

## Investigation of the effect of exercise on appetite and appetite hormones: A PubMed based systematic review

### *Egzersiziz iştah ve iştah hormonları üzerine etkisinin incelenmesi: PubMed üzerinden yapılmış sistemantik derleme*

Esmanur Kaya , şerife Vatansever 

Coaching Education Department, Faculty of Sports Sciences, Uludağ University, Bursa, Turkey

#### ABSTRACT

Appetite controls energy balance by affecting food intake. The appetite mechanism can be regulated by hormones secreted from various tissues. Hormones such as peptide YY, glucagon-like peptide 1, cholecystokinin, pancreatic polypeptide, oxyntomodulin, amylin, leptin are stimulated with food intake, and suppress appetite; while hormones such as ghrelin and glucagon are inhibited by food intake and increase appetite in case of hunger. Exercise can play a role in the appetite mechanism with its effect on appetite hormones. Exercise facilitates weight control through its effects on appetite regulation. Compared to one-off acute exercise studies, chronic exercise studies lasting more than 12 weeks may allow us to observe the possible effects of exercise on appetite hormones more clearly. However, there is large variability between individuals' responses. This article reviews the evidence for how BMI, gender, exercise intensity-type, pre-exercise food intake, and habitual physical activity alter exercise-related appetite and appetite-related hormone responses. Keywords "exercise and appetite", "exercise and appetite hormones", "physical activity and appetite" were used in the PubMed search engine for data search concerning human studies conducted in the last five years, using the PRISMA method. Research results reveal that BMI, habitual physical activity and exercise intensity do not significantly alter the appetite to acute or chronic exercise interventions. However, it has been shown that exercise type, pre-exercise food intake, and individuals in different gender groups provide different responses to exercise. The effect of these individual characteristics and behaviors, and exercise on appetite-related hormone responses remains unclear. Future well-controlled studies are needed to determine the possible effects of exercise on appetite and appetite hormones.

**Keywords:** Exercise, appetite, appetite hormones, physical activity

#### ÖZ

İştah, besin alımını etkileyerek enerji dengesine etki eder. İştah mekanizması çeşitli dokulardan salgılanan hormonlar ile regüle edilir. Peptid YY, glukagon benzeri peptid 1, kolesistokinin, pankreatik polipeptid, oxyntomodulin, amilin, leptin gibi hormonlar besin alımıyla uyarılarak iştahı baskımlarken ghrelin ve glukagon gibi hormonlar ise besin alımıyla inhibe olup, açlık durumunda uyarılarak iştahın artmasına neden olurlar. Egzersiz, iştah hormonlarına olan etkisi ile iştah mekanizmasında rol alabilir. Bununla birlikte, yanıtlarda bireyler arasında büyük bir değişkenlik vardır. Bu makale alışılmış fiziksel aktivite, beden kütle indeksi, cinsiyet, egzersiz şiddeti, süresi, türü ve egzersiz öncesi besin alımının egzersize bağlı iştahı ve iştahla ilgili hormon yanıtlarını nasıl değiştirdiğine ilişkin kanıtları gözden geçirmeyi hedeflemektedir. Çalışma; veri taraması için "exercise and appetite", "exercise and appetite hormones", "physical activity and appetite" anahtar sözcüklerini kullanarak PRISMA yöntemi ile PubMed arama motorunda yer alan son beş yılda yapılmış güncel insan çalışmalarını ele almaktadır. Araştırma sonuçları beden kütle indeksi, alışılmış fiziksel aktivite ve egzersiz şiddetinin akut veya kronik egzersiz testlerinde iştahı önemli ölçüde değiştirmedini göstermektedir. Ancak egzersiz süresinin, türünün, egzersiz öncesi besin alımının ve farklı cinsiyetlerin egzersize yanıtlarının farklı olduğu gösterilmiştir. Bu bireysel özellikler ve davranışlar ile egzersiz yapmanın iştahla ilişkili hormon tepkileri üzerindeki etkisi belirsizliğini korumaktadır. Egzersizin iştah ve iştah hormonları üzerine olası etkilerini belirlemek için gelecekte daha kapsamlı kontrollü çalışmalara ihtiyaç vardır.

**Anahtar Sözcükler:** Egzersiz, iştah, iştah hormonları, fiziksel aktivite

#### GİRİş

Fazla kilo ve obezite, sağlığı bozabilecek anormal veya aşırı yağ birikimi olarak tanımlanır (1). İştah, besin seçimi, endokrin özellikler, fiziksel aktivite, genetik faktörler, sosyal çevre gibi obeziteye neden olan birçok faktör vardır. Ancak obezite ve fazla kilonun temel nedeni yağ ve şeker oranı yüksek enerji yoğunluğu fazla besinlerin alımının artması; birçok çalışma biçiminin gittikçe hareketsiz hale gelmesi, değişen ulaşım türleri ve artan kentleşme nedeniyle fiziksel hareketsizlik ve bunlara bağlı enerji dengesizliğidir (2,3).

Obezite tedavisinde farmakolojik ve cerrahi yaklaşımlar da bulunup bu yaklaşımlar kişiye göre oluşturulsa da önerilen ve ilk denenmesi gereken tedavi yöntemi beslenmenin düzenlenmesi ve düzenli egzersizdir (4,5). Sadece beslenme veya egzersizden çok beslenme ve egzersizin kombine kullanıldığı tedaviler en etkili sonucu vermektedir (6). Bu tedavi yaklaşımında temel hedef enerji alımını azaltarak ve enerji harcamasını arttırarak enerji dengesini etkilemektir. Egzersizin enerji harcamasını arttırmaya yönelik bir katkı

Received / Geliş: 20.06.2021 • Accepted / Kabul: 19.08.2021 • Published / Yayın Tarihi: 11.12.2021

Correspondence / Yazışma: Esmanur Kaya • Uludağ Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Bursa, Turkey • esmanur305@gmail.com

Cite this article as: Kaya E, Vatansever S. Investigation of the effect of exercise on appetite and appetite hormones: A PubMed based systematic review. *Turk J Sports Med.* 2022;57(1):51-7; <https://doi.org/10.47447/tjism.0589>

sağladığı bilinse de, son yıllardaki çalışmalar egzersizin enerji harcamasını arttırmaktan çok iştahı etkileyerek besin alımını da azalttırabileceği yani enerji dengesine çift taraflı katkı (enerji alım-harcama) sağlayabileceği yönünde bir izlenim oluşturmaktadır (7,8).

Düzenli fiziksel aktivite ve egzersiz programı; iştah hormonları üzerindeki değişikliklere, gelişmiş insülin ve leptin duyarlılığına; kan basıncı, kan lipitleri, substrat metabolizması ve vücut kompozisyonunda çeşitli fizyolojik adaptasyonlara yol açabilir (9,10). İştah; yeme arzusu olarak tanımlanabilir. İştahın artması besin alımını uyarabilir ve bu da pozitif enerji dengesi oluşturarak kilo alımını arttırabilir (11). İştah mekanizması belirli hücrelerden salgılanan hormonlar tarafından regüle edilir (12). Başlıca iştah hormonlarından peptid YY (PYY), glukagon benzeri peptid 1 (GLP-1), kolesistokinin (CCK), pankreatik polipeptid (PP), oxynomodulin (OXM), insülin, amilin, leptin gibi hormonlar besin alımıyla uyarılarak iştahı baskılamak, ghrelin hormonunun aktif formu açılmış ghrelin ve glukagon gibi hormonlar ise besin alımıyla baskılanıp, açlık durumunda uyarılarak iştahın artmasına sebep olurlar (13-16). Son yapılan çalışmalar incelendiğinde, egzersizin iştah hormonları üzerinde etkisi olduğu görülmektedir. Fakat bu hormonlar çok çeşitli faktörlerden etkilendiğinden egzersiz ile ilişkili sonuçları net değildir (17,18).

Birçok çalışma egzersizin iştaha, iştah hormonlarına ve buna bağlı enerji alımına etkilerini farklı açılardan değerlendirmiştir (19-26). Ancak araştırma sonuçları birbirleriyle çok çelişkilidir. Bu çelişkiler yöntem farklılıkları, cinsiyet, beden kütle indeksi (BKİ), egzersiz şiddeti, egzersizin süresi, egzersizin türü, çalışma öncesi bireylerin aktif/inaktif olma durumu gibi birçok faktörden kaynaklanabilir. Çok az sayıda araştırmacı cinsiyet, fiziksel olarak aktiflik, egzersizin sürekliliği ve BKİ gibi pek çok kategoriye karşılaştıran çalışma sunmuştur (19). PubMed arama motoru incelendiğinde egzersizin iştah hormonları üzerine etkisini içeren, tüm kategorik bileşenlerin yer aldığı, son beş yılda yapılan tüm çalışmaların toparlandığı bir derleme bulunmamaktadır ve bu alanda daha çok çalışma gerekmektedir.

Bu nedenle, bu derlemenin amacı obez ya da normal bireylerde, cinsiyete özgü ve alışılmış fiziksel aktivite durumunda, akut veya kronik egzersiz uygulamalarının iştah ve iştahla ilişkili hormon yanıtları üzerindeki etkisini inceleyen sistematik bir değerlendirme sunmaktır.

## YÖNTEM

Çalışmalar PubMed elektronik veri tabanında araştırıldı ve PRİSMA yöntemiyle gözden geçirildi (27). Yapılacak veri taraması için "exercise and appetite", "exercise and appetite hormones", "physical activity and appetite" anahtar söz-

cükleri kullanıldı. Bu çalışmada veri tabanında ulaşılan 623 çalışmadan İngilizce veya İngilizceye çevrilmiş ve son beş yıla ait (Ocak 2016-Ocak 2021) olanlardan 18-65 yaş yetişkin (kadın-erkek tüm bireyler), düzenli egzersiz yapan/yapmayan obez ve normal insanlar üzerinde yürütülmüş, randomize kontrollü, aynı anda iştah hormonlarını ve egzersizi içeren klinik çalışmalar, antrenman türlerinin iştah hormonları üzerine etkilerini inceleyenler, dahil etme kriteri olarak alındığında 75 çalışmaya ulaşıldı. Bunlardan başlık veya özetlerinden elenenler, iştah ve egzersiz ile ilgili olmayanlar, kronik hastalık varlığı olanlar dışlandıığında 15 makale ayrıldı ve özetleriyle içerikleri okundu. Özetle bu çalışmalar yetişkin bireylerde egzersizin iştah ve iştah hormonları üzerine etkilerini incelemişlerdi.

## BULGULAR

Bu sistematik derleme kapsamında; dışlama ve dâhil edilme kriterleri göz önünde bulundurulduğunda incelenen 15 çalışmaya ilişkin başlıca tasarım parametreleri ve belli başlı bulguları Tablo 1'de verilmektedir.

Egzersizin iştah üzerine etkilerini inceleyen çoğu çalışma türü genel olarak akut egzersiz uygulamalarına odaklanmıştır. Çalışma süresinin kısa olması, daha çabuk sonuç elde etme isteği ve katılımcıları çalışmada tutmak adına bu tarz bir yaklaşım söz konusu olabilir. Son yıllarda yapılan çok az sayıdaki çalışma kronik egzersizin iştah üzerine etkilerini incelemiştir (30,35,37). Kronik egzersiz çalışmaları, yaşam tarzı değişiklikleriyle ilişkilendirildiğinde konuya yön vermesi adına önemlidir.

Egzersizin iştah üzerine etkilerini incelerken bu etkiyi değiştirebilecek parametrelerin de değerlendirilmesi gerekmektedir. Bunlar; çalışma öncesi fiziksel aktiflik, BKİ, cinsiyet, egzersiz şiddeti, egzersiz süresi, egzersiz türü ve çalışma öncesi açlık-tokluk durumu olabilir.

### **Çalışma öncesi alışılmış fiziksel aktiflik durumunun egzersize bağlı iştah ve iştah hormonlarına etkisi**

Son beş yılda iştahı etkileyen akut ve kronik egzersiz çalışmaları incelendiğinde aktif ve inaktif bireyleri aynı çalışmada karşılaştıran araştırmalara rastlanmadı. Bazı çalışmalar farklı aktiflik düzeyindeki bireylerle aynı anda yapılmış olsa da bunlar arasındaki farklılıklara odaklanılmamıştır (32,34,36). Sadece; Rocha ve ark.nın normal BKİ aralığındaki 16 kadın üzerinde yapmış oldukları 1 saatlik bisiklet egzersiz testi çalışmasında (%50 VO<sub>2</sub>max'da), aktif ve inaktif kadınların iştah algısındaki değişiklikleri karşılaştırılmış ve değişikliklerin anlamlı olmadığı sonucuna varılmıştır (36).

Bireylerin sadece fiziksel aktiflik durumuna bakarak bir sonuç elde etmek çok zordur, diğer parametrelerin aynı şartları sağlaması sağlıklı sonuçlar elde etmemizi sağlayacaktır. Nitekim çalışma öncesinde fiziksel olarak aktif katılım-

çalışmalar birbirleriyle çelişkili sonuçlar ortaya koymuştur (28,31,33,34) . Sporcular üzerinde yapılan çalışmalar da benzer çelişkiler yansıtmaktadır. Holliday ve ark. erkek dayanıklılık sporcularında yapmış oldukları 15, 30 ve 45 dakikalık üç ayrı aerobik bisiklet egzersiz testinde (%76-80 VO<sub>2</sub>max) akut egzersizle birlikte üç grupta da iştahta artış olduğunu bulmuşken (28), Howe ve ark. ise aktif kadın dayanıklılık sporcuları üzerinde yapmış

oldukları çalışmada koşu bandında 500 kcal'lik enerji harcaması oluşturan akut MIT (orta yoğunluklu egzersiz) ve HIT (yüksek yoğunluklu egzersiz) uygulamaları sonucu açlık parametrelerinde bir azalma saptamışlardır (31). Aynı tür (dayanıklılık) spor geçmişine yer veren bu çalışmalar benzer egzersiz yoğunluğunda ve kahvaltı alımı sonrasında gerçekleştirilmiştir. Bu durumda benzer olmayan bu sonuçlar bize cinsiyet farklılıkları hakkında bilgi verebilmektedir.

**Tablo 1.** Egzersiz yapmanın iştah ve iştah hormonları üzerine etkilerini inceleyen çalışmalar ve bulguları

Kaynak	Çalışma Süresi	BKİ	Yaş (N)	Cinsiyet	Fiziksel Aktiflik Geçmiş	Uygulanan Egzersiz türü	Çalışma Öncesi Açlık	İncelenen Hormonlar	
Holliday-Blannin (28)	Tek sefer	Normal: 21.0	21.0	12	E	Dayanıklılık	Aerobik HIT Dinlenme ve 15-30-45 dk bisiklet egzersizleri %76-80 VO <sub>2</sub> max	2 saat önce besin alımı	PYY, GLP-1, A. Grelin
İştah (tüm gruplarda ↑, dinlenmeye kıyasla az artış); <b>A. Grelin</b> (15 dk ↔, 45 dk ↓ geçici azalma); <b>PPY</b> (tüm gruplarda ↓); <b>GLP-1</b> (15dk ↔, 45dk ↑)									
Douglas et al. (29)	2 gün	Normal: 22.4 & Obez: 29.2	41.5	47	K-E	-	MIT (60 dk koşu bandı) %59 VO <sub>2</sub> max	≥8 h açlık	PYY, GLP-1, A. Grelin
İştah egz. ile ↓ (Normal bireylerde biraz daha çok azalmış); <b>A. Grelin</b> egz. ile ↓ (obez-normal fark yok); <b>Delta deağil grelin</b> egz. ile ↓ (Egz. sonrası kadınlarda daha düşük, obezlerde daha fazla düşüş); <b>Açlık toplam PYY</b> egz. ile ↑ (normal bireylerde daha fazla artmış); <b>GLP-1</b> egz. ile ↑ (obezlerde daha fazla artış); <b>İnsülin</b> egz. ile ↓ (Normal bireylerde daha çok azalmış); <b>Glükoz</b> egz. ile ↔									
Martins et al. (30)	12 hf, 3/hf	Obez: 33.3	34.4	46	K-E	Sed.	MICT (250 kcal), HIIT (250 kcal) veya kısa süreli HIIT (125 kcal)	Aç	PYY, GLP-1, A. Grelin
Açlık (Tüm guruplarda (HIIT, MICT ve ½ HIIT); İştah egz. ile ↔; <b>Hormonlar</b> egz. ile ↔									
Howe et al. (31)	2 gün 2'şer saat	Normal: 21.1	31.1	15	K	Daya-nıklılık sporcu	MIT, %60 VO <sub>2</sub> max & HIT, %85 VO <sub>2</sub> max, 500 kcal harcama, koşu bandında	≥4 h açlık	PYY, GLP-1, A. Grelin
<b>A. Grelin</b> egz. ile ↓; <b>PYY</b> egz. ile ↑; <b>GLP-1</b> egz. ile ↑; <b>Açlık</b> egz. ile ↓ Egzersiz yoğunluğunun hormonlar ve açlık üzerine anlamlı bir etkisi gözlenmemiş									
Matos et al. (32)	Üç aşama 1 hf aralı	Obez: 35.5	28.4	12/28	E	Aktivite düzeyi değişik; şiddetli egzyok	1-MICT (20 dk, %70 HRmax) 2-HIIT (10×60 s, %90 HRmax + 60 s, %30 HRmax koşu bandında) veya 3-CON Egzersizsiz kontrol, 25 dk otururarak	12 h açlık	GLP-1
<b>GLP-1</b> egz. ile ↑; <b>Açlık</b> egz. ile ↓ (kalıcı değil 1 saat sonra ortadan kalkıyor) -Her iki egzersiz türü de enerji alımını değiştirmiyor									
Martin et al. (33)	3 kez, 1 hf aralı	<29.9	18-40	12	E	Aktif	Dinlenme; MIT(%40) ve HIT (%70) Bisiklet egzersizi	10 h açlık	PYY, GLP-1, A. Grelin, PP, İnsülin
Açlık egz. ile ↑; <b>Tokluk</b> egz. ile ↓ (Farklı egzersiz yoğunluklarında sonuçlar değişmemiş) <b>Grelin, GLP-1, PYY, PP</b> ve <b>İnsülin</b> konstrasyon değişiklikleri anlamlı bulunmamış									
Holliday-Blannin (34)	14 dk rest dahil	Fazla kilolu: 27.7	34.0	8/12	K-E	Düşük- orta düzey aktif	Düşük hacimli sprint ve Kontrol dinlenme grubu	Kahvaltı sonrası 2 h açlık	GLP-1, A. Grelin
İştah egz. ile ↓; <b>A. Grelin</b> egz. ile ↓; <b>GLP-1</b> egz. ile ↑ GLP-1'e verilen bireysel yanıtlar, üç büyük yanıt (tümü erkek), bir küçük yanıt (erkek) ve GLP-1'in egzersizden etkilenmediği üç kişi (tümü kadın) gösterilmekte (anlamlılık testi yok)									
Shakiba et al. (35)	3 kez/12 hf	Fazla kilolu: >25.0	-	44	E	Sed.	Dayanıklılık, Direnç, Eş zamanlı(direnç+dayanıklılık) ve kontrol grupları	≥10 h açlık	PYY, GLP-1, A. Grelin
<b>A. Grelin</b> egz. ile ↓; (en çok direnç antrenmanında azalma göstermiş); <b>GLP-1</b> egz. ile ↔; <b>PYY</b> egz. ile ↑									
Rocha et al. (36)	Tek sefer 3 h	Normal: 22.6	23.2	16	K	Aktif- inaktif	1 saatlik %50 VO <sub>2</sub> max bisiklet egzersizi sonrasında 2 saat dinlenme	Kahvaltı 1 h sonrası	-
<b>Doyma hissi</b> ↓ (aktif grupta daha fazla ↓); <b>Enerji alımı</b> ↑; <b>Açlık</b> egz. ile ↓									
Gibbons et al. (37)	5 kez/12 hf	Kilolu/ obez: 27.0-34.9	42.6	32	K-E	İnaktif	%70 VO <sub>2</sub> max, egzersiz türünü katılımcı seçebiliyor	Kahvaltı 3 h sonrası	PYY, GLP-1, A. Grelin
<b>A. Grelin</b> egz. ile ↓; <b>GLP-1</b> egz. ile ↑; <b>toplam PYY</b> egz. ile ↑									
Panissa et al. (38)	5 seans	Fazla kilolu: 29.3	30.2	14	E	İnaktif	% 50 Maks aerobik güçte: 30 dk kararlı durum egzersizi (SSE), veya 30 s tekrarlı HIIT (30 dk) ve egzersizsiz kontrol	1 h açlık	İnsülin
Açlık egz. ile ↑ ('HIIT egzersiz türünde hissedilen açlık SSE'e göre daha fazla); <b>Tokluk</b> egz. ile ↑; <b>İnsülin</b> egz. ile ↑; <b>IL-6</b> egz. ile ↑									
Cameron et al. (39)	4 gün	25.0	23.7	10	E	-	%25 enerji açığı oluşturan aerobik egzersiz (%50 VO <sub>2</sub> max)	Kahvaltı 1 h sonrası	Leptin, A. Grelin
<b>Leptin</b> egz. ile ↓; <b>A.Ghrelin</b> egz. ile ↑; <b>İştah</b> egz. ile ↓									
Clayton et al. (40)	2 seans	25.0	27.0	8	E	-	1 h %50 VO <sub>2</sub> max	≥10 h açlık sonrası kahvaltı var/yok	GLP-1, A. Grelin, İnsülin, Glükoz
Açlık egz. ile ↔; <b>GLP-1</b> egz. ile ↑; Gruplar arası fark yok									
Herrick et al. (41)	6 ay	BKİ yok: 133.1 kg	46.7	10	K-E	-	İlk 3 ay 10.000 adım/gün 4-6 aylar 150-300 dk orta derecede fiziksel aktivite	-	Leptin, Leptin reseptörü
<b>Leptin</b> ↓; <b>Serbest Leptin indeksi</b> ↓; <b>Leptin reseptörü</b> ↔; Erkek bireylerde ilk 3 ay anlamlı sonuçlar; 3-6 ay arasındaki sonuçlar başlangıca göre anlamlı değil; Kadın bireylerde başlangıca göre anlamlı sonuçlar									
Mclver et al. (42)	Tek sefer	27.0	26.0	12	E	-	%80 VO <sub>2</sub> max 45 dk koşu bandı	Aç ve tok 2 grup	Grelin, GLP-1, PYY, PP, İnsülin
Açlık egz. ile ↑; (Kahvaltı tüketmeyen bireylerde); Her iki grupta mide boşalma hızı önce artmış sonra azalmış									
<b>HIT</b> : yüksek yoğunluklu egzersiz, <b>MIT</b> : orta yoğunluklu egzersiz, <b>MICT</b> : orta yoğunluklu sürekli egzersiz, <b>LIT</b> : düşük yoğunluklu egzersiz, <b>HIIT</b> : yüksek yoğunluklu interval egzersizi, <b>SSE</b> : kararlı durum egzersizi, <b>A. Grelin</b> : açılmiş grelin, <b>hf</b> : hafta, <b>h</b> : saat, <b>HRmax</b> : maksimum kalp atım hızı, <b>Üni. Öğr.</b> : üniversite öğrencileri, <b>Sed.</b> : sedanter									

Sedanter bireylerin egzersiz uygulamaları sonrasında iştah algıları üzerindeki değişiklikleri inceleyen çalışmalar genel anlamda kronik egzersiz içeren çalışmalardır (30,35,37) (Tablo1). Bu çalışmaların ortak amacı inaktif bireyler aktif konuma getirildiklerinde bedenlerinin ne düzeyde tepki vereceğini gözlemleyerek yaşam tarzı değişikliği önerilerini genişletebilmektir. Sedanter 46 kadın ve erkek birey üzerinde yapılan 12 haftalık bir çalışma sonucunda haftada üç kez egzersiz yapmanın iştah ve iştahla ilişkili hormon düzeylerini anlamlı derecede etkilemediği ancak açlık seviyelerinde minimal bir artış meydana getirdiği bildirilmiştir (28).

Sedanter 44 erkek birey üzerinde yapılan 12 haftalık başka bir çalışmada ise ghrelin hormonu düzeylerinde azalma, PYY düzeylerinde artış gözlenirken, GLP-1 seviyelerinde anlamlı bir değişiklik gözlenmemiştir (35). Kadın ve erkek 32 sedanter birey üzerinde 12 haftalık ve haftada beş kez egzersiz yapılan başka bir kronik egzersiz çalışmasında da açılmiş ghrelin seviyesinde düşüş; PYY ve GLP-1 düzeylerinde artış gözlenmiştir (37).

İnaktif bireyler üzerinde yapılan akut egzersiz çalışmalarında ise farklı sonuçlar gözlenmiştir (34,38). Holliday ve ark.nın fazla kilolu, düşük aktivite düzeyine sahip 12 birey ile yapmış oldukları 14 dakikalık düşük hacimli sprint egzersizi sonrası iştah duyularında ve açılmiş ghrelin seviyelerinde azalma, GLP-1 düzeylerinde artış gözlenmiştir (34). Panissa ve ark.nın fazla kilolu 14 erkek ile 30 dakikalık sabit iş yükünde aerobik egzersiz (SSE) (maximum aerobik gücün % 50'sinde) ve 30 saniye tekrarlı toplamda 30 dakikalık yüksek yoğunluklu aralıklı egzersiz (HIIT) (maksimum aerobik güçte) türlerinde yapmış oldukları egzersiz testlerinde ise açlık duyusunda, insülin ve IL-6 hormonlarında artış gözlenmiştir (38). Bazı çalışmalarda bireylerin çalışma öncesindeki fiziksel aktivite düzeyleri hiç sorgulanmamıştır (29,39-42). Bu durum bir çıkarım yapmayı güçleştirmektedir.

#### **Katılımcıların beden kütle indekslerinin egzersize bağlı iştah ve iştah hormonlarına etkisi**

Beden kütle indeksi de iştah parametrelerini etkileyebilen bir etmen olarak tanımlanmıştır (43,44). Egzersiz, BKİ değerleri ve iştah arasındaki ilişki ise egzersiz testi sonucu azalan vücut ağırlığına bağlı olarak BKİ değerlerindeki düşüş ve BKİ değerindeki bu değişime bağlı olarak iştah parametrelerindeki değişimlerle ortaya konmaktadır (45).

Normal BKİ'li ve obez bireyleri aynı çalışmaya dahil eden %59 VO<sub>2</sub>max'da bir saatlik akut koşu bandı egzersiz testinin sonuçlarına göre egzersiz sonrası iştah duyusu her iki grupta da azalmıştır. Fark az olsa da, normal BKİ'ne sahip bireylerdeki iştah duyusunun obez bireylerdekine göre daha az hissedildiği vurgulanmıştır. Açılmiş ghrelin eg-

zersizle azalsa da normal ve obez bireyler arasında bir fark yoktur. Deaçil ghrelin egzersizle azalmış ve bu azalma obez bireylerde normal vücut ağırlıklı bireylere göre daha fazla bulunmuştur. Açlık toplam PYY düzeyi egzersizle artmış; bu artışın büyüklüğü obez bireylerde zayıf bireylere göre daha düşük bulunmuştur. GLP-1 egzersizle artmış; bu artışın büyüklüğü, obez bireylerde normal vücut ağırlığındaki bireylere göre daha fazla olmuştur. İnsülin egzersizle azalmış ve bu azalmanın normal vücut ağırlıklı bireylerde daha fazla olduğu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Glükoz düzeylerinde egzersizle çok fark gözlenmediği sonucuna ulaşılmıştır (29).

#### **Cinsiyetin egzersize bağlı iştah ve iştah hormonlarına etkisi**

İştah ve iştah ile ilişkili hormon yanıtları cinsiyetler arası farklılık gösterebilmektedir (46). Egzersizin iştah hormonları üzerinde etkilerini inceleyen çalışmalara baktığımızda aynı çalışmada her iki cinsten bireylerin yer aldığı çalışma sayısı oldukça azdır ve genellikle tek bir cinsiyet üzerinde yapılmışlardır.

Bir saat süren orta yoğunluklu koşu bandı egzersizi sonrası açılmiş ghrelin derişimleri kadınlarda erkeklere göre anlamlı olarak daha düşük bulunmuştur (29). Kadın dayanıklılık sporcuları ile yapılan akut bir çalışmada (31) koşu bandında 500 kcal'lik enerji harcaması oluşturan MIT ve HIT egzersizleri sonrası açlık düzeylerinin azaldığı gösterilirken, erkek sporcular ile yapılan 15, 30 ve 45 dakikalık üç ayrı akut aerobik bisiklet egzersiz testinde (%76-80 VO<sub>2</sub>max) ise üç grubun da açlık düzeylerinde artış gözlenmiştir (28). Bu iki çalışmada (28,31) ortak olan noktalar açılmiş ghrelin seviyesindeki düşüş ve GLP-1 seviyelerindeki artıştır. PYY düzeyleri erkek sporcularda egzersiz sonrası azalırken, kadın sporcularda artmıştır.

Sedanter aşırı kilolu veya obez bireylerde kronik egzersizin öznel iştah duyguları ve iştahla ilişkili hormonlar üzerindeki etkisini inceleyen 12 haftalık başka bir çalışma ise her iki cinsten yapılmış olmasına rağmen, iki grup arasındaki farklılıkları incelememiştir (30). Benzer 12 haftalık bir çalışma aynı şekilde iki grubu da içermesine rağmen gruplar arası farklılığı test etmemiştir (37).

Altı ay süren başka bir çalışma ise (41) kadın ve erkek bireylerde kalori kısıtlaması ve düzenli egzersiz yaşam tarzı değişikliği sonucu vücut ağırlığı ve leptin seviyeleri üzerindeki değişimleri incelemiştir. İlk üç ay günde 10.000 adım, 3-6 ay arasında ise günde 150-300 dk orta derecede fiziksel aktivite uygulanmıştır. Çalışmada ilk üç aylık süre içerisinde her iki cinsiyette leptin seviyeleri azalmış; ancak erkeklerde üçüncü aydan sonra azalma gözlenmezken, kadın bireylerde altıncı aya kadar azalma sürmüştür. Bununla birlikte, her iki cinsiyette de, azalmış leptin konsantrasyonlarının,

sOB-r'deki (leptin reseptörü) herhangi bir önemli değişiklikten bağımsız olarak ortaya çıktığı gözlenmiştir. Bunun bir nedeninin, yaşam tarzı denemesinde %60 karbonhidrat, %20 yağ ve %20 protein makro besin oranlarından kaynaklanabileceği vurgulanmıştır. Yağ ve karbonhidratların sOB-r konsantrasyonu üzerinde farklı etki gösterebileceğine inanılmaktadır; ancak mekanizmalar literatürde tam net değildir.

### **Egzersiz şiddeti, süresi ve türünün egzersize bağlı iştah ve iştah hormonlarına etkisi**

Dayanıklılık sporu yapan normal BKİ'ne sahip 12 erkek bireyde bisiklet ile uygulanan yüksek yoğunluklu aerobik egzersizin (HIT) iştah parametreleri üzerine etkisi incelenirken dinlenme grubu ve üç farklı egzersiz yoğunluğuna göre katılımcılar gruplara ayrılmıştır (Dinlenme, 15, 30 ve 45 dakikalık ayrı egzersiz testi tüm gruplarda sırayla uygulanmıştır) (28). Çapraz tasarımlı bisiklet egzersiz uygulamasının tam ortasında ve egzersiz biter bitmez ve egzersizden sonraki 20, 40 ve 60. dakikalarda kan örnekleri alınmıştır. Egzersiz sonrası iştah tüm gruplarda artmış ancak egzersiz grubundaki artışlar dinlenme grubuna göre daha düşük bulunmuştur. Açılennmiş ghrelin 15 dakikalık egzersiz testinde değişmemiş, 30 dakikalık egzersiz testindeki düşüş ise anlamlı bulunmamıştır. Açılennmiş ghrelinde 45 dakikalık egzersiz testinde düşüş geçici olarak tanımlanmıştır. Egzersizden sonra açılennmiş ghrelin seviyelerindeki bu düşüş durmuş ve sonra artmaya başlamıştır (28). Çalışma sonuçlarına göre egzersiz süresi uzadıkça iştahı arttıran hormonlardan açılennmiş ghrelinin baskılandığı görülmektedir ancak bu baskılanmanın geçici olduğu vurgulanmıştır. Bu da bize; egzersiz ile ghrelin seviyelerinin değiştirilmesi için minimum 45 dakikalık bir süreye ihtiyaç olduğunu; ancak bu değişikliğin de geçici olduğunu göstermektedir.

İki farklı gün toplamda iki kez uygulanan başka bir çalışma ise normal BKİ değerlerinde 15 aktif kadın dayanıklılık sporcusu üzerinde yapılmıştır. Bireyler 500 kcal enerji açığı oluşturana dek koşu bandında koşturulmuştur. VO<sub>2</sub>max'ın %60'ı ve %85'inde orta ve yüksek yoğunluklu egzersiz testlerinin karşılaştırıldığı bu çalışmada egzersiz yoğunluğunun açlık duyusu ve iştah hormonları (açılennmiş ghrelin, PYY, GLP-1) üzerinde anlamlı bir etkisi gözlenmemiştir (31).

Fiziksel aktiflik durumu değişken 28 obez erkek birey üzerinde yapılan üç aşamalı bir çalışmada orta yoğunluklu sürekli egzersiz (MICT) (20 dakika, maksimum kalp atış hızının (HR max) %70'i) ve yüksek yoğunluklu aralıklı egzersiz (HIIT) (10x60 s, HRmax'ın %90'ı + 60 s, HRmax'ın %30'u) ve egzersizin olmadığı kontrol grupları karşılaştırılmıştır (32). Koşu bandı ile yapılan bu çalışmanın sonuçlarına göre her iki egzersiz yoğunluğunda da dinlenme durumuna kıyasla açlık duyusunda azalma saptanmış ancak bu azalma-

nın kalıcı olmadığı, egzersizden bir saat sonra ortadan kalktığı vurgulanmıştır. Ayrıca her iki egzersiz yoğunluğunun da egzersiz sonrası bir saate kadar GLP-1 düzeylerini arttırdığı ve GLP-1 düzeyleri üzerinde benzer etkiler ortaya çıkardıkları gösterilmiştir.

Aynı bireyler üzerinde bir hafta aralıklarla üç kez uygulanan başka bir çalışmada fazla kilolu 12 erkek bireyin dinlenme, düşük yoğunluklu (%40 VO<sub>2</sub>max) ve yüksek yoğunluklu (%70 VO<sub>2</sub>max) bisiklet egzersiz türlerine yanıtları incelenmiştir (33). Dinlenme durumuna kıyasla her iki egzersiz testi sonucunda da açlık duyusunda artış gözlenmiş ancak egzersiz yoğunlukları arasında bir fark gözlenmemiştir. Hormon değişiklikleri ise anlamlı bulunmamıştır.

Fazla kilolu 14 inaktif erkek birey üzerinde yapılan başka bir çalışmada ise dinlenme, 30 dakikalık maksimal egzersiz şiddetinin %50'sinde sabit iş yükünde aerobik egzersiz (SSE) ve maksimum aerobik güçte 30 saniye dinlenme süresi ve 30 saniyelik tekrarları içeren tekrarlı yüksek yoğunluklu aralıklı (HIIT) egzersiz türleri karşılaştırılmıştır. HIIT türünde hissedilen açlık, SSE türündekinden daha fazla bulunmuştur (38).

Kronik egzersiz çalışmalarını ayrı değerlendirmek amaçlı, sedanter obez bireylerde 12 hafta boyunca sürdürülen bir çalışma; orta yoğunlukta sürekli antrenman (250 kcal enerji açığı oluşturacak kadar), yüksek yoğunluklu aralıklı antrenman (250 kcal enerji açığı oluşturacak kadar) veya kısa süreli yüksek yoğunluklu aralıklı antrenmanın (125 kcal enerji açığı oluşturacak kadar), iştah ve iştah hormonları üzerindeki etkisini incelemiştir. Çalışmada bu üç farklı egzersiz yoğunluğunda anlamlı bir sonuç elde edilmemiştir. Bu da egzersiz yoğunluğunun iştah üzerinde önemli bir etkisi olmadığını göstermektedir (30).

Egzersiz türünü inceleyen 12 haftalık başka bir çalışmada ise dayanıklılık antrenmanı, direnç antrenmanı, eş zamanlı antrenman (direnç ve dayanıklılık antrenmanını bir arada içeren) türlerinin iştah ve iştah hormonları üzerindeki etkisi araştırılmış ve incelemeler sonucunda ghrelin hormonunun en çok direnç antrenmanında azalma gösterdiği bulgusuna varılmıştır. Bunun sonucu olarak egzersiz programlarını özellikle direnç antrenmanı şeklinde planlamanın iştah düzenlenmesini etkileyerek kilo kaybına ve fazla kilolu kişilerde BKİ azalmasına neden olabileceği ifade edilmiştir (35).

### **Çalışma öncesi besin alımının egzersize bağlı iştah ve iştah hormonlarına etkisi**

Clayton ve ark. alışımlı kahvaltı yapan sekiz erkek bireyde kahvaltı öğününü atlayarak %50 VO<sub>2</sub>max'da bir saatlik egzersiz testi gerçekleştirmiş ve bunun sonucunda öğün atlanmanın iştah ve iştah hormonları üzerindeki etkisini araştır-

mışlardır (40). Çalışma iki kez tekrarlanmış ve ilk sefer gece açlıktan sonra kahvaltı yapılırken, başka gün tekrarlanan çalışmada gece açlığı sonrası kahvaltı olmadan doğrudan egzersiz çalışmasına başlanmıştır. Egzersiz testi çalışmanın sekizincisaaatinde öğle yemeğinden sonra yapılmıştır. Dinlenme metabolik hızının 1.7'lik bir fiziksel aktivite seviyesi ile çarpılmasıyla belirlenen, tahmini günlük enerji gereksinimlerinin (DER) %25'inden oluşan standart bir kahvaltı verilmiştir. Kahvaltı tüketen ve tüketmeyen iki gruba da aynı öğle ve akşam yemeği verilmiş olup, öğle yemeği DER'in %35'i, akşam yemeği DER'in %45'i kadardır. Bu durumda kahvaltı tüketmeyen grubun günlük almış olduğu enerji miktarı kahvaltı tüketen gruba göre daha azdır. Bu çalışmanın sonuçlarına göre egzersiz testinden ve öğle yemeğinden önce kahvaltı yapılmadığı gün açlık duyusu daha fazla olurken, bu etkinin geçici olduğu ve öğle yemeğinden sonra ortadan kalktığı bildirilmiştir. Aynı şekilde metabolik parametreler incelendiğinde de açılmiş ghrelin, GLP-1, insülin ve glukoz düzeyleri arasından sadece GLP-1 düzeylerindeki farklılık anlamlı bulunmuştur. GLP-1 düzeyleri kahvaltı yapmayan grupta egzersiz öncesi düşük bulursa da, öğle yemeğinin yenilmesi ile bu etki de ortadan kalkmıştır. Bu durumlar öğle yemeğinin kahvaltı atlamayı telafi ettiğini göstermektedir şeklinde yorumlanmıştır.

McIver ark.nın (42) çalışmasında ise; BKİ ortalaması 27.0 olan 12 erkek birey aç ve tok olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Kahvaltı yapan grup 175 kcal'lik kahvaltı öğünü tüketirken, kahvaltı yapmayan grup aç kalmıştır. VO<sub>2</sub>max'ın %80'inde 45 dk'lık koşu bandı egzersizinden sonra 242 kcal'lik bir öğle yemeği tüketilmiş ve yemek sonrasındaki iştah parametreleri ve mide boşalma hızları incelenmiştir. Mide boşalma hızı öğle yemeğinden hemen sonra artmış ancak daha sonra yavaş yavaş azalmıştır. Gruplar arasında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Egzersiz sonrası açlık seviyeleri kahvaltı yapmayan bireylerde artış gösterirken, kahvaltı yapan bireylerde egzersiz sonrası açlık seviyelerinde azalma gözlenmiştir. GLP-1 düzeyleri ise her iki grupta da egzersiz sonrası artarken, kahvaltı yapan bireylerde daha yüksek düzeylere çıkmıştır. Polipeptit hormonu da egzersiz süresince artmış ve egzersiz bitiminde azalmıştır. İki grup için ghrelin, PYY, ve insülin konsantrasyonları karşılaştırıldığında egzersiz sonrası anlamlı bir fark gözlenmemiştir.

## SONUÇ

Bu sistematik derlemede egzersizin iştah ve iştah hormonlarını nasıl etkilediğini ve cinsiyet, BKİ, alışılmış fiziksel aktivite durumu, egzersiz türü-yoğunluğu, egzersiz öncesi besin alımı gibi faktörlerin bu etkideki rollerini incelemeyi amaçlandı. Benzer çalışmalarda bulunan sonuçlar çok çeşitlidir. Bu çelişkilerin nedeni ise egzersizin iştah üzerin-

deki etki mekanizmasının tam olarak bilinmemesi, çalışmalardaki yöntem ve parametrelerin farklılığıdır.

Bir çok çalışma farklı cinsiyet gruplarını ya da farklı aktivite düzeyindeki bireyleri barındırır da, bu faktörleri birbiriyle karşılaştırmamıştır. Egzersiz öncesi besin alımını karşılaştıran çalışma sayısı da sınırlıdır. Ek olarak çalışmalardaki besin alımları oldukça tutarsız ölçülmüştür. Kimi çalışmada öğünler uygun bir laboratuvar ortamında belirli enerji ve besin ögesi değerleri baz alınarak hazırlanırken, kimi çalışmalarda ise besin alımı serbest bırakılmıştır. Aynı şartları barındıran farklı çalışmaların bulmuş olduğu sonuçlar ise farklılık göstermektedir. Tüm bunlar bir çıkarım yapmayı güçleştirmektedir. Egzersiz sonrası iştah ve iştahla ilgili hormon yanıtlarında yukarıda bahsi geçen parametreler incelenmiş olsa da, başka parametrelerin de çalışma sonuçlarını etkileyebileceği unutulmamalıdır.

Bu sistematik derlemede; akut ya da kronik egzersiz yapmanın, çalışma öncesi aktiflik durumunun, BKİ'nin, egzersiz şiddetinin, çalışma öncesi açlık-tokluk durumunun iştah ve iştah hormonları üzerindeki etkileri sınıflandırıldığı aynı parametreleri değerlendiren farklı çalışmaların birbirleriyle benzer net etkiler ortaya koyamadığı sonucuna ulaşıldı. Kısacası bireyin aktif ya da inaktif olmasının, obez ya da normal BKİ'de olmasının ya da farklı yoğunluklarda egzersiz testi uygulanmasının literatür bilgisi ışığında iştah ve iştah ile ilişkili hormon yanıtlarında oluşturdukları farklılıkların anlamlandırılmadığı sonucu çıkarılabilir. Bununla birlikte egzersize bağlı iştah yanıtlarının cinsiyete, egzersiz süresi ve egzersiz türüne göre değişebildiği ve gelecekteki çalışmaların bu yönde yapılabileceği söylenebilir. Literatür taramasının sadece PubMed üzerinde gerçekleştirilmiş olması ve yalnızca son beş yılı kapsıyor olması çalışmanın metodolojik bir sınırlılığıdır.

### Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

The authors declared no conflicts of interest with respect to authorship and/or publication of the article.

### Financial Disclosure / Finansal Destek

The authors received no financial support for the research and/or publication of this article.

### Author Contributions / Yazar Katkıları

Concept All authors; Design All authors; Supervision All authors; Materials All authors; Data Collection and/or Processing All authors; Analysis and Interpretation All authors; Literature Review All authors; Writing Manuscript All authors; Critical Reviews All authors.

## KAYNAKLAR

1. WHO. Obesity and overweight. <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/obesity-and-overweight>. [cited 2021 March 13]
2. Bakan S, Tek NA. Enerji harcamasının düzenlenmesinde hormonların etkileri. *ACU Sağlık Bil Derg.* 2018;9(3):207-12.
3. Hallal PC, Andersen LB, Bull FC, Guthold R, Haskell W, Ekelund U, et al. Global physical activity levels: surveillance progress, pitfalls, and prospects. *Lancet.* 2012;380(9838):247-57.

4. Turner M, Jannah N, Kahan S, Gallagher C, Dietz W. Current knowledge of obesity treatment guidelines by health care professionals. *Obesity*. 2018;26(4):665-71.
5. Hill JO, Wyatt HR, Peters JC. The importance of energy balance. *Eur Endocrinol*. 2013;9(2):111-5.
6. Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM, Rankin JW, Smith BK. American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(2):459-71.
7. Blundell JE, Caudwell P, Gibbons C, Hopkins M, Naslund E, King N, et al. Role of resting metabolic rate and energy expenditure in hunger and appetite control: a new formulation. *Dis Model Mech*. 2012;5(5):608-13.
8. Mayer J, Roy P, Mitra KP. Relation between caloric intake, body weight, and physical work: studies in an industrial male population in West Bengal. *Am J Clin Nutr*. 1956;4(2):169-75.
9. Beaulieu K, Hopkins M, Blundell J, Finlayson G. Does habitual physical activity increase the sensitivity of the appetite control system? A systematic review. *Sports Med*. 2016;46(12):1897-919.
10. Westertep KR. Changes in physical activity over the lifespan: impact on body composition and sarcopenic obesity. *Obes Rev*. 2018;19(Suppl 1):8-13.
11. Rogers PJ, Brunstrom JM. Appetite and energy balancing. *Physiol Behav*. 2016;164(Pt B):465-71.
12. Yu JH, Kim M-S. Molecular mechanisms of appetite regulation. *Diabetes Metab J*. 2012;36(6): 391-8.
13. İlhan T, Erdost H. Ghrelin. *Uludağ Üni Vet Fak Derg*. 2009;28(1):67-74.
14. Büyüksulu N. İştah-doğunluk metabolizmasını etkileyen faktörler. *Klinik Tıp Ped Derg*. 2015;7(2):29-34.
15. Freire RH, Alvarez-Leite JJ. Appetite control: hormones or diet strategies? *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2020;23(5):328-35.
16. Hopkins M, Blundell JE. Energy balance, body composition, sedentariness and appetite regulation: pathways to obesity. *Clin Sci (Lond)*. 2016;130(18):1615-28.
17. King JA, Deighton K, Broom DR, Wasse LK, Douglas JA, Burns SF, et al. Individual variation in hunger, energy intake and ghrelin responses to acute exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2017;49(6): 1219-28.
18. Caudwell P, Finlayson G, Gibbons C, Hopkins M, King N, Naslund E, et al. Resting metabolic rate is associated with hunger, self-determined meal size, and daily energy intake and may represent a marker for appetite. *Am J Clin Nutr*. 2013;97(1):7-14.
19. Dorling J, Broom DR, Burns SF, Clayton DJ, Deighton K, James LJ, et al. Acute and chronic effects of exercise on appetite, energy intake, and appetite-related hormones: the modulating effect of adiposity, sex, and habitual physical activity. *Nutrients*. 2018;10(9):1140.
20. Douglas JA, Deighton K, Atkinson JM, Sari-Sarraf V, Stensel DJ, Atkinson G. Acute exercise and appetite-regulating hormones in overweight and obese individuals: a meta-analysis. *J Obes*. 2016(10):2643625.
21. Hazell TJ, Islam H, Townsend LK, Schmale MS, Copeland JL. Effects of exercise intensity on plasma concentrations of appetite-regulating hormones: Potential mechanisms. *Appetite*. 2016;98:80-8.
22. Thackray AE, Deighton K, King JA, Stensel DJ. Exercise, appetite and weight control: are there differences between men and women? *Nutrients*. 2016;8(9):583.
23. Escribano LG, Casas AG, Fernández-Marcote ARE, López PT, Marcos LT. Review and analysis of physical exercise at hormonal and brain level, and its influence on appetite. *Clin Investig Arterioscler*. 2017;29(6):265-74.
24. Zouhal H, Sellami M, Saeidi A, Slimani M, Abbassi-Daloui A, Khodamoradi A, et al. Effect of physical exercise and training on gastrointestinal hormones in populations with different weight statuses. *Nutr Rev*. 2019;77(7):455-77.
25. Long SJ, Hart K, Morgan LM. The ability of habitual exercise to influence appetite and food intake in response to high- and low-energy preloads in man. *Br J Nutr*. 2002;87(5):517-23.
26. Martins C, Truby H, Morgan LM. Short-term appetite control in response to a 6-week exercise programme in sedentary volunteers. *Br J Nutr*. 2007;98(4):834-42.
27. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JP, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *J Clin Epidemiol*. 2009;62(10):e1-34.
28. Holliday A, Blannin A. Appetite, food intake and gut hormone responses to intense aerobic exercise of different duration. *Endocrinology*. 2017;235(3):193-205.
29. Douglas JA, King JA, Clayton DJ, Jackson AP, Sargeant JA, Thackray AE, et al. Acute effects of exercise on appetite, ad libitum energy intake and appetite-regulatory hormones in lean and overweight/obese men and women. *Int J Obes (Lond)*. 2017;41(12):1737-44.
30. Martins C, Aschehoug I, Ludviksen M, Holst J, Finlayson G, Wisloff U, et al. High-intensity interval training, appetite, and reward value of food in the obese. *Med Sci Sports Exerc*. 2017;49(9):1851-8.
31. Howe SM, Hand TM, Larson-Meyer DE, Austin KJ, Alexander BM, Manore MM. No effect of exercise intensity on appetite in highly-trained endurance women. *Nutrients*. 2016;8(4):223.
32. Matos VAF, Souza DC, Santos VOA, Medeiros ÍF, Browne RA, Nascimento PRP, et al. 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.
33. Mattin LR, Yau AMW, McIver V, James LJ, Evans GH. The effect of exercise intensity on gastric emptying rate, appetite and gut derived hormone responses after consuming a standardised semi-solid meal in healthy males. *Nutrients*. 2018;10(6):787.
34. Holliday A, Blannin AK. Very low volume sprint interval exercise suppresses subjective appetite, lowers acylated ghrelin, and elevates GLP-1 in overweight individuals: a pilot study. *Nutrients*. 2017;9(4):362.
35. Shakiba E, Sheikholeslami-Vatani D, Rostamzadeh N, Karim H. The type of training program affects appetite-regulating hormones and body weight in overweight sedentary men. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2019;44(3):282-7.
36. Rocha J, Paxman JR, Dalton CF, Hopkins M, Broom DR. An acute bout of cycling does not induce compensatory responses in pre-menopausal women not using hormonal contraceptives. *Appetite*. 2018;128:87-94.
37. Gibbons C, Blundell JE, Caudwell P, Webb D-L, Hellström PM, Naslund E, et al. The role of episodic postprandial peptides in exercise-induced compensatory eating. *J Clin Endocrinol Metab*. 2017;102(11):4051-9.
38. Panissa VLG, Julio UF, St-Pierre DH, da Silva Gomes AT, Caldeira RS, Lira FS, et al. Timing of high-intensity intermittent exercise affects ad libitum energy intake in overweight inactive men. *Appetite*. 2019;143:104443.
39. Cameron JD, Goldfield GS, Riou M-È, Finlayson GS, Blundell JE, Doucet É. Energy depletion by diet or aerobic exercise alone: impact of energy deficit modality on appetite parameters. *Am J Clin Nutr*. 2016;103(4):1008-16.
40. Clayton DJ, Stensel DJ, James LJ. Effect of breakfast omission on subjective appetite, metabolism, acylated ghrelin and GLP-17-36 during rest and exercise. *Nutrition*. 2016;32(2):179-85.
41. Herrick JE, Panza GS, Gollie JM. Leptin, leptin soluble receptor, and the free leptin index following a diet and physical activity lifestyle intervention in obese males and females. *J Obes*. 2016(2):1-5.
42. McIver VJ, Mattin L, Evans GH, Yau AMW. The effect of brisk walking in the fasted versus fed state on metabolic responses, gastrointestinal function, and appetite in healthy men. *Int J Obes(Lond)*. 2019;43(9):1691-700.
43. Karra E, Batterham RL. The role of gut hormones in the regulation of body weight and energy homeostasis. *Mol Cell Endocrinol*. 2010;316(2):120-8.
44. Caudwell P, Gibbons C, Finlayson G, Naslund E, Blundell J. Physical activity, energy intake, and obesity: the links between exercise and appetite. *Curr Obes Rep*. 2013;2(2):185-90.
45. Coutinho SR, Rehfeld JF, Holst JJ, Kulseng B, Martins C. Impact of weight loss achieved through a multidisciplinary intervention on appetite in patients with severe obesity. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2018;15(1):E91-8.
46. Asarian L, Geary N. Sex differences in the physiology of eating. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2013;305(11):R1215-67.