrome. Med Sci Sports Exerc. 2015;47:2380-8.
- American Thoracic Society/American College of Chest Physicians. ATS/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing. Am J Respir Crit Care Med. 2003;167:211-77.
- Frayn K.N Calculation of substrate oxidation rates invivo from gaseous exchange J Appl Physiol. 1983;55:628-34.
- Martin A.P, Dumortier M, Raynaud E, J.F.Brun, Fedou C, Bringer J et al. Balance of substrate oxidation during submaximal exercise Diabetes Metab. 2001;27:466-74.
- Mendelson M, Jinwala K, Wuyama B, Levy P, Flore P. Can crossover and maximal fat oxidation rate points be used equally for ergocycling and walking/running on a track? Diabetes Metab. 2012;38:264-70.
- Wasserman K, Hansen J.E, Sue D.Y, Casaburi R, Whipp B.J. Principles of Exercise Testing and Interpretation 3rd edition. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 1999.
- Maffei C, Armellini F, Tato L, Schutz Y. Fat oxidation and adiposity in prepubertal children: exogenous versus endogenous fat utilization. J Clin Endocrinol Metab. 1998;84:654-8.
- Tentolouris N, Tsigos C, Perea D, Koukou E, Kyriaki D, Kitsou E et al. Differential effects of high-fat and high-carbohydrate isoenergetic meals on cardiac autonomic nervous system activity in lean and obese women metabolism. 2003;52:1426-32.
- Tentolouris N, Alexiadou K, Kokkinos A, Koukou E, Perrea D, Kyriaki D et al. Meal-induced thermogenesis and macronutrient oxidation in lean and obese women after consumption of carbohydrate-rich and fat-rich meals Nutrition. 2011;27:310-5.
- Boron WF, Boulpaep EL. Medical Physiology, 2nd ed. Philadelphia, Saunders, 2009.
- Ortega RM, Requejo' AM, Andrep P, Lopez-Sobaler' AM, Redondo' R, Gonzalez-Fernandez M. Relationship between diet composition and body mass index in a group of Spanish adolescents. Br J Nutr. 1995;74:765-73.
- Gazzaniga J.A, Burns T.L. Relationship between diet composition and body fatness,with adjustment for resting energy expenditure and physical activity, in preadolescent children Am J ClinNutr. 1993;58:21-8.