

Güncel Yüksek Şiddetli Aralıklı Antrenman (High Intensity Interval Training- HIIT) Uygulamalarının Kardiyovasküler-Metabolik ve Performans Yanıtları: Sistemik Derleme

The Cardiovascular - Metabolic and Performance Responses of the Current High-Intensity Interval Training (HIIT) Applications: A Systematic Review

^{ID} Murat BİLGE^a, ^{ID} Damla Selin YILDIRIM^b, ^{ID} Gülfem ERSÖZ^c

^aKırıkkale Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Kırıkkale, TÜRKİYE

^bLokman Hekim Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Ankara, TÜRKİYE

^cAnkara Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Ankara, TÜRKİYE

ÖZET Modern toplumda bir norm haline gelmiş olan hareketsizlik, birçok hastalık için risk faktörüdür. Fiziksel aktivite ve egzersiz için birçok engel bulunmakta olup, başlıca sebebi zaman eksikliğidir. Yaygın metabolik hastalıkların tedavisi ve yönetiminde rol oynayan egzersiz, sağlıklı yaşamın temel prensiplerinden biridir. Daha kısa egzersiz ve dinlenme süreleriyle uygulanan antrenman birimleri, aerobik fitness gelişimi için gelecek vaat eden bir egzersiz stratejisidir. Sağladığı kardiyovasküler, metabolik ve fiziksel yararları ile evrensel bir antrenman seçeneği olabilir. Bu derlemenin amacı, yüksek şiddetli aralıklı antrenman (HIIT) etkilerini; kardiyovasküler, metabolik ve performans yanıtlarıyla değerlendiren yapılmış araştırmalarla ilgili bir sistemik derleme sunabilmektir. Veri toplama yöntemi olarak, elektronik veri tabanları kullanılarak araştırma yapılmıştır. Tanımlanan çalışmalar, dâhil etme kriterlerini doğrulamak için eleştirel analiz ve önyargı değerlendirilmesinden sonra ayrıntılı olarak gözden geçirilmiştir. HIIT ve kardiyovasküler sağlıkla ilgili incelenen çalışmalarda, maksimal oksijen tüketim kapasitesi, kardiyovasküler toparlanma, kardiyorespiratuar fitness bileşenleri, kardiyovasküler risk faktörleri ve yaşam kalitesi parametreleri; HIIT ve metabolik sağlıkla ilgili incelenen çalışmalarda, vücut kompozisyonu, glisemik kontrol, insülin seviyeleri, vücut yağ yüzdesi, beden kitle indeksi, vücut ağırlığı, kan laktat cevapları, ortalama arteriyel ve sistolik kan basınçları, kalp atım hızı rezervi, yağ oksidasyonu, bazal aktivite düzeyleri, kemik mineral yoğunluğu, inhibitör kontrol, bilişsel sağlık; HIIT ve performansla ilgili incelenen çalışmalarda, aerobik performans parametreleri, mitokondriyal oksidatif kapasite, kapiller yoğunluk, kalp hızı değişimleri, maksimal oksijen kapasitesi, vücut kompozisyonu, eğlence oranları gibi parametreleri değerlendirmeye alınmıştır. Sonuç olarak HIIT uygulamalarının, kardiyovasküler, metabolik ve performans yanıtlarında etkili olduğunu gösteren araştırmalar gelecek için yol gösterici olabilecektir.

ABSTRACT The physical inactivity, that has become a norm in the modern society, is a risk factor for many diseases. There are many obstacles to physical activity and exercise and the main reason is the lack of time. Exercise that has a role in the treatment and management of the common metabolic diseases is one of the main principles of a healthy life. The training units applied with shorter exercise and rest times are a promising exercise strategy for aerobic fitness development. It may be a universal exercise option owing to its cardiovascular, metabolic and physical advantages. The aim of this review is to present a systematic review about the previous studies assessing the effects of high-intensity interval training (HIIT) together with the cardiovascular, metabolic and performance responses. As the data collection method, the study was conducted using the electronic databases. The identified studies were reviewed in detail after the critical analysis and bias assessment in order to verify the inclusion criteria. The maximum oxygen consumption capacity, cardiovascular recovery, cardiorespiratory fitness components, cardiovascular risk factors and life quality parameters were assessed in the studies examining HIIT and cardiovascular health. Body composition, glycemic control, insulin levels, body fat percentage, body mass index, body weight, blood lactate responses, average arterial and systolic blood pressures, heart rate reserve, fat oxidation, basal activity levels, bone mineral intensity, inhibitor control, and cognitive health were assessed in the studies examining with HIIT and metabolic health. Aerobic performance parameters, mitochondrial oxidative capacity, capillary intensity, heart rate changes, maximal oxygen capacity, body composition, and entertainment rates were assessed in the studies examining HIIT and performance. Consequently, the studies revealing that HIIT applications are effective in cardiovascular, metabolic and performance responses may be guiding for the future.

Anahtar Kelimeler: Fiziksel dayanıklılık; egzersiz; yüksek şiddetli aralıklı antrenman; hastalar

Keywords: Physical endurance; exercise; high-intensity interval training; patients

Correspondence: Damla Selin YILDIRIM

Lokman Hekim Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Ankara, TÜRKİYE/TURKEY

E-mail: selin0658@gmail.com



Peer review under responsibility of Turkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences.

Received: 17 May 2020

Received in revised form: 19 Aug 2020

Accepted: 19 Aug 2020

Available online: 22 Jan 2021

2146-8885 / Copyright © 2021 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Fiziksel aktivite ve egzersiz için kişiler, kendilerine engel bulabilir ve dünyada XXI. yüzyılda her 5 erişkinden 1'i fiziksel olarak aktif değildir.^{1,2} Dünya çapında yaygın olan ve bireyleri olumsuz yönde etkileyen SED davranışlar, modern toplumda bir norm hâline gelmiş olup, çeşitli kronik hastalıklar için bağımsız bir risk faktörü olmuştur. Hareketsizlikle birlikte; kardiyovasküler hastalıklar, Tip 2 diyabet, karaciğer hastalıkları, metabolik hastalıklar, obezite, şişmanlığın neden olduğu bedensel ve ruhsal hastalıklar, kanser gibi hastalıkları içeren mortalite için önemli risk faktörleri hızla artmaktadır.^{1,4} Hareketsizlikle savaşmak için fiziksel aktivite programlarında yer alarak aktif yaşam tarzına geçmek, genel sağlık gelişimini sağlar ve bu tür patolojileri önler.^{1,2}

Dünya Sağlık Örgütü ve birçok sağlık kuruluşu, fiziksel aktivitenin önemini vurgulamıştır. Sporcu olmayan bireyler ve hastalar, özellikle zaman kısıtlamaları nedeniyle fiziksel aktiviteye zaman ayıramamakta, hatta aktif olmayan erişkinlerin sayısı yüksek kalmaktadır. Aynı zamanda sporcular da aşırı yüklenmeye bağlı olarak, sakatlanmalara sebep veren çok fazla antrenman yapma eğilimindedir.²⁻⁵ Bu nedenle zaman açısından etkili, kardiyovasküler sağlık üzerinde iyi etkileri olan ve sporcuların performansını geliştirecek, değiştirilmiş bir egzersiz protokolü bulmaya ihtiyaç vardır.¹⁻⁶

Son yıllarda, vücut kompozisyonu, aerobik kapasite, fiziksel fitness gelişimi, zaman açısından etkileri ve aynı zamanda yaşam tarzıyla ilişkili hastalıkların önlenmesiyle geliştirilmesinden dolayı artan, bir popülerite kazanan yüksek şiddetli aralıklı antrenman [high-intensity interval training (HIIT)], optimal antrenman programı olarak dikkat çekmiştir.⁵⁻¹¹ Son 20 yılda büyük ilgi gören HIIT, orta şiddetli antrenman programına kıyasla önemli ölçüde daha etkili bulunmuş, güvenli ve yüksek katılımlı bir aktivite olarak görülmüştür.^{2,12,13}

EGZERSİZ VE İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Günümüzde sağlıklı yaşamın temel prensiplerinden biri olan egzersiz, minerallerin birikimi yoluyla bireysel dengeyi geliştiren ve kasları güçlendiren, aynı zamanda kas gerginliği ve yer çekimi ile kemiğe kuv-

vet aktarımını sağlayarak, kemik kırıkları riskini azaltabilen, kemik oluşumunun uyarıcısı ve koruyucusudur.³⁻¹⁴ Kas, kalp ve solunum sistemi üzerinde olumlu etkileri olan egzersiz, yaygın metabolik hastalıkların tedavisi ve yönetiminde merkezî rol oynar.^{1,15} Egzersiz; plazma glukozunu düşürür, bazal ve postprandiyal insülin seviyelerini azaltır, insülin duyarlılığını artırır, koroner kalp hastalığı açısından yarar sağlamakla birlikte, koroner kalp hastalığı risk faktörlerinin modifikasyonuna yardımcı olur, lipid profilini düzeltir, kas GLUT-4 seviyesini artırır, glukoz toleransı olanlarda diyabet ilerlemesini yavaşlatır.^{4,16} Egzersiz toleransının artması, miyokardiyal ve periferel perfüzyonun artması sayesinde morbidite ve mortalitede önemli değişiklikler göstermiştir.¹⁶ Yaygın metabolik durum olan obezite için Avrupa ve ABD tedavi algoritmaları, tüm aşamalarda öncelikli olarak kilo kontrolü ve bunu devam ettirme süreçlerinde ise egzersizi önermektedir.¹

Egzersiz programlarının amacına uygun yapılması neticesinde, sağlıklı bir yaşam mümkündür. Bu anlamda egzersiz protokolleri; cinsiyet, yaş grubu ve diğer kişisel hazır bulunuşluklar göz önüne alınarak planlanmalıdır.³

YÜKSEK ŞİDDETLİ ARALIKLI ANTRENMAN NEDİR?

HIIT, güçlü bir akut yanıtla kısa dinlenme periyotları olan (1-4 dk dinlenme süresi), yüksek yoğunlukta maksimal kalp atım hızının (KAH) %75'inden daha fazla, maksimal efor %80-95 arasında ve antrenman kapsamının düşürülerek, şiddetin artırıldığı kısa süreli ve aralıklı egzersizleri içeren bir egzersiz stratejisidir.^{1,2,5,12,13,17-20} Tipik olarak, bir HIIT antrenmanın toplam süresi <20 dk'dır.¹³⁻¹ Sürekli egzersizin aksine yalnızca toplam süre ve yüklenme yoğunluğunu içeren HIIT; yüksek yüklenme şiddeti, optimal yüklenme süresi, dinlenme türü, dinlenme süresi ve toplam egzersiz süresi (ya da tekrarların sayısı) olarak 5 ana bileşenden oluşmaktadır.⁵ HIIT; Peter Coe, tabata, gibala, timmon, dairesel antrenman ve "insanity" gibi antrenman protokollerinden oluşmakta olup, diğer yüksek şiddetli egzersiz programlarıyla da birleştirilebilir.¹⁷⁻¹⁵

Son yıllarda HIIT, sürekli devam eden orta şiddetli antrenmana göre zamanın daha ekonomik ve ve-

rimli kullanılmasıyla daha keyifli ve eğlenceli bulunmuş, aerobik metabolizma nedeniyle aerobik adaptasyon, kardiyovasküler fitness gibi fitness bileşenlerinin gelişimi ve fiziksel aktivite pratiği için kısa bir süre boyunca, etkisini en üst düzeye çıkarmak için etkili ve uygun bir metot olarak görülmüştür.²⁰⁻¹³⁻²²⁻²

GEREÇ VE YÖNTEMLER

MEDline, PEDro, Embase, CENTRAL, Web of Science, PubMed, Google Scholar, Ankara Üniversitesi veri tabanı, Kırıkkale Üniversitesi veri tabanı, EBS-COhost veri tabanı, 2003-2019 yılları arasında taranmıştır. Birincil arama terimleri; “high-intensity intermittent training”, “high-intensity interval exercise”, “yüksek şiddetli aralıklı antrenman”, “yüksek şiddetli interval antrenman”, “high-intensity interval training and metabolic health”, “high-intensity interval training and metabolic”, “yüksek şiddetli aralıklı antrenman ve metabolik sağlık”, “high-intensity interval training and cardiovascular health”, “high-intensity interval training and cardiovascular”, “yüksek şiddetli aralıklı antrenman ve kardiyovasküler sağlık”, “high-intensity interval training and performance”, “yüksek şiddetli aralıklı antrenman ve performans” terimleriyle araştırılmıştır. Kardiyovasküler yanıt başlığı altında 58 çalışma taranmış, araştırmaya 46 çalışma dâhil edilmiş; metabolik yanıt başlığı altında 50 çalışma taranmış, 33 çalışma dâhil edilmiş; performans yanıtları başlığı altında ise 75 çalışma taranmış, 55 çalışma dâhil edilmiştir. Tanımlanan literatürün referans listeleri araştırılmıştır. Tanımlanan tüm çalışmalar okunmuş ve gözden geçirilmiştir. Duplikasyonlar, HIIT içermeyen çalışmalar, yalnızca özete erişim yapılan çalışmalar, hakem değerlendirmesi olmayan çalışmalar kaldırılmış ve verilerin dâhil edilmesinde yeterli olan makaleler alınmıştır. Nicel ve nitel analizler yapılmıştır. Araştırma metodolojisi oluşturularak, toplam makale sayısı, veri tabanları ve dâhil edilen makale sayıları eklenmiştir (Şekil 1).

YÜKSEK ŞİDDETLİ ARALIKLI ANTRENMAN VE KARDİOVASKÜLER SAĞLIK

Mortalitenin önde gelen sebeplerinden olan kardiyovasküler komplikasyonlar, yaygın metabolik hasta-

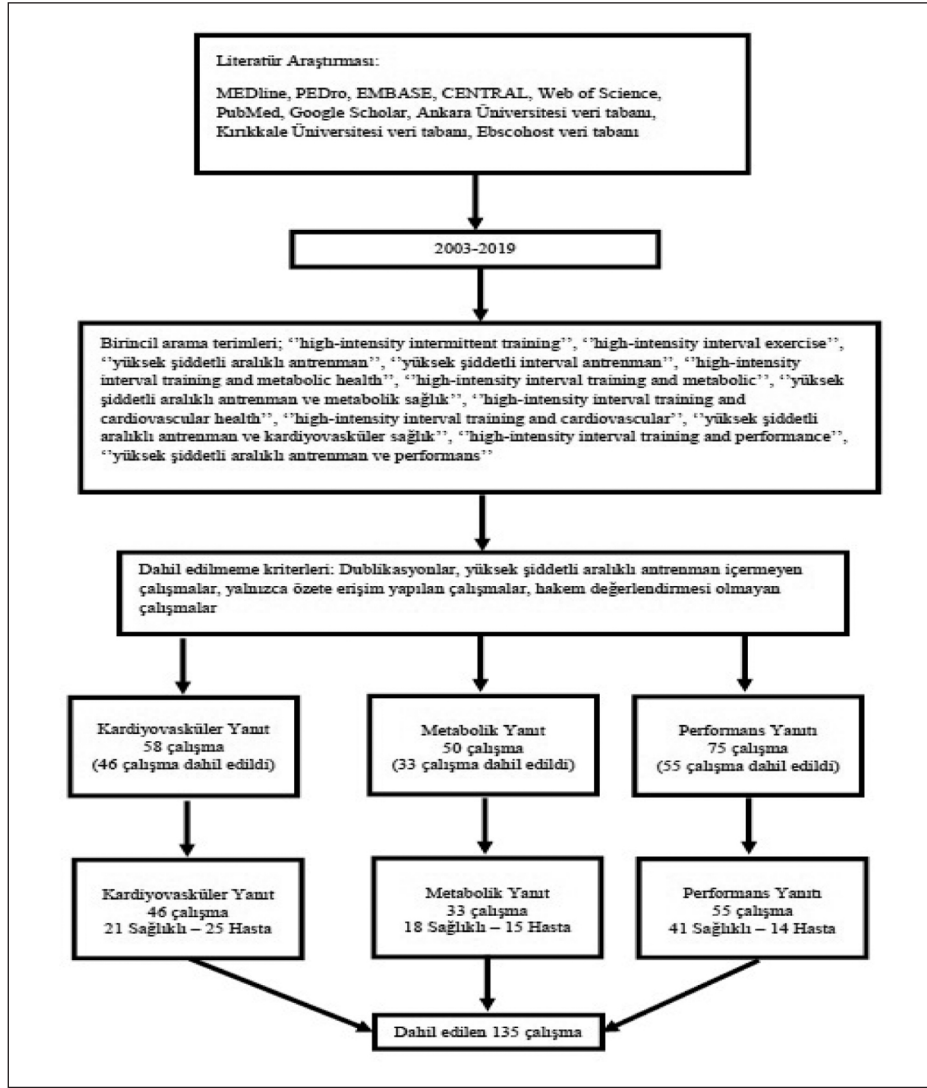
lıklarda rol oynar. HIIT'nin, dinlenme süreleri içermesiyle beraber antrene olan kardiyovasküler sistem, daha yüksek egzersiz yoğunluklarında toparlanma için imkân sağlamaktadır. HIIT; kalp hastalıkları, kardiyometabolik riskler, koroner arter hastalığı olan bireyler ve sağlıklı bireylerde maksimal oksijen kullanımının (VO_{2maks}) gelişiminde etkilidir. Bu etkilerin yanında kardiyovasküler yararları da önerilen HIIT, yüksek kan basıncı gibi kardiyovasküler risk faktörlerinin gelişimini önlemede büyük etki sağlar.¹³⁻⁶⁻¹ Birçok çalışma, orta şiddetli antrenmana göre sağlıklı bireylerde HIIT önerilmiş ve HIIT'nin kardiyovasküler sağlık üzerinde önemli fayda sağladığını belirtmiştir.

SAĞLIKLI BİREYLERDE KARDİOVASKÜLER YANITLAR

Sağlıklı bireylerde fiziksel aktivite; egzersizin türüne, şiddetine, sıklığına, süresine ve dinlenme aktivitesine bağlı olarak kişiye özgü optimal programlanmanın yapılarak, uygulanması koşuluyla kardiyovasküler risk faktörlerinin azaltılmasının yanı sıra kardiyovasküler uygunluğu da geliştirmektedir.

Daussin ve ark.nın, SED kişilerde mitokondriyal fonksiyon üzerinde sürekli devam eden antrenmana karşı aralıklı antrenmanın etkisini inceledikleri çalışmaya, 6 erkek ve 5 kadın olmak üzere toplam 11 kişi katılmıştır. Katılımcılar, sürekli devam eden antrenman grubu (CT) ve aralıklı antrenman grubu (IT) grubu olmak üzere 2 gruba ayrılmıştır. Tüm katılımcılara artırılmış bisiklet testi, tükenme testi, kapiller yoğunluk ve liflerin mitokondriyal solunumunun analizi için kas biyopsisi olmak üzere 3 test uygulanmış, toplam 8 hafta sürmüştür. Başlangıçta 20 dk süren antrenman programının süresi 2 haftada 15 dk artırılmış, antrenman yoğunluğu aşamalı olarak yükseltilmiş ve azaltılmıştır. Kardiyovasküler ve performans yanıtı olarak CT ve IT grubunda aerobik kapasitede anlamlı gelişmeler görülmüş, VO_{2maks} IT grubunda %15, CT grubunda %9 artmıştır.²³

Shepherd ve ark.nın, spor salonunda yapılan 10 haftalık HIIT etkisinin, orta şiddette sürekli devam eden antrenmana (MICT) karşı aerobik kapasite (VO_{2maks}), kardiyometabolik risk ve psikolojik sağlık üzerine etkisinin incelendiği çalışmaya, fiziksel olarak aktif olmayan 90 kişi katılmıştır. Rastgele seçilen gruplar HIIT ve MICT grubu olarak ayrıl-



ŞEKİL 1: Araştırma metodolojisi.

mıştır. HIIT grubu tekrarlı "sprint" (%90 KAH_{maks} da 15-60 sn bisiklet ve dinlenme periyotları), MICT grubu bisiklet testi (%70 KAH_{maks} da 30-45 dk bisiklet) uygulamıştır. VO_{2maks} kardiyometabolik risk ve fizyolojik sağlığın belirleyicisi olarak antrenman öncesi ve sonrası değerlendirilmiştir. Kardiyovasküler ve performans yanıtlarında VO_{2maks} da anlamlı gelişmeler görülürken, metabolik yanıtta, insülin duyarlılığında ve kan lipidlerinde anlamlı değişimler görülmüş, karın yağ kütlesi azalmıştır. HIIT, aynı zamanda sağlık algısı üzerinde olumlu etkiler göstermiştir. Diğer değişkenlerde herhangi bir farklılık görülmemiştir.¹¹

Esfarjani ve Laursen, erkeklerde 3.000 m koşu performansı, laktat (LT) eşiği ve VO_{2maks} üzerinde HIIT etkisini inceledikleri çalışmaya, 17 antrenmanlı (2-3 yıl deneyimi olan) erkek koşucu katılmıştır. Katılımcılar, testten 48 saat önce yorucu egzersiz uygulamamışlardır. Test ve antrenman programı başlangıcından 2 hafta önce katılımcılar, koşu bandı üzerinde kendi belirledikleri hızda 60 dk 4 koşu denemesine katılmış ve raporlanmıştır. Katılımcılar, performans testlerini 3 ayrı günde tamamlamışlardır. Testin ilk günü LT eşiği, VO_{2maks} ve vVO_{2maks} belirlenmesi için uygulama yapılmıştır. Gerçekleştirilen 2. testte, vVO_{2maks} da tükenme süresini belir-

lemek için T_{maks} testi uygulanmıştır. Katılımcılar aynı zamanda, kapalı atletizm pistinde 200 m koşu parkuru üzerinde 3.000 m koşu uygulamışlardır. Tüm testler 1 haftalık sürede tamamlanmıştır. Testin ilk haftasından sonra katılımcılar, 3.000 m performans sürelerine göre farklı antrenman gruplarına ayrılmıştır. HIIT grubu, Grup 1 (G1, 6 kişi), HIIT Grubu, Grup 2 (G2, 6 kişi), Kontrol Grubu, Grup 3 (G3, 5 kişi). Tüm katılımcılar 10 hafta koşu bandı programına katılmıştır. G1 vVO_{2maks} 'in %75'inde 2 HIIT antrenmanı (%60 T_{maks} -çalışma, %60 T_{maks} dinlenme) ve vVO_{2maks} 'in %75'inde 60 dk 2 koşu antrenmanı uygulamıştır. G2 grubu, vVO_{2maks} 'in %130'unda 30 dk 2 HIIT antrenmanı ve vVO_{2maks} 'in %75'inde 60 dk 2 koşu antrenmanı uygulamıştır. Kontrol grubu, her hafta vVO_{2maks} 'in %75'inde 60 dk 4 koşu antrenmanı uygulamıştır. Kardiyovasküler ve performans yanıtı olarak G1'de VO_{2maks} (%9,1), vVO_{2maks} (%6,4), T_{maks} (%5), LT eşiği (%11,7) ve 3.000 m (%7,3) performansında anlamlı farklılıklar görülmüştür. G2 grubunda, VO_{2maks} (%6,2), vVO_{2maks} (%7,8), T_{maks} (%32) ve 3.000 m (%3,4) performansında anlamlı farklılıklar görülmüştür, fakat LT eşiğinde (%4,7; $p=0,07$) farklılık bulunmamıştır. Kontrol grubunda bu değişkenlerde, anlamlı farklılıklar bulunmamıştır.²⁴

Gliemann ve ark., koşucularda iskelet kası anjiyogenezi, kan basıncı ve performans üzerinde 10-20-30 konseptiyle antrenmanın etkisini inceledikleri çalışmaya, 160 rekreasyonel koşucu katılmıştır. Gruplar 2'ye ayrılmıştır (CON-kontrol grubu 28 kişi, 10-20-30 grubu 132 kişi). On-20-30 grubu antrenmanı, 15 dk ısınma, 3-4x5 dk koşu periyotları ve 2 dk dinlenme aralıklarından oluşan, düşük yoğunluklu antrenmanı kapsamaktadır. Her 5 dk'lık koşu periyodu; maksimal koşu hızının %30-60 ve %90-100'üne karşılık gelen bir yoğunlukta, 30-20 ve 10 sn'ye bölünmüş art arda 5 dk'lık (1 dk aralıklardan oluşan) antrenmandan oluşmakta ve haftada 2 gün, toplam 8 haftayı kapsamaktadır. Ayrıca haftada 1 gün, dayanıklılık antrenmanı uygulanmıştır. Kontrol grubu, haftada 3 gün düzenli koşu antrenmanlarına devam etmiştir. Kardiyovasküler ve performans yanıtı olarak 10-20-30 grubunda VO_{2maks} anlamlı şekilde artmıştır, fakat kas kesit alanı ya da kapillaryasyonu etkilenmemiş, proanjiyogen vasküler endo-

tel büyüme faktörü %22 azalmış, kan basıncında azalma görülmüştür. Kontrol grubunda, herhangi bir değişim gözlenmemiştir.²⁵

Gunnarsson ve Bangsbo, antrenmanlı koşucularda sağlık profili, kas adaptasyonları, VO_{2maks} ve performans üzerinde 10-20-30 konseptiyle antrenman etkisini inceledikleri çalışmaya, 17 kişi katılmıştır. HIIT antrenman grubu; 10-20-30, (3 kadın ve 7 erkek), kontrol grubu 3 kadın ve 5 erkek olmak üzere 2 gruba ayrılmıştır. HIIT, 7 hafta, düşük, orta ve yüksek hızda koşuyu içeren 10-20-30 antrenmanı (<%30, <%60, <%90 maksimal yoğunluk), 4x5 interval 2 dk dinlenmeyi içermiştir. Kontrol grubu normal antrenmanlarına devam etmiştir. Kardiyovasküler ve performans yanıtı olarak HIIT grubunda, VO_{2maks} da %4 artış ve koşu performansında gelişme olmuştur. Metabolik yanıtta sistolik kan basıncı azalmış, düşük yoğunluklu lipoprotein oranı azalmıştır. Kontrol grubunda değişim gözlenmemiştir. Kas membran proteinleri ve enzim aktivitelerinde her 2 grupta da değişim olmamıştır.²⁶

Siahkouhian ve ark., fiziksel olarak aktif ve aktif olmayan erkeklerde ortalama güç çıkışı (MPO), maksimal güç çıkışı (PPO), 3.000 m koşu süresi (3.000 m RT), ilk ventilasyon (VT_1) ve 2. VT_2 eşiği ve VO_{2max} üzerinde HIIT etkisini inceledikleri çalışmaya, 12 sağlıklı genç aktif olmayan erkek öğrenci ve 12 futbol oyuncusu gönüllü olarak katılmıştır. Antrenmanlar 3'e ayrılmıştır. İlk antrenmanda katılımcıların, VT eşiği ve VO_{2maks} 'ını belirlemek için koşu bandı üzerinde aşamalı egzersiz testi; aşama 2=4,0 km/h, aşama 3=5,5 km/h, aşama 4=6,8 km/h, aşama 5=8,0 km/h, aşama 6=8,8 km/h ve aşama 7=9,7 km/h] ve vücut kompozisyonu testi yapılmıştır. İkinci antrenmanda, katılımcıların güç çıkışını belirlemek için 30 sn Wingate anaerobik güç testi yapılmıştır. Üçüncü antrenmanda ise katılımcılar, 3.000 m RT'yi (5 dk "jogging", 5 dk "stretching", 5 dk dinlenme süreleri ile) tamamlamıştır. HIIT antrenman dönemi, haftada 3 gün olmak üzere toplam 8 hafta sürmüştür. Kardiyovasküler ve performans yanıtı olarak her 2 grupta da VO_{2maks} anlamlı olarak artış göstermiştir. VT_1 ve VT_2 de her 2 grupta da benzer anlamlı etkiler görülmüştür. 3.000 m RT'de, koşu süresi her 2 grupta da değişmemiştir. PPO ve MPO, her 2 grupta da artış göstermiştir fakat PPO ve MPO,

inaktif grupta aktif gruba göre daha anlamlı gelişme göstermiştir.²⁷

Wallner ve ark., çeşitli HIIT koşu hızlarında aerobik kısa interval antrenmanın, akut fizyolojik yanıtını analiz etmek için yaptıkları çalışmaya, 8 antrenmanlı koşucu katılmıştır. Katılımcılar, artırılmış olarak koşu bandı egzersizi uygulamıştır (artış=0,75 km/h). İki LT dönüm noktası (LTP1 ve LTP2) belirlenmiştir. LTP1'in, %50-55 ve 60'ında orta yoğunluk yaratmak için HIIT koşu hızı intervaliyle rastgele 3 aerobik kısa interval antrenman (AESIT) yapılmıştır. AESIT, 20 sn pasif dinlenme fazı ve 10 sn antrenmandan oluşmuş, toplamda 30 dk sürmüştür. Kardiyovasküler ve performans yanıtı olarak, KAH ve kan LT konsantrasyonlarında tüm testlerde anlamlı farklılık görülmemiştir. VO_{2maks} %54-58,5-64,0 iken antrenman sonunda sırasıyla %71,1-80,4-85,6 olarak anlamlı bir artış görülmüştür.²⁸

Knowles ve ark., yaşlılarda motivasyon, sağlıkla ilişkili yaşam kalitesi (HRQL) ve maksimal aerobik kapasite üzerinde, HIIT antrenmanının etkisini inceledikleri çalışmaya, 44 erkek katılmıştır (yaşam boyu sedanter (SED) grup=25 kişi, yaşam boyu spor yapan grup (LEX)=19 kişi). VO_{2maks} ve HRQL, temel (Faz A), 7 hafta (Faz B), 13 hafta (Faz C) olmak üzere 3 fazda ölçülmüştür. Motivasyon ise ilk aşamada ve 13. haftada ölçülmüştür. Kardiyovasküler ve performans yanıtı olarak her 2 grupta da VO_{2maks} değerlerinde anlamlı artış görülmüş fakat LEX grubunda VO_{2maks} SED grubuna göre daha fazla artmıştır. Yaşam kalitesi için yapılan genel sağlık anketi ve motivasyon için yapılan anket sonucu, her 2 grupta da anlamlı sonuçlar görülmüştür.²⁹

Hoydal ve Hareide, rekreasyonel koşucularda dayanıklılık performansı üzerinde düşük yoğunluklu, daha uzun süren antrenmana karşı HIIT etkisini karşılaştırmak ve değerlendirmek üzerine yaptıkları çalışmaya, 22 sağlıklı kadın ve erkek katılmış olup katılımcılar, HIIT (ITG) ve uzun süren antrenman grubu (CTG) olarak 2'ye ayrılmıştır. Sekiz hafta boyunca haftanın 3 günü KAH'nin %90-95'inde, yüksek yoğunlukta interval antrenman ve 75 dk KAH_{maks} ın %75'inde düşük yoğunlukta devam eden antrenman, rastgele seçilen katılımcılara uygu-

latılmıştır. Kardiyovasküler ve performans yanıtı olarak VO_{2maks} koşu ekonomisi ve koşu hızı her 2 grupta da istatistiksel olarak anlamlı gelişme göstermiştir. ITG grubunda VO_{2maks} ve koşu hızı, CTG grubuna göre daha fazla gelişme göstermiş, koşu ekonomisi gruplar arasında farklılık göstermemiştir.³⁰

Mallol ve ark.nın, sporcularda antrenman yoğunluğunu artırıp, hacmini azaltarak 4 haftalık bir antrenman süresini takiben fizyolojik ve performans değişkenlerinin incelendiği çalışmaya, 16 triatlet katılmıştır. Sporcular, kontrol grubu ve HIIT grubu olarak 2'ye ayrılmıştır. Bisiklet ergometresinde, VO_{2maks} ın belirlenmesi için tükenme oluncaya kadar artırılmış egzersiz testi uygulanmıştır. HIIT grubunda, ortalama %43 oranında antrenman hacmi (dk) azaltılmış, yoğunluk artırılmıştır. On dk ısınmanın ardından, katılımcılar belirlenen güç ve ritimde, VO_{2maks} ın %95'inde 6x2 dk; VO_{2maks} ın %115'inde 4x1 dk bisiklet ardından 5 dk soğuma uygulamıştır. Dinlenme periyotları, interval setleri arasında 1-2 dk olarak verilmiştir. Kontrol grubunda antrenman hacmi değişmemiş; standart antrenman programlarına devam etmişlerdir. Kardiyovasküler ve performans yanıtı olarak VO_{2maks} HIIT grubunda istatistiksel olarak anlamlı artış göstermiş, kontrol grubunda değişmemiştir. PPO, 4 haftalık antrenman sonucunda HIIT grubunda anlamlı bir artış göstermiş, gruplar arasında herhangi bir farklılık bulunmamıştır.³¹

Michalik ve ark.nın, geleneksel biçimde antrenman yapan (sürekli devam eden antrenman) bir grup koşucuda, sonuçların karşılaştırılabilmesi için amatör uzun mesafe koşucularının, fiziksel kapasiteleri üzerinde aktif toparlanma ile HIIT antrenmanı formunda aerobik güç antrenmanının etkisini belirlemek üzere inceledikleri çalışmaya, 12 rekreasyonel uzun mesafe koşucusu (6 deney grubu-E grubu, 6 kontrol grubu-C grubu) katılmıştır. Her 2 grup da toplamda 7 hafta antrenmana tabi tutulmuştur. C grubu, haftanın 3 günü standart sürekli devam eden antrenmanı uygulamıştır (VO_{2maks} ın %65-80'inde 90 dk). E grubu, C grubuna benzer bir antrenman uygulamış, ek olarak haftada 2 defa aktif toparlanmanın da içerisinde olduğu HIIT formunda aerobik güç antrenmanı uygulamıştır (20 dk ısınma, 3 dk maksimal egzersiz 800-1.000 m mesafeyi kapsayan, ardından

12 dk $VO_{2\text{maks}}$ 'ın %60-70'inde orta yoğunluklu egzersiz). Kardiyovasküler ve performans yanıtı olarak her 2 grupta da test süresinde, maksimum dk VT'sinde, maksimum solunum sıklığında, maksimum soluk hacminde ve $VO_{2\text{maks}}$ 'da istatistiksel olarak anlamlı gelişmeler görülmüştür. C grubunda maksimum dk VT'si istatistiksel olarak anlamlı bulunurken, E grubunda maksimum soluk hacmi daha anlamlı bulunmuştur. E grubunda, egzersiz sonrası LT konsantrasyonunda anlamlı değişimler görülmüştür.³²

Oliveira ve ark.nın, CT ve HIIT antrenmanının psikolojik yanıtlarını karşılaştırmak için yaptıkları çalışmaya, 15 erkek katılmıştır. İlk olarak KAH_{maks} , $VO_{2\text{maks}}$ ve solunum denge noktası (RCP), kardiyopulmoner egzersiz testi ile belirlenmiştir. HIIT yoğunluğu $VO_{2\text{maks}}$ 'ın %100'üne karşılık gelmiş, RCP yoğunluğu %15'in altında tutulmuştur (koşu bandı, 15 dk dinlenme periyodu). Ayrıca psikolojik ölçümler için anket kullanılmıştır. Her antrenman öncesi, sırası ve sonrasında psikolojik ve fizyolojik değişkenler kaydedilmiştir. Kardiyovasküler ve performans yanıtı olarak 2 antrenman boyunca $VO_{2\text{maks}}$ 'ın yüzdesi arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır. Anket sonucu, duygu ölçeğinde daha düşük yanıtlar, uyarılmada daha yüksek yanıtlar elde edilmiştir.³⁴

Akgül ve ark.nın, 2 haftalık HIIT antrenmanının kadınların aerobik göstergeleri üzerine etkisini inceledikleri çalışmaya, 10 aktif gönüllü sporcu kadın katılmıştır. Antropometrik ölçüm, $VO_{2\text{maks}}$ testi ve haftada 3 gün, toplamda 2 hafta HIIT (Wingate 30 snx6) tekrar araları 4 dk, pasif dinlenme, %7,5'ine karşılık gelen ağırlık direncine karşı 30 sn maksimum pedal çevirme uygulatılmış olup, ön-test ve son-test yapılmıştır. Sonuç olarak $VO_{2\text{maks}}$, zirve VO_2 ve tükenme zamanı gibi aerobik göstergelerin 2 hafta sonucunda anlamlı gelişmeler gösterdiği görülmüştür.¹⁷

Turnes ve ark., HIIT antrenmanının aerobik parametreler üzerine etkisini inceledikleri çalışmaya, 21 rekreasyonel bisikletçi katılmıştır. On bir katılımcı (LO grup), $VO_{2\text{maks}}$ 'ın %105'inde 4x5 dk, 1 dk dinlenme, 10 katılımcı (UP grup), $VO_{2\text{maks}}$ 'ın %60-100'ünde 1:2 antrenman: dinlenme uygulamıştır. LO grup ile karşılaştırıldığında $VO_{2\text{maks}}$ ve LT eşiği, UP grubunda istatistiksel olarak anlamlı gelişme göstermiştir.³⁵

Matsuo ve ark., SED erişkinler için HIIT antrenman etkisini inceledikleri çalışmaya, 24 sağlıklı erişkin katılmıştır. Haftanın 3 günü, toplam 8 hafta olarak yapılan programda katılımcılar 2 gruba ayrılmıştır; HIIT ve kontrol grubu. HIIT grubu, 18 dk, kontrol grubu 45 dk antrenman yapmıştır. Her 2 grupta da 8 hafta sonrasında $VO_{2\text{maks}}$ 'da anlamlı değişimler görülürken, HIIT grubunda daha büyük gelişme görülmüştür.³⁶

Duffield ve ark., şiddetli antrenman sırasında $VO_{2\text{maks}}$ cevabı üzerinde HIIT etkisini incelemek üzere yaptıkları çalışmaya, 10 kadın katılmıştır. Katılımcıların VO_2 'sinin belirlenmesi için aşamalı egzersiz testi uygulanmış ve LT eşiği ve antrenman öncesi VO_2 yoğunluğunda 6 dk bisiklet ergometre testi (CT) uygulanmıştır. Antrenman, haftanın 3 günü, 2 dk bisiklet 1 dk dinlenme şeklinde HIIT protokolünü içermiş olup, toplamda 8 hafta sürmüştür. Sonuç olarak $VO_{2\text{maks}}$ 'da güç ve gelişmelerde anlamlı sonuçlar bulunmuştur, VO_2 yanıtlarında ise anlamlı yanıtlar görülmüştür.³⁷

Helgerud ve ark., HIIT ve MICT'nin aerobik dayanıklılık antrenman etkisini karşılaştırmak için yaptıkları çalışmaya, sağlıklı, sigara kullanmayan 40 erkek katılmıştır. Katılımcılar, haftada 3 gün toplamda 8 hafta antrenman yapmış ve rastgele yavaş uzun mesafe (%70 KAH_{maks}), LT eşiği (%85 KAH_{maks}), 15/15 interval antrenman (%90-95 KAH_{maks}) da 15 sn koşu, %70 KAH_{maks} 'da 15 sn aktif dinlenme), 4x4 interval koşu (%90-95 KAH_{maks} 'da 4 dk koşu, %70 KAH_{maks} 'da 3 dk aktif dinlenme) olarak 4 gruba ayrılmıştır. Sonuç olarak HIIT antrenmanı, orta yoğunluklu antrenman ile karşılaştırıldığında $VO_{2\text{maks}}$ 'ın istatistiksel olarak anlamlı şekilde arttırdığı görülmüştür.³⁸

Zaton ve Michalik, rekreasyonel uzun mesafe koşucularında, fiziksel uygunluk üzerinde interval antrenmanının etkisini inceledikleri çalışmaya, 17 amatör uzun mesafe koşucusu (8 deney grubu, 9 kontrol grubu) katılmıştır. Kontrol grubu haftanın 3 ya da 4 günü süreklili devam eden antrenman uygulamış, deney grubu ise 2 interval koşu antrenmanı; artan koşu bandı egzersiz testi ve 12 dk Cooper testi uygulamıştır. Deney grubunda $VO_{2\text{maks}}$ artmıştır. Oksijen alımı, dk VT'si ve kalp hızı oranı MICT'de azalmıştır.³⁹

Sheykhlovand ve ark., iyi antrene edilmiş kano sporcularında aerobik güç ve VT eşiği üzerinde HIIT etkisini inceledikleri çalışmaya, 21 erkek kanocu katılmıştır. Grup 1: 7 kişi, (6,7,8,9,9,8,7,6 tekrarx60 sn); Grup 2: 7 kişi, (100,110,120,130,130,120,110,100'de 6x60 sn), Grup 3: 7 kişi, kontrol grubu ($VO_{2\text{maks}}$ tüketimi ve VT eşiği için 2 antrenman programı) olarak 3 gruba ayrılmış ve 3 hafta uygulama yapılmıştır. HIIT sonrasında 1. ve 2. grupta $VO_{2\text{maks}}$ da anlamlı gelişmeler görülmüştür, kontrol grubunda görülmemiştir.⁴⁰

Allen ve ark., SED popülasyonda sistemik inflamasyonun belirleyicisi üzerinde HIIT antrenmanın etkisini inceledikleri çalışmaya, 55 orta yaşta SED erişkin (deney grubu-HIIT ve kontrol grubu) katılmıştır. HIIT protokolü, 9 hafta sürmüş, bisiklet ergometresi (başlangıçta 25W ile başlanmış, daha sonra tükenme oluşuncaya kadar her dk güç 25W artırılmıştır) ile yapılmıştır. Sonuç olarak deney grubu, kontrol grubuna kıyasla $VO_{2\text{maks}}$ değerinde artış gösterdiği bulunmuştur.⁴¹

Bonato ve ark.nın, farklı kronotip olan üniversiteli erkek futbol oyuncularında HIIT'nin kardiyak anatomik fonksiyonunun akut değişimini inceledikleri çalışmaya, 24 futbolcu katılmıştır. KAH değişkenliği vagal ve sempato indeksleri, HIIT'nin 12-24 saat öncesi, sonrası ve dinlenmede zaman, frekans ve kompleks alanlarında hesaplanmıştır. Yo-Yo aralıklı test yapılmıştır (4 dk (4x4), KAH_{maks} %90-95, 3 dk aktif dinlenme %50-60 KAH_{maks}). Yo-Yo testi sırasında KAH_{maks} hesaplanmıştır. Sonuç olarak HIIT, KAH cevabı için futbol oyuncularında kardiyovasküler toparlanmanın değerlendirilmesi için önemli prosedür olabileceği bulunmuştur. Yani toparlanmayı hızlandırarak, toparlanma kalitesini artırdığı ifade edilmiştir.⁴²

Sağlıklı bireylerde kardiyovasküler yanıtlarla ilgili yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde; 19 çalışmada $VO_{2\text{maks}}$ değeri istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artmış, 1 çalışmada kardiyovasküler toparlanmada artış görülmüş, 1 çalışmada ise VO_2 yüzdesi değişmemiştir (Tablo 1).

HASTA BİREYLERDE KARDİYOVASKÜLER YANITLAR

Hasta bireylerde egzersizin, kardiyovasküler yanıtları

TABLO 1: Sağlıklı ve hasta bireylerde yüksek şiddetli aralıklı antrenman uygulamalarının kardiyovasküler yanıtları.

Parametreler	Sağlıklı bireyler (21 çalışma)	Hasta bireyler (25 çalışma)
Maksimum VO_2	19↑	12↑
Kardiyovasküler toparlanma	1↑	
VO_2 yüzdesi	1—	
Kardiyorespiratuar fitness		3↑
Maksimum güç çıkışı		1↑
Kas mitokondriyal kapasite		1↑
Maksimal KAH		4↑
Hipotansif etki		1↑
Kardiyovasküler risk faktörleri		2↑
KAH değişiklik		1—

VO_2 : Maksimal oksijen; KAH: Kalp atım hızı.

rını araştıran birçok çalışma, egzersizin türüne, şiddetine, sıklığına, süresine ve dinlenme aktivitesine bağlı olarak kişiye özgü optimal programlanmanın yapılarak, uygulanması koşulunun yanı sıra ilgili hastalık grubunun önceliklerini de içermelidir.

Little ve ark., Tip 2 diyabeti olan hastalarda kas mitokondriyal kapasite ve hipergliseminin HIIT ile etkisini inceledikleri çalışmaya, 8 hasta katılmıştır. HIIT antrenmanı %90 KAH_{maks} da 10x60 sn bisiklet testi ve 60 sn dinlenmeden oluşmuş, toplam 2 hafta sürmüştür. Kardiyovasküler ve metabolik yanıt olarak HIIT antrenmanı, mitofusin 2 ve GLUT4 protein içeriklerini yükseltmiş, kas mitokondriyal kapasiteyi artırmıştır. Ayrıca antrenman sonrası kan glukoz konsantrasyonu azalmıştır.⁴³

Ciolac ve ark., hipertansif hastalarda, hormonal, metabolik ve hemodinamik değişimler ile orta şiddetli sürekli devam eden antrenman (CMT) ve HIIT antrenmanını karşılaştırdıkları çalışmaya, 44 sağlıklı hipertansif kadın katılmıştır (HIIT grubu-16, CMT grup-16 ve kontrol grubu-12). HIIT grup, haftanın 3 gününde $VO_{2\text{maks}}$ ın %80-90'ında, CMT grup $VO_{2\text{maks}}$ ın %50-60'ında toplam 16 hafta antrenman yapmıştır. Kardiyovasküler yanıtta, HIIT grubunda diğer gruplara göre en çok kardiyorespiratuar fitness gelişmiştir. Metabolik yanıtta ise kan basıncı, glukoz ve kolesterol seviyeleri gruplar arasında benzer görülmüştür. HIIT grubunda, insülin, insülin hassasiyeti, karotis-femoral nabız dalga hızı, norepinefrin ve endotelin-1 düzeyleri, kontrol grubuna göre daha

yüksek görülmüştür. HIIT ve CMT grubunda insülin ve insülin hassasiyeti eşit derecede gelişmiştir.⁴⁴

Lee ve ark., obez kişilerde HIIT antrenman programını inceledikleri çalışmaya, 12 erişkin katılmıştır. Dört hafta kan basıncı, kardiyorespiratuar fitness ve algılanan eğlence seviyesi üzerinde HIIT etkilerine bakılmıştır. On iki HIIT antrenmanı yapılmıştır (10x60 sn bisiklet, %90 KAH_{maks} haftada 3 seans). Kardiyovasküler yanıtta VO₂_{maks} testi boyunca egzersiz zamanı ve kardiyorespiratuar iyilikte önemli artışlar görülmüştür. Metabolik yanıtta bakıldığında, vücut ağırlığı ve toplam yağda herhangi bir değişiklik olmamasına rağmen HIIT sonrası dinlenmedeki sistolik BP'de azalma görülmüştür. Performans yanıtında ise katılımcıların %58'i HIIT'yi diğer antrenman programlarına göre daha eğlenceli bulmuştur.⁴⁵

Fex ve ark., Tip 1 ve Tip 2 diyabet hastalarda metabolik risk faktörleri üzerinde HIIT etkisini inceledikleri çalışmaya, 16 hasta katılmıştır (Tip 1=8 kişi; Tip 2=8 kişi). Hastaların, açlık kan şekeri, HbA1c, antropometrik ölçümleri, vücut kompozisyonu, kan basıncı, dinlenik KAH, VO₂_{maks} ve beslenme faktörleri, fiziksel aktivite enerji harcamaları değerlendirilmiştir. Eliptik üzerinde HIIT programı, haftanın 3 günü toplamda 12 hafta sürmüştür. HIIT programı sonrasında kardiyovasküler yanıtta dinlenik KAH, VO₂_{maks}da anlamlı gelişmeler görülmüştür. Metabolik yanıtta ise açlık plazma insülin seviyesi ve sistolik kan basıncında anlamlı şekilde azalma görülmüştür.⁴⁶

Whyte ve ark., aşırı kilolu SED erkeklerde sağlıklı ilişkili çıktılar üzerinde "sprint" interval antrenmanın 2 haftalık etkisinin incelediği çalışmaya, 10 kişi katılmıştır. Bisiklet ergometresinde, 30 sn Wingate bisiklet testi yapılarak, 4-6 tekrar ve tekrarlar arasında 4,5 dk dinlenme verilmiştir. Altı antrenman tamamlanmış, katılımcıların antropometrik, metabolik ve fitness ölçümleri yapılmıştır. İki haftalık antrenman sonucunda, kardiyovasküler yanıtta VO₂_{maks} anlamlı şekilde artış göstermiştir. Metabolik yanıtta dinlenik karbonhidrat oksidasyonu, dinlenik yağ oksidasyonu, insülin duyarlılık indeksi ve sistolik kan basıncı anlamlı şekilde gelişme göstermiştir. Bel ve kalça bölgelerinde antrenman sonrasında yağ oranında azalma görülmüştür. Performans

yanıtında ise aerobik kapasite anlamlı şekilde artış göstermiştir.⁴⁷

Jung ve ark., hafif diyabet hastalığı olan erişkinler için MICT'ye karşı alternatif olarak HIIT antrenmanının etkisini incelediği çalışmalarına, 15 hafif diyabete sahip hasta katılmıştır. Katılımcılar antrene edildikten sonra haftada 3 defa 4 hafta boyunca MICT ve HIIT uygulanmıştır. HIIT'deki katılımcılar, 1 aylık gözlemlene sonucunda MICT'ye katılan bireylere göre daha fazla belirlenen protokole uyumuştur. Kardiyovasküler yanıtta HIIT'deki fiziksel aktivitede şiddetli bir şekilde geçirilen süreler, MICT'ye göre daha yüksek olmuş, kardiyorespiratuar fitnessda gelişim gözlenmiştir. Metabolik yanıtta ise sistolik kan basıncı, eşit olarak anlamlı bir azalma göstermiştir.⁴⁸

Zimmer ve ark., 3 haftalık HIIT programının, standart bir egzersiz programına kıyasla, multiple skleroz (MS) olan kişilerde bilişsel performans üzerine etkiyi inceledikleri çalışmaya, 60 kişi katılmıştır (HIIT ve kontrol grubu). HIIT grubu, haftada 3 defa 20 dk, %80 VO₂_{maks}da 3 dk interval antrenman, kontrol grubu, haftada 5 defa %65 VO₂'de 30 dk boyunca sürekli devam eden antrenman yapmıştır. Bilişsel performans, Brief Cognitive Assessment kullanılarak değerlendirilmiştir. Her 2 grupta da yönetim fonksiyonlarında anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Kardiyovasküler ve performans yanıtı olarak, sadece HIIT grubunda VO₂_{maks}da anlamlı gelişme ve MS'de düzelme görülmüştür.⁴⁹

Amundsen ve ark., koroner arter hastalığı olanlarda, sol ventriküler fonksiyon üzerinde yüksek şiddetli aerobik antrenmanın etkisini inceledikleri çalışmaya, 17 kişi katılmıştır. Katılımcılar, rastgele orta şiddetli (VO₂_{maks}ın %50-60'ında koşu bandı) ve yüksek şiddetli (VO₂_{maks}ın %80-90'ında koşu bandı) programa katılmış, toplamında 10 hafta sürmüştür. Kardiyovasküler yanıtta VO₂_{maks} yüksek şiddetli antrenman yapan grupta daha fazla artmıştır. Performans yanıtında ise ortalama sol ventriküler diastolik gerilme oranı, yüksek şiddetli antrenmanda artmış, orta şiddetli antrenmanda değişiklik göstermemiştir.⁵⁰

Koufaki ve ark., kronik kalp hastası olan kişilerde sürekli devam eden antrenmana karşı HIIT an-

trenmanının etkisini inceledikleri çalışmaya, 17 kişi katılmıştır. İki gruba ayrılmıştır: sürekli devam eden aerobik antrenman grubu (9 kişi) ve HIIT grubu (8 kişi). Kardiyorespiratuar fitness, bisiklet ergometresinde gaz analiz cihazıyla belirlenmiştir. Yaşam kalitesi, MOS Kısa-Form 36 ve Minnesota anketi kullanılarak değerlendirilmiştir. Kardiyovasküler yanıtta her 2 grupta da VT eşliğinde, $VO_{2\text{maks}}$ da %14,9 oranında anlamlı artış görülmüştür. Performans yanıtında ise fonksiyonel kapasite çıktıları ve egzersiz için grupzaman etkileşimlerinde fark görülmemiştir, fakat Covaryans analiziyle ilişkili zaman etkileri anlamlı bulunmuştur. HIIT programında, daha kısa sürede ve daha düşük antrenman hacmiyle antrenman etkisi sağlandığı tespit edilmiştir.⁵¹

Wisløff ve ark.nın, kalp yetersizliği olan hastalarda MICT'ye HIIT antrenmanının kardiyovasküler etkisini inceledikleri çalışmaya, 27 hasta katılmıştır. Orta şiddetli antrenman KAH_{maks} ın %70'inde, HIIT KAH_{maks} %95'inde yapılmış olup, haftanın 3 günü toplam 12 hafta sürmüştür. Kardiyovasküler yanıt olarak HIIT antrenmanı, orta şiddetli antrenmana göre $VO_{2\text{maks}}$ 1 daha fazla artırmıştır. Performans yanıtında ise endotel fonksiyondaki gelişim, HIIT antrenmanında daha büyük olmuş, yalnızca HIIT'de lateral vastus kasında mitokondriyal fonksiyon artmıştır. Diğer grupta değişiklik oluşmamıştır.⁵²

Chrysohoou ve ark., kronik kalp hastalığı olan kişilerde, depresyon durumu ve yaşam kalitesi üzerinde HIIT etkisini değerlendirmek için yaptıkları çalışmaya, 100 hasta katılmıştır (kontrol grubu ve HIIT antrenman grubu). HIIT antrenman grubu (50 kişi), %100 KAH_{maks} da 30 sn yüklenme, 30 sn dinlenme şeklinde toplam 45 dk, 12 hafta sürmüştür. HIIT grubu, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında PPO artmış, $VCO_{2\text{maks}}$ seviyesi %28 artmış, $VO_{2\text{maks}}$ seviyesi %31 artmıştır.⁵³

Heine ve ark.nın, MS olan hastalarda maksimal egzersiz testinin geçerliliğini değerlendirdikleri çalışmaya, 56 hasta katılmıştır. HIIT uygulanmış olup, ortalama en yüksek O_2 tüketimi 21,4 bulunmuştur. Katılımcıların %69,6'sı 1,10 ya da daha fazla solunum değişim oranına ulaşmış, %48,2'side %90 KAH_{maks} a ulaşılmış, %23,2'sinin eforları algılanmıştır. Elde edilen KAH ve VO_2 düşük seviyeli MS

hastalığı olanlarda, orta seviyeli MS hastalığı olanlara göre anlamlı bulunmuştur.⁵⁴

Currie ve ark., 12 haftalık HIIT ve orta şiddetli dayanıklılık antrenmanı ardından, koroner arter hastalığı olan kişilerde KAH ve değişkenliğini inceledikleri çalışmaya, 14 erkek katılmıştır. Orta şiddetli dayanıklılık antrenmanı (END), PPO %60'ında 30-50 dk bisiklet, HIIT antrenmanı, %10 PPO'da 1 dk interval ile ayrılmış, %88 PPO'da 1 dk 10 interval içermiştir. On iki haftanın ardından END ve HIIT, KAH 'de ve KAH değişkenlik indekslerinde değişiklik gözlenmemiştir.⁵⁵

Motl ve Fernhall, minimum multiple skleroz (RRMS) ve tekrarlayan MS olan kişiler arasında, bisiklet testi üzerinde maksimum ve artan egzersiz sırasında kaydedilen maksimum çalışma oranı ve $O_{2\text{maks}}$ tüketiminin tahmin edilmesi üzerine yaptıkları çalışmaya, 32 RRMS'ye sahip olan kadın ve cinsiyet, yaş, vücut ağırlığı ve boy ile eşleştirilmiş sağlıklı kontrol grubu (16) katılmış, bisiklet ergometre testini tamamlamıştır. Sonuç olarak genel örneklemede ölçülen ve öngörülen $VO_{2\text{maks}}$ ile doğrusal regresyon analizine dayanan, MS olan ve olmayan alt örnekler arasında istatistiksel olarak güçlü ve anlamlı bir ilişki bulunmuştur. En kötü durum hataları için %95 güven aralığı limitine dayanarak, MS olan her 100 deneğin 95'inde doğru değer %10'u için $VO_{2\text{maks}}$ eşitliği tahmin edilmiştir.⁵⁶

Harnish ve ark.nın, kronik spinal kord sakatlığı olan 42 yaşında bir erkekte HIIT'nin antrenman yanıtının incelendiği çalışmaya, 42 yaşında bir erkek katılımcı HIIT protokolünü uygulamıştır. On iki hafta, haftada 3 gün kol çevirme ergometresi, HIIT protokolü; 3x5 dk %70 max güç, 5 dk dinlenme (HIIT5); 4x2,5 dk %85 max güç ile 5 dk dinlenme (HIIT 2,5); 10x1 dk %110 güç ile 2 dk dinlenme (HIIT1) uygulanmıştır. Bu seansları içeren 36 seans tamamlanmıştır. Sonuç olarak 12 haftada, max güç ve $VO_{2\text{maks}}$ da sırasıyla %45 ve %52 oranında gelişme olmuştur.⁵⁷

Santos ve ark.nın, yaşlı kişilerde hipertansiyonda otonomik kardiyak aktivitesi ve egzersiz sonrası hipotansiyon üzerinde HIIT antrenman programının etkisini inceledikleri çalışmaya, 15 hasta katılmıştır. Art arda olmayan günlerde, bisiklet ergometresinde

2 uygulama gerçekleştirmiştir; %60-80 KAH yoğunluğunda 45 dk devam eden aerobik egzersiz ve %50 KAH yoğunluğunda 2 dk interval ve %85-90 KAH yoğunluğunda 4 dk 4 "sprint" ile HIIT. Sonuç olarak, uygulamalar arasında anlamlı bir fark görülmemiş, otonomik denge her 2 uygulamada da dinlenme periyodunun değerleri ve antrenman sonrası değerler arasında azalma göstermiştir. Ayrıca HIIT antrenmanı, devam eden aerobik egzersizle karşılaştırıldığında, daha büyük bir hipotansif etki yaratmıştır.⁵⁸

Bækkerud ve ark.nın, aşırı kilolu ve obez bireylerde VO_{2maks} üzerinde (4 tekrarlı 4 dk yüklenme, 10 tekrarlı 1 dk yüklenme 45 dk orta düzey %70 sürekliliği egzersiz programı), 3 popüler egzersiz modelinin karşılaştırıldığı çalışmada, HIIT'nin kardiyovasküler yanıt olarak VO_{2maks} gelişimine katkıda bulunduğu, oksijenin sağlandığı ve talep zincirinin her yönünde kapasiteyi artırdığı belirtilmiştir.⁵⁹

Ulbrich ve ark., kronik kalp yetersizliği olan hastalarda, yaşam kalitesi ve fiziksel fitness üzerinde MICT ve HIIT antrenmanını karşılaştırmak için yaptıkları çalışmaya, 22 erkek (10 MICT, 12 HIIT grubu) katılmıştır. Her 2 grup da koşu bandı egzersizi yapmıştır (MICT %75 KAH_{maks} , HIIT %95 KAH_{maks}). Egzersiz, %19,4 MCIT ve %23,1 HIIT ile ilişkilendirilmiş ve anlamlı artışlar olmuştur, fakat gruplar arası farklılıklar olmamıştır. Gruplar arası farklılıklar, %8,3 MCIT grubu ve %11,2 HIIT grubu ile VO_{2maks} da görülmüştür. Her 2 grupta da tüm verilerde ve yaşam kalitesinde anlamlı gelişmeler görülmüştür.⁶⁰

Carl ve ark.nın, kronik felç olan kişilerde HIIT'nin güven analizini inceledikleri çalışmaya, 10 erkek 8 kadın katılmıştır. KAH_{maks} ve uygunluk analizi için ECG ile semptomla sınırlı aşamalı egzersiz testi [symptom-limited graded exercise test (GXT)] yapılmıştır. Üç HIIT protokolü uygulanmıştır. Otuz sn (P30)-1 dk (P60) ya da 2 dk (P120) dinlenme periyotlarıyla değiştirilmiş maksimum hızda koşu bandında yürüyüş, 30 sn tekrarlı patlayıcılık içermiştir. Genel olarak 5 dk ısınma, 20 dk HIIT, 5 dk soğumayı içermiştir. Sonuç olarak HIIT'de bireylerin, GXT KAH_{maks} üzerinde bir KAH yanıtı veren katılımcılar P120, P60 ve P30

dâhil olmak üzere KAH_{maks} ölçülenlerin %88'inden fazlasında KAH'nin anlamlı olduğu bulunmuştur.¹²

Villelaibeitia-Jaureguizar ve ark.nın koroner kalp hastalığı olan hastalarda, egzersiz sonrası KAH toparlanması üzerinde orta şiddetli sürekli egzersize karşı HIIT'nin etkisini inceledikleri çalışmaya, 73 koroner hasta katılmıştır. HIIT ve MICT grubu olarak 2'ye ayrılmıştır. Artan bisiklet ergometre testinde (dik rampa testi) egzersiz protokolü 50 ve 60 rpm arasında bir pedal ritminde sürdürülen, her 10 sn'de 25 W artış ile 25 W'de 2 dk serbest pedal çevirmeden oluşmuştur. Sonuç olarak HIIT grubunda, VO_{2maks} da anlamlı şekilde artış olmuştur. HIIT'nin ilk ve 2. dk'sında, dinlenme fazında KAH'de anlamlı artış olduğu görülmüştür.⁶¹

Askim ve ark., pulmoner ve kardiyak hastalığı olan kişilerde HIIT antrenman etkisini inceledikleri çalışmaya, 10 erkek 5 kadın katılmıştır. HIIT programı, KAH_{maks} %85-95'inde, 4x4 dk interval, 3 dk aktif dinlenmeyle birlikte, haftanın 2 günü olmak üzere toplamda 12 hafta sürmüştür. Kardiyorespiratuar fitness ve fonksiyonel çıktılar, program öncesi ve sonrası 6. ve 12. haftada değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, çalışmadan elde edilen temel bulgu, hafif ile orta dereceli hasta grubunun, 3-9 ay sonrasında KAH_{maks} 'in %85-95'inde HIIT yapabileceği olmuştur.⁶²

Rognmo ve ark., koroner kalp hastası olan hastalarda yüksek şiddetli aerobik antrenmana karşı MICT'nin kardiyovasküler risk faktörlerini inceledikleri çalışmaya, 4.846 hasta katılmıştır. Tüm hastaların uyguladıkları her 2 program türünde, toplam 175.820 antrenman saatinde, orta şiddetli antrenman sırasında 1 ölümcül kalp durması (129.456 antrenman saati) ve yüksek şiddetli interval antrenman sırasında 2 ölümcül olmayan kalp durması (46.364 antrenman saati) yaşanmıştır. Veri materyalinde miyokard infarktüsü bulunmamıştır. Yüksek şiddetli interval antrenman saati sayısı, orta şiddetli antrenman saati sayısının %36'sı olduğundan, hastanın egzersiz saati sayısındaki komplikasyon oranı orta yoğunlukta 1 saat başına 129.456 saat, yüksek yoğunlukta 1 saat başına 23.182 saattir. Sonuç olarak, 2 antrenman programından sonra

kardiyovasküler durum riskinin düşük olduğu görülmektedir.⁶³

Weston ve ark.nın, yaşam tarzıyla ilişkilendirilen kardiyometabolik hastalığı olan hastalarda HIIT ilişkisini incelediği çalışmada, HIIT programı ile $VO_{2\text{maks}}$ daki artış (%19,4), orta yoğunluktaki antrenmanın (%10,3) neredeyse 2 katı bulunduğu gösterilmiştir.⁶⁴

Warburton ve ark., 6 ay veya daha uzun süre öncesinde baypas ameliyatı olan ya da anjiyoplasti geçiren koroner arter hastalığı olan kişilerde, HIIT'nin etkisini inceledikleri çalışmaya, 14 erkek hasta katılmıştır. Katılımcılar, rastgele geleneksel (7 katılımcı; 10 dk ısınma, $VO_{2\text{maks}}$ ın %65'inde koşu bandı) ve aralıklı antrenman (7 katılımcı; 10 dk ısınma, 2 dk'lık yüksek yoğunluklu antrenman aralıkları ile $VO_{2\text{maks}}$ ın %85-95'inde koşu bandı) programına katılmış, haftada 2 gün 30 dk olmak üzere toplamında 16 hafta sürmüştür. Ek olarak, merdiven tırmanma ve kombine antrenman programları da uygulanmıştır. Sonuç olarak gruplar arasında KAH, sistolik ve diyastolik kan basınçlarında istatistiksel olarak anlamlı değişimler görülmemiştir. Her 2 antrenman programından sonra $VO_{2\text{maks}}$ da anlamlı gelişmeler görülmüştür.¹¹⁷

Ek olarak, kardiyovasküler risk faktörleri için HIIT kullanımının önerildiği Pizzi ve ark.nın, 12 haftalık HIIT sonrası obezitesi olan erişkinlerde Butyrylcholinesterase (BChE) aktivitesi ve kardiyovasküler risk faktörlerinde azalmanın incelendiği çalışmaya, 54 obezitesi olan erişkin katılmıştır. HIIT (20) ve kontrol grubu (34) olarak 2'ye ayrılan HIIT protokolü, ısınma, yürüyüş/koşu, soğumadan oluşmuş (toplam 45 dk); haftada 3 gün olmak üzere toplamda 12 hafta sürmüştür. Sonuç olarak, HIIT ile BChE ve kardiyovasküler risk faktörlerinde azalma görülmüştür.⁶⁵

Hasta bireylerde, kardiyovasküler yanıtlarla ilgili yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde 12 çalışmada, $VO_{2\text{maks}}$ değeri istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artmış, 3 çalışmada kardiyorespiratuar fitness düzeyi, 1 çalışmada PPO, 1 çalışmada kas mitokondriyal kapasite, 4 çalışmada KAH_{maks} ve 1 çalışmada hipotansif etkide anlamlı artışlar görülmüş; 2 çalışmada kardiyovasküler risk faktörleri istatistik-

sel olarak anlamlı bir şekilde azalmış, 1 çalışmada ise KAH'de değişiklik görülmemiştir (Tablo 1).

YÜKSEK ŞİDDETLİ ARALIKLI ANTRENMAN VE METABOLİK SAĞLIK

Hızlı ve etkin uyum ihtiyacını karşılayan HIIT metodu, egzersiz kapasitesini artırır ve iskelet kaslarının yorgunluğunu azaltır, sarkoplazmik retikulumda kalsiyum reabsorpsiyonu ve mitokondriyal fonksiyon oranını artırır, değiştirilmiş glukoz metabolizması ve oksidatif kapasiteyi, antioksidan defansı ve endotel fonksiyonları geliştirir, insülin duyarlılığını ve metabolik fonksiyonları artırır.⁶⁶⁻¹³⁻¹⁷⁻⁴¹⁻⁸ Ayrıca vücut kompozisyonu ve glisemik kontrolü geliştirdiği, dinlenik CRP'yi azalttığı görülmüştür.⁴¹

SAĞLIKLI BİREYLERDE METABOLİK YANITLAR

Sağlıklı bireylerde, fiziksel aktivitenin metabolik yanıtlarıyla ilgili yapılan çalışmalarda düzenli egzersizin, optimal şartlarda gerçekleştirilmesiyle bir yaşam kültürü hâline gelmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Ahlert ve ark.nın, amatör koşucularda HIIT ve sürekli devam eden aerobik antrenman arasındaki aşırı egzersiz sonrası oksijen tüketimi (EPOC) ve dinlenik enerji harcamasının etkilerini inceledikleri çalışmaya, 10 koşucu katılmıştır. Sürekli devam eden aerobik antrenman protokolü, %70-75 KAH_{maks} da 20 dk koşuyu içermiş, HIIT protokolü, 3 dk bisiklet ve 10 sn dinlenme ile 8 "sprint" toplamında 20 dk sürmüştür. EPOC, koşu protokolünden sonra ergospirometre kullanılarak ortalama tüketim, antrenmandan 25-30 dk sonra analiz edilmiştir. Metabolik yanıtta HIIT performansı daha az zaman alarak kilo kaybı sürecini destekleyebilecek yağ metabolizmasını artırdığı bulunurken, performans yanıtı olarak da EPOC ve enerji harcamasının, protokollerden sonra anlamlı farklılık göstermediği görülmüştür.⁸⁸

Rýzková ve ark., üniversite öğrencilerinin, seçilmiş biyolojik ve motor parametrelerine HIIT antrenmanı ile 10 haftalık aquafitness programının etkisini incelemek üzere yaptıkları çalışmaya, 16 kişi katılmıştır (8 kontrol grubu, 8 deney grubu). Kontrol grubu, fiziksel aktivite yapmadan günlük aktivitelerine devam etmiş olup deney grubu, haftada 2 kez 50 dk toplam 10 hafta su eğitimi ve HIIT'yi (tabata for-

matı) tamamlamıştır. Metabolik yanıtta deney grubunda, vücut yağ yüzdesi ve bel çevresinde önemli bir azalma görülmüştür. Kardiyovasküler yanıtta ise deney grubunda dinamik denge, lumbar spine ve hamstringlerin esnekliği, statik dengenin gelişimi ve dinlenik KAH'de anlamlı gelişmeler görülmüştür. Sonuç olarak, HIIT'nin dâhil olduğu aquafitness ile fiziksel uygunlukta önemli fayda sağlayabileceği görülmüştür.³³

Turnes ve ark., HIIT antrenmanının aerobik parametreler üzerine etkisini inceledikleri çalışmaya, 21 rekreasyonel bisikletçi katılmıştır. On bir katılımcı (LO grup), VO_{2maks} 'in %105'inde 4x5 dk, 1 dk dinlenme, 10 katılımcı (UP grup), VO_{2maks} 'in %60-100'ünde 1:2 antrenman: dinlenme uygulamıştır. LO grup ile karşılaştırıldığında, VO_{2maks} ve LT eşiği, UP grubunda istatistiksel olarak anlamlı gelişme göstermiştir.³⁵

Herbert ve ark.nın SED ile aktif erkeklerde serum insülin gibi büyüme faktörü üzerinde HIIT'nin etkisini inceledikleri çalışmaya, 22 SED ve 17 elit seviyede sporcu (LEX) katılmıştır. Kayıt (aşama A), ön koşullu antrenman (aşama B) ve HIIT sonrası (aşama C) olarak 3 değerlendirme aşamasıyla yapılmıştır. Serum IGF-I, elektrokimyasal ışınla belirlenmiştir. IGF-I, başlangıçta SED ile LEX karşılaştırıldığında LEX'de daha yüksek bulunmuş, SED'de ön koşullu antrenman sonrası IGF-I'de küçük bir artış görülmüş, HIIT sonrasında daha büyük bir artış görülmüştür. HIIT sonrası her 2 grupta da yağsız kitlelerde küçük artışlar gözlenmiştir.⁶⁷

Herbert ve ark., erkek elit atletlerde testosteron ve kas kuvvetinde HIIT prosedürünün etkisini inceledikleri çalışmaya, 17 kişi katılmıştır. Altı haftanın üzerinde HIIT uygulamasında; %40'da PPO'da 30 sn 6 "sprint", 3 dk aktif dinlenme yapılmıştır. Sonuç olarak, mutlak ve relatif güç çıkışı, HIIT sonrasında artmıştır. Toplam testosteronda anlamlı değişimler görülmemiştir.⁶⁸

Cockcroft ve ark.nın erişkin erkeklerde insülin duyarlılığı ve glukoz toleransı gelişimi için orta şiddetli egzersize alternatif olarak, HIIT etkisini değerlendirmek üzere yaptıkları çalışmaya, 9 kişi katılmıştır. Üç ayrı grup oluşturulmuştur; 1) HIIT (bisiklet ergometresi), 2) orta şiddetli antrenman (bisik-

let ergometresi), 3) kontrol grubu (CON). Antrenman sonrasında glukoz ve insülin hesaplanmıştır. Enerji tüketimi ve yağ oksidasyonu, indirekt kalorimetre kullanılarak ölçülmüştür. Antrenman eğlencesi, fiziksel aktivite eğlence skalası kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak kontrol grubuna göre glukoz, HIIT ve orta şiddetli grupta azalmıştır. Aynı şekilde insülin 2 grupta da azalmıştır. HIIT ve orta şiddetli antrenman eşit şekilde eğlenceli bulunmuştur.⁶⁹

Christensen ve ark., HIIT sonrası, pulmoner oksijen alımı kinetiğinde meydana gelen gelişmelerin, iskelet kası mitokondriyal fonksiyonuyla ilişkili olup olmadığını inceledikleri çalışmaya, 10 erkek katılmıştır. Altı HIIT antrenmanına katılan katılımcılar, 8-12x60 dk en yüksek güçte bisiklet testi uygulamıştır. HIIT öncesi ve sonrasında, VO_2 kinetiği modellenmiştir. Mitokondriyal fonksiyon, oksidatif enzim sitrat sentezinin (CS), maksimal aktivitesi respirometre ile değerlendirilmiştir ve sitokrom c oksidaz (COX) buna göre belirlenmiştir. HIIT sonrasında VO_2 kinetiği, yağ asidi oksidasyonu ve solunum artmıştır. CS ve COX faaliyetleri antrenman sonrasında değişiklik göstermemiştir.⁷⁰

Grace ve ark., SED yaşlı erkeklerde kalp atış rezervi, metabolik kapasite (MET) ve dinlenik kan basıncı gelişiminde HIIT'nin etkisini inceledikleri çalışmaya, 39 kişi katılmıştır. Kayıt (aşama A), ön koşullu antrenman (aşama B) ve haftanın 5 günü HIIT antrenmanı (aşama C) olarak 3 değerlendirme aşaması yapılmıştır. Sonuç olarak, antrenman sonrası kalp atış rezervi, basınç hızı üretimi, ortalama arteriyel kan basıncı ve sistolik kan basıncı iyileşme göstermiştir.¹⁹

Talanian ve ark., kadınlarda egzersiz sırasında yağ oksidasyon kapasitesini artırmak için 2 haftalık HIIT etkisini incelediği çalışmaya, 8 kadın katılmıştır. Katılımcılar, antrenman öncesi ve sonrasında %60 VO_{2maks} 'da bisiklet testi uygulamıştır. İki dk dinlenme verilerek, %90 VO_{2maks} 'da 4 dk, 10 defa HIIT yapılmıştır. Sonuç olarak, HIIT sonrası tüm vücut yağ oksidasyonu %36 oranında artmıştır.⁷¹

Trapp ve ark., 15 hafta HIIT antrenmanının, genç kadınlarda deri altı ve vücut yağları ve insülin direncine olan etkilerine belirlemek üzere yaptıkları çalış-

maya, 45 kadın katılmıştır (15 HIIT, 15 kontrol ve 15 “steady state” antrenman grubu). Tüm kadınların antropometrik ölçümleri alınmış ve VO_{2max} ’ın belirlenmesi için bisiklet ergometre testi yapılmıştır. Katılımcılar, 30 W’de bisiklete başlamış, 90 rpm’de hızlarını sürdürmüştür. Her bir aşamada 15 W artış olmuştur. Sonuç olarak 2 antrenman grubu, kardiyovasküler uygunlukta önemli bir gelişme göstermiştir. HIIT grubu, açlık plazma insülin seviyesi, vücut yağı ve toplam beden kitlesinde önemli bir azalma göstermiştir. Ayrıca HIIT grubu, bacaklarda anlamlı yağ kaybı göstermiştir. HIIT sonrası aşırı kilolu kadınlarda anlamlı kilo kaybı görülmüştür.⁷²

Kao ve ark.nın inhibitör kontrolü üzerinde devamlı aerobik yürüyüş (CAE) ve HIIT’nin akut etkisinin karşılaştırıldığı çalışmaya, 64 çocuk katılmıştır. Ayrı günlerde, 9 dk HIIT, 20 dk CAE ve 20 dk oturarak dinlenme yaptırılmıştır. Sonuç olarak, CAE ve HIIT inhibitör kontrolü ve bunun altında yatan nöroelektrik aktivasyonu farklı şekilde kolaylaştırmış, HIIT’nin bilişsel sağlığı artırmak için etkin zamanlı bir yaklaşım olabileceği bulunmuştur.⁷³

Shehata ve Mahmoud, erişkinler için vücut yağ yüzdesi, beden kitle indeksi (BKİ) ve vücut ağırlığı üzerinde HIIT’nin etkisini inceledikleri çalışmaya, 40 kişi katılmıştır. HIIT, ısınma (5-10 dk), 30-60 dk yüklenme (koşu bandı, “spinning”, serbest ağırlıklar, ağırlık makineleri, sağlık topu), ve dinlenme aşamasından oluşmuştur. Sonuç olarak HIIT sonrasında vücut ağırlığı, BKİ ve vücut yağ yüzdesi anlamlı farklılıklar göstermiştir.⁷⁴

Schleppenbach ve ark., aktif ve SED popülasyonda dinlenik O_2 tüketimi üzerinde HIIT ve dairesel antrenmanı incelediği çalışmaya, 26 kişi katılmıştır. SED ve aktif grup olarak 2’ye ayrılan grupların HIIT antrenmanı sırasında ve antrenman sonrasında O_2 tüketimi ölçülmüştür. Aktif ve sedanter bireyler arasında, egzersiz sonrası ve sonrasında kalori harcamalarında anlamlı bir fark görülmemiş, HIIT’ye göre dairesel antrenman yapan kişilerde kalori harcaması yüksek olmuştur. Egzersiz sonrasındaki O_2 tüketiminde ise HIIT ve dairesel antrenman benzer sonuçlar göstermiştir.⁷⁵

Abbasi ve ark.nın, genç kadınlarda bazı kemik mineral indeksleri ve osteoponetin üzerinde 8 hafta-

lık HIIT antrenmanın etkisini inceledikleri çalışmada, 16 fiziksel olarak aktif kadına (20-24 yaş arası) HIIT yaptırılmıştır. HIIT, haftada 3 gün, 20-30 dk arası sürmüş olup ilk hafta 35 m mesafe, 6 tekrar 3 set (KAH_{maks} ’ın %80’i), 2. hafta set sayısı korunarak, KAH_{maks} %85’e yükseltilmiş, dinlenme set arası 3 dk, tekrar arası 10 sn sürmüştür. Dördüncü ve 5. haftada 4 set, 6. haftada 5 set yaptırılmıştır. Egzersiz öncesi ve sonrası kan örnekleri alınmıştır. Sonuç olarak 8 haftalık HIIT egzersiz programının, kemik mineral yoğunluğunu artırdığı görülmüştür.¹⁴

Grace ve ark.nın, SED erkeklerde kan basıncı, MET ve kalp hızı rezervinin HIIT ile gelişimini inceledikleri çalışmaya, 39 erkek (22 SED, 17 profesyonel sporcu) katılmıştır. Üç aşama uygulanmıştır: A: Kayıt, B: Sedanterlere ACSM yönergeleri tarafından onaylanan ön koşullu aerobik egzersiz, C: Yeniden değerlendirme öncesi 2 grupta da 6 hafta toplamda 9 seans HIIT. Her bir seans, PPO’nun %50 “sprinti” 6x30 s ve 3 dk aktif dinlenmeden oluşmaktadır. HIIT, probisiklet ergometresi kullanarak gerçekleştirilmiştir. Hemodinamik, ekokardiyografik ve kardiyak kasılma mekaniği, her ölçüm aşamasında kronotropik, maksimum kardiorespiratuar yanıtlar ve dinlenmede elde edilmiştir. Sonuç olarak HIIT ile her 2 grupta da maksimal MET artmış olduğu ve SED’lerde de kalp hızı rezervi, sistolik, ortalama arteriyel kan basıncı antrenman aralığında geliştiği görülmüştür.¹⁹

Logan ve ark., erişkinlerde HIIT incelemesiyle ilgili yaptığı çalışmada, HIIT sonrasında erişkinlerde, trigliserid seviyesi ve kolesterol seviyesinde, sistolik kan basıncında, bel çevresi glukozunda ve vücut yağında azalma ve HDL kolesterol, insülin direnci ve VO_{2max} ’da gelişmeler gösterdiğini bulmuştur.⁷⁶

Sağlıklı bireylerde metabolik yanıtlarla ilgili yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde; 6 çalışmada yağsız kitleler, yağ asidi oksidasyonu, vücut yağ oksidasyonu, yağ metabolizması ve kalori harcaması, 2 çalışmada mutlak ve relatif güç çıkışı ve VO_2 kinektiği, 1 çalışmada insülin duyarlılığı, 2 çalışmada inhibitör kontrol, bilişsel sağlık ve kemik mineral yoğunluğu, 1 çalışmada ise aerobik indekste istatistiksel olarak anlamlı artışlar görülmüştür. Çalışmaların 2’sinde glukoz ve insülin seviyesi, açlık plazma

TABLO 2: . Sağlıklı ve hasta bireylerde yüksek şiddetli aralıklı antrenman uygulamalarının metabolik yanıtları.

Parametreler	Sağlıklı bireyler (18 çalışma)	Hasta bireyler (15 çalışma)
Yaşsız kitleler	6↑	1↑
Yağ asidi oksidasyonu		
Vücut yağ oksidasyonu		
Yağ metabolizması		
Kalori harcaması		
Mutlak ve relatif maksimum güç çıkışı	2↑	
VO2 kinetiği		
Glukoz ve insülin seviyesi	2↓	1↓
Açlık plazma insülin seviyesi		
Plazma visfatin		
İnsülin duyarlılığı	1↑	1↑
Abdominal yağ kitlesi	1↓	6↓
Vücut yağ kitlesi		
Vücut ağırlığı		
Vücut yağ yüzdesi		
Bel ve kalça bölgesi yağ oranı		
Bacak yağı/deri altı yağı/karın yağ kitlesi		
Ortalama arteriyel kan basıncı	3↓	1↓
Sistolik kan basıncı		
Kolestrol		
İnhibitör kontrol	2↑	
Bilişsel sağlık		
Kemik mineral yağunluğu		
Glisemik kontrol		3↑
Kan glukoz konsantrasyonu		
Mitofusin/GLUT4		1↑
Aerobik indeks	1↑	

VO2: Maksimal oksijen.

insülin seviyesi ve plazma visfatin, 1 çalışmada abdominal yağ kitlesi, vücut yağ kitlesi, vücut ağırlığı, vücut yağ yüzdesi, bel ve kalça bölgesi yağ oranı, bacak yağı, deri altı yağı ve karın kitlesi yağı, 3 çalışmada ortalama arteriyel kan basıncı, sistolik kan basıncı ve kolesterol parametreleri istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azalma göstermiştir (Tablo 2).

HASTA BİREYLERDE METABOLİK YANITLAR

Hasta bireylerde, egzersizin olumlu metabolik yanıtlar verebilmesi için kişiye özgü optimal egzersiz planlamasının yanı sıra yine kişiye ve tanıya özgü hasta değerlendirilmesinin yapılması da büyük önem taşımaktadır.

Karstoft ve ark.nın Tip 2 diyabet olan hastalarda glisemik kontrol üzerinde orta şiddetli sürekli an-

trenmana karşı aralıklı antrenmanın etkisinin incelendiği çalışmada, Tip 2 diyabet hastalarında (32 kişi) 16 haftalık HIIT sonrasında orta şiddetli antrenmana göre karşılaştırıldığında, GLUT-4 mRNA seviyesi ve membrana bağlı GLUT-4 daha yüksek çıktığı görülmüştür. Glisemik kontrol gelişmiştir, iskelet kaslarında insülin sinyalleri gelişmiştir.⁷⁷

Mohammadi ve ark., kilolu ve yaşlı erkeklerde 8 haftalık HIIT sonrası chemerin ve visfatin serum seviyeleri üzerine etkisini görmek için yaptıkları çalışmaya, 24 erkek (12 deney grubu, 12 kontrol grubu) katılmıştır. Katılımcılar, 8 hafta 45-60 dk arasında HIIT antrenmanı yapmış, kan örnekleri antrenman öncesi ve sonrası toplanmıştır. Sonuç olarak, vücut yağ yüzdesi, BKİ ve kilo değişkenleri antrenman sonrasında anlamlı şekilde azalmıştır. Ayrıca chemerin ve visfatin düzeyleri de anlamlı olarak azalma göstermiştir.⁷⁸

Tjønnø ve ark., metabolik sendrom için bir tedavi olarak, sürekli devam eden antrenmana karşı aerobik interval antrenman etkisini inceledikleri çalışmaya, 32 metabolik sendromlu hasta katılmıştır. Sürekli devam eden interval antrenman VO₂max'ın %70'inde, aerobik interval antrenman VO₂max'ın %90'ında uygulanmış, haftanın 3 günü toplamda 16 hafta sürmüştür. İki program sonrası vücut ağırlığı azalmış, arteriyel kan basıncı eşit olarak azalmıştır. Aerobik interval sonrasında, adipozda lipogenezis ve kan glukozunda azalma, iskelet kas biyogenez, iskelet kası ve yağda insülin sinyalleri ve endotel fonksiyon sürekli devam eden antrenmana göre daha üstün olarak bulunmuştur.⁷⁹

Mationhomae ve ark., obez erkeklerde insülin direnci ve plazma visfatin konsantrasyonu üzerinde 12 haftalık HIIT etkisinin incelendiği çalışmaya, 18 kişi katılmıştır. Katılımcılar 2 gruba ayrılmıştır: DHIIT grubu (haftanın 3 günü 20 dk %85-95 VO₂max diyete bağlı kilo kaybı ile birleştirilen HIIT) ve DIO (sadece diyete bağlı kilo kaybı yaşayan). DHIIT ve DIO grubu orta izokalorik bir enerji harcaması diyeti kullanarak, 12 hafta kilo kaybı antrenmanına alınmıştır. DHIIT ve DIO grubunda, antrenmandan sonra vücut ağırlığında anlamlı bir azalma görülmüştür. DIO grubunda, toplam yağ ve beden kitlesi azalmıştır, abdominal yağ kitlesi,

plazma insülin konsantrasyonunda farklılık görülmemiştir. DHIIT grubunda, toplam yağ kitlesi, abdominal yağ kitlesi, plazma insülin konsantrasyonu, plazma visfatinde azalma görülmüştür.⁸⁰

Mitranun ve ark., Tip 2 diyabet hastalarında, makro-mikrovasküler reaktivite ve glisemik kontrol üzerinde interval antrenmana karşı sürekli devam eden antrenmanın etkisini inceledikleri çalışmaya, 43 kişi katılmıştır. İki gruba ayrılmıştır; sürekli devam eden antrenman grubu (CON) ve interval aerobik antrenman grubu (INT). CON ve INT gruplarının antrenman programları, 12 hafta için haftanın 3 günü 30 ve 40 dk olmak üzere koşuyu içeren ve aynı enerji harcamasını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Vücut ağırlığı ve dinlenik KAH her 2 grupta da azalmış, bacak kas kuvveti artmıştır. Açlık kan şekeri her 2'sinde de azalmış, fakat glikolize edilmiş hemoglobin seviyesi sadece INT grubunda azalmıştır. Maksimal aerobik kapasite, kutanöz reaktif hiperemi her 2 grupta da anlamlı şekilde artmış, ancak en büyük etki INT grubunda görülmüştür. Yalnızca INT grubunda, nitrik oksit, plazma glutatin peroksi artmış ve serum von Willebrand faktörü ve eritrosit malondialdehyde de azalmıştır.⁸¹

Maillard ve ark., Tip 2 diyabetli postmenopozal kadınlarda 16 hafta boyunca HIIT ve MICT'nin tüm vücut ve karın yağ kitlesi üzerindeki etkisini incelemek üzere yaptıkları çalışmaya, 17 kadın katılmıştır. Rastgele seçilen kişiler, HIIT (%77-85 KAH_{maks} 12 sn aktif dinlenme) ve MICT (%55-60 KAH_{maks} da 40 dk) bisiklet programına katılmıştır (16 hafta, haftada 2 gün). Sonuç olarak kalori alımı, fiziksel aktivite seviyesi ve toplam beden kitlesi antrenmanların başlangıcında ve sonunda gruplarda değişim göstermemiştir. Genel olarak toplam karın yağ kütlesi azalmış, toplam yağsız kütle zamanla belirgin şekilde artmıştır (yaklaşık %2-3). Antrenman sonunda toplam karın yağ kütlesi azalmış, fakat gruplar arası anlamlı farklılık görülmemiştir. Ancak karın ve iç organlardaki kütle kaybı, yalnızca HIIT'de gözlenmiştir.⁸²

Terada ve ark.nın Tip 2 diyabet hastalarında MICT ve HIIT'nin fizibilitesi ve etkisini inceledikleri çalışmaya, 126 kişi katılmıştır. Katılımcılara, haftada 5 gün toplamda 12 hafta rastgele HIIT ve orta

şiddetli antrenman verilmiştir. Duygu hâlleri, öz yeterlilik gibi özellikler fizibilite açısından analiz edilmiştir. Etkiyi belirlemek için vücut yağ yüzdesi ve HbA1c'de değişimler araştırılmıştır. Sonuç olarak duygu durumları ve öz yeterlilik, gruplar arasında farklılık göstermemiştir. Vücut yağ yüzdesi, bacak yağı ve deri altı yağı 2 antrenmanda da azalmıştır. HbA1c, başlangıçtan itibaren değişmemiştir.⁸³

Harmer ve ark., Tip 1 diyabeti olan kişilerde egzersiz sırasında kas metabolizması üzerindeki "sprint" antrenmanı etkisini araştırmak üzere yapmış oldukları çalışmaya, 7 kontrol grubu ve 1 diyabet olan hasta katılmıştır. Yedi hafta "sprint" antrenmanı alan katılımcıların VO₂_{maks} BKI ve yaşları eşleştirilmiştir. Katılımcılar, %130 VO₂_{maks}da bisiklet antrenmanı yapmıştır. Enzimler, yüksek enerjili fosfatlar ve metabolitler için egzersiz sonrası ve dinlenmede vastus lateralis biyopsileri test edilmiştir. Solunum ölçümleri, antrenman öncesi ve sonrası submaksimal testler sırasında ve tanımlayıcı testler sırasında ayrı günlerde elde edilmiştir. Sonuç olarak gruplar arasında maksimum heksokinaz dinlenme aktiviteleri, sitrat sentaz ve piruvat dehidrojenaz farklılık göstermemiştir. Egzersizle kan LT birikimi, Tip 1 diyabet olanlarda, olmayanlara göre daha yüksek çıkmış, antrenman sonrası dinlenmede, heksokinaz Tip 1 diyabet olan hastalarda artmış, her 2 grupta da yağ oksidasyonu yüksek ve yoğun egzersiz sırasında her 2 grupta maksimum VT ve karbondioksit çıkışı, plazma LT'si ve kas LT'si, ve ATP degradasyonu düşük çıkmıştır.⁸⁴

Terada ve ark., Tip 2 diyabet olan hastalarda akut glisemik yanıtların HIIT ve MCT (orta şiddetli sürekli antrenman) ile karşılaştırdığı çalışmaya, 10 kişi katılmıştır (HIIT ve MCT grubu). Katılımcılar, hem açken hem de yemek sonrasında değerlendirilmiş, HIIT protokolü 60 dk boyunca VO₂_{maks}ın %40'ında 3 dk dinlenmeyle değiştirilerek, VO₂_{maks}ın %100'ünde 1 dk dinlenmeyle uygulanmıştır. Sonuç olarak 2 antrenman protokolü arasındaki enerji harcaması, önemli ölçüde farklı bulunmamıştır. HIIT grubu, glisemik kontrol için en avantajlı egzersiz stratejisi olarak bulunmuştur.⁸⁵

Hasta bireylerde, metabolik yanıtlarla ilgili yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde; 1 çalışmada

yağsız kitleler, yağ asidi oksidasyonu, vücut yağ oksidasyonu, yağ metabolizması ve kalori harcaması, 1 çalışmada insülin duyarlılığı, 3 çalışmada glisemik kontrol ve kan glukoz konsantrasyonu, 1 çalışmada mitofusin/GLUT4 parametreleri istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artış göstermiştir. Çalışmaların 6'sında abdominal yağ kitlesi, vücut yağ kitlesi, vücut ağırlığı, vücut yağ yüzdesi, bel ve kalça bölgesi yağ oranı, bacak yağı, deri altı yağı ve karın kitlesi yağı, 1 çalışmada glukoz ve insülin seviyesi, açlık plazma insülin seviyesi ve plazma visfatin, 2 çalışmada ortalama arteriyel kan basıncı, sistolik kan basıncı ve kolesterol parametreleri istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde azalma göstermiştir (Tablo 2).

YÜKSEK ŞİDDETLİ ARALIKLI ANTRENMAN VE PERFORMANS

Performansın artırılmasında; KAH, mitokondriyal kasılma, oksijen taşınması ve VO_{2max} gibi fizyolojik parametrelerle ilgili birçok faktör vardır. Antrenman yoğunluğu, antrenman sürecinde fiziksel performans ve sağlıkla ilgili çıktıları geliştirmede önemli uyarıcılardan biridir. Yapılan çalışmalarda HIIT sonuçlarının, orta şiddetli antrenmana göre performansı anlamlı şekilde artırdığı görülmüştür.⁸⁶ HIIT, çeşitli dayanıklılık sporlarında, iyi antrene edilmiş sporcularda aerobik kapasite ve performansı artırmaktadır. HIIT ile birlikte, mitokondriyal enzimlerin aktivitesinin arttığı, laktik asit birikimi ve glikojen kullanımının azaldığı, VT eşiğinin ve anaerobik kapasitenin de anlamlı olarak arttığı görülmüştür.⁸⁷

SAĞLIKLI BİREYLERDE PERFORMANS YANITLARI

Performans ve egzersiz söz konusu olduğunda kişinin; kuvvet, sürat, dayanıklılık, esneklik, koordinasyon gibi motor becerileri, aerobik ve anaerobik fizyolojik kapasitelerinin yanı sıra teknik, taktik yeterlilikleriyle psikolojik özelliklerinin gelişimi ana hedef gruplarıdır.

Thum ve ark., HIIT ve MICT'nin eğlence, etki ve algılanan efor üzerine etkisini inceledikleri çalışmaya, 20 rekreasyonel olarak aktif kadın ve erkek katılmıştır. İlk olarak VO_{2max} testi bisiklet ergometresinde gerçekleştirilmiştir. Rastgele seçilen her bir katılımcı, 2 ek antrenman denemesi yapmıştır

(8 defa 1 dk aktif dinlenme ile %85 maksimum yüklenmede bisiklet testi, HIIT) ya da (%45 maksimumda 20 dk bisiklet). Egzersiz sırasında algılanan eforun derecesi, etkisi ve kan LT konsantrasyonu ölçülmüş, ek olarak antrenman sonrası Fiziksel Aktivite Eğlence Skalası (PACES) tamamlanmıştır. Sonuç olarak, orta şiddetli antrenmana göre HIIT sırasında daha fazla keyif alındığı görülmüş, 12 katılımcının 11'i HIIT'yi tercih etmiştir. Ayrıca HIIT'de etki, daha yüksek bulunmuştur.²¹

Abdelsattar ve Abdelkader, antrenmanlı sporcular için kalp hızı değişkenliği ve aerobik kapasite üzerinde irtifa maskesi kullanarak, HIIT'nin etkisini inceledikleri çalışmaya, 12 sağlıklı aktif erkek futbol oyuncusu katılmıştır. Deney grubunda yer alan 6 futbolcuya irtifa maskesi kullanılarak HIIT yaptırılmış, kontrol grubuna ise maske kullanmadan HIIT uygulanmıştır. HIIT protokolü; 7 dk ısınma, "shuttle run beep" testi ve soğumadan oluşmakta olup KAH_{maks} 'ın %85-95'inde koşu, %65-75'inde aktif dinlenme uygulanmıştır. İlk hafta 3.000 "feet" yükseklikte başlanıp, her 2 haftada 1 3.000 "feet" artırılmıştır. Otuz sn, 1 dk, 2 dk, 4 dk, 2 dk, 1 dk, 30 sn şeklinde 8 hafta tamamlanmıştır. Sonuç olarak irtifa maskesi kullanarak, 8 hafta HIIT yapan grupta, aerobik kapasite ve kalp hızı değişimleri görülmüş, dinlenik KAH'de azalma, VO_{2max} 'da gelişme görülmüştür.²²

Altın ve Kaya, 14-16 yaş grubu futbolcularda yoğunlaştırılmış aralıklı antrenman metodunun aerobik ve anaerobik güce etkisini inceledikleri çalışmaya, 60 sporcu (deney-HIIT ve kontrol grubu) katılmıştır. Deney grubundakilere 10 hafta boyunca, haftada 3 gün ortalama 1 saat HIIT uygulanmıştır. Aerobik güç "cooper", anaerobik güç ise dikey sıçrama testiyle belirlenmiştir. Sonuç olarak 14-16 yaş arası futbolcuların, aerobik kapasitelerinde olumlu etki gösterdiği bulunmuştur.⁸⁹

Agostino, maksimum aerobik hız (MAS) üzerinde HIIT sonrası etkinin değerlendirilmesi için yaptığı çalışmaya, 21 amatör futbol oyuncusu katılmıştır. HIIT ve MAS'yi hesaplamak için Gacon testi yapılmıştır. Sonuç olarak 3,5 km/h artış ile %28'lik gelişim görülmüş, MAS'nin gelişiminde HIIT etkili bulunmuştur.⁹⁰

Byankina ve ark.'nın yükseköğretim kurumlarında, yüzme derslerinde HIIT kullanımını incele-

dikleri çalışmaya, 532 kadın 358 erkek toplamda 850 öğrenci katılmıştır. İlk aşamada gençlerin fiziksel uygunluğu test edilmiş, 2. aşamada ise yüzme sınıflarında HIIT metodu uygulanmıştır. Deney ve kontrol grubu olarak 2'ye ayrılmış, sonuç olarak deney grubunda HIIT metodunun etkili olduğu bulunmuştur.⁹¹

Alves ve ark.nın, akut HIIT antrenmanının seçici dikkat ve kısa süreli bellek görevlerine etkisini inceledikleri çalışmaya, 22 sağlıklı orta yaşta kişiler katılmıştır. HIIT antrenmanı, 10 dk bisiklet, 1 dk dinlenmeden oluşmuş (%80 KAH), aktif KAH rezervinin %60'ında bisiklet sürme duraklatılmış, düşük yoğunlukta aktif germe egzersizinden oluşan bir kontrol oturumu yapılmıştır. Her deneğe antrenman öncesi ve sonrası Stroop Bilişsel Performans Testi ve Digit Span (Kısa Süreli Hafıza) Testi yapılmıştır. HIIT ardından Stroop testinde "renk kelimesi" tamamlama süresi, kontrol oturumuna kıyasla anlamlı şekilde düşük çıkmıştır. Stroop testinin diğer alt bileşenlerindeki performans, Digit testinden farklı çıkmamıştır. Bir HIIT antrenmanının, bilişsel fonksiyonu geliştirebileceği sonucuna varılmıştır.⁹²

Wright ve ark., kız futbol oyuncularının 8 haftalık karma HIIT programına yönelik grup ve bireysel cevaplarını değerlendirdikleri çalışmaya, 37 futbolcu katılmıştır. Yo-Yo testi, yön değişimli hız testi, tekrarlı "sprint" yeteneği testi ve 20 mt hız testi yapılmıştır. Oyuncular maksimum yükseklik hızı [peak height velocity (PHV)] öncesi ve sonrası olarak kategorize edilmiştir. Yo-Yo testinde orta derecede gelişimler olmuş, ancak PHV öncesi oyuncuların cevaplarında orta derecede bireysel farklılık görülmemiştir. Tekrarlayan "sprint" yeteneğindeki düşüşler, PHV'den önce çok büyük, PHV'de orta ve PHV sonrası belirsiz olmuştur. PHV sonrası yön değiştirme hızında, oyunculara büyük bir artış görülmüştür.⁹³

Barlett ve ark.nın, MICT'ye karşı HIIT antrenman etkisinin koşucularda fiziksel aktivite eğlence skalası kullanarak, eğlence algısının kalite oranını değerlendirmek üzere yaptıkları çalışmaya, 8 rekreasyonel koşucu katılmıştır. HIIT protokolü; %90 VO_{2maks}da 6x3 dk koşu, %50 VO_{2maks}da 6x3 aktif dinlenme, MICT protokolü; 50 dk, %70 VO_{2maks}da koşu olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak HIIT an-

trenmanın, eğlence algı oranı daha yüksek bulunmuştur.⁹⁴

Frazão ve ark., aktif ve aktif olmayan erkeklerde düşük seviyeli HIIT etkisini inceledikleri çalışmaya, 58 erkek katılmıştır. Katılımcılar, fiziksel değerlendirme, maksimum egzersiz testi ve düşük seviyede HIIT'ye katılmıştır. HIIT protokolü, 10x60 sn %90 KAH_{maks}da koşu bandı (MTV) ve %30 MTV'de 60 sn dinlenmeyi içeren protokolden oluşmuştur. Pozitif etki yanıtları, aktif ve aktif olmayan erkekler arasında benzer bulunmuştur. Ancak aktif olmayan grup, zamanla aktif gruptan daha az etkili yanıtlar göstermiştir.⁹⁵

Latorre-Román ve ark., uzun mesafe koşucularında genişletilmiş interval antrenmanının etkisini inceledikleri çalışmaya, 16 yarı elit uzun mesafe koşucusu katılmıştır. Katılımcılar, ısınma ve 10 dk genel bir koşu antrenmanı yaptıktan sonra, 15 sn aralıklı dikey sıçrama, 3 sn "handgrip strength" ve 15 sn dinlenme uygulamıştır. Daha sonra 400 m, 4 set 3 koşu, koşular arası 1 dk pasif dinlenme uygulamıştır. Aerobik kapasitede anlamlı gelişmeler görülmüş, dikey sıçrama ve LT arasında pozitif korelasyon bulunmuştur.⁹⁶

Raedeke, egzersiz için etkili yanıtlar ve eğlence arasındaki ilişkiyi incelediği çalışmaya, 105 kadın katılmıştır. Haftada 2 defa, 50 dk 6 aerobik egzersizine katılmışlardır. Her bir antrenman 30 dk aerobik aktivite, 5-10 dk ısınma ve 5-10 dk soğumadan oluşmuştur. Antrenman öncesi ve sonrasında psikolojik durumunu değerlendirmek için "Profile of Mood States" yapılmıştır. Eğlence durumları için PACES yapılmıştır. Antrenman öncesindeki negatif yanıtlar, antrenman sonrası olumlu hâle gelmiştir. Eğlence değerlendirmesinde pozitif etkiler görülmüştür.⁹⁷

Smith ve ark., 3.000 m ve 5.000 m koşu performansında HIIT MTV interval antrenman programı etkisini inceledikleri çalışmaya, 27 antrenmanlı koşucu katılmıştır. Katılımcılar, rastgele %60 VO_{2maks} %70 VO_{2maks} ve kontrol grubu olmak üzere 3 gruba ayrılmıştır. Kontrol grubu normal antrenmanlara devam etmiş, diğer 2 grup 4 hafta MTV'de interval antrenman programı yapmıştır. Birinci ve 2. grup kontrol grubuyla karşılaştırıldığında 3.000 m'de HIIT sonrasında aerobik performans üzerinde anlamlı ge-

lişimler göstermiştir. Beş bin m performansta anlamlı değişimler olmamıştır.⁹⁸

Welch ve ark., maksimal artırmalı egzersizde, aktif olmayan kadınların duygusal yanıtlarını inceledikleri çalışmaya, 20 kadın katılmıştır. Katılımcılar, bir bisiklet ergometresinde son tolerans sınırına kadar artırmalı egzersizi tamamlamıştır. Dikkat, egzersiz öncesi, sırasında ve sonrasında kaydedilmiştir. Antrenman sonrasında duygusal değerlendirmede belirgin bir gelişme görülmüştür. Antrenman yükü arttıkça, dikkat odağı giderek daha fazla olmuştur.⁹⁹

Hazell ve ark., aerobik ve anaerobik performans gelişimi için 10 ya da 30 sn “sprint” interval antrenman etkisini incelediği çalışmaya, 48 kişi katılmıştır. Katılımcılar, 30:4 (antrenman zamanı: dinlenme zamanı), 10:4, 10:2 ve kontrol grubu (antrenman yapmayan grup) olmak üzere 4 gruba ayrılmıştır. Antrenman, bisiklet üzerinde, haftanın 2 günü toplam 3 hafta uygulanmıştır. Antrenman öncesi ve sonrası ölçümler; VO_{2max} 5 km testi (TT) ve 30 sn Wingate testini içermiştir. On-s grupları, her antrenmanda minimum güç ile daha iyi antrenman yoğunluğu göstermiştir. Antrenman 10:4, 10:2 ve 30:4’de TT performansını artırmıştır. VO_{2max} , 10:4 ve 30:4 gruplarında artmış, fakat 10:2 grubunda değişiklik göstermemiştir. Wingate testinde 30:4, 10:4 ve 10:2 grubu artış göstermiştir. Sonuç olarak 10 sn ve 30 sn’nin “sprint” interval antrenman çıkışlarının, hem aerobik hem de anaerobik performansı artırdığı görülmüştür.¹⁰⁰

Farias-Junior ve ark.nın, farklı iş yükü ve dinlenme süreleriyle düşük seviyeli HIIT boyunca fizyolojik ve psikolojik yanıtları inceledikleri çalışmaya, 18 kişi katılmış ve 10 kişi çalışmayı tamamlamıştır. Katılımcılara, üniversite ortamında e-posta ve sosyal ağlar aracılığıyla davetiye gönderilmiş, kabul eden ve mülakatı geçen (fiziksel olarak sağlıklı ve MTV’de koşabilecek olan) kişiler çalışmaya alınmıştır. Farklı iş yükü-dinlenme süreleri (60/60 ve 30/30 gibi) ile 2 düşük seviyeli HIIT arasında etki, algılanan eforun derecesi, kalp atımı, solunum, karbondioksit çıkışı ve oksijen alımı karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak iş yükü-toparlanma süresi daha kısa olan düşük seviyeli HIIT (30/30)’nin, aktif ve aktif olmayan erişkinler için daha uzun olan HIIT (60/60)’nin daha aktif erişkinler için düşünülmesi gerektiği bulunmuştur.¹⁰¹

Leahy ve ark.nın, ileri ergenlik döneminde olan (16-18 yaş) kişiler için HIIT’nin ön etkinliği ve uygulanabilirliğini değerlendirmek üzere yaptıkları çalışmaya, 68 (38 antrenman grubu, 30 kontrol grubu) öğrenci katılmıştır. On dört hafta boyunca, haftada 3 gün HIIT uygulanmıştır. Sonuç olarak kardiyorespiratuar fitness için etkin zaman görülmüş, genel olarak öğretmenler ve öğrenciler HIIT programından memnun kalmış ve uygulanabilir olarak görülmüştür.¹⁰²

Silva Machado ve ark.nın, sağlıklı erkeklerde değişen hacimlerde HIIT’nin fiziksel ve psikolojik etkisini inceledikleri çalışmaya, 23 sağlıklı erkek katılmıştır. Katılımcılar, 3 hafta boyunca rastgele düşük ve çok düşük hacimde HIIT (bisiklet ergometresi 60 ve 75 sn) uygulamıştır. Eğitim boyunca çok düşük hacimli gruptaki katılımcıların (düşük hacimli gruba göre), algılanan efor dereceleri azalmış ve yüksek duygusal tepkileri rapor edilmiştir. Wingate zirve gücünde çok düşük hacimli HIIT grubunda antrenman sonrasında aerobik performansın önemli derecede anaerobik gücün arttığı görülmüştür. Çok düşük hacimli HIIT, düşük hacimli HIIT’ye göre daha az yorucu ve daha zevkli olarak algılanmıştır.¹⁰³

Malik ve ark.nın, erişkinlerde HIIT antrenmanının kardiyorespiratuar ve algısal yanıtlarını inceledikleri çalışmaya, 16 kişi katılmıştır. Ayrı günlerde %70-85 ya da %100 intervalde 8x1 dk’dan oluşan HIIT uygulanmıştır. HIIT öncesinde, esnasında ve sonrasında KAH ve VO_{2max} kaydedilmiştir. Sonuç olarak, tüm aralıklarda eğlence verici görülmüş, fakat algılanan antrenman oranı %100 HIIT’de diğerlerinden önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Katılımcıların çoğu %85 ve %100 HIIT sırasında %90 KAH_{max} elde etmiştir.¹⁰⁴

Poulos ve ark.nın, antrene edilmiş genç futbol oyuncularında bacak kas gücü kuvveti, tekrarlanan “sprint” yeteneği ve kardiyorespiratuar fonksiyonun seçilmiş parametreleri üzerinde MICT ve HIIT antrenman etkisini inceledikleri çalışmaya, 30 amatör futbol oyuncusu (10 HIIT grubu, 10 MICT ve 10 kontrol grubu) katılmıştır. HIIT ve MICT haftada 2 defa 16 antrenman yaparken, kontrol grubu futbol antrenman rutinini sürdürmüştür. HIIT grubu, 2 dk dinlenme, küçük saha oyunları (4x4) olarak toplamda 8 dk egzersiz ya da %120 VO_{2max} da 15 sn’lik din-

lenmelerle antrenman yapmış olup MICT, 40 dk alan futbolu (10X10) ya da %70 VO₂_{maks} ile 40 dk süreklili devam eden koşu antrenmanı yapmıştır. Sonuç olarak bu parametrelerde, önemli bir değişme görülmemiştir.¹⁰⁵

Muntaner-Mas ve Palou, artan yoğunlukla beden eğitimi sınıflarında geleneksel öğrenme içinde HIIT antrenman programını etkisini incelemek üzere yaptıkları çalışmaya, 80 öğrenci katılmıştır (55 deney, 25 kontrol grubu). Haftada 2 gün, 5 ay boyunca HIIT antrenmanı yapılmıştır (10 istasyondan oluşan dairesel antrenman). Her istasyonda çalışma süresi 45 dk, dinlenme süresi 15 dk olmuştur. Son olarak beden eğitimi dersleri değiştirilmiş, 5 dk ısınma, 10 dk HIIT, 40 dk dairesel antrenman, 5 dk soğumadan oluşmuştur. Antrenman başlangıcında HIIT ve kontrol grubu arasında önemli farklılıklar görülmemiştir. Antrenman sonrası deney grubunda, fiziksel durum ve vücut kompozisyonu üzerinde anlamlı değişiklikler görülmüştür.¹⁸

Öktem ve Şentürk, 8 haftalık HIIT antrenman metodunun, genç millî karateci ve güreşçilerde aerobik, anaerobik güç ve kuvvete etkisini inceledikleri çalışmaya, 30 kişi katılmıştır (15 karate, 15 güreş). Haftada 2 gün, 8 hafta yapılan programda, katılımcıların demografik özellikleri, yağ ölçümleri alınmış, 20 m mekik koşusu, dikey sıçrama uygulanmıştır. Ayrıca kalp atım sayısı, sağ-sol pençe kuvveti ve bacak kuvveti ölçümleri alınmıştır (%85 KAH_{maks}). Sonuç olarak, 8 haftalık HIIT antrenman metodunun; vücut ağırlığı, kalp atım sayısı, dikey sıçrama, bacak kuvveti, sağ pençe kuvveti, sol pençe kuvveti, durarak uzun atlama, 20 m koşu ve mekik koşusu parametrelerinde etkisi olduğu tespit edilmiştir.¹⁰⁶

Stenman ve ark., erişkinlerde bilişsellik üzerine 2 haftalık HIIT antrenmanının etkisini inceledikleri çalışmaya, 25 kişi katılmıştır (deney grubu ve kontrol grubu). Kontrol grubu normal alışkanlıklarına devam etmiştir. Deney grubuna, 2 dairesel antrenman ve 4 HIIT koşu antrenmanı yaptırılmıştır. Reaksiyon zamanı, görsel hafıza, çalışma hafızası ve öğrenme CogState test bataryasıyla değerlendirilmiştir. Sonuç olarak reaksiyon süresi, kontrol grubunda daha fazla gelişmiştir. İstatistiksel olarak diğer ölçütlerde anlamlılık bulunmazken, deney grubunda görsel hafıza

ve öğrenme üzerinde küçük bir olumlu etki görülmüştür.¹⁰⁷

Vezzoli ve ark., elit koşucularda orta şiddetli süreklili devam eden antrenmana (MOD) karşı HIIT'nin oksidatif stres tepkilerindeki zaman değişimlerini inceledikleri çalışmaya, 20 uzun mesafe koşucusu katılmıştır (10 HIIT grubu, 10 MOD grubu). MTV'de 8 hafta antrenman yapılmış, her 2 grubunda antrenman öncesi ve sonrası toplam antioksidan kapasite, 8-hidroksi 2 deoksi guanozin, protein karbonilleri ve tiyobarbitürik asit reaktif maddeleri (TBARS) incelenmiştir. Antrenman, her 2 grupta da TBARS konsantrasyonunda anlamlı bir düşüş sağlamıştır. Her 2 antrenmanda da hidroksi 2 deoksi guanozin, protein karbonilleri anlamlı olarak azalmıştır. Sonuç olarak bu bulgular, redoks hemostazda benzer faydalı etkiler içermiş, oksidatif strese neden olmamıştır.¹⁰⁸

Costigan ve ark.nın, erişkin bireylerde sağlıklı ilişkili uygunluk gelişimi için HIIT kullanımını değerlendirmesiyle ilgili yaptığı çalışmada, 10 haftalık HIIT sonucunda, HIIT'nin erişkinlerde (MAS'nin %100-120'si arasında 10 sn'lik "sprint") aerobik kapasite ve kas kuvvetinde önemli değişiklikler gösterdiği bulunmuştur.¹⁰⁹

McMillan ve ark., 10 haftalık HIIT programının, fizyolojik adaptasyonlarını inceledikleri çalışmaya, 11 genç futbolcu katılmıştır. Katılımcılar, normal futbol antrenmanlarına ek olarak 10 hafta boyunca haftada 2 kez HIIT programına (4 dk yüksek yoğunluklu antrenman aralıkları ile KAH_{maks}'in %90-95'inde) katılmışlardır. Sonuç olarak koşu ekonomisi, 10 m "sprint" süreleri, BKİ'lerde istatistiksel olarak anlamlı bir değişim görülmemiştir. Katılımcıların, VO₂_{maks} değerlerinde anlamlı artışlar görülmüştür.¹¹⁸

Bickham ve Le Rossignol, 6 haftalık HIIT antrenman programının, dayanıklılık koşucularında anaerobik kapasitedeki değişiklikleri ölçmek için birikmiş oksijen açığı (AOD) protokolü kullanılarak inceledikleri çalışmaya, 7 sporcu katılmıştır. Katılımcılar, 6 hafta boyunca haftada 3 kez HIIT antrenman programını (4 set tekrarlı, %90-100 algılanan maksimal efor oranında 5-15 sn "sprint"; 40-100 m) uygulamışlardır. Sonuç olarak AOD, VO₂_{maks}

VT eşiği, VO₂ kinetiği ve koşu ekonomisinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar görülmemiştir. Antrenman programı sonrası yüksek yoğunluklu testin aerobik bileşeni, %5,4 oranında artmıştır.¹¹⁹

Dupont ve ark., sezon süresince profesyonel erkek futbol oyuncularının, HIIT üzerinde koşu performansının etkisini inceledikleri çalışmaya, 22 sporcu katılmıştır. Antrenman programı aralıklı koşuları içermiş olup (VO₂_{maks}ın %120'sinde 15 sn süren 12-15 "sprint" koşusu, 30 sn dinlenme, 40 m), 10 hafta sürmüştür. Sonuç olarak HIIT antrenman programı sonrası MAS'nin, istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı ve 40 m süresinin azaldığı görülmüştür.¹²⁰

Sağlıklı bireylerde performans yanıtlarıyla ilgili yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde; 18 çalışmada aerobik kapasitenin istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde arttığı görülmüş, 1 çalışmada ise aerobik kapasite parametresi değişmemiştir. Yapılan 2 çalışmada LT konsantrasyonu/LT ve H⁺ iyonları, 2 çalışmada efor derecesi, 4 çalışmada eğlence oranı, 1 çalışmada mitokondriyal oksidatif kapasite ve kapiller yoğunluk, 2 çalışmada genel sağlık durumu, egzersiz motivasyonu ve vücut kompozisyonu, 2 çalışmada antrenman etkisi, 1 çalışmada uygulanabilirlik, 4 çalışmada reaksiyon süresi/dikkat, görsel hafıza, öğrenme, psikolojik sağlık algısı, bilişsel fonksiyon ve 2 çalışmada kas kuvveti/bacak kas kuvveti, kas kesit alanı, dayanıklılık kapasitesi, sağ-sol pençe kuvvetinde istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artış görülmüştür. Bir çalışmada enerji tüketimi değişmemiş, 1 çalışmada endotel büyüme faktörü azalmış, 1 çalışmada ise hidroksi 2, deoksi guanozin ve protein karbonilleri istatistiksel olarak anlamlı azalmış göstermiştir (Tablo 3).

HASTA BİREYLERDE PERFORMANS YANITLARI

Hasta bireylerde ise performans ve egzersiz, daha çok risk faktörlerinin azaltılarak, yaşam kalitesinin artırılmasını hedeflemektedir.

Chrysohoou ve ark., kronik kalp hastalığı olan kişilerde, depresyon durumu ve yaşam kalitesi üzerinde HIIT etkisini değerlendirmek için yaptıkları çalışmaya, 100 hasta katılmıştır (kontrol grubu ve HIIT antrenman grubu). HIIT antrenman grubu (50 kişi), %100 KAH_{maks}da 30 sn yüklenme, 30 sn dinlenme

TABLO 3: Sağlıklı ve hasta bireylerde yüksek şiddetli aralıklı antrenman uygulamalarının performans yanıtları.

Parametreler	Sağlıklı bireyler (41 çalışma)	Hasta bireyler (14 çalışma)
Aerobik kapasite	18↑1—	2↑
Ortalama ve maksimum güç çıkışı		
Laktat konsantrasyonu/laktat ve H ⁺ iyonları	2↑	
Efor derecesi	2↑	
Eğlence oranı	4↑	1↑
Mitokondriyal oksidatif kapasite	1↑	1↑
Kapiller yoğunluk		
Genel sağlık	2↑	
Egzersiz motivasyonu		
Vücut kompozisyonu		
Antrenman etkisi	2↑	5↑
Uygulanabilirlik	1↑	
Reaksiyon süresi/dikkat	4↑	
Görsel hafıza		
Öğrenme		
Psikolojik sağlık algısı		
Bilişsel fonksiyon		
Kas kuvveti/bacak kas kuvveti	2↑	2↑
Kas kesit alanı		
Dayanıklılık kapasitesi		
Sağ-sol pençe kuvveti		
Nörotrofik faktör		1↑
Ventriküler diyastolik gerilme oranı		1↑
MS'de düzelme		1↑
Enerji tüketimi	1—	
Endotel büyüme faktörü	1↓	
Hidroksi 2	1↓	
Deoksi guanozin		
Protein karbonilleri		

MS: Multiple skleroz.

şeklinde toplam 45 dk, 12 hafta sürmüştür. HIIT grubu, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, 6 dk yürüyüş mesafesi %13 artmış aerobik performansının arttığı görülmüştür.⁵³

Collett ve ark., MS olan kişilerde egzersizle iakut iyileşmeyi inceledikleri çalışmaya, 9 kontrol grubu, 14 MS olan hasta katılmıştır. Algısal ve fizyolojik tepkilerin araştırılması için farklı şiddetlerde antrenman yaptırılmıştır. Maksimum kapasite, bisiklet antrenmanı ile belirlenmiştir. Katılımcılar, 7 ayrı gün 20 dk antrenman yapmıştır (1- %45; 2- %60 süreli devam eden bisiklet egzersizi; 3- %90 aralıklı bisiklet egzersizi (30 sn bisiklet, 30 sn dinlenme). Kırk beş dk'lık dinlenme süresi boyunca, kortikal uyarılma ve solunum eforu ölçülmüştür. Yedi MS'li

hasta ve kontrol grubundaki 8 kişi çalışmayı tamamlamıştır. Sonuç olarak kontrol grubu, egzersiz testinde daha iyi sonuç vermiştir. MS'nin, antrenman yoğunluğunun artmasıyla toparlanma süresi daha uzun sürmüştür.¹¹⁰

Blue ve ark.nın, aşırı kilolu ve obez erişkinlerde kas ölçüsü ve kalitesi üzerinde HIIT'nin etkisini inceledikleri çalışmaya, 44 aşırı kilolu ve obez erkek-kadın katılmıştır (kontrol ve deney grubu). Deney grubu; kısa aralıklı grup (SIT) ve uzun aralıklı grup (LIT) olarak 2'ye ayrılmıştır. Deney grubu, frenli (braked) bisiklet ergometresinde haftada 3 gün, toplamda 3 hafta 9 seans %85-100 VO₂_{maks} da antrenman yapmıştır. SIT grubu, %90 PPO'da 1 dk çıkış, 10 tekrar, LIT grubu %80-100 PPO arasında 2 dk çıkış 5 tekrar yapmış, yoğunluk ve çalışma için gruplar arası eşleştirilmiştir. Her 2 gruba da her çalışma aralığına 1 dk dinlenme verilmiştir. Sonuç olarak kontrol karşılaştırıldığında, SIT için kas kesit alanında anlamlı artış görülmüştür.¹¹¹

Collett ve ark., MS olan hastalarda farklı antrenman şiddetlerini karşılaştırmak için yaptıkları çalışmaya, 61 kişi katılmıştır. On iki hafta boyunca haftada 2 kez, 20 dk antrenman yapılmıştır. Yirmi kişi sürekli %45 maksimum güç; 21 kişi aralıklı olarak %90 maksimum güçte 30 sn antrenman, 30 sn dinlenme; 20 kişi kombine olarak %45 maksimum güçte 10 dk antrenmandan sonra %90 maksimum güçte 10 dk aralıklı antrenman yapmıştır. Gruplar, başlangıçta, 6-12 hafta sonrasında değerlendirilmiş ve 24 hafta takip edilmiştir. Dâhil edilen katılımcı sayısı 55 olmuştur (sürekli; 20, aralıklı; 18, kombine; 17). Gruplar arasında fark bulunmamıştır. Altı hafta sonrasında tüm katılımcılarda 2 dk'lık yürüyüş mesafesiyle birlikte aerobik performans artmıştır. Sürekli devam eden grup 4,71, aralıklı grup 12,94 ve kombine grup 3,22 oranında artış göstermiştir. Tüm katılımcılara bakıldığında, 6 haftalık bisiklet egzersizi sürdürülen hareketliliğe fayda sağlamıştır.¹¹²

Boyne ve ark., kronik inme hastalığı olan kişilerde orta şiddetli sürekli devam eden (MCT) ve HIIT antrenmanın etkisini inceledikleri çalışmaya, 18 kişi katılmıştır (13 HIIT grubu, 5 MCT grubu). Her 2 grup haftada 3 defa, 25 dk olmak üzere toplam 4 hafta antrenman yapmıştır. HIIT grubu koşu bandında 30-

60 sn dinlenme periyotları ile 30 sn maksimum hızda koşu, MCT grubu, %45-50 KAH_{maks} da yürüyüş yapmıştır. Sonuç olarak katılımcılar, HIIT'nin kabul edilebilir olduğunu ve ciddi bir olumsuz olay yaşamadığını bildirmiştir. Gruplar arasındaki standartlaştırılmış etki büyüklüğü tahmini, orta ile büyük arasındadır. Yalnızca HIIT grubunda %30 oranında iyileşme görülmüştür.¹¹³

Marusiak ve ark., beyinle ilgili nörotrofik faktör serum seviyesi, üst ekstremiteyi etkileyen biceps brachii kas tonusu ve Parkinson sertliği üzerinde HIIT etkisini inceledikleri çalışmaya, 17 orta seviyeli Parkinson hastalığı olan kişiler katılmıştır. Hastalar, toplamda 8 hafta, haftanın 3 günü 1 saat olmak üzere, 10 dk ısınma, 40 dk interval antrenman (bisiklet ergometresi) ve 10 dk soğumadan oluşan bir programa katılmıştır. Kas sertliğinde ve sıklığında anlamlı azalma, nörotrofik faktörde anlamlı artışlar görülmüştür.¹¹⁴

Wens ve ark., MS olan hastalarda HIIT etkisini inceledikleri çalışmaya, 44 hasta katılmıştır. SED kontrol grubu 11 kişi, HIIT grubu (bisiklet ergometresi) 12 kişi, koşu grubu (MTV'de yürüyüş) 11 kişiden oluşmuştur. On iki hafta öncesinde ve sonrasında vastus lateralis kas kesit alanı (CSA) ve oranı, diz fleksör/ekstansör kuvveti, vücut kompozisyonu, maksimal dayanıklılık kapasitesi ve fiziksel aktivite seviyeleri değerlendirilmiştir. SED ile karşılaştırıldığında, 2 antrenman grubu CSA'yı artırmıştır. Yine 2 antrenman grubunda kas gücü ve dayanıklılık kapasitesi artmış, vücut yağ yüzdesi azalmıştır.¹¹⁵

Martinez ve ark., orta şiddette sürekli devam eden antrenman ve HIIT antrenmanına duyulan eğlence ve etki yanıtlarını incelemek üzere yaptıkları çalışmaya, yeteri kadar aktif olmayan 20 obez kişi katılmıştır. Yirmi dk sürekli devam eden antrenman ve 30-60-120 sn HIIT antrenmanı olmak üzere 4 aşama tamamlanmıştır. Sonuç olarak HIIT antrenmanında, pozitif etki görülmüştür. Eğlence oranı, sürekli devam eden antrenman ve 120 sn'lik antrenmanda düşmüştür.¹¹⁶

Hasta bireylerde performans yanıtlarıyla ilgili yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde; 2 çalışmada aerobik kapasite, 1 çalışmada eğlence oranı, 1 çalışmada mitokondriyal oksidatif kapasite ve kapiller yoğunluk, 5 çalışmada antrenman etkisi, 2 çalışmada

kas kuvveti/bacak kas kuvveti, kas kesit alanı, dayanıklılık kapasitesi, sağ-sol pençe kuvveti, 1 çalışmada nörotrofik faktör, 1 çalışmada ventriküler diyastolik gerilme oranı istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artış göstermiş, 1 çalışmada ise MS'de düzelme olduğu görülmüştür (Tablo 3).

YÜKSEK ŞİDDETLİ ARALIKLI ANTREMAN GÜVENLİ MİDİR?

HIIT, koroner kalp hastalığı olan bireylerde bir kontrendikasyon göstermemiştir. Kronik kalp hastalığı olan bireylerde, kardiyak stres kabul edilebilir değerler içerisinde kalmış, çalışmalarda HIIT ile ilişkili ciddi olumsuz olaylar bildirilmemiştir. Ek olarak, yüksek kardiyometabolik riskte güvenli bir tedavi olarak desteklenen HIIT, ısınmadan sonra güvenle uygulanabilir.¹⁻⁵

SONUÇ

Fizyolojik parametrelerde, performansta ve sağlıkla ilişkili belirteçlerde etkin zamanlı bir metot olarak kullanılmakta olan HIIT, şu an birçok hastalıkta sağlığın gelişimi için önerilmiştir. Kardiyovasküler sağlık ile HIIT ilişkisini araştıran ve son yıllarda yapılan 46 çalışmada, HIIT antrenman uygulamalarının kardiyovasküler sağlık için katkı sağladığını destekleyen sonuçlar bulunmuştur (Tablo 1).

Yine son yıllarda HIIT'in metabolik değişkenler üzerine etkisini araştıran 33 çalışmada istatistiksel olarak anlamlı gelişimler görülmüş (Tablo 2) ve antrenman programlarıyla ilgili tavsiyelerde bulunulmuştur.

Genel olarak, HIIT uygulamalarının performans etkisine bakıldığında, sağlıklı bireylerde aerobik fitness gelişimi üzerine olumlu etkileri görülürken, patolojik bulgulu bireylerde de güçlü pozitif kardiyovasküler adaptasyonlar içerdiği vurgulanmıştır (Tablo 3).

Sonuç olarak HIIT antrenmanlarının, sağlıklı bireylerde metabolik-kardiyovasküler-performans ya-

na bakıldığında istendik tüm parametrelerde pozitif anlamlı etki sağladığı görülmektedir. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken alt başlıklar ise antrenman grubunun özelliklerinin tespiti, grubun hazırlanışına uygun antrenman türü-içeriği-süresi-kapsamı-sıklığı-dinlenme türü ve sonuçların değerlendirilerek program revizyonunun sağlanması olarak görülmektedir.

ÖNERİLER

Öncelikli olarak gerek sağlıklı bireylerde gerekse de hastalarda, kardiyovasküler ve kuvvet gelişimiyle beraber fonksiyonel hareket kolaylığı, dolayısıyla kaliteli yaşam hedefi çerçevesinde uygulanacak olan HIIT programları öncesinde, bireylerin hekim kontrolünden geçmeleri gerekmektedir. Devamında ise bireysel farklılık ve hazır bulunuşluğun etkisi dikkate alınarak hazırlanan programlar, uzman eğiticiler eşliğinde ve yine güvenlik önlemleri alınarak uygulamaya sokulmalıdır.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üyeliği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Fikir/Kavram: Murat Bilge, Damla Selin Yıldırım; **Tasarım:** Murat Bilge, Damla Selin Yıldırım; **Denetleme/Danışmanlık:** Murat Bilge; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Damla Selin Yıldırım; **Analiz ve/veya Yorum:** Murat Bilge, Damla Selin Yıldırım, Gülfem Ersöz; **Kaynak Taraması:** Murat Bilge, Damla Selin Yıldırım; **Makalenin Yazımı:** Murat Bilge, Damla Selin Yıldırım, Gülfem Ersöz; **Eleştirel İnceleme:** Gülfem Ersöz.

KAYNAKLAR

1. Cassidy S, Thoma C, Houghton D, Trenell MI. High-intensity interval training: a review of its impact on glucose control and cardiometabolic health. *Diabetologia*. 2017;60(1):7-23. PMID: 27681241; PMCID: PMC6518096
2. Alansare A, Alford K, Lee S, Church T, Jung HC. The effects of high-intensity interval training vs. moderate-intensity continuous training on heart rate variability in physically inactive adults. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;17(7):1508. PMID: 30018242; PMCID: PMC6069078
3. Baynaz K, Acar K, Çinibulak E, Atasoy T, Mor A, Pehlivan B, et al. [The effect of high intensity interval training on flexibility and anaerobic power]. *Journal of Human Sciences*. 2017;14(4):4088-96. <https://www.j-human-sciences.com/ojs/index.php/IJHS/article/view/5062/2398>
4. Bahadır ÇT, Atmaca H. [Diabetes and exercise]. *Journal of Experimental and Clinical Medicine*. 2012;29:16-22. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/190198>
5. Azuma K, Matsumoto H. Potential universal application of high-intensity interval training from athletes and sports lovers to patients. *Keio J Med*. 2017;25;66(2):19-24. PMID: 27498746
6. Akgül MŞ, Koz M, Gürses VV, Kürkçü R. [High intensity interval training]. *Sportmetre*. 2017;15(2):39-46. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/600254>
7. Gentil P, de Lira CAB, Filho SGC, La Scala Teixeira CV, Steele J, Fisher J, et al. High intensity interval training does not impair strength gains in response to resistance training in premenopausal women. *Eur J Appl Physiol*. 2017;117(6):1257-65. PMID: 28424870
8. Follador L, Alves RC, Ferreira SDS, Buz-zachera CF, Andrade VFDS, Garcia EDSA, et al. Physiological, perceptual, and affective responses to six high-intensity interval training protocols. *percept mot skills*. 2018;125(2):329-50. PMID: 29368530
9. Biddle SJ, Batterham AM. High-intensity interval exercise training for public health: a big HIT or shall we HIT it on the head? *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2015;18:12:95. PMID: 26187579; PMCID: PMC4506613
10. Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol*. 2012;1;590(5):1077-84. PMID: 22289907; PMCID: PMC3381816
11. Shepherd SO, Wilson OJ, Taylor AS, Thøgersen-Ntoumani C, Adlan AM, Wagen-makers AJ, et al. Low-volume high-intensity interval training in a gym setting improves cardio-metabolic and psychological health. *PLoS One*. 2015;24;10(9):e0139056. PMID: 26402859; PMCID: PMC4581708
12. Carl DL, Boyne P, Rockwell B, Gerson M, Khoury J, Kissela B, et al. Preliminary safety analysis of high-intensity interval training (HIIT) in persons with chronic stroke. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2017;42(3):311-8. PMID: 28177746
13. Campbell E, Coulter EH, Paul L. High intensity interval training for people with multiple sclerosis: a systematic review. *Mult Scler Relat Disord*. 2018;24:55-63. PMID: 29936326
14. Abbasi T, Nazarali P, Hedayati M, Alizadeh R. The effect of eight weeks of high intensity interval training on osteopontin and some bone mineral indices in young women. *Journal of Physical Education and Sport*. 2018;18(1):532-5. https://www.researchgate.net/publication/324976870_The_effect_of_eight_weeks_of_high_intensity_interval_training_on_osteopontin_and_some_bone_mineral_indices_in_young_women
15. Altınkök M. [An analysis on the spheres of influence of high-intensity interval training (HIIT) practices]. *International Journal of Social Sciences and Education Research*. 2015;1(2):463-75. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/90388>
16. Saka T. [Coronary heart disease and exercise]. *Spor Hekimliği Dergisi*. 2016;51(2):56-68. <https://sporhekimligidergisi.org/ozet/154/eng>
17. Akgül MŞ, Gürses VV, Karabiyik H, Koz M. [The influence of 2 weeks of low- volume high - intensity interval training on aerobic indices in women]. *International Journal of Science Culture and Sport*. 2016;4(1):298-305. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/intjscs/issue/24486/259558>
18. Muntaner-Mas A, Palou P. Effects of high intensity interval training (HIIT) intervention amongst school adolescents. *Journal of Physical Education & Health*. 2017;6(10):19-25. <http://cejsh.icm.edu.pl/cejsh/element/bwmeta1.element.desklight-5fd0dacb-9d04-4120-a9d0-c2b1e3f323ba>
19. Grace F, Herbert P, Elliott AD, Richards J, Beaumont A, Sculthorpe NF, et al. High intensity interval training (HIIT) improves resting blood pressure, metabolic (MET) capacity and heart rate reserve without compromising cardiac function in sedentary aging men. *Exp Gerontol*. 2018;109:75-81. PMID: 28511954
20. Alberto A. 24 sessions of monitored cooperative high-intensity interval training improves attention-concentration and mathematical calculation in secondary school. *Journal of Physical Education and Sport*. 2018;18(3):1572-82. https://www.researchgate.net/publication/328598116_24_sessions_of_monitored_cooperative_high-intensity_interval_training_improves_attention-concentration_and_mathematical_calculation_in_secondary_school
21. Thum JS, Parsons G, Whittle T, Astorino TA. High-intensity interval training elicits higher enjoyment than moderate intensity continuous exercise. *PLoS One*. 2017;11;12(1):e0166299. PMID: 28076352; PMCID: PMC5226715
22. Abdelkader MM. Effects of high intensity interval training using the elevation training mask on the aerobic capacity and heart rate variability for trained athletes. *The International Journal of Sport Science & Arts*. 2017;2(2):211-31. https://www.researchgate.net/publication/327833933_Effects_of_High_Intensity_Interval_Training_Using_the_Elevation_Training_Mask_on_the_Aerobic_Capacity_and_Heart_Rate_Variability_for_Trained_Athletes
23. Daussin FN, Zoll J, Dufour SP, Ponsot E, Lonsdorfer-Wolf E, Doutreleau S, et al. Effect of interval versus continuous training on cardiorespiratory and mitochondrial functions: relationship to aerobic performance improvements in sedentary subjects. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2008;295:264-72. <https://pdfs.semanticscholar.org/dd1d/72c40edd21e105bdab911ed4d1cc9c29d86.pdf>
24. Esfarjani F, Laursen PB. Manipulating high-intensity interval training: effects on VO2max, the lactate threshold and 3000 m running performance in moderately trained males. *J Sci Med Sport*. 2007;10(1):27-35. PMID: 16876479
25. Gliemann L, Gunnarsson TP, Hellsten Y, Bangsbo J. 10-20-30 training increases performance and lowers blood pressure and VEGF in runners. *Scand J Med Sci Sports*. 2015;25(5):e479-89. PMID: 25439558
26. Gunnarsson TP, Bangsbo J. The 10-20-30 training concept improves performance and health profile in moderately trained runners. *J Appl Physiol* (1985). 2012;113(1):16-24. PMID: 22556401
27. Siahkouhian M, Khodadadi D, Shahmoradi K. Effects of high-intensity interval training on aerobic and anaerobic indices: comparison of physically active and inactive men. *Science & Sports*. 2013;28:119-25. <https://uma.ac.ir/find.php?d=1.13.195.fa>
28. Wallner D, Simi H, Tschakert G, Hofmann P. Acute physiological response to aerobic short-

- interval training in trained runners. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(4):661-6. PMID: 24231625
29. Knowles AM, Herbert P, Easton C, Sculthorpe N, Grace FM. Impact of low-volume, high-intensity interval training on maximal aerobic capacity, health-related quality of life and motivation to exercise in ageing men. *Age (Dordr).* 2015;37(2):25. PMID: 25773069; PMCID: PMC4359174
30. Hoydal KL, Hareide S. Evaluating and comparing the effect of high intensity interval training vs. low intense, longer-lasting training on endurance performance in recreational runners. *International Journal of Applied Sports Sciences.* 2016;28(2):101-10. https://www.kci.go.kr/kciportal/landing/article.kci?arti_id=ART002177481
31. Mallol M, Bentley DJ, Norton L, Norton K, Mejuto G, Yanci J, et al. Comparison of reduced-volume high-intensity interval training and high-volume training on endurance performance in triathletes. *Int J Sports Physiol Perform.* 2019;1;14(2):239-45. PMID: 30080432
32. Michalik K, Glinka S, Danek N, Zatoń M. Interval training with active recovery and the physical capacity of recreational male runners. *Polish Journal of Sport and Tourism.* 2018;25(4):15-20. <https://content.sciendo.com/view/journals/pjst/25/4/article-p15.xml?language=en>
33. Rýzková E, Labudova J, Grznár L, Šmida M. Effects of aquafitness with high intensity interval training on physical fitness. *Journal of Physical Education and Sport* 2017;1(51):373-8. <https://efsupit.ro/images/stories/1aprilie2018/art%2051.pdf>
34. Oliveira BR, Slama FA, Deslandes AC, Furtado ES, Santos TM. Continuous and high-intensity interval training: which promotes higher pleasure? *PLoS One.* 2013;26:8(11):e79965. PMID: 24302993; PMCID: PMC3841165
35. Turnes T, de Aguiar RA, Cruz RS, Caputo F. Interval training in the boundaries of severe domain: effects on aerobic parameters. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116(1):161-9. PMID: 26373721
36. Matsuo T, Saotome K, Seino S, Eto M, Shimojo N, Matsushita A, et al. Low-volume, high-intensity, aerobic interval exercise for sedentary adults: VO₂max, cardiac mass, and heart rate recovery. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114(9):1963-72. PMID: 24917354
37. Duffield R, Edge J, Bishop D. Effects of high-intensity interval training on the VO₂ response during severe exercise. *J Sci Med Sport.* 2006;9(3):249-55. PMID: 16690353
38. Helgerud J, Høydal K, Wang E, Karlsen T, Berg P, Bjerkaas M, et al. Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39(4):665-71. PMID: 17414804
39. Zatoń M, Michalik K. Effects of interval training-based glycolytic capacity on physical fitness in recreational long-distance runners. *Human Movement.* 2015;16(2):71-7. <https://www.termedia.pl/Effects-of-interval-training-based-glycolytic-capacity-on-physical-fitness-in-recreational-long-distance-runners,129,32326,1,1.html>
40. Sheykhloovand M, Garaat M, Khalili E, Agha-Alinejad H. The effect of high-intensity interval training on ventilatory threshold and aerobic power in well-trained canoe polo athletes. *Science & Sports.* 2016;31(5):283-9. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0765159716000599>
41. Allen NG, Higham SM, Mendham AE, Kastelein TE, Larsen PS, Duffield R, et al. The effect of high-intensity aerobic interval training on markers of systemic inflammation in sedentary populations. *Eur J Appl Physiol.* 2017;117(6):1249-56. PMID: 28409397
42. Bonato M, Agnello L, Galasso L, Montaruli A, Roveda E, Merati G, et al. Acute modification of cardiac autonomic function of high-intensity interval training in collegiate male soccer players with different chronotype: a cross-over study. *J Sports Sci Med.* 2017;1;16(2):286-94. PMID: 28630583; PMCID: PMC5465992
43. Little JP, Gillen JB, Percival ME, Safdar A, Tamopolsky MA, Punthakee Z, et al. Low-volume high-intensity interval training reduces hyperglycemia and increases muscle mitochondrial capacity in patients with type 2 diabetes. *J Appl Physiol (1985).* 2011;111(6):1554-60. PMID: 21868679
44. Ciolac EG, Bocchi EA, Bortolotto LA, Carvalho VO, Greve JM, Guimarães GV, et al. Effects of high-intensity aerobic interval training vs. moderate exercise on hemodynamic, metabolic and neuro-humoral abnormalities of young normotensive women at high familial risk for hypertension. *Hypertens Res.* 2010;33(8):836-43. PMID: 20448634
45. Lee S, Spector J, Reilly S. High-intensity interval training programme for obese youth (HIP4YOUTH): a pilot feasibility study. *Journal of Sports Sciences.* 2017;35(18):1794-8. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2016.1237671>
46. Fex A, Leduc-Gaudet JP, Filion ME, Karelis AD, Aubertin-Leheudre M. Effect of elliptical high intensity interval training on metabolic risk factor in pre- and type 2 diabetes patients: a pilot study. *J Phys Act Health.* 2015;12(7):942-6. PMID: 25155362
47. Whyte LJ, Gill JMR, Cathcart AJ. Effect of 2 weeks of sprint interval training on health-related outcomes in sedentary overweight/obese men. *Metabolism Clinical and Experimental.* 2010;59(10):1421-8. <https://research-portal.uws.ac.uk/en/publications/effect-of-2-weeks-of-sprint-interval-training-on-health-related-o>
48. Jung ME, Bourne JE, Baeuchamp MR, Robinson E, Little JP. High-intensity interval training as an efficacious alternative to moderate-intensity continuous training for adults with pre-diabetes. *Hindawi Publishing Corporation Journal of Diabetes Research.* 2015;1-9. <https://www.hindawi.com/journals/jdr/2015/191595/>
49. Zimmer P, Bloch W, Schenk A, Oberste M, Riedel S, Kool J, et al. High-intensity interval exercise improves cognitive performance and reduces matrix metalloproteinases-2 serum levels in persons with multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *Mult Scler.* 2018;24(12):1635-44. PMID: 28825348
50. Amundsen BH, Rognmo Ø, Hatlen-Rebhan G, Slørdahl SA. High-intensity aerobic exercise improves diastolic function in coronary artery disease. *Scand Cardiovasc J.* 2008;42(2):110-7. PMID: 18365893
51. Koufaki P, Mercer TH, George KP, Nolan J. Low-volume high-intensity interval training vs continuous aerobic cycling in patients with chronic heart failure: a pragmatic randomised clinical trial of feasibility and effectiveness. *J Rehabil Med.* 2014;46(4):348-56. PMID: 24448650
52. Wisløff U, Støylen A, Loennechen JP, Bruvold M, Rognmo Ø, Haram PM, et al. Superior cardiovascular effect of aerobic interval training versus moderate continuous training in heart failure patients: a randomized study. *Circulation.* 2007;115(24):3086-94. PMID: 17548726
53. Chrysohoou C, Tsitsinakis G, Vogiatzis I, Chrouveim E, Antoniou C, Tsiantilas A, et al. High intensity, interval exercise improves quality of life of patients with chronic heart failure: a randomized controlled trial. *QJM.* 2014;107(1):25-32. PMID: 24082155
54. Heine M, Hoogervorst EL, Hacking HG, Verschuren O, Kwakkel G. Validity of maximal exercise testing in people with multiple sclerosis and low to moderate levels of disability. *Phys Ther.* 2014;94(8):1168-75. PMID: 24677255
55. Currie KD, Rosen LM, Millar PJ, McKelvie RS, MacDonald MJ. Heart rate recovery and heart rate variability are unchanged in patients with coronary artery disease following 12 weeks of high-intensity interval and moderate-intensity endurance exercise training. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2013;38(6):644-50. PMID: 23724882
56. Motl RW, Fernhall B. Accurate prediction of cardiorespiratory fitness using cycle ergometry in minimally disabled persons with relapsing-remitting multiple sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93(3):490-5. PMID: 22225573
57. Hamish CR, Daniels JA, Caruso D. Training

- response to high-intensity interval training in a 42-year-old man with chronic spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2017;40(2):246-9. PMID: 26781683; PMCID: PMC5430483
58. Harnish CR, Daniels JA, Caruso D. Training response to high-intensity interval training in a 42-year-old man with chronic spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2017;40(2):246-9. PMID: 26781683; PMCID: PMC5430483
 59. Bækkerud FH, Solberg F, Leinan IM, Wisløff U, Karlsen T, Rognum Ø, et al. Comparison of three popular exercise modalities on $\dot{V}O_2\max$ in overweight and obese. *Med Sci Sports Exerc.* 2016;48(3):491-8. PMID: 26440134
 60. Ulbrich AZ, Angarten VG, Netto AS, Sties SW, Bundchen DC, Sampaio de Mara L, et al. Comparative effects of high intensity interval training versus moderate intensity continuous training on quality of life in patients with heart failure: Study protocol for a randomized controlled trial. *Clinical Trials and Regulatory Science in Cardiology.* 2016;13:21-8. <https://search.pedro.org.au/search-results/record-detail/44987>
 61. Villelaibeitia-Jaureguizar K, Vicente-Campos D, Senen AB, Jiménez VH, Garrido-Lestache MEB, Chicharro JL, et al. Effects of high-intensity interval versus continuous exercise training on post-exercise heart rate recovery in coronary heart-disease patients. *Int J Cardiol.* 2017;1;244:17-23. PMID: 28648356
 62. Askim T, Dahl AE, Aamot IL, Hokstad A, Helbostad J, Indredavik B, et al. High-intensity aerobic interval training for patients 3-9 months after stroke: a feasibility study. *Physiother Res Int.* 2014;19(3):129-39. PMID: 24375978
 63. Rognum Ø, Moholdt T, Bakken H, Hole T, Mølstad P, Myhr NE, et al. Cardiovascular risk of high- versus moderate-intensity aerobic exercise in coronary heart disease patients. *Circulation.* 2012;18;126(12):1436-40. PMID: 22879367
 64. Weston KS, Wisløff U, Coombes JS. High-intensity interval training in patients with lifestyle-induced cardiometabolic disease: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2014;48(16):1227-34. PMID: 24144531
 65. Pizzi J, Furtado-Alle L, Schiavoni D, Lopes WA, da Rosa Silva L, Bono GF, et al. Reduction in butyrylcholinesterase activity and cardiovascular risk factors in obese adolescents after 12-weeks of high-intensity interval training. *Journal of Exercise Physiology.* 2017;20(3):110-22. https://www.researchgate.net/publication/319353711_Reduction_in_Butyrylcholinesterase_Activity_and_Cardiovascular_Risk_Factors_in_Obese_Adolescents_after_12-Weeks_of_High-Intensity_Interval_Training
 66. Abreu RM, Rehder-Santos P, Simões RP, Catai AM. Can high-intensity interval training change cardiac autonomic control? A systematic review. *Braz J Phys Ther.* 2019;23(4):279-89. PMID: 30293954; PMCID: PMC6630182
 67. Herbert P, Hayes LD, Sculthorpe N, Grace FM. High-intensity interval training (HIIT) increases insulin-like growth factor-I (IGF-I) in sedentary aging men but not masters' athletes: an observational study. *Aging Male.* 2017;20(1):54-9. PMID: 28042739
 68. Herbert P, Hayes LD, Sculthorpe NF, Grace FM. HIIT produces increases in muscle power and free testosterone in male masters athletes. *Endocr Connect.* 2017;6(7):430-6. PMID: 28794164; PMCID: PMC5551442
 69. Cockcroft EJ, Williams CA, Tomlinson OW, Vlachopoulos D, Jackman SR, Armstrong N, et al. High intensity interval exercise is an effective alternative to moderate intensity exercise for improving glucose tolerance and insulin sensitivity in adolescent boys. *J Sci Med Sport.* 2015;18(6):720-4. PMID: 25459232
 70. Christensen PM, Jacobs RA, Bonne T, Flück D, Bangsbo J, Lundby C, et al. A short period of high-intensity interval training improves skeletal muscle mitochondrial function and pulmonary oxygen uptake kinetics. *J Appl Physiol (1985).* 2016;1;120(11):1319-27. PMID: 26846547
 71. Talanian JL, Galloway SD, Heigenhauser GJ, Bonen A, Spriet LL. Two weeks of high-intensity aerobic interval training increases the capacity for fat oxidation during exercise in women. *J Appl Physiol (1985).* 2007;102(4):1439-47. PMID: 17170203
 72. Trapp EG, Chisholm DJ, Freund J, Boutcher SH. The effects of high-intensity intermittent exercise training on fat loss and fasting insulin levels of young women. *Int J Obes (Lond).* 2008;32(4):684-91. PMID: 18197184
 73. Kao SC, Westfall DR, Sonesson J, Gurd B, Hillman CH. Comparison of the acute effects of high-intensity interval training and continuous aerobic walking on inhibitory control. *Psychophysiology.* 2017;54(9):1335-45. PMID: 28480961
 74. Shehata A, Mahmoud I. Effect of high intensity interval training (HIIT) on weight, body mass index and body fat percentage for adults. *Science, Movement and Health.* 2018;18;1(2):125-30. https://www.analefefs.ro/en/analefefs/2018/i2/pe-autori2/AYMAN_SHEHATA_ISLAM_MAHMOUD_p_125.pdf
 75. Schleppebach LN, Ezer AB, Gronemus SA, Widenski KR, Braun SI, Janot JM, et al. Speed- and circuit-based high-intensity interval training on recovery oxygen consumption. *Int J Exerc Sci.* 2017;1;10(7):942-53. PMID: 29170696; PMCID: PMC5685083
 76. Logan GR, Harris N, Duncan S, Schofield G. A review of adolescent high-intensity interval training. *Sports Med.* 2014;44(8):1071-85. PMID: 24743929
 77. Karstoft K, Winding K, Knudsen SH, James NG, Scheel MM, Olesen J, et al. Mechanisms behind the superior effects of interval vs continuous training on glycaemic control in individuals with type 2 diabetes: a randomised controlled trial. *Diabetologia.* 2014;57(10):2081-93. PMID: 25099941
 78. Mohammadi R, Fathi M, Hejazi K, Ilkhani B. The effect of eight weeks high intensity interval aerobic training on chemerin and visfatin in overweight men. *Niğde Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi.* 2017;11(3):200-6. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1028748>
 79. Tjønnå AE, Lee SJ, Rognum Ø, Stølen TO, Bye A, Haram PM, et al. Aerobic interval training versus continuous moderate exercise as a treatment for the metabolic syndrome: a pilot study. *Circulation.* 2008;22;118(4):346-54. PMID: 18606913; PMCID: PMC2777731
 80. Mationhomae H, Banaei J, Azarbayjani MA, Zolaktaf V. Effects of 12-week high-intensity interval training on plasma visfatin concentration and insulin resistance in overweight men. *Journal of Exercise Science & Fitness.* 2014;12:20-5. <https://cyberleninka.org/article/n/1082573/viewer>
 81. Mitranun W, Deerochanawong C, Tanaka H, Suksom D. Continuous vs interval training on glycemic control and macro- and microvascular reactivity in type 2 diabetic patients. *Scand J Med Sci Sports.* 2014;24(2):e69-76. PMID: 24102912
 82. Maillard F, Rousset S, Pereira B, Traore A, de Pradel Del Amaze P, Boirie Y, et al. High-intensity interval training reduces abdominal fat mass in postmenopausal women with type 2 diabetes. *Diabetes Metab.* 2016;42(6):433-41. PMID: 27567125
 83. Terada T, Friesen A, Chahal BS, Bell GJ, McCargar LJ, Boulé NG, et al. Feasibility and preliminary efficacy of high intensity interval training in type 2 diabetes. *Diabetes Res Clin Pract.* 2013;99(2):120-9. PMID: 23183390
 84. Harmer AR, Chisholm DJ, McKenna MJ, Hunter SK, Ruell PA, Naylor JM, et al. Sprint training increases muscle oxidative metabolism during high-intensity exercise in patients with type 1 diabetes. *Diabetes Care.* 2008;31(11):2097-102. Erratum in: *Diabetes Care.* 2009;32(3):523. PMID: 18716051; PMCID: PMC2571053
 85. Terada T, Wilson BJ, Myette-Côté E, Kuzik N, Bell GJ, McCargar LJ, et al. Targeting specific interstitial glycaemic parameters with high-intensity interval exercise and fasted-state exercise in type 2 diabetes. *Metabolism.* 2016;65(5):599-608. PMID: 27085769

86. Rhibi F, Prioux J, Attia MB, Hackney AC, Zouhal H, Abderrahman AB, et al. Increase interval training intensity improves plasma volume variations and aerobic performances in response to intermittent exercise. *Physiol Behav.* 2019;1;199:137-45. PMID: 30458187
87. Ni Chéilleachair NJ, Harrison AJ, Warrington GD. HIIT enhances endurance performance and aerobic characteristics more than high-volume training in trained rowers. *J Sports Sci.* 2017;35(11):1052-8. PMID: 27438378
88. Ahlert M, Matzenbacher F, dos Santos Albarelo JC, Halmenschlager GH. Comparison of epoc and recovery energy expenditure between hiit and continuous aerobic exercise training. *Rev Bras Med Esporte.* 2019;25(1):20-3. <https://pdfs.semanticscholar.org/5e8b/46782ba7490e76427eef0c002a25619293f6.pdf>
89. Altın M, Kaya Y. [The effect of interval training method on aerobic and anaerobic power in 14-16 age group football players]. *Selçuk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilim Dergisi.* 2012;14(2):253-6. <http://www.acarindex.com/dosyalar/makale/acarindex-1423931808.pdf>
90. Agostino S. The improvement of the maximum aerobic speed in football through high intensity interval training. *Journal of Physical Education and Sport.* 2019;19(2):305-13. <http://efsupit.ro/images/stories/february2019/Art46.pdf>
91. Byankina LV, Byankin VV, Vorotilkina IM, Prokopyeva MM, Sokorutova LV. Using high-intensity interval training during swimming classes in higher educational institutions. *Journal of Physical Education and Sport.* 2017;17(2):770-4. <http://efsupit.ro/images/stories/2iunie2017/art117.pdf>
92. Alves CR, Tessaro VH, Teixeira LA, Murakava K, Roschel H, Gualano B, et al. Influence of acute high-intensity aerobic interval exercise bout on selective attention and short-term memory tasks. *Percept Mot Skills.* 2014;118(1):63-72. PMID: 24724513
93. Wright MD, Hurst C, Taylor JM. Contrasting effects of a mixed-methods high-intensity interval training intervention in girl football players. *J Sports Sci.* 2016;34(19):1808-15. PMID: 26881963
94. Barlett JD, Close GL, MacLaren DPM, Gregson W, Drust B, Morton JP, et al. High-intensity interval running is perceived to be more enjoyable than moderate-intensity continuous exercise: implications for exercise adherence. *Journal of Sports Sciences.* 2011;29(6):547-53. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02640414.2010.545427>
95. Frazão DT, de Farias Junior LF, Dantas TCB, Krinski K, Elsangedy HM, Prestes J, et al. Feeling of pleasure to high-intensity interval exercise is dependent of the number of work bouts and physical activity status. *PLoS One.* 2016;11(4):1-6. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0152752#sec021>
96. Latorre-Román PA, García-Pinillos F, Martínez-López EJ, Soto-Hermoso VM. Concurrent fatigue and postactivation potentiation during extended interval training in long-distance runners. *Motriz, Rio Claro.* 2014;20(4):423-30. <https://www.scielo.br/pdf/motriz/v20n4/1980-6574-motriz-20-04-00423.pdf>
97. Raedeke TD. The relationship between enjoyment and affective responses to exercise. *Journal Of Applied Sport Psychology.* 2007;19(1):105-15. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10413200601113638>
98. Smith TP, Coombes JS, Geraghty DP. Optimising high-intensity treadmill training using the running speed at maximal O₂ uptake and the time for which this can be maintained. *Eur J Appl Physiol.* 2003;89(3-4):337-43. PMID: 12736843
99. Welch AS, Hulley A, Ferguson C, Beauchamp MR. Affective responses of inactive women to a maximal incremental exercise test: a test of the dual-mode model. *Psychology of Sport and Exercise.* 2007;8(4):401-23. https://www.researchgate.net/publication/221953890_Affective_responses_of_inactive_women_to_a_maximal_incremental_exercise_test_A_test_of_the_dual-mode_model
100. Hazell TJ, Macpherson RE, Gravelle BM, Lemon PW. 10 or 30-s sprint interval training bouts enhance both aerobic and anaerobic performance. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110(1):153-60. PMID: 20424855
101. Farias-Junior LF, Macêdo GAD, Browne RAV, Freire YA, Oliveira-Dantas FF, Schwade D, et al. Physiological and psychological responses during low-volume high-intensity interval training sessions with different work-recovery durations. *J Sports Sci Med.* 2019;11;18(1):181-90. PMID: 30787666; PMID: PMC6370955
102. Leahy AA, Eather N, Smith JJ, Hillman CH, Morgan PJ, Plotnikoff RC, et al. Feasibility and preliminary efficacy of a teacher-facilitated high-intensity interval training intervention for older adolescents. *Pediatr Exerc Sci.* 2019;1;31(1):107-17. PMID: 30208761
103. da Silva Machado DG, Costa EC, Ray H, Beale L, Chatzisarantis NLD, de Farias-Junior LF, et al. Short-term psychological and physiological effects of varying the volume of high-intensity interval training in healthy men. *Perceptual and Motor Skills.* 2019;126(1):119-42. <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0031512518809734>
104. Malik AA, Williams CA, Weston KL, Barker AR. Perceptual and cardiorespiratory responses to high-intensity interval exercise in adolescents: does work intensity matter? *J Sports Sci Med.* 2019;11;18(1):1-12. PMID: 30787646; PMID: PMC6370969
105. Poulos S, Zacharogiannis E, Paradisi G, Kolyfa M, Darnias V, Tsopanidou A, et al. High intensity interval training does not improve cardiorespiratory parameters in trained young soccer players. *Journal of Exercise Physiology.* 2018;21(3):34-45. https://www.researchgate.net/publication/343404173_High_Intensity_Interval_Training_Does_Not_Improve_Cardiorespiratory_Parameters_in_Trained_Young_Soccer_Players
106. Öktem G, Şentürk A. [The effects of 8 weeks of intensive interval training method on the aerobic and anaerobic capacity and strength of young male national karate and wrestling athletes]. *International Journal of Contemporary Educational Studies.* 2017;3(1):34-44. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/336379>
107. Stenman M, Pesola A, Laukkanen A, Haapala EA. Effects of two-week high-intensity interval training on cognition in adolescents: a randomized controlled pilot study. *Human Movement.* 2017;18(2):15-20. <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/55116>
108. Vezzoli A, Pugliese L, Marzorati M, Serpiello FR, La Torre A, Porcelli S, et al. Time-course changes of oxidative stress response to high-intensity discontinuous training versus moderate-intensity continuous training in masters runners. *PLoS One.* 2014;31;9(1):e87506. PMID: 24498121; PMID: PMC3909150
109. Costigan SA, Eather N, Plotnikoff RC, Taaffe DR, Lubans DR. High-intensity interval training for improving health-related fitness in adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2015;49(19):1253-61. PMID: 26089322
110. Collett J, Meaney A, Howells K, Dawes H. Acute recovery from exercise in people with multiple sclerosis: an exploratory study on the effect of exercise intensities. *Disabil Rehabil.* 2017;39(6):551-8. PMID: 26972274
111. Blue MNM, Smith-Ryan AE, Trexler ET, Hirsch KR. The effects of high intensity interval training on muscle size and quality in overweight and obese adults. *J Sci Med Sport.* 2018;21(2):207-12. PMID: 28647284; PMID: PMC7104622
112. Collett J, Dawes H, Meaney A, Sackley C, Barker K, Wade D, et al. Exercise for multiple sclerosis: a single-blind randomized trial comparing three exercise intensities. *Mult Scler.* 2011;17(5):594-603. PMID: 21247971
113. Boyne P, Dunning K, Carl D, Gerson M, Khoury J, Rockwell B, et al. High-intensity interval training and moderate-intensity contin-

-
- uous training in ambulatory chronic stroke: feasibility study. *Phys Ther.* 2016;96(10):1533-44. PMID: 27103222; PMCID: PMC5046191
114. Marusiak J, Żeligowska E, Mencil J, Kisiel-Sajewicz K, Majerczak J, Zoladz JA, et al. Interval training-induced alleviation of rigidity and hypertonia in patients with Parkinson's disease is accompanied by increased basal serum brain-derived neurotrophic factor. *J Rehabil Med.* 2015;47(4):372-5. PMID: 25510618
115. Wens I, Dalgas U, Vandenabeele F, Greven-donk L, Verboven K, Hansen D, et al. High intensity exercise in multiple sclerosis: effects on muscle contractile characteristics and exercise capacity, a randomised controlled trial. *PLoS One.* 2015;29;10(9):e0133697. PMID: 26418222; PMCID: PMC4587912
116. Oliveira BRR, Santos TM, Kilpatrick M, Pires FO, Deslandes AC. Affective and enjoyment responses in high intensity interval training and continuous training: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2018;6;13(6):e0197124. PMID: 29874256; PMCID: PMC5991400
117. Warburton DE, McKenzie DC, Haykowsky MJ, Taylor A, Shoemaker P, Ignaszewski AP, et al. Effectiveness of high-intensity interval training for the rehabilitation of patients with coronary artery disease. *Am J Cardiol.* 2005;1;95(9):1080-4. PMID: 15842976.
118. McMillan K, Helgerud J, Macdonald R, Hoff J. Physiological adaptations to soccer specific endurance training in professional youth soccer players. *Br J Sports Med.* 2005;39(5):273-7. d PMID: 15849290; PMCID: PMC1725215
119. Bickham DC, Le Rossignol PF. Effects of high-intensity interval training on the accumulated oxygen deficit of endurance-trained runners. *Official Journal of the American Society of Exercise Physiologist.* 2004;7(1):40-7.
120. Dupont G, Akakpo K, Berthoin S. The effect of in-season, high-intensity interval training in soccer players. *J Strength Cond Res.* 2004;18(3):584-9. PMID: 15320689