

Çocuklarda ve Gençlerde Yüksek Şiddetli Aralıklı Antrenmanların Faydaları ve Riskleri: Geleneksel Derleme

Benefits and Risks of High-Intensity Interval Training in Children and Young People: Traditional Review

¹Cengizhan SARI^a, ²Mustafa HAN^b, ³Ali TÜRKER^c

^aMuş Alparslan Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Muş, Türkiye

^bMuş Alparslan Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Engellilerde Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü, Muş, Türkiye

^cMuş Alparslan Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Muş, Türkiye

ÖZET Aşırı kilolu, obez çocuk ve gençlerin fiziksel aktivite düzeyini artırmaya yönelik yapılan bilimsel araştırmalar, en önemli sorunlardan birinin zaman eksikliği olduğunu vurgulamaktadır. Ayrıca sporcu çocuk ve gençlerin antrenman hacmi erişkinlere kıyasla daha düşüktür. Yüksek şiddetli aralıklı antrenmanlar (YŞAA), zaman açısından ekonomik olması ve kısa zamanda yüksek performans artışı sağlaması nedeniyle uzun süredir uygulanan bir antrenman yöntemidir. Literatürde çoğunlukla erişkinler üzerine yapılan çalışmalar bulursa da çocuklarda ve gençlerde de YŞAA araştırmalarının sayısı artış göstermektedir. Bu derlemenin amacı, çocuklar ve gençler üzerine yapılan YŞAA araştırmalarının faydalarını ve olası risklerini güncel literatür eşliğinde açıklamaktır. Konuyla ilgili çalışmalar “Web of Science”, “Scopus”, “PubMed”, “EBSCO” ve “ULAKBİM” elektronik veri tabanlarında taranmıştır. YŞAA uygulamalarının çocuklarda veya gençlerde fiziksel ve zihinsel performansa etkilerini araştıran akut ve kronik çalışmalar incelenmiştir. İncelenen çalışmalarda, katılımcıların cinsiyet, vücut ağırlığı, sporcu veya sedanter olmaları ve fiziksel aktivite düzeyleri ile ilgili bir sınır gözetilmemiştir. Sonuç olarak YŞAA’nın çocuklarda ve gençlerde atletik performans parametreleri, genel sağlık belirteçleri ve zihinsel becerileri iyileştirmede faydalı olduğu birçok bilimsel çalışma tarafından kanıtlanmıştır. Ancak egzersiz şiddetinin yüksek olması beraberinde bazı riskleri getirmektedir. Yapılan az sayıda çalışmada, yüksek şiddette ve yoğunlukta yapılan aralıklı antrenmanların, hücre düzeyinde riskli durumlar meydana getirebileceğini bildirmiştir. Ayrıca yüksek şiddette yapılan egzersizler, kas-iskelet sisteminde meydana gelebilecek yaralanma riskini de artırmaktadır.

ABSTRACT Studies conducted to increase the physical activity level of obese children and youth emphasize that one of the most important problems is the lack of time. In addition, the training volume of athletic children and young people is lower than adults. High-intensity interval training (HIIT) is a training method that has been applied for a long time because it is economical in terms of time and provides a high-performance increase in a short time. Although there are studies mostly on adults in the literature, the number of HIIT studies in children and young people is increasing. The purpose of this review is to explain the benefits and possible risks of HIIT research on children and young people in light of current literature. Studies on the subject were searched in “Web of Science”, “Scopus”, “PubMed”, “EBSCO”, and “ULAKBİM” electronic databases. Acute and chronic studies investigating the effects of HIIT on physical and mental performance in children or young people were reviewed. In the studies examined, no limit was observed regarding the gender, body weight, being an athlete or sedentary, and physical activity levels of the participants. As a result, it has been proven by many scientific studies that HIIT is beneficial in improving athletic performance parameters, general health markers, and mental skills in children and youth. However, high exercise intensity also brings some risks. Few studies have reported that HIIT may create risky situations at the cellular level. In addition, high-intensity exercises increase the risk of injury to the musculoskeletal system.

Anahtar Kelimeler: Atletik performans; egzersiz; obezite; sağlık; yüksek şiddetli aralıklı antrenman

Keywords: Athletic performance; exercise; obesity; health; high-intensity interval training

Fiziksel aktivite ve egzersiz, hem sportif performans gelişimi hem de genel sağlığı iyileştirme yönüyle uzun zamandır insanların hayatlarında yer

almaktadır. Bireylerin uzun süren fiziksel aktivite ve egzersizleri düzenli ve istikrarlı bir şekilde sürdürmesi oldukça zordur. Bu nedenle yüksek şiddetli ara-

Correspondence: Cengizhan SARI

Muş Alparslan Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Muş, Türkiye

E-mail: cengizhansarii7@gmail.com



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

Received: 15 Apr 2022

Received in revised form: 12 Jun 2022

Accepted: 19 Jun 2022

Available online: 28 Jun 2022

2146-8885 / Copyright © 2022 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/>).

lıkli antrenman (YŞAA) yöntemi, zaman ve etki bakımından iyi bir seçenek olarak ortaya çıkmıştır. Aralıklı antrenmanlar, 1910-1920'li yıllardan itibaren sporcular tarafından uygulanmaya başlansa da günümüzde sedanter bireylerin de sıklıkla uyguladığı popüler bir yöntem hâline gelmiştir.¹ YŞAA, güçlü bir akut fizyolojik tepkiye neden olan kısa süreli ve yüksek şiddetli yüklenmeler arasına aktif veya pasif dinlenmelerin serpiştirildiği bir antrenman metodudur. Bu yöntemde amaç, bireylerin uzun süre boyunca sürdüremeyeceği bir şiddette aktivite uygulamasıdır [%80-95 zirve oksijen tüketimi (VO_{2zirve}) veya $\geq 85-90$ maksimum kalp atım hızı (KAH_{maks})]. Dolayısıyla yüklenme aralarına serpiştirilen dinlenmeler, bir sonraki yüklenmenin istenen şiddette tamamlanmasına izin verecek kadar yeterli olmalıdır.² Ortalama bir YŞAA antrenmanı 20 dk civarında olsa da bazı parametrelerin değişkenlik göstermesiyle birlikte bu süre daha da kısalabilmektedir (Tablo 1). Ayrıca bu metodun atletik performans bileşenleri ve genel sağlık belirteçleri yönünden de oldukça faydalı olduğunu bildiren birçok araştırma vardır.³⁻⁶ Bu açıdan bakıldığında, YŞAA'nın geleneksel, düşük-orta şiddetli ve uzun süreli aktivitelerden daha avantajlı olduğu görülmektedir.

Amerikan Spor Hekimliği Koleji, her yıl dünya genelinde fitness trendlerini belirlemektedir. YŞAA yöntemi, 2014 yılından itibaren her sene ilk 5 sırada yer alan en popüler fitness trendlerinin başında gelmektedir.⁷ YŞAA'nın bu kadar popüler olması, farklı popülasyonlarda uygulanmasını da beraberinde getirmektedir. Literatürde, çoğunlukla erişkinler üzerine yapılan araştırmalar bulunsu da son yıllarda çocuklarda ve gençlerde yapılan çalışma sayısı oldukça artış göstermiştir.⁸⁻¹¹ Bu artışın en büyük nedenlerinden biri, çocuklarda ve ergenlerde obezite prevalansının oldukça yükseliş göstermesidir.^{12,13} Pe-

diatrik obezite, yaşamın ileri dönemlerinde kardiyometabolik risk faktörlerini artırmakta ve bu da erken ölüme neden olabilmektedir. Bu nedenle kardiyometabolik riski azaltmak için obezitenin erken dönemde tespit edilmesi ve doğru önlemlerin alınması çok önemlidir.¹⁴ Obezite ve kardiyometabolik riskin oluşmasında en önemli nedenlerden birinin, düşük fiziksel aktivite düzeyi ve hareketsiz yaşam olduğu belirtilmiştir.¹⁵ Dünya genelinde çocuk ve ergenlerin %80'i uluslararası fiziksel aktivite rehberi tavsiyesine göre günlük 60 dk'lık orta şiddetli fiziksel aktiviteyi karşılamamaktadır.¹⁶ Ayrıca yapılan araştırmalar, ergenlik döneminde fiziksel aktivite düzeylerinin yılda yaklaşık %7 azaldığını göstermektedir.¹⁷ Bu nedenle çocukların ve gençlerin fiziksel aktivite düzeylerini artırmayı hedefleyen etkili müdahaleler gerekmektedir.¹⁸ Aşırı kilolu ve obez çocukların fiziksel aktiviteye düzenli katılımını engelleyen sebepleri araştıran bir çalışmada, ana engellerden birinin zaman eksikliği olduğu bildirilmiştir.¹⁹ Yapılan bazı sistematik derlemeler, çocuklarda ve gençlerde YŞAA'nın geleneksel antrenman yöntemlerine kıyasla zaman açısından daha ekonomik olduğunu ve sağlıklı ilgili parametrelerde daha fazla gelişim sağlayabileceğini rapor etmiştir.^{20,21}

Çocuklarda ve gençlerde YŞAA araştırmaları genellikle obez popülasyon üzerinde yoğunlaşmış olsa da, literatürde çocuk ve genç sporcuların performans gelişimini inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır.^{8,22-24} Genellikle çocukların spor dışındaki etkinlikleri kendiliğinden ve doğal olarak kısa süreli ve yüksek şiddetli niteliktedir. Özellikle yaptıkları fiziksel aktivitelerin %95'i 15 sn'den az sürmektedir. Bu nedenle çocuk ve gençlerin aktivite modellerinin tipik olarak yüksek yoğunluklu ve aralıklı olduğu öne sürülmüştür.²⁵ Ayrıca çalışmalar, kısa toparlanma periyotlarının serpiştirildiği tekrarlayan sprintler sıra-

TABLO 1: YŞAA yöntemleri.

Parametreler	Uzun YŞAA	Kısa YŞAA	Aralıklı sprint	Tekrarlı sprint	Oyun temelli YŞAA
Yüklenme süresi	2-4 dk	15-30 s	10-30 s	<10 s	2-4 dk
Yüklenme şiddeti	%80-90 VO_{2maks}	%80-90 VO_{2maks}	Tam efor	Tam efor	Amaca göre
Yüklenme dinlenme oranı	1:1	1:2-4	1:4-8	1:5-8	1:1

VO_{2maks} : Maksimal oksijen tüketim kapasitesi; YŞAA: Yüksek şiddetli aralıklı antrenman.

sında, ergenlik öncesi çocukların erişkinlere kıyasla performanslarını önemli bir yorgunluk olmadan sürdürdüklerini bildirmiştir.^{8,26} Çocuk ve gençlerin antrenman hacmi erişkinler kadar yüksek değildir ve okul programları nedeniyle de boş zamanları kısıtlıdır. Bu nedenle zaman bakımından ekonomik olan YŞAA çalışmalarını uygulamak oldukça mantıklı görülmektedir. YŞAA antrenmanlarının kısa sürede aerobik ve anaerobik performansı artırması, teknik, sürat, kuvvet ve koordinasyon gibi diğer becerilerin geliştirilmesi için de yeterli zaman sağlayabilmektedir.^{9,22}

Düzenli fiziksel aktiviteye katılımın; fiziksel sağlığa faydalarının yanı sıra psikososyal yararları, zihinsel sağlık üzerindeki faydalara (benlik saygısı, kaygı ve depresyon) ve gelişmiş bilişsel işlev ve akademik başarıya olumlu katkı sağladığı bilinmektedir.²⁷⁻²⁹ Fiziksel aktivitedeki düşüş, ergenlik döneminde ortaya çıkan ruh sağlığı bozukluklarının (anksiyete, depresyon) artışına da katkıda bulunabilmektedir.³⁰ Bu nedenle çocuk ve gençleri fiziksel aktiviteye teşvik etmek oldukça önemlidir. YŞAA uygulamaları, oyun temelli aktivitelere uyarlanabilirliği nedeniyle ilgi çekicidir. Bu da bireylere eğlenme fırsatı sunarken, aynı zamanda da aktiviteye bağlılığı artırabilmektedir.³¹

YŞAA, sağlık ve atletik performans parametrelerinde oldukça tatmin edici gelişmeler sağlasa da son yıllarda yapılan birkaç araştırma bu yöntemin bazı risklerinin olduğunu öne sürmektedir. Bu çalışmalar, yüksek şiddetli aktivitelere maruz kalmanın, kas-iskelet sisteminde yaralanmalara ve organizmada bazı hasarlara yol açabileceğini belirtmektedir.³²⁻³⁴ Özellikle büyüme çağındaki çocukların ve gençlerin uzun süre yüksek şiddetli antrenmanlara maruz kalması, akut veya kronik sağlık problemleri meydana getirir mi sorusunu ortaya koymaktadır. Bütün bu bilgilerden yola çıkarak, bu çalışmada, çocuklar ve gençler üzerine yapılan YŞAA çalışmalarının faydaları ve olası riskleri güncel literatür eşliğinde tartışılacaktır. Ayrıca Türkçe literatürde çocuklarda ve gençlerde YŞAA üzerine yayımlanan herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu anlamda çalışmamızın literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

YŞAA YÖNTEMLERİ

Genel anlamda YŞAA, yüklenme ve dinlenme aralıklarının art arda uygulandığı, kısa süreli ve yüksek şiddetli bir antrenman yöntemi olsa da çeşitli alt kategorilere ayrılmıştır (Tablo 1). Bunlar; uzun aralıklı, kısa aralıklı, aralıklı sprint, tekrarlı sprint ve oyun temelli aralıklı antrenman olarak 5 ana formata ayrılmaktadır. Uygun bir YŞAA formatını seçmek için spor branşının talepleri, antrenmanın uygulanacağı bireyler ve antrenmanların uygulanacağı dönemler dikkate alınmalıdır. Ayrıca YŞAA formatları hedefe yönelik istenen fizyolojik yanıtlara (aerobik metabolik, anaerobik metabolik ve nöromusküler) göre de belirlenmektedir.³⁵

YŞAA'NİN FİZYOLOJİK MEKANİZMASI

YŞAA, kas hücrelerinin oksidatif ve glikolitik işlevini değiştirmenin yanı sıra aerobik solunum için hedef hücrelere (kas ve sinir hücreleri) oksijen iletimini artıran sinyaller sağlamaktadır. Yüksek şiddetli egzersizlerin mekanizmaları düşük şiddetli egzersizlere kıyasla aerobik antrenmana daha fazla mitokondriyal adaptasyon sağlayabilmektedir. Ayrıca daha yüksek yoğunlukta egzersiz yapmak, daha fazla adenozin trifosfat devri gerektirmekte, kalsiyum salınımını artırmakta ve enerji yakıtı için daha fazla karbonhidrat kullanımını gerektirmektedir. Sonuç olarak, Ca²⁺/kalmomodulin bağımlı protein kinaz II ve 5'-adenozin monofosfat ile aktive olan protein kinaz dâhil olmak üzere sinyal proteinlerinin aktivasyonunu artıran daha fazla metabolit, iyon ve serbest radikal birikimi meydana gelmektedir. Bu protein kinazların artan aktivitesi, mitokondriyal proteinleri kodlayan nükleer genler için bir transkripsiyonel koaktivatör görevi gören peroksizom proliferatör aktive edici reseptör gama koaktivatör 1 [peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator-1-alpha (PGC-1α)] reseptörünün daha yüksek oranda ekspresyonuna neden olmaktadır. Bu nedenle yüksek şiddetli egzersizlerde düşük şiddetli egzersizlere göre mitokondriyal protein sentez oranları daha yüksektir ve mitokondriyal içerikte daha büyük bir artış meydana gelmektedir. Mitokondriyal artış daha fazla enerji üretimi sağlamaktadır. Böylece iskelet kasının oksidasyon kapasitesi gelişmektedir ve egzersiz performansı artmaktadır.³⁵ Sadece 2 hafta uygulanan top-

lam 6 YŞAA antrenmanı sonucunda PGC-1 α değeri %25 artış göstermiştir.³⁶ Başka bir araştırmada da aynı şekilde, kısa süreli yoğun aralıklı egzersizin insan iskelet kasında PGC-1 α ekspresyonunu artırdığı gözlenmiştir.³⁷

PGC-1 α 'nın enerji metabolizmasında ve egzersizle ilgili birçok biyolojik süreçte düzenleyici olarak rol aldığı bildirilmiştir.³⁸ Egzersiz sonrası kas hücrelerinde PGC-1 α ekspresyonunun artış göstermesiyle fibronektin tip III alanı içeren protein 5 [fibronectin type III domain containing 5 (FNDC5)] geni aktifleşmektedir ve FNDC5 proteininin proteolitik bölünmesi sonucu kas hücrelerinden irisin salınımı gerçekleşmektedir.³⁹ Dolaşıma salınan irisin obezite oluşumunda rol alan beyaz yağ dokusunun reseptörüne bağlanır ve UCP1'in (thermogenin, uncoupling protein) salınımını uyararak beyaz yağ dokusunun kahverengileşmesine neden olur.⁴⁰ Beyaz yağ dokularının kahverengileşmesi mitokondriyal yoğunluğun ve oksijen tüketiminin artmasının bir sonucudur. Kahverengileşme, yağ dokularının enerji harcama profilini artırmakta ve metabolizma üzerine fayda sağlamaktadır.⁴¹ Archundia-Herrera ve ark., aşırı kilolu ergen kadın katılımcılarda 40 dk'lık aerobik ve 12 dk'lık YŞAA egzersizlerinin kas irisin seviyelerine etkilerini karşılaştırmışlardır. Araştırmanın sonucunda, sadece YŞAA egzersizi sonrası kas irisin seviyelerinde anlamlı artış gözlenmiştir.⁴²

YŞAA'nın vücut yağ yüzdesinde azalma sağlamanın, egzersiz sonrası fazla oksijen tüketimi (ESFOT) ile ilişkili olabileceği belirtilmiştir.¹¹ YŞAA sonrası ESFOT oluşmaktadır ve ESFOT'un derecesi egzersiz yoğunluğu ile pozitif ilişkilidir. ESFOT'un ana enerji metabolizma substratı yağdan gelmektedir.⁴³ Çalışmalar, YŞAA sırasında oksijen tüketimi düşük olmasına rağmen toplam oksijen tüketiminin ESFOT'tan dolayı orta şiddetli aerobik egzersize benzer olduğunu ve toparlanma döneminde yağ oksidasyon oranının orta yoğunluktaki aerobik egzersizden önemli ölçüde daha yüksek olduğunu göstermektedir.^{44,45} Ek olarak başka çalışmalarda, egzersizden sonraki 24 saat içinde yüksek yoğunluklu egzersiz ve orta yoğunluklu egzersizin benzer yağ tüketimine sahip olduğu rapor edilmiştir.^{46,47} Ayrıca YŞAA, katekolaminlerin, büyüme hormonlarının vb. daha fazla salgılanmasını sağlayabilmektedir ve yağ metaboliz-

ması enzimlerinin aktivitesini artırabilmektedir. Böylece yağ oksidasyonu ve ayrışması artış göstermektedir.⁴⁸ Vücut yağ oksidasyonunun iç mekanizması, lipid oksidasyonu ve taşınmasında rol oynayan mitokondriyal enzimlerin aktivitesindeki artış ve PGC-1 α ile peripilin-2 (PLIN2)/peripilin-5'in (PLIN5) protein içeriğindeki artışla ilişkili olabilir.⁴⁹

AŞIRI KİLOLU/OBEZ ÇOCUK VE GENÇLERDE YŞAA

Aşırı kilolu çocuklara yönelik bir araştırma yapan Lau ve ark., 15 çocuğa (11,0 \pm 0,6 yaş; 51,1 \pm 6,6 kg vücut ağırlığı; 146,7 \pm 5,2 cm boy) 6 hafta boyunca haftada 3 gün, %120 maksimal aerobik hızda (MAH), 12x15 sn koşu 15 sn pasif dinlenme şeklinde YŞAA ve %100 MAH'da, 16x15 sn koşu 15 sn pasif dinlenme şeklinde düşük şiddetli aralıklı antrenman (DŞAA) uygulamışlardır. Antrenmanların sonunda, DŞAA ve kontrol grubuyla kıyaslandığında YŞAA grubunun deri kıvrım kalınlıkları daha fazla azalırken, Yo-Yo aralıklı dayanıklılık testi performansları daha yüksek derecede artış göstermiştir.⁵⁰ Başka bir çalışmada, 23 genç obez kıza (16,6 \pm 0,9 yaş; 87,9 \pm 4,5 kg vücut ağırlığı; 163 \pm 5 cm boy) 12 hafta boyunca haftada 3 gün YŞAA uygulanmıştır. Antrenmanlar 6-8 set 30 sn %100 MAH'da koşu, 30 sn %50 MAH'da aktif toparlanma şeklinde gerçekleşmiştir. Çalışmanın sonucunda, katılımcıların vücut ağırlığı, beden kitle indeksi Z-skoru, vücut yağ yüzdesi ve bel çevresi değerleri azalırken, VO_{2maks} değerlerinde artış meydana gelmiştir.⁵¹ Kırk yedi obez genç kız üzerinde uygulanan bir araştırmada ise (14,2 \pm 1,2 yaş; 87,3 \pm 4,5 kg vücut ağırlığı; 164 \pm 5 cm boy) haftada 3 gün toplam 12 hafta, %100 MAH şiddetinde, 3x4-8 dk (15 sn koşu, 15 sn %50 MAH'da dinlenme, setler arası 3 dk pasif dinlenme) YŞAA ve aynı antrenman modunda %80 MAH'da orta şiddetli aralıklı antrenman (OŞAA) uygulanmıştır. Sonuç olarak VO_{2maks} artışı, vücut ağırlığı, beden kitle indeksi Z-skoru, vücut yağ yüzdesi, bel çevresi (sadece YŞAA), dinlenik kalp atım hızı, sistolik ve diyastolik kan basıncı, algılanan zorluk derecesi, kan glukozu, leptin ve insülin değerlerinde her iki antrenman yönteminde de düşüş saptanmıştır. Ancak YŞAA yönteminin bu parametreler üzerinde daha olumlu etkiler ortaya koyabileceği bildirilmiştir.¹⁰ Yapılan bir diğer araştırmada, 28 hafta boyunca haftada 2 kez beden eğitimi dersleri

sırasında YŞAA uygulayan bir pilot çalışma yapılmıştır. Araştırmaya, yaş ortalaması 8,39±1,15 yıl olan 151 aşırı kilolu ve obez çocuk dâhil edilmiştir. Katılımcılar, aşırı kilolular ve obezler olarak 2 farklı egzersiz grubuna ayrılmıştır. YŞAA antrenmanları, %80-95 KAH_{maks} şiddetinde uygulanan 30-60 sn aktivite, 30-60 sn toparlanmaların serpiştirildiği 4-6 dk koşu, sıçrama ve atma egzersizlerini içermiştir. Yirmi sekiz hafta sonunda her iki egzersiz grubundaki katılımcıların beden kitle indeksleri azalmıştır. Obez erkeklerde bel çevresi, obez kızlarda bel-boy oranı, her iki gruptaki kızlarda ve obez erkeklerde vücut yağ yüzdesi düşüş göstermiştir. Ayrıca YŞAA programı hipertansif ve obez katılımcıların sayısını önemli ölçüde azaltmıştır. Son olarak 6 dk yürüme testinde kat edilen mesafe, her iki gruptaki kızlarda ve obez erkeklerde önemli ölçüde iyileşme göstermiştir.⁵² da Silva ve ark.nın yaptığı çalışmada, yaşları 14-17 arasında değişen 25 aşırı kilolu genç katılımcıya haftada 3 gün toplam 12 hafta YŞAA programı uygulanmıştır. Antrenmanlar, 15 dk YŞAA+15 dk spor aktivitelerini içermiştir. YŞAA antrenmanları, her hafta giderek artan şekilde 2-6 tekrar 100 m sprintten ve tekrarlar arası 2-5 dk aktif toparlanmalardan oluşturulmuştur. Araştırmanın sonucunda aşırı kilolu gençlerin bel ve karın çevresinde azalma, kardiyorespiratuar dayanıklılık, patlayıcı kuvvet, karın kası dayanıklılığı, esneklik ve endotel fonksiyon parametrelerinde artış saptanmıştır.⁵³

SPORCU ÇOCUK VE GENÇLERDE YŞAA

Sporcu gençlerde YŞAA antrenmanlarının etkilerini araştıran Impellizzeri ve ark., 29 genç (17,2±0,8 yaş) futbolcuya haftanın 2 günü toplam 8 haftalık futbola özgü oyun temelli ve genel koşu temelli YŞAA programı uygulamışlardır. Antrenmanlar 4x4 dk %90-95 KAH_{maks} şiddetinde yüklenme, setler arasında ise 3 dk %60-70 KAH_{maks} şiddetinde aktif dinlenme içermiştir. Sekiz haftanın sonunda YŞAA programları, oyuncuların VO_{2maks}, bireysel anaerobik eşik ve futbola özgü Ekblom testi performans değerlerinde artış meydana getirmiştir.⁵⁴ Başka bir çalışmada, 19 genç (13,5±0,4 yaş) erkek futbolcu üzerinde YŞAA ve yüksek hacimli antrenmanın (YHA) etkileri karşılaştırılmıştır. Beş hafta boyunca 13 antrenman seansı tamamlanmıştır. YŞAA, %90-95 KAH_{maks} şiddetinde

yaklaşık 30 dk sürerken; YHA, %60-75 KAH_{maks} şiddetinde yaklaşık 60 dk sürmüştür. Sonuç olarak her iki grupta da 20 m, 30 m ve 40 m sprint performansı artarken, VO_{2maks} ve 1.000 m koşu zamanı sadece YŞAA grubunda artış göstermiştir.⁸ On altı yaşında 20 futbolcu üzerine yapılan başka bir çalışmada, 10 hafta boyunca haftada 1 gün, 3x4 tekrar 40 m tekrarlı sprint (tekrarlar arası 1,5 dk, setler arası 10 dk dinlenme) antrenmanı yapılmıştır. On hafta sonunda, genç sporcuların dikey sıçrama, tekrarlı sprint, 20 m ve 40 m sprint değerleri artış göstermiştir.⁵⁵ Yapılan bir diğer çalışmada, 24 sörf sporcusuna (14,4±1,3 yaş), haftada 2 gün toplam 5 hafta süreyle YŞAA veya aralıklı sprint antrenman (ASA) yaptırılmıştır. YŞAA programı %120 MAH şiddetinde, 2-3x5-6 tekrar 30 sn (setler arası 2 sn, tekrarlar arası 30 sn dinlenme) kürek çekme egzersizinden oluşmuştur. ASA programında ise 3-6x5-8 tekrar 10 sn (setler arası 2 sn, tekrarlar arası 30 sn dinlenme) tam efor kürek çekme sprintleri uygulanmıştır. Sonuç olarak YŞAA grubunun 400 m kürek çekme performansını, ASA grubunun ise tekrarlı sprint kürek çekme performansını artırdığı rapor edilmiştir.⁵⁶ Basketbolcular üzerine bir araştırma yapan Aschendorf ve ark., 24 genç kadın ulusal lig basketbolcusuna (yaş: 15,1±1,1) haftada 2 gün toplam 5 hafta KAH_{maks} %90-95'inde basketbola özgü YŞAA çalışması yapmıştır. Katılımcılar, deney ve kontrol grubu olarak ayrılmıştır. Deney grubu, rutin basketbol antrenmanlarına ek olarak YŞAA çalışmaları yapmıştır, kontrol grubu ise rutin basketbol antrenmanlarına devam etmiştir. Araştırmanın sonucunda deney grubu YOYO dayanıklılık testinde %26,5 oranında artış gösterirken, kontrol grubunda herhangi bir artış gözlenmemiştir.²⁴

YŞAA VE ZİHİNSEL PERFORMANS

Egzersiz uygulamalarının zihinsel etkilerini inceleyen Malik ve ark.nın yaptığı bir çalışmada, 12-15 yaş aralığında 54 katılımcıya bisiklet üzerinde YŞAA (%90 zirve güç) ve sürekli orta şiddette egzersiz (%90 anaerobik eşik) uygulanmıştır. Egzersiz seanslarında 8x1 dk yüklenme, 75 sn toparlanma gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak sürekli orta şiddette yapılan egzersize kıyasla YŞAA protokolünden sonra erkek ve kız katılımcıların egzersizden keyif alma durumlarının artış

gösterdiği bildirilmiştir.⁵⁷ Bir diğer çalışmada ise yaş ortalaması 13,79±1,34 olan 90 kız ve erkek katılımcıya 12 hafta boyunca beden eğitimi derslerinde haftada 2 gün YŞAA yaptırılmıştır. Antrenmanlarda çalışmalar >85% KAH_{maks} şiddetinde gerçekleştirilmiştir ve çalışma-dinlenme oranı 20:40 sn ile 40:20 sn arasında değişmiştir. On iki hafta sonunda YŞAA'nın dilsel akıl yürütme, konsantrasyon ve seçici dikkat üzerinde küçük düzeyde pozitif etkisinin olduğu bildirilmiştir.⁵⁸ YŞAA sonrası 48 saatlik bilişsel işlevleri inceleyen Mezcuca-Hidalgo ve ark., yaş ortalaması 14,06±1,29 olan 77 kız ve erkek katılımcıyı deney ve kontrol grubu olarak 2'ye bölmüştür. Kontrol grubu sadece statik germe uygulamaları gerçekleştirirken, deney grubu 30 sn çalışma, 30 sn dinlenme olacak şekilde 4x4 adet kardiyorespiratuar ve koordinatif egzersizin kombinasyonundan oluşan YŞAA programı uygulamıştır. Araştırmanın sonucunda YŞAA grubundaki gençlerde seçici dikkat, konsantrasyon ve dilsel akıl yürütmede önemli gelişmeler bildirilmiştir.⁵⁹ Çocukların benlik kavramlarını inceleyen Mayr ve ark., 9-15 yaş aralığındaki 38 katılımcıya 12 hafta/3 gün YŞAA uygulamaları yaptırmıştır. Ayrıca haftanın 5 günü beslenme, 1 günü de psikolojik eğitim (duygusal özgürlük tekniği) seansları uygulanmıştır. YŞAA ≥85% KAH_{maks} şiddetinde toplam 30 dk süren kısa süreli hızlı koşulardan ve uzun aktif toparlanma periyotlarından oluşmuştur. On iki hafta sonunda yapılan multidisipliner yaşam tarzı müdahalesi çocukların diyet kalitesini ve benlik kavramını geliştirmiştir.⁶⁰ YŞAA sırasında çocukların psikolojik durumlarını inceleyen bir çalışmada, 12,2±0,4 yaş ortalamasına sahip 30 çocuğa bisiklet ergometresinde %85 zirve güç şiddetinde 8x1 dk çalışma, 75 sn aktif toparlanmalardan oluşan YŞAA uygulanmıştır. YŞAA sırasında çocukların keyif alma durumları ve psikolojik iyi oluşlarının artış gösterdiği rapor edilmiştir.⁶¹

YŞAA'NIN OLASI RİSKLERİ

Literatür incelendiğinde, YŞAA yönteminin çocuk ve gençler üzerinde atletik performans, genel sağlık, zihinsel, bilişsel ve psikolojik olarak birçok faydasının olduğunu belirten çalışmalar mevcuttur.^{10,55,61} Ancak bazı bilimsel çalışmalar, yüksek şiddette ve yoğunlukta yapılan antrenmanların bireyler üzerinde riskli durumlar meydana getirebileceğini bildirmiştir.³²⁻³⁴

Literatürde, çocuklar ve gençlerde YŞAA'nın riskleri üzerine yapılan bir araştırmaya rastlanmasa da erişkinler üzerine yapılan çalışma sayısı da oldukça sınırlıdır. Genellikle YŞAA araştırmaları sporcularda, sedanterlerde ve çeşitli klinik popülasyonlarda atletik performansı iyileştirmek için etkili bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır.^{62,63} Ayrıca Dünya Sağlık Örgütü, yeni fiziksel aktivite tavsiyelerine daha yüksek yoğunlukta uygulanan aerobik egzersizleri dâhil etmiştir.⁶⁴ Ancak yakın tarihli bir çalışmada, Flockhart ve ark., yüksek yoğunlukta yapılan YŞAA uygulamalarının metabolik olarak zararlı etkileri olabileceğini öne sürmüşlerdir. Çalışmada, 11 sağlıklı katılımcıya 3 hafta boyunca antrenman hacminin arttığı (1. hafta, 36 dk; 2. hafta, 90 dk; 3. hafta 152 dk) YŞAA, 4. hafta hacmin azaldığı (53 dk) YŞAA uygulanmıştır. Araştırmanın sonucunda yazarlar, çalışma yoğunluğunun aşırı olduğu 3. haftada iskelet kasındaki mitokondriyal fonksiyon ve glukoz toleransında bozulmalar olduğunu bildirmiştir.³² Bu bulgular, yoğun yapılan YŞAA çalışmalarının metabolik sağlığa zarar verme potansiyelini düşündürmektedir, ancak yapılan bu çalışmanın bazı sınırlılıkları mevcuttur. Flockhart ve ark.'nın araştırması, sadece 11 sağlıklı katılımcının dâhil edildiği kontrolsüz bir tasarıma sahiptir. Küçük örneklem grubuna rağmen randomize kontrollü bir çalışma tasarımı, bu bulguların daha doğru yorumlanmasını sağlayacak ve olası bilinen ve bilinmeyen yanlılık kaynaklarını azaltacaktır. Ayrıca YŞAA antrenmanlarının 4 hafta boyunca art arda uygulanması yorgunluk birikimine neden olmuş olabilir. Bunun yerine, her hafta arasına toparlanma periyotlarının uygulanmasının daha doğru sonuçlar ortaya koyabileceği belirtilmiştir.⁶⁵ Ek olarak, katılımcılardan alınan kas biyopsisinin her antrenman haftasının son egzersiz seansından 14 saat sonra alınması önemli bir sınırlılık olarak görülmektedir. Takip biyopsisinin alınmaması da mitokondriyal fonksiyonda ve glukoz toleransında gözlenen düşüşlerin kalıcılığını belirsiz kılmaktadır.⁶⁶ Son olarak bu araştırmanın sonuçları incelendiğinde, aşırı antrenman haftasından (3. hafta) sonra mitokondriyal solunum bozuklukları toparlanma haftasının (4. hafta) ardından ortadan kalkmıştır. Bu da mitokondriyal fonksiyonun azaltılmış hacimle hızla yeniden toparlandığını göstermektedir.

Yüksek şiddette yapılan egzersizler, çoğu zaman kas-iskelet sisteminde meydana gelebilecek yaralanma riskini artırmaktadır.⁶⁷ YŞAA egzersizlerinin artan popülerliği ile bireylerde yaralanma oranını araştıran bir çalışmada, 2007-2016 yılları arasında, özellikle vücut ağırlığı veya ek dirençler ile yapılan YŞAA egzersizlerinde tahminen 3,988.903 kez yaralanma gerçekleştiği saptanmıştır. Bu yaralanmalar en çok erkeklerde (%58), 29-30 yaş aralığında (%39) ve en sık alt ekstremitede (%35,3), gövdede (%28,5) ve üst ekstremitede (%19,6) meydana gelmiştir. Ayrıca araştırmacılar, YŞAA'ya olan ilginin artmasıyla yaralanma oranlarının da artış gösterdiğini vurgulamıştır.³⁴ Ancak bu konuda çocuklar ve gençler üzerine yapılan bir araştırmaya rastlanmamıştır. Gelişim çağındaki çocukların ve gençlerin sıklıkla YŞAA programlarına katılmaları, beraberinde bazı riskleri getirebilir. Çocukların ve gençlerin yüksek şiddetli egzersizlere maruz kalmalarından kaynaklı oluşabilecek kas-iskelet sistemi yaralanmaları, yaşamın ileri dönemlerinde kronik kas-iskelet sistemi sorunlarına yol açabilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında, literatürdeki bilimsel çalışmalar taranmış, çocuklar ve gençlere yönelik yapılan YŞAA antrenmanlarının faydaları ve olası riskleri incelenmiştir. Sonuç olarak çocuklarda ve gençlerde yapılan YŞAA çalışmalarının genel sağlığa olumlu katkı sağladığı ve aynı zamanda bireylerin atletik, zihinsel ve bilişsel performanslarını geliştirdiği birçok çalışma tarafından tespit edilmiştir. Yapılan araştırmaların genel olarak aşırı kilolu ve obez bireyler üzerinde yoğunlaştığı görülse de sporcu çocuk ve gençlere yönelik yapılan araştırmaların sayısı da azımsanmayacak niteliktedir. YŞAA, etkilediği fizyolojik mekanizma sayesinde mitokondriyal yoğunluğu artırmaktadır. Bu da daha fazla enerji üretimine, daha yüksek çalışma kapasitesine ve daha fazla yağ yakımına neden olarak düşük şiddetli ve uzun süreli egzersizlere kıyasla daha etkili sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca zaman bakımından ekonomik olması ve egzersiz çeşitliliği sayesinde de oldukça ilgi gören bir antrenman yöntemi hâline gelmiştir. Özellikle çocukların ve gençlerin uzun süren aktivitelerden sıkılması ve eğitim hayatlarına ayırdıkları vakitten dolayı kısıtlı zamana sahip olmaları, YŞAA

antrenmanlarının uygulanmasını cazip hâle getirmektedir. Antrenmanın amacına göre YŞAA uygulamaları farklılık gösterse de genel sağlığa ve vücut kompozisyonuna olumlu katkı sağlaması için haftada 2-3 gün %85-90 KAH_{maks} şiddetinde 10-30 sn egzersiz, 1:4-8 toparlanma veya 2-4 dk egzersiz, 1:1 toparlanma şeklinde yöntemler uygulanabilir. Ancak YŞAA'nın riskleri mutlaka dikkate alınmalıdır. Literatürde, YŞAA uygulamalarının çocuklar ve gençlere yönelik riskleri üzerine yapılan herhangi bir çalışmaya rastlanmasa da erişkinler için yapılan sınırlı sayıdaki araştırmalar YŞAA'nın riskli olabileceğini bildirmiştir.³²⁻³⁴ Yüksek şiddetli egzersizler organizmayı alışıl gelmişin üzerinde zorladığı için çoğu zaman yaralanma riskini artırmaktadır.⁶⁷ Bu nedenle YŞAA programları mutlaka uzman kişiler eşliğinde planlanmalı ve uygulanmalıdır. Ayrıca bireylerin YŞAA programı öncesi bir tıp hekimi tarafından sağlık kontrolü yapılmalıdır. Yeni başlayanlar düşük şiddetli yüklenme ve uzun süreli dinlenme aralıkları uygulamalıdır. Toplam antrenman süresi 20 dk'yı geçmemelidir. Antrenman sıklığı haftada 1-2 olarak başlanmalı ve kademeli olarak artmalıdır. Çocuklarda ve gençlerde YŞAA'nın faydalarının ve risklerinin daha iyi anlaşılabilmesi için kapsamlı ve uzun takip sürelerini içeren daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır.

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: Cengizhan Sarı; **Tasarım:** Cengizhan Sarı, Mustafa Han; **Denetleme/Danışmanlık:** Ali Türker; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Cengizhan Sarı, Mustafa Han; **Analiz ve/veya Yorum:** Cengizhan Sarı, Mustafa Han, Ali Türker; **Kaynak Taraması:** Cengizhan Sarı, Mustafa Han; **Makalenin Yazımı:** Cengizhan Sarı, Mustafa Han, Ali Türker; **Eleştirel İnceleme:** Ali Türker.

KAYNAKLAR

- Hustler Fitness [Internet]. © 2022 Hustler - Lift, Love, Play. [Cited: February 02, 2022]. High intensity interval training (HIIT): Benefits, history & recommendations. Available from: [\[Link\]](#)
- 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. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
- Bayati M, Farzad B, Gharakhanlou R, Agha-Alinejad H. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces performance and metabolic adaptations that resemble 'all-out' sprint interval training. *J Sports Sci Med*. 2011;10(3):571-6. [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
- Alves ED, Salerno GP, Panissa VLG, Franchini E, Takito MY. Effects of long or short duration stimulus during high-intensity interval training on physical performance, energy intake, and body composition. *J Exerc Rehabil*. 2017;13(4):393-9. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
- Martins C, Kazakova I, Ludviksen M, Mehus I, Wisloff U, Kulseng B, et al. High-intensity interval training and isocaloric moderate-intensity continuous training result in similar improvements in body composition and fitness in obese individuals. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2016;26(3):197-204. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Karayiğit R, Sarı C, Önal A, Durmuş T, Büyükcölebi H. Yüksek şiddetli interval antrenmanların (HIIT) aerobik dayanıklılık ve vücut yağ yakımı üzerine etkileri [The effects of high-intensity interval training (HIIT) on aerobic endurance and body fat burning]. *SPORMETRE Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*. 2020;18(4):1-13. [\[Crossref\]](#)
- Thompson WR. Worldwide survey of fitness trends for 2021. *ACSM's Health & Fitness J*. 2021;25(1):10-9. [\[Crossref\]](#)
- Sperlich B, De Marées M, Koehler K, Linville J, Holmberg HC, Mester J. Effects of 5 weeks of high-intensity interval training vs. volume training in 14-year-old soccer players. *J Strength Cond Res*. 2011;25(5):1271-8. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Engel FA, Ackermann A, Chtourou H, Sperlich B. High-intensity interval training performed by young athletes: a systematic review and meta-analysis. *Front Physiol*. 2018;9:1012. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
- Racil G, Coquart JB, Elmontassar W, Haddad M, Goebel R, Chaouachi A, et al. Greater effects of high- compared with moderate-intensity interval training on cardio-metabolic variables, blood leptin concentration and ratings of perceived exertion in obese adolescent females. *Biol Sport*. 2016;33(2):145-52. [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
- Zhu Y, Nan N, Wei L, Li T, Gao X, Lu D. The effect and safety of high-intensity interval training in the treatment of adolescent obesity: a meta-analysis. *Ann Palliat Med*. 2021;10(8):8596-606. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Lobstein T, Jackson-Leach R, Moodie ML, Hall KD, Gortmaker SL, Swinburn BA, et al. Child and adolescent obesity: part of a bigger picture. *Lancet*. 2015;385(9986):2510-20. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
- Ng M, Fleming T, Robinson M, Thomson B, Graetz N, Margono C, et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet*. 2014;384(9945):766-81. [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
- Aslan N, Yardımcı H. Obezite üzerine etkili yeni bir hormon: irisin [A new hormone effects on obesity: irisin]. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*. 2017;6(3):176-83. [\[Link\]](#)
- Freedman DS, Mei Z, Srinivasan SR, Berenson GS, Dietz WH. Cardiovascular risk factors and excess adiposity among overweight children and adolescents: the Bogalusa Heart Study. *J Pediatr*. 2007;150(1):12-7.e2. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Guthold R, Stevens GA, Riley LM, Bull FC. Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1·6 million participants. *Lancet Child Adolesc Health*. 2020;4(1):23-35. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
- Dumith SC, Gigante DP, Domingues MR, Kohl HW 3rd. Physical activity change during adolescence: a systematic review and a pooled analysis. *Int J Epidemiol*. 2011;40(3):685-98. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Kaya F, Bilici MF. Çocuklarda sağlıklı beslenme ve fiziksel aktivitenin obeziteyle ilişkisi. Karataş Ö, Karataş EÖ, editörler. *Spor Bilimlerinde Araştırma ve Değerlendirmeler-II*. 1. Baskı. Ankara: Gece Kitaplığı; 2021. p.215-24.
- Zabinski MF, Saelens BE, Stein RI, Hayden-Wade HA, Wilfley DE. Overweight children's barriers to and support for physical activity. *Obes Res*. 2003;11(2):238-46. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Logan GR, Harris N, Duncan S, Schofield G. A review of adolescent high-intensity interval training. *Sports Med*. 2014;44(8):1071-85. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
- 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. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Sperlich B, Zinner C, Heilemann I, Kjendlie PL, Holmberg HC, Mester J. High-intensity interval training improves VO₂(peak), maximal lactate accumulation, time trial and competition performance in 9-11-year-old swimmers. *Eur J Appl Physiol*. 2010;110(5):1029-36. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
- Harrison CB, Kinugasa T, Gill N, Kilding AE. Aerobic fitness for young athletes: combining game-based and high-intensity interval training. *Int J Sports Med*. 2015;36(11):929-34. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Aschendorf PF, Zinner C, Delextrat A, Engelmeyer E, Mester J. Effects of basketball-specific high-intensity interval training on aerobic performance and physical capacities in youth female basketball players. *Phys Sportsmed*. 2019;47(1):65-70. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Bailey RC, Olson J, Pepper SL, Porszasz J, Barstow TJ, Cooper DM. The level and tempo of children's physical activities: an observational study. *Med Sci Sports Exerc*. 1995;27(7):1033-41. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Massicotte DR, Macnab RB. Cardiorespiratory adaptations to training at specified intensities in children. *Med Sci Sports*. 1974;6(4):242-6. [\[PubMed\]](#)
- Eime RM, Young JA, Harvey JT, Charity MJ, Payne WR. A systematic review of the psychological and social benefits of participation in sport for children and adolescents: informing development of a conceptual model of health through sport. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2013;10:98. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
- Biddle SJ, Asare M. Physical activity and mental health in children and adolescents: a review of reviews. *Br J Sports Med*. 2011;45(11):886-95. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Esteban-Cornejo I, Tejero-Gonzalez CM, Sallis JF, Veiga OL. Physical activity and cognition in adolescents: a systematic review. *J Sci Med Sport*. 2015;18(5):534-9. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Beauchamp MR, Puterman E, Lubans DR. Physical inactivity and mental health in late adolescence. *JAMA Psychiatry*. 2018;75(6):543-44. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
- Howe CA, Freedson PS, Feldman HA, Osganian SK. Energy expenditure and enjoyment of common children's games in a simulated free-play environment. *J Pediatr*. 2010;157(6):936-42.e1-2. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)

32. Flockhart M, Nilsson LC, Tais S, Ekblom B, Apró W, Larsen FJ. Excessive exercise training causes mitochondrial functional impairment and decreases glucose tolerance in healthy volunteers. *Cell Metab.* 2021;33(5):957-70.e6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
33. Eickhoff-Shemek JM, Keiper MC. High-intensity exercise and the legal liability risks. *ACSM's Health & Fitness J.* 2014;18(5):30-7. [[Crossref](#)]
34. Rynecki ND, Siracuse BL, Ippolito JA, Beebe KS. Injuries sustained during high intensity interval training: are modern fitness trends contributing to increased injury rates? *J Sports Med Phys Fitness.* 2019;59(7):1206-12. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
35. Laursen P, Buchheit M. *Science and Application of High-Intensity Interval Training: Solutions to the Programming Puzzle.* 1st ed. United States of America: Human Kinetics; 2019.
36. Little JP, Safdar A, Wilkin GP, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *J Physiol.* 2010;588(Pt 6):1011-22. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
37. Gibala MJ, McGee SL, Garnham AP, Howlett KF, Snow RJ, Hargreaves M. Brief intense interval exercise activates AMPK and p38 MAPK signaling and increases the expression of PGC-1 α in human skeletal muscle. *J Appl Physiol* (1985). 2009;106(3):929-34. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
38. Koz M, Akgül MŞ, Atıcı E. Egzersizin endokrin sistem üzerine etkileri ve hormonal regülasyonlar [The effects of exercise on the hormone secretion and regulation]. *Türkiye Klinikleri J Physiother Rehabil-Special Topics.* 2016;2(1):48-56. [[Link](#)]
39. Chen N, Li Q, Liu J, Jia S. Irisin, an exercise-induced myokine as a metabolic regulator: an updated narrative review. *Diabetes Metab Res Rev.* 2016;32(1):51-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
40. Zhang Y, Li R, Meng Y, Li S, Donelan W, Zhao Y, et al. Irisin stimulates browning of white adipocytes through mitogen-activated protein kinase p38 MAP kinase and ERK MAP kinase signaling. *Diabetes.* 2014;63(2):514-25. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
41. Castillo-Quan JI. From white to brown fat through the PGC-1 α -dependent myokine irisin: implications for diabetes and obesity. *Dis Model Mech.* 2012;5(3):293-5. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
42. Archundia-Herrera C, Macias-Cervantes M, Ruiz-Mu-oz B, Vargas-Ortiz K, Kornhauser C, Perez-Vazquez V. Muscle irisin response to aerobic vs HIIT in overweight female adolescents. *Diabetol Metab Syndr.* 2017;9:101. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
43. Liu J, Zhu L, Su Y. Comparative effectiveness of high-intensity interval training and moderate-intensity continuous training for cardiometabolic risk factors and cardiorespiratory fitness in childhood obesity: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Front Physiol.* 2020;11:214. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
44. Martin-Smith R, Cox A, Buchan DS, Baker JS, Grace F, Sculthorpe N. High intensity interval training (HIIT) improves cardiorespiratory fitness (CRF) in healthy, overweight and obese adolescents: a systematic review and meta-analysis of controlled studies. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(8):2955. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
45. Plavsic L, Knezevic OM, Sovtci A, Minic P, Vukovic R, Mazibrada I, et al. Effects of high-intensity interval training and nutrition advice on cardiometabolic markers and aerobic fitness in adolescent girls with obesity. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2020;45(3):294-300. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
46. Abdelbasset WK, Tantawy SA, Kamel DM, Alqahtani BA, Elnegamy TE, Soliman GS, et al. Effects of high-intensity interval and moderate-intensity continuous aerobic exercise on diabetic obese patients with nonalcoholic fatty liver disease: a comparative randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore).* 2020;99(10):e19471. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
47. Dupuit M, Rance M, Morel C, Bouillon P, Pereira B, Bonnet A, et al. Moderate-intensity continuous training or high-intensity interval training with or without resistance training for altering body composition in postmenopausal women. *Med Sci Sports Exerc.* 2020;52(3):736-45. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
48. Ferreira MJ. Advances for high-intensity interval training prescription in obesity. *J Physiol.* 2020;598(3):451-3. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
49. Astorino TA, Schubert MM. Changes in fat oxidation in response to various regimes of high intensity interval training (HIIT). *Eur J Appl Physiol.* 2018;118(1):51-63. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
50. Lau PW, Wong del P, Ngo JK, Liang Y, Kim CG, Kim HS. Effects of high-intensity intermittent running exercise in overweight children. *Eur J Sport Sci.* 2015;15(2):182-90. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
51. Racil G, Zouhal H, Elmontassar W, Ben Abderrahmane A, De Sousa MV, Chamari K, et al. Plyometric exercise combined with high-intensity interval training improves metabolic abnormalities in young obese females more so than interval training alone. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2016;41(1):103-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
52. Delgado-Floody P, Espinoza-Silva M, Garcia-Pinillos F, Latorre-Román P. Effects of 28 weeks of high-intensity interval training during physical education classes on cardiometabolic risk factors in Chilean schoolchildren: a pilot trial. *Eur J Pediatr.* 2018;177(7):1019-27. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
53. da Silva MR, Waclawovsky G, Perin L, Camboim I, Eibel B, Lehnen AM. Effects of high-intensity interval training on endothelial function, lipid profile, body composition and physical fitness in normal-weight and overweight-obese adolescents: a clinical trial. *Physiol Behav.* 2020;213:112728. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
54. Impellizzeri FM, Marcora SM, Castagna C, Reilly T, Sassi A, Iaia FM, et al. Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int J Sports Med.* 2006;27(6):483-92. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
55. Tønnessen E, Shalfawi SA, Haugen T, Enoksen E. The effect of 40-m repeated sprint training on maximum sprinting speed, repeated sprint speed endurance, vertical jump, and aerobic capacity in young elite male soccer players. *J Strength Cond Res.* 2011;25(9):2364-70. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
56. Farley OR, Secomb JL, Parsonage JR, Lundgren LE, Abbiss CR, Shepard JM. Five weeks of sprint and high-intensity interval training improves paddling performance in adolescent surfers. *J Strength Cond Res.* 2016;30(9):2446-52. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
57. Malik AA, Williams CA, Bond B, Weston KL, Barker AR. Acute cardiorespiratory, perceptual and enjoyment responses to high-intensity interval exercise in adolescents. *Eur J Sport Sci.* 2017;17(10):1335-42. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
58. Martínez-López EJ, Torre-Cruz MJ, Suárez-Manzano S, Ruiz-Ariza A. 24 sessions of monitored cooperative high-intensity interval training improves attention-concentration and mathematical calculation in secondary school. *J Phys Educ Sport.* 2018;18(3):1578-82. [[Crossref](#)]
59. Mezcua-Hidalgo A, Ruiz-Ariza A, Suárez-Manzano S, Martínez-López EJ. 48-hour effects of monitored cooperative high-intensity interval training on adolescent cognitive functioning. *Percept Mot Skills.* 2019;126(2):202-22. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
60. Mayr HL, Cohen F, Isenring E, Soenen S; Project GRIT Team, Marshall S. Multidisciplinary lifestyle intervention in children and adolescents - results of the project GRIT (Growth, Resilience, Insights, Thrive) pilot study. *BMC Pediatr.* 2020;20(1):174. [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
61. Malik AA, Williams CA, Weston KL, Barker AR. Influence of personality and self-efficacy on perceptual responses during high-intensity interval exercise in adolescents. *J Appl Sport Psychol.* 2021;33(6):590-608. [[Crossref](#)]
62. Milanović Z, Sporiš G, Weston M. Effectiveness of high-intensity interval training (HIIT) and continuous endurance training for VO₂max improvements: a systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Sports Med.* 2015;45(10):1469-81. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]

63. Shiraev T, Barclay G. Evidence based exercise-clinical benefits of high intensity interval training. *Aust Fam Physician*. 2012;41(12):960-2. [\[PubMed\]](#)
64. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*. 2020;54(24):1451-62. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
65. Joisten N, Gehlert S, Zimmer P. Is high-intensity interval training harmful to health? *Trends Endocrinol Metab*. 2022;33(2):85-6. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
66. Hawley JA, Bishop DJ. High-intensity exercise training-too much of a good thing? *Nat Rev Endocrinol*. 2021;17(7):385-86. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
67. Koç H, Kaynar Ö. Bireysel Sporlarda Yaralanma. 1. Baskı. Ankara: Gazi Kitabevi Tic Ltd Şti; 2021.