

Tip 2 Diyabet Hastalarda Yüksek Şiddetli Aralıklı Antrenmanın Vücut Kompozisyonu, Kardiyorespiratuar Uygunluk ve Metabolik Parametreler Üzerindeki Etkileri: Sistematik Bir Derleme¹

Merve GEZEN BÖLÜKBAŞ²  Şerife VATANSEVER 

Raziye Gül TIRYAKI SÖNMEZ 

Öz

Yüksek şiddetli aralık antrenmanlara katılan Tip 2 diyabet hastalarda, orta şiddetli sürekli antrenmana katılan veya herhangi bir egzersiz oturumuna katılmayan Tip 2 diyabetli hastalara karşı vücut kompozisyonu, kardiyorespiratuar uygunluk ve metabolik parametreler üzerindeki etkisini incelemektir. Bu çalışma sistematik derleme niteliğindedir ve Ocak 2016–Ekim 2021 tarihleri arasında elektronik veritabanlarından (Pubmed ve Web of Science) randomize kontrollü çalışmalar ve randomize olmayan kontrollü çalışmalar dahil edilerek gerçekleştirilmiştir. Elektronik veri tabanı sistematik araştırmasında metodoloji olarak Sistematik Derlemeler ve Meta-Analiz Protokolleri için Tercih Edilen Raporlama Ögeleri temel alınmıştır. Araştırmaya toplam 17 makale dahil edilmiştir. Yüksek şiddetli aralık antrenmanlar, Tip 2 diyabetli hastalarda VO₂peak önemli bir artış gösterirken, HbA_{1c} düzeyinde önemli bir azalma sağlamıştır. Tip 2 diyabetli hastaların vücut kompozisyonundaki değişiklikleri ile ilgili olarak, vücut yağ kütlelerinde bir azalmanın olduğu tespit edilirken, vücut kütle indeksi, vücut ağırlığı indeksleri üzerinde önemli bir gelişmenin olmadığı görülmüştür. Yüksek şiddetli aralık antrenmanlar, Tip 2 diyabetli hastalarda, orta şiddetli sürekli antrenmana göre kardiyorespiratuar uygunluk ve metabolik parametreler üzerinde daha olumlu etkilere neden olabilir. Yüksek şiddetli aralık antrenmanların daha iyi olup olmadığını belirlemek için daha birçok randomize kontrollü deneysel çalışmaya ihtiyaç vardır.

Anahtar Kelimeler: Tip 2 Diyabet, Egzersiz, Yüksek Şiddetli Aralıklı Antrenman, Orta Şiddetli Sürekli Antrenman

The Effects of High-Intensity Interval Training on Body Composition, Cardiorespiratory Fitness, and Metabolic Parameters in Patients with Type 2 Diabetes: A Systematic Review

Abstract

To examine the effect on body composition, cardiorespiratory fitness and metabolic parameters in Type 2 diabetic patients participating in high-intensity interval training, versus Type 2 diabetic patients participating in moderate-intensity continuous training or not participating in any exercise sessions. This study is a systematic review and was conducted by scanning electronic databases (Pubmed and Web of Science) between January 2016 and October 2021, including randomized controlled studies and non-randomized controlled studies. The methodology for the electronic database systematic search was based on the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis Protocols. A total of 17 articles were included in the research. High-intensity interval training

¹ Bu makale, 11-14 Kasım 2023 Kemer-Antalya'da düzenlenen 21. Uluslararası Spor Bilimleri Kongresi'nde özet bildiri olarak sunulmuştur.

² Sorumlu Yazar: Bursa Uludağ Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Bursa-Türkiye. mgezenn@gmail.com

provided a significant increase in VO₂peak and a significant decrease in HbA1c levels in patients with Type 2 diabetes. Regarding the changes in body composition of patients with type 2 diabetes, it was found that there was a decrease in body fat mass, while there was no significant improvement in body mass index and body weight indices. High-intensity interval training may have more positive effects on cardiorespiratory fitness and metabolic parameters in patients with Type 2 diabetes than moderate-intensity continuous training. Many more randomized controlled experimental studies are needed to determine whether high-intensity interval training is better or not.

Keywords: Type 2 Diabetes, Exercise, High-intensity Interval Training, Moderate-intensity Continuous Training

GİRİŞ

Tip 2 diyabet (T2D), insüline direnç veya göreceli insülin yetersizliğinden kaynaklanan hiperglisemi ile karakterize, kardiyovasküler hastalığı indükleyebilen ve kardiyovasküler bozulmaya yol açabilen metabolik bir hastalık olarak tanımlanmaktadır. Epidemiyolojik araştırma sonuçlarına göre, 2014 yılında dünya çapında 422 milyondan fazla insan diyabetle yaşamakta ve prevalansı 2030 yılına kadar 552 milyon olacağı tahmin edilmektedir (WHO, 2016; Whiting vd., 2011). T2D tedavisiyle ilişkili artan ekonomik ve sosyal yükler nedeniyle, T2D'li kişiler için etkili ve erişilebilir yaşam tarzı müdahalelerinin önemi giderek artmaktadır (Gentil vd., 2023).

Egzersiz programları, T2D hastalarında yaşam tarzı müdahalesi için ayrılmaz bir kavram olarak kabul edilmiştir (Wrench vd., 2022; Jing vd., 2018; Johansen vd., 2017; Ribisl vd., 2012). Amerikan Diyabet Derneği ve Amerikan Spor Hekimliği Koleji tarafından hastaların haftada en az 150 dakika orta-şiddetli aerobik egzersiz yapmaları önerilmiştir (Anderson vd., 2012; Colberg vd., 2010). Randomize kontrollü çalışmalardan elde edilen sonuçlarda, aerobik egzersizin açlık şekerini azaltma ve insülin duyarlılığını iyileştirdiği, diyabet komplikasyonlarının ve mortalitenin gelişimini hafifletmeye yardımcı olduğu görülmüştür (Motahari-Tabari vd., 2014; Jorge vd., 2011; Churh vd., 2010; Sigal vd., 2007). Ayrıca, yakın tarihli bir meta-analiz, aerobik egzersiz programının HbA1c'de (Hemoglobin A1c), insülin direncinde ve açlık glukozunda bir azalma ile ilişkili olduğunu göstermiştir ve T2D hastalarında kardiyorespiratuar uygunluğu iyileştirmede yüksek şiddetli aerobik egzersizin düşük şiddetli egzersize göre daha etkili olduğu belirtilmiştir (Grace vd., 2017). Bununla birlikte, fiziksel aktivite seviyesindeki artışların T2D hastalarında glisemik kontrolü ve kardiyorespiratuar uygunluğu iyileştirebilmesine rağmen, hastaların çoğu tipik olarak önerilen fiziksel aktivite seviyesine ulaşamadığı görülmektedir (Kolb ve Martin, 2017).

Yüksek şiddetli aralıklı antrenman (High intensity interval training - HIIT), kısa süreli yüksek şiddetli aktivitelerle dinlenme veya toparlanma için düşük şiddetli aktivitelerin arasında değişen aralıklı bir egzersiz türüdür (Sloth vd., 2013; Norton vd., 2010). Son yıllarda yapılan birçok çalışma, çeşitli popülasyonlarda düşük şiddetli aerobik egzersize kıyasla sağlık yararlarını iyileştirmede HIIT'in daha etkili olduğunu göstermiştir (Ellingsen vd., 2017; Phillips vd., 2017; Wisloff vd., 2007). Ayrıca HIIT, orta şiddetli sürekli antrenmanlara (moderate-intensity continuous training- MICT) karşı zaman verimliliği açısından iyi bir stratejisi olduğu belirtilmektedir (Mendes vd., 2019; Hottenrott vd., 2012). Mevcut sistematik incelemeler ve meta-analizler, HIIT'in aşırı kilolu ve obez yetişkinlerde abdominal ve viseral yağ kütlesini azaltma ve kardiyorespiratuar uygunluk gelişimi üzerinde MICT'den daha önemli etkilere sahip olduğunu ortaya koymuştur (Maillard vd., 2018; Roy vd., 2018). Ayrıca HIIT, T2D'de metabolik risk faktörlerini MICT'den daha etkili bir şekilde azaltabildiği tespit edilmiştir (Hannan vd., 2018; Wewege vd., 2017; Costigan vd., 2015).

Stoa ve diğerleri (2017), T2D'li bireylerde %52 VO₂peak aralığında maksimum kalp atış hızlarının %85-95'ini içeren yoğunlukta denetimli bir HIIT programının uygulanmasının, katılımcıların VO₂peak değerinde önemli bir artışa neden olduğunu belirtirken; aynı bireylerde hemoglobin A1c (HbA1c), vücut ağırlığı ve vücut kütle indeksinde orta şiddetli sürekli antrenman (MICT) yapanlara kıyasla bir azalma olduğu görülmüştür. Karstoft ve diğerleri (2013), HIIT'in, T2D'li kişilerde enerji harcaması uyumlu sürekli yürüyüş egzersizi ile karşılaştırmışlar ve VO₂peak, vücut ağırlığı, yağ kütlesi ve glisemik kontrolde daha büyük gelişmeler gözlemlemişlerdir. Ayrıca Mitranun ve diğerleri (2014), toplam egzersiz süresi önerilen sürenin yarısına indirilse bile, HIIT'in T2D hastalarında HbA1c'yi, maksimum aerobik kapasiteyi ve diğer kardiyovasküler risk faktörlerini iyileştirdiğini bulmuşlardır. Mevcut çalışmaya benzer şekilde, Jolleyman ve diğerleri (2015), HIIT'in sağlıklı bireylerde insülin duyarlılığını ve kardiyorespiratuar uygunluğu iyileştirmede MICT'den daha etkili olduğunu tespit etmişlerdir.

Yapılan birkaç çalışmada, T2D hastalarının önlenmesi ve tedavisinde HIIT'in etkinliğini gösterse de (Wrench vd., 2022), HIIT'in glisemik kontrol, vücut kompozisyonu ve kardiyorespiratuar uygunluğun iyileştirilmesi için orta şiddetli sürekli antrenman ile karşılaştırıldığında daha üstün bir egzersiz protokolü olduğu konusunda henüz bir fikir birliğine varılamamıştır (Kramer vd., 2023).

Araştırmanın Amacı

Çalışmamızın amacı, T2D hastalarında HIIT'in vücut kompozisyonu, kardiyorespiratuar uygunluk ve metabolik parametreler üzerindeki etkisini belirlemek ve bunu MICT ile randomize kontrollü ve kontrollü olmayan çalışmalarda karşılaştırarak mevcut sonuçları sistematik olarak incelemektir.

YÖNTEM

Tip 2 diyabet hastalarda yüksek şiddetli aralıklı antrenmanın (HIIT), orta şiddetli sürekli antrenmana (MICT) katılan veya herhangi bir egzersiz oturumuna katılmayan Tip 2 diyabetli hastalara karşı vücut kompozisyonu, kardiyorespiratuar uygunluk ve metabolik parametreler üzerindeki etkilerini inceleyen makalelerin sonuçlarını tartışmak için sistematik bir inceleme yapılmıştır.

Katılımcılar

Klinik olarak Tip 2 diyabet teşhisi konulan <18 yaş ve üzerindeki bireyler dahil edilmiştir. Araştırmaya dahil edilen katılımcıların cinsiyet, etnik köken veya ırk konusu ile ilgili herhangi sınırlama yoktur.

Dışlanma kriterleri

Veriler, üç yazar tarafından (MGB & ŞV & RGTS) dahil edilme kriterlerine göre PRISMA yönergelerine uygun olarak değerlendirmiştir (Şekil 1). Çalışmalar şu durumlarda hariç tutulmuştur: (a) araştırma son 5 yıl içerisinde yayınlanmamış ise; (b) çalışmanın tam metni mevcut değil ise; (c) araştırma İngilizce dili ile yazılmamış ise; (d) araştırma sistematik bir gözden geçirme, meta-analiz, bir olgu sunumu, bir doktora tezi veya bir sözleşmeden elde edilen bir özet ise; (e) araştırmanın başlık ve özeti uymuyor ise, (f) yinelenen makaleler var ise, (g) egzersiz uygulamalarını içermeleri ancak yüksek şiddetli aralıklı antrenman oturumlarının etkilerini değerlendirmiyor ise; (h) örneklem 18 yaş altı ve üstü Tip 2 diyabet tanısı konulan kişilerden oluştuğu halde elde edilen veriler her yaş grubu için ayrı olarak rapor edilmiyor ise.

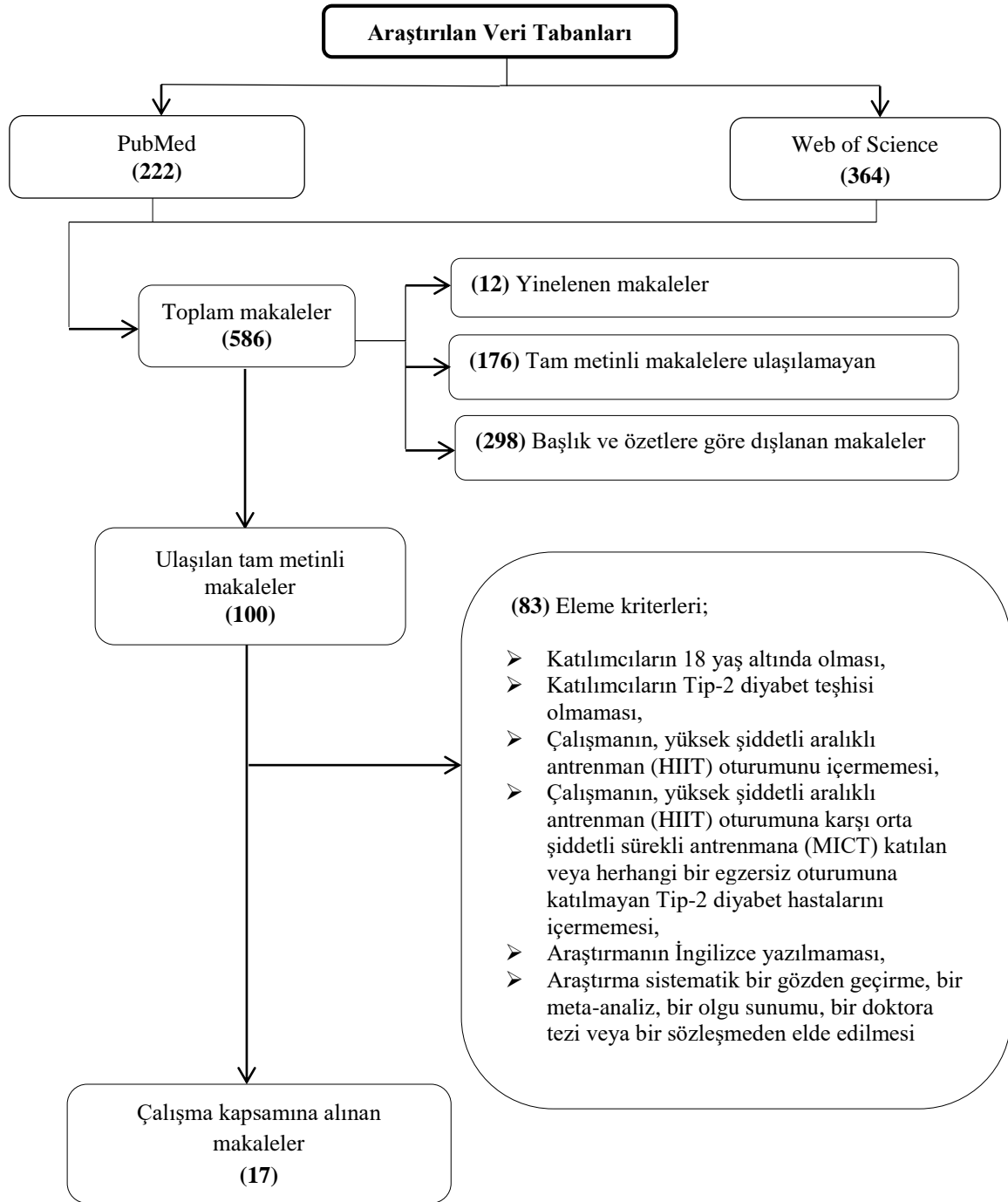
Veri Toplama Teknikleri

Bu sistematik inceleme, Sistematik İncelemeler ve Meta-Analiz Protokolleri için Tercih Edilen Raporlama Ögeleri (PRISMA) yönergelerine uygun olarak gerçekleştirilmiştir (Moher vd., 2015).

İşlem

Arama sonuçları

İlk veritabanı aramaları sonucunda toplam 586 makale tespit edildi (PubMed, $n= 222$; Web of Science, $n= 364$), her biri yalnızca kendi başlıkları, özetleri ve tam metinleri uygunluk açısından tarandı ve değerlendirildi. Yinelenen makalelerin kaldırılmasının ardından 100 makale daha fazla tanımlama ve taramaya tabi tutuldu. Toplamda 83 makale, başlıklar ve özetler tarandıktan sonra çeşitli nedenlerle (örneğin, örneğin, araştırma İngilizce yazılmışsa, Tip 2 diyabet hastalarını içermiyorsa vb.) hariç tutulmuştur. Kalan makalelerden 17'si çalışmaya dahil edilmiştir (bkz. Şekil 1).



Şekil 1. Seçim sürecinin akış şeması (PRISMA) (Moher vd., 2015).

Dahil edilen çalışmaların özellikleri

Çalışma katılımcılarının özellikleri, kullanılan HIIT egzersiz programı protokolleri ve dahil edilen çalışmalardan elde edilen ana sonuçları Tablo 1’de açıklanmıştır. HIIT egzersiz programları, ilgili kapasitenin %75-95’de veya algılanan efor derecesinin (RPE) 15-17 aralığı yüksek bir yoğunluk olarak tanımlanmıştır. HIIT egzersiz programının süresi 8 hafta ile 1 yıl arasındadır (3 çalışmada 1 yıl, 1 çalışmada 16 hafta, 8 çalışmada 12 hafta, 1 çalışmada 11 hafta, 1 çalışmada 10 hafta ve 3 çalışmada 8 hafta) ve haftada 2-4 kez gerçekleşmiştir. Seans başına toplam egzersiz süresi 8 saniye ile 70 dakika arasında değişmektedir.

BULGULAR

Bu çalışmaya dahil edilen makalelerin bulguları Tablo 1.'de verilmiştir.

HIIT'in vücut kompozisyonu üzerindeki etkileri

Dahil edilen çalışmalar vücut kompozisyonu olarak; vücut kütle indeksini (13/17), vücut ağırlığını (11/17), bel çevresini (7/17), total vücut yağ kütleini (4/17), viseral yağ kütleini (2/17) ve karaciğer yağ oranını (2/17) değerlendirmiştir. MICT ve/veya kontrol gruplarındaki hastalarla karşılaştırdığında HIIT grubundaki hastalar için vücut kütle indeksinde (2/17), vücut ağırlığında (3/17), bel çevresinde (3/17), total vücut yağ kütleini (3/17), viseral yağ kütleini (2/17) ve karaciğer yağ oranında (2/17) önemli bir azalma olduğu tespit ederken ($p<0.05$), vücut kütle indeksinde (11/17), vücut ağırlığında (8/17), bel çevresinde (4/17) ve total vücut yağ kütleinde (1/17) istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$) (bkz.Tablo 1).

HIIT'in kardiyorespiratuar uygunluk üzerindeki etkileri

Dahil edilen çalışmalar, MICT ve/veya kontrol gruplarındaki hastalarla karşılaştırdığında HIIT grubundaki hastalar için VO_2 peak (11/17) ve strok volümde (1/17) önemli bir artış olduğu ($p<0.05$), karotis intima medya kalınlığında (3/17) bir azalmanın olduğu tespit edilirken ($p<0.05$), sistolik kan basıncında ve diastolik kan basıncında istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$) (bkz.Tablo 1).

HIIT'in metabolik parametreler üzerindeki etkileri

Dahil edilen çalışmalar, MICT ve/veya kontrol gruplarındaki hastalarla karşılaştırdığında HIIT grubundaki hastalar için HbA1c (9/11) ve IL-6 (2/17) önemli bir azalma olduğu tespit ederken ($p<0.05$), toplam kolestrol ve trigliserit değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılığın olmadığı tespit edilmiştir ($p>0.05$) (bkz.Tablo 1).

Tablo 1. Tip-2 diyabet hastalarda yüksek şiddetli aralıklı antrenmanın (HIIT) vücut kompozisyonu, kardiyorespiratuar uygunluk ve metabolik parametreler üzerindeki etkileri

Yazar ve yayın yılı	Katılımcı Özellikleri	HIIT Grubu	MICT ve/veya Kontrol Grubu	HIIT Grubu Vücut Kompozisyonu Sonuçları (Gruplar arasındaki fark incelendiğinde)	HIIT Grubu Kardiyorespiratuar Uygunluk Sonuçları (Gruplar arasındaki fark incelendiğinde)	HIIT Grubu Metabolik Parametrelerin Sonuçları (Gruplar arasındaki fark incelendiğinde)
		Egzersiz türü, süresi, sıklığı ve yoğunluğu	Egzersiz türü, süresi, sıklığı ve yoğunluğu			
Magalhaes vd., 2021	n=80 (38E; 42K) Y (Ort±St) = RE HIIT Grubu n= 25 (15E; 10K) Y (Ort±St) = 56.7±8.3 MICT Grubu n= 28 (13E; 15K) Y (Ort±St) = 59.7±6.5 CON Grubu n= 27(14E; 13K) Y (Ort±St) = 59±8.1	Egzersiz türü: HIIT (bisiklet egzersizi)+RT Egzersiz süresi: 1 yıl (Her seans 34 dakika) Egzersiz sıklığı: RE Egzersiz şiddeti: - 5-6. Haftada HRR %70 (1 dakikalık aralık) -7-8. Haftada HRR %40-60 (1 dakikalık aralık) -9-52. Haftada HRR %90 (1 dakikalık aralık)	MICT Grubu Egzersiz türü: MICT (bisiklet egzersizi)+RT Egzersiz süresi: 1 yıl (Her seans 34 dakika, 1 dakikalık aralık) Egzersiz sıklığı: RE Egzersiz şiddeti: HRR %40-60 CON Grubu RE	-VKİ ↔ -Vücut ağırlığı (kg) ↔ -Bel çevresi (cm) ↔	-VO ₂ peak (mL/kg/min) ↑ -SBP ↓ -DBP ↓ -C-SBP ↓ -C-DBP ↓ -CIMT ↓	-HbA1c ↔
Sabouri vd., 2021	n=59 (32E; 27K) Y (Ort±St) = 45-60, RE HIIT Grubu n= 16 (9E; 7K) Y (Ort±St) = 52.02±4.59 ST Grubu n= 15 (7E; 8K) Y (Ort±St) = 51.31±4.47 HIIT+ST Grubu n= 15 (10E; 5K)	HIIT Grubu Egzersiz türü: HIIT (bisiklet egzersizi) Egzersiz süresi: 12 hafta (Her seans 10*60 saniye) Egzersiz sıklığı: 3 gün Egzersiz şiddeti: HRmax %85-90 (1 dakikalık aralık) HIIT+ST Grubu Egzersiz türü: HIIT (bisiklet egzersizi) + kuvvet egzersizleri (bench press, leg curl, leg press, leg	ST Grubu Egzersiz türü: Kuvvet egzersizleri (bench press, leg curl, leg press, leg extension, lat pull-down, and shoulder press) Egzersiz süresi: 12 hafta (Her seans 70 dakika) Egzersiz sıklığı: 3 gün Egzersiz şiddeti: ST egzersizleri; maksimum ağırlıkta yapıldı (8 tekrar, 3 set) CON Grubu	-VKİ ↔	- VO ₂ peak (mL/kg/min) ↔	-CRP ↓ -FBG ↔ -HbA1c ↔ -HDL ↑ -IL-6 ↓ -İnsülin ↔ -LDL ↓ -TC ↓ -TG ↓ -TNF-α ↓

	Y (Ort±St) = 52.53±4.80 CON Grubu n= 13 (6E; 7K) Y (Ort±St) = 52.28±3.16	extension, lat pull-down, and shoulder press) Egzersiz süresi: 12 hafta (Her seans 70 dakika) Egzersiz sıklığı: 3 gün Egzersiz şiddeti: -HRmax %85-90 (Setler arası 1 dakika dinlenme) -ST egzersizleri; maksimum ağırlıkta yapıldı (8 tekrar, 3 set)	Rutin aktiviteler			
Magalhaes vd., 2020	n=80 (RE) Y (Ort±St) = 59±RE HIIT+RT Grubu n= 27 (RE) Y (Ort±St) = 56.7±8.3 MICT+RT Grubu n= 28 (RE) Y (Ort±St) = 59.7±6.5 CON Grubu n= 27(RE) Y (Ort±St) = 59±8.1	Egzersiz türü: HIIT (bisiklet egzersizi)+RT (1 set 10-12 tekrar sekiz egzersiz (seated row, pulldown, chest press, shoulder press, leg press, one leg lung, dead bug and regular plank) Egzersiz süresi: 1 yıl (Her seans 34 dakika) Egzersiz sıklığı: 3 gün Egzersiz şiddeti: - 5-6. Haftada HRR %70 (2 dakika egzersiz ardından HRR %40-60'nda 1 dakika egzersiz) -7-8. Haftada HRR %80 (1,5 dakika egzersiz ardından HRR %40-60'nda 1 dakika egzersiz) -9-52. Haftada HRR %90 (1 dakika egzersiz ardından HRR %40-60'nda 1 dakika egzersiz)	MICT+RT Grubu Egzersiz türü: MICT (bisiklet egzersizi)+RT (1 set 10-12 tekrar sekiz egzersiz (seated row, pulldown, chest press, shoulder press, leg press, one leg lung, dead bug and regular plank) Egzersiz süresi: 1 yıl (Her seans 15 dakika,4. Haftadan sonra 25 dakikaya çıkıyor) Egzersiz sıklığı: 3 gün Egzersiz şiddeti: HRR %40-60 CON Grubu Standart fiziksel aktivite önerileri uyguladı.	-VKİ ↔ -Vücut ağırlığı (kg) ↔ -Bel çevresi (cm) ↔	-VO ₂ peak (mL/kg/min) ↔	-CRP ↔ -HDL-C ↔ -IL-6 ↓ -LDL-C ↓ -TC ↓ -TG ↔ -TNF-α ↔
Baasch-Skytte vd., 2020	n=51 (RE) Y (Ort±St) = 61±6.8 HIIT Grubu n= 26 (RE) Y (Ort±St) = 61.0±6.2 MICT Grubu n= 25 (RE) Y (Ort±St) = 61.2±7.1	Egzersiz türü: HIIT (10-20-30 bisiklet egzersizi) Egzersiz süresi: 10 hafta (Her seans 29 dakika) Egzersiz sıklığı: 3 gün Egzersiz şiddeti: 30 saniye HRR %30'u, 20 saniye HRR %60'ı ve 10 saniye HRR %90 (1 dakikalık aralık)	MICT Grubu Egzersiz türü: MICT (bisiklet egzersizi) Egzersiz süresi: 10 hafta (Her seans 50 dakika) Egzersiz sıklığı: 3 gün Egzersiz şiddeti: HRR %60-75	-VFM ↓ -TFM ↓	-VO ₂ peak (mL/kg/min) ↑	-HbA1c ↓

Hua vd., 2020	n=163 (RE) Y (Ort±St) = 61±6.8 HIIT+FO Grubu n= 58 (%50 K) Y (Ort±St) = 44.3±6.2 FO Grubu n= 51 (%50 K) Y (Ort±St) = 45.6±5.9 CON Grubu n= 54 (%51 K) Y (Ort±St) = 43.7±8.6	Egzersiz türü: HIIT (bisiklet egzersizi) Egzersiz süresi: 12 hafta (Her seans 29 dakika) Egzersiz sıklığı: 3 gün Egzersiz şiddeti: HRR %90'nı 10*60 saniye (2 dakikalık aralık)	FO Grubu RE CON Grubu RE	-TFM ↓	RE	-FBG ↓ -HbA1c ↓ -HDL-C ↑ -HOMA-IR ↓ -İnsülin ↑ -LDL-C ↓ -TC ↓ -TG ↓
Way vd., 2020	n=35 (20E; 15K) Y (Ort±St) = 55.1±1.4 HIIT Grubu n= 12 (7E; 5K) Y (Ort±St) = 56.9±2.1 MICT Grubu n= 12 (6E; 6K) Y (Ort±St) = 54.8±2.4 PLA Grubu n= 11 (7E; 4K) Y (Ort±St) = 51.9±1.4	Egzersiz türü: HIIT bisiklet egzersizi Egzersiz süresi: 12 hafta (Her seans 19 dakika) Egzersiz sıklığı: 3 gün Egzersiz şiddeti: VO ₂ tepe %90'ı 1*4 dakika (1 dakikalık aralık)	MICT Grubu Egzersiz türü: MICT (bisiklet egzersizi) Egzersiz süresi: 12 hafta (Her seans 45 dakika) Egzersiz sıklığı: 3 gün Egzersiz şiddeti: VO ₂ peak %60 PLA Grubu -2 haftada bir Core egzersizleri ile 20 W düşük yoğunlukta 5 dakikalık egzersiz oturumu	-VKİ ↓	-VO ₂ peak (mL/kg/min) ↑ -SBP ↓ -DBP ↔ -PWV ↓	-HbA1c ↓ -HDL ↔ -LDL ↔ -TC ↔ -TG ↔
Ghardashi-Afousi vd., 2020	n=74 (31E; 28K) Y (Ort±St) = RE HIIT Grubu n= 30 (15E; 15K) Y (Ort±St)= 55.1±6.07 CON Grubu n= 29 (16E; 13K) Y (Ort±St)= 54.1±5.68	Egzersiz türü: HIIT (bisiklet egzersizi) Egzersiz süresi: 12 hafta Egzersiz sıklığı: 3 gün Egzersiz şiddeti: 3 dakika HRR %45-50, 6*4 dakika HRR %85-90 (6 dakikalık aralık)	CON Grubu RE	-VKİ ↔	-VO ₂ peak (mL/kg/min) ↑ -CIMT ↓ -SBP ↓ -DBP ↔	-FBG ↓ -HbA1c ↓ -HOMA-IR ↓ -İnsülin ↓

Sabag vd., 2020	n=35 (19E; 16K) Y (Ort±St) = 54.6±1.4 HIIT Grubu n= 12 (7E; 5K) Y (Ort±St) = 56.9±2.1 MICT Grubu n= 10 (6E; 4K) Y (Ort±St) = 54.8±2.4 PLA Grubu n= 10 (7E; 4K) Y (Ort±St) = 51.9±1.4	Egzersiz türü: HIIT Bisiklet egzersizi Egzersiz süresi:12 hafta (Her seans 19 dakika) Egzersiz sıklığı: Haftada 3 gün Egzersiz şiddeti: VO ₂ peak %90	MICT Grubu Egzersiz türü: MICT Bisiklet egzersizi Egzersiz süresi:12 hafta (Her seans 40-45 dakika) Egzersiz sıklığı: Haftada 3 gün Egzersiz şiddeti: VO ₂ peak %65 PLA Grubu Egzersiz türü: Fitball egzersizi + Bisiklet egzersizi Egzersiz süresi:12 hafta (<25 dkikadan az yapılmıştır) Egzersiz sıklığı: Her 2 haftada bir Egzersiz şiddeti: Düşük yoğunlukta 25W	-VKİ ↔ -Vücut ağırlığı (kg) ↔ -Bel çevresi (cm) ↓ -LV ↓	-VO ₂ peak (mL/kg/min) ↑	-FBG ↓ -HbA1c ↓ -HDL-C ↔ -İnsülin ↑ -LDL-C ↔ -TC ↔ -TG ↔
Ahmad, 2019	n=26 (26K) Y (Ort±St) = RE HIIT Grubu n= 8 (8K) Y (Ort±St) = 42±6.8 MICT Grubu n= 9 (9K) Y (Ort±St) = 42±6.8 CONT Grubu n= 9 (9K) Y (Ort±St) = 46±3.9	Egzersiz türü: HIIT (Koşu egzersizi) Egzersiz süresi: 8 hafta (4*4 dakika aralıklarla) Egzersiz sıklığı: Haftada 3 gün Egzersiz şiddeti: HRpeak %85-90	MICT Grubu Egzersiz türü: MICT (Koşu egzersizi) Egzersiz süresi: 8 hafta (Her seans 40 dakika) Egzersiz sıklığı: Haftada 3 gün Egzersiz şiddeti: HRpeak %65-75 CONT Grubu RE	-VKİ ↔	-VO ₂ peak (mL/kg/min) ↑	-HbA1c ↓
Magalhaes vd., 2019	n=80 (38E; 42K) Y (Ort±St) = RE HIIT Grubu n= 25 (15E; 10K) Y (Ort±St) = 56.7±8.3 MICT Grubu n= 28 (13E; 15K)	Egzersiz türü: HIIT (bisiklet egzersizi)+RT Egzersiz süresi: 1 yıl (Her seans 34 dakika) Egzersiz sıklığı: RE Egzersiz şiddeti: - 5-6. Haftada HRR % 70 (1 dakikalık aralık)	MICT Grubu Egzersiz türü: MICT (bisiklet egzersizi)+RT Egzersiz süresi: 1 yıl (Her seans 34 dakika, 1 dakikalık aralık) Egzersiz sıklığı: RE Egzersiz şiddeti: HRR %40-60 CON Grubu	-VKİ ↔ -Vücut ağırlığı (kg) ↔ -Bel çevresi (cm) ↔	-VO ₂ peak (mL/kg/min) ↑ -SBP ↓ -DBP ↓ -C-SBP ↓ -C-DBP ↓ -CIMT ↓ -CDC ↓ -CD PWV↓	-HbA1c ↔

	Y (Ort±St) = 59.7±6.5 CON Grubu n= 27(14E; 13K) Y (Ort±St) = 59±8.1	-7-8. Haftada HRR %40-60 (1 dakikalık aralık) -9-52. Haftada HRR %90 (1 dakikalık aralık)	RE			
Hwang vd., 2019	n=58 (30E; 28K) Y (Ort±St) = 46-78 (63±1) HIIT Grubu n= 23 (11E; 12K) Y (Ort±St) = 65±2 MICT Grubu n= 19 (11E; 8K) Y (Ort±St) = 62±2 CONT Grubu n= 16 (8E; 8K) Y (Ort±St) = 61±2	Egzersiz türü: HIIT Tüm ekstremitte ergometresi egzersizi Egzersiz süresi: 8 hafta (4*4 dakika aralıklarla) Egzersiz sıklığı: Haftada 4 gün Egzersiz şiddeti: HRpeak %90	MICT Grubu Egzersiz türü: MICT Tüm ekstremitte ergometresi Egzersiz süresi: 8 hafta (Her seans 32-47 dakika) Egzersiz sıklığı: Haftada 4 gün Egzersiz şiddeti: HRpeak %70	-VKİ ↔ -Vücut ağırlığı (kg) ↔ -Bel çevresi (cm) ↔	-VO ₂ peak (mL/kg/min) ↑	-FBG ↔ -HbA1c ↔ -HDL-C ↔ -İnsülin ↔ -LDL-C ↔ -TC ↔ -TG ↔
Cassidy vd., 2019	n=22 (17E; 5K) Y (Ort±St) = 60±2 HIIT Grubu n= 11 (9E; 2K) Y (Ort±St) = 60±3 CONT Grubu n= 11 (8E; 3K) Y (Ort±St) = 59±3	Egzersiz türü: HIIT Bisiklet ergometresi egzersizi + direnç egzersizi (bant egzersizi) Egzersiz süresi: 12 hafta Egzersiz sıklığı: Haftada 3 gün Egzersiz şiddeti: RPE (Borg skalası) 16-17 30 saniye (90 saniye dinlenme) + 60 saniye direnç egzersizi	CONT Grubu RE	-VKİ ↔ -Vücut ağırlığı (kg) ↔	-SBP ↔ -DBP ↔ -HR ↔ -CO ↔	-HbA1c ↓
Wormgoor vd., 2018	n=23 (RE) Y (Ort±St) = 35-59±RE HIIT+RT Grubu n= 11 (RE) Y (Ort±St) = 52.2±7.1 MICT+RT Grubu n= 12 (RE)	Egzersiz türü: HIIT Bisiklet ergometresi egzersizi + direnç egzersizi Egzersiz süresi: 12 hafta (3*30 dakika) Egzersiz sıklığı: Haftada 3 gün Egzersiz şiddeti: RPE (Borg skalası) 16	MICT+RT Grubu Egzersiz türü: MICT (bisiklet ergometresi egzersizi)+RT Egzersiz süresi: 12 hafta (3*30 dakika) Egzersiz sıklığı: Haftada 3 gün Egzersiz şiddeti: RPE (Borg skalası) 13	-VKİ ↓ -Vücut ağırlığı (kg) ↓	-VO ₂ peak (mL/kg/min) ↑ -SBP ↔ -DBP ↔	-HbA1c ↓ -HDL ↑ -TG ↓

	Y (Ort±St) = 52.5±7					
Winding vd., 2018	n=32 (19E; 13K) Y (Ort±St) = RE HIIT Grubu n= 13 (7E; 6K) Y (Ort±St) = 54±6 END Grubu n= 12 (7E; 5K) Y (Ort±St) = 58±8 CONT Grubu n= 7 (5E; 2K) Y (Ort±St) = 57±7	Egzersiz türü: HIIT Bisiklet ergometresi egzersizi Egzersiz süresi: 11 hafta (Her seans 20 dakika) Egzersiz sıklığı: Haftada 3 gün Egzersiz şiddeti: HR VO ₂ peak %95 (1*1 dakikalık aralık)	END Grubu Egzersiz türü: Bisiklet ergometresi egzersizi Egzersiz süresi: 11 hafta (Her seans 40 dakika) Egzersiz sıklığı: Haftada 3 gün Egzersiz şiddeti: VO ₂ peak %50 CONT Grubu RE	-VKİ ↔ -Vücut ağırlığı (kg) ↓ -TFM ↔	-VO ₂ peak (mL/kg/min) ↑	-FBG ↔ -HbA1c ↔ -HDL-C ↔ -LDL-C ↔ -TC ↔ -TG ↔
Cassidy vd., 2016	n=23 (18E; 5K) Y (Ort±St) = RE HIIT Grubu n= 12 (10E; 2K) Y (Ort±St)= 61±9 CON Grubu n= 11 (8E; 3K) Y (Ort±St)= 59±9	Egzersiz türü: HIIT (bisiklet egzersizi) Egzersiz süresi: 12 hafta (5*3 dakika) Egzersiz sıklığı: 3 gün Egzersiz şiddeti: RPE (Borg skalası) 16-17	CON Grubu RE	-Vücut ağırlığı (kg) ↓ -LF ↓	-SBP ↔ -DBP ↔ -E-DV ↑ -SV ↑	-FBG ↔ -HbA1c ↓ -HOMA-IR ↔ -İnsülin ↔ -TC ↔ -TG ↔
Alvarez vd., 2016	n=23 (23K) Y (Ort±St) = 44.5±1.8 HIIT Grubu n= 13 (13K) Y (Ort±St)= 45.6±3.1 CON Grubu n= 10 (10K) Y (Ort±St)= 43.1±1.5	Egzersiz türü: HIIT (koşu egzersizi) Egzersiz süresi: 16 hafta (8*30 saniye) Egzersiz sıklığı: 3 gün Egzersiz şiddeti: RPE (Borg skalası) 15-17	CON Grubu RE	-Vücut ağırlığı (kg) ↔ -Bel çevresi (cm) ↓	-VO ₂ peak (mL/kg/min) ↑ -SBP ↔ -DBP ↔	-TG ↓ -TC ↔ -HDL-C ↑ -LDL-C ↔
Maillard vd., 2016	n=17 (17K) Y (Ort±St) = 69±1	Egzersiz türü: HIIT bisiklet egzersizi	MICT Grubu Egzersiz türü: MICT bisiklet egzersizi	-VKİ ↔ -Vücut ağırlığı (kg) ↔	RE	-HbA1c ↔ -FBG ↔ -HDL ↔

HIIT Grubu n= 8 (8K) Y (Ort±St) = RE	Egzersiz süresi: 8 hafta (60*8 saniye) Egzersiz sıklığı: Haftada 2 gün Egzersiz şiddeti: HRpeak %77-85 (12 saniye aralıklarla)	Egzersiz süresi: 8 hafta (Her seans 40 dakika) Egzersiz sıklığı: Haftada 2 gün Egzersiz şiddeti: HRpeak %55-60	-Bel çevresi (cm) ↓ -TFM ↓ -VFM ↓	-LDL ↔ -TG ↔ -TC ↔
MICT Grubu n= 9 (K) Y (Ort±St) = RE				

CD PWV, Carotid distal pulse wave velocity (karotis distal nabız dalga hızı); **C-DBP**, Karotis diastolic blood pressure (karotis diastolik kan basıncı); **CDC**, Carotid distensibility coefficient (karotis genişletilebilirlik katsayısı); **CIMT**, Carotid intima media thickness (karotis intima medya kalınlığı); **cm**, santimetre; **CO**, Cardiac output (kalp debisi); **CONT**, Kontrol ; **CRP**, high-sensitive C-reactive protein; **C-SBP**, Carotid Systolic blood pressure (karotis sistolik kan basıncı); **DBP**, Diastolic blood pressure (diastolik kan basıncı); **E**, Erkek; **E-DV**, End-diastolic volume (diastol sonu hacim) ; **FBG**, Fasting blood glucose (açlık kan glukozu); **FO**, Fish oil (balık yağı); **HbA1c**, hemoglobin A1c; **HDL**, High-density lipoprotein; **HDL-C**, HDL kolesterol (HDL kolesterol); **HIIT**, High intensity interval training (yüksek şiddetli aralıklı antrenman); **HOMA-IR**, Homeostatic model assessment for insulin resistance (indülin direncinin homeostatik modeli değerlendirilmesi); **HR**, Heart rate (kalp atım hızı); **HRR**, Heart rate reserve (Kalp atış rezervi); **IL-6**, Interleukin 6; **K**, Kadın; **kg**, kilogram; **LDL**, Low-density lipoprotein; **LDL-C**, LDL kolesterol (LDL kolesterol); **LV**, Liver fat (karaciğer yağı); **MICT**, Moderate-intensity continuous training (orta şiddetli sürekli antrenman); **PLA**, Plasabo; **PWV**, Pulse wave velocit (nabız dalga hızı); **RE**, Rapor edilmedi; **RPE**, Perceived exertion (algılanan efor derecesi); **RT**, Resistant training (direnc egzersizi); **SBP**, Systolic blood pressure (sistolik kan basıncı); **ST**, Strength training (kuvvet antrenmanı); **SV**, Stroke volume (Strok hacmi); **TC**, Total kolesterol (toplam kolesterol); **TFM**, Total fat mass (total yağ yüzdesi); **TG**, Triglycerides (trigliserit) **TNF- α**, Tumor necrosis factor-alpha; **VFM**, Visceral fat mass (viseral yağ kütlesi); **VKİ**, Vücut kütle indeksi; **W**, Watt; **Y**, Yaş; ↑, anlamlı ilişki var (pozitif yönde); ↔, önemli bir gelişme yok; ↓, anlamlı bir ilişki var (negatif yönde yönde)

TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu çalışmanın amacı, Tip 2 diyabet (T2D) hastalarında HIIT'in vücut kompozisyonu, kardiyorespiratuar uygunluk ve metabolik parametreler üzerindeki etkisini belirlemek ve bunu MICT ile randomize kontrollü ve kontrollü olmayan çalışmalarda karşılaştırarak mevcut sonuçları sistematik olarak incelemektir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar incelendiğinde, T2D hastalarında VO_{2peak} 'i artırmada, vücut yağ kütesinin ve HbA1c düzeyinin azalmasında HIIT'in MICT'den daha etkili olduğu görülmektedir.

Fazla kilo ve obezite, T2D oluşumu için önemli risk faktörleridir ve obez bireylerde insülin direncinin gelişmesine katkıda bulunur (Heianza vd., 2015; Kahn vd., 2006). Dahil ettiğimiz çalışmaların büyük çoğunluğu, HIIT'in vücut kütle indeksi, vücut ağırlığı ve bel çevresinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı tespit edilirken, toplam vücut yağ yüzdesinde önemli bir değişim gözlemlendiği görülmüştür. Cassidy ve diğerleri (2016), randomize çalışmalarında, HIIT performansının ardından karaciğer yağında %39 nispi bir azalma olduğunu bildirdiler ve HbA1c ve 2 saatlik glukozdaki değişikliklerle anlamlı bir korelasyon olduğunu gözlemlədiler. Ayrıca, Karstoft ve diğerleri (2013), T2D hastalarının HIIT eğitimi sırasında MICT uygulayanlara göre daha fazla oksijen tüketimine sahip olduğunu bulmuşlardır, bu da onların daha fazla kilo kaybindan sorumlu olabileceğini düşündürmektedir. Son yıllarda yapılan araştırmalar, egzersizin vücut kompozisyonu üzerindeki olumlu etkilerinin, glisemik kontrolün iyileştirilmesi ile ilişkili olabileceğini göstermiştir. Örneğin, uzun süreli randomize bir çalışmada, Senechal ve diğerleri (2013), HbA1c'deki değişikliklerin, T2D'li bireylerde vücut ağırlığı, bel çevresi ve gövde yağ kütesindeki değişikliklerle ilişkili olduğunu bulmuşlardır. Bununla birlikte, özellikle, bu inceleme HIIT'in T2D'li bireylerde vücut yağının azalması üzerinde olumlu etkileri olduğunu gösterse de, HIIT'in kan lipidleri üzerindeki etkileri sınırlıydı. Sadece LDL kolesterol, HIIT'den sonra MICT'den sonra önemli ölçüde daha düşük seviyeler gösterirken, toplam kolesterol ve HDL kolesterol göstermemiştir. Bu nedenle, HIIT'in T2D hastalarında lipid kontrolü için başarılı bir egzersiz programı olup olmayacağını belirlemek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

HbA1c sadece glikozun en yaygın kullanılan göstergesi değildir, aynı zamanda T2D hastalarında kardiyovasküler hastalık için önemli bir risk faktörüdür (Li vd., 2022; Woerle vd., 2007; Stratton vd., 2000). Ayrıca HbA1c düzeylerinin %1 oranında azaltılması durumunda mikrovasküler komplikasyon riskinin %37 oranında ve diyabete bağlı ölüm riskinin %21 oranında azaltılabileceğini göstermiştir (Stratton vd., 2000). Dahil ettiğimiz çalışmalar ile benzer şekilde, Grace ve diğerleri (2017), aerobik egzersizin HbA1c düzeylerini düşürmedeki olumlu etkilerini kontrollere göre karşılaştırmışlardır. HIIT, MICT'den %0.37 daha fazla HbA1c düşüşü gösterdiği, bu durumun HIIT'in glisemik kontrol üzerinde ek faydaları olabileceğini ifade etmişlerdir. Bu çalışmanın sonuçları, Jolleyman ve diğerleri (2015) tarafından yürütülen bir meta-analizin bulgularıyla tutarsızlık göstermektedir. Bu çalışmada, HIIT'in diyabetli ve metabolik sendromlu hastalarda HbA1c düzeylerini düşürebildiğini, ancak sürekli egzersize kıyasla azalmada anlamlı bir fark olmadığını bulmuşlardır. Ayrıca, bir meta-analiz çalışmasında, egzersiz yoğunluğunun HbA1c'de ağırlık MD'sinin T2D hastalarında egzersiz hacminden daha iyi bir öngörücüsü olduğu sonucuna varılmıştır (Boule vd., 2003). Aerobik antrenmanın insülin yoğunluğu üzerindeki etkilerinin daha yakından etkilendiğini gösterse de, HIIT sonrası hastalarda CON ve MICT gruplarıyla karşılaştırıldığında açlık glikozu, açlık insülini veya insülin direnci değişikliklerinde istatistiksel açıdan anlamlı bir farkın olmadığını tespit ettik. Tutarsız sonuçlar, kısmen insülin duyarlılığını ölçmek için kullanılan yöntemler arasındaki farkın yanı sıra glisemik kontrolün temel çizgisindeki farkla açıklanabilir. Yapılacak olan daha birçok araştırmada, HIIT egzersiz programı (örneğin, egzersizin yoğunluğu, şiddeti, süresi vb.) ve hastaların özellikleri (özellikle yaş, diyabet süresi ve başlangıç düzeyi vb.) hakkındaki verileri içermelidir.

Hem VO_{2peak} hem de HbA1c, T2D hastalarında kardiyovasküler olayların önemli belirleyicileridir ve önceki çalışmalar, düşük kardiyorespiratuar uygunluğun, bozulmuş glisemik kontrol için artan risk ile ilişkili olduğunu göstermiştir (Stratton vd., 2000; Nojima vd., 2017). Aerobik egzersiz eğitimi, VO_{2peak} ve HbA1c iyileştirmek için etkili bir yolu temsil eder ve önceki bir meta-analiz, aerobik egzersiz yoğunluğunun, T2D'li kişilerde VO_{2peak} 'in iyileştirilmesi için birincil uyarıcı olduğunu ortaya çıkarmıştır (Grace vd., 2017). Hollekin ve diğerleri (2014), hem MICT hem de HIIT

gruplarının istirahatte diyastolik fonksiyonda iyileşme gösterdiğini, ancak HIIT grubunun MICT grubuna göre daha fazla gelişme gösterdiğini gözlemişlerdir. Ayrıca, Little ve diğerleri (2011), 2 hafta boyunca 60 saniyelik dinlenme ile maksimum kalp atış hızının %90'ı yoğunlukta altı seans düşük hacimli HIIT uygulayan T2D'li kişilerin maksimum sitrat sentezi aktivitesinde ve iskelet kası mitokondriyal proteininde bir artış yaşadıklarını bulmuşlardır. Düşük hacimli HIIT'i takiben iskelet kası mitokondriyal içeriğindeki ve işlevindeki artışların, geliştirilmiş VO₂peak'e katkıda bulunan faktörler olabileceğini düşündürmektedir.

Sonuç olarak, HIIT'in MICT'ye tercih edilen T2D hastalarında kardiyorespiratuar uygunluğu iyileştirmek için etkili bir strateji olabileceği görülmektedir. Vücut kompozisyonu parametrelerinden vücut kütle indeksi, vücut ağırlığı; metabolik parametrelerden kolesterol, trigliserit, insülin gibi T2D'nin prognozu ile ilişkili diğer parametrelerle ilgili sonuçlar kesin olmadığı görülmektedir. Mevcut çalışmalara göre, kontrollü bir diyet, bir egzersiz programı yöntemi olarak HIIT'in vücut kompozisyonu, kardiyorespiratuar uygunluk ve metabolik parametreler üzerindeki etkilerini iyileştirebilir. Ancak, mevcut çalışmaların yetersiz olmasından dolayı, uzun vadede örneklem büyüklüklerine sahip çok merkezli randomize kontrollü deneysel çalışmalar aracılığıyla T2D hastalarında HIIT'in etkilerini araştırmak için güncel araştırmalara ihtiyaç vardır.

Yazarların Makaleye Katkı Beyanı

Fikir/Kavram: Şerife Vatansever, Merve Gezen Bölükbaş, Raziye Gül Tirkayi Sönmez; Makale Tasarımı: Şerife Vatansever, Merve Gezen Bölükbaş, Danışmanlık: Raziye Gül Tirkayi Sönmez; Veri Toplama ve İşleme: Şerife Vatansever, Merve Gezen Bölükbaş; Analiz/Yorum: Şerife Vatansever, Merve Gezen Bölükbaş; Literatür taraması: Şerife Vatansever, Merve Gezen Bölükbaş; Makale Yazımı: Şerife Vatansever, Merve Gezen Bölükbaş; Eleştirel İnceleme: Raziye Gül Tirkayi Sönmez
Makale Gönderimi Sorumlu Yazar: Merve Gezen Bölükbaş

Çıkar Çatışması

Yazarların beyan edecek herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Finansal Destek

Bu çalışmanın yapılabilmesi için herhangi bir finansal destek alınmamıştır.

Etik Kurul Onayı

Derleme çalışmaları etik kurul izni gerektirmeyen çalışmalardır.

Hakem Değerlendirmesi

Kör hakemlik süreci sonrası yayınlanmaya uygun bulunmuş ve kabul edilmiştir.

KAYNAKÇA

- Ahmad, A. M. (2019). Moderate-intensity continuous training: is it as good as high-intensity interval training for glycemic control in type 2 diabetes? *J Exerc Rehabil*, 15(2), 327-333.
- Alvarez, C., Ramirez-Campillo, R., Martinez-Salazar, C., Mancilla, R., Flores-Opazo, M., Cano-Montoya, J., & Ciolac, E. G. (2016). Low-Volume High-Intensity Interval Training as a Therapy for Type 2 Diabetes. *Int J Sports Med*, 37(9), 723-729.
- Anderson, J. E., Greene, M. A., Griffin, J. W., et al. (2012). Diabetes and employment. *Diabetes Care*, 35, S94–S98.
- Baasch-Skytte, T., Lemgart, C. T., Oehlenschläger, M. H., Petersen, P. E., Hostrup, M., Bangsbo, J., Gunnarsson, T. P. (2020). Efficacy of 10-20-30 training versus moderate-intensity continuous training on HbA1c, body composition and maximum oxygen uptake in male patients with type 2 diabetes: A randomized controlled trial. *Diabetes Obes Metab*, 22(5), 767-778.
- Boule, N. G., Kenny, G. P., Haddad, E., et al. (2003). Meta-analysis of the effect of structured exercise training on cardiorespiratory fitness in Type 2 diabetes mellitus. *Diabetologia*, 46, 1071–1081.
- Cassidy, S., Thoma, C., Hallsworth, K., Parikh, J., Hollingsworth, K. G., Taylor, R., Jakovljevic, D. G., & Trenell, M. I. (2016). High intensity intermittent exercise improves cardiac structure and function and reduces liver fat in patients with type 2 diabetes: a randomised controlled trial. *Diabetologia*, 59(1), 56-66.

-
- Cassidy, S., Vaidya, V., Houghton, D., Zalewski, P., Seferovic, J. P., Hallsworth, K., MacGowan, G. A., Trenell, M. I., & Jakovljevic, D. G. (2019). Unsupervised high-intensity interval training improves glycaemic control but not cardiovascular autonomic function in type 2 diabetes patients: A randomised controlled trial. *Diab Vasc Dis Res*, 16(1), 69-76.
- Church, T. S., Blair, S. N., Cocreham, S., et al. (2010). Effects of aerobic and resistance training on hemoglobin A1c levels in patients with type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *JAMA*, 304, 2253–2262.
- Colberg, S. R., Sigal, R. J., Fernhall, B., et al. (2010). Exercise and type 2 diabetes: the American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association: joint position statement executive summary. *Diabetes Care*, 33, 2692–2696.
- Costigan, S. A., Eather, N., Plotnikoff, R. C., et al. (2015). High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 49, 1253–1261.
- Ellingsen, O., Halle, M., Conraads, V., et al. (2017). High-intensity interval training in patients with heart failure with reduced ejection fraction. *Circulation*, 135, 839–849.
- Gentil, P., Silva, L. R. B. E., Antunes, D. E., Carneiro, L. B., de Lira, C. A. B., Batista, G., de Oliveira, J. C. M., Cardoso, J. S., Souza, D. C., & Rebelo, A. C. S. (2023). The effects of three different low-volume aerobic training protocols on cardiometabolic parameters of type 2 diabetes patients: A randomized clinical trial. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 14, 985404.
- Ghardashi-Afousi, A., Davoodi, M., Hesamabadi, B. K., Asvadi-Fard, M., Bigi, M. A. B., Izadi, M. R., & Gaeini, A. A. (2020). Improved carotid intima-media thickness-induced high-intensity interval training associated with decreased serum levels of Dkk-1 and sclerostin in type 2 diabetes. *J Diabetes Complications*, 34(1), 107469.
- Grace, A., Chan, E., Giallauria, F., et al. (2017). Clinical outcomes and glycaemic responses to different aerobic exercise training intensities in type II diabetes: a systematic review and meta-analysis. *Cardiovascular Diabetology*, 16, 37.
- Hannan, A. L., Hing, W., Simas, V., et al. (2018). High-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training within cardiac rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 9, 1–17.
- Heianza, Y., Kato, K., Kodama, S., et al. (2015). Risk of the development of Type 2 diabetes in relation to overall obesity, abdominal obesity and the clustering of metabolic abnormalities in Japanese individuals: does metabolically healthy overweight really exist? The Niigata Wellness Study. *Diabetic Med*, 32, 665–672.
- Hollekim-Strand, S. M., Bjorgaas, M. R., Albrektsen, G., et al. (2014). High-intensity interval exercise effectively improves cardiac function in patients with type 2 diabetes mellitus and diastolic dysfunction: a randomized controlled trial. *J Am Coll Cardiol*, 64, 1758–1760.
- Hottenrott, K., Ludyga, S., & Schulze, S. (2012). Effects of high intensity training and continuous endurance training on aerobic capacity and body composition in recreationally active runners. *Journal of Sports Science & Medicine*, 11, 483–488.
- Hua, L., Lei, M., Xue, S., Li, X., Li, S., & Xie, Q. (2020). Effect of fish oil supplementation combined with high-intensity interval training in newly diagnosed non-obese type 2 diabetes: a randomized controlled trial. *J Clin Biochem Nutr*, 66(2), 146-151.
- Hwang, C. L., Lim, J., Yoo, J. K., Kim, H. K., Hwang, M. H., Handberg, E. M., Petersen, J. W., Holmer, B. J., Leey Casella, J. A., Cusi, K., & Christou, D. D. (2019). Effect of all-extremity high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on aerobic fitness in middle-aged and older adults with type 2 diabetes: A randomized controlled trial. *Exp Gerontol*, 116, 46-53.
- Jelleyman, C., Yates, T., O'Donovan, G., et al. (2015). The effects of high-intensity interval training on glucose regulation and insulin resistance: a meta-analysis. *Obesity Reviews*, 16, 942–961.
- Jing, X., Chen, J., Dong, Y., Han, D., Zhao, H., Wang, X., ... & Ma, J. (2018). Related factors of quality of life of type 2 diabetes patients: a systematic review and meta-analysis. *Health and Quality of Life Outcomes*, 16(1), 189.
- Johansen, M. Y., MacDonald, C. S., Hansen, K. B., et al. (2017). Effect of an intensive lifestyle intervention on glycemic control in patients with type 2 diabetes: a randomized clinical trial. *JAMA*, 318, 637–646.
- Jorge, M. L., de Oliveira, V. N., Resende, N. M., et al. (2011). The effects of aerobic, resistance, and combined exercise on metabolic control, inflammatory markers, adipocytokines, and muscle insulin signaling in patients with type 2 diabetes mellitus. *Metabolism*, 60, 1244–1252.
- Kahn, S. E., Hull, R. L., & Utzschneider, K. M. (2006). Mechanisms linking obesity to insulin resistance and type 2 diabetes. *Nature*, 444, 840–846.
- Karstoft, K., Winding, K., Knudsen, S. H., et al. (2013). The effects of free-living interval-walking training on glycemic control, body composition, and physical fitness in type 2 diabetic patients: a randomized, controlled trial. *Diabetes Care*, 36, 228–236.
-

- Kolb, H., & Martin, S. (2017). Environmental/lifestyle factors in the pathogenesis and prevention of type 2 diabetes. *BMC Medicine*, 15, 131.
- Kramer, A. M., Martins, J. B., de Oliveira, P. C., Lehnen, A. M., & Wacławovsky, G. (2023). High-intensity interval training is not superior to continuous aerobic training in reducing body fat: A systematic review and meta-analysis of randomized clinical trials. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 21(4), 385-394.
- Li, J., Cheng, W., & Ma, H. (2022). A Comparative Study of Health Efficacy Indicators in Subjects with T2DM Applying Power Cycling to 12 Weeks of Low-Volume High-Intensity Interval Training and Moderate-Intensity Continuous Training. *J Diabetes Res*, 2022, 9273830.
- Little, J. P., Gillen, J. B., Percival, M. E., et al. (2011). Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *J Appl Physiol* (Bethesda Md 1985), 111, 1554–1560.
- Magalhaes, J. P., Hetherington-Rauth, M., Judice, P. B., Correia, I. R., Rosa, G. B., Henriques-Neto, D., Melo, X., Silva, A. M., & Sardinha, L. B. (2021). Interindividual Variability in Fat Mass Response to a 1-Year Randomized Controlled Trial With Different Exercise Intensities in Type 2 Diabetes: Implications on Glycemic Control and Vascular Function. *Front Physiol*, 12, 698971.
- Magalhaes, J. P., Melo, X., Correia, I. R., Ribeiro, R. T., Raposo, J., Dores, H., Bicho, M., & Sardinha, L. B. (2019). Effects of combined training with different intensities on vascular health in patients with type 2 diabetes: a 1-year randomized controlled trial. *Cardiovasc Diabetol*, 18(1), 34.
- Magalhaes, J. P., Santos, D. A., Correia, I. R., et al. (2020). Impact of combined training with different exercise intensities on inflammatory and lipid markers in type 2 diabetes: a secondary analysis from a 1-year randomized controlled trial. *Cardiovasc Diabetol*, 19, 169.
- Maillard, F., Pereira, B., ve Boisseau, N. (2018). Effect of high-intensity interval training on total, abdominal and visceral fat mass: a meta-analysis. *Sports Medicine*, 48, 269–288.
- Maillard, F., Rousset, S., Pereira, B., Traore, A., de Pradel Del Amaze, P., Boirie, Y., & Duclos, M. (2016). High-intensity interval training reduces abdominal fat mass in postmenopausal women with type 2 diabetes. *Diabetes Metab*, 42(6), 433-441.
- Mendes, R., Sousa, N., Themudo-Barata, J. L., & Reis, V. M. (2019). High-Intensity Interval Training Versus Moderate-Intensity Continuous Training in Middle-Aged and Older Patients with Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Crossover Trial of the Acute Effects of Treadmill Walking on Glycemic Control. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(21), 4163.
- Mitranun, W., Deerochanawong, C., Tanaka, H., et al. (2014). Continuous vs interval training on glycemic control and macro- and microvascular reactivity in type 2 diabetic patients. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24, e69–e76.
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., et al. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Syst Rev*, 4(1), 1.
- Motahari-Tabari, N., Ahmad Shirvani, M., Shirzad, E.A.M., et al. (2014). The effect of 8 weeks aerobic exercise on insulin resistance in type 2 diabetes: a randomized clinical trial. *Global Journal of Health Science*, 7, 115–121.
- Nojima, H., Yoneda, M., Watanabe, H., et al. (2017). Association between aerobic capacity and the improvement in glycemic control after the exercise training in type 2 diabetes. *Diabetol Metab Syndr*, 9, 63.
- Norton, K., Norton, L., & Sadgrove, D. (2010). Position statement on physical activity and exercise intensity terminology. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13, 496–502.
- Phillips, B. E., Kelly, B. M., Lilja, M., et al. (2017). A practical and time-efficient high-intensity interval training program modifies cardio-metabolic risk factors in adults with risk factors for type II diabetes. *Frontiers in Endocrinology*, 8, 229.
- Ribisl, P. M., Gaussoin, S. A., Lang, W., et al. (2012). Lifestyle intervention improves heart rate recovery from exercise in adults with type 2 diabetes: results from the Look AHEAD study. *Journal of Obesity*, 2012, 309196.
- Roy, M., Williams, S. M., Brown, R. C., et al. (2018). High-intensity interval training in the real world: outcomes from a 12-month intervention in overweight adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50, 1818–1826.
- Sabag, A., Way, K. L., Sultana, R. N., Keating, S. E., Gerofi, J. A., Chuter, V. H., Byrne, N. M., Baker, M. K., George, J., Caterson, I. D., Twigg, S. M., & Johnson, N. A. (2020). The Effect of a Novel Low-Volume Aerobic Exercise Intervention on Liver Fat in Type 2 Diabetes: A Randomized Controlled Trial. *Diabetes Care*, 43(10), 2371-2378.
- Sabouri, M., Hatami, E., Pournemati, P., & Shabkhiz, F. (2021). Inflammatory, antioxidant and glycemic status to different mode of high-intensity training in type 2 diabetes mellitus. *Mol Biol Rep*, 48(6), 5291-5304.
- Senechal, M., Swift, D. L., Johannsen, N. M., et al. (2013). Changes in body fat distribution and fitness are associated with changes in hemoglobin A1c after 9 months of exercise training: results from the HART-D study. *Diabetes Care*, 36, 2843–2849.

-
- Sigal, R. J., Kenny, G. P., Boule, N. G., et al. (2007). Effects of aerobic training, resistance training, or both on glycemic control in type 2 diabetes: a randomized trial. *Annals of Internal Medicine*, 147, 357–369.
- Sloth, M., Sloth, D., Overgaard, K., & Dalgas, U. (2013). Effects of sprint interval training on VO₂max and aerobic exercise performance: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23, e341–e352.
- Stoa, E. M., Meling, S., Nyhus, L. K., et al. (2017). High-intensity aerobic interval training improves aerobic fitness and HbA1c among persons diagnosed with type 2 diabetes. *European Journal of Applied Physiology*, 117, 455–467.
- Stratton, I. M., Adler, A. I., Neil, H. A., et al. (2000). Association of glycaemia with macrovascular and microvascular complications of type 2 diabetes (UKPDS 35): prospective observational study. *BMJ*, 321, 405–412.
- Way, K. L., Sabag, A., Sultana, R. N., Baker, M. K., Keating, S. E., Lanting, S., Gerofi, J., Chuter, V. H., Caterson, I. D., Twigg, S. M., & Johnson, N. A. (2020). The effect of low-volume high-intensity interval training on cardiovascular health outcomes in type 2 diabetes: A randomised controlled trial. *Int J Cardiol*, 320, 148-154.
- Wewege, M., van den Berg, R., Ward, R. E., & Keech, A. (2017). The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on body composition in overweight and obese adults: a systematic review and meta-analysis. *Obesity Reviews*, 18, 635–646.
- Whiting, D. R., Guariguata, L., Weil, C., et al. (2011). IDF diabetes atlas: Global estimates of the prevalence of diabetes for 2011 and 2030. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 94, 311–321.
- Winding, K. M., Munch, G. W., Iepsen, U. W., Van Hall, G., Pedersen, B. K., & Mortensen, S. P. (2018). The effect on glycaemic control of low-volume high-intensity interval training versus endurance training in individuals with type 2 diabetes. *Diabetes Obes Metab*, 20(5), 1131-1139.
- Wisloff, U., Stoylen, A., Loennechen, J. P., et al. (2007). Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation*, 115, 3086–3094.
- Woerle, H. J., Neumann, C., Zschau, S., et al. (2007). Impact of fasting and postprandial glycemia on overall glycemic control in type 2 diabetes Importance of postprandial glycemia to achieve target HbA1c levels. *Diabetes Res Clin Pract*, 77, 280–285.
- World Health Organization (WHO). (2016). Global Report on Diabetes. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565257> [Erişim Tarihi: 27.12.2023]
- Wormgoor, S. G., Dalleck, L. C., Zinn, C., Borotkanics, R., & Harris, N. K. (2018). High-Intensity Interval Training Is Equivalent to Moderate-Intensity Continuous Training for Short- and Medium-Term Outcomes of Glucose Control, Cardiometabolic Risk, and Microvascular Complication Markers in Men With Type 2 Diabetes. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 9, 475.
- Wrench, E., Rattley, K., Lambert, J. E., Killick, R., Hayes, L. D., Lauder, R. M., & Gaffney, C. J. (2022). There is no dose-response relationship between the amount of exercise and improvement in HbA1c in interventions over 12 weeks in patients with type 2 diabetes: a meta-analysis and meta-regression. *Acta Diabetologica*, 59(11), 1399-1415.