

# Yüksek Şiddetli İnterval Antrenman: Atletik Performans Gelişimi İçin Kullanılan Metotlar ve Değişkenler: Geleneksel Derleme

## High Intensity Interval Training: Methods and Variables Used for Athletic Performance Development: Traditional Review

<sup>ID</sup> Kaan Gürbey AKTÜRE<sup>a</sup>, <sup>ID</sup> Doğukan YILMAZ<sup>a</sup>, <sup>ID</sup> Mert İSKİPCİ<sup>a</sup>

<sup>a</sup>İstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi Yaşam Bilimleri Fakültesi, Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü, İstanbul, TÜRKİYE

**ÖZET** Aerobik dayanıklılığın geliştirilmesinde birçok faktör yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yöntemler başında yüksek şiddetli interval antrenmanlar (YŞİA) gelmektedir. Birçok farklı popülasyonda faydaları kanıtlanmış olan bu yöntem uzun yıllardır atletik performansın gelişimi için de sıklıkla kullanılmaktadır. YŞİA'lar, önemli ölçüde daha düşük egzersiz hacmine ve antrenman süresine sahip olmasına rağmen geleneksel dayanıklılık antrenmanlara benzer şekilde fizyolojik adaptasyonları aktive etmek için güçlü bir uyarıcıdır. Bu nedenle aerobik dayanıklılık için önemli faydalar sağlamaktadır. YŞİA'ların kendi içerisinde birçok alt kategorisi bulunmaktadır. Bu kategoriler arasında da manipüle edilebilecek birçok değişken yer almaktadır. Özellikle kısa sürede yüksek fayda hedefleyen antrenörlerin bu değişkenlerin neler olduğunu ve nasıl yönetilebileceğini anlamaları gerekmektedir. Birçok farklı branş ve sporcu üzerinde aerobik ve anaerobik dayanıklılığın artırılmasında kullanılmasının yanı sıra özellikle yaralanmaların azaltılmasında uzun mesafeli yüksek hacim içeren spor dallarında yararlanılmıştır. Bu nedenle YŞİA'lar içerisinde kullanılan metot ve değişkenlerin doğru yönetilmesi atletik performansın artırılması için önem teşkil etmektedir. Bu derlemenin amacı, YŞİA'ların sportif performans içerisindeki kısa fizyolojisini, dayanıklılığın geliştirebilmesi için etkili faktörleri, YŞİA programlanmasında kullanılabilecek metot ve değişkenleri sportif performans perspektifiyle açıklamayı amaçlamaktadır.

**ABSTRACT** Many factors are widely used in the development of aerobic endurance. High-intensity interval training (HIIT) is one of these methods. This method, which has proven benefits in many different populations, has been widely used for the development of athletic performance for many years. Although HIIT has significantly lower exercise volume and training time, it is a powerful stimulus to activate physiological adaptations similar to traditional endurance training. Therefore, it provides important benefits for aerobic endurance. There are many sub-categories of HIIT. Among these categories, there are many variables that can be manipulated. Especially coaches aiming at high benefits in a short time need to understand what these variables are and how they can be managed. In addition to being used to increase aerobic and anaerobic endurance on many different branches and athletes, it has been used especially in sports branches containing long distance high volume in reducing injuries. Therefore, correct management of the methods and variables used in HIIT is important for increasing athletic performance. The aim of this review is to explain the physiology of HIIT in sport performance, effective factors for improving endurance, methods and variables that can be used in HIIT programming, with an athletic performance perspective.

**Anahtar Kelimeler:** Yüksek şiddetli interval antrenman; dayanıklılık; atletik performans

**Keywords:** High intensity interval training; endurance; athletic performance

Günümüzde sportif başarı artış gösterdikçe, sportif başarının devamlılığı ve iyileştirilmesi için birçok farklı yol geliştirilmekte ve aranmaktadır. Özellikle atletik performans gelişimi bu arayışın önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Sporcuların faaliyet gösterdikleri branşlarda başarı sağlamları beklenen mental, fiziksel, fizyolojik, pedagojik, teknik

ve taktik unsurların toplamı olarak kabul edilen atletik performansın, sporcunun içerisinde bulunduğu branşa özgü bir şekilde analiz edilerek tanımlanması atletik performansın gelişiminde oldukça yüksek bir öneme sahip görünmektedir. Bilindiği gibi uzun yıllardır aerobik ve anaerobik dayanıklılığın geliştirilebilmesi için spor alanında çalışan birçok bilim insanı

**Correspondence:** Kaan Gürbey AKTÜRE

İstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi Yaşam Bilimleri Fakültesi, Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü, İstanbul, TÜRKİYE/TURKEY

**E-mail:** akture.kaan@gmail.com



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

**Received:** 15 May 2020

**Received in revised form:** 12 Nov 2020

**Accepted:** 12 Nov 2020

**Available online:** 25 Feb 2021

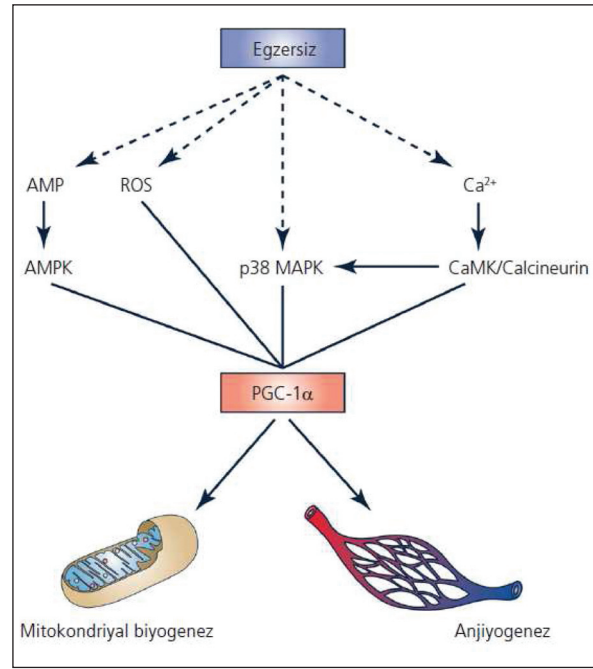
2146-8885 / Copyright © 2021 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

farklı antrenman yöntemlerini çeşitli popülasyon üzerinde uygulamışlardır.<sup>1-4</sup> Bu yöntemlerin en başında hiç kuşkusuz, dayanıklılığın gelişimindeki faydaları birçok popülasyonda kanıtlanmış olan yüksek şiddetli interval antrenmanlar (YŞİA) gelmektedir. YŞİA kısaca, düşük yoğunluklu dinlenme ve yüksek şiddette tekrarlanan egzersiz yüklenmeleriyle ifade edilmektedir.<sup>5-7</sup> Bu yüklenme-dinlenme miktarları, spor branşına ve hedeflenen aktive özeline bağlı olmakla birlikte sonsuz değişkene sahiptir. Bu değişkenler içerisindeki farklılıklar nedeniyle YŞİA'ların alt kategorilerinde birçok değişken ortaya çıkmıştır. Bu değişkenlerde yaratılacak manipülasyonlarla YŞİA'ların doğasını büyük ölçüde değiştirerek farklı spor branşlarına ve sporculara özel hâle getirilebilmektedir. Literatürde bu değişkenler kullanılarak sporcular üzerinde yapılan birçok araştırma  $VO_{2max}$ , pik güç çıkışı, sprint süresi, laktat eşiği, dikey sıçrama, egzersiz ekonomisi gibi birçok bileşende performans artışı tespit etmişlerdir.<sup>8-12</sup> Bunun yanında, YŞİA'lar dayanıklılığı geliştiren farklı antrenman modelleriyle de birçok kez karşılaştırılmıştır.<sup>9,13</sup> Yakın dönemli çalışmalar, dayanıklılığın geliştirilmesinde 2 yöntemde verimli sonuçlar ortaya koyduğunu ancak YŞİA'ların geleneksel dayanıklılık (uzun/orta süreli-düşük-orta şiddetli) antrenmanlarına (GDA) göre daha olumlu sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir.<sup>13-15</sup>

Bu derleme çalışması, YŞİA'ların sportif performans içerisindeki kısa fizyolojisini, dayanıklılığın geliştirebilmesi için etkili faktörleri, YŞİA programlanmasında kullanılabilir metot ve değişkenleri atletik performans perspektifiyle açıklamayı amaçlamaktadır.

## YÜKSEK ŞİDDETLİ İNTERVAL ANTRENMANIN FİZYOLOJİSİ

Akut egzersizin, çeşitli hücre içi ve hücre dışı gen transkripsiyonundaki sinyal yollarını aktive ettiği yaygın olarak kabul edilmektedir.<sup>16</sup> Ayrıca dayanıklılık antrenman uyarısıyla, mitokondriyal biyogenezin gerçekleşmesi için birçok sinyal yolağının iş birliği içerisinde olduğu da uzun süredir bilinmektedir (Şekil 1).<sup>17</sup> YŞİA'lar ise bu aktivasyonların sağlanmasında kullanılan önemli dayanıklılık yöntemlerinden biridir. YŞİA'lar önemli ölçüde daha



ŞEKİL 1: İskelet kasında egzersize bağlı peroksizom-proliferatör ile aktive edilmiş reseptör-p koaktivatör-1α (PGC-1α) regülasyonunda yer alan sinyal yolları.

düşük egzersiz hacmine ve antrenman süresine sahip olmasına rağmen GDA'ya benzer şekilde fizyolojik adaptasyonları aktive etmek için güçlü bir uyarıcıdır.<sup>5</sup> İnterval antrenmanların iskelet kaslarında gösterdiği metabolik adaptasyonlar incelendiğinde, moleküler sinyalizasyon aktiviteleri, genel dayanıklılık antrenman adaptasyonları için belirtilen süreçlere en azından niteliksel olarak benzer görünmektedir.<sup>18</sup> Gibala ve ark. yaptığı çalışmada, 2 haftalık YŞİA'nın egzersiz performansında ve mitokondride bulunan sitokrom c oksidaz enziminin aktivitesinde 2 haftalık GDA'ya benzer sonuçlar ortaya koyulması da bu tezi desteklemektedir.<sup>19</sup> Mitokondriyal biyogenezde yer alan bu sinyal yollarının benzer akut aktivasyonu, adenosin monofosfat kinaz (AMPK) ve p38 mitojen ile aktifleştirilmiş protein kinazın (MAPK) aktivasyonu ile peroksizom proliferatör ile aktive edilmiş reseptör gama koaktivatörü 1-alfanın (PGC-1α) mRNA ekspresyonunun artmasına da yol açmıştır. Bu akut yanıtlar, YŞİA'ların mitokondriyal biyogenezini uyararak için uzun süreli-düşük şiddetli GDA ile benzer bir yol izlediğini belirtmiştir.<sup>18,20</sup> İnterval antrenmanların fizyolojik adaptasyonlarının araştırıldığı birçok çalışma, YŞİA'ların uzun süreli-düşük şiddetli antrenmanlardan temel farkının antrenman içerisindeki

sürenin değil şiddetin olduğunu belirtmiştir. Bu konuda Egan ve Zierat'ın yaptığı çalışma, hücresel stresin öncelikle süre değil egzersiz yoğunluğu ile orantılı olarak ortaya çıktığını ve daha yüksek egzersiz yoğunluklarının orta yoğunluklardan daha büyük bir metabolik sinyal uyarısı yarattığını belirtmişlerdir.<sup>21</sup>

Kesik çizgiler kasılma aktivitesinin birincil sensörlerini gösterirken, sürekli çizgiler PGC-1 $\alpha$  ekspresyonunu regüle etmek için önerilen sinyal yollarının ikincil araçlarını gösterir. AMPK, enerji algılayan bir proteindir, reaktif oksijen türleri [reactive oxygen species (ROS)], MAPK ile uyumlu olarak, egzersiz yoluyla iskelet kası içinde üretilen metabolik strese yanıt veren oksidatif metabolizmanın metabolik bir yan ürünüdür. Kasılma ile hücresel kalsiyum konsantrasyonunun modülasyonu, aynı zamanda adaptasyon yanıtları için metabolik bir sinyal olarak da işlev gören kalmodulin kinaz (CaMK) ve kalsinörin proteinlerini düzenler. Bu araçlarla birlikte, iskelet kasında PGC-1 $\alpha$  ekspresyonunu ve buna müteakip mitokondriyal biyogenezi ve anjiyogenezi düzenleyen karmaşık sinyal yollarını koordine eder.<sup>17</sup>

İnterval antrenmanlar için hücre içi laktat, kreatin, AMP-ADP birikimiyle egzersiz yoğunluğunun arttığı ileri da sürülmüştür.<sup>22-25</sup> Toplam iş için eşleşen düşük yoğunluklu egzersize kıyasla yüksek olarak ortaya çıkan bu özel kinazların daha yüksek aktivasyonu, mitokondriyal biyogenezin majör regülatörü PGC-1 $\alpha$  için daha fazla mRNA ekspresyonu ile ilişkilendirilmiştir.<sup>26</sup> Bu yolların düzenli ve tekrarlı aktivasyonlarının mitokondriyal yoğunlukta artışa neden olacağı belirtilmiştir.<sup>27</sup> Buna örnek, kişilerin YŞİA'ya adaptasyonlarının incelendiği Perry ve ark.nın çalışmasıyla verilebilir.<sup>28</sup> Araştırmacıların bulgularında, her bir YŞİA antrenmanından sonra mRNA ekspresyonunun (örneğin PGC-1 $\alpha$ ) akut olarak arttığı tespit edilmiştir. Bir başka örnekte ise akut olarak YŞİA ve GDA yöntemini içeren bir çalışmada, insan iskelet kasındaki AMPK ve p38MAPK fosforilasyonunun yanı sıra PGC-1 $\alpha$  mRNA içeriğinde artış tespit edilmiştir.<sup>20</sup> Araştırmanın önemli bulgularından biri de egzersize bağlı p53 fosforilasyonunun ilk defa raporlanmış olmasıdır. Araştırmacılar tarafından bu proteinin kasılmaya bağlı mitokondriyal biyogenezin düzenlenmesinde rol oynayabileceği düşünülmekte-

dir.<sup>20</sup> Ayrıca bazı bulgulara dayanarak, yüksek hacimli interval antrenmanların yanı sıra düşük hacimli interval antrenmanlarında mitokondriyal biyogenezi aktive edecek sinyal yollarını tetikleyebildiği söylenmektedir.<sup>18</sup>

YŞİA'ların fizyolojik açıdan bir diğer önemi, eş zamanlı antrenman (concurrent training) ile ortaya çıkan "karşıtlık etkisi" üzerindeki olumlu faydasıdır. Bu etki, dayanıklılık egzersizlerinin rezidüel yorgunluk ve substrat tükenmesi yoluyla kuvvet antrenmanlarına etkide bulunduğu ve bu nedenle kassal gelişimi önemli ölçüde etkilediği bilgisine dayanmaktadır.<sup>29</sup> Hem kuvvet hem de dayanıklılık bileşenlerinin moleküler düzeydeki sinyalizasyon mekanizmalarında bazı karşıtlıklara neden olması, eş zamanlı antrenmandan doğacak olası performans gecikmeleri ve düşüşlerinin önüne geçilebilmesi için YŞİA kullanımı oldukça ön plana çıkmaktadır. Buradaki olumsuz performans etkisinin azaltılması hatta ortadan büyük ölçüde kaldırılması için temel önerilerden birisi kuvvet ve dayanıklılık antrenmanları arasında en az 6 saatlik bir sürenin koyulmasıdır. Ancak bu öneri hem kuvvet hem de dayanıklılık bileşenlerini aynı anda içeren spor dallarının doğaları gereği uygulanmasının zor olmasından dolayı daha farklı önerilerde durulmuştur. Karşıtlık etkisini minimum düzeye indirilmesi için kuvvet ve dayanıklılık antrenmanı arasında en az 6 saatlik süre koyamayacak branşlar için yapılan bir diğer öneri, yüksek hacme sahip genel dayanıklılık antrenmanları yerine dayanıklılık gelişimi için antrenmanlarda YŞİA'lara yer verilmesidir.<sup>29</sup> Araştırmacılar tarafından bu önerinin, yüksek şiddetli aerobik antrenmanın, yüksek eşikli motor üniteleri ve kas liflerinin aktivasyonuna neden olduğu ve antrenman hacminde potansiyel bir azalma yaşatması nedeniyle karşıtlık etkisinden doğacak olumsuz etkinin azaltılmasında etkili olabileceği bildirilmiştir.<sup>29</sup>

## ■ AEROBİK DAYANIKLILIĞI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

### MAKSİMUM OKSİJEN KAPASİTESİ

Maksimum oksijen tüketimi, bir kişinin vücudunun aerobik enerji üretimi için kullanabileceği en yüksek oksijen hacmi olarak tanımlanır.<sup>29</sup> Bu hacmi geliştire-

rebilmek için ise oksijeni verimli bir şekilde taşıyabilme kabiliyeti, optimum performansa katkıda bulunan kritik bir faktördür.<sup>30</sup> Dayanıklılığın etkin olduğu spor dallarında, enerjinin aerobik yolla metabolize edilmesi temel olarak vücudun tükettiği maksimum oksijen miktarıyla ilişkilidir. Literatürdeki çalışmalar,  $VO_{2maks}$  ile aerobik dayanıklılık gerektiren eylemlerin arasında yüksek bir korelasyon olduğunu söylemektedir.<sup>31,32</sup>  $VO_{2maks}$ , sporculardaki aerobik performansın belirleyici olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır.<sup>29</sup> Ancak  $VO_{2maks}$  değerlerinin yakın olduğu durumlarda  $VO_{2maks}$  tek başına bir belirleyici olamamaktadır. Bu nedenle performansın objektif tahmini için laktat eşiği, koşu ekonomisi ve psikolojik faktörler gibi ek bileşenlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bilindiği gibi normal şartlar altında  $VO_{2maks}$  olarak kardiyak çıktı ile sınırlıdır; bu nedenle maksimum kalp atış hızına yakın (>%90) egzersiz yapılmasının bu parametreyi geliştirme için etkili bir yolu olduğu düşünülmektedir.<sup>33</sup>  $VO_{2maks}$  değerinde yaşanan bir iyileşme, enerji üretimi için kasların daha fazla oksijeni kullanabilmesi anlamına geleceğinden ötürü, bu değeri iyileştirebilmenin yollarından biri olarak ise uzun yıllardır “YŞİA” metodu, GDA olarak bilinen uzun süreli-orta şiddetli antrenmanlarla birlikte yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.<sup>9,13</sup> Yakın dönemli çalışmalar,  $VO_{2maks}$ 'ın iyileştirilmesinde GDA ve YŞİA'ları sıklıkla karşılaştırmışlardır.<sup>13,14,34</sup> Araştırmalar, her 2 antrenman yönteminin de  $VO_{2maks}$  oranında bir artışa neden olduğunu ancak YŞİA modelinin GDA'ya oranla daha efektif sonuçlar verdiğini bildirmektedir.<sup>13,14,34</sup>

## LAKTAT EŞİĞİ

Laktat eşiği, aerobik ve anaerobik metabolizma arasındaki geçişin bir indeksi olarak kullanılır ve kandaki laktat konsantrasyonunun egzersiz başlangıcındaki değerlerin üzerine çıktığı yoğunlukla ifade edilir. Literatürde sıklıkla kullanılan laktat unsuru kan laktatının dengede kaldığı üst eşik yoğunluğudur. Bu literatürde “maksimum laktat denge durumu” olarak adlandırılır.<sup>35</sup> Maksimum laktat denge durumu, sporcunun yarışma koşulları altında sağlayabileceği maksimum yoğunluğu temsil eden kritik güç veya hız ile ilgilidir. Laktatın stabil hâle gelebileceği uygun çalışma yoğunluklarında bu un-

surun gelişimi sağlanabilirken, bu unsur üzerindeki değişiklikler,  $VO_{2maks}$ 'taki herhangi bir değişiklikten bağımsız olarak meydana gelebilmektedir.<sup>36</sup>

Egzersiz yoğunluğu arttıkça, laktat kan seviyesinde yükselmeye başlar. Egzersizin şiddetindeki yükselmeye müteakiben laktik asit miktarı da bir süre sonra nötralize edilemeyecek düzeye ulaşır. Kandaki laktat miktarı 2-4 mmol/L'ye ulaştığında nötralize edilemez. Bu laktat aralığı, aerobik-anaerobik geçiş kuşağı olarak belirtilir ve genel olarak kan laktatı 4 mmol/L miktara ulaştığında bu alan “laktat eşiği” olarak adlandırılır. Bu eşik, antrenmansız kişilerde  $VO_{2maks}$ 'ın %50 ila %60'ı civarında görülürken, antrenmanlı kişilerde  $VO_{2maks}$ 'larının %65 ila %80 dolaylarında görülmektedir.<sup>37</sup> Dayanıklılık antrenman protokollerinin mantıklı bir açıdan değerlendirilip planlaması yapıldığında egzersiz sırasında kanda biriken laktat miktarını azalttığı gösterilmiştir.<sup>38</sup>

Spor bilimciler, 2 sporcu arasındaki aerobik bileşenleri değerlendirirken  $VO_{2maks}$ 'ın benzer olduğu durumlarda laktat eşiğini değerlendirmektedirler. Aerobik dayanıklılık için benzer  $VO_{2maks}$  değerlerine sahip sporcular arasındaki farklılığı, kas ve kanda büyük miktarda laktik asit biriktirmeden  $VO_{2maks}$ 'ının en yüksek yüzdesinde aerobik enerji üretimini sürdürebilen sporcu üretir. Bu nedenle, birçok çalışma, bir sporcunun laktat eşiğinin, aerobik dayanıklılık performansının  $VO_{2maks}$ 'a göre daha iyi bir göstergesi olduğunu söylemiştir.<sup>39,40</sup>

## EGZERSİZ EKONOMİSİ

Sportif performans sırasında hareket ve hareket verimliliğindeki bileşenler, müsabaka sırasında aerobik dayanıklılık performansını ve dolayısıyla egzersiz ekonomisini doğrudan etkiler. Egzersiz ekonomisini etkileyen bazı faktörler (örneğin eklem geometrisi) değiştirilemezken, diğer yönler uygun antrenman müdahaleleriyle değişkenliğe uğratabilir. İlgili değişkenleri etkileyen en büyük faktörler arasında nöromusküler koordinasyon ve egzersiz tekniği bulunur. Buradaki unsurlardaki değişiklikler için ise spesifik branşa özgü talepler göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin elit triatlon sporcuları üzerinde yapılan bir çalışmada, koşu ve bisiklet antrenmanlarının yüzme performansları üzerinde hiçbir etkisi olmadığını bildirmiştir.<sup>41</sup> Aynı şekilde, branş özellikleri



dışındaki yetilere yönelik yapılacak antrenman modellerinin branş içerisindeki talepleri karşılamamasından ötürü sahaya transferi, dolayısıyla egzersiz ekonomisine katkısı oldukça zayıftır.<sup>42</sup> Egzersiz ekonomisinin bir diğer önemli yanı, benzer  $VO_{2maks}$  değerine sahip sporculardaki egzersiz ekonomileri farklılıklarıdır.<sup>43</sup>  $VO_{2maks}$ 'ı benzer olan sporcular arasındaki belirleyici faktörü egzersiz ekonomisinin oluşturduğu, dolayısıyla başarı için önemli bir belirleyici bir unsur olduğu söylenmektedir.<sup>36</sup> Bu nedenlerden ötürü spor bilimciler, egzersiz ekonomisinde istenen gelişimler için spesifik ihtiyaca özgü modellemelere antrenmanlar içerisinde yer verilmesini önererek, planlama ve programlamanın bu unsurlar dikkate alınarak gerçekleştirilmesi gerektiğini önermektedirler.<sup>44</sup>

## YÜKSEK ŞİDDETLİ İNTERVAL ANTRENMAN PROGRAMLAMASINDA KULLANILAN METOTLAR

### ALGILANAN ZORLUK DERECEŚİ TABANLI PROGRAMLAMA

Sporcuları branşları özelinde kişiselleştirilmiş bir şekilde interval antrenman programlamasına dâhil edebilmek için birçok interval antrenman yaklaşımı önerilmiştir. Bu yöntemler arasında en kolay uygulanabilir ve ulaşılabilir olanı “algılanan zorluk derecesine (AZD)” göre planlanan YŞİA’lardır. AZD’ye göre YŞİA antrenman uygulaması basit bir şekilde antrenörün, antrenmanın içeriğini bildirmesi sonrası sporcu antrenmanı Borg skalasında (>15) veya CR-10 Borg ölçeğinde (>6), zor veya çok zor olarak algılanan egzersiz yoğunluğunda uygulamasıyla gerçekleşir. Bu yöntemin avantajlarından biri, sporcunun kendini nasıl hissettiğine bağlı olarak egzersizin yoğunluğunu düzenlemesine olanak tanınmasıdır.<sup>9</sup> AZD bazlı antrenman programlamasının, genç kadınlarda 6 hafta boyunca kalp atış hızı kalibrasyonlu bir programla aynı fizyolojik sonuçları ortaya çıkardığı belirtilmiştir.<sup>45</sup> AZD yöntemi geçmişten günümüze hâlen daha uygulanabilir olsa da programı uygulayacak antrenörlerin bazı sınırlılıklara dikkat etmeleri önerilmektedir. AZD yaklaşımı, hissedilen zorluk derecesine bağlı olduğundan dolayı son derece subjektiftir ve sporcunun psikolojik faktörlerinden etkilenmeye çok açıktır. Bu nedenle ölçeklerin sporcu-

lara çok net ve soru işareti bırakmadan anlatılması doğru bir yoğunluğun tayini için kritik derecede önemlidir.

### KALP ATIM TABANLI PROGRAMLAMA

Birçok spor branşı içerisinde tasarlanan YŞİA’lar için maksimum kalp atım sayısının yüzdesi hedeflenerek yapılan planlamalar antrenörler tarafından yoğun olarak kullanılmaktadır.<sup>46,47</sup> Akenhead ve Nassis, 41 profesyonel futbol kulübünden 40’inin her antrenman seansındaki her oyuncudan kalp atış hızı verilerini topladığını bildirmesi antrenman monitörizasyonu için kalp atış hızının ne kadar yaygın olarak kullanıldığını bir göstergesidir.<sup>48</sup> Ancak kalp atım bölgesinin tespiti ile egzersiz şiddetinin belirlenmesi uzun süreli-orta şiddetteki antrenman için ideal gibi görünse de YŞİA’lar için bazı sınırlılıklara sahip olabilir.<sup>9</sup> Kalp atım bölgesinin tespiti ile yapılan antrenmanlar çoğu zaman tepe  $VO_{2maks}$  hızının yoğunluğu hakkında bilgi verememektedir.<sup>9</sup> Özellikle toparlanma sürelerinde ortaya çıkan fizyolojik cevap, antrenman yükünün olduğundan daha yüksek tahmin edilmesini sağlayabilir. En basit örnek, koşu tabanlı bir YŞİA programıyla müsabaka sırasındaki koşu hızı değerlendirildiğinde görülmüştür. Araştırmada, 2 farklı aktivitenin nispeten benzer kalp atım değerlerine sahip olabileceği sonucu ortaya koyulmuştur.<sup>11</sup> Bu da müsabaka ve antrenmanın sadece kalp atım sayısına göre monitörize edildiğinde bu sonucun yapılan işi tanımlamada yetersiz kalabileceğini göstermektedir. Kalp atım sayısının kullanılmasındaki bir diğer sınırlılık ise dayanıklılığın gelişimini hedefleyen antrenman yoğunluklarının büyük bir bölümünü temsil eden  $VO_{2maks}$  hızı üzerindeki koşu yoğunlukları hakkında bilgi verememesidir.<sup>9</sup> Bu durum, submaksimal yoğunluklarda daha az probleme sebep olsa da kısa ve yüksek şiddetli intervallerde dikkate alınması önerilmektedir.<sup>9</sup> Bu nedenle YŞİA sırasında kalp atım sayısı, oksijen kapasitesi, kan laktat seviyesi ve iş çıkışı arasındaki zamansal farklılıklar, sadece kalp atım sayısı kullanılarak YŞİA planlamasının önündeki sınırlılık olarak yer almaktadır.

### ATLETİZM TABANLI PROGRAMLAMA

Atletler için YŞİA programlaması, 800 m’den 5.000 m’ye kadar olan mesafeler için geleneksel olarak koşu hızları kullanarak tasarlanabilmektedir.<sup>9</sup> Hannes

Kolehmainen'in yarış temposunda intervaller kullanması, Emil Zapotek'in jog temposunda dinlenmeler vererek intervaller gerçekleştirilmesi, atletizm tabanlı interval antrenman programlamasının geçmiş zamanlı örneklerini oluşturmaktadır. Genel olarak kişinin belirlenen interval süreleri, hedeflenen koşu mesafesini ne kadar sürede bitirebileceği üzerinden saptanmaktadır. 100 m'yi 11 sn'de koşan bir sporcu için bu mesafede belirlenecek süreler 12-13 sn; 400 m'yi 50 sn'nin altında koşan bir sporcu için 100 m'lik mesafe 14-15 sn olarak uygulanabilmektedir.<sup>49</sup> Buradan yola çıkarak, mesafeler üzerinden belirlenen interval süreleri atletizm tabanlı programlamanın temelini oluşturur.

Atletizm tabanlı interval antrenman programlaması akut fizyolojik yükü bilinçli olarak manipüle edilmesini zorlaştırması nedeniyle istenilen adaptasyonu sağlamak kısmen zordur. Buradaki sınırlılığın aşılabilmesinin yollarından birisi, hedeflenen mesafelerdeki tahmini geçiş sürelerinin sporcu özelinde bilinmesidir.<sup>50</sup> Bu sayede hedeflenen fizyolojik adaptasyon unsurları çok daha net bir şekilde uyarılabilmektedir.

## YÜKSEK ŞİDDETLİ İNTERVAL ANTRENMAN PROGRAMLAMASINDA KULLANILAN DEĞİŞKENLER

### KISA İNTERVALLER

Bu yöntem, pasif dinlenme aralıkları kullanılarak yüksek şiddette gerçekleşen kısa süreli (<30 sn) patlayıcı aktiviteleri içermektedir. Bu yaklaşımın örneği, 5 sn'lik dinlenme süreleriyle 10 sn'lik  $VO_{2maks}$ 'ın pik hızında uygulanan eylem sürelerinin gerçekleştirilmesidir. Bu tür bir kısa interval seçiminde çalışma:dinlenme oranı 2'ye 1 olarak nitelenir. Benzer şekilde 1:1 oranında 10 sn'lik çalışma 10 sn'lik dinlenme şeklindeki kullanımlarda oldukça yaygındır. Çok kısa süren intervallerde (<10 sn), kas-taki enerji gereksinimleri ağırlıklı olarak fosfojen sistem ile karşılanır ve kullanılan  $VO_2$ 'nin %50'den fazlası oksihemoglobin depolarından elde edilir.<sup>51</sup> Toparlanma süreleri boyunca, oksimiyogloblin depoları hızla geri yüklenir ve daha sonra gelecek interval yüklenmesi için kullanılabilir hâle gelir.<sup>51</sup> Kısa interval süresinin sistemik  $VO_2$  yanıtları üzerindeki

etkisi, YŞİA literatüründe incelenen ilk parametrelerden biridir.<sup>51</sup> Ancak şaşırtıcı bir şekilde, antrenörler tarafından kullanılan yaygın kullanıma (örneğin 10 sn/10 sn, 10 sn/20 sn) rağmen 15 sn'den az süren kısa intervallerle ilgili çok az veri bulunmaktadır.<sup>52</sup> Bu nedenle YŞİA bağlamında kısa intervaller seçerken zaman sabitinin dikkate alınması için gereken süre için genel öneri  $\geq 10$  sn çalışma aralıkları olarak belirtilmiştir.<sup>52</sup>

### UZUN İNTERVALLER

Uzun intervaller 60 sn'yi aşan ve tipik olarak 2-6 dk arasındaki çalışma sürelerini içerir.<sup>9</sup> İnterval yoğunluğu genellikle  $VO_{2maks}$  veya  $vVO_{2maks}$  hızının (maksimum oksijen kapasitesindeki gerçekleşen hız) %90 ile %100 arasında arasındadır. Bu yaklaşımla, bir sonraki ardışık intervalden önce oksijen alımının çok fazla düşmesini önlemek için dinlenme sürelerinin yüklenmeye göre daha kısa olması önerilir.<sup>53</sup> Buna en tipik örnek, 2 dk'lık dinlenme periyotlarını  $VO_{2maks}$ 'ın %90'ı yoğunluğunda gerçekleştirilen 4 dk'lık yüklenmelerin takip etmesidir.<sup>54</sup>

Araştırmalar, kısa ve uzun intervaller sırasında tüm fizyolojik ve algısal değişkenlerin önemli ölçüde yükseldiğini bildirmiştir.<sup>55</sup> Uzun intervallerle gerçekleştirilen YŞİA'lar kardiyopulmoner oksidatif fonksiyonu uyarmak için muhtemelen en iyi format olsa da kan laktat birikimi için hâlâ yüksek seviyeler görülmektedir. Bu nedenle anaerobik glikolitik katkıyı sınırlamaya çalışan antrenörler için uzun intervallerin yanında kısa intervallerinde antrenman yılı içerisinde farklı zamanlarda kullanılması önerilmektedir.<sup>56</sup>

### SPRINT İNTERVALLER

Sprint intervaller maksimuma yakın bir eforda gerçekleşen YŞİA'ların bir başka formudur.<sup>9</sup> Genel olarak, 2-4 dk'lık dinlenme sürelerine ve yaklaşık olarak 30 sn civarında süren çalışma sürelerini içermektedir.<sup>4</sup> Sprint intervallerin mitokondriyal enzimlerin aktivitelerini artırdığı, kullanımı sırasında glikojen kullanımını ve laktat birikimini azalttığı ve aerobik kapasitenin artışına destek olduğu bilinmektedir.<sup>57-59</sup> Ayrıca kas tamponlama kapasitesi gibi dayanıklılık performansının diğer önemli belirleyicilerini iyileştirmek için GDA'dan daha etkili olabileceği söylen-

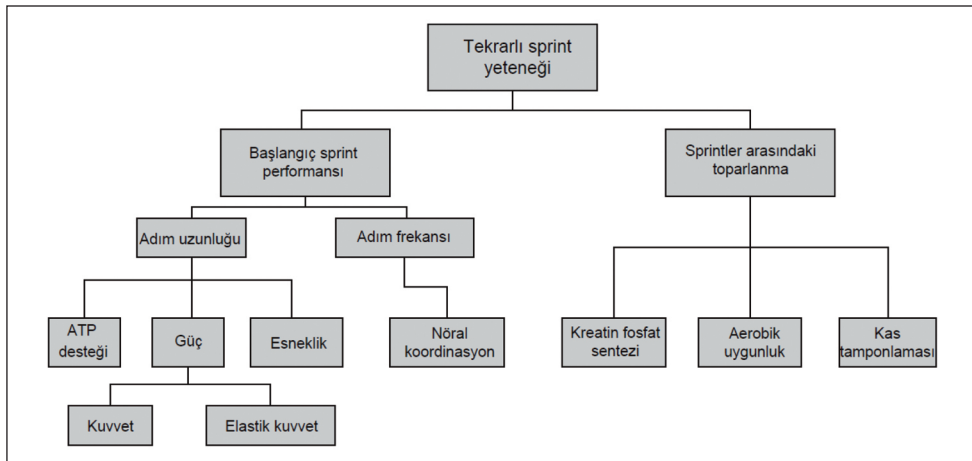
mektedir.<sup>60</sup> Araştırmalar, sprint intervallerin  $VO_{2maks}$ 'ı artıran fizyolojik adaptasyonları uyaran alternatif bir antrenman yöntemi olarak kullanımını desteklemektedir.<sup>57,59</sup> Araştırmacılar, uzun süreli dayanıklılık antrenmanına kıyasla düşük hacimli sprint intervallerin kullanımını özellikle zaman tasarrufu açısından önermektedir.<sup>31</sup> Gibala ve ark.nın düşük ve yüksek hacimli antrenmanlarını karşılaştıran 2 haftalık bir çalışma sırasında, düşük hacimli sprint interval grubundaki deneklerin sadece 15 dk (toparlanma dâhil 135 dk) egzersiz yaptırılırken, yüksek hacimli dayanıklılık antrenman grubundaki 630 dk egzersiz yaptırılmıştır.<sup>61</sup> Sonuçlar, dayanıklılık antrenman grubunun sadece %10'luk bir antrenman hacmine denk gelmelerine rağmen sprint interval grubu oksidatif kapasite ve egzersiz performansında dayanıklılık grubuyla benzer iyileşmelere sahip olduğu şeklinde belirtilmiştir. Tasarım gereği, sprint interval grubu, antrenmanları, dayanıklılık antrenman grubunda egzersiz yapmak için harcanan toplam sürenin sadece %21'inde gerçekleştirmişti; ancak oksidatif kapasite ve egzersiz performansındaki iyileşmeler dayanıklılık grubuyla benzerdi. Bu nedenle, egzersiz için yaygın olarak bildirilen "zaman eksikliği" düşünüldüğünde düşük hacimli sprint intervallerin zaman açısından verimli yönünün bu tür faaliyetlere katılım ve faaliyetlere bağlılık üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır.<sup>62</sup>

## TEKRARLI SPRINT

Tekrarlı sprintler genellikle takım sporcundaki branşa özgü sprint yeteneğini geliştirmek için kullanılan po-

püler bir egzersiz yöntemidir (Şekil 2).<sup>53</sup> Genellikle kısa bir toparlanma süresi (<60 sn) ile 2'den fazla ( $\leq 10$  sn) kısa maksimal sprintler olarak tanımlanır. Literatürdeki çalışmalar, kavramların farklı kullanım dili nedeniyle bazı kargaşalar yaşamaktadır. Tekrarlı sprint ile geleneksel sprint intervalleri arasında oluşan bu kargaşa bazı spor bilimciler tarafından şu şekilde açıklanmıştır: Sprint intervalleri neredeyse tam toparlanmanın sağlanabilmesi için uzun dinlenme süreleri (60-300 sn) ile kısa süreli sprintler (<10 sn) ile karakterize edilir.<sup>63</sup> Tekrarlı sprintle aralarında oluşan temel fark, sprint intervalleri sırasında performans düşüşünün neredeyse hiç olmamasıdır.<sup>64</sup> Diğer yandan, tekrarlı sprintlerde ise belirgin bir performans düşüşü görülmektedir.<sup>65</sup> Araştırmacılar, bu ayırımın yorgunluğa katkıda bulunan faktörlerin 2 yöntem arasındaki farklardan dolayı değişkenlik göstereceğini bildirmektedir.<sup>66</sup>

Bu tür bir antrenman sırasında bazı anaerobik enzimlerin aktivitesinde bir artış görülmektedir, bu da daha yüksek bir anaerobik enerji devir hızına yol açar ve pH regülasyonu ve kasın kılcallaştırmasında yer alan proteinlerinin sayısını artırır.<sup>60</sup> Bugüne kadar elde edilen sınırlı kanıtlar, tekrarlı sprint veya interval sprint antrenman ile karşılaştırıldığında, interval antrenmanların  $Na^+/K^+$  izoform içeriğinde artışlar ürettiğini göstermektedir.<sup>67</sup> Ayrıca maksimal veya maksimuma yakın kısa süreli sprintlerin performansı daha yüksek  $VO_{2maks}$  değerlerine ve artmış aerobik enzim aktivitesine yol açabilmektedir.<sup>68</sup> Bugüne kadar yapılan çalışmalarda, 5-12 haftalık tekrarlı



ŞEKİL 2: Tekrarlanan sprint yeteneğini geliştirmek için eğitim ile hedeflenmesi gereken faktörlerin bir özeti.<sup>53</sup>

sprint antrenmanının  $VO_{2maks}$  değerinde %5,0-6,1'lik bir artışa neden olduğu bildirilmiştir.<sup>1,69</sup> Bu bulgular, YŞİA içerisinde kullanılan interval şekillerinin hem aerobik hem de anaerobik kapasitenin artırılması için kullanılabilir stratejiler arasında olduğunu bildirmektedir.<sup>63</sup>

Tekrarlı sprint antrenmanları, YŞİA'lardan ayrı olarak değerlendirilse de yapısı gereği yüksek şiddeti içerisinde barındırması ve çalışma:dinlenme oranları birçok spor bilimcinin tekrarlı sprintleri YŞİA'ların bir alt kolu olarak değerlendirmelerine neden olmuştur. Literatürde bu ayrımı yapmayan bazı çalışmalarda elde edilen bulgulara bakıldığında ise tenis özelinde tekrarlı sprint intervallerinin geleneksel YŞİA'lara göre tenise özel aerobik kondisyonun geliştirilmesinde verimli bir antrenman uyarısı olarak kabul edilmiştir.<sup>3</sup> Ayrıca tekrarlı sprintlerin interval tabanlı antrenmanlara kıyasla en iyi sprint süresi ve ortalama sprint süresinde daha fazla gelişme sağladığı rapor edilmiştir.<sup>2</sup>

#### DAR ALAN OYUNLARI

Dar alan oyunları (DAO), antrenörler tarafından futbol başta olmak üzere birçok takım sporcunda kullanılan en yaygın antrenman yöntemlerinden biridir.<sup>70</sup> Geçmişte DAO, oyuncular arasındaki etkileşimi artırmak ve teknik-taktik yetenekleri geliştirmek için kullanılırken, şimdi birçok amatör ve profesyonel ekip tarafından aerobik dayanıklılığı geliştirebilmek için etkili bir araç olarak kullanılmaktadır.<sup>71</sup> DAO, branşın özel ihtiyaçlarını saha boyutu ve oyuncu sayısı manipüle edilerek ve bunun sonucunda da farklı fizyolojik gelişimler elde edilen, müsabakanın içerisinde gerçekleşebilecek aksiyonların küçültülmüş hâlidir. Müsabakadaki gerçekleşebilecek aksiyonlarla aynı teknik akışa sahip olmasa da DAO'lar farklı fizyolojik etkileri branşa özgü kurullarla gerçekleştirebilmesi nedeniyle günümüzün vazgeçilmez antrenman unsurları arasında yer almaktadır.<sup>72,73</sup>

Son yıllarda, futbol özelinde daha fazla incelenmekle birlikte DAO'nun üretilen fizyolojik stres, aerobik kondisyonu geliştirme potansiyeli açısından incelenmiştir.<sup>72</sup> Genel olarak branşa özgü dayanıklılık kapasitesini arttırmak, oyuna özgü kas grupları geliştirmek ve en önemlisi branşın teknik gerekliliklerini yerine getirirken dayanıklılık bileşenlerini geliştirmesi nedeniyle antrenmanın sahaya

transferini maksimum verimde gerçekleştirmek adına yoğun kullanım içerisinde. Impellizzeri ve ark., DAO'nun maksimum kalp atımının %90-95'inde gerçekleştirilen geleneksel intervaller gibi yaygın aktivitelerle aerobik kondisyonu iyileştirmede eşit derecede etkili olduğunu göstermiştir.<sup>47</sup> Impellizzeri'nin elde ettiği bulgulara benzer şekilde, Reilly ve ark. da 6 haftalık aerobik interval antrenmanlarının DAO ile olan karşılaştırmasında benzer aerobik dayanıklılık bulguları elde etmişlerdir.<sup>73</sup> Ancak aerobik dayanıklılığın gelişimi için benzer bulgular elde edilse de asıl fark müsabaka sırasında ortaya çıkmaktadır. Impellizzeri ve ark. yaptığı bir diğer çalışmada, DAO ile aerobik dayanıklılıklarını branşa özgü geliştiren genç futbolcuların maç içi performanslarını arttırdıkları belirtilmiştir.<sup>47,70</sup> Bu bulgular sonucunda, DAO'ya katılan sporcuların sayısında manipülasyon yapılarak aerobik dayanıklılığın gelişimi için de yüksek oranda fayda sağlanabileceği söylenebilmektedir.<sup>74</sup>

#### YÜKSEK ŞİDDETLİ İNTERVAL ANTRENMAN VE ATLETİK PERFORMANS

1900'lerin ortasından beri atletik performans gelişiminin önemli enstrümanlarından biri olan YŞİA, birçok farklı branş ve sporcu üzerinde aerobik ve anaerobik dayanıklılığın artırılmasında kullanılmasının yanı sıra özellikle yaralanmaların azaltılmasında uzun mesafeli yüksek hacim içeren spor dallarında yararlanılmıştır. Genel olarak aerobik ve anaerobik performans üzerindeki etkilerine bakılan YŞİA'ların yaralanma üzerindeki olumlu rolünün de bilinmesi genel anlamda atletik performans üzerindeki katkılara eklenmektedir. Özellikle triatlon, maraton, uzun mesafe yüzme, bisiklet vb. branşlarda branşların doğası gereği yüksek antrenman hacmine sahip olması sporcular üzerinde kümülatif yük birikimi sağlamaktadır. Bu kümülatif yük birikimi sporcuların nöromusküler yorgunluk ve stres seviyesini de yükseltmektedir. Ayrıca koşu için haftalık antrenman hacmi artırıldığında yaralanma riski de artış gösterdiğini belirten önemli kanıtlar da bulunmaktadır.<sup>75</sup> Buradaki bulgular, antrenman hacimlerini, özellikle branş özelinde manipülasyona uğratılması zorunluluğunu getirmiştir. Her ne kadar yüksek hacimli koşu vb. eylem içeren branşlardaki performans kaygıları bu hacimlerin istenilen düzeyde düşürülmesinin önüne geçse de yorgunluk



ve yaralanmanın minimuma indirilmesi için bu konuyla alakalı bazı stratejiler kullanılmalıdır. Bu nedenle, spor bilimciler hem gelişimin devamlılığının sağlanacağı hem de antrenman hacminin düşürüleceği hem de kümülatif yorgunluk birikiminin optimize edilebileceği egzersiz modelleri üzerinde yoğunlaşmışlardır. Bu modeller arasında YŞİA, haf-talık koşu mesafelerinde bir azalmaya ve atletik performansı bozmadan ortalama koşu şiddetinde bir artışa yol açan bir antrenman yöntemi olarak, sporcuların fiziksel performansını iyileştirmek için en etkili egzersiz biçimlerinden biri olarak kabul edilmiştir.<sup>7,9</sup> YŞİA'ların bu konudaki katkılarını sunan García-Pinillos ve ark. yaptığı çalışmalarında, YŞİA kullanılarak antrenman hacminde yaratılan düşüş sadece kassal performansın artışıyla değil (dikey sıçramada %6'lık artış), aynı zamanda triatlon performansında da iyileşmeye neden olmuştur (yüzme süresinde %2.9, bisiklet süresinde %0.47, koşu süresinde %3.93).<sup>75</sup> Diğer taraftan araştırma içerisinde yüksek hacimli antrenman programlarına devam eden triatletlerin kassal parametrelerde veya yarış sürelerinde önemli bir değişiklik yaşamamışlardır. Bu sonuçlardan bağımsız olarak, dayanıklılık performansının önemli fizyolojik belirleyicilerinin bazılarının egzersiz ekonomisi, laktat eşiği ve maksimum oksijen tüketimi olduğu iyi bilinmektedir. Ancak YŞİA'ların yorgunluk optimizasyonu, yarış performansında artış ve kümülatif yük birikimi kaynaklı yaralanma konularında oldukça verimli olmasına rağmen sadece düşük hacimli yüksek şiddetli egzersizlerin varlığı performansın üst düzeye çıkarılması için tek gereklilik değildir. Bu nedenle, dayanıklılık performansının optimum gelişimini elde etmek ve yorgunluğun optimize edilebilmesi için düşük egzersiz şiddetlerinde yüksek egzersiz hacmi ve düşük YŞİA antrenman hacminin bir kombinasyonu gerekli görünmektedir.<sup>7,9</sup>

## SONUÇ

YŞİA'ların kendi içerisinde sonsuz varyasyona uğratılabilmesi, birçok ayrı metodun kullanılabilmesi, kişiye ve bransa özgü hâle getirebilmesi nedeniyle son yıllarda en çok kullanılan dayanıklılık antrenman modellerinden biri hâline gelmesi şaşırtıcı değildir. YŞİA üzerinde yapılan birçok çalışma, aerobik ve anaerobik dayanıklılığın artırılmasında etkili bir strateji olduğunu defalarca kanıtlanmıştır. Geleneksel ae-

robik dayanıklılığı geliştiren antrenman modelleriyle benzer fizyolojik adaptasyonları uyaran YŞİA birçok antrenör tarafından antrenman sistemlerinin içerisine bu nedenlerle yerleştirilmiştir. Aerobik ve anaerobik dayanıklılığın geliştirilmesinin yanında YŞİA'ların sıklıkla antrenman programları içerisine dâhil edilmesinin ana sebeplerinden biri de iyi antrenmanlı sporcularının programlarındaki yüksek antrenman hacminin yerini aldığına performansını iyileştirmek için etkili bir strateji olarak kullanılmasıdır. Özellikle yıllık periyotlamalardaki antrenman hacmini azaltabilmesi nedeniyle kullanımı desteklenmektedir.

Sonuç olarak, YŞİA'lar içerisinde kullanılabilir birçok farklı metot ve değişken bulunmaktadır. Bu metot ve değişkenlerin sporcuya ve bransa özel hâle getirilmesinin atletik performans çıktılarını olumlu yönde etkileyebileceği düşünülmektedir. Aerobik ve anaerobik dayanıklılığın geliştirilmesine ihtiyaç duyulan sporcuların hem YŞİA'lardan gelecek kardiyovasküler gelişim yollarından hem de yüksek hacme sahip antrenman programlarındaki antrenman hacminin düşürülerek yaralanma riskinin azaltılmasında etkili olmasından ötürü uzman kişilerce planlanarak kullanılmasının sportif performansa olumlu yönde katkı sunacağı düşünülmektedir.

### 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:** Kaan Gürbey Aktüre, Doğukan Yılmaz, Mert İskipci; **Tasarım:** Kaan Gürbey Aktüre, Doğukan Yılmaz; **Denetleme/Danışmanlık:** Kaan Gürbey Aktüre; **Veri Toplama ve/veya İşleme:** Kaan Gürbey Aktüre, Mert İskipci; **Analiz ve/veya Yorum:** Kaan Gürbey Aktüre, Doğukan Yılmaz; **Kaynak Tarayması:** Kaan Gürbey Aktüre, Mert İskipci; **Makalenin Yazımı:** Kaan Gürbey Aktüre; **Eleştirel İnceleme:** Kaan Gürbey Aktüre.

## KAYNAKLAR

1. Ferrari Bravo D, Impellizzeri FM, Rampinini E, Castagna C, Bishop D, Wisloff U. Sprint vs. interval training in football. *Int J Sports Med.* 2008;29(8):668-74. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
2. Buchheit M, Mendez-Villanueva A, Quod M, Quesnel T, Ahmaidi S. Improving acceleration and repeated sprint ability in well-trained adolescent handball players: speed versus sprint interval training. *Int J Sports Physiol Perform.* 2010;5(2):152-64. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
3. Fernandez-Fernandez J, Zimek R, Wiewelhove T, Ferrauti A. High-intensity interval training vs. repeated-sprint training in tennis. *J Strength Cond Res.* 2012;26(1):53-62. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
4. Iaia FM, Bangsbo J. Speed endurance training is a powerful stimulus for physiological adaptations and performance improvements of athletes. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20 Suppl 2:11-23. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
5. Gibala MJ, Little JP, Macdonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol.* 2012;590(5):1077-84. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
6. Gillen JB, Gibala MJ. Is high-intensity interval training a time-efficient exercise strategy to improve health and fitness? *Appl Physiol Nutr Metab.* 2014;39(3):409-12. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
7. Laursen PB. Training for intense exercise performance: high-intensity or high-volume training? *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20 Suppl 2:1-10. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
8. Arazi H, Keihaniyan A, EatemadyBoroujeni A, Of-tade A, Takhsa S, Asadi A, et al. Effects of heart rate vs. speed-based high intensity interval training on aerobic and anaerobic capacity of female soccer players. *Sports (Basel).* 2017;5(3):57. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
9. Buchheit M, Laursen PB. High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle. Part II: anaerobic energy, neuromuscular load and practical applications. *Sports Med.* 2013;43(10):927-54. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
10. Little T, Williams AG. Effects of sprint duration and exercise: rest ratio on repeated sprint performance and physiological responses in professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 2007;21(2):646-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
11. Rabbiana A, Buchheita M. Heart rate-based versus speed-based high-intensity interval training in young soccer players. *International Research in Science and Soccer II.* 2015. [[Link](#)]
12. Sheykhlouvand M, Gharaat 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. [[Crossref](#)]
13. Milanović Z, Sporiš G, Weston M. Effectiveness of high-intensity interval training (HIT) 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](#)]
14. Nicolò A, Girardi M. The physiology of interval training: a new target to HIIT. *J Physiol.* 2016;594(24):7169-70. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
15. Viana RB, Naves JPA, Coswig VS, De Lira CAB, Steele J, Fisher JP, et al. Is interval training the magic bullet for fat loss? A systematic review and meta-analysis comparing moderate-intensity continuous training with high-intensity interval training (HIIT). *Br J Sports Med.* 2019;53(10):655-64. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
16. Hood DA. Mechanisms of exercise-induced mitochondrial biogenesis in skeletal muscle. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2009;34(3):465-72. [[PubMed](#)]
17. Lira VA, Benton CR, Yan Z, Bonen A. PGC-1 $\alpha$  regulation by exercise training and its influences on muscle function and insulin sensitivity. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2010;299(2):E145-61. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
18. Little JP, Safdar A, Bishop D, Tarnopolsky MA, Gibala MJ. An acute bout of high-intensity interval training increases the nuclear abundance of PGC-1 $\alpha$  and activates mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2011;300(6):R1303-10. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
19. Gibala MJ, McGeer SL. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain? *Exerc Sport Sci Rev.* 2008;36(2):58-63. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
20. Bartlett JD, Hwa Joo C, Jeong TS, Louhelainen J, Cochran AJ, Gibala MJ, et al. Matched work high-intensity interval and continuous running induce similar increases in PGC-1 $\alpha$  mRNA, AMPK, p38, and p53 phosphorylation in human skeletal muscle. *J Appl Physiol (1985).* 2012;112(7):1135-43. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
21. Egan B, Zierath JR. Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. *Cell Metab.* 2013;17(2):162-84. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
22. Howlett RA, Parolin ML, Dyck DJ, Hultman E, Jones NL, Heigenhauser GJ, et al. Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH at varying exercise power outputs. *Am J Physiol.* 1998;275(2):R418-25. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
23. Rose AJ, Kiens B, Richter EA. Ca<sup>2+</sup>-calmodulin-dependent protein kinase expression and signalling in skeletal muscle during exercise. *J Physiol.* 2006;574(Pt 3):889-903. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
24. Tschakert G, Hofmann P. High-intensity intermittent exercise: methodological and physiological aspects. *Int J Sports Physiol Perform.* 2013;8(6):600-10. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
25. Wojtaszewski JF, Nielsen P, Hansen BF, Richter EA, Kiens B. Isoform-specific and exercise intensity-dependent activation of 5'-AMP-activated protein kinase in human skeletal muscle. *J Physiol.* 2000;528 Pt 1(Pt 1): 221-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
26. Egan B, Carson BP, Garcia-Roves PM, Chibalin AV, Sarsfield FM, Barron N, et al. Exercise intensity-dependent regulation of peroxisome proliferator-activated receptor coactivator-1 mRNA abundance is associated with differential activation of upstream signalling kinases in human skeletal muscle. *J Physiol.* 2010;588(Pt 10):1779-90. d [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
27. Coffey VG, Hawley JA. The molecular bases of training adaptation. *Sports Med.* 2007;37(9):737-63. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
28. Perry CG, Lally J, Holloway GP, Heigenhauser GJ, Bonen A, Spriet LL. Repeated transient mRNA bursts precede increases in transcriptional and mitochondrial proteins during training in human skeletal muscle. *J Physiol.* 2010;588(Pt 23):4795-810. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
29. Jeffreys I, Moody J. *Strength and Conditioning for Sports Performance.* 1st ed. Londra: Routledge; 2016. [[Crossref](#)]
30. Reuter B. *Developing Endurance.* 1st ed. Champaign: Human Kinetics; 2012. [[Link](#)]
31. Gist NH, Fedewa MV, Dishman RK, Cureton KJ. Sprint interval training effects on aerobic capacity: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2014;44(2):269-79. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
32. 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. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
33. González-Alonso J, Calbet JA. Reductions in systemic and skeletal muscle blood flow and oxygen delivery limit maximal aerobic capacity in humans. *Circulation.* 2003;107(6):824-30. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
34. Ramos JS, Dalleck LC, Tjonna AE, Beetham KS, Coombes JS. The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2015;45(5):679-92. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
35. Billat VL, Sirvent P, Py G, Koralsztein JP, Mercier J. The concept of maximal lactate steady state: a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Med.* 2003;33(6):407-26. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]

36. Gamble P. *Comprehensive Strength and Conditioning: Physical Preparation for Sports Performance*. 1st ed. Createspace Independent Publishing Platform; 2015. [Link]
37. Cardinale M, Newton R, Nosaka K. *Strength and Conditioning: Biological Principles and Practical Applications*. 1st ed. New Jersey: John Wiley & Sons; 2011. [Link]
38. Green M, Hornsby J, Pritchett R, Pritchett K. Lactate threshold comparison in anaerobic vs. aerobic athletes and untrained subjects. *International Journal of Exercise Science*. 2014;7(4):329-38. [Link]
39. Hoffman J. *Physiological Aspects of Sport Training and Performance*. 2nd ed. Champaign: Human Kinetics; 2014. [Link]
40. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Essentials of Exercise Physiology*. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006. [Link]
41. Millet GP, Candau RB, Barbier B, Busso T, Rouillon JD, Chatard JC. Modelling the transfers of training effects on performance in elite triathletes. *Int J Sports Med*. 2002;23(1):55-63. [Crossref] [PubMed]
42. Issurin VB. Training transfer: scientific background and insights for practical application. *Sports Med*. 2013;43(8):675-94. [Crossref] [PubMed]
43. Joyner MJ, Coyle EF. Endurance exercise performance: the physiology of champions. *J Physiol*. 2008;586(1):35-44. [Crossref] [PubMed] [PMC]
44. Bosch FCK. *Strength Training and Coordination: an Integrative Approach*. 1st ed. Hollanda: 2010 Publishers; 2015. [Link]
45. Céline CG, Monnier-Benoit P, Gros Lambert A, Tordi N, Perrey S, Rouillon JD. The perceived exertion to regulate a training program in young women. *J Strength Cond Res*. 2011;25(1):220-4. [Crossref] [PubMed]
46. Buchheit M, Rabbani A. The 30-15 Intermittent Fitness Test versus the Yo-Yo Intermittent Recovery Test Level 1: relationship and sensitivity to training. *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9(3):522-4. [Crossref] [PubMed]
47. Impellizzeri FM, Marcora SM, Castagna C, Reilly T, Sassi A, Iaia FM, Rampinini E. Physiological and performance effects of generic versus specific aerobic training in soccer players. *Int J Sports Med*. 2006;27(6):483-92. [Crossref] [PubMed]
48. Akenhead R, Nassis GP. Training load and player monitoring in high-level football: current practice and perceptions. *Int J Sports Physiol Perform*. 2016;11(5):587-93. [Crossref] [PubMed]
49. Pirie G. *Running Fast and Injury Free*. ABD: Random House; 1996. [Link]
50. Astrand I, Astrand PO, Christensen EH, Hedman R. Myohemoglobin as an oxygen-store in man. *Acta Physiol Scand*. 1960;48:454-60. [Crossref] [PubMed]
51. Millet GP, Libicz S, Borrani F, Fattori P, Bignet F, Candau R. Effects of increased intensity of intermittent training in runners with differing VO2 kinetics. *Eur J Appl Physiol*. 2003;90(1-2):50-7. [Crossref] [PubMed]
52. Dellal A, Keller D, Carling C, Chaouachi A, Wong del P, Chamari K. Physiologic effects of directional changes in intermittent exercise in soccer players. *J Strength Cond Res*. 2010;24(12):3219-26. [Crossref] [PubMed]
53. Bishop D, Girard O, Mendez-Villanueva A. Repeated-sprint ability - part II: recommendations for training. *Sports Med*. 2011;41(9):741-56. [Crossref] [PubMed]
54. 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. [Crossref] [PubMed]
55. Valstad SA, von Heimburg E, Welde B, van den Tillaar R. Comparison of Long and Short High-Intensity Interval Exercise Bouts on Running Performance, Physiological and Perceptual Responses. *Sports Med Int Open*. 2017;2(1):E20-E27. [Crossref] [PubMed] [PMC]
56. Billat LV. Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports Med*. 2001;31(1):13-31. [Crossref] [PubMed]
57. 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]
58. Burgomaster KA, Hughes SC, Heigenhauser GJ, Bradwell SN, Gibala MJ. Six sessions of sprint interval training increases muscle oxidative potential and cycle endurance capacity in humans. *J Appl Physiol* (1985). 2005;98(6):1985-90. [Crossref] [PubMed]
59. 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. [Crossref] [PubMed]
60. Edge J, Bishop D, Goodman C. The effects of training intensity on muscle buffer capacity in females. *Eur J Appl Physiol*. 2006;96(1):97-105. [Crossref] [PubMed]
61. Gibala MJ, Little JP, van Essen M, Wilkin GP, Burgomaster KA, Safdar A, et al. Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *J Physiol*. 2006;575(Pt 3):901-11. [Crossref] [PubMed] [PMC]
62. Godin G, Desharnais R, Valois P, Lepage L, Jobin J, Bradet, R. Differences in perceived barriers to exercise between high and low intenders: observations among different populations. *American Journal of Health Promotion*. 1994;8(4):279-85. [Crossref]
63. Duffield R, King M, Skein M. Recovery of voluntary and evoked muscle performance following intermittent-sprint exercise in the heat. *Int J Sports Physiol Perform*. 2009;4(2):254-68. [Crossref] [PubMed]
64. Bishop D, Claudius B. Effects of induced metabolic alkalosis on prolonged intermittent-sprint performance. *Med Sci Sports Exerc*. 2005;37(5):759-67. [Crossref] [PubMed]
65. Bishop D, Edge J, Davis C, Goodman C. Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. *Med Sci Sports Exerc*. 2004;36(5):807-13. [Crossref] [PubMed]
66. Girard O, Mendez-Villanueva A, Bishop D. Repeated-sprint ability - part I: factors contributing to fatigue. *Sports Med*. 2011;41(8):673-94. [Crossref] [PubMed]
67. Mohr M, Krstrup P, Nielsen JJ, Nybo L, Rasmussen MK, Juel C, et al. Effect of two different intense training regimens on skeletal muscle ion transport proteins and fatigue development. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2007;292(4):R1594-602. [Crossref] [PubMed]
68. Ferrauti A, Kinner V, Fernandez-Fernandez J. The Hit & Turn Tennis Test: an acoustically controlled endurance test for tennis players. *J Sports Sci*. 2011;29(5):485-94. [Crossref] [PubMed]
69. Dawson B, Fitzsimons M, Green S, Goodman C, Carey M, Cole K. Changes in performance, muscle metabolites, enzymes and fibre types after short sprint training. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1998;78(2):163-9. [Crossref] [PubMed]
70. Sarmiento H, Clemente FM, Harper LD, Costa ITD, Owen A, Figueiredo AJ. Small sided games in soccer-a systematic review. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2018;18(5):693-749. [Crossref]
71. Halouani J, Chtourou H, Gabbett T, Chaouachi A, Chamari K. Small-sided games in team sports training: a brief review. *J Strength Cond Res*. 2014;28(12):3594-618. [Crossref] [PubMed]
72. Hill-Haas SV, Rowsell GJ, Dawson BT, Coutts AJ. Acute physiological responses and time-motion characteristics of two small-sided training regimes in youth soccer players. *J Strength Cond Res*. 2009;23(1):111-5. [Crossref] [PubMed]
73. Reilly T, Cabri J, Araújo D. Small-sided games as an alternative to interval-training for soccer players. *Science and Football V*. 1st ed. London: Routledge; 2005. p.355-8. [Link]
74. Aşçı A. Heart Rate Responses during Small Sided Games and Official Match-Play in Soccer. *Sports (Basel)*. 2016;4(2):31. [Crossref] [PubMed] [PMC]
75. García-Pinillos F, Cámara-Pérez JC, Soto-Hermoso VM, Latorre-Román PÁ. A High Intensity Interval Training (HIIT)-Based Running Plan Improves Athletic Performance by Improving Muscle Power. *J Strength Cond Res*. 2017;31(1):146-53. [Crossref] [PubMed]