

Optimal Antrenman Yükünün Belirlenmesi İçin Yorgunluk Monitörizasyonu

Fatigue Monitoring for Determining the Optimal Training Load

 Kaan Gürbey AKTÜRE^a,  Mert İSKİPCİ^a,  Doğukan YILMAZ^a

^aİstanbul Sağlık Bilimleri Üniversitesi Yaşam Bilimleri Fakültesi, Egzersiz ve Spor Bilimleri Bölümü, İstanbul, TÜRKİYE

ÖZET Performansın sürdürülebilirliğinin en önemli gerekçelerinden birisi yorgunluğun kontrol altında tutulmasıdır. Bu kontrolün sağlanabilmesi için ise yüklenmelerden elde edilecek verilerin değerlendirme sonrasında objektif hâle getirilmesi gerekmektedir. Verilerin dönüşüm ve takip süreci literatürde antrenman yükü monitörizasyonu olarak tanımlanmaktadır. Monitörizasyonun sağlıklı bir şekilde gerçekleşebilmesi için iç ve dış antrenman yükleri yöntemleri arasında güvenilirliği ve geçerliliği saptanmış yöntemlerin tercih edilmesi optimum antrenman dozunun belirlenmesindeki kritik faktörlerden biridir. Hem fizyolojik hem de psikolojik unsurların yorgunluğu etkilediği düşünüldüğünde, müsabakaya katılım oranlarının düşmemesi ve engellenmemesi için yorgunluğun monitörize edilmesinin bu süreç yönetiminde etkili olduğu bildirilmiştir. Hastalık, yorgunluk ve toparlanma arasındaki ilişkinin tespit edilebilmesi için çeşitli yöntemlere başvurulması ve sonrasında bu yöntemlerin sporunun performans süreçleri hakkında bilgi sağlaması durumu, uygulayıcıların mutlaka üzerinde durması gereken konular arasındadır. Ancak bu yöntemler arasında da birçok sınırlılığın var olması yorgunluğun tespiti için tek bir standart yol bulunmasına engel olmaktadır. Bu nedenle yorgunluğun monitörizasyonu için birden fazla yöntemin kullanılması ve daha da sonrasında bu seçilen ölçüm yöntemlerinin tutarlı ve standart bir ölçüm protokolü hâline getirilerek uygulanması uygulayıcılara önerilmektedir. Bu derlemenin amacı, optimal antrenman yükünün belirlenmesi için önemli faktörlerden biri olan yorgunluğun monitörizasyonu için literatürdeki son veriler ışığında antrenman yükü kavramına farklı bir bakış açısı sunmaktır.

ABSTRACT One of the most important reasons for the sustainability of performance is to keep fatigue under control. In order to achieve this control, the obtained data must be made objective. The process of data tracking is described in the literature as training load monitoring. In order for the monitoring to be performed in a healthy way, the preference of methods with reliability and validity among the internal and external training load methods is one of the critical factors in determining the optimum training dose. Considering that both physiological and psychological factors affect fatigue, it has been reported that the monitoring of fatigue is effective in this process management. Determining the various methods for determining the relationship between illness, fatigue and recovery is among the issues that practitioners should definitely focus on. However, the existence of many limitations among these methods prevents a single standard way of detecting fatigue. Therefore, it is recommended to practitioners to use more than one method for monitoring fatigue and to apply these selected measurement methods into a consistent and standard measurement protocol. The aim of this review is to review the latest literature on the monitoring of fatigue, which is one of the important factors for determining the optimal training load.

Anahtar Kelimeler: Antrenman yükü; monitörizasyon; yorgunluk

Keywords: Training load; monitoring; fatigue

Sportif performans alanında başarının belirleyici faktörlerinin başında sporcuların sağlıklı bir şekilde performanslarını sürdürebilmeleri gelmektedir. Performansın sürdürebilmesinin altında ise antrenman ve müsabakadan alınacak verilerin değerlendirilerek objektif hâle getirilmesi yatmaktadır. Objektif hâle gelen verilerin değerlendirilme süreci bir dizi para-

metrenin hesaplanmasını içermektedir. Kuvvet ve kondisyon alanında bu veri değerlendirme ve objektif hâle dönüştürme süreci “antrenman yükü monitörizasyonu” olarak tanımlanmaktadır.¹ Sporcuların antrenman yüklerinin monitörize edilmesi, antrenman programlarına adaptasyonlarının gerçekleşip gerçekleşmediği, antrenmana verilen bireysel yanıtları an-

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: 12 May 2020

Received in revised form: 27 Aug 2020

Accepted: 28 Sep 2020

Available online: 22 Jan 2021

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

lamak, yorgunluğu ve buna bağlı toparlanma ihtiyacını değerlendirmek, yaralanma ve hastalık riskini en aza indirmek için gereklidir.²

Literatürde birçok araştırma yaralanma ve antrenman yükü arasında yüksek bir ilişki tespit etmiştir.³⁻⁶ Ancak bu tespit edilen araştırmalara rağmen yaralanma ve antrenman yükü arasında direkt bir ilişki sunmak mümkün olamamaktadır.⁷ Literatürde yaralanma riskinin belirleyici unsurlarından olabileceği söylenen yöntemlerin birçok sınırlılığının bulunuyor olması, antrenman yükü ve yaralanma ilişkisinin sorgulanmasını beraberinde getirmiştir. Yaralanma riskini etkileyecek çok sayıda faktör göz önüne alındığında, az sayıda değişkenin yaralanmaları öngörme konusunda yetersiz kalacağı düşünülmektedir.⁸ Bu nedenle yaralanmanın etken faktörlerinden biri olan yorgunluğun monitörizasyonuna dair bulgular yaralanmaya giden yolun biraz daha berraklaştırılabilmesi açısından daha mantıklı görünmektedir.

Spor bilimlerinde antrenman yükü özelinde çalışan birçok spor bilimi insanı, antrenman yükü ile yaralanma arasındaki ilişkinin sağlamlştırılması adına çalışmalar yapmışlardır.^{4,5} Ancak yaralanmanın altında yatan faktörlerin incelenmesi konusunda literatürde araştırma eksikliği bulunmaktadır. Bu eksikliği olan konuların başında ise yaralanmayla ilişkili olduğu düşünülen faktörlerden biri olan yorgunluk gelmektedir. Optimal antrenman dozunun tayininde yorgunluğun önemini vurgulayan az sayıda çalışmaya bakıldığında, bu çalışmalarda ortaya koyulan bulgular, yorgunluğun monitörizasyonunun antrenman içerisinde belirlenecek optimal antrenman yükünün de kritik rol oynadığını belirtmişlerdir.⁹⁻¹¹ Bu bağlamda, yorgunluğun merkezi veya çevresel sinir sisteminde ortaya çıkışı ve yorgunluğu etkileyen birçok faktörün oluşu bu fenomenin tam anlamıyla anlaşılmasını ve antrenman yükü monitörizasyonunda değerlendirilmeye alınmasını gerektirmiştir.

Bu derlemenin amacı, optimal antrenman yükünün belirlenmesi için önemli faktörlerden biri olan yorgunluğun monitörizasyonu için yorgunluğun altında yatan sebepleri, yorgunluğu oluşturacak iç ve dış yükleri ve bireye özgü monitörizasyonun yapılabilmesi için yaralanma, hastalık ve toparlanmanın

monitörizasyonu ile alakalı literatürdeki son veriler ışığında antrenman yükü kavramına farklı bir bakış açısı sunmaktır.

OPTİMUM ANTRENMAN DOZU KAVRAMI

Spesifik olarak fizyolojik adaptasyon ve bu adaptasyonları performans sonuçlarına dönüştürme yeteneği, büyük ölçüde antrenman yükünün monitörizasyonu tarafından belirlenir.¹¹ Antrenman yüküyle birlikte insan organizmasında ortaya çıkacak toparlanma ve adaptasyon süreçlerini anlamak için ise literatürde genel olarak 3 temel teori önerilmiştir: genel adaptasyon sendromu, uyaranyorgunluk-kondisyon-adaptasyon teorisi ve fitness-yorgunluk paradigması.¹²⁻¹⁴ Bu teorilerin tamamının ortak noktası; antrenman uyarımıyla birlikte organizmada bir yorgunluğun oluşması, bu yorgunluğu eğer doğru bir toparlanma süreci izler ise süperkompensasyon etkisiyle performansın devamlılığın sağlanacağı; bununla birlikte stres organizmanın adaptasyona uğrayan yeteneklerinden daha büyükse tükenmenin meydana geleceğidir. Tüm bunların neticesinde bütün teorik modeller, antrenman içerisinde belirlenecek optimal uyarım miktarının önemini vurgulamaktadır.¹²⁻¹⁴ Bu uyarım miktarı ile ilgili optimum doz belirlenmesinin gerçekleşebilmesi için antrenman içerisinde uygulanan uyarımların büyüklüğünün objektif olarak veriye dönüştürülmesi gerekmektedir.

İÇ YÜKLER

ALGILANAN ZORLUK DERESESİ

Algılanan zorluk derecesi (AZD), fiziksel aktivite yorgunluk düzeyini ölçmenin etkili, ucuz ve pratik bir yoludur. Orijinal AZD skalası Gunnar Borg tarafından 40 yıl önce geliştirilmiştir ve öncelikli olarak aerobik egzersizi takip etmek için kullanılmıştır.¹⁵ Orijinal skala, kabaca egzersiz sırasında algılanan eforu kişinin kalp atım sayısını eşleştirmek amacıyla 6-20 arasında numerik olarak hedeflenmiştir. Ancak ilerleyen sürede kalp atım sayısı ile eşleştirilen bu skalanın optimum sonuçlar vermediğinin tespit edilmesiyle, orijinal skalanın yaratıcısı Gunnar Borg başta olmak üzere birçok spor bilimci yeni AZD formları geliştirmiştir.¹⁶⁻¹⁸

Günümüzde antrenman yükünün belirlenmesinde kullanılan en yaygın form, antrenmanın toplam olarak yoğunluğunu ve süresini dikkate alan “antrenmanın algılanan zorluk derecesi (AAZD)”dir. AAZD yöntemi, antrenman yükünü veya müsabaka yükünü hesaplamak için antrenmanın (veya müsabakanın) yoğunluğunu ve süresini dikkate alır.¹⁹ Sporcu tarafından antrenman veya müsabaka sırasında ortalama antrenman yoğunluğunun AZD’sini tanımlamak için “Antrenman nasıldı?” sorusu sorulur ve bu soruya sporcuların 0-10 arasında nominal bir puan vermesi istenir. Bu soru akabinde, sporcunun 0-10 arasında vereceği puan toplam antrenman süresiyle çarpılarak antrenmanın yükü hesaplanır. Ancak AAZD sporcu üzerindeki toplam antrenman yükünü temsil edebilse de fizyolojik veya biyomekanik yükün bir temsili olarak yorumlanmamalıdır.

Literatürde birçok araştırmacı, AAZD’nin antrenman yükünün belirlenmesinde kullanılmasını desteklese de bu yöntem kullanılırken bazı standartlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Dikkat edilmesi gereken unsurların başında, sporcuya antrenman bittikten sonra yoğunluğa verdikleri cevaplar gelmektedir. Sporculara AAZD’yi belirlerken söyleyeceği puanların ne anlama geldikleri konusunda yeterli bilgilendirmelerin yapılmaması, sporcuların antrenmanların zorluk seviyeleri doğru olmayan bir biçimde aktarmalarına neden olabilir.²⁰ Ve bu puanlama sisteminin 10’luk skala üzerinden gerçekleşiyor olması biyomekanik ve fizyolojik yanıtların elde edilmesini zorlaştırabilir.²¹ Araştırmacılar, buradaki sınırlılığın ortadan kaldırılabilmesi için AAZD’nin ölçümü için 10’luk skala yerine 100’lük skalanın kullanılabilmesini bildirmişlerdir.²² Yine aynı şekilde AAZD’den doğan sınırlılıkların daha da ortadan kaldırılabilmesi için diferansiyel AZD’nin (dAZD) kullanımı da düşünülebilir.⁸ AAZD, iç yükün yaygın olarak kullanılan ölçümlerindedir, ancak genel olarak alınan bir AAZD skoru, örneğin bir futbol maçında gözlemlenen oldukça değişken dış yükleri hesaba katmak için birçok sınırlılığa sahip olabilir.²³ Bu bağlamda dAZD, antrenman ve performans arasındaki farklı bileşenleri ele alarak ve nefes seviyesi AZD, bacak kas AZD, üst vücut AZD, teknik ve bilişsel AZD gibi farklı bileşenlerin değerlendirilmesiyle AAZD’nin sınırlılıklarına bir alternatif

olabilir.^{21,23} Bu nedenle dAZD, ayrı fizyolojik ve biyomekanik yüklerin yanı sıra zihinsel yükü de hesaba katması açısından AZD’nin genel sınırlılıklarının ortadan kaldırılması konusunda ele alınması gereken AZD yöntemlerinden biri olarak görülebilir.

AAZD’nin antrenman bitiminden ne kadar süre içerisinde elde edileceği de önemli bir unsurdur. Antrenman içerisinde AAZD’yi değerlendirirken, antrenman bittikten hemen sonra elde edilen değerler ile antrenman bittikten 30 dk sonra elde edilen değerler arasında farkların olduğu gözlemlenmiştir.²⁴ Bu farkların önüne geçmek ve yöntemi standart hâle getirmek adına araştırmacılar, AAZD’nin bir antrenman seansının bitiminden 30 dk sonra değerlendirilmesini önermişlerdir.²⁴

Genel olarak AAZD’nin kullanımı ve geçerliliğiyle ilgili araştırmaların ulaştığı sonuçlar bazı sınırlılıklar bulunsa da bu sınırlılıkların varlığında antrenman yükünün monitörize edilmesi için kullanılabilir bir yöntem olduğu konusunda fikir birliği bulunmaktadır.²⁵⁻³⁰ AAZD’nin geçerliliği için literatürde antrenman yükünün belirlenmesinde kullanılan birçok faktörle yüksek derecede korelasyonlar gözlemlenmiştir [kalp atım sayısı, Vo2maks, laktat eşiği, antrenman etkisi (training impulse “TRIMP”)].²⁵⁻²⁷ Bu sonuçlar doğrultusunda; AAZD türevlerinin, bir antrenman, haftalık antrenman blokları ve 1 yıllık periyotları takip etmek için kullanılabilmesi belirtilmiştir.²⁸

ANTRENMAN ETKİSİ

Banister TRIMP

Uygulayıcılar çoğunlukla antrenmanı tek bir metrikte ölçmenin yollarını aramaktadırlar.¹ Bu yollardan biri olarak Banister 1991 yılında bir TRIMP yöntemi geliştirmiştir.³¹ TRIMP, “Training Impulse” kelimesinin ilk harflerinden oluşan, egzersiz “dozunu” tek bir sayı olarak tanımlamak için (zaman, yoğunluk ve egzersizin yoğunluğunun göreceli ağırlığının entegrasyonu) kullanılan bir yöntemdir. Banister TRIMP, antrenman yükünü ölçmek için bir dizi kalp atım hızı (KAH) ölçüsünü kullanmaktadır. Bu yöntem, antrenmanın tüm bileşenlerini tek bir değere entegre eden bir yaklaşıma dayanmaktadır. Bu matematiksel model, bir antrenman seansını veya programın bir

sporçunun performansı üzerindeki etkilerini tanımlamak ve tahmin etmek için kullanılmaktadır.³²

Banister TRIMP Hesaplaması=Antrenman süresi(Δ kalp atım oranı) $\times e^{(b \times \Delta \text{ kalp atım oranı})}$ e (sabit ağırlık faktörü)=2.718, b=erkek (1,67), kadın (1,92)

Bu denklem, antrenman içerisinde elde edilen verileri tek bir metriğe ölçülmesine olanak tanıması nedeniyle pratik açıdan uygulanabilir görünmektedir. Bununla birlikte bu yöntemin kullanımı, antrenman boyunca KAH monitörlerinin kullanılmasını gerektirmesinden dolayı bazı sınırlılıklar oluşmaktadır. Futbol gibi kalp atım sayısında sürekli olarak dalgalanmaların olduğu spor dallarında Banister TRIMP yöntemi egzersiz sırasında meydana gelen kalp atımındaki dalgalanmaları yansıtmayabilir.¹ Bununla birlikte uzun süreli, benzer tempoya sahip spor branşları (maraton, bisiklet yarışı gibi) Banister TRIMP kullanımı için daha doğru sonuçlar vereceği düşünülmektedir.³³ Banister TRIMP'nin bir başka pratik sınırlaması ise kuvvet antrenmanları gibi aerobik olmayan egzersiz türlerini değerlendirememesidir. Bunun nedeni, kuvvet antrenmanı sırasında KAH'nin orantısız olarak artması ve TRIMP'nin hesaplanması için gereken KAH yanıtlarının ortaya çıkmamasıdır.³² Busso ve ark., bu yöntemi kuvvet antrenmanlarına adapte edecek bir girişimde bulunsalar da bu sınırlılığın çözümü için yapılan alternatif girişimler egzersiz yoğunluğunun ölçülmesi için AZD'nin değerlendirmeye alınmasıyla sonuçlanmıştır.^{34,35}

Edwards Yöntemi

TRIMP'e alternatif bir yaklaşım olan Edwards yönteminde, her antrenman seansı için bir egzersiz skorunun hesaplanmasını içerir. Yöntem, antrenman içerisinde gerçekleştirilen yoğunluk bölgesiyle yön-

tem içerisinde belirlenen katsayıyla çarpılmasını içerir (Tablo 1).

Borresen ve ark., antrenman yükünü ölçmek için Edwards yöntemi ve AAZD yöntemlerini karşılaştırmışlardır.³⁷ Sonuçlar, daha uzun süre egzersiz yapmak için daha fazla zaman harcayan sporcularda KAH'ye dayalı yöntemlerin egzersiz yükünü daha fazla gösterdiği; düşük yoğunluklu antrenmanlarda daha fazla zaman harcayan sporcularda ise AAZD yönteminin antrenman yükünü daha fazla tahmin ettiği yönündeydi. Edwards yöntemiyle ilgili genel sınırlılık, kalp atım yüzdelerine eşlenen katsayılarıdır. Genel olarak bakıldığında, bölge 5'teki egzersiz uyarını 1. bölgedekinden 5 kat daha fazla olacağı varsayılır. Ancak bugüne kadar yapılan hiçbir çalışma bu durumu kanıtlamamıştır. Edwards tarafından kullanılan katsayıların fizyolojik açıdan antrenman içerisindeki yoğunluklarla olan ilişkisi doğrulanmamıştır. Bu nedenle kullanımının değerlendirilmeye alınmasının önünde önemli bir engel bulunmaktadır.

Lucia TRIMP

Lucia'nın TRIMP yöntemi Edwards'ın yöntemiyle büyük ölçüde benzerlik göstermektedir, temel farkı; Lucia TRIMP modelinde ventilasyon eşiklerinin kullanılmasıdır (Tablo 2). Ventilasyon eşiği, VO2maks'a göre artan egzersiz yoğunluğu sırasındaki solunum hızındaki kırılma noktası anlamına gelir.³⁸

Lucia TRIMP yöntemi, her bir bölge için verilen katsayıların, anaerobik eşiğin üzerinde egzersize fizyolojik yanıtları yansıtmayan doğrusal bir şekilde arttığı sürece kalp atış hızı bölgesi üzerinden antrenman yükünü hesaplayan diğer yöntemlerle aynı sınırlılıkları taşır.³³ Anaerobik eşik, eşit aerobik güce

TABLO 1: Edwards TRIMP yük hesaplama örneği.³⁶

Kalp atış hızı bölgesi (maksimum kalp atış hızı %'si)	Katsayı (çarpan)	Bölgede geçirilen süre (dk)	Bölge toplamı (katsayıx bölgede geçirilen süre)
%50-60	1	5	5
%60-70	2	7	14
%70-80	3	23	69
%80-90	4	18	72
%90-100	5	7	35
Antrenman toplamı			195

TABLO 2: Lucia TRIMP hesaplaması.⁴⁰

Ventilasyon bölgesi	Laktat	Katsayı
Bölge 1 (<Ventilasyon eşiğinin altı)	<2,5 mmol/L	x1
Bölge 2 (Ventilasyon eşiği ile solunum kompenzasyon noktası arasında)	<2,5-4 mmol/L	x2
Bölge 3 (Solunum kompenzasyon noktasının üzeri)	>4 mmol/L	x3

sahip bireyler arasında değişebilir ve bu nedenle bireylerin maruz kaldığı metabolik stres aynı KAH'nin yüzdesinde egzersiz yaparken bile farklı olabilir.³³ Bu nedenle, yöntem içerisinde kullanılan bölgeler her ne kadar sporcuların fizyolojik unsurları neticesinde tespit ediliyor olsa da, sınır çizgilerinin çok geniş olması farklı egzersiz yoğunluklarının aynı bölgede sınıflandırılmasına izin veremeyeceği düşünülmektedir.³⁹

Kalp Atım Hızı

Egzersiz sırasında KAH'nin takibi KAH ve metabolik denge durumunda gerçekleşen egzersizler sırasındaki oksijen tüketimi oranı arasındaki doğrusal ilişkiye dayanmaktadır.⁴¹ Kalp atış hızının takibi, antrenörlerin ve sporcuların her bir antrenmanla ilgili toparlanma sürelerinin göreceli yoğunluğunu doğru bir şekilde ölçmelerini sağlamaktadır.¹ Bununla birlikte, yüksek yoğunluklu maksimal aktivitelerde kullanılan kısa süreli aralıklı egzersiz için yoğunlukların belirlenmesinde KAH'nin sınırlılıklarına dikkat edilmelidir.⁴² Bu sınırlılıkların başında uygulayıcıların sürekli olarak sporcuların KAH'lerin ölçümlemek zorunda oldukları gelmektedir, bu da çok sayıda sporcu ile çalışırken pratik değildir.³³ KAH ayrıca kuvvet antrenmanı, interval antrenmanlar ve pliometrik antrenmanları gibi yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında yoğunluğu değerlendirmek için nispeten zayıf bir yöntemdir.⁴² Bu sınırlılıklara rağmen KAH'ye dayalı yöntemler aerobik dayanıklılık faaliyetlerinde antrenman yükünü takip etmek için değerli olabilir. TRIMP, AAZD ve KAH'yi içeren hesaplamalar, sporculardaki antrenman yükünün takibi konusunda ulaşılması kolay ve pratiktir, ancak bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. Burada ortaya çıkacak sınırlılıkların önüne geçebilmek için birden fazla yöntemin kullanılması önerilmektedir.

ZİNDELİK DURUM ANKETLERİ

İç antrenman yükü, sporcuların algıladıkları zindelik düzeylerini çeşitli nominal değerler arasında puanladıkları çeşitli envanterler kullanılarak takip edilebilir.⁴³ Zindelik kavramının tanımlanmasında yer alan parametreler (uyku, dinlenme, toparlanma, verimlilik, sosyal iletişim vb.) sporcu performansı ile doğrudan ilişkilidir. Sporcu sağlık yönetiminde fiziksel stres, psikolojik stres ve dinlenme arasındaki ilişki kritik olmakla beraber yaralanma ve hastalığın önlenmesi, bunun için de sporcuların zindelik hâlinin yönetilmesi gerekir.⁴⁴ Subjektif bir zindelik anketi, müsabaka sırasında optimal bir performansın takibinde önemli bir yer edinir.⁴⁵ Dinlenme ve performans etkileşimlerinin yansıtıcı ve eğitsel sürecini geliştirir ve her sporcu için uygun antrenman dozunun belirlenmesinde antrenörlere yol gösterebilir.⁴³

Literatürde yüksek performanslı sporcular üzerinde kullanılan bir dizi anket tanımlanmıştır. Bunlar; Ruh Hâli Durumlarının Profili, Sporcular için Toparlanma-Stres Anketi, Sporcular için Günlük Yaşam Taleplerinin Analizi ve Toplam Toparlanma Ölçeği.⁴⁵⁻⁴⁹

Zindelik anketleri tasarlanırken veya kullanılırken, bu anketlerin sporcular üzerinde başarılı sonuçlar verebilmesi için çeşitli faktörlere dikkat edilmelidir. Anketler sporcuları sıkacak, zaman kaybettirecek ve sorulan sorulara dikkatsiz bir biçimde yanıt verecek monotonluktan ve sıkıcılıktan uzak olmalıdır. Bu anketlerin güvenilirliği, sporcuların verdikleri cevaplardır. Subjektif bir veri elde edilen bu anketlerde sporcuların anketi dikkate almadan cevaplamaları anket sonucunda elde edilecek verileri büyük yönde etkileyebilir.

Birçok araştırmacı daha önce zindelik anketlerinin, sporcuların yük takipleri için KAH ölçümleri, kan belirteçleri ve egzersiz performansı sırasında yapılan ölçümler de dâhil olmak üzere daha karmaşık objektif ölçümlerden daha geçerli bir yaklaşım olduğunu belirtmişlerdir.^{50,51} Bu bulgularını farklı araştırmalarla doğrulamaktadır.^{52,53} Anketlerden elde edilen zindelik puanlarının azalmasının antrenman yükündeki artışlarla ilişkili olduğu saptanmıştır.^{10,52,53} Kanıtlar, zindelik anketlerinin hem bireysel hem de takım sporlarında antrenman yükünün doğru hesap-

lanabilmesi ve doğru uygulanabilmesi için yük takibi araçlarından biri olarak kullanımını desteklemektedir.

LAKTAT KONSANTRASYONLARI

Kan laktatının kırılma noktasıyla temsil edilen laktat eşiği, dayanıklılık kapasitesindeki değişiklikleri tespit etmek için yararlı bir araç olarak uzun yıllardır kullanılmaktadır.⁵⁴ Yaklaşık olarak 4 mmol/L laktat konsantrasyonu dayanıklılık bileşenleri için optimal fizyolojik adaptasyonları uyarmak için uygun olarak kabul edilmektedir.⁵⁵ Ancak bu optimal laktat rakamının sporcular arasında 2-7,5 mmol/L laktat konsantrasyonu arasında değişebileceği de bilinmektedir.⁵⁶ Laktat seviyesindeki bu kırılma noktası genellikle egzersiz yoğunluğunu belirlenmesinde ve sezon öncesi, sezon sonrası ve devre aralarındaki dayanıklılık kapasitesinin tespiti için kullanılabilir ancak laktat konsantrasyonlarının özellikle düşük maksimal egzersiz sırasında yorgunluk hakkında bilgi verip vermediği hâlâ tartışılmaktadır.^{36,57,58}

Kan laktat konsantrasyonu, egzersiz yoğunluğu ve süresindeki değişikliklerden son derece etkilenmektedir ve objektif antrenman yükünün ortaya konulması için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.⁵⁹ Bununla birlikte, antrenman ve müsabaka sırasında laktat konsantrasyonlarının düzenli olarak izlenmesinin kullanımında birtakım potansiyel sınırlamalar bulunmaktadır. Bunlar; ortam sıcaklığı, hidrasyon, beslenme, glikojen içeriği ve örnekleme prosedürlerine (zaman ve yer) bağlı olarak değişmektedir. Laktat konsantrasyonlarını bir antrenman yükü ölçüsü olarak kullanacak uygulayıcıların bu azami unsurlara dikkat etmesi gerekmektedir.³⁷

DIŞ YÜKLER

GLOBAL KONUMLANDIRMA SİSTEMİ

Global konumlandırma sistemleri [global positioning system (GPS)], teknolojinin sporun içerisine her geçen gün daha fazla girmesiyle gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Taylor ve ark., uygulamacılar üzerinde yaptıkları bir ankette, katılımcıların %43'ünün sporcu takip sistemi olarak GPS kullandıklarını belirttiklerini tespit etmiştir.⁴⁶ Bu navigasyon sistemleri, GPS alıcılarına sürekli sinyaller gönderen bir dizi uy-

duvan oluşur ve alıcıların uydulara olan mesafeyi hesaplamak için kullanılmaktadır.⁶⁰ Sporda kullanılan GPS cihazları, mesafe ve hız hakkında bilgi sağlar ve cihazın içerisinde yerleştirilmiş sensörler vasıtasıyla (ivme ölçerler, jiroskoplar, manyetometreler), sıçrama ve çarpışma gibi aktiviteler hakkında bilgi aktarır.¹ Diğer yük takip teknikleriyle karşılaştırıldığında, GPS cihazları büyük ölçüde zaman tasarrufu yaratır ve takım sporlarında daha fazla pratiklik sağlayarak gerçek zamanlı geri bildirim sağlar.⁶¹

GPS, maç ve antrenman sırasında sporcuların bireysel olarak dış antrenman yüklerini objektif olarak belirleme yeteneğine sahiptir.⁶⁰ Aynı zamanda sporcunun maç esnasında karşılaştığı spesifik yüklerin daha iyi anlaşılmasını da sağlamaktadır.⁶⁰ Ayrıca GPS cihazları, sporcuların performansları, pozisyon bazlı farklılıklar, antrenman ve müsabaka sırasında oyuncu hareketleri hakkında nicel bilgiler sağlayabilir.⁶¹

GPS cihazlarının güvenilirliği ve geçerliliği ile ilgili literatürde birçok inceleme bulunmaktadır.^{60,62,63} Bu incelemelerin genel kanısı, GPS'nin kullanıldığı aktivite hızı arttığında GPS'nin güvenilirliğinin azalabileceği yönündedir.⁶⁴ Güvenilirlik, örnekleme oranı, hız, süre ve faaliyet türü gibi faktörlerden önemli ölçüde etkilenmektedir.⁶⁵ Örnekleme hızı, GPS cihazının sn'de kaç veri topladığını ifade eder.¹ Sprint ve çarpmalar gibi yüksek hızlı hareketler için yüksek örnekleme oranları gereklidir.¹ Örneğin sn'de 10 örnek (veya 10 Hz) hızında olan bir GPS cihazı, daha düşük hızları ölçmek için yeterli olabilir, ancak daha yüksek hızları ölçmek için 100 Hz'lik bir örnekleme hızı gerekebilir.¹ Farklı GPS modellerinin ve üreticilerin güvenilirlikteki bu farklılıkları kısmen açıklayabilmeleri mümkündür, ancak daha yüksek bir örnekleme hızının GPS'nin güvenilirliğini artırıp artırmadığı henüz net değildir.⁶² GPS cihazları, takım sporcuları arasında farklılıklar bildirirken, hedeflenen eyleme ve zamana bağlı olacak şekilde değişken olabilecek bir güvenilirliğe sahiptir.⁶²

KUVVET ANTRENMANLARIN YÜK HACMİ

Kuvvet antrenmanlarının hacmindeki pozitif adaptasyon, sporcu için güçlü bir uyaran olabilir. Hacimle birlikte ortaya çıkması beklenen pozitif adaptasyonun sürekliliği için tüm antrenman parametrelerinde olduğu gibi kuvvet antrenmanlarının da hacmini ni-

celleştirmek ve monitörize edebilmek önemlidir. Ancak mevcut literatürde, kuvvet antrenmanlarının hacmini belirlemek için standart bir yöntem henüz tanımlanamamıştır.⁶⁶ Kuvvet antrenman hacmi için standart bir yöntem tanımlanamasa da birçok yöntem kuvvet antrenmanları içerisindeki hacmin ölçümü için önerilmiştir.¹¹

Kuvvet antrenmanlarında üretilen mekanik iş miktarı, bu unsurlar arasında göze çarpan matematiksel modellerin başında gelmektedir. Gerçekleştirilen mekanik iş miktarı, antrenmanda kullanılan egzersiz sırasında kuvvetin yer değiştirme ile çarpılmasıyla hesaplanabilir [$Iş=kaldırılan\ ağırlık\ (kg) \times dikey\ yer\ değiştirme\ (m) \times tekrar\ sayısı$]. Ancak her tekrar için gerçekleştirilen yer değiştirmenin ölçülmesinin pratiklikten uzak olması, bu hesaplama yerine daha pratik yolların aranmasına neden olmuştur.⁶⁷ Antrenman içerisindeki hacmi daha pratik ve daha kolay yoldan ölçmek için literatürde tanımlanan hesaplamalarından biri, egzersizde tamamlanan toplam tekrarların hesaplanmasıdır. Ancak bu yöntem, çok basit olmasına rağmen hesaplama kaldırılan yükün dâhil edilmemesi nedeniyle sporcuların egzersiz içerisinde karşılaştıkları fizyolojik stresi tam olarak tanımlayamamaktadır.⁶⁸ Kuvvet antrenman hacmi hesaplaması için literatür genel önerisi, daha önce önerilen ancak bazı sınırlılıkları olduğu belirlenen formüllerin eksikliklerini kapatan ve günümüzdeki yaygın olarak kullanılan hacim yükü formülüdür [$set\ sayısı \times tekrar\ sayısı \times kaldırılan\ ağırlık\ (kg)$]. Kuvvet antrenmanlarında toplam tonaj (kaldırılan kilogram cinsinden ağırlık) veya hacim yükü kuvvet antrenmanı hacmini belirlemek için en pratik yol olarak belirtile de tahminin doğruluğunu en üst düzeye çıkarmak için denklemde yer değiştirmenin unsurunun da dâhil edilmesi gerektiği vurgusu yapılmıştır.^{67,68} Yer değiştirme unsuruyla birlikte özellikle sıçrama egzersizlerinde, pik gücün meydana geldiği sıçrama anından hemen önce (take-off) alt bacakların statik duruşu nedeniyle squat jump vb. egzersizlerde maksimum dinamik kuvvet formülü kullanılmaktadır [$tekrar\ sayısı \times vücut\ ağırlığı\ (kg) - shank\ kütlesi\ (vücut\ ağırlığının\ \%12'si) + dış\ yük\ (eğer\ ağırlıkla\ sıçrama\ yapılacaksa\ formüle\ dış\ yük)$]. Bu formül, uygulayıcılara haricî bir yük olmadığında kuvvet antrenmanı sırasında hacmi ölçmenin bir yolunu sunar.^{69,70}

Hacim yükü, geleneksel kuvvet egzersizleri için pratik veri elde edilmesi konusunda işe yarar gözükmemektedir. Ancak güç egzersizlerinin monitörize edilmesinde bir dizi eklemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle kuvvet antrenmanları için hacim yükü veya toplam tonajın monitörize edilmesi önemli olmakla birlikte bu monitörizasyon sistemlerine güç egzersizlerini de dâhil edebilecek ve objektif olarak ölçümünü sağlayacak yollara ihtiyaç duyulmaktadır.

HIZA DAYALI ANTRENMAN

Kuvvet antrenmanlarının sportif performans alanında önemi göz önüne alındığında spor bilimi alanında çalışan kişiler son dönemde yoğun bir şekilde doz-tepki kavramlarına odaklanmışlardır.⁷¹ Bu odaklanmanın temelinde, kuvvet antrenmanlarında yoğunluğun belirlenmesi için 1 tekrar maksimum (1TM) ağırlığın tespiti yatmaktadır. Bu yöntem uzun yıllardır antrenman yoğunluklarını belirlemek için altın standart olarak kabul edilmiştir.¹³ Ancak günümüzde geleneksel yöntemin antrenman yoğunluklarının nesnel olarak tespiti için yeterli olmadığı görülmektedir.⁷² Kuvvet antrenmanlarında hesaplanan hacim yüklerinin özellikle güç egzersizlerinde hatalı sonuçlar doğuruyor olması geleneksel yöntemler yerine bu limitasyonları aşan modellerin gerekliliklerini zaruri hâle getirmiştir. 1TM ölçümlerinin, pratik olmaması, egzersize yeni başlayan bireylerde yoğunluğun hızla değişmesi, tecrübesiz antrenörler tarafından uygulandığında yaralanma insidansını artırması ve duygudurumu, ortam, günlük stres gibi birçok mental parametreden etkilenmesi nedeniyle yeni metotlar değerlendirilmeye alınmıştır.⁷³ Bazı araştırmacılar, hareket hızının takip edilmesinin kuvvet antrenmanlarının yoğunluğunun daha kesin ve objektif olarak ölçülmesine olanak sağlayabileceğini öne sürmüşlerdir.⁷² Geçmişte, hareketin hızının ölçülmesi sadece laboratuvar ortamlarında gerçekleştirilirken, günümüzde hareket hızını ölçebilecek ekipmanların sahaya uyarlanabilir hâle gelmesi hıza dayalı antrenman kavramını günden güne geliştirmiştir. Doğrusal konum transdüserleri ve giyilebilir akselerometreler kullanılarak ölçülen halter veya uzuv hızları hesaplanabilmekte ve sporcuların yük-hız profilleri egzersiz özelinde belirlenebilmektedir (Şekil 1). Geleneksel kuvvet egzersizlerinin hareket hızlarının 1TM ile arasındaki

güçlü doğrusal bir ilişkinin tespiti ve egzersizler sırasında üretilen ortalama konsantrik hız (genellikle hareket hızı eşiği olarak bilinir) ile 1TM hızları arasında mutlak kuvvet arttığında dahi nispeten tutarlı sonuçların elde edilmesi, hareket hızına bağlı olarak kuvvet antrenmanı yüklerinin hassasiyetle belirlenebileceğini göstermiştir.⁷⁴⁻⁷⁶

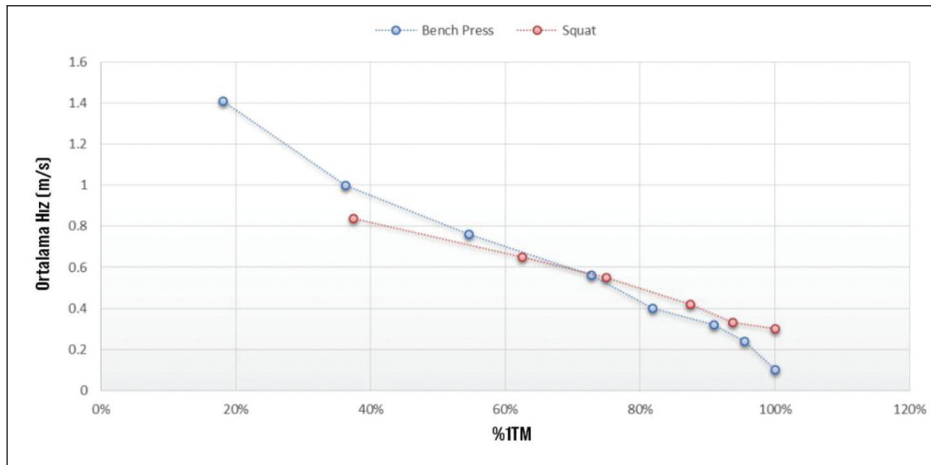
Hareket hızının nöromusküler yorgunluğunda belirlenmesinin objektif bir göstergesi olabileceği bulgusu, hıza dayalı kuvvet antrenmanlarının sadece hedeflenen antrenman hacmi ve yoğunluğunun ayarlanabilmesine değil, antrenman içerisinde anlık otoregülasyona ve her sporcunun kullandığı yüke göre egzersizlerin bireyselleştirilmesine olanak tanımıştır.^{77,78} Bu nedenle, kuvvet antrenmanlarının yoğunluğunu optimize etmek ve nöromusküler yorgunluğun etkisini kontrol etmek için egzersiz hızları bireyin yük-hız profiline göre ayarlanabilir ve bu yük-hız profiline göre hedeflenen bileşen (maksimal kuvvet, güç, hipertrofi) bireyin mental ve fiziki düşüşlerinden etkilenmeden o güne özel bir şekilde belirlenecek hızlarda gerçekleştirilebilir.

BİREYE ÖZGÜ MONİTÖRİZASYONUN ÖNEMİ

YARALANMA RİSKİNİN MONİTÖRİZASYONU

Sportif performansta antrenman yükü ve yaralanmalar arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaların sayısı son yıllarda büyük bir artış içerisinde ve şu anda sayıları 100'ü aşmış durumdadır.⁷⁹ Yapılan araştırma-

lar, monitörizasyon, yaralanma riski ve antrenman yükü ile ilişkisi hakkında bilgi ortaya çıkarma potansiyeline sahiptir. Bu araştırmalar içerisinde, sporcuların monitörize edilmesi, sonrasında antrenman içerisindeki verilerin toplanması ve sonucunda da yaralanmayla olan ilişkinin ortaya koyulması adına elde edilen verileri objektif veriye dönüştürmek için çeşitli modeller yaratılmıştır. Bu modellerin başında uluslararası spor camiasında yaygın olarak altın referans olarak kabul edilen “akut: kronik iş yükü oranı” son yıllarda antrenman yüküyle yaralanma arasındaki ilişkinin tespiti için yaygın bir biçimde kullanılmaktadır.^{80,81} Akut: kronik iş yükü oranı bir yorgunluk bileşeninin bir fitness bileşenine bölünmesiyle elde edilmektedir.⁴ Yorgunluk bileşeni, genellikle yaralanmadan önceki haftanın iş yükü kullanılarak hesaplanan akut iş yükü ile temsil edilirken; fitness bileşeni, yaralanmadan önceki 4 haftanın ortalama iş yükü olan kronik iş yükü ile temsil edilir.⁴ Ancak bu zaman aralıkları spor ve antrenman programına göre değişebilmektedir. Bu oran kullanılarak ölçülen kronik yük ile karşılaştırıldığında akut yükün sportif performanstaki yaralanma riskini yansıttığı düşünülmektedir.⁸¹ Akut ve kronik antrenman yükünün yaralanma riskini yansıttığı iddiaları, pek çok farklı spor dalını içeren araştırmayı da kapsayarak yayımlanmıştır.⁸²⁻⁸⁴ Ancak her ne kadar birçok araştırma ve kılavuzda bu modelleme kullanılsa da son dönemde bu oranın geçerliliğini inceleyen araştırmalar akut: kronik yük hesaplamasında kullanılan oranların payda tarafından normalleştirilmemesi ve artefakt riski ne-



ŞEKİL 1: Bench press ve back squat için ortalama hız değerleri ve 1 tekrar maksimum yüzdesi ilişkisi.⁷³

deniyle akut: kronik iş yükü oranı kullanımı konusunda antrenörleri uyarılmışlardır.⁸⁵ Ve bazı araştırmacılar, akut: kronik iş yükü oranını modelleyen çalışmalar yaparak modelin yaralanma riskinin hiçbir şekilde öngörücüsü olmadığını ve akut: kronik iş yükü oranlarının kullanımını geçersiz kılacak metodolojik kusurlar içerdiğini belirtmişlerdir.^{86,87} Bu sonuçlar, son dönemde yoğun bir şekilde kullanılan modelin sınırlılıklarının olabileceği ve bu nedenle yaralanmanın direkt olarak antrenman yükündeki unsurlar ortaya koyularak öngörülebileceği teorisinin tekrardan düşünülmesi gerektiği sonucunu ortaya koymuştur.

HASTALIK RİSKİNİN MONİTÖRİZASYONU

Sporcularda yaralanma kadar hastalık risklerinin de gözlemlenebilir olması, performansın devamlılığı için önemli olabilir. Sportif müsabakaların en üst organizasyonu olan Olimpiyat Oyunlarındaki hastalık oranları Londra 2012 ve Sochi 2014’te 100 sporcu başına 9,6-14 arasında raporlanmıştır.^{88,89} 2016 Rio Olimpiyat Oyunları sırasında ise sporcuların %8’i hastalık geçirdiğini bildirilmiştir.⁹⁰ Hastalıkların, sporcuların müsabakaya katılım şartlarını zorlaştırması veya engellemesi, takım ya da bireysel performansın devamlılığı için hastalık riskinin de monitörize edilmesi fikrini daha da pekiştirmiştir.

Özellikle sporcular ağır egzersiz dönemlerinde üst solunum yolu enfeksiyonu gibi hastalıklar geçirmeye meyilli durumda oldukları bilinmektedir.²⁴ Özellikle bu alana indirgenmiş araştırma sayısı azınlıkta olsa da, dayanıklılık temelli sporlardaki hastalık riskini araştıran çalışmalar, uzun süreli yorucu egzersizlerden sonra üst solunum hastalıklarına karşı artan bir duyarlılık keşfettiler.⁹¹ Egzersiz ve hastalık arasındaki bağın netleşmesiyle bağışıklık sisteminde etkin rol alan bazı antikorların monitörize edilmesinin hastalık durumunun takibi için önemli olabileceği düşünülmüştür. Bu düşünce sonrasında bağışıklık fonksiyonunda önemli bir rol oynayan bir antikor olan immünglobulin A’nın, fiziksel olarak aktif olan bireylerde üst solunum enfeksiyonu riskinin monitörize edilmesi için monitörize edilebileceği bildirilmiştir.⁹² İmmünglobulin A’nın özellikle yoğun egzersiz dönemlerinde sporcuların hastalık riski içerip içerme-

diklerinin takibi konusunda antrenörlere bir yol gösterebileceği düşünülmektedir.

STRES VE TOPARLANMANIN MONİTÖRİZASYONU

TOPARLANMANIN İNDİREKT YOLLARLA ÖLÇÜMLENMESİ

Antrenman uyarısıyla birlikte ortaya çıkan ve yönetiminin performansı direkt olarak ilgilendirdiği bir diğer unsur ise stres ve toparlanmadır.⁶⁵ Özellikle elit düzeydeki sporcuların yüksek stres ve kaygı seviyeleriyle mücadele ediyor olmaları, bu sporcuların antrenman ve müsabakadan doğacak uyarıların yanında toparlanma seviyelerini olumsuz yönde etkileyecek bir dizi unsurla daha mücadele edeceklerini gösterir. Yine bireysellik ilkesinin hâkimi olduğu konulardan biri olan toparlanma, takım veya bireysel sporcular içerisinde de ayrıma uğrayabilmektedir. Toparlanma stratejilerine daha iyi yanıt veren sporcular olduğu gibi daha geç yanıt veren sporcuların da var olması, bu konu üzerinde de sporcuların bireysel olarak monitörize edilmesi gerekliliğini doğurmuştur.

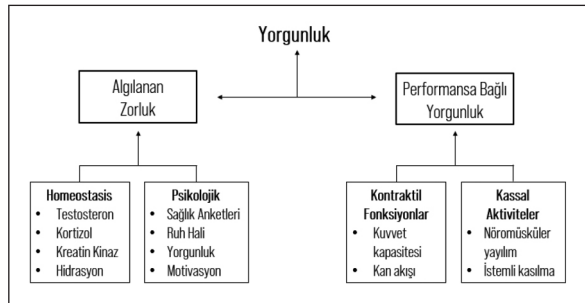
Son yıllarda elit seviyede sporcuların toparlanmalarının monitörize edilmesi için birçok farklı strateji kullanılmaktadır. Avustralya Spor Enstitüsü ve Amerika Birleşik Devletleri Olimpiyat Komitesi, Pekin’deki Olimpiyat Oyunları’nda antrenman ve müsabaka sırasında ve sonrasında toparlanmaları için taşınabilir toparlanma tesisleri kurmuştur. Toparlanmanın performans üzerindeki yadsınılmaz etkisi bu büyük organizasyonlarda sporcuların bu ihtiyaçlarını gidermek için çeşitli girişimlerde bulunulmasını sağlamıştır. Bu önem göz önüne alındığında, fizyolojik ve psikolojik toparlanma stratejilerinin kullanılması ve monitörize edilmesi bir antrenman planının ayrılmaz bir parçasıdır.⁹³

Toparlanmanın monitörizasyonu, sporcunun ruh hâlini, toparlanma gereksinimlerini ve mevcut yaşam koşullarını içine almalıdır. İç antrenman yükü bölümünde değinildiği gibi “Sağlık ve Ruh Hâli Anketleri” kullanılarak sporcuların toparlanma gereksinimleri takip edilebilir. Literatürde kolay ve ulaşılabilir olması nedeniyle psikometrik testlerin kullanımı ön plana çıkarmaktadır. Duygudurum tespiti için kullanılan; gerginlik, depresyon, öfke, yor-

gunluk gibi durumlar hakkında soruları içeren 65 maddelik bir anket olan Duygudurum Profili ve türevlerindeki anketler, sporcular özelinde sürantrenman veya yetersiz toparlanmanın bir değerlendirilmesi olarak kullanılmaktadır.⁹⁴ Bu ankete ek olarak, 2000'li yılların başında Kenttä ve Hassmén tarafından tanıtılan, antrenman ve toparlanma arasındaki ilişkiyi vurgulamaya çalışan "toplam kaliteli toparlanma" modeli de toparlanmanın tespit edilmesinde kullanılmaktadır.^{49,95} AZD'ye benzer şekilde yapılandırılmış olan bu yeni yaklaşım, pratik ve kolay ulaşılabilir olması nedeniyle ilgi görmektedir.

TOPARLANMANIN DİREKT YOLLARLA ÖLÇÜMLENMESİ

Birçok araştırmacı, sporcular arasında toparlanmanın bir ölçütü amacıyla kullanılabilecek biyokimyasal, hematolojik veya immünolojik bir belirleyici kullanmıştır (Şekil 2). Genellikle plazma kortizol/testosteron oranlarının sürantrenman durumunun iyi bir göstergesi olduğu düşünülmektedir.⁹⁷⁻⁹⁹ Sürantrenmanın önlenmesi adına kortizol ve testosteron konsantrasyonları, antrenman yüklerindeki değişikliklere yanıt olarak düzenli, invaziv olmayan şekilde izlenmesine olanak sağlayan tükürük ile ölçülebilir.^{98,99} Her ne kadar yorgunluk ve sonrasında toparlanmanın ölçümünde kullanılan kortizol, testosteron, katekolamin gibi hormonların kan ve tükürük ölçümlerinde bazı sınırlılıklarının olduğu belirlense de sporcuların yorgunluk ve toparlanmaları hakkında bazı bilgiler sağlayabildikleri düşünülmektedir.⁹⁷ Bu hormonların monitörizasyonu özellikle adrenal eksenin işleyişine ilişkin fikir verebilir.¹



ŞEKİL 2: Algılanan zorluk ve performanstan doğan yorgunluğunun düzenleyici faktörleri.⁹⁶

Literatürde, nöroendokrin yanıtlarının monitörize edildiği bazı araştırmalar önemli bulgular sunmuştur. Meeusen ve ark., 4 saat aralıklarla birbirini izleyen maksimum egzersiz testlerine olan nöroendokrin cevabı değerlendirdikleri bir protokolda, egzersizle birlikte adrenokortikotropik hormon, prolaktin ve büyüme hormonu artışını tespit ettiler.¹⁰⁰ Araştırmacılar, protokolün ilk yüklenmesinde performans düşüşü yaşayan sporcuların hormonal salınımlarında artış gözlemlendiği, 2. yüklenmede ise bunu tam bir baskılamanın izlediği belirtilmiştir. Elde edilen bu bulgular, hipofizin aşırı duyarlılığını ve ardından duyarsızlığı veya bitkinliği hakkında bilgiler sunabilir.

Dinlenme koşulları altında kanda ölçülen artan kreatin kinaz veya üre, artan kas veya metabolik bitkinlik hakkında bilgi sağlayabilir, ancak sürantrenmanın varlığını tespit etmek için yeterli olamamaktadır.¹⁰¹ Sürantrenmanın göstergesi olarak, plazma glutamin konsantrasyonunun (ve son zamanlarda glutamat oranının) bazı veriler sağlayabildiği düşünülmektedir.¹⁰² Ragbi oyuncularını üzerinde yapılan bir araştırmada, yorgunluğun yönetilememesi sonucunda ortaya çıkan sürantrenman için tek bir güvenilir biyokimyasal belirteç olmamasına rağmen, glutamin/glutamat oranının faydalı belirteçlerden biri olduğu bulunmuştur.¹⁰³

Yorgunlukla birlikte ele alınması gereken toparlanma ve stresin değerlendirilmesi için birçok yöntem kullanılabilmektedir. Özellikle hızlı ulaşılabilirliği ve madden pahalı olmaması nedeniyle indirekt yollar yorgunluğun monitörizasyonu için antrenörlere bir fırsat penceresi yaratabilir. Laboratuvar koşullarına sahip takım ve kurumlar ise daha direkt yöntemler olan biyokimyasal, hematolojik veya immünolojik unsurlarla yorgunluğun değerlendirmesini sağlayarak daha objektif veriler elde edebilirler.

SONUÇ

Antrenman uyarımının kaçınılmaz bir sonucu olarak, antrenörler sporcularda meydana gelecek çeşitli yorgunluklarla mücadele edeceklerdir. Bu derlemedeki amacımız, optimum antrenman yükünün belirlenmesi için sporcuların doğru ve tutarlı bir şekilde monitörize edilmesinin önemini performans devam-

ılığının en önemli faktörlerinden biri olan yorgunluk üzerinden vurgulamaktı. Görüldüğü gibi yorgunluğun monitörize edilmesi için birçok farklı yol geçmiş yıllarda derinlemesine incelenmiştir. Literatürde, yorgunluk monitörizasyonu için birçok farklı yol belirtilse de doğru ve güvenilir ölçüm için tek bir yol bulunmamaktadır. Direkt olarak yapılan ölçümlerde dahi zaman zaman sınırlılıklara rastlanması yorgunluğun değerlendirilmesi birden farklı protokolün ele alınmasını gerektirmektedir. Bu nedenle optimum çözüme ulaşılması için birçok farklı ölçüm yönteminin kullanılması ve daha da önemlisi bu seçilen ölçüm yöntemlerinin tutarlı ve standart bir ölçüm protokolü hâline getirilerek uygulanması uygulayıcılara önerilmektedir.

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

KAYNAKLAR

- McGuigan M. Monitoring Training and Performance in Athletes. 1st ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2017.[Crossref]
- Bourdon PC, Cardinale M, Murray A, Gastin P, Kellmann M, Varley MC, et al. Monitoring athlete training loads: consensus statement. Int J Sports Physiol Perform. 2017;12(Suppl 2):S2161-S2170.[Crossref] [PubMed]
- Foster C, Rodriguez-Marroyo JA, de Koning JJ. Monitoring training loads: the past, the present, and the future. Int J Sports Physiol Perform. 2017;12(Suppl 2):S22-S28.[Crossref] [PubMed]
- Gabbett TJ. The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? Br J Sports Med. 2016;50(5):273-80.[Crossref] [PubMed] [PMC]
- Gabbett TJ. Debunking the myths about training load, injury and performance: empirical evidence, hot topics and recommendations for practitioners. Br J Sports Med. 2020;54(1):58-66.[Crossref] [PubMed]
- Robertson S, Bartlett JD, Gastin PB. Red, amber, or green? athlete monitoring in team sport: the need for decision-support systems. Int J Sports Physiol Perform. 2017;12(Suppl 2):S273-S279.[Crossref] [PubMed]
- Stares J, Dawson B, Peeling P, Heasman J, Rogalski B, Drew M, et al. Identifying high risk loading conditions for in-season injury in elite Australian football players. J Sci Med Sport. 2018;21(1):46-51.[Crossref] [PubMed]
- Coyne JOC, Gregory Haff G, Coutts AJ, Newton RU, Nimphius S. The current state of subjective training load monitoring-a practical perspective and call to action. Sports Med Open. 2018;4(1):58. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Djaoui L, Haddad M, Chamari K, Dellal A. Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. Physiol Behav. 2017;181:86-94. Erratum in: Physiol Behav. 2018.[Crossref] [PubMed]
- Elloumi M, Makni E, Moalla W, Bouaziz T, Tabka Z, Lac G, et al. Monitoring training load and fatigue in rugby sevens players. Asian J Sports Med. 2012;3(3):175-84.[Crossref] [PubMed] [PMC]
- Fleck SJ, Kraemer WJ. Designing Resistance Training Programs. 4th ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2014.
- Selye H. The Stress of Life. 2nd ed. New York, USA: McGraw-Hill; 1956.
- Stone MH, Stone M, Sands WA. Principles and Practice of Resistance Training. 1st ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2007.[Crossref]
- Zatsiorsky VM, Kraemer WJ. Basic concepts of training theory. Science and Practice of Strength Training. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 1995. p.3-19.
- Borg G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. Scand J Rehabil Med. 1970;2(2):92-8.[PubMed]
- Borg G. Borg's Perceived Exertion and Pain Rating Scales. 4th ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 1998.
- Borg G, Ljunggren G, Ceci R. The increase of perceived exertion, aches and pain in the legs, heart rate and blood lactate during exercise on a bicycle ergometer. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1985;54(4):343-9.[Crossref] [PubMed]
- Foster C, Hector LL, Welsh R, Schrager M, Green MA, Snyder AC. Effects of specific versus cross-training on running performance. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1995;70(4):367-72.[Crossref] [PubMed]
- Impellizzeri FM, Rampinini E, Coutts AJ, Sassi A, Marcora SM. Use of RPE-based training load in soccer. Med Sci Sports Exerc. 2004;36(6):1042-7.[Crossref] [PubMed]
- Comyns T, Flanagan E. Applications of the session rating of perceived exertion system in professional rugby union. Strength and Conditioning Journal. 2013;35(6):78-85. [Crossref]

21. McLaren SJ, Smith A, Spears IR, Weston M. A detailed quantification of differential ratings of perceived exertion during team-sport training. *J Sci Med Sport*. 2017;20(3):290-5. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
22. Fanchini M, Ferraresi I, Modena R, Schena F, Coutts AJ, Impellizzeri FM. Use of CR100 scale for session rating of perceived exertion in soccer and its interchangeability with the CR10. *Int J Sports Physiol Perform*. 2016; 11(3):388-92. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
23. Weston M, Siegler J, Bahnert A, McBrien J, Lovell R. The application of differential ratings of perceived exertion to Australian Football League matches. *J Sci Med Sport*. 2015; 18(6):704-8. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
24. Tibana RA, de Sousa NMF, Cunha GV, Prestes J, Fett C, Gabbett TJ, et al. Validity of session rating perceived exertion method for quantifying internal training load during high-intensity functional training. *Sports (Basel)*. 2018;6(3):68. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
25. Alexiou H, Coutts AJ. A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2008;3(3):320-30. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
26. DellaValle DM, Haas JD. Quantification of training load and intensity in female collegiate rowers: validation of a daily assessment tool. *J Strength Cond Res*. 2013;27(2):540-8. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
27. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, et al. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res*. 2001;15(1):109-15. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
28. Haddad M, Stylianides G, Djaoui L, Dellal A, Chamari K. Session-RPE method for training load monitoring: validity, ecological usefulness, and influencing factors. *Front Neurosci*. 2017;11:612. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
29. Lockie RG, Murphy AJ, Scott BR, Janse de Jonge XA. Quantifying session ratings of perceived exertion for field-based speed training methods in team sport athletes. *J Strength Cond Res*. 2012;26(10):2721-8. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
30. Minganti C, Capranica L, Meeusen R, Amici S, Piacentini MF. The validity of sessionrating of perceived exertion method for quantifying training load in teamgym. *J Strength Cond Res*. 2010;24(11):3063-8. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
31. Banister EW. Modeling elite athletic performance. *Physiological Testing of Elite Athletes 1991*. [\[Link\]](#)
32. Borresen J, Lambert MI. The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Med*. 2009;39(9): 779-95. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
33. Stagno KM, Thatcher R, van Someren KA. A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *J Sports Sci*. 2007;25(6):629-34. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
34. Busso T, Häkkinen K, Pakarinen A, Carasso C, Lacour JR, Komi PV, et al. A systems model of training responses and its relationship to hormonal responses in elite weight-lifters. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1990;61(1-2):48-54. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
35. D Egan A, B Winchester J, Foster C, R McGuigan M. Using session RPE to monitor different methods of resistance exercise. *J Sports Sci Med*. 2006;5(2):289-95. [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
36. Edwards AM, Clark N, Macfadyen AM. Lactate and ventilatory thresholds reflect the training status of professional soccer players where maximum aerobic power is unchanged. *J Sports Sci Med*. 2003;2(1):23-9. [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
37. Borresen J, Lambert MI. Quantifying training load: a comparison of subjective and objective methods. *Int J Sports Physiol Perform*. 2008;3(1):16-30. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
38. Kraemer WJ, Fleck SJ, Deschenes MR. *Exercise Physiology: Integrating Theory and Application*. 1st ed. ABD/ Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2011.
39. Anta RC, Esteve Lanao J. Training load quantification in triathlon. *Journal of Human Sport and Exercise*. 2011;6(2):218-32. [\[Crossref\]](#)
40. Lucia A, Hoyos J, Santalla A, Earnest C, Chicharro JL. Tour de France versus Vuelta a España: which is harder? *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35(5):872-8. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
41. Hopkins WG. Quantification of training in competitive sports. *Methods and applications*. *Sports Med*. 1991;12(3):161-83. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
42. Joyce D, Lewindon D. *High-Performance Training for Sports*. Lewindon D, ed. Retraining the Injured Athlete. 1st ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2014. p.85-96.
43. Wing C. Monitoring athlete load: Data collection methods and practical recommendations. *Strength and Conditioning Journal*. 2018; 40(4):26-39. [\[Crossref\]](#)
44. Brink MS, Visscher C, Arends S, Zwerver J, Post WJ, Lemmink KA. Monitoring stress and recovery: new insights for the prevention of injuries and illnesses in elite youth soccer players. *Br J Sports Med*. 2010;44(11):809-15. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
45. Kallus KW, Kellmann M. The recovery-stress-questionnaire for athletes. *The Recovery-Stress Questionnaires: User Manual*. 1st ed. Frankfurt: Swets and Zeitlinger; 2000. p.92-6.
46. Taylor KL, Chapman DW, Cronin JB, Newton MJ, Gill N. Fatigue monitoring in high performance sport: a survey of current trends. *J Aust Strength Cond*. 2012;20(1):12-23. [\[Crossref\]](#)
47. Morgan WP, Brown DR, Raglin JS, O'Connor PJ, Ellickson KA. Psychological monitoring of overtraining and staleness. *Br J Sports Med*. 1987;21(3):107-14. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
48. Rushall BS. A tool for measuring stress tolerance in elite athletes. *Journal of Applied Sport Psychology*. 1990;2(1):51-66. [\[Crossref\]](#)
49. Kenttä G, Hassmén P. Overtraining and recovery. a conceptual model. *Sports Med*. 1998;26(1):1-16. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
50. Saw AE, Main LC, Gastin PB. Monitoring the athlete training response: subjective self-reported measures trump commonly used objective measures: a systematic review. *Br J Sports Med*. 2016;50(5):281-91. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
51. Thorpe RT, Strudwick AJ, Buchheit M, Atkinson G, Drust B, Gregson W. Tracking morning fatigue status across in-season training weeks in elite soccer players. *Int J Sports Physiol Perform*. 2016;11(7):947-52. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
52. Bouaziz T, Makni E, Passelergue P, Tabka Z, Lac G, Moalla W, et al. Multifactorial monitoring of training load in elite rugby sevens players: cortisol/cortisone ratio as a valid tool of training load monitoring. *Biol Sport*. 2016; 33(3):231-9. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
53. Buchheit M, Racinais S, Bilsborough JC, Bourdon PC, Voss SC, Hocking J, et al. Monitoring fitness, fatigue and running performance during a pre-season training camp in elite football players. *J Sci Med Sport*. 2013;16(6):550-5. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
54. Bentley DJ, Newell J, Bishop D. Incremental exercise test design and analysis: implications for performance diagnostics in endurance athletes. *Sports Med*. 2007;37(7):575-86. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
55. Weltman A, Seip RL, Sheard D, Weltman JY, Haskvitz EM, Evans WS, et al. Exercise training at and above the lactate threshold in previously untrained women. *Int J Sports Med*. 1992;13(3):257-63. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
56. Stegmann H, Kindermann W, Schnabel A. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med*. 1981;2(3):160-5. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
57. Clark NA, Edwards AM, Morton RH, Butterly RJ. Season-to-season variations of physiological fitness within a squad of professional male soccer players. *J Sports Sci Med*. 2008;7(1):157-65. [\[PubMed\]](#) [\[PMC\]](#)
58. Le Meur Y, Hausswirth C, Natta F, Couturier A, Bignet F, Vidal PP. A multidisciplinary approach to overreaching detection in endurance trained athletes. *J Appl Physiol (1985)*. 2013;114(3):411-20. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)
59. Beneke R, Leithäuser RM, Ochentel O. Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. *Int J Sports Physiol Perform*. 2011; 6(1):8-24. [\[Crossref\]](#) [\[PubMed\]](#)

60. Larsson P. Global positioning system and sport-specific testing. *Sports Med.* 2003; 33(15):1093-101. [Crossref] [PubMed]
61. Scott MT, Scott TJ, Kelly VG. The Validity and reliability of global positioning systems in team sport: a brief review. *J Strength Cond Res.* 2016;30(5):1470-90. [Crossref] [PubMed]
62. Aughey RJ. Applications of GPS technologies to field sports. *Int J Sports Physiol Perform.* 2011;6(3):295-310. [Crossref] [PubMed]
63. Cummins C, Orr R, O'Connor H, West C. Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: a systematic review. *Sports Med.* 2013;43(10): 1025-42. [Crossref] [PubMed]
64. Jennings D, Cormack S, Coutts AJ, Boyd L, Aughey RJ. The validity and reliability of GPS units for measuring distance in team sport specific running patterns. *Int J Sports Physiol Perform.* 2010 Sep;5(3):328-41. [Crossref] [PubMed]
65. Kellman M. Underrecovery and overtraining: different concepts-similar impact. *Enhancing Recovery: Preventing Under Performance in Athletes.* 1st ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2002. p.3-24.
66. Drinkwater EJ, Lawton TW, Lindsell RP, Pyne DB, Hunt PH, McKenna MJ. Training leading to repetition failure enhances bench press strength gains in elite junior athletes. *J Strength Cond Res.* 2005;19(2):382-8. [Crossref] [PubMed]
67. Haff GG. Quantifying workloads in resistance training: a brief review. *Strength Cond J.* 2010; 10:31-40. [Crossref]
68. Bompa TO, Buzzichelli C. *Periodization: Theory and Methodology of Training.* 6th ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2018.
69. Cormie P, McBride JM, McCauley GO. Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis during the jump squat: impact of load. *J Appl Biomech.* 2008;24(2):112-20. [Crossref] [PubMed]
70. Dugan EL, Doyle TL, Humphries B, Hasson CJ, Newton RU. Determining the optimal load for jump squats: a review of methods and calculations. *J Strength Cond Res.* 2004;18(3): 668-74. [Crossref] [PubMed]
71. Schoenfeld BJ, Ogborn D, Krieger JW. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *J Sports Sci.* 2017;35(11):1073-82. [Crossref] [PubMed]
72. González-Badillo JJ, Sánchez-Medina L. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med.* 2010;31(5):347-52. [Crossref] [PubMed]
73. Jovanović M, Flanagan EP. Researched applications of velocity based strength training. *Journal of Australian Strength and Conditioning.* 2014;21(1):58-69. [Crossref]
74. González-Badillo JJ, Ya-ez-García JM, Mora-Custodio R, Rodríguez-Rosell D. Velocity loss as a variable for monitoring resistance exercise. *Int J Sports Med.* 2017;38(3):217-25. [Crossref] [PubMed]
75. García-Ramos A, Pesta-a-Melero FL, Pérez-Castilla A, Rojas FJ, Gregory Haff G. Mean Velocity vs. Mean Propulsive Velocity vs. Peak Velocity: Which variable determines bench press relative load with higher reliability? *J Strength Cond Res.* 2018;32(5):1273-1279. [Crossref] [PubMed]
76. Jidovtseff B, Harris NK, Crielaard JM, Cronin JB. Using the load-velocity relationship for 1RM prediction. *J Strength Cond Res.* 2011;25(1):267-70. [Crossref] [PubMed]
77. Mann JB, Ivey PA, Sayers SP. Velocity-based training in football. *Strength and Conditioning Journal.* 2015;37(6):52-7. [Crossref]
78. Nevin J. Autoregulated Resistance training: does velocity-based training represent the future?. *Strength and Conditioning Journal.* 2019;41(4):34-9. [Crossref]
79. Maupin D, Schram B, Canetti E, Orr R. The relationship between acute: chronic workload ratios and injury risk in sports: a systematic review. *Open Access J Sports Med.* 2020;11:51-75. [Crossref] [PubMed] [PMC]
80. Blanch P, Gabbett TJ. Has the athlete trained enough to return to play safely? The acute:chronic workload ratio permits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury. *Br J Sports Med.* 2016;50(8):471-5. Erratum in: *Br J Sports Med.* 2019;53(18):e6. [Crossref] [PubMed]
81. Hulin BT, Gabbett TJ, Blanch P, Chapman P, Bailey D, Orchard JW. Spikes in acute workload are associated with increased injury risk in elite cricket fast bowlers. *Br J Sports Med.* 2014;48(8):708-12. [Crossref] [PubMed]
82. Gabbett TJ, Domrow N. Relationships between training load, injury, and fitness in sub-elite collision sport athletes. *J Sports Sci.* 2007;25(13):1507-19. [Crossref] [PubMed]
83. Gabbett TJ, Ullah S. Relationship between running loads and soft-tissue injury in elite team sport athletes. *J Strength Cond Res.* 2012;26(4):953-60. [Crossref] [PubMed]
84. Killen NM, Gabbett TJ, Jenkins DG. Training loads and incidence of injury during the pre-season in professional rugby league players. *J Strength Cond Res.* 2010;24(8):2079-84. [Crossref] [PubMed]
85. Lolli L, Batterham AM, Hawkins R, Kelly DM, Strudwick AJ, Thorpe RT, et al. The acute-to-chronic workload ratio: an inaccurate scaling index for an unnecessary normalisation process? *Br J Sports Med.* 2019;53(24):1510-2. [Crossref] [PubMed]
86. Impellizzeri FM, Woodcock S, Coutts AJ, Fanchini M, McCall A, Vigotsky A. Acute to random workload ratio is 'as' associated with injury as acute to actual chronic workload ratio: time to dismiss ACWR and its components. *SportRxiv.* 2020. [Crossref]
87. Wang C, Vargas JT, Stokes T, Steele R, Shrier I. Analyzing activity and injury: lessons learned from the acute:chronic workload ratio. *Sports Med.* 2020;50(7):1243-54. [Crossref] [PubMed]
88. Engebretsen L, Soligard T, Steffen K, Alonso JM, Aubry M, Budgett R, et al. Sports injuries and illnesses during the London Summer Olympic Games 2012. *Br J Sports Med.* 2013;47(7):407-14. [Crossref] [PubMed]
89. Soligard T, Steffen K, Palmer-Green D, Aubry M, Grant ME, Meeuwisse W, et al. Sports injuries and illnesses in the Sochi 2014 Olympic Winter Games. *Br J Sports Med.* 2015;49(7):441-7. [Crossref] [PubMed]
90. Soligard T, Steffen K, Palmer D, Alonso JM, Bahr R, Lopes AD, et al. Sports injury and illness incidence in the Rio de Janeiro 2016 Olympic Summer Games: A prospective study of 11274 athletes from 207 countries. *Br J Sports Med.* 2017;51(17):1265-71. [Crossref] [PubMed]
91. Cunniffe B, Griffiths H, Proctor W, Davies B, Baker JS, Jones KP. Mucosal immunity and illness incidence in elite rugby union players across a season. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(3):388-97. [Crossref] [PubMed]
92. Gleeson M, Bishop N, Oliveira M, McCauley T, Tauler P, Muhamad AS. Respiratory infection risk in athletes: association with antigen-stimulated IL-10 production and salivary IgA secretion. *Scand J Med Sci Sports.* 2012;22(3):410-7. [Crossref] [PubMed]
93. Hooper SL, Mackinnon LT. Monitoring overtraining in athletes. *Recommendations.* *Sports Med.* 1995;20(5):321-7. [Crossref] [PubMed]
94. Kellmann M. Preventing overtraining in athletes in high-intensity sports and stress/recovery monitoring. *Scand J Med Sci Sports.* 2010;20 Suppl 2:95-102. [Crossref] [PubMed]
95. Kentta G, Hassmén P. Under recovery and over training: a conceptual model. In: Kellman M, ed. *Enhancing Recovery: Preventing Under Performance in Athletes.* 1st ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2002. p.57-79.
96. Edwards T, Spiteri T, Piggott B, Bonhotal J, Haff GG, Joyce C. Monitoring and managing fatigue in basketball. *Sports (Basel).* 2018;6(1):19. [Crossref] [PubMed] [PMC]
97. Robson-Ansley PJ, Gleeson M, Ansley L. Fatigue management in the preparation of Olympic athletes. *J Sports Sci.* 2009;27(13): 1409-20. [Crossref] [PubMed]

98. Gleeson M, Bishop N, Oliveira M, McCauley T, Tauler P, Muhamad AS. Respiratory infection risk in athletes: association with antigen-stimulated IL-10 production and salivary IgA secretion. *Scand J Med Sci Sports*. 2012; 22(3):410-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
99. Gleeson M, Bishop NC. URI in athletes: are mucosal immunity and cytokine responses key risk factors? *Exerc Sport Sci Rev*. 2013;41(3):148-53. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
100. Meeusen R, Piacentini MF, Busschaert B, Buyse L, De Schutter G, Stray-Gundersen J. Hormonal responses in athletes: the use of a two bout exercise protocol to detect subtle differences in (over)training status. *Eur J Appl Physiol*. 2004;91(2-3):140-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
101. Urhausen A, Gabriel HH, Kindermann W. Impaired pituitary hormonal response to exhaustive exercise in overtrained endurance athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30(3):407-14. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
102. Halson SL, Lancaster GI, Jeukendrup AE, Gleeson M. Immunological responses to overreaching in cyclists. *Med Sci Sports Exerc*. 2003;35(5):854-61. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
103. Coutts AJ, Reaburn P, Piva TJ, Rowsell GJ. Monitoring for overreaching in rugby league players. *Eur J Appl Physiol*. 2007;99(3):313-24. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]