



SPORMETRE

The Journal of Physical Education and Sport Sciences
Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi



DOI: 10.33689/spormetre.1214427

Geliş Tarihi (Received): 04.12.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 11.07.2023

Online Yayın Tarihi (Published): 30.09.2023

YÜKSEK ŞİDDETLİ İNTERVAL ANTRENMANIN METABOLİK SENDROM ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Büke Çelenk Durgut^{1*}, Günay Eskici²

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü, ÇANAKKALE

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, ÇANAKKALE

Öz: Metabolik sendrom (MetS); insülin direnci, abdominal obezite, hiperlipidemi ve hipertansiyon ile karakterize bir durumdur. Metabolik sendromlu bireyler; diyabet açısından 2 kat ve kardiyovasküler hastalık açısından 5 kat artmış risk ile ilişkilendirilmiştir. Modern toplumların en büyük problemlerinden biri olan sedanter yaşam tarzı, birçok hastalık için risk faktörüdür. Fiziksel aktivite ve egzersiz yapmamak için farklı sebepler bulunsa da, en büyük engel genellikle zaman eksikliğidir. Daha kısa egzersiz ve dinlenme süreleriyle uygulanan antrenman programları, yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Yüksek Şiddetli İnterval Antrenman (High Intensity Interval Training-HIIT), aralarına düşük yoğunluklu toparlanma periyotları serpiştirilmiş kısa aralıklı şiddetli egzersiz patlamaları ile karakterizedir. Bireysel ihtiyaçlara göre uyarlanan HIIT, çoğu egzersiz ortamında kullanılabilen egzersiz reçetelerini kapsar. Bu uyum yeteneği, HIIT'i kronik hastalığı olan kişilerin egzersiz programlamasında önemli bir araç haline getirmiştir. HIIT antrenmanları da MetS'li bireylerde sağlığı geliştirmiş, komplikasyonları azaltmıştır. MetS'li kişilerde HIIT her konuda Orta Şiddette Sürekli Devam Eden Antrenman (Moderate Intensity Continuous Training-MICT)'dan üstün bulunmamış ancak sağlığa benzer faydalar sağladığı belirlenmiştir. HIIT zaman tasarrufu açısından MICT'e göre avantajlıdır. Modern toplumlarda en önemli eksikliğin zaman olduğu düşünülürse HIIT bu yönüyle ön plana çıkar. HIIT'in kontraendike olduğu (kontrol altına alınmayan kardiyovasküler hastalık vb.) veya yapılamadığı dönemlerde MICT tercih edilebilir ve sağlığı iyileştirici benzer etkiler gösterir. HIIT antrenmanları klinik popülasyonda dikkatle reçetelendirilmeli ve kesinlikle bireye özgü olmalıdır. Bu konudaki hassasiyet çok önemlidir. İlerleyen çalışmalarda klinik popülasyonlara yönelik kılavuzlar oluşturulmalı ve HIIT'in uzun süreli etkileri geniş kitlelerde araştırılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Yüksek Yoğunluklu İnterval Antrenman, HIIT, MICT, Metabolik Sendrom, X Sendrom

THE EFFECT OF HIGH-INTENSITY INTERVAL TRAINING ON METABOLIC SYNDROME

Abstract: Metabolic syndrome is a condition characterized by insulin resistance, abdominal obesity, hyperlipidemia, and hypertension. Individuals with metabolic syndrome; have been associated with a 2-fold increased risk of diabetes and a 5-fold increased risk of cardiovascular disease. A sedentary lifestyle, one of the biggest problems of modern societies, is a risk factor for many diseases. While there are different reasons for physical activity and not exercising, the biggest obstacle is often a lack of time. Training programs with shorter exercise and rest periods have become popular. High-Intensity Interval Training (HIIT) is characterized by short, intermittent bursts of vigorous exercise interspersed with periods of low-intensity recovery. Tailored to individual needs, HIIT encompasses exercise prescriptions that can be used in most exercise settings. This adaptability has made HIIT an important tool in the exercise programming of people with chronic diseases. HIIT training has also improved health and reduced complications in individuals with MetS. In people with MetS, HIIT has not been found superior to moderate-intensity sustained exercise (MICT) in all parameters, but showed similar beneficial effects on health. HIIT has advantages over MICT in terms of saving time. Considering that the most important deficiency in modern societies is time, HIIT is advantageous in this regard. In periods when HIIT is contraindicated (uncontrolled cardiovascular disease, etc.) or not applied, MICT may be preferred as it shows similar health-promoting effects. HIIT training ought to be prescribed carefully to the clinical population and the prescription should be strictly individualized. Sensitivity in this matter is very important. In future studies, guidelines for clinical populations should be established and the long-term effects of HIIT should be investigated in large populations.

Key Words: High-Intensity Interval Training, HIIT, MICT, Metabolic Syndrome; Syndrome X

*Sorumlu Yazar: Büke Çelenk Durgut, Diyetisyen, E-mail: dyt.bukecelenk@gmail.com

GİRİŞ

Bulaşıcı hastalıkların başarılı bir şekilde kontrol altına alınmasıyla, yeni bulaşıcı olmayan hastalıklar, modern dünyanın en büyük sağlık sorunu haline gelmiştir. Bulaşıcı olmayan hastalıklar arasında yer alan metabolik sendrom ise, tüm dünyada büyük bir sorun olmaya devam etmektedir. Metabolik sendrom (MetS); polimetabolik sendrom, insülin direnci sendromu, X sendromu, uygarlık sendromu ve ölümcül dörtlü gibi çeşitli adlara sahiptir (Balkan, 2013). İnsülin direnci, abdominal obezite, hiperlipidemi ve hipertansiyon ile karakterize bir sendromdur (Saklayan, 2018).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) (1999) değerlendirmesine göre metabolik sendrom;

İnsülin direnci (hiperinsülinemik, öglisemik koşullar) veya bozulmuş glukoz toleransı ya da diyabet tanısı kriterlerinden en az biri ve aşağıdakilerden herhangi ikisi veya daha fazlasının birlikte bulunması olarak tanımlanmıştır:

- I. Artmış kan basıncı $\geq 140/90$ mmHg,
- II. Artmış plazma trigliserit düzeyleri ≥ 150 mg/dl (1,7 mmol/L) ve/veya düşük HDL kolesterol erkeklerde <35 mg/dl (0.9 mmol/L), kadınlarda <39 mg/dl (1.0 mmol/L),
- III. Abdominal obezite: Bel/kaça oranı erkeklerde $> 0,9$ ve kadınlarda $> 0,85$ ve/veya Vücut Kütle İndeksi (VKİ) > 30 kg/m²,
- IV. Mikroalbuminüri (idrarda albümin atım hızı) ≥ 20 µg/dakika veya albümin/kreatinin oranı: ≥ 30 mg/g.

Metabolik sendrom ile ilgili tanımlanan farklı bileşenler (örn. hiperürisemi, pıhtılaşma bozuklukları, yüksek PAI-1, vb.) olmasına karşın, durumun tanımlanması için gerekli kriter olarak görülmemiştir.

Ulusal Kolesterol Eğitim Programı (NCEP) ATP-3 (2005) kriterlerine göre:

Aşağıdaki kriterlerden üç veya daha fazlasının varlığını metabolik sendrom olarak tanımlamıştır:

- I. Abdominal obezite: Bel çevresi > 102 cm (erkek) veya >88 cm (kadın),
- II. Hipertrigliseridemi: Kan trigliseritleri (TG) ≥ 150 mg/dl (1,7 mmol/L) veya yüksek TG için ilaç kullanıyor olmak,
- III. Düşük HDL kolesterol (HDL-K) erkeklerde <40 mg/dl (1.0 mmol/L), kadınlarda <50 mg/dl (1.3 mmol/L) veya düşük HDL-K için ilaç kullanıyor olmak,
- IV. Hipertansiyon: Kan basıncı $\geq 130/ \geq 85$ mmHg veya hipertansiyon için ilaç kullanıyor olmak,
- V. Açlık kan şekeri 110 mg/dl $\geq (6,1$ mmol/L)'den yüksek veya yüksek kan şekeri için ilaç kullanıyor olmak.

Uluslararası Diyabet Federasyonu (IDF) (2006) kriterlerine göre:

Erkeklerde bel çevresi >94 cm veya kadınlarda >80 cm olması ve aşağıdakilerden ikisinin veya daha fazlasının bulunması olarak değerlendirmiştir:

- I. Açlık kan glukozu ≥ 100 mg/dl (5,6 mmol/L) veya diyabet tanısı almış olmak,
- II. HDL kolesterol erkeklerde < 40 mg/dl (1.0 mmol/L), kadınlarda 50 mg/dl $< (1.3$ mmol/L) veya düşük HDL-K için ilaç kullanıyor olmak,
- III. Kan trigliseritleri ≥ 150 mg/dl (1,7 mmol/L) veya yüksek TG için ilaç kullanıyor olmak,
- IV. Kan basıncı: Sistolik kan basıncı ≥ 130 mmHg veya Diyastolik kan basıncı ≥ 85 mmHg veya hipertansiyon için ilaç kullanıyor olmak.

Metabolik sendromun (MetS), diabetes mellitus (DM) ve kardiyovasküler hastalık (KVH) gelişiminin habercisi olduğu bildirilmiştir. MetS'li bireyler; DM açısından 2 kat, KVH açısından 5 kat artmış risk ile ilişkilendirilmiştir. MetS, tüm nedenlere bağlı mortalite için bir risk faktörüdür ve her ikisi de değiştirilebilir olan obezite ve sedanter yaşam tarzı ile ilişkilendirilmiştir (Alshehri, 2010). Epidemiyolojik çalışmalarda, MetS prevalansı popülasyonun %20'si ile %45'i arasında değişmektedir. MetS'nin ortalama prevalansı %31'dir. MetS insidansının 2035'te yaklaşık %53'e yükselmesi öngörülmektedir. MetS; koroner kalp hastalığı, serebrovasküler hastalık riskinde iki kat artış ve tüm nedenlere bağlı ölüm riskinde 1,5 kat artış ile ilişkilidir (Engin, 2017). Ortadoğu'da MetS prevalansı, Türkiye'de %2,2-44, Suudi Arabistan'da %16-41, Pakistan'da %14-63, Katar'da %26-33, Kuveyt'te %9-36, Birleşik Arap Emirlikleri'nde (BAE) %22-50, İran'da %6-42 ve Yemen'de %23 olarak saptanmıştır. Birleştirilmiş ortalama tahmini değer %25'dir. Ortadoğu'da MetS prevalansı yüksektir ve KVH, koroner kalp hastalığı ve inme gibi komplikasyonlarını azaltmak için ciddi önlemler alınması gerekmektedir. Ek olarak, MetS prevalansı kentsel alanlarda kırsal alanlara göre daha yüksek bulunmuştur (Ansarimoghaddam ve ark., 2018).

Modern toplumların en büyük problemlerinden biri olan sedanter yaşam tarzı, birçok hastalık için risk faktörüdür. Fiziksel aktivite ve egzersiz yapmamak için farklı sebepler bulunsa da, en büyük engel genellikle zaman eksikliğidir. Sık görülen metabolik rahatsızlıkların yönetiminde ve tedavisinde görev alan egzersiz, sağlıklı bir yaşamın temel taşlarından biridir. Daha kısa egzersiz ve dinlenme periyotlarıyla uygulanan antrenman programları, aerobik fitness gelişimi için gelecek vaat eden bir egzersiz stratejisi olmuştur. Fiziksel, metabolik ve kardiyovasküler faydalar sağlayarak sağlığın geliştirilmesinde etkili rol oynar (Bilge, Yildirim ve Ersoz, 2021).

Yüksek şiddetli interval antrenman (HIIT), 1950'lerin başında, Olimpiyat şampiyonu bir uzun mesafe koşucusu olan Emil Zátopek'in HIIT antrenman yaklaşımını kullandıktan sonra 1952 Helsinki Olimpiyat 10.000 metre yarışını kazandığında, sporcuları antrene etmek için popüler hale gelmiştir. Bireysel ihtiyaçlara göre uyarlanan HIIT, çoğu egzersiz ortamında kullanılabilen egzersiz reçetelerini kapsar. Bu uyum yeteneği, HIIT'i kronik hastalığı olan kişilerin egzersiz programlamasında önemli bir araç haline getirmiştir (Ross, Porter ve Durstine, 2016). HIIT, aralarına düşük şiddetli toparlanma periyotları serpiştirilmiş kısa, aralıklı şiddetli egzersiz patlamaları ile karakterizedir (Grace ve ark., 2018).

Egzersiz, genellikle bozulmuş glisemik kontrolü olanlarda insülin duyarlılığını iyileştirmek için bir ön tedavi olarak kabul edilir. Egzersizin terapötik müdahale olarak kullanılması, orta şiddette sürekli devam eden antrenman (MICT)'lara olan köklü anlayışa dayanmaktadır. Ancak, nüfus çapında egzersiz katılımını iyileştirme ihtiyacı ve potansiyel olarak egzersizin terapötik yararını geliştirme ihtiyacı, MICT'nin aynı veya daha fazla faydasını çok daha kısa sürede daha kısa egzersiz seansları boyunca yüksek şiddette egzersiz yaparak sağlamayı amaçlayan HIIT'nin, fizyolojik ve metabolik etkilerinin daha fazla araştırılmasına neden olmuştur. İnsülin direnci olan popülasyonlarda, örneğin prediyabetli veya Tip 2 diyabetlilerde, HIIT'in MICT'ye kıyasla VO₂maks'ta daha büyük bir artışa neden olabileceği belirtilmiştir. Diğer yandan, hemoglobin A1c (HbA1C), düşük yoğunluklu lipoprotein kolesterol (LDL) ve oral glukoz toleransı gibi metabolik sağlığın biyobelirteçlerinde antrenmana bağlı iyileştirmelerin, prediyabetli yetişkinlerde egzersiz şiddetinden büyük ölçüde bağımsız olduğu gösterilmiştir (Beals ve Kayser, 2021).

Viana ve ark. (2019) yaptıkları bir meta-analiz çalışmasında interval antrenmanın ve MICT'nin, vücut yağ yüzdesini (%) azalttığını bulmuşlardır. İnterval antrenman, MICT'ye

göre toplam mutlak yağ kütlesinde (kg) %28,5 daha fazla azalma sağlamıştır (Viana vd., 2019).

Kardiyometabolik Parametreler ve HIIT

MICT; prediyabet, diyabet ve dislipidemi ile yaşayan hastalar dâhil olmak üzere metabolik kontrolü iyileştirmekte ve aterosklerotik kardiyovasküler hastalık (ASCVD) riskini azaltmaktadır. MICT'ye kıyasla HIIT için daha az sağlam kanıt temeli nedeniyle kılavuzlar, prediyabet, diyabet ve dislipidemi ile yaşayan hastalarda risk faktörü yönetimi için MICT'yi önermeye devam etmektedirler. Bu nedenle, MetS'li bireylerde MICT ve HIIT'nin metabolik adaptasyonlarını karşılaştıran çalışmalara ihtiyaç vardır (Von Korn vd., 2021).

MetS, koroner arter hastalığı için başlıca risk faktörlerinden biridir. Hastaların 12 yıl süreyle gözlemlendiği Kuopio İskemik Kalp Hastalığı Risk Faktörü Çalışması'nda, MetS'li erkeklerde koroner arter hastalığı prevalansı, MetS'li olmayanlara göre yaklaşık 4 kat daha fazla bulunmuştur (Lakka vd., 2002; Üçler, 2014).

Tuttor ve arkadaşları; antrenmansız, aşırı kilolu/obez, orta yaşlı erkeklerde ağırlıklı olarak kardiyometabolik ve kardiyak parametreler üzerinde HIIT ile HIT-Direnç Antrenmanın (HIT-RT) etkisini karşılaştırmışlardır. 30-50 yaşları arasında tam zamanlı olarak çalışan, antrenmansız erkekler, HIIT, HIT-RT veya kontrol gruplarına rastgele atanmıştır. 16 hafta boyunca program uygulanmıştır. HIIT ağırlıklı olarak 90s-12dk interval antrenmandan oluşmuştur (2-4 antrenman/hafta). HIT-RT (2-3 antrenman/hafta) kas kuvvetine karşı tek set direnç antrenmanı olarak uygulanmıştır. Her iki müdahalede ($p < 0.001$) MetS z-skorunu önemli ölçüde iyileştirmiş, fakat HIIT'nin etkisi daha üstün bulunmuştur ($p = 0.049$). Benzer şekilde, HIT-RT ve HIIT, ventriküler atım hacmi indeksini (SVI) ve miyokardiyal kütle indeksini (MMI) önemli ölçüde etkilemiştir ve HIIT'nin etkisi çok daha belirgin şekilde gözlemlenmiştir ($p < 0,001$). HIIT dayanıklılık egzersizi, kardiyometabolik riski ve özellikle kardiyak performansı olumlu yönde etkilemesi açısından daha etkili bulunsada, her iki egzersiz yöntemi de zaman kısıtlılığı olan bu aşırı kilolu/obez, orta yaşlı erkek grupta kardiyometabolik risk faktörlerini olumlu yönde etkilemiştir (Tuttor ve ark., 2020).

Fisher ve arkadaşları; sedanter, aşırı kilolu/obez genç erkeklerden oluşan bir kohort çalışmada vücut kompozisyonunu, insülin duyarlılığını, kan basıncını, kan lipidlerini ve kardiyovasküler fitness düzeyini iyileştirmek için 6 haftalık HIIT ve MICT'nin etkilerini karşılaştırmıştır. 28 sedanter, aşırı kilolu/obez erkek (yaş, 20 ± 1.5 yıl, VKİ $29,5 \pm 3,3$ kg/m^2) 6 haftalık bir egzersiz müdahalesine dahil olmuştur. Katılımcılar rastgele olarak HIIT veya MICT gruplarına atanmıştır. Her iki egzersiz grubu da kardiyometabolik risk faktörlerinin çoğunda benzer gelişmelere yol açarken, MICT genel kardiyovasküler fitnessda daha büyük bir iyileşmeye yol açmıştır. HIIT'ye kıyasla MICT'de VO₂zirve'de daha büyük bir gelişme bulunmuştur (%11,1'e karşı %2,83, $P = 0,0185$) (Fisher ve ark., 2015).

Dun ve arkadaşları, miyokard enfarktüsü (MI) kardiyak rehabilitasyon (CR) hastalarında HIIT'nin MetS ve vücut kompozisyonu üzerindeki etkisini araştırmışlardır. 36 kardiyak rehabilitasyon seansını ve çift enerjili X-ışını absorpsiyometrisini tamamlayan 56 hasta çalışmaya katılmıştır. Bu hastalardan 42'si HIIT ve 14'ü MICT uygulamıştır. HIIT, 4-8 adet yüksek şiddetli (Borg skalasına göre Algılanan Zorluk Derecesi (AZD) 15-17'de 30-60s) ve düşük şiddetli (AZD <14'te 1-5 dakika) aralıkları içerirken MICT ise, AZD 12-14'te 20-45 dakikalık sürekli devam eden antrenmanı içermektedir. HIIT grubu, vücut yağ kütlesinde daha fazla azalma (-2.1 ± 2.1 'e karşı 0 ± 2.2 kg, $P = .002$), yağsız vücut kütlesinde ise artış (0.9 ± 1.9 'a karşı -0.9 ± 3.2 kg, $P = .01$) göstermiştir. MICT ile karşılaştırıldığında, HIIT MetS

(rölatif risk = 0.5, 95% CI 0.33–0.75, $P < .001$), MetS z-skoru (-3.6 ± 2.9 karşı -0.8 ± 3.8 , $P < .001$) ve geliştirilmiş MetS bileşenlerinde daha fazla azalma göstermiştir. MICT ile karşılaştırıldığında, denetimli HIIT'nin, kardiyak rehabilitasyon uygulanan MetS'li MI hastalarında MetS'de ve vücut kompozisyonunda daha etkili olduğu bulunmuştur (Dun ve ark., 2019).

Campbell ve ark. (2019), yaptıkları sistematik derleme sonucunda şu bilgilere ulaşmıştır: Orta düzeyde kanıtlar, HIIT'nin, ortalama yaşları ~20 ile ~77 arasında değişen yetişkinlerde insülin duyarlılığını, kan basıncını ve vücut kompozisyonunu iyileştirebileceğini göstermiştir. Orta düzeyde kanıtlar, aşırı kilolu/obezite sınıflandırmasına sahip yetişkinlerin, insülin duyarlılığı, kan basıncı ve vücut kompozisyonunda HIIT ile ilgili gelişmelere normal kilolu yetişkinlerden daha duyarlı olduğunu bulmuştur (Campbell ve ark., 2019).

Weston ve ark. (2014), yaptıkları meta-analiz çalışmasında HIIT ve MICT arasındaki müdahale öncesi ile müdahale sonrası kardiyorespiratuar fitness (CRF) (VO_2 zirve) arasındaki ortalama farkı karşılaştırmışlardır. 273 hasta ile 10 çalışma meta analize dahil edilmiştir. Katılımcıların metabolik sendromu, koroner arter hastalığı, hipertansiyonu, kalp yetmezliği ve obezitesi mevcuttur. MICT'ye kıyasla HIIT'den sonra VO_2 zirve'de %9.1'e eşdeğer önemli ölçüde daha yüksek bir artış yaşanmıştır (MD 3.03 mL/kg/dakika, 95% CI 2.00 - 4.07). Sonuçlar HIIT'nin, yaşam tarzına bağlı kronik hastalıkları olan hastalarda kardiyorespiratuar fitnessı (CRF) MICT'ye kıyasla önemli ölçüde (neredeyse iki katı kadar) arttırdığını göstermiştir (Weston, Wisløff ve Coombes, 2014). Moholdt ve arkadaşları, kalp hastalarında farklı egzersiz şiddetlerindeki HIIT protokollerinin uygulandığı 4 randomize kontrollü çalışmanın verilerini derlemişler ve sonuçta interval egzersiz şiddeti ne kadar yüksekse, aerobik kapasitedeki iyileşmenin o kadar iyi olduğunu tespit etmişlerdir (Moholdt, Madssen, Rognum ve Aamot, 2014; Ross ve ark., 2016).

Su ve ark. (2019), aşırı kilolu ve obezitesi olan erişkinlerde HIIT ve MICT'nin kardiyovasküler hastalık (KVH) risk faktörleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Yaptıkları meta-analiz çalışmasında 6 veri tabanını taramışlar ve 22 makaleyi analize dahil etmişlerdir. HIIT ve MICT; vücut ağırlığı, BKİ, yağ yüzdesi, toplam kolesterol (TK) düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı azalma ve VO_2 maks'ta da gelişme görülmüştür. HIIT, vücut kompozisyonu, VO_2 maks ve TK'yi iyileştirmek için MICT'ye benzer faydalar sağlıyor gibi gözükmektedir. HIIT, bir seansta MICT'den 9,7 dakika daha az zaman harcamasına neden olmuştur. HIIT antrenman aralığı ≥ 2 dakika veya HIIT enerji harcaması MICT ile aynı olduğunda, kardiyopulmoner uygunluğu iyileştirmede HIIT, MICT'den üstün bulunmuştur (Su ve ark., 2019).

Reljic ve ark. (2021), MetS'li obez hastalarda 12 haftalık bir çalışma yürütmüşlerdir. Katılımcılar HIIT ya da orta şiddetli interval antrenman (Moderate Intensity Interval Training-MIIT) yapmışlardır. Toplamda 117 hasta (49.8 ± 13.6 yıl, BKİ: $38,2 \pm 6,2$ kg/m²) HIIT (n = 40), MIIT (n = 37) veya inaktif bir kontrol grubuna (n = 40) randomize edilmiştir. VO_2 maks (HIIT:+ 3,1 mL/kg/dk, $p < 0,001$; MIIT:+ 1,2 mL/kg/dk, $p < 0,05$) ve MetS z-skoru (HIIT:- 1,8 birim, $p < 0,001$; MIIT:- 1.2 birim, $p < 0.01$) sadece egzersiz gruplarında egzersiz şiddetine bağlı bir şekilde iyileşmiştir. Sonuç olarak, aşırı düşük hacimli interval antrenman (<30dakika/hafta), orta şiddette yapıldığında bile, obez MetS'li hastalarda kardiyometabolik sağlığı iyileştirmek için yeterince etkili bulunmuştur (Reljic, Frenk, Herrmann, Neurath ve Zopf, 2021).

Hipertansiyon ve HIIT

MetS'nin önemli bileşenlerinden biri de hipertansiyondur (Üçler, 2014). Kardiyovasküler riski yüksek hipertansif bireyler (yani metabolik sendromlu bireyler) tedavi edilirken farmakolojik ve farmakolojik olmayan tedaviler aynı anda reçete edilmektedir. Antihipertansif ilaçlar (AHİ) ile yaşam tarzı müdahaleleri (yani egzersiz) arasındaki etkileşimlerin daha iyi bir ambulatuvar kan basıncı (AKB) kontrolü ile sonuçlanıp sonuçlanmadığı kesin olarak bilinmemektedir.

Ramirez-Jimenez ve ark. (2021), bu hipotezi test etmek için bir çalışma yapmışlardır. Renin-angiotensin-aldosteron sistemini (RAAS) hedefleyen AHİ ile uzun süreli tedavi gören MetS'li 36 hipertansif birey çalışmaya alınmıştır. Dört aylık HIIT'ten önce ve sonra, katılımcılar çift kör, randomize bir sırayla iki denemeyi tamamlamışlardır: (a) 3 gün boyunca AHİ'nin kesilmesinden oluşan plasebo denemesi ve (b) bireylerin alışılmış AHİ dozlarını korudukları AHİ denemesi. Her denemede, 24 saatlik ortalama arter basıncı (OAB) izlenmiştir ve birincil çalışma sonucu olarak kabul edilmiştir. İkincil sonuçlar, böbrek fonksiyonunu değerlendirmek için idrar albümin-kreatinin oranı (İAKO) analizi ile birlikte RAAS üzerindeki geri alma etkilerini doğrulamak için plazma renin aktivitesini (PRA) ve aldosteron konsantrasyonunu içermektedir. Sonuçlar, AHİ ve HIIT'in 24 saatlik OAB'yi (sırasıyla -5.7 mmHg, $p < 0.001$ ve -2.3 mmHg, $p = 0.007$) azaltan ana etkilerini göstermiştir. HIIT, RAAS hormonlarını veya İAKO'yu önemli ölçüde iyileştirmemiştir. Sonuç olarak, AHİ ve HIIT'in ambulatuvar kan basıncını (AKB) düşürmede bağımsız etkileri saptanmıştır. Sonuçlar, hipertansif MetS'li bireylerde AKB'yi azaltmak amacıyla alışılmış AHİ'nin egzersiz ile kombinasyonunu desteklemektedir (Ramirez-Jimenez, 2021). Ramirez-Jimenez ve ark. (2017), MetS hastalarında HIIT'in kan basıncı üzerindeki kısa vadeli (yani 14 saatlik) etkilerini incelemişlerdir. On dokuz MetS hastası (55.2 ± 7.3 yıl) çalışmaya katılmıştır. MetS sınır değerlerine göre 8'i normotansif ve 11'i hipertansif bireylerdir (SKB için ≥ 130 mmHg ve/veya DKB için ≥ 85 mmHg). HIIT olarak bir bisiklet egzersizi veya izokalorik MICT veya egzersiz yapmayan kontrol (REST) gruplarına ayrılmışlardır. Egzersizden sonra, AKB (14 saat) izlenirken, katılımcılar bir bileklik aktivite monitörü takarak alışılmış günlük aktivitelerine devam etmişlerdir. Normotansif bireylerde AKB için hiçbir fark bulunmazken, hipertansif bireylerde sistolik AKB, MICT ve REST'e kıyasla HIIT'den sonra $6,1 \pm 2,2$ mmHg azalmıştır (sırasıyla 130.8 ± 3.9 'a karşılık 137.4 ± 5.1 ve 136.4 ± 3.8 mmHg; $p < 0.05$). Hareket analizi sonucunda, 14 saat boyunca gruplar arasında hiçbir fark saptanmamıştır. Bu bulgular, bir egzersiz seansının kan basıncını azaltıcı etkisinin, egzersizin şiddetinden etkilendiğini göstermiştir. HIIT egzersizi MetS'de hipertansiyon tedavisinde farmakolojik olmayan bir yardımcı olarak kullanıldığında, eşdeğer bir sürekli egzersizden daha etkili bulunmuştur (Ramirez-Jimenez, Morales-Palomo, Pallares, Mora-Rodriguez ve Ortega, 2017).

Morales-Palomo ve ark. (2017), HIIT uygulanan bir bisiklet egzersizinden sonra post-egzersiz hipotansiyonun (PEH) büyüklüğünü MICT ile karşılaştırmışlar. Sırt üstü istirahatten sonra 14 obez (31 ± 1 kg/m²) orta yaşlı (57 ± 2 yıl) MetS'li hasta (%50 hipertansif) rastgele sırayla bir HIIT veya bir MICT seansı geçirmişler ve daha sonra bir 45 dakika daha sırtüstü toparlanmaya bırakılmışlardır. Egzersiz testleri izokaloriktir ve toplam 160 dakika sırtüstü dinlenen egzersiz yapmayan grup (CONT) ile karşılaştırılmışlardır. Sonuçlar, HIIT'in MetS'li bireylerde kan basıncını keskin bir şekilde azaltmak için MICT'e göre daha etkili bir egzersiz yöntemi olduğunu göstermiştir (Morales-Palomo, Ramirez-Jimenez, Ortega, Pallares ve Mora-Rodriguez, 2017).

Diyet ve HIIT

Gyorkos ve ark. (2019), MetS'li bireylerde, kısa süreli Paleolitik temelli diyet ve yaşam tarzı müdahalesinin inflamatuvar ve kardiyometabolik profiller üzerindeki etkilerini araştırmışlar. MetS'li 12 gönüllü, sedanter aktiviteye sahip karbonhidrat kısıtlı Paleolitik temelli bir diyet grubu (KKPD-Sed) ve yüksek şiddetli interval antrenman yapan karbonhidrat kısıtlı Paleolitik temelli diyet grubu (KKPD-Egz) olmak üzere 2 gruba ayrılmış, dört haftalık müdahaleler içeren çapraz tasarımla izlenmiştir. Her iki aşama dört hafta sürmüştür ve iki aşamanın arasında deneklerin temel davranışlara geri döndüğü dört haftalık bir ara verilmiştir. Çalışma, toplamda 12 hafta sürmüştür. HIIT bisiklet egzersizi, dört hafta boyunca haftada 3 gün, aralara 60 saniyelik aktif toparlanma periyotları serpiştirilmiş 10 x 60 saniye (s) yüklenmelerden oluşmuştur. Egzersiz içeren bir diyetle kıyasla sedanter aktiviteye sahip bir diyetin vücut kompozisyonu ve ayrıca kardiyovasküler, inflamatuvar ve metabolik profiller üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Başlangıç değerleriyle karşılaştırıldığında, KKPD-Sed ve KKPD-Egz, sırasıyla, abdominal yağlanmada (-15%, -%18), vücut kütleinde (-%3, -%5), vücut yağ yüzdesinde (%BF; -%7, -%12), açlık plazma glukozunda (GLU; -%20, -%27), trigliseritlerde (TG; -%47, -%52), açlık insülininde (-%34, -%39), insülin direncinde (-%35, -46%) azalma gösterirken, artan HDL-K (+%22, +%36) ve VO₂max'taki gelişmeler, (+%22 ve +%29) kardiyometabolik göstergeleri iyileştirmiştir. KKPD-Sed ve KKPD-Ex ayrıca başlangıç değerleriyle karşılaştırıldığında sırasıyla, hsCRP (-%32 ve -%36), TNF- α (-%35 ve -%41), IL-6 (-%29 ve -%40) ve ICAM-1 (-19%, -23%) dahil olmak üzere inflamatuvar göstergeleri de azaltmıştır. Diyet ve egzersiz de dahil olmak üzere evrimsel geçmişimizden gelen davranışları özümsemek, MetS'li bireylerde olumlu kardiyometabolik ve inflamatuvar profiller oluşmasını sağlamıştır (Gyorkos, 2019).

So ve Matsuo (2020), kalori kısıtlama (KK) müdahalesi ile zaman açısından verimli HIIT'nin MetS üzerindeki etkisini ve müdahale sırasının MetS risk faktörlerindeki değişiklikler üzerindeki etkisini araştırmışlardır. MetS'li 32 katılımcıya, 8 hafta HIIT ve 3 hafta KK içeren 11 haftalık bir müdahale programı uygulanmıştır. Katılımcılar rastgele ya HIIT-sonra-KK ya da KK-sonra-HIIT gruplarına atanmıştır. KK-sonra-HIIT grubu, ilk müdahale döneminden sonra haftada bir kez 8 haftalık bir antrenman daha gerçekleştirmiştir. 11 haftalık müdahale döneminde vücut kompozisyonu, MetS risk faktörleri ve VO₂zirve her iki grupta da anlamlı şekilde iyileşmiştir. HIIT ve KK ile zaman açısından verimli müdahale programının MetS üzerinde olumlu bir etkisi olmuştur; ancak müdahale sırası risk faktörlerindeki değişiklikler üzerinde hiçbir fark yaratmamıştır (So ve Matsuo, 2020).

Tablo 1. Metabolik Sendromlu Bireylerde Yapılan HIIT Antrenmalarının Etkisini İnceleyen Çalışmalar

Yazar (yıl)	Ülke	Cinsiyet / Yaş aralığı veya ortalaması	Katılımcılar	Tam Kriteri	Egzersiz	Sonuçlar	Çıkarımlar
Guio de Prada ve ark., (2019)	İspanya	K (53±7 yıl) ve E(55±8 yıl)	119 MetS'li (63 K, 56 E)	Europid popülasyon cut-off değerlerini kullanılarak üç veya daha fazla MetS kriterini karşılayan 119 kişi analiz edilmiştir. (Alberti vd., 2009)	16 hafta HIIT (3gün/hafta). Antrenman, zirve kalp atım hızının (KAHzirve %70'inde 10 dakikalık ısınma periyodunun, ardından %90 KAHzirve 4x4 dakika yüklenmeler ve aralara serpiştirilmiş KAHzirve %70'inde 3 dakikalık aktif toparlanma ve 5 dakikalık soğuma periyotlarından oluşmuştur. Toplam 43 dk. boyunca gözetimli sabit bisiklet HIIT'i uygulanmıştır.	Müdahaleden sonra VO2maks (P<0.001), VT'de VO2 (P<0.001), OUES (P<0.001) ve VE/VCO2 eğimi (P<0.001) cinsiyete göre farklılık olmaksızın artmıştır (P>0.05). Antrenmandan sonra MetS Z-skoru (P<0.001) erkekler ve kadınlar arasında fark olmaksızın iyileşmiştir (P>0.05). MetS bileşenlerinden sadece kan basıncı (P<0,001) ve bel çevresi (P<0,001) zaman içinde cinsiyete göre farklılık göstermeden iyileşmiştir.	MetS'li kadın ve erkeklerde benzer şekilde MetS'yi, kardiyorespiratuar ve metabolik fitnessı iyileştirmiştir. Bu, MetS katılımcılarının sağlığında şiddetli bir egzersiz programından elde edilen faydalar üzerinde cinsiyet nedeniyle herhangi bir kısıtlama olmadığını göstermektedir.
Da Silva ve ark., (2020)	Portekiz	67.0 ± 6.7 yıl (K+E)	39 MetS'li kişi	MetS, IDF kriterlerine göre tanımlanmıştır.	12 haftalık bir egzersiz müdahalesine (3gün/hafta, 50 dakika/antrenman) gönüllü olup, rastgele üç gruptan birine atanmışlardır: (a) RT+ MICT (2 erkek; 11 kadın); (b) RT+ HIIT (4 erkek; 9 kadın); ve (c) kontrol grubu (CON) – egzersiz yapmayan (4 erkek; 9 kadın). Şiddet, RT+MICT'de maksimum kalp atım hızının (KAHmaks) %60 ila %70'i arasında belirlenmiştir ve RT+HIIT grubunda KAHmaks %55-65 ila %80-90'ı arasında değişmiştir. RT, seans başına yaklaşık 20 dakika sürmüş ve 1-2 dakikalık bir dinlenme aralığı ile 8-15 tekrardan oluşan iki set içermektedir.	Her iki egzersiz grubu da bel çevresini iyileştirmiştir (RT+MICT: P = 0,019; RT+HIIT: P = 0,003), ancak vücut ağırlığını, yağ kütesini veya yağsız kütleyle (P ≥ 0,114) geliştirmemiştir. RT+HIIT grubu, açlık glikozunu (P = 0.014), düşük yoğunluklu lipoproteini [LDL (P = 0.022)], insülini (P = 0.034) ve HOMA-IR'yi (P = 0.028) iyileştirmiştir. RT+MICT grubu trigliseritleri azaltmıştır (P = 0.053).	Her iki eşzamanlı antrenmanın, özellikle RT+HIIT'de önemli kardiyometabolik kazanımları desteklediğini göstermektedir. RT+HIIT, açlık kan glukozunu düzenleyebileceği ve insülin duyarlılığını artırabileceği öngörülmektedir. Bu nedenle, daha uzun egzersiz müdahaleleri ve daha büyük gruplar kullanarak sonuçları doğrulamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

Ramos ve ark., (2016)	Avustralya	MICT(n=21): 57 ± 9 yıl ; 4HIIT(n=22): 56 ± 10yıl; 1HIIT(n=23): 58 ± 7yıl (E+K)	66 MetS'li kişi	MetS tanısı, IDF kriterlerine göre belirlenmiştir.	16 hafta boyunca uygulanmıştır. (1) MICT (n = 21, 30 dk, %60-70 KAHzirve, 5kez/hafta); (2) 4HIIT (n = 22, 4 × 4 dk.lık tekrarlar KAHzirve %85–95'inde , aralarda KAHzirve %50–70'inde 3 dakikalık aktif toparlanma, 3 kez/hafta); veya (3) 1HIIT (n = 23, 1 × 4 dk, KAHzirve %85–95'inde, 3kez/ hafta). Bir alt analiz, tip 2 diyabetli (MICT, n = 6; 4HIIT, n = 9; 1HIIT, n = 12) ve tip 2 diyabeti olmayan (MICT, n = 15 4HIIT, n = 13; 1HIIT, n = 11) MetS bireylerde bu antrenman programlarının intakt proinsülin konsantrasyonu üzerindeki etkisini araştırmışlardır.	Egzersiz müdahalesini takiben, tüm katılımcılarda açlık intakt proinsülin konsantrasyon indekslerinde anlamlı (p > 0.05) değişiklik olmamıştır. Tip 2 diyabeti olmayan katılımcılarda, sadece 4HIIT; MICT ve 1HIIT'e göre, müdahale öncesi ve sonrası açlık intakt proinsülin konsantrasyon endekslerini anlamlı ölçüde azaltmıştır (p < 0.05). Tip 2 diyabetli katılımcılarda intakt proinsülin konsantrasyon indekslerinde anlamlı (p > 0.05) değişiklik olmamıştır.	Artmış intakt proinsülin konsantrasyonu, zayıf insülin kalitesinin ve dolayısıyla bozulmuş beta hücre fonksiyonunun anahtar bir belirteci olarak tanımlanmıştır. Daha yüksek hacimli HIIT (4HIIT), tip 2 diyabeti olmayan MetS katılımcılarında insülin kalitesini iyileştirmiştir.
Moreno-Cabañas ve ark., (2021)	İspanya	56±8 yıl (E+K)	87 MetS'li kişi (E=61 K=26)	MetS beş risk faktöründen en az üçünün varlığı olarak tanımlanmıştır. (Alberti vd., 2009)	İzokalorik, 16 haftalık bir egzersiz müdahalesine (3gün/hafta; 50 dakika/antrenman) gönüllü olan kişiler ve rastgele üç gruptan birine atanmışlardır. (HIIT+RT grubu; n=33) KAHmaks %90'ında 4x4dk. bisiklet binme ardından 3 adet alt ekstremitte serbest ağırlık egzersizi 3 set/12 tekrar veya (HIIT+HIIT grubu; n=33) KAHmaks %90'ında 5x4dk. bisiklet binme veya (CONT grubu; n=21) egzersiz yapmayan grup olarak 3'e ayrılmıştır.	HIIT+HIIT ortalama arter basıncını ve trigliseritleri iyileştirmede daha etkili bulunurken, HIIT+RT açlık glikozu ve bel çevresinde daha etkili olduğu bulunmuştur. İnsülin direncini değerlendirme yöntemlerindeki kısıtlamalara rağmen, ana bulgular MetS ve yüksek açlık glukozu (prediyabet) olan bireylerde, aerobik antrenman ve direnç antrenmanın bir kombinasyonunun MetS'yi tersine çevirmede ve glisemik kontrolü iyileştirmede etkili olduğunu göstermektedir.	Dayanıklılığa karşı direnç egzersizlerinin etkililiğini ele alan çoğu çalışmada, enerji harcamaları denkleştirilmez. Aerobik antrenmanın %20'sinin direnç antrenmanı ile değiştirilmesi, MetS'li bireylerde hiperglisemiyi azaltmıştır. Dolayısıyla, MetS'li bireylerde glisemik kontrolü yeniden sağlamak için egzersiz önerilerine direnç antrenmanları da dahil edilmelidir.

Ramos ve ark., (2017)	Avustralya	MICT(n = 22) 55 ± 10 yıl; 4HIIT(n = 22) 56 ± 10 yıl; 1HIIT(n = 21)57 ± 8 yıl (E+K)	65 MetS'li kişi	Belirtilmemiş.	16 hafta boyunca yapıldı. (1)MICT [n = 34, 30 dakika KAHzirve %60-%70'inde /antrenman, 150 dakika/hafta];(2) 4HIIT (n = 34, KAHzirve %85-%95'inde 4 x 4 dakikalık aralıklarla yüklenmeler ve aralarda KAHzirve %50-%70'inde 3 dakikalık aktif toparlanma periyotları, 114 dk/hafta); (3)1HIIT (n = 31, KAHzirve %85-%95'inde 1 × 4 dakika, 51 dakika/hafta) HIIT gruplarına katılanlar haftada 3 kez (HIIT antrenmanları arasında en az bir gün olmak üzere) egzersiz yaparken, MICT grubu haftada 5 kez egzersiz yapmıştır.	Bu çalışmanın ana bulgusu, düşük hacimli HIIT'nin (1HIIT), MetS z-skorunda bir azalma ile gösterilen MetS şiddetini iyileştirmede yüksek hacimli 4HIIT ve MICT kadar etkili olmasıdır. Aslında, 1HIIT grubundaki MetS z-skoru azalması, 4HIIT grubunda gözlemlenenen yaklaşık üç kat daha fazla olmuştur (1HIIT, -%66'ya karşı 4HIIT, -%22). İlginç bir şekilde, yalnızca HIIT grupları kardiyorespiratuar uygunluğu önemli ölçüde arttırmıştır ve herhangi bir egzersiz müdahalesinden sonra vücut yağ indekslerinde (toplam vücut yağı yüzdesi, android yağ yüzdesi ve jinoid yağ yüzdesi) önemli bir değişiklik olmamıştır.	MetS şiddetini iyileştirmede düşük hacimli HIIT (51 dk/hafta), yüksek hacimli HIIT (114 dk/hafta) ve MICT (150 dk/hafta) kadar etkili olmuştur. MetS'li hastalarda Kardiyovasküler hastalık (KVH) morbidite ve mortalite insidansını azalttığını göstermektedir. Bu çalışma, KV mortaliteyi azaltmada yağ kaybına göre kardiyorespiratuar uygunluğu iyileştirmenin daha önemli olabileceği iddiasını desteklemektedir.
Drigny ve ark., (2013)	Kanada	53 ± 9 yıl (E+K)	65 MetS'li kişi (MICE grubu, n = 30, yıl 2008– 2009) HIIT grubu, n = 35, yıl 2009–2010)	MetS tanısı, IDF kriterlerine göre belirlenmiştir.	9 ay boyunca haftada iki kez. Orta şiddette sürekli devam eden egzersiz (MICE), düşük şiddette 5 dk.lık bir ısınmayı, ardından ilk semptomla sınırlı egzersiz testi sırasında ölçülen zirve güç çıktısının (PPO) %60'ında 30 dk.lık bir pedal çevirmeyi ve 5 dk.lık bir soğuma periyodunu içermektedir. İki HIIT seti, 4 dakikalık bir pasif toparlanma periyodu ile ayrılmıştır. Antrenmanlar sırasında AZD =15'e ayarlanmış ve 50 watt'ta 5 dakikalık bir soğuma periyodu uygulanmıştır. Toplam bir HIIT antrenman süresi 34 dakikadır.	QT dispersiyonu (QTd), miyokardiyal elektriksel instabilitenin bir belirteçidir ve metabolik sendromda artar. MICE'nin MetS'li hastalarda QTd'yi iyileştirdiği gösterilmiştir. QTd her iki grupta da önemli ölçüde azalmıştır (MICE'da 51'e karşı 56 ms, P < 0.05; HIIT'de 34'e karşı 38 ms, P < 0.05). QTd'deki değişiklikler, yalnızca HIIT grubunda KAHmaks (r = -0.69, P < 0.0001) ve KAH'taki iyileşmeler (r = -0.49, P < 0.01) ile ilişkilendirilmiştir. MICE ile karşılaştırıldığında HIIT ağırlık, VKI ve bel çevresinde daha büyük bir azalmaya neden olmuştur. Egzersiz kapasitesi, MICE ve HIIT gruplarında sırasıyla 0.82 ve 1.25 MET ile önemli ölçüde iyileşmiştir (P < 0.0001). Lipid parametreleri de her iki grupta da aynı derecede iyileşmiştir.	MetS'de, uzun süreli HIIT ve MICE ventriküler repolarizasyon indeksleri üzerinde karşılaştırılabilir etkilere yol açmıştır ve HIIT, belirli kardiyometabolik risk faktörlerinde daha fazla iyileşme ile ilişkili olabilir.

Ramos ve ark., (2016)	Avustralya	30 yaş ve üzeri kadın ve erkek	MetS'li 50 kişi	IDF kriterlerine göre MetS tanımlanmış -tır.	16 hafta boyunca uygulandı. MICT [n=17, 30 dakika, KAHzirve %60-70'inde, 5 kez/hafta];(4HIIT) 4x4 dakikalık HIIT (n=15, KAHzirve %85-95'inde, 4x4 dakikalık seanslar, aralıklarda KAHzirve %50-70'inde 3 dakikalık aktif toparlanma, 3 kez/hafta); ve (1HIIT) 1x4 dakikalık HIIT (n=18, KAHzirve %85-95'inde, 1x4 dakikalık seans, 3 kez/hafta). Aort rezervuar basıncı radyal aplanasyon tonometrisinden hesaplanmıştır.	16 haftalık müdahalenin ardından, 50 katılımcıdan 8'ine artık MetS teşhisi konmamıştır (P<0.01) ve bu katılımcıların sekizinden yedisi HIIT gruplarındandır (4HIIT=üç kişi MetS'yi tersine çevirmiştir; 1HIIT =dört kişi MetS'ini tersine çevirmiştir). Bu çalışma aynı zamanda HIIT'in MICT ile karşılaştırıldığında MetS'ini tersine çevirme eğiliminin daha yüksek olduğunu göstermiştir. 1HIIT'in aort rezervuar basıncını 4HIIT ve MICT'den daha fazla azaltabildiği bulunmuştur.	Bu çalışmada amaç, MetS'i oluşturan risk faktörlerini azaltmada farklı hacimlerde HIIT ve geleneksel antrenmanın (MICT) etkinliğini karşılaştırmaktır. Azalan aort rezervuar fonksiyonu, kardiyovasküler olayların bağımsız bir öngörücüsü olan aort rezervuar basıncında artışa yol açmaktadır. Aort rezervuar basıncını iyileştirmek için haftada 3 kez 4 dakikalık yüksek şiddetli antrenman yeterli olmuştur (12 dakika/hafta) ve bu nedenle HIIT, MetS'li bireylerde kardiyovasküler riski azaltmak için zaman açısından verimli bir egzersiz yöntemi olabilir.
Morales-Palomo, Ramirez-Jimenez, Ortega ve Mora-Rodriguez (2019)	İspanya	57 ± 8 yıl (E+K)	kardiyo-metabolik fitness (CRF) düzeyi düşük 121 MetS hastası	Europid popülasyon sınır değerleri kullanılarak, üç veya daha fazla MetS kriterini karşılayan 121 kişi analiz edilmiştir.	121 MetS hastası aşağıdaki 16 haftalık egzersiz programlarından birine girmek üzere randomize edilmiştir. (a) KAHmaks %90'ında 4x4 dakikalık HIIT (4HIIT grubu; n = 32), (b) 50dk MICT - KAHmaks %70'inde ant. (MICT grubu; n = 35), (c) KAHmaks %100'ünde 10x1 dakikalık HIIT (1HIIT grubu; n = 32) veya (d) egzersiz yapmayan kontrol grubu olarak 4'e ayrılmışlardır.	MetS Z skoru 4HIIT'den sonra %41 (%95 güven aralığı [GA], 0.25-0.06; P < 0.01) ve MICT'den sonra %52 (%95 GA, 0.24-0.06; P < 0.01) azalırken, 1HIIT (%24 azaldı; %95 CI, -0,16 ila 0,03; P = 0,21) ve CONT (%20 arttı; %95 GA, -0,19 ila 0,04; P = 0,22) gruplarında anlamlı bir değişiklik bulunmamıştır.	Bulgular, MetS ve düşük başlangıç CRF'si olan sedanter bireylerde, haftada üç kez 16 haftalık herhangi bir aerobik antrenman programının CRF'yi yükseltmek için yeterli bir uyarıcı olduğunu göstermektedir. Diğer yandan, daha şiddetli ancak daha kısa olan 1HIIT antrenman programı MetS Z puanını iyileştirmede yeterince etkili bulunmamıştır.

Von Korn ve ark., (2021)	Çok konumlu çalışma	61±5 yıl (E+K)	29 MetS'li birey	55-70 yaş arası erkek ve kadınlar, abdominal yağlanma (Yüksek Bel Ç. ≥80 cm, ≥94 cm) ve IDF kriterlerine göre en az iki MetS kriteri varsa çalışmaya dahil edilmiştir.	16 hafta (1) MICT (5x30 dk/hafta, KAH rezervinin %35-50'sinde, (2)IHIIT (3x17dk/hafta KAH rezervinin %80-%90'ında 4 dk.lık yüklenme içeriyordu) ve (3) 4HIIT (3x38 dk/hafta KAH rezervinin %80-%90'ında 4x4dk.lık yüklenmeler içeriyordu.) IHIIT protokolü KAH rezervinin %35-%50'sinde 10dk.lık ısınma ile başlamış ardından KAH rezervinin %80-90'ında 4dk.lık yüklenme ve daha sonra KAH rezervinin %35-50'sinde 3dk.lık toparlanma periyotları ile sonlanmıştır. 4HIIT grubunda ise farklı olarak yüklenme periyodu 4x4dk. şeklinde yapılmıştır.	Bel-boy oranı (♀: Δ -0.10±0.05, ♂: Δ -0.08 ±0.06, P = 0.916), Bel Çevresi (♀: Δ -1,4±-0,1 cm, ♂: Δ 0.1 ± 0.9 cm, P = 0.590), Açlık glukozu (Δ -1.18 ± 16.7 μ U/mL, P = 0.773), Açlık insülini (Δ 0.76 ± 13.4 μ U/mL, P = 0.509), HOMA- IR (Δ 0.55 ± 4.1, P = 0.158), Aterojenik dislipidemi [trigliseritler (TAG) Δ -10.1 ±46.9mg/dL, P=0.468, (HDL-K) Δ 1.5 ±5.4, P= 0.665 , TAG/HDL-K -0.19± 1.3, P=0.502], VO2zirve (P= 0.999), veya solunum değişim oranında (RER) gruplar arasında önemli bir fark yoktur. Tüm grupta, bel-boy oranı ve VO2zirve klinik olarak anlamlı ölçüde önemli derecede iyileşmiştir (Δ 2.7 -0.9mL/dak/kg; P< 0.001) ve ısınmadaki RER önemli seviyede düşmüştür (Δ -0.03-0.06, P= 0.039). (P= 0.842).	MetS'li hastalarda, egzersiz kapasitesini veya metabolik sağlığı iyileştirmek için MICT ve hacimden bağımsız HIIT arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.
Ramos ve ark., (2017).	Çok konumlu çalışma	30 yaş ve üzeri kadın ve erkek	56 MetS'li birey	IDF kriterlerine göre MetS tanısı konulmuştur.	MetS'li bireyler (n=56) 16 haftalık egzersiz müdahalelerine göre gruplara ayrılmıştır: a) MICT(n=16, KAHzirve %60-70'inde 30 dakika, 5 kez/hafta); b) 4HIIT (n=19, 4x4 dakika KAHzirve %85-95'inde yüklenmelerden ve aralıklarda KAHzirve %50-70'inde 3 dakikalık aktif toparlanma periyotlarından oluşmuştur, 3kez/hafta); veya c) IHIIT (n=21, 1x4dakika KAHzirve % 85-95'te, 3kez/hafta).	MetS'li bireylerde farklı hacimlerde HIIT ve MICT'in kardiyak otonomik fonksiyon (KOF) üzerindeki etkisini araştırmışlar. Elde ettikleri sonuçlara göre egzersiz dozunun KOF endeksleri üzerindeki etkileri açısından gruplar arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır.	Gruplar arası anlamlı bir fark bulunmasa da, MetS'li bireylerde KOF'yi iyileştirmede en büyük etki büyüklüğüne yüksek hacimli HIIT (4HIIT) sahiptir.
Kemmler, Scharf, Lell, Petrasek ve Von Stengel (2014)	Almanya	30-50 yaş antrenmansız erkek	81sağlıklı erkek	-	Kısmi körleme ile 16 haftalık çapraz randomize kontrollü bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Katılımcılar rastgele HIIT ve kontrol/MICE gruplarına atanmıştır. Daha sonra gruplar çaprazlanmıştır. HIIT, aralıklı antrenman (90s ile 12dk, KAHmaks %85-97,5) ve aktif toparlanma (1-3 dakika, KAHmaks %65-70) aralıklarından oluşmuştur. MICE, KAHmaks %65-75'inde sürekli koşudan oluşmuştur. Her iki egzersiz grubu da aşamalı olarak 35-90 dakika/antrenman olmak üzere haftada 2-4 kez koşu antrenmanı gerçekleştirmiştir.	HIIT ile MICE antrenmanının kardiyometabolik risk faktörleri ve kardiyorespiratuar uygunluk üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Kardiyometabolik risk faktörleri ve kardiyorespiratuar uygunluk açısından her iki egzersiz grubu da sedanter kontrol grubu ile karşılaştırıldığında MetS-Z-Skoru (HIIT: -2.06 ± 1.31 , P = .001 karşı MICE: -1.60 ± 1.77 , P = .001) ve (rölatif) VO2maks (HIIT: $15,6 \pm \%9,3$, P = 0,001 karşı MICE: $\%10,6 \pm 9,6$, P = 0,001) üzerinde benzer anlamlı olumlu etkiler göstermişlerdir.	Kardiyometabolik hastalıkların önlenmesi ve rehabilitasyonu için HIIT'i dayanıklılık egzersiz protokollerinin makul bir bileşeni olarak şiddetle önermişlerdir.

Jo ve ark., (2020)	Güney Kore	50.9 ±7.9 yıl E+K	hipertansif MetS'li 34 katılımcı	IDF kriterleri- ne göre MetS tanısı konulmuş- tur.	Hipertansif MetS'li 34 katılımcı (ortalama yaş: 50.9 – 7.9 yıl), HIIT (n = 17) veya MICT (n = 17) grubuna randomize edilmiştir. HIIT grubunda 8 hafta boyunca haftada 3 kez, katılımcılar KAH rezervinin %40'ında 3 dakika boyunca performans sergilediler ve bu daha sonra, 3 dakika KAH rezervinin %80'i olarak değiştirilmiştir. MICT grubundaki katılımcılar ise 8 hafta boyunca haftada 3 kez KAH rezervinin %60'ında performans sergilemişlerdir.	Hipertansif MetS hastalarında HIIT ve MICT'nin epikardiyal yağ kalınlığı (EYK) ve endotel fonksiyonu üzerindeki etkilerini karşılaştırmışlardır. EYK ekokardiyografi ile ölçülmüştür. Endotelial fonksiyon, endotel progenitor hücreleri (EPH), nitrik oksit (NO) ve akış aracılı dilatasyon (FMD) ölçülerek belirlenmiştir. Egzersiz müdahalesinden sonra, her iki gruptaki hastalar EFT'de anlamlı azalma (P < 0.001 ve P < 0.01) ve FMD'de iyileşme (P < 0.001 ve P < 0.01) göstermişlerdir. Ek olarak, HIIT FMD (grup farkı, P < 0.05) ve EFT (grup farkı, P < 0.05) üzerinde MICT'den daha büyük bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur.	Elde edilen sonuçlara göre, MICT ile karşılaştırıldığında HIIT, FMD ve EYK'yi daha iyi iyileştiriyor gibi görünmektedir. Bu bulgu, hipertansif MetS hastalarında endotel fonksiyonunu iyileştirmede HIIT'in MICT'den daha etkili olabileceğini düşündürmektedir
Matsuo, So, Shimojo ve Tanaka (2015)	Japon- ya	30-59 yaş Erkek	metabolik risk faktörlerine sahip 26 erkek gönüllü	Pre-MetS/ MetS kriterleri- ne göre belirlen- miştir.	Metabolik risk faktörleri olan 26 erkek gönüllü, HIIT (Setler arasında 2 dakikalık aktif dinlenme ile 3 set x 3 dakikalık bisiklet, 180 kcal) veya MICT (45 dk, 360 kcal) grubuna rastgele atanmıştır. Egzersiz müdahalesinden sonra, tüm denekler 4 haftalık bir 'Düşük Kalorili Diyet' müdahalesine (4 danışmanlık seansı) katılmıştır.	HIIT veya MICT içeren 8 haftalık, 3 kez/hafta egzersiz müdahalesinin (Em) ardından 4 haftalık düşük kalorili bir diyet müdahalesinin (DKDm) metabolik risk faktörlerini nasıl etkilediğini merak etmişlerdir. Em sırasında, VO2zirve, HIIT yoluyla (%25,4 ± %14,6) MICT'den (%14,9 ± %12,8) daha fazla gelişirken (P < 0,05) vücut yağı ve HDL kolesteroldeki gelişmeler benzer bulunmuştur. DKDm sırasında, bazı risk faktörleri herhangi bir grup farkı olmaksızın daha da iyileşmiştir (P < 0.05), HIIT grubundaki VO2zirve ise MICT grubuyla aynı seviyeye gerilemiştir (P < 0.05). VO2zirve, HIIT'in MICT'den daha düşük bir egzersiz hacmine sahip olmasına rağmen, Em sırasında MICT'ye göre HIIT ile daha fazla artmış fakat HIIT'in avantajı, antrenmansızlık süreci ile ortadan kaybolmuştur.	Sonuç olarak, 8 haftalık HIIT veya MICT ve ardından 4 haftalık DKDm'den oluşan bir müdahale stratejisi, metabolik risk faktörleri üzerinde olumlu bir etki sağlamıştır

AZD= Algılanan Zorluk Derecesi; CRF= Kardiyorespiratuar Fitness; DKDm= Düşük Kalorili Diyet Müdahalesi; E=Erkek; Em= Egzersiz Müdahalesi; EPH= Endotel Progenitor Hücreleri; EYK= Epikardiyal Yağ Kalınlığı; FMD=Akış Aracılı Dilatasyon; HDL-K= HDL Kolesterol; HIIT= Yüksek Yoğunluklu İnterval Antrenman; HOMA-IR= İnsülin Direncinin Homeostatik Modeli Değerlendirmesi; IDF= Uluslararası Diyabet Federasyonu; K=Kadın; KAH= Kalp Atım Hızı; KOF=Kardiyak Otonomik Fonksiyon; VO2maks= Maksimum Aerobik Kapasite; MetS= Metabolik Sendrom; MICT/MICE= Orta Şiddette Sürekli Devam Eden Antrenman; NO= Nitrik Oksit; OUES= Oksijen Alımı Verimlilik Eğimi; PPO=Zirve Güç Çıktısı; Pre-MetS= Metabolik Risk Faktörlerine Sahip Birey; RT= Direnç Antrenmanı; RER= Solunum Değişim Oranı; TAG= Trigliserit; VE/CO2= Dakikadaki Ventilasyon/ Karbondioksit Üreimi; VT= Solunum Eşiği

Tip2DM/İnsülin direnci/İnflamatuar Sitokinler ve HIIT

Abdominal yağlanma ve insülin direnci, MetS'nin merkezinde yer almaktadır. İnsülin direnci varlığında, depolanmış yağ dokusu trigliseritlerinden esterleşmemiş serbest yağ asitlerinin mobilizasyonu hızlanır. Sonuç olarak glukoz, trigliserit ve çok düşük yoğunluklu lipoprotein üretimi artar. İnsülin Direncinin Homeostatik Modeli Değerlendirmesi (HOMA-IR) puanları MetS hastalarında MetS olmayanlara göre daha yüksek bulunmuştur (Engin, 2017). Gallo-Villegas ve ark. (2022), İnsülin direnci (IR), kas kütlesi, kas aktivasyonu ve serum muskulin üzerine MICT'ye kıyasla HIIT'nin etkinliğini değerlendirmek için MetS'li yetişkinlerde randomize, klinik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. HIIT (n = 29), VO₂zirve %90'ında bir dakikalık, yüksek şiddetli fazlar içeren 6 intervalden oluşmuştur. MICT (n = 31) 30 dakika boyunca VO₂zirve'nin %60'ında antrenman yapmıştır. 12 hafta boyunca haftada 3 kez egzersiz programı uygulanmıştır. MICT ile karşılaştırıldığında, HIIT, MetS'li erişkinlerde IR, karnozin veya muskulin azaltmada veya iskelet kası kütlesini artırmada üstün bulunmamıştır. Her iki antrenman türü de IR, kas kütlesi ve vücut kompozisyonunu iyileştirmiştir (Gallo-Villegas ve ark., 2022).

IL-22, pankreatik beta ve endotelial hücrelerin oksidatif ve lipit kaynaklı hasardan korunması aracılığıyla MetS'nin hafifletilmesinde rol oynayabileceği düşünülmektedir. Ramos ve ark. (2020), MICT ve farklı hacimlerdeki HIIT'nin sirküle edilen IL-22 değişimleri üzerindeki etkilerini araştırmayı amaçlamışlardır. MetS'li 39 kişi 16 haftalık üç müdahaleden birine randomize edilmiştir. 1) MICT (n=10, KAHzirve %60-70'inde 30, 5kez/hafta); 2) 4HIIT (n=13, 4x4dk. KAHzirve %85-95'inde yüklenmeler ve aralıklarda KAHzirve %50-70'inde 3dk. aktif toparlanma periyotlarından oluşmuştur, 3kez/hafta); veya 3) 1HIIT(n=16, 1x4dk. KAHzirve %85-95'inde, 3kez/hafta). MICT, 4HIIT ve 1HIIT gruplarında müdahale öncesinden sonrasına medyan IL-22 değişiklikleri sırasıyla -17%(-43.0% ila 31.3%), +%16,5(-18.9% ila 154.9%) ve +%15.9(-28.7% ila 46.1%) olarak saptanmıştır. IL-22 değişikliğinde gruplararası istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunmasa da, bu çalışma, farklı egzersiz şiddetlerinin MetS'li bireylerde IL-22 konsantrasyonu üzerinde zıt etkileri olabileceğini düşündürmüştür (Ramos vd., 2020). Madsen ve ark. (2015), Tip 2 diyabetli (T2D) hastalarda ve eşleştirilmiş kontrollerinde (KON) 8 haftalık HIIT egzersizinin popliteal arterin endotelial fonksiyonu ve dolaşımdaki hücre adezyon molekülleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. 8 hafta boyunca, sedanter T2D hastaları ve kontroller haftada üç kez (10x60 sn HIIT) bisiklet egzersizini tamamlamışlardır. Endotel fonksiyonunun HIIT öncesi ve sonrası ölçümleri, venöz kan örneklerinin alınmasıyla birlikte akış aracılı dilatasyon (FMD) uygulanarak yapılmıştır. HIIT, endotel bağımlı FMD'de bir iyileşmeye ve önemli dışı doğru arter modellemesine neden olmuştur. Dolaşan hücre adhezyon molekülleri değişmeden kalmıştır (p>0.05) (Madsen, Thorup, Overgaard, Bjerre ve Jeppesen, 2015).

Steckling ve ark. (2016), MetS'li postmenopozal kadınlarda HIIT ve 2 haftalık antrenmansızlık sürecinin (detraining) fonksiyonel ve vücut kompozisyon parametreleri, lipoproteinler, glukoz metabolizması ve inflamasyon belirteçleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. MetS'li 17 antrenmansız kadına 12 hafta boyunca HIIT programı uygulanmıştır. HIIT, haftada 3 gün, KAHmaks %70-90'ı arasında değişen şiddette koşu bandında gerçekleşmiştir ve daha sonra 2 hafta antrenmansız (inaktif) bir süreç geçirilmiştir. Antrenman öncesi ve sonrası fonksiyonel ve vücut kompozisyon parametreleri değerlendirilmiştir. HIIT programı, antrenmandan sonra glikoz, HbA1 ve NOx gibi parametrelerde değişikliklere neden olmuştur. Ek olarak, HIIT programından sonra proinflamatuvar interlökinlerde azalma ve IL-10'da artış gösterilmiştir. Bununla birlikte, lipoprotein plazma seviyelerinde bir artış tespit edilmiştir fakat vücut kompozisyonu parametreleri aynı kalmıştır. Ancak, sadece 2 haftalık detraining süreci, HIIT programı

tarafından sağlanan inflamatuvar parametreler üzerindeki olumlu etkileri geriye döndürebileceği bulunmuştur. Sonuçlar, MetS'li postmenopozal kadınlarda elde edilen faydaların korunması için sürekli HIIT programı uygulanmasının gerekliliğini göstermektedir (Steckling vd., 2016). Steckling ve ark. (2019), MetS'li postmenopozal kadınlarda HIIT'nin sistemik inflamatuvar ve hormonal göstergeler üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. MetS'li 15 postmenopozal kadın koşu bandı egzersizini tamamlamışlardır. Bu sitokinlerin haberci RNA (mRNA) ekspresyonunun analizi, periferik kan mononükleer hücrelerinde (PBMC) yapılmıştır. HIIT sonrası VO₂maks ve bazı antropometrik parametreler iyileşirken, proinflamatuvar göstergelerde azalma ve interlökin-10 (IL-10) seviyelerinde artış tespit edilmiştir. İncelenen genlerin mRNA ekspresyonu, HIIT'den sonra farklılık göstermemiştir. Bulgulara göre, HIIT, postmenopozal MetS hastalarının PBMC'sinde değişiklik yapmadan serum veya plazma örneklerinde inflamatuvar ve hormonal eksene yararlı etki sağlamıştır (Steckling vd., 2019). Khalafi ve Symonds (2020), Metabolik bozukluğu olan bireylerde kontrol (KON) veya MICT ile karşılaştırıldığında HIIT'nin inflamatuvar göstergeler ve adipositokinler üzerindeki etkilerini araştırmak için sistematik bir meta-analiz çalışması gerçekleştirmişlerdir. 841 katılımcıyı içeren 29 çalışma meta-analize dahil edilmiştir. HIIT, KON ile karşılaştırıldığında dolaşımdaki adiponektini ($p=0,005$), leptini ($p=0,02$) ve TNF- α 'yı ($p=0,003$) iyileştirmiştir. Düşük ve orta şiddetli egzersize göre HIIT'yi takiben leptinde de anlamlı bir gelişme olmuştur ($p=0,008$). IL-6 ve CRP'de gruplar arasında anlamlı bir fark görülmemiştir. Müdahale süresi, HIIT'nin IL-6, TNF- α ve leptin üzerindeki etkisi için önemli bir değişken olarak saptanmıştır ($p<0.05$). HIIT, dolaşımdaki TNF- α , leptin ve adiponektini iyileştirerek metabolik bozukluğu olan bireylerde düşük dereceli inflamasyonu kontrol etmek için etkili ve zaman açısından verimli bir egzersiz müdahalesi olabileceğini göstermiştir (Khalafi ve Symonds, 2020). De Matos ve ark. (2021), yaşlı erişkinlerde 2 haftalık HIIT seanslarının MetS göstergeleri ve hipertrigliseridemik bel (HTGW) fenotipi ile ilgili faktörler üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Bu randomize kontrollü çalışmada 140 yaşlı erkek ve kadın, egzersiz grubu (EG) ve kontrol grubu (KON) olmak üzere iki gruba randomize edilmiştir. HIIT seansları, 40 dakika koşu bandında koşma/yürümeden oluşmuştur: 10 dk. KAHmaks %50–60 'ında ısınma, ardından 10 x 1 dk. KAHmaks %85-90'inde yüklenmeler ve aralarda kendi seçtikleri hızda 1 dakikalık yürüyüş (toplam 20dak) ve 10 dk. soğuma (kendi seçtiği hızda yürüyüş). Her iki cinsiyette de EG'ye katılanlarda MetS, HTGW, kan basıncı, kolesterol ve hiperglisemi azalmıştır. ($P < 0.05$). Antrenman sonrası hipertansif erkeklerin sayısı %100, kadınların sayısı ise %70 azalmıştır. Diyabetli kadınlarda %75'lik bir azalma, MetS göstergelerinde %100'lük bir azalma ve her iki cinsiyetin katılımcılarında HTGW'de %80'den fazla bir azalma olmuştur. İki haftalık HIIT antrenmanının MetS ve HTGW göstergelerinde klinik olarak ilgili iyileştirmeleri teşvik etmek için uygulanabilir ve etkili olduğu kanıtlanmıştır (de Matos ve ark., 2021).

Glisemik kontrol, MetS ve tip 2 diyabetle (T2D) ilgili komplikasyonların riskini azaltmak için gereklidir. Tek başına veya birlikte gerçekleştirilen aerobik ve direnç egzersizleri, her iki durumda da glisemik kontrolü iyileştirmektedir. Zaman yetersizliği en büyük engellerden biridir. Sürekli aerobik egzersiz için gereken sürenin çok küçük bir kısmında HIIT ve sprint interval antrenman (SIT) yapılabilmektedir (Jiménez-Maldonado, García-Suárez, Rentería, Moncada-Jiménez ve Plaisance, 2020). Jiménez-Maldonado ve ark. (2020), interval antrenman sırasında, metabolik stresin MICT'den daha yüksek olduğunu ve HIIT'nin insülin hassasiyetini artıran ve HbA_{1c} gibi glisemik belirteçleri iyileştiren glikoz alımıyla ilişkili proteinlerin (yani AMPK, CaMKII ve PGC1- α) aktivitesini arttırdığını belirtmişlerdir. Ayrıca, bu çalışma egzersiz şiddetinin, HbA_{1c} konsantrasyonunu düşürmenin kilit noktası olduğuna dair kanıtlar sunmaktadır (Jiménez-Maldonado vd., 2020). Aristizabal ve ark. (2021), MetS'li erişkinlerde HIIT ve MICT'in vücut kompozisyonu üzerindeki etkilerini karşılaştırmışlardır.

60 yetişkin (40-60 yaş), 12 hafta boyunca haftada 3 gün bir MICT (n = 31) veya HIIT (n = 29) denetimli programa randomize edilmiştir. MICT antrenmanları, 36 dakika boyunca VO₂zirve'nin %60'ında gerçekleştirilmiştir. HIIT antrenmanları 6x1dk. VO₂zirve'nin %90'ında yüklenmeler ve aralarda VO₂zirve'nin %50'sinde 2 dakikalık toparlanma periyotlarından oluşmuştur. MICT ve HIIT, MetS'li yetişkinlerde vücut ağırlığını değiştirmeden vücut yağ kütlelerini azaltmıştır. MICT abdominal yağ kütlelerini azaltarak ekstra faydalar göstermiştir, diğer yandan HIIT yağsız kütleleri arttırmıştır. Post-hoc analizin özellikleri göz önüne alındığında, bu sonuçları doğrulamak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Aristizabal ve ark., 2021).

HIIT, MetS'li kişilerde egzersiz yapmayan MetS'li kişilere kıyasla belirli klinik yönleri (kan şekeri; diyastolik ve sistolik kan basıncı; bel çevresi) iyileştirir. HIIT müdahalelerinin olası fizyolojik değişiklikleri: büyük iskelet kası kütleleri üzerindeki etkisi, vazomotor kontroldeki gelişmeler, daha iyi barorefleks kontrolü, toplam periferik direncin azalması, egzersiz sonrası aşırı oksijen tüketimindeki artışlar ve iştah ve tokluk mekanizmalarındaki değişiklikler ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (Serrablo-Torrejón ve ark., 2020). Gallo-Villegas ve arkadaşları, MetS'li yetişkinlerde düşük hacimli HIIT'nin MICT'ye kıyasla güvenliğini değerlendirmişlerdir. Bu çalışma iskemik kalp hastalığı veya diyabet öyküsü olmayan hastalarda yapılan, haftada 3 kez, 12 haftalık koşu bandı egzersiz programı uygulanan kontrollü, randomize, klinik bir çalışmadır. HIIT-düşük hacim (n = 29) antrenmanları, VO₂zirve'nin %90'ında 1 dakikalık, yüksek şiddetli fazlar içeren 6 intervalden oluşmuştur. MICT (n = 31), 30 dakika boyunca VO₂zirve'nin %60'ında antrenman yapmıştır. Toplamda, HIIT-düşük hacim grubunda 60 klinik olay ve MICT grubunda 48 klinik olay kaydedilmiştir ve %59.3'ü genel hastalık olarak sınıflandırılmıştır. Sadece 21 olay, herhangi bir ciddi olumsuz olay olmaksızın, muhtemelen egzersizle ilgili olumsuz olaylar olarak adlandırılmıştır. Sonuçta, HIIT-düşük hacim ve MICT, MetS'li hastalarda güvenli bulunmuştur. İkisinden de önce bir kas-kondisyon programı önerilir ve alt ekstremitelerde venöz yetersizliği olan hastalarda koşu bandında HIIT-düşük hacimden kaçınmamız söylenmiştir (Gallo-Villegas ve ark., 2022).

SONUÇ

Kötü beslenme alışkanlıkları, sedanter yaşam tarzı, çevresel ve genetik faktörler MetS'nin ortaya çıkmasında rol oynayan faktörlerdir. MetS ciddi morbidite ve mortalite riski ile ilişkilendirilir. Egzersiz, metabolik hastalıkların yönetiminde ve tedavisinde önemli rol oynar. Ancak, modern toplum egzersiz yapmak için yeterli zaman bulamamaktadır. Bu sorun yeni egzersiz yaklaşımlarını ortaya çıkarmıştır. Son 10 yılda HIIT'e karşı ilgi oldukça artmıştır. HIIT protokolünü benimseyenler genel olarak zamandan tasarruf etmeyi ve daha kısa sürede benzer etki düzeyine sahip işler yapmayı savunurlar. HIIT'ye karşı olan merak yavaş yavaş klinik popülasyona doğru kaymıştır. Hastalıkların tedavisinde HIIT'nin olumlu ve olumsuz yönleri araştırılmaktadır. HIIT'in uyum düzeyi çok yüksektir ve birçok egzersiz tipine uyarlanabilir. Sunduğu varyasyonlar ile zaman kısıtlılığı yaşayan birçok kişi tarafından tercih edilebilir. MetS'li kişilerde HIIT her parametrede MICT'den üstün bulunmamıştır fakat sağlığa benzer faydalar sağlamıştır. Düşük hacimde olması kısa zaman alması HIIT'i öne çıkarabilir ancak bu MICT antrenmanlarından tamamen vazgeçilmeli sadece HIIT antrenmanları yapılmalı olarak algılanmamalıdır. HIIT antrenmanları da MetS'li bireylerde sağlığı geliştirmiş, komplikasyonları azaltmıştır. En önemli dikkat edilmesi gereken nokta HIIT programlarının klinik popülasyona uygun ve bireye özgü planlanmasıdır. HIIT'nin kontraendike olduğu (kontrol altına alınamayan kardiyovasküler hastalık vb.) veya yapılamadığı dönemlerde MICT tercih edilebilir ve benzer sağlığı iyileştirici etkiler gösterir.

Klinik popülasyonda HIIT uygulamaları için ileri araştırmalar yapılmalı, geniş kitlelerde uzun süreli çalışmalar yapılarak ve kılavuzlar oluşturulmalıdır.

KAYNAKLAR

Alberti, K. G., Eckel, R. H., Grundy, S. M., Zimmet, P. Z., Cleeman, J. I., Donato, K. A., ... & Smith Jr, S. C. (2009). Harmonizing the metabolic syndrome: a joint interim statement of the international diabetes federation task force on epidemiology and prevention; national heart, lung, and blood institute; American heart association; world heart federation; international atherosclerosis society; and international association for the study of obesity. *Circulation*, 120(16), 1640-1645.

Alshehri, A. M. (2010). Metabolic syndrome and cardiovascular risk. *Journal of Family and Community Medicine*, 17(2), 73.

Ansarimoghaddam, A., Adineh, H. A., Zareban, I., Iranpour, S., HosseinZadeh, A., & Kh, F. (2018). Prevalence of metabolic syndrome in Middle-East countries: Meta-analysis of cross-sectional studies. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 12(2), 195-201.

Aristizabal, J. C., Montoya, E., Sánchez, Y. L., Yepes-Calderón, M., Narvaez-Sanchez, R., Gallo-Villegas, J. A., & Calderón, J. C. (2021). Effects of low-volume, high-intensity interval training compared with continuous training on regional and global body composition in adults with metabolic syndrome: a post hoc analysis of a randomized clinical trial. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 77(5), 279-288.

Balkan, F. (2013). Metabolik sendrom. *Ankara Medical Journal*, 13(2), 85-90.

Beals, J. W., & Kayser, B. D. (2021). When exercising for metabolic health, the work is never done, but HIIT will save you time. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 106(1), e365-e366.

Bilge, M., Yildirim, D. S., & Ersoz, G. (2021). Güncel Yüksek Şiddetli Aralıklı Antrenman (High Intensity Interval Training-HIIT) Uygulamalarının Kardiyovasküler-Metabolik ve Performans Yanıtları: Sistematik Derleme. *Türkiye Klinikleri Spor Bilimleri Dergisi*.

Campbell, W. W., Kraus, W. E., Powell, K. E., Haskell, W. L., Janz, K. F., Jakicic, J. M., ... & 2018 Physical Activity Guidelines Advisory Committee. (2019). High-intensity interval training for cardiometabolic disease prevention. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(6), 1220.

Da Silva, M. A. R., Baptista, L. C., Neves, R. S., De França, E., Loureiro, H., Lira, F. S., ... & Martins, R. A. (2020). The effects of concurrent training combining both resistance exercise and high-intensity interval training or moderate-intensity continuous training on metabolic syndrome. *Frontiers in physiology*, 11, 572.

de Matos, D. G., de Almeida-Neto, P. F., Moreira, O. C., de Souza, R. F., Tinoco Cabral, B. G. D. A., Chilibeck, P., & Aidar, F. J. (2021). Two weekly sessions of high-intensity interval training improve metabolic syndrome and hypertriglyceridemic waist phenotype in older adults: A randomized controlled trial. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, 19(6), 332-339.

Drigny, J., Gremeaux, V., Guiraud, T., Gayda, M., Juneau, M., & Nigam, A. (2013). Long-term high-intensity interval training associated with lifestyle modifications improves QT dispersion parameters in metabolic syndrome patients. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 56(5), 356-370.

Dun, Y., Thomas, R. J., Smith, J. R., Medina-Inojosa, J. R., Squires, R. W., Bonikowske, A. R., ... & Olson, T. P. (2019). High-intensity interval training improves metabolic syndrome and body composition in outpatient cardiac rehabilitation patients with myocardial infarction. *Cardiovascular diabetology*, 18(1), 1-11.

Engin, A. (2017). The definition and prevalence of obesity and metabolic syndrome. *Obesity and lipotoxicity*, 1-17.

Expert Panel on Detection, E. (2001). Executive summary of the third report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) expert panel on detection, evaluation, and treatment of high blood cholesterol in adults (adult treatment panel III). *Jama*, 285(19), 2486-2497.

- Fisher, G., Brown, A. W., Bohan Brown, M. M., Alcorn, A., Noles, C., Winwood, L., ... & Allison, D. B. (2015). High intensity interval-vs moderate intensity-training for improving cardiometabolic health in overweight or obese males: a randomized controlled trial. *PLoS one*, *10*(10), e0138853.
- Gallo-Villegas, J., Castro-Valencia, L. A., Pérez, L., Restrepo, D., Guerrero, O., Cardona, S., ... & Calderón, J. C. (2022). Efficacy of high-intensity interval-or continuous aerobic-training on insulin resistance and muscle function in adults with metabolic syndrome: a clinical trial. *European Journal of Applied Physiology*, 1-14.
- Gallo-Villegas, J., Restrepo, D., Pérez, L., Castro-Valencia, L. A., Narvaez-Sanchez, R., Osorio, J., ... & Calderón, J. C. (2022). Safety of high-intensity, low-volume interval training or continuous aerobic training in adults with metabolic syndrome. *Journal of Patient Safety*, *18*(4), 295-301.
- Grace, F., Herbert, P., Elliott, A. D., Richards, J., Beaumont, A., & Sculthorpe, N. F. (2018). High intensity interval training (HIIT) improves resting blood pressure, metabolic (MET) capacity and heart rate reserve without compromising cardiac function in sedentary aging men. *Experimental Gerontology*, *109*, 75-81.
- Guio de Prada, V., Ortega, J. F., Morales-Palomo, F., Ramirez-Jimenez, M., Moreno-Cabañas, A., & Mora-Rodriguez, R. (2019). Women with metabolic syndrome show similar health benefits from high-intensity interval training than men. *PLoS one*, *14*(12), e0225893.
- Gyorkos, A., Baker, M. H., Miutz, L. N., Lown, D. A., Jones, M. A., & Houghton-Rahrig, L. D. (2019). Carbohydrate-restricted diet and high-intensity interval training exercise improve cardio-metabolic and inflammatory profiles in metabolic syndrome: a randomized crossover trial. *Cureus*, *11*(9).
- Jiménez-Maldonado, A., García-Suárez, P. C., Rentería, I., Moncada-Jiménez, J., & Plaisance, E. P. (2020). Impact of high-intensity interval training and sprint interval training on peripheral markers of glycemic control in metabolic syndrome and type 2 diabetes. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*, *1866*(8), 165820.
- Jo, E. A., Cho, K. I., Park, J. J., Im, D. S., Choi, J. H., & Kim, B. J. (2020). Effects of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on epicardial fat thickness and endothelial function in hypertensive metabolic syndrome. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, *18*(2), 96-102.
- Kemmler, W., Scharf, M., Lell, M., Petrasek, C., & Von Stengel, S. (2014). High versus moderate intensity running exercise to impact cardiometabolic risk factors: the randomized controlled RUSH-study. *BioMed research international*, 2014.
- Khalafi, M., & Symonds, M. E. (2020). The impact of high-intensity interval training on inflammatory markers in metabolic disorders: A meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *30*(11), 2020-2036.
- Lakka, H. M., Laaksonen, D. E., Lakka, T. A., Niskanen, L. K., Kumpusalo, E., Tuomilehto, J., & Salonen, J. T. (2002). The metabolic syndrome and total and cardiovascular disease mortality in middle-aged men. *Jama*, *288*(21), 2709-2716.
- Madsen, S. M., Thorup, A. C., Overgaard, K., Bjerre, M., & Jeppesen, P. B. (2015). Functional and structural vascular adaptations following 8 weeks of low volume high intensity interval training in lower leg of type 2 diabetes patients and individuals at high risk of metabolic syndrome. *Archives of physiology and biochemistry*, *121*(5), 178-186.
- Matsuo, T., So, R., Shimojo, N., & Tanaka, K. (2015). Effect of aerobic exercise training followed by a low-calorie diet on metabolic syndrome risk factors in men. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, *25*(9), 832-838.
- Moholdt, T., Madssen, E., Rognmo, Ø., & Aamot, I. L. (2014). The higher the better? Interval training intensity in coronary heart disease. *Journal of science and medicine in sport*, *17*(5), 506-510.

- Morales-Palomo, F., Ramirez-Jimenez, M., Ortega, J. F., Pallares, J. G., & Mora-Rodriguez, R. (2017). Acute hypotension after high-intensity interval exercise in metabolic syndrome patients. *International Journal of Sports Medicine*, 38(07), 560-567.
- Moreno-Cabañas, A., Ortega, J. F., Morales-Palomo, F., Ramirez-Jimenez, M., Alvarez-Jimenez, L., & Mora-Rodriguez, R. (2021). Substitution of parts of aerobic training by resistance training lowers fasting hyperglycemia in individuals with metabolic syndrome. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 46(1), 69-76.
- Morales-Palomo, F., Ramirez-Jimenez, M., Ortega, J. F., & Mora-Rodriguez, R. (2019). Effectiveness of Aerobic Exercise Programs for Health Promotion in Metabolic Syndrome. *Medicine and science in sports and exercise*, 51(9), 1876-1883.
- Ramirez-Jimenez, M., Morales-Palomo, F., Moreno-Cabañas, A., Alvarez-Jimenez, L., Ortega, J. F., & Mora-Rodriguez, R. (2021). Effects of antihypertensive medication and high-intensity interval training in hypertensive metabolic syndrome individuals. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(7), 1411-1419.
- Ramirez-Jimenez, M., Morales-Palomo, F., Pallares, J. G., Mora-Rodriguez, R., & Ortega, J. F. (2017). Ambulatory blood pressure response to a bout of HIIT in metabolic syndrome patients. *European Journal of Applied Physiology*, 117(7), 1403-1411.
- Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Borrani, F., Beetham, K. S., Mielke, G. I., Dias, K. A., ... & Coombes, J. S. (2017). High-intensity interval training and cardiac autonomic control in individuals with metabolic syndrome: a randomised trial. *International journal of cardiology*, 245, 245-252.
- Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Borrani, F., Beetham, K. S., Wallen, M. P., Mallard, A. R., ... & Coombes, J. S. (2017). Low-volume high-intensity interval training is sufficient to ameliorate the severity of metabolic syndrome. *Metabolic syndrome and related disorders*, 15(7), 319-328.
- Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Borrani, F., Mallard, A. R., Clark, B., Keating, S. E., ... & Coombes, J. S. (2016). The effect of different volumes of high-intensity interval training on proinsulin in participants with the metabolic syndrome: a randomised trial. *Diabetologia*, 59, 2308-2320.
- Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Ramos, M. V., Borrani, F., Roberts, L., Gomersall, S., ... & Coombes, J. S. (2016). 12 min/week of high-intensity interval training reduces aortic reservoir pressure in individuals with metabolic syndrome: a randomized trial. *Journal of hypertension*, 34(10), 1977-1987.
- Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Stennett, R. C., Mielke, G. I., Keating, S. E., Murray, L., ... & Coombes, J. S. (2020). Effect of different volumes of interval training and continuous exercise on interleukin-22 in adults with metabolic syndrome: A randomized trial. *Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity*, 2443-2453.
- Reljic, D., Frenk, F., Herrmann, H. J., Neurath, M. F., & Zopf, Y. (2021). Effects of very low volume high intensity versus moderate intensity interval training in obese metabolic syndrome patients: a randomized controlled study. *Scientific Reports*, 11(1), 1-14.
- Ross, L. M., Porter, R. R., & Durstine, J. L. (2016). High-intensity interval training (HIIT) for patients with chronic diseases. *Journal of sport and health science*, 5(2), 139-144.
- Saklayen, M. G. (2018). The global epidemic of the metabolic syndrome. *Current hypertension reports*, 20(2), 1-8.
- Serrablo-Torrejón, I., Lopez-Valenciano, A., Ayuso, M., Horton, E., Mayo, X., Medina-Gomez, G., ... & Jimenez, A. (2020). High intensity interval training exercise-induced physiological changes and their potential influence on metabolic syndrome clinical biomarkers: a meta-analysis. *BMC endocrine disorders*, 20, 1-12.
- So, R., & Matsuo, T. (2020). Effects of using high-intensity interval training and calorie restriction in different orders on metabolic syndrome: A randomized controlled trial. *Nutrition*, 75, 110666.

Steckling, F. M., Farinha, J. B., Figueiredo, F. D. C., Santos, D. L. D., Bresciani, G., Kretzmann, N. A., ... & Soares, F. A. A. (2019). High-intensity interval training improves inflammatory and adipokine profiles in postmenopausal women with metabolic syndrome. *Archives of physiology and biochemistry*, 125(1), 85-91.

Steckling, F. M., Farinha, J. B., Santos, D. L. D., Bresciani, G., Mortari, J. A., Stefanello, S. T., ... & Soares, F. A. A. (2016). High intensity interval training reduces the levels of serum inflammatory cytokine on women with metabolic syndrome. *Experimental and clinical endocrinology & diabetes*, 124(10), 597-601.

Su, L., Fu, J., Sun, S., Zhao, G., Cheng, W., Dou, C., & Quan, M. (2019). Effects of HIIT and MICT on cardiovascular risk factors in adults with overweight and/or obesity: A meta-analysis. *PloS one*, 14(1), e0210644.

Tuttor, M., von Stengel, S., Kohl, M., Lell, M., Scharf, M., Uder, M., ... & Kemmler, W. (2020). High intensity resistance exercise training vs. high intensity (endurance) interval training to fight cardiometabolic risk factors in overweight men 30–50 years old. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2, 68.

Üçler, R. (2014). Metabolik Sendrom. *Tip Araştırmaları Dergisi*, 12(3), 153-157.

Weston, K. S., Wisløff, U., & Coombes, J. S. (2014). High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 48(16), 1227-1234.

World Health Organization. (1999). *Definition, diagnosis and classification of diabetes mellitus and its complications: report of a WHO consultation. Part 1, Diagnosis and classification of diabetes mellitus* (No. WHO/NCD/NCS/99.2). World health organization.

Viana, R. B., Naves, J. P. A., Coswig, V. S., De Lira, C. A. B., Steele, J., Fisher, J. P., & Gentil, P. (2019). Is interval training the magic bullet for fat loss? A systematic review and meta-analysis comparing moderate-intensity continuous training with high-intensity interval training (HIIT). *British journal of sports medicine*.

Von Korn, P., Keating, S., Mueller, S., Haller, B., Kraenkel, N., Dinges, S., ... & Lechner, K. (2021). The effect of exercise intensity and volume on metabolic phenotype in patients with metabolic syndrome: a randomized controlled trial. *Metabolic syndrome and related disorders*, 19(2), 107-114.

Zimmet, P., Magliano, D., Matsuzawa, Y., Alberti, G., & Shaw, J. (2005). The metabolic syndrome: a global public health problem and a new definition. *Journal of atherosclerosis and thrombosis*, 12(6), 295-300.