

Obezitesi Olan Bireylerde Yüksek Şiddetli Aralıklı Antrenman Modelinin Besin Alımına Etkileri: Sistematik Derleme

Ebru AYDEMİR¹  , Meral KÜÇÜK YETGİN² 

¹Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Spor Sağlık Bilimleri, İstanbul, Türkiye

²Marmara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Spor Sağlık Bilimleri Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

Bu makaleye yapılacak atf: Aydemir E ve Küçük Yetgin M. Obezitesi olan bireylerde yüksek şiddetli aralıklı antrenman modelinin besin alımına etkileri: Sistematik derleme. Turk J Diab Obes 2022;1: 67-76.

ÖZ

Obezitenin tedavisinde diyetin yanı sıra egzersiz de vücudun enerji harcamasını artırarak kilo kaybının sağlanmasında etkilidir. Yüksek şiddetli aralıklı antrenman (HIIT: high intensity interval training) ise orta şiddette aerobik egzersize kıyasla daha kısa zamanda vücut yağ kütlesi kaybı, maksimum oksijen tüketimi ve anaerobik eşğin iyileşmesi, Tip 2 diyabetli hastalarda glisemik kontrolde fayda sağlamaktadır. Ayrıca HIIT kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, obezite gibi özel koşullarda ve tüm egzersiz türlerinde uygulanabilir olması gibi sebeplerden dolayı son yıllarda popüler hâle gelen bir egzersiz modelidir. HIIT modeli, American College of Medicine (ACSM) tarafından yürüme, bisiklet sürme, yavaş tempoda koşu şeklinde haftada 2-3 kez maksimum oksijen tüketiminin (VO_{2maks}) %85'inde veya maksimum kalp atım hızının (HR_{maks}) %90'ında 15 dakika olarak reçetelendirilmiştir. Bununla birlikte direnç egzersizleri ve VO_{2maks} 'ın %60'ının üzerinde gerçekleştirilen aerobik egzersizler, iştahı baskılayarak besin alımını azaltıp negatif enerji dengesine katkıda bulunabilir ve vücut yağ kütlesini azaltıp obezitenin tedavisinde uygulanabilir. Bu etkinin oreksijenik ve anoreksijenik hormonlar aracılığıyla kontrol edildiği ve düzenlendiği tahmin edilmektedir. Güncel çalışmalar HIIT modelinin besin alımını azaltarak obezitenin tedavisinde etkin bir yol olabileceği konusunu ortaya koymaktadır. Obezitesi olan yetişkin bireylerde HIIT'in besin alımına etkilerini derleyen bu çalışma ile HIIT'in besin alımını azaltmada etkili olmadığı fakat genel olarak enerji alımını azaltma eğiliminde olduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Obezite, Egzersiz, HIIT, Beslenme, İnterval

Effects of High-Intensity Interval Training (HIIT) Model on Food Intake in Individuals with Obesity: A Systematic Review

ABSTRACT

In the treatment of obesity, besides diet, exercise is also effective in providing weight loss by increasing the body's energy expenditure. High-intensity interval training (HIIT) provides decrease of body fat mass, improvement of maximum oxygen consumption and anaerobic threshold, glycemic control in patients with type 2 diabetes shorter time compared to moderate-intensity aerobic exercise. In addition, HIIT is an exercise model that has become popular in recent years because it can be applied in special conditions such as cardiovascular diseases, diabetes, obesity and in all types of exercise. It has been prescribed by the American College of Medicine (ACSM) for 15 minutes at 85% of maximum oxygen consumption (VO_{2max}) or 90% of maximum heart rate (HR_{max}) 2-3 times per week by walking, cycling, jogging. In addition, resistance exercises and aerobic exercises performed above 60% of VO_{2max} can contribute to negative energy balance by suppressing appetite, reducing food intake. It can be applied in the treatment of obesity by reducing body fat mass. This effect is presumed to be controlled and regulated by orexigenic and anorexigenic hormones. Recent studies reveal that the HIIT model can be an effective way in the treatment of obesity by reducing food intake. In this study, which compiled the effects of HIIT on food intake in adults with obesity, it was revealed that HIIT was not effective in reducing food intake, but generally tended to reduce energy intake.

Keywords: Obesity, Exercise, HIIT, Nutrition, Interval

ORCID: Ebru Aydemir / 0000-0003-2832-8254, Meral Küçük Yetgin / 0000-0002-4916-5661

Yazışma Adresi / Correspondence Address:

Ebru AYDEMİR

Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor AD, Spor Sağlık Bilimleri, İstanbul, Türkiye
Tel: 0 (216) 308 56 62 / 63 • E-posta: ebruaydemir@gmail.com

DOI: 10.25048/tudod.995691

Geliş tarihi / Received : 15.09.2021

Revizyon tarihi / Revision : 29.10.2021

Kabul tarihi / Accepted : 26.01.2022



GİRİŞ

Dünya genelinde en önemli halk sağlığı problemlerinden biri olarak kabul edilen obezite prevalansı gün geçtikçe artmaya devam etmektedir. Dünya Sağlık Örgütü'nün tahminlerine göre 2016 yılı itibarıyla dünya genelinde, yetişkinlerin %39'u fazla kilolu ve %13'ü obezdir. Türkiye ise 2016 yılında %29,5 oranla Avrupa'da obezitenin en fazla görüldüğü ülke olmuştur ve Covid-19 küresel salgını sebebiyle obezite prevalansının artacağı öngörülmektedir (1,2). Obezitenin önlenmesinde ve tedavisinde fiziksel aktivite ve egzersiz etkili ve tamamlayıcı bir yöntemdir. Fiziksel ve zihinsel sağlığı destekleyerek, yaşam kalitesini iyileştirir (3). Son yıllarda popüler hâle gelen yüksek şiddetli aralıklı antrenman (HIIT: high intensity interval training), sporcularda kısa hazırlık dönemlerinde hızlı ve etkin şekilde uyum ihtiyacı, tekrar eden benzer yüklenmelere uyum hacmi ve verim düşüşünün önlenmesi; sedanter bireylerde ise yaşam koşulları sebebiyle egzersize yeterli vaktin ayrılamaması gibi sebeplerden dolayı öne çıkmaktadır (4). HIIT, zaman açısından daha verimli ve orta şiddetli sürekli antrenmanlara kıyasla daha keyifli bir seçenek sunarken kan basıncı, vücut kompozisyonu, prediyabetli bireylerde kan glikozunu kontrol altına alma, kardiyovasküler sağlık, aerobik ve anaerobik performansında iyileşmeler de sağladığına dair güncel kanıtlar mevcuttur (5-8). Yüklenme şiddeti yüksek, yüklenme süresi az ve dinlenme aralığı kısa olan HIIT, obezitesi olan bireylerde ikincil bir egzersiz modeli olarak önerilmektedir (6-9). Tipik olarak HIIT programının süresi <20 dakikadır (10). Her yüklenme 6 saniye ile 4 dakika arasındadır (11). HIIT modeli, American College of Medicine (ACSM) tarafından yürüme, bisiklet ergometresi, yavaş tempoda koşu türlerinde haftada 2-3 kez maksimum oksijen tüketiminin %85'inde veya maksimum kalp atım hızının %90'ında 15 dakika olarak reçetelendirilmiştir (12). HIIT mitokondride PGC-1 α (peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha) reseptörünün aktivasyonunu etkileyerek ATP üretiminin artırılmasını sağlamaktadır. Bu durum iskelet kaslarının oksidasyon kapasitesini artırarak maksimal performansı geliştirmektedir (13).

Obezitenin önlenmesinde ve tedavisinde eş zamanlı olarak diyet ve egzersizin yaşamın içine dahil edilmesi en etkin yol iken yalnızca egzersiz müdahalelerinin vücut yağ kütlesi üzerindeki mütevazı etkisi, muhtemelen müdahaleye yanıt olarak bireysel değişkenliğin bir sonucudur. Bazı kişilerde beklenenden daha az vücut yağ kütlesi kaybı olması egzersiz programına uyumun ve fiziksel aktivitenin azalması, vücudun toplam enerji harcamasının hesaplanmasında kullanılan denklemlerinden yola çıkılarak kilo kaybının fazla tahmin edilmesi ve enerji harcamasını azaltan metabolik mekanizmalar ile açıklanabilir (14). Benzer şekilde iştahı

artıran biyolojik değişiklikler ve besin tercihlerindeki değişiklikler de enerji alımının artmasına ve öngörülenden daha az vücut yağ kütlesi kaybına neden olabilir (15). Bununla birlikte doğru egzersiz programının besin alımı ve iştah üzerine etkisini araştıran birçok çalışma vardır (16-22). İştahı baskılayarak enerji alımının azaltılmasına yardımcı olan egzersiz modellerini tercih etmek, vücut yağ kütlesinin azalmasına katkıda bulunabilir.

HIIT programına yanıt olarak daha fazla vücut yağ kütlesi kaybindan sorumlu olan fizyolojik mekanizmalar kesin olarak bilinmemektedir. Gastrointestinal hormonların salgılandığı nöroendokrin sistemde iştah ve besin alımı fizyolojik olarak düzenlendiğinden, vücut yağ kütlesi kaybı için iştah tepkileri dikkate alınmalıdır (23). Egzersizin ardından oreksijenik hormonların (açıllanmış ghrelin (AG), insülin), anoreksijenik hormonların (glukagon benzeri peptit-1 (GLP-1), peptit YY (PYY₃₋₃₆), tümör nekrosis faktör- α (TNF- α), leptin) plazma konsantrasyonlarının değişmesi iştah durumunu ve besin alımını etkileyebilir (15,24,25). Bunun yanı sıra egzersiz sonrası yağlı ve/veya tatlı olan/olmayan besinlere eğilim de enerji alımında değişikliklere neden olabilir.

Bu derleme HIIT programının besin alımı ve iştah üzerindeki etkilerini inceleyerek obezitesi olan yetişkin bireylerde etkili bir kilo verme yöntemi olarak kullanımını araştırmayı amaçlamıştır. Bu bağlamda derlemede obezitesi olan ve olmayan bireylerde HIIT modelinin besin alımı ve iştah açısından karşılaştırmanın doğru yorum yapmayı engelleyebileceği düşüncesi ile, yalnızca beden kütle indeksi (BKİ) ortalaması ≥ 30 kg/m² olan bireylerin dahil edildiği çalışmalar incelenmiştir.

GEREÇ ve YÖNTEMLER

Literatür Taraması

Obezitesi olan bireylerde HIIT modelinin besin alımı üzerine etkilerini incelemek üzere planlanan derleme için öncelikle Türkçe makaleler taranmış, ancak bilginiz dahilinde literatürde bu konuda yayınlanmış Türkçe makaleye rastlanmamıştır. Literatür taraması İngilizce olarak PubMed, ULAKBİM, ScienceDirect veritabanları kullanılarak 2009'dan Haziran 2021'e kadar olan tarih aralığı belirtilerek yapılmıştır. Sistemik Derlemeler ve Meta-Analizler için Tercih Edilen Raporlama Ögeleri (PRISMA) yönergelerine uygun olarak sistemik bir inceleme gerçekleştirilmiştir. Anahtar kelimeler olarak (obesity) AND ("high intensity interval training" OR "HIIT" OR "interval training" OR "intermittent training") AND (appetite OR "food intake" OR "energy intake" OR "calorie intake") belirlenmiştir. Literatür taraması ile toplam 546 makaleye ulaşılmış, seçilme kriterlerine göre 308 makale taranmıştır. Şekil 1'de

belirtilen nedenlerle 300 makale daha hariç tutularak konu ile ilişkili 8 makale derlemeye alınmıştır.

Dahil Edilme Kriterleri

Derleme için dahil edilme kriterleri, katılımcıların 18-65 yaş arasında ve BKİ ortalaması ≥ 30 kg/m² olması, araştırmalarda kullanılan HIIT modelinin türü, süresi, sıklığı ve şiddeti açısından açıkça tanımlanmış olması, besin tüketiminde enerji kısıtlaması olmaksızın beslenmenin kişinin isteğine bağlı (ad libitum) olması veya besin tüketim kaydı ile besin alımının değerlendirilmesi ve çalışmaların İngilizce olarak yayımlanmış olması parametreleri kullanılmıştır.

Dışlama Kriterleri

Hayvan çalışmaları, randomize kontrollü olmayan çalışmalar, tez çalışmaları, derlemeler, kongre bildirimleri hariç tutulmuştur.

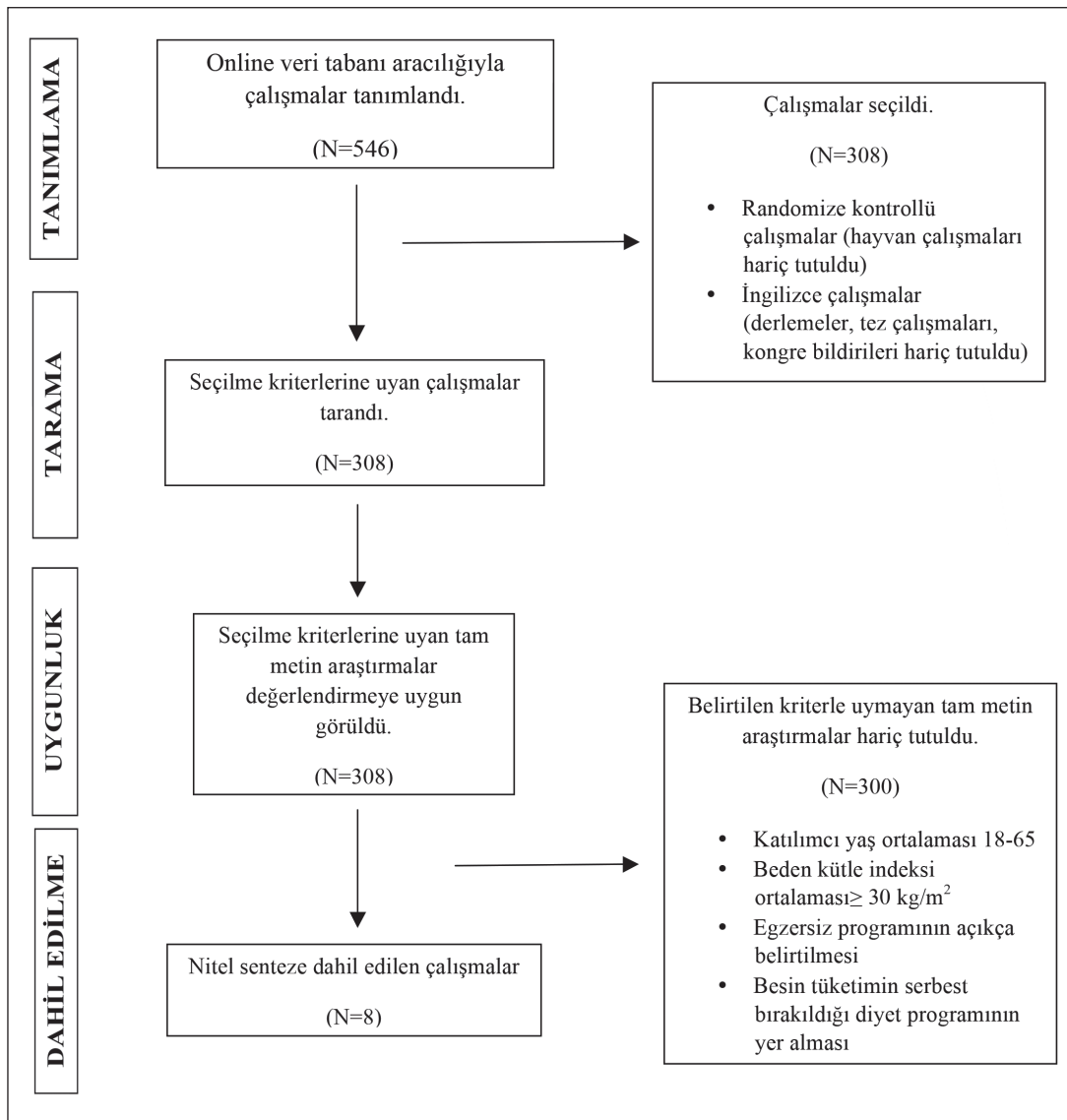
BULGULAR

Katılımcıların Özellikleri

Derlemeye dahil edilen makalelerden toplam 97 yetişkin kadın ve erkek katılımcı hakkında veri sağlanmıştır. Her çalışmadaki ortalama katılımcı sayısı 12.1'dir. Çalışmalardaki katılımcılar genel olarak 18-64 yaş aralığındadır. Çalışmalarda katılımcıların obezitenin yanı sıra diğer hastalıklarının bulunması konusunda kısıtlamaya gidilmemiş, komorbiditesi olan bireylerin bulunduğu çalışmalar da derlemeye dahil edilmiştir.

Çalışmaların Niteliği

Çalışmaların metodolojik niteliğinin değerlendirilmesi amacıyla PEDro skalası kullanılmıştır. PEDro skalası puanına göre çalışmaların metodolojik niteliği; 4'ten az olanlar düşük, 4-5 olanlar orta, 6-8 arasında olanlar yüksek,



Şekil 1: PRISMA akış şeması.

9-10 olanlar ise en yüksek düzeyde olacak şekilde sınıflandırılmaktadır (26). Bu derlemeye dahil edilen çalışmaların dördünün PEDro puanı 4-6 aralığındadır. Buna göre bu çalışmaların metodolojik niteliği orta-yüksek olarak değerlendirilmiştir. Bu derlemedeki diğer 4 makalenin PEDro puanına ise ulaşamamıştır. Ancak bu çalışmaların derleme konusuyla birebir örtüşmesi sebebiyle derlemeye dahil edilmesi uygun bulunmuştur.

Çalışmalarda Uygulanan HIIT Programları

Derlemedeki makalelerde aralıklı yüklenmelerin süresinin 8 sn - 4 dakika arasında olduğu belirlenmiştir. Çalışmalarda egzersiz şiddetinin HR_{maks} ve VO_{2maks} yüzdeleri üzerinden belirlendiği görülmüştür. Egzersiz şiddetleri HR_{maks} 'in %85-95'i, VO_{2maks} 'in ise %90-105'i aralığındadır. Çalışmalardaki egzersiz sıklığı haftada 1-4 kez arasındadır. Egzersiz süresinin 10-20 dk; HIIT müdahalelerinin süresinin ise 12 haftanın altında olduğu belirlenmiştir. Yalnızca iki çalışma izokalorik enerji harcaması bildirmiştir. Tüm çalışmalarda HIIT programı egzersiz uzmanı eşliğinde denetimli olarak uygulanmış fakat egzersiz programına uyum oranı raporlanmamıştır. Yalnızca bir çalışmada egzersiz ve beslenme konusunda deneyim sahibi egzersiz fizyoloğu (PhD) bulunmakta, diğer çalışmalarda ise diyetisyen bulunmamaktadır. Derlemeye dahil edilen çalışmaların özellikleri Tablo 1'de sunulmuştur.

TARTIŞMA

HIIT programının obezitesi olan bireylerde besin alımına etkilerini inceleyen bu derlemede, çalışmalardan elde edilen veriler doğrultusunda HIIT'in enerji ve besin alımına önemli bir etkisi bulunmadığı sonucuna varılmıştır. Çalışmaların çoğu enerji alımını azaltan ve anoreksijenik hormonların plazma konsantrasyonlarını artıran sonuçlar verse de bu sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

HIIT programının ardından enerji alımını inceleyen önceki araştırmaların çoğu (27-34) enerji alımında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığını raporlarsa da bazı araştırmalar (35,36) enerji alımının istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azaldığını ortaya koymuştur. Egzersize yanıt olarak enerji alımını inceleyen 29 çalışmadan 26'sının VO_{2maks} 'in %70-80'i arasındaki egzersiz şiddetlerinde olduğu bir meta-analizde, egzersizden sonra akut dönemde enerji alımında herhangi bir değişiklik olmadığı bildirilmiştir (37). Bu meta-analiz çalışmasının bulguları derleme sonuçlarımız ile uyumludur.

Obezitesi olan bireylerde HIIT'in akut ve kronik olarak besin alımı ve iştah üzerindeki etkisine ilişkin çalışmalar azdır ve fikir birliği yoktur (23). Taylor ve ark. yetişkin bireylerde HIIT programının enerji alımına kronik düzeyde etkisi olmadığını bildirmiştir (15).

Derlemede incelenen dört çalışmada enerji alımı, hormonların plazma konsantrasyonlarının ve iştah parametrelerinin tamamının azalma eğiliminde olduğu görülmüştür (38-41). 12 hafta süren HIIT programının ardından diyetle alınan günlük enerji alımının 2,584±758 kcal/gün'den 2,269±548 kcal/gün'e azaldığı, günlük proteinin %1, yağın %2 oranında arttığı, karbonhidratın %2 azaldığı görülmüştür (38). Makro besin ögelerindeki değişimlere bakıldığında günlük enerji alımındaki azalmanın nedeni, öğünlerde tüketilen besinlerin gram olarak miktarındaki azalmadan kaynaklanmaktadır. Başka bir çalışmada 4 haftalık HIIT programının ardından bir haftalık besin tüketim kaydı alınarak enerji alımı değerlendirilmiş olup enerji alımının 56458±8911 kJ/hafta'dan 53436±5714 kJ/ hafta'ya azaldığı bildirilmiştir (39). Benzer şekilde 4 hafta süren HIIT programının hemen ardından *ad libitum* öğünle alınan enerji, besin alımı (g), protein ve yağın (%16) azalmasının yanı sıra iştah parametrelerinden açlık ve yemek yeme arzusunun ($p=0.07$) azalıp doygunluğun arttığı sonucuna varılmıştır. Ek olarak yüksek yağlı-tatlı olmayan ($p=0.09$), yüksek yağlı-tatlı, düşük yağlı-tatlı olmayan, düşük yağlı-tatlı kategorilerindeki besinleri örtülü isteme (implicit wanting; bir besine karşı olan yeme isteğini açıkça dile getirememeye) eğilimlerinin de azaldığını ortaya koymuştur (40). Matos ve ark., tek bir yüksek şiddetli egzersiz seansı sonrası birinci saatte oreksijenik hormon olan ghrelin plazma konsantrasyonunun istatistiksel olarak anlamlı ölçüde azaldığını, enerji alımında ise istatistiksel olarak anlamlı olmasa da azalma olduğunu bildirmiştir. Egzersiz sırasında iskelet kaslarına doğru artan kan akışı, midede ghrelin üreten P1/D1 hücrelerinin aktivasyonunun azalmasına sebep olup daha düşük ghrelin plazma konsantrasyonuyla sonuçlanmış olabilir (41). Bu durum iştahın baskılanmasının aracılık ettiği negatif enerji dengesinin oluşmasına ve vücut yağ kütlesi kaybına katkıda bulunabilir. Tek seans, 4-12 hafta süreli HIIT programının uygulandığı bu çalışmaların hepsinde besin alımının azalıyor olması HIIT'in akut ve kronik etkisinin benzer olduğunu göstermektedir.

Bu derlemede incelenen yalnızca iki çalışmada enerji alımı ve görsel analog skalasıyla ölçülen açlık durumunun artma eğiliminde olduğu sonucuna varılmıştır (42,43). Earnest ve ark., 6 hafta süren HIIT programının ardından günlük alınan enerjinin ortalama 200 kcal, karbonhidratın 25 g, proteinin 5 g, yağın 9 gram arttığını bildirmiştir ($p>0,05$) (42). Diğer bir çalışmada ise 12 haftalık HIIT programının, antrenmandan hemen sonra ve antrenman sonrası verilen standart öğünün ardından 3. saat sonunda ölçülen açlık durumu ($p<0.05$), yemek yeme arzusu ve besin tüketimine bakış açısını artırıp doygunluğu azalttığı; ghrelin plazma konsantrasyonunu artırıp PYY₃₋₃₆ ve GLP-1'i istatistiksel olarak anlamlı olmasa da azalttığı ortaya koyulmuştur (43). Bu iki çalışma-

daki (42,43) kronik HIIT programının besin alımını artırıyor olması, besin alımını azaltan kronik HIIT çalışmalarının (38-41) sonuçlarıyla çelişkilidir. Obezitesi olan bireylerde HIIT'in besin alımını ve iştahı artırdığına dair potansiyel mekanizmalar hakkında daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır. Öte yandan Matos ve ark., çalışmalarında katılımcıların tek seanslık yüksek şiddetli aralıklı egzersizden hemen sonra, egzersiz öncesine kıyasla GLP-1 plazma konsantrasyonlarının artmasına rağmen açlık durumlarının da arttığını bildirmiştir. GLP-1 anoreksijenik bir hormon olmasından dolayı açlık parametresinde böyle bir sonucun olması şaşırtıcıdır (23). Bununla birlikte Afrasyabi ve ark., 12 hafta süren HIIT programının ardından anoreksijenik hormonlardan olan GLP-1 ve PYY₃₋₃₆'ın plazma konsantrasyonlarının artıp TNF- α 'nın azaldığı sonucuna varmıştır (24).

HIIT programının 8 ve 12 hafta süresince uygulandığı iki çalışmada, HIIT müdahalesinin ardından diyetle alınan günlük enerjideki azalmanın anlamlı olmadığı ($p>0,05$) ancak vücut yağ kütleindeki azalmanın anlamlı olduğu ($p<0,05$) bildirilmiştir (38,39). Bunun aksine Earnest ve ark. tarafından HIIT müdahalesinin ardından diyetle alınan günlük enerji ve makro besin öğelerindeki artışın anlamlı olmadığı ($p>0,05$) bildirilmesine rağmen, katılımcıların vücut kütlesi, vücut yağ yüzdesi, vücut yağ kütlesi, bel çevresi uzunluğunda anlamlı bir azalma ($p<0,05$) olduğu sonucuna varılmıştır (42). Bu bulgular dikkate alındığında HIIT programının ardından enerji alımındaki değişimin obezitenin tedavisinde vücut yağ kütlesi kaybı üzerindeki etkileri hakkında kesin bir sonuca varılamamaktadır.

Dahil edilen çalışmalarda enerji ve makro besin öğelerinin alımını ölçme yöntemlerinin birbirinden farklı olması ve çoğu çalışmada kullanılan besin tüketim kaydı, besin tüketim sıklığı formlarının katılımcının kendi beyanına dayalı olması eksik veya hatalı sonuçlara sebep olabilir. Laboratuvar ortamında standart bileşimlere sahip *ad libitum* öğünlerin olması enerji alımını belirlemek için daha az hata payı olan bir yöntemdir fakat yapay bir çevrede başka katılımcılarla birlikte yemek yemek veya tüketilmesi gereken besinlerin türleri de besin alımını etkileyebilir. Belirtilen bu dış etkenler ortadan kaldırıldığında enerji alımının belirlenmesinde *ad libitum* daha doğru bir yöntem olabilir. Enerji alımının yanı sıra tüketilen besinlerin miktarının da analiz edilmesi; azalan enerji alımının makro besin öğelerindeki azalmadan mı yoksa tüketilen miktardaki azalmadan mı kaynaklandığını belirlenmesi adına önemlidir (40).

İştah kontrolü ve besin tercihleri de enerji alımını etkileyen faktörler olduğu için çalışmalarda açlık, doyumluk, yemek yeme arzusu gibi duyuların ve yağlı-şekerli, yağlı olmayan-şekerli, yağlı-şekersiz, yağlı olmayan-şekersiz kategorilerindeki besinlere yönelimin ölçüldüğü görsel analog

skalasının kullanılması besin alımının daha kapsamlı incelenmesi için önem arz etmektedir. Örneğin HIIT'i takiben enerji alımının azaldığı çalışmalarda bu azalmanın hangi makro besin ögesinin/ögelerinin etkisiyle olduğunu, bununla birlikte enerji alımının iştah ve besin tercihleri arasında ilişki olup olmadığını incelemek daha doğru yorumlama yapılmasını sağlayabilir.

Egzersiz besin alımına etkileri incelenirken egzersiz öncesi besin tüketimi önemlidir. Çünkü bu etkinin egzersiz öncesi bir öğünden mi yoksa egzersizin neden olduğu tokluk etkisinden mi kaynaklandığını kesin olarak belirlemek zordur (37). Alkahtani ve ark., katılımcıların 8-12 saatlik açlık sonrası laboratuvara geldiklerini veya egzersiz öncesinde besin tüketip tüketmediklerini belirtmemişken derlememizdeki diğer çalışmaların tamamında bu parametre hakkında bilgilendirme yapılmıştır (40).

Egzersiz programlarının ardından istatistiksel olarak anlamlı olmasa da enerji ve besin alımının azalmasını açıklayan birkaç olası mekanizma vardır. Bunlardan biri, iştahın düzenlenmesi ile ilgili oreksijenik ve anoreksijenik dahil olmak üzere çok sayıda merkezi ve periferik nöropeptitin plazma konsantrasyonlarındaki değişikliklerdir. Oreksijenik bağırsak peptidi olan AG'nin plazma konsantrasyonunun azalması, anoreksijenik hormonlardan GLP-1'in, PYY₃₋₃₆'nın artması enerji ve besin alımını azaltabilir (37,20). Fakat PYY₃₋₃₆'nin plazma konsantrasyonu egzersizin hemen ardından artmaz, bu da iştahın yalnızca PYY₃₋₃₆'ye bağlı olmadığını gösterir (5). Ayrıca egzersizin ardından mide fundus hücrelerinden ve bağırsaklardan salgılanan ghrelin hormonunun plazma konsantrasyonunun azalması, egzersiz sırasında kan akışının iskelet kaslarına ve deriye yönlendirilmesine, dolayısıyla iç organlara giden kan akışının azalmasına bağlı olabilir. Bununla birlikte yüksek şiddetli egzersiz, vagus siniri aktivitesini artırıp ghrelinin mideden salgılanmasını ve plazma konsantrasyonunu azaltabilir (24). Egzersiz sonrası besin alımını azaltan diğer olası mekanizma, egzersiz sonrası aşırı oksijen tüketimidir (EPOC). EPOC, vücudun oksijen eksikliğini telafi etmeyi amaçlayan yüksek şiddetli egzersizin ardından ölçülebilir artan oksijen tüketimi oranıdır ve egzersizin şiddeti ne kadar fazlaysa EPOC o kadar belirgindir (44,45). HIIT modelinin kısa aralıklı, uzun aralıklı, sprint ve tekrarlı sprint protokollerindeki submaksimal veya maksimale yakın olan egzersiz şiddetlerini içeren antrenmanların ardından ilk birkaç saat içinde vücudun toparlanması için normalden daha fazla oksijene ihtiyacı vardır ve ilk 48 saate kadar enerji harcamaya devam edilir (45,46). Bu da vücudun kendisini normal metabolik durumuna döndürmeye çalışırken açlığın artmasına sebep olabilir.

Tablo 1: Dahil edilen çalışmaların özellikleri.

Çalışma	Katılımcılar	Egzersiz türü	Egzersiz seansları	Egzersiz sıklığı ve ne kadar süreceği bilgisi	Besin alımı	Sonuçlar
Wallman ve ark., 2009 (39)	HIIT: n=7 Sedanter: en az 6 aydır düzenli egzersiz katılmayanlar BKİ: 31 ± 3 kg/m ² Yaş: 22	Bisiklet ergometresi	HIIT: 10x1 dk %90 VO _{2maks} , yüklenmeler aralarında 2 dk %30 VO _{2maks} toparlanma. Herleyen fazlarda yüklenme şiddeti VO _{2maks} %105'e arttırıldı. K: HIIT grubu ile izokalorik enerji harcaması ile sonuçlanan bir süre boyunca VO _{2maks} 'in %50'sine eşit bir güçte bisiklet ergometresi. Herleyen fazlarda yüklenme şiddeti VO _{2maks} %65'e arttırıldı. DIET: diyet eğitimi	4 kez/hafıza 8 hafta boyunca Egzersiz uzmanı denetiminde	Enerji alımı (müdahalede önce ve sonra 7 günlük besin tüketim kaydı) Diyetisyen desteği var: egzersiz ve beslenme konusunda deneyim sahibi egzersiz fizyoloğu (PhD)	HIIT sonrası enerji alımı azaldı ama istatistiksel olarak anlamlı değildi. Ayrıca androïd ve gynoid yağ kütlesinde istatistiksel olarak anlamlı azalma bulundu.
Stensvold ve ark., 2012 (38)	HIIT n=11 DA n=10 K: n=10 Sedanter: tanınlanmadı BKİ: 31.8 kg/m ² Yaş: 49.8	Koşu bandı	HIIT: Her seansta 10 dk ısınma ve 5 dk soğuma. 4x4 dk %90-95 HR _{maks} + yüklenmeler arası 3 dk %70 HR _{maks} aktif toparlanma DA: Isınma: %40-50 1 RM 15-20 tekrar, 2 set. Antrenman: %80 1 RM, 40 dk.	3 kez/hafıza 12 hafta boyunca Egzersiz uzmanı denetiminde	Besin alımı (besin tüketim sıklığı) Diyetisyen desteği yok	HIIT programının ardından diyetle alınan günlük enerji alımı azaldı, protein oranı arttı, diğer makro besin öğeleri oranı değişimi anlamlı değildi. Vücut yağ kütlesinde istatistiksel olarak anlamlı azalma bulundu.
Earnest ve ark., 2013 (42)	HIIT n=21 AER n=16 Sedanter: ≥ 3 gün/ hafta ≥ 20 dk/ gün veya son 6 ayda düzenli direnç egzersizi yapmamış BKİ: 30.9 kg/m ² Yaş: 48	Koşu bandı	Müdahale öncesi adaptasyon dönemi: her seansta 3 dk %40 VO _{2maks} ısınma, koşu bandının hızı düşürülerek soğuma. Antrenman: 3-4 kez/hafıza, 6 hafta boyunca, %60-70 VO _{2maks} . Tüm katılımcıların enerji harcaması 6 kcal/kg/hafta olacak şekilde başlandı, 4. haftaya kadar 2 kcal/kg/hafta arttırıldı. HIIT: 8x2 dk %90-95 VO _{2maks} + yüklenmeler arası 2 dk %50 VO _{2maks} aktif toparlanma. 3 hafta boyunca her hafta, interval sayısı 8 oluncaya kadar 2 birim arttırıldı. AER: %50-70 VO _{2maks} şiddetinde	3 kez/hafıza 6 hafta hazırlık dönemi + 3 hafta antrenman müdahalesi dönemi yok Egzersiz uzmanı denetiminde	Besin alımı (besin tüketim sıklığı) Diyetisyen desteği yok	HIIT programının ardından diyetle alınan günlük enerji ve makro besin öğeleri arttı fakat bu sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı değildi. Ayrıca vücut kütlesi, vücut yağ yüzdesi, vücut yağ kütlesi, bel çevresi uzunluğunda istatistiksel olarak anlamlı azalma bulundu.
Alkahtani ve ark., 2014 (40)	HIIT n=5 MIIT n=5 Sedanter (tanımlanmamış) BKİ: 30.7 kg/m ² Yaş: 29	Bisiklet ergometresi	Her iki grupta 12 kcal/kg/hafta enerji harcaması sağlandı. HIIT: 30 sn %90 VO _{2maks} , yüklenmeler arasında 30 sn pasif dinlenme. MIIT: 5 dk VO _{2maks} 'in %45'inde İki grupta da toplam 2880 kcal enerji harcaması %45 ve %90 VO _{2maks} 'i temsil eden bireysel iş yüklerini belirlemek için lineer regresyon	Cross-over (4 hafta antrenman + 6 hafta wash-out + 4 hafta antrenman) 3 kez/ hafta 4 hafta boyunca Her iki grupta toplam antrenman süresi eşitlendi: 450 dk (toplam 12 seans) Egzersiz uzmanı denetiminde	İştah (açlık, yeme arzusu, doygunluk), açlık beğenme ve örtülü isteme, besin alımı (Müdahale öncesi ve 4. haftanın sonunda <i>ad libitum</i> öğün içerikleri araştırmacı tarafından kaydedildi) Diyetisyen desteği yok	HIIT'in ardından yemek yeme arzusu (p=0.07) ve açlık azaldı, doygunluk arttı; HFNS (p=0.09), HFSW, LFNS, LFSW besinleri örtük istemedeki azalma anlamlı değildi. Besin alımı (g) ve enerji alımı (kcal), karbohidrat (g), yağ (g) (p=0.07) azalış anlamlı değildi.

Tablo 1 devam

Martins ve ark., 2017 (43)	HIIT n=16 MICE n=14 1/2-HIIT* n=16	Bisiklet ergometresi	Tüm gruplarda 5'er dk ısınma ve soğuma HIIT: 8 sn sprint %85-90 HR _{maks} + yüklenmeler arası 12 sn yavaş pedal çevirmeye toparlanma Artan aerobik kapasiteye uyum sağlamak için direnç 12 hafta boyunca artırıldı. 250 kcal enerji açığı olacak şekilde seans süresi her kişi için ayrı ayrı hesaplandı: ortalama 20 dk MICE: %70 HR _{maks} , 250 kcal enerji açığı olacak şekilde seans süresi her kişi için ayrı ayrı hesaplandı: ortalama 32 dk * 1/2-HIIT: HIIT ile aynı şiddette fakat 125 kcal enerji açığı olacak şekilde seans süresi hesaplandı: ortalama: 10 dk	3 kez/hafta 12 hafta boyunca Egzersiz uzmanı denetiminde	İştah (açlık, yeme arzusu, doygunluk, besin tüketimine bakış açısı), iştahla ilişkili hormonların plazma konsantrasyonları, açıkça beğenme ve örtük isteme, (müdahale öncesi ve sonrasında 3 günlük besin tüketim kaydı)	HIIT'in hemen ardından açlık arttı. Doygunluk azaldı, yemek yeme arzusu ve besin tüketimine bakış açısındaki artış anlamlı değildi. HIIT sonrası verilen standart öğünün ardından 3 saat sonunda açlık arttı. Doygunluk, yemek yeme arzusu, besin tüketimine bakış açısı artışı anlamlı değildi. HIIT'in hemen ardından ghrelin plazma konsantrasyonu arttı, PYY _{3-36}} ve GLP-1 azalış anlamlı değildi. Postprandiyal olarak 90 dakikaya kadar artan ve sonrasında 180 dakikaya kadar azalan GLP-1 plazma seviyeleri gözlemlendi.
Matos ve ark., 2018 (23)	HIIE n=12 MICE n=12 K: n=14 Sedanter (tanımlanmamış) BKİ: 33.3 kg/m ² Yaş: 34.4	Koşu bandı	HIIE: %90 HR _{maks} 10x1 dk, yüklenmeler arasında %30 HR _{maks} toparlanma MICE: %65-75 HRmaks K: egzersiz yok Her iki grupta sınıma 3 dk 4 km/s, soğuma 2 dk 4 km/s Her iki grupta egzersiz seansı süresi eşitlendi: 20 dk	Cross-over, 1 hafta aralıklarla çalışma Tek seans Egzersiz uzmanı denetiminde	Plazma GLP-1 seviyesi, iştah (açlık, tokluk, doygunluk, besin tercihleri) (ad libitum + sonrasında besin tüketim kaydı) Öncesi sonrası 60 dk sonrası VAS	HIIT grubunda; egzersizden hemen sonra ve 1 saat sonraki GLP-1 seviyesi artışı anlamlı değildi. HIIT'ten hemen sonra besin tüketimine bakış açısı azaldı. Fakat HIIT'in ardından 1. saatte açlık seviyesi ve besin tüketimine bakış açısı arttı. Açlık egzersizden hemen sonra azaldı.
Afrasyabi ve ark., 2019 (24)	O-D-T n=10 O-ND-T n=10 O-D-C n=10 O-ND-C n=10 BKİ: 32.4 kg/m ² Yaş: 40	Koşu bandı	Tüm gruplarda 5'er dk ısınma ve soğuma HIIT: 1 dk, %85-95 HR _{maks} , yüklenmeler arasında 1 dk %55-60 HR _{maks} toparlanma İlk hafta: 6 interval 2. hafta: 8 interval 3-8. hafta: 10 interval 9-12. hafta: 12 interval	3 kez/hafta 12 hafta boyunca toplamda 20-24 dk/seans Egzersiz uzmanı denetiminde	Ghrelin, PYY, GLP-1, TNF-a (Besin alımı kaydı yok) Diyetisyen desteği yok	O-D-T'deki ghrelin ve TNF-a seviyesi O-D-C'den daha düşüktü fakat GLP-1 daha yüksekti. O-D-T'deki PYY _{3-36}} seviyesi O-D-C'den daha yüksekti. O-ND-T'deki PYY _{3-36}} seviyesi O-ND-C'den daha yüksekti fakat TNF-a daha düşüktü.
Matos ve ark., 2021 (41)	HIIE n=5 MICE n=5 BKİ: 35.4 kg/m ² Yaş: 27.6 ± 1.8	Koşu bandı	HIIE: 10x1 dk %90 HR _{maks} , yüklenmeler arasında 1 dk %30 HR _{maks} aktif toparlanma MICE: %50-70 HR _{maks} , 20 dk Tüm gruplarda ısınma 4 km/ s 3 dk, soğuma 4 km/s 2 dk Her iki grupta egzersiz seansı süresi eşitlendi: 20 dk	Tek seans Egzersiz uzmanı denetiminde	Ghrelin seviyesi, enerji alımı (ad libitum) Diyetisyen desteği yok	HIIT'in akut etkisi olarak, egzersiz sonrası 1. saatte ghrelin seviyesi azaldı. HIIT'in ardından enerji alımında azalma olmadı.

HIIT: Yüksek şiddetli aralıklı antrenman, **BKİ:** Beden kütle indeksi, **VO₂ maks:** Maksimum oksijen tüketimi, **K:** Kontrol, **DIET:** Diyet eğitimi, **DA:** Direnç antrenmanı, **HRmaks:** Maksimum kalp atım hızı, **IRM:** 1 tekrar maksimum, **AER:** Aerobik egzersiz, **interval:** Yüklenmeler arasındaki aralık, **MHIIT:** Orta şiddetli aralıklı antrenman, **HFNS:** Yüksek yağlı ve tatlı olmayan, **HFSW:** Yüksek yağlı ve tatlı, **LFNS:** Düşük yağlı ve tatlı olmayan, **LFSW:** Düşük yağlı ve tatlı, **MICT:** Orta şiddetli sürekli antrenman, **PYY_{3-36}}:** Peptid YY, **GLP-1:** HIIE: Yüksek şiddetli aralıklı egzersiz, **MICE:** Orta şiddetli sürekli egzersiz, **VAS:** Görsel analog skolası, **O-D-T:** Obes diyabetiklerde antrenman, **O-ND-T:** Obes diyabetik olmayanlarda antrenman, **O-D-C:** Obes diyabetik olmayanlarda kontrol, **O-ND-C:** Obes diyabetik olmayanlarda kontrol.

Ek olarak besin alımının azalmasını sağlayacak bir diğer mekanizma ise HIIT gibi yüksek şiddetli egzersizden sonra oluşan yüksek laktat seviyeleri olabilir (47). Fakat iştah parametrelerinin ölçümleri son egzersiz seansından en az 48 saat sonra tamamlanırsa laktat birikiminin egzersize yanıt olarak iştah değişikliklerine etki etmesi olası değildir (43).

HIIT de dahil olmak üzere egzersiz sonrası besin alımı ve açlığın azalmasını açıklamak için bağırsak hormonları gibi çeşitli metabolik mekanizmalar açıklanabilmişken HIIT'e yanıt olarak iştah duyularını düzenleyebilecek davranışsal mekanizma hakkında daha az bilgi mevcuttur. Örneğin, yüksek şiddetli egzersizin ardından daha az kalorili besin tüketme isteğine bağlı olarak az yağlı/az şekerli besinlere eğilim olabilir veya aksine egzersiz sonrası oluşabilecek agresiflik ve gerginlik duyguları, yemek yemeye başlama isteği besin alımını artırabilir (40,48).

Egzersiz türü gözetilmeksizin kısa süreli egzersizlerin (1-2 hafta) enerji alımını teşvik etmediği, ancak uzun süreli (birkaç hafta veya ay) egzersiz yaptıktan sonra, sürekli olarak kilo kaybının önlenmesi için vücudun bu duruma yanıt olarak enerji alımını artırmaya başladığı bildirilmiştir (49,50). Fakat bunun HIIT için hem kısa süreli hem de uzun süreli müdahale sürelerinde geçerli olmadığı derlememizin sonuçlarına göre açıkça görülmektedir.

Sonuç olarak HIIT programları, obezitesi olan yetişkin bireylerde besin alımını azaltma eğiliminde olsa da genellikle çalışmaların sonuçlarının istatistiksel olarak anlamlı olmadığı görülmektedir. Bu sonucun akut veya kronik bir etki olup olmadığı ise çelişkilidir. Ayrıca kronik etkilerin incelendiği çalışmalar içerisinde de besin alımına ilişkin çelişkili sonuçlar bulunmaktadır. Çalışmalarda katılımcı sayısının az olması, çalışmalar arasında besin alımını değerlendiren testlerde ve antrenman programlarındaki farklılıklar fikir birliği oluşmamasına sebep olabilir. Buna rağmen HIIT, anoreksijenik hormonlar aracılığıyla iştahı baskılayıp besin tercihlerini değiştirmek yoluyla vücut yağ kütlesinin azalmasına katkıda bulunarak obezitenin tedavisinde etkili bir egzersiz modeli olarak öne çıkabilir. Bu konu son yıllarda ilgi çekici duruma gelmesine karşın henüz literatür eksikliği mevcuttur. Bu yüzden obezitesi olan yetişkin bireylerde HIIT'in besin alımı üzerine akut ve kronik etkilerinin incelendiği daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır.

Teşekkür

Yok.

Yazarların Katkıları

Fikir ve tasarım: **Ebru Aydemir, Meral Küçük Yetgin**, Literatür taraması: **Ebru Aydemir**, Denetim: **Meral Küçük Yetgin**, Veri toplanması ve işlenmesi: **Ebru Aydemir**, Analizler ve yorumlar:

Ebru Aydemir, Meral Küçük Yetgin, Makale yazımı: **Ebru Aydemir, Meral Küçük Yetgin**, Eleştirel İnceleme: **Meral Küçük Yetgin**.

Çıkar Çatışması

Çalışmanın herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Finansal Destek

Bu çalışma için finansal bir destek alınmamıştır.

Etik Kurul Onayı

DeneySEL ve insan örneği çalışması olmadığından etik kurul oluru gerekmemiştir.

Hakemlik Süreci

Kör hakemlik süreci sonrası yayınlanmaya uygun bulunmuş ve kabul edilmiştir.

KAYNAKLAR

1. TEMD Obezite Tanı ve Tedavi Kılavuzu Türkiye Endokrinoloji ve Metabolizma Derneği 2019. [Erişim tarihi 26.06.2021].
2. Garipoğlu G, Bozar N. Covid-19 salgınında sosyal izolasyonda olan bireylerin beslenme alışkanlıklarındaki değişiklikler. *Pearson Journal of Social Sciences - Humanities*. 2020;6(6):100-113.
3. Ouerghi N, Fradj MKB, Bezrati I, Khammassi M, Feki M, Kaabachi N, Bouassida A. Effects of high-intensity interval training on body composition, aerobic and anaerobic performance and plasma lipids in overweight/obese and normal-weight young men. *Biol Sport*. 2017;34(4):385-392.
4. Akgül M, Koz M, Gürses V, Kürkçü R. Yüksek şiddetli interval antrenman. *Spormetre*. 2017;15(2):39-46.
5. GroenMM. The Effect of Exercise Intensity on Perceived Post-exercise appetite [Master's thesis]. Fargo: North Dakota State University; 2015. (Accessed July 15, 2021)
6. Weston KS, Wisløff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2014;48(16):1227-1234.
7. Wewege M, van den Berg R, Ward RE, Keech A. The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: A systematic review and meta-analysis. *Obes Rev*. 2017;18(6):635-646.
8. Jung ME, Bourne JE, Beauchamp MR, Robinson E, Little JP. High-intensity interval training as an efficacious alternative to moderate-intensity continuous training for adults with prediabetes. *J Diabetes Res*. 2015;2015:191595.
9. Andreato LV, Esteves JV, Coimbra DR, Moraes AJP, de Carvalho T. The influence of high-intensity interval training on anthropometric variables of adults with overweight or obesity: A systematic review and network meta-analysis. *Obes Rev*. 2019;20(1):142-155.

10. Akgül MŞ, Gürses VV, Karabıyık H, Koz M. İki haftalık yüksek şiddetli interval antrenmanın kadınların aerobik göstergeleri üzerine etkisi. *International Journal of Science Culture and Sport*. 2016;4(1):298-305.
11. Akgül MŞ, Baydil B, Gürses VV, Karabıyık H, Koz M. Normoksik ve hipoksik koşullarda uygulanan yüksek şiddetli interval antrenman programlarının kan yağ parametreleri üzerine etkisi. *International Journal of Science Culture and Sport*. 2018;4(1):130-138.
12. American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Tenth edition. Philadelphia: Wolters Kluwer, 2018.
13. Bilge M, Yıldırım DS, Ersöz G. Güncel yüksek şiddetli aralıklı antrenman (High Intensity Interval Training- HIIT) uygulamalarının kardiyovasküler- metabolik ve performans yanıtları: Sistematik derleme. *Türkiye Klinikleri J Dports Sci*. 2021;13(1):147-173.
14. King NA, Caudwell P, Hopkins M, Byrne NM, Colley R, Hills AP, Stubbs JR, Blundell JE. Metabolic and behavioral compensatory responses to exercise interventions: Barriers to weight loss. *Obesity (Silver Spring, Md)*. 2007;15(6):1373-1383.
15. Taylor J, Keating SE, Holland DJ, Coombes JS, Leveritt MD. The chronic effect of interval training on energy intake: A systematic review and meta-analysis. *J Obes*. 2018;6903208.
16. King NA, Burley VJ, Blundell JE. Exercise-induced suppression of appetite: Effects on food intake and implications for energy balance. *Eur J Clin Nutr*. 1994;48(10):715-724.
17. King JA, Wasse LK, Ewens J, Crystallis K, Emmanuel J, Batterham RL, Stensel DJ. Differential acylated ghrelin, peptide YY3-36, appetite, and food intake responses to equivalent energy deficits created by exercise and food restriction. *J Clin Endocrinol Metab*. 2011;96(4):1114-1121.
18. King JA, Miyashita M, Wasse LK, Stensel DJ. Influence of prolonged treadmill running on appetite, energy intake and circulating concentrations of acylated ghrelin. *Appetite*. 2010;54(3):492-498.
19. Broom DR, Stensel DJ, Bishop NC, Burns SF, Miyashita M. Exercise-induced suppression of acylated ghrelin in humans. *J Appl Physiol*. 2007;102:2165-2171.
20. Deighton K, Barry R, Connon CE, Stensel DJ. Appetite, gut hormone and energy intake responses to low volume sprint interval and traditional endurance exercise. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113:1147-1156.
21. Broom DR, Batterham RL, King JA, Stensel DJ. Influence of resistance and aerobic exercise on hunger, circulating levels of acylated ghrelin, and peptide YY in healthy males. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2009;296:R29-R35.
22. Laan DJ, Leidy HJ, Lim E, Campbell WW. Effects and reproducibility of aerobic and resistance exercise on appetite and energy intake in young, physically active adults. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2010;35:842-847.
23. Matos VAF, Souza DC, Santos VOA, Medeiros ÍF, Browne RAV, Nascimento PRP, Marinho CSR, Serquiz AC, Costa EC, Fayh APT. Acute effects of high-intensity interval and moderate-intensity continuous exercise on GLP-1, appetite and energy intake in obese men: A crossover trial. *Nutrients*. 2018;10(7):889.
24. Afrasyabi S, Marandi SM, Kargarfard M. The effects of high intensity interval training on appetite management in individuals with type 2 diabetes: Influenced by participants weight. *J Diabetes Metab Disord*. 2019;18(1):107-117.
25. Heiston EM, Eichner NZM, Gilbertson NM, Gaitán JM, Kranz S, Weltman A, Malin SK. Two weeks of exercise training intensity on appetite regulation in obese adults with prediabetes. *J Appl Physiol*. 2019;126(3):746-754.
26. Karaslan TC, Lelebici G, Ucgul MS, Yilmaz M, Kalayci MG, Aslan GK. Exercise program in patients after bariatric surgery: A systematic review. *Bariatric Surg Pract Patient Care*. 2020;15(1):3-10.
27. Poon ET, Sun FH, Chung AP, Wong SH. Post-exercise appetite and ad libitum energy intake in response to high-intensity interval training versus moderate- or vigorous-intensity continuous training among physically inactive middle-aged adults. *Nutrients*. 2018;10(10):1408.
28. Kong Z, Sun S, Liu M, Shi Q. Short-term high-intensity interval training on body composition and blood glucose in overweight and obese young women. *J Diabetes Res*. 2016;4073618.
29. Sasaki H, Morishima T, Hasegawa Y, Mori A, Ijichi T, Kurihara T, Goto K. 4 weeks of high-intensity interval training does not alter the exercise-induced growth hormone response in sedentary men. *Springerplus*. 2014;3:336.
30. Heydari M, Freund J, Boutcher SH. The effect of high-intensity intermittent exercise on body composition of overweight young males. *J Obes*. 2012;2012:480467.
31. Trapp EG, Chisholm DJ, Freund J, Boutcher SH. The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *Int J Obes*. 2008;32:684-691.
32. Eimarieskandari R, Zilaebouri S, Zilaebouri M. Comparing two modes of exercise training with different intensity on body composition in obese young girls. *Ovidius Univ Ann Ser Phys Educ Sport Mov Heal*. 2012;12:473-478.
33. Panissa VLG, Alves ED, Salermo GP, Franchini E, Takito MY. Can short-term high-intensity intermittent training reduce adiposity? *Sport Sciences for Health*. 2016;12(1):99-104.
34. Walter AA, Smith AE, Kendall KL, Stout JR, Cramer JT. Six weeks of high-intensity interval training with and without β -alanine supplementation for improving cardiovascular fitness in women. *J Strength Cond Res*. 2010;24(5):1199-1207.
35. Sim AY, Wallman KE, Fairchild TJ, Guelfi KJ. Effects of high-intensity intermittent exercise training on appetite regulation. *Med Sci Sports Exerc*. 2015;47(11):2441-2449.

36. Matsuo T, So R, Shimojo N, Tanaka K. Effect of aerobic exercise training followed by a low-calorie diet on metabolic syndrome risk factors in men. *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2015;25(9):832-838.
37. Schubert MM, Desbrow B, Sabapathy S, Leveritt M. Acute exercise and subsequent energy intake. A meta-analysis. *Appetite.* 2013;63:92-104.
38. Stensvold D, Slørdahl SA, Wisløff U. Effect of exercise training on inflammation status among people with metabolic syndrome. *Metab Syndr Relat Disord.* 2012;10(4):267-272.
39. Wallman K, Plant LA, Rakimov B, Maiorana AJ. The effects of two modes of exercise on aerobic fitness and fat mass in an overweight population. *Res Sports Med.* 2009;17(3):156-170.
40. Alkahtani SA, Byrne NM, Hills AP, King NA. Interval training intensity affects energy intake compensation in obese men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2014;24(6):595-604.
41. Matos VAF, de Souza DC, Browne RAV, Dos Santos VOA, Medeiros ÍF, do Nascimento PRP, Costa EC, Fayh APT. A single session of low-volume high-intensity interval and moderate-intensity continuous exercise elicits a transient reduction in ghrelin levels, but not in post-exercise energy intake in obese men. *Arch Endocrinol Metab.* 2021;65(1): 98-104.
42. Earnest CP, Lupo M, Thibodaux J, Hollier C, Butitta B, Lejeune E, Johannsen NM, Gibala MJ, Church TS. Interval training in men at risk for insulin resistance. *Int J Sports Med.* 2013;34(4):355-363.
43. Martins C, Aschehoug I, Ludviksen M, Holst J, Finlayson G, Wisloff U, Morgan L, King N, Kulseng B. High-intensity interval training, appetite, and reward value of food in the obese. *Med Sci Sports Exerc.* 2017;49(9):1851-1858.
44. Bartam S. *High Intensity Interval Training for Women*, 1st Edition, New York, DK, 2015.
45. Academy F. *HIIT Training*, Fitness Academy, 2019.
46. Wen D, Utesch T, Wu J, Robertson S, Liu J, Hu G, Chen H. Effects of different protocols of high intensity interval training for VO_2 max improvements in adults: A meta-analysis of randomised controlled trials. *J Sci Med Sport.* 2019;22(8):941-947.
47. Williams CB, Zelt JGE, Castellani LN, Little JP, Jung ME, Wright DC, Tschakovsky ME, Gurd BJ. Changes in mechanisms proposed to mediate fat loss following an acute bout of high-intensity interval and endurance exercise. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2013;38(12):1236-1244.
48. Beaulieu K, Oustric P, Finlayson G. The impact of physical activity on food reward: Review and conceptual synthesis of evidence from observational, acute and chronic exercise training studies. *Curr Obes Rep.* 2020; 9:63-80.
49. Melzer K, Kayser B, Saris WHM, Pichard C. Effects of physical activity on food intake. *Clin Nutr.* 2005;24(6):885-895.
50. Blundell JE, King NA. Exercise, appetite control, and energy balance. *Nutrition.* 2000;16(7-8):519-522.