

Antrenman Yüğü Ölçüm Yöntemleri: Bilimsel Yaklaşım

Quantifying Training Load: Scientific Perspective

^{1b} Burak Çağlar YAŞLI^a, ^{1b} Raci KARAYİĞİT^a, ^{1b} Hakan KARABIYIK^a, ^{1b} Mitat KOZ^a

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

ÖZET Antrenman yükü takibi, antrenör yargılarından daha fazla ilgiyi hak eden bir konudur. Bu fikir temel alınarak yazılan makalenin amacı, antrenman yükü ölçüm yöntemlerinin araştırılması ve incelenmesidir. Son yıllardaki teknolojik gelişmeler, çeşitli nesnel ve öznel yöntemlerle antrenman yükü ölçümü kolaylaştırmıştır. Bu yöntemlerden beklenen özellik, antrenman yükünü ne kadar ölçebildiğidir ve bu da bilimin konusu hâline gelmiştir bu doğrultuda da konuyla ilgili yapılan araştırmalar artış göstermiştir. Son çeyrek asırda, çalışmalar sonucunda antrenman yükü, iç yük ve dış yük olarak kavramsallaştırılmıştır. Antrenman planlamasında, katedilen mesafeler, koşu hızları, kaldırılan ağırlık vb. gibi göstergeler antrenman dış yük göstergeleri olarak kullanılırken, sporcularda antrenman sırasında oluşan kalp atım hızı, oksijen tüketimi (VO₂), laktat konsantrasyonları, algılanan zorluk düzeyi vb. gibi yanıtlar ise antrenman iç yük göstergeleri olarak kullanılmaya başlanmıştır. Antrenman yükü ölçümü amacıyla kullanılan her yöntemin, takip edilmek istenen antrenman tipine göre değişen avantajları ve sınırlılıkları (küresel konumlama sistemi); düşük frekanslı cihazlarda ölçüm güvenilirliği düşer, VO₂supramaksimal antrenmanlar için uygun değil, kalp atım hızı takibi; antrenman yükünden bağımsız çevresel koşullardan etkilenir, laktat konsantrasyonları; laktat eşliğinin üzerindeki antrenman şiddetlerinin sınıflandırılmasında çok uygun bir yöntem değil vs.) bulunmaktadır. Antrenmanın bireyselleştirilmesinde bu sınırlılıkların bilinmesi ve aşılması, bunun yanı sıra iç-dış yük kavramlarının birlikte ele alındığı bütüncü yaklaşımın sergilenmesi kritik önem arz ederken, gelecekte elde edilecek verilerin gelişmiş algoritmalar aracılığıyla değerlendirilmesi bizlere antrenman yükü takibinde daha kesin ve tatmin edici bilgiler verecektir.

ABSTRACT Monitoring training load deserves much more attention than coaching judgment alone. Based on this idea, the aim of this study is examining and analyzing training load methods. Recently, various objective and subjective tools have been used to quantify training load along with advancing in technology. There has been increasing scientific interest to what extent such tools measurement efficiency related to desired parameters and then numerous studies are implemented with this objective. Last quarter, internal and external load are conceptualized as training load indicator in which distance run, distance speed, movement repetition etc. are assessed to measure external load indicator, whilst heart rate, oxygen consumption, blood lactate rated perceived exertion etc. response to training that are assessed to measure internal load indicator. Such tools using for load monitoring have some advantages and limitations based on training type (lower GPS frequency rates reduce reliability for measuring, VO₂ is not proper method to measure supramaximal training load, heart rate values may be influenced environmental conditions, and blood lactate may not be a proper method to quantify exercise intensity above the lactate threshold). To individualize training, one must consider and overcome such limitations and recommended to use integrative approach which is combine of external and internal load measures. Furthermore, obtain datas will be needed to assess in conjunction with advanced algorithms to get more accurate and substantial knowledge relevant to load monitoring and quantifying.

Anahtar Kelimeler: Antrenman yükü; iç yük; dış yük; performans

Keywords: Training load; internal load; external load; performance

“Antrenman, sportif performansı nasıl etkiler?” Bu merakın kökeni, İtalyalı çiftçi Milo’nun her gün gelişmekte olan buzağıyı kaldırarak, dünyanın en güçlü insanlarından biri hâline gelmesi ve sonrasında antik olimpiyatların efsanesi olmasına dayanmaktadır. Milo’nun antrenmanlarını değerlendiren bir antrenörü olup olmadığını bilmiyoruz ancak

günümüzde hemen hemen her sporcu antrenör eşliğinde çalışmaktadır.¹ Bu antrenör ve sporcular daima katıldıkları müsabakaları kazanmaya ve bu müsabakalarda en iyi performansı sergilemeye çalışırlar. Antrenman içeriklerini de bu doğrultuda belirlerler. Ancak bu antrenman içerikleri, genellikle antrenörlerin geçmiş tecrübeleriyle oluşturulup, içgüdüsel

Correspondence: Burak Çağlar YAŞLI

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

E-mail: yasli@ankara.edu.tr



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

Received: 13 Apr 2020

Received in revised form: 15 May 2020

Accepted: 17 May 2020

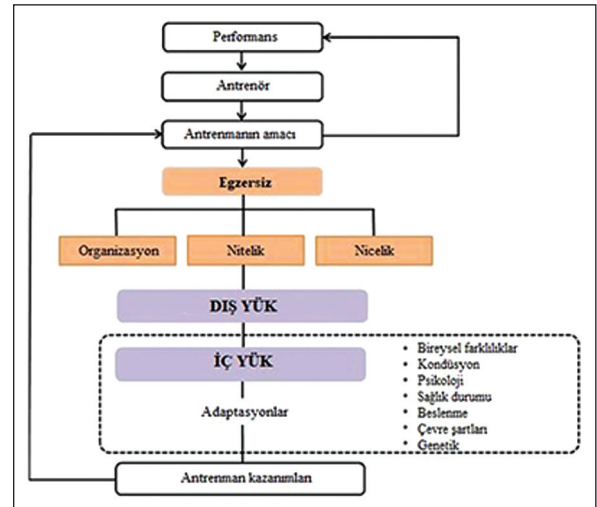
Available online: 25 Nov 2020

2146-8885 / Copyright © 2020 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/>).

olarak hazırlanmaktadır.^{2,3} Dolayısıyla elde edilmek istenen başarı, tesadüfi gelişmeler ve şansa bırakılmaktadır. Oysa bilinçli performans gelişimi; antrenman yükünün nesnel ve öznel yöntemlerle ölçülmesi ve bu yüklerin müsabakalara göre doğru şekilde ayarlanmasıyla sağlanabilir.² Ayrıca antrenman yükü her sporcu için doğru analiz edilirse, sporcularda antrenmanlara karşı oluşan uyumlar belirlenebilir (adaptasyon), ihtiyaç duyulan dinlenme süreleri ayarlanabilir (toparlanma), antrenmanlara verilen farklı bireysel yanıtlar anlaşılabilir (bireysel farklılıklar), ve sporcuların sakatlık riskleri azaltılabilir.⁴ Ancak antrenman yükünün ölçümü ve takibi birçok konuda fayda sağlamakla beraber, sporcular için en uygun antrenman yükünün belirlenmesi oldukça dinamik, karışık, ve zorlu bir süreçtir. Antrenman yükü doğru ayarlanmadığında, kondisyon yetersizliğine, performans düşüşüne ve sakatlıklara yol açabilmektedir.⁵ Bu yüzden, süreç içerisinde öncelikle antrenmanın sporcularda yaratabileceği olası etkilerin öğrenilmesi (antrenman sürecinin teorisi), daha sonrasında bu etkilerin uygun antrenman yükü ölçüm yöntemleriyle istenilen amaca yönelik olarak ölçülüp, takip edilmesi gerekmektedir.

ANTRENMAN SÜRECİNİN TEORİSİ

Antrenman, belirli egzersizlerin sistematik olarak uygulandığı ve bunun sonucunda fiziksel özelliklerin ve o spor dalına ait becerilerin geliştirilmeye çalışıldığı bir süreçtir.⁶ Bu egzersizler, organizma için bir uyandır ve düzenli olarak uygulandığında, sporcularda belirli uyumlar yaratır (adaptasyon). Antrenman kazanımlarını (performans artışı, sakatlıklara karşı direnç, sağlıklı hissetme) bu uyumların seviyesi belirler ve yapılan antrenmanların şiddetine, süresine ve türüne göre bu uyumların oranı değişebilir. Tek bir antrenman organizmada akut uyumlar yaratırken, sistematik ve düzenli antrenmanlar daha kalıcı uyumlara (kronik) neden olabilir. Ayrıca bu kalıcı uyumlar korunmak isteniyorsa, antrenmanlar uygun yüklenme seviyeleriyle ve yeterli zaman aralıklarıyla uygulanmaya devam edilmelidir. Antrenmanlar bırakıldığı takdirde oluşan uyumlar kaybolacak ve performans düşecektir (geriye dönüşüm ilkesi) (Şekil 1).^{7,8}



ŞEKİL 1: Antrenman sürecinin teorisi.⁷

ANTRENMAN YÜKÜNÜN ÖLÇÜLMESİ

İÇ VE DİŞ YÜK KAVRAMLARI

Antrenman yükü, iç ve dış yük olmak üzere 2 farklı yük kavramıyla kavramsallaştırılmıştır.⁹ Dış yük, antrenman ya da müsabaka sırasında sporcunun maruz kaldığı bütün dış uyaranlar olarak tanımlanırken (toplam katedilen mesafe, kaldırılan ağırlık, sprint sayıları vs.), iç yük, maruz kalınan dış uyaranlara sporcu tarafından verilen fizyolojik ve psikolojik yanıtlardır (kalp atım hızı (KAH), laktat konsantrasyonları, algılanan zorluk derecesi vs.).^{9,10}

Dış yük (katedilen mesafeler, kaldırılan ağırlık vs), genellikle antrenman sırasında sergilenen iş gücü hakkında bilgi verirken, iç yük (KAH, laktat vs.) sporcuda oluşan antrenman uyumlarının belirlenmesinde kullanılabilir. Dolayısıyla antrenman yükünün takibinde iç yüklerin daha uygun olabileceği, dış yüklerin ise antrenman planlamalarında önemli olduğu düşünülmektedir.^{11,12} Antrenman yük takibinde yaygın olarak kullanılan bazı iç yük ve dış yük ölçüm yöntemleri değerlendirilmeleriyle birlikte Tablo 1’de verilmiştir.

Antrenman yükü ölçümünde, dış ve iç yük yöntemlerinin yalnızca birinin kullanılması, antrenman etkilerinin anlaşılmasını zorlaştırmaktadır. Örneğin aynı antrenmana katılan 2 farklı sporcu, benzer dış yüklerle (süre, mesafe, ağırlık vs.) maruz kalmalarına rağmen yorgunluk durumları, duygusal durumları ve

TABLO 1: Antrenman iç ve dış yük ölçüm yöntemleri.⁴

Metot	Maliyet	Donanım			Yazılım		Kullanım		Geçerlilik	Güvenirlilik	Yorumla- nabilme	Düzenle- nebilme	Değişkenler
		ihityacı	ihityacı	kolaylığı	Geçerlilik	Güvenirlilik							
İç yük ölçümleri													
Algılanan zorluk derecesi	D	H	E/H	Y	O-Y	O-Y	E	E	E	E	E	E	Tek değişken (Süreye bağlı)
Sesyon algılanan zorluk derecesi	D	H	E/H	Y	O-Y	O-Y	E	E	E	E	E	E	Tek değişken (Süreye bağlı)
TRIMP (training impulse) antrenman uyararı)	D-O	E	E	O	O-Y	O-Y	E	H	E	H	E	H	Tek değişken (Süreye bağlı)
Zindelik anketleri	D	H	E/H	O-Y	O	O-Y	E	E/H	E	E/H	E	E/H	Değerlendirme, kontrol listeleri, sınıflandırma ölççekleri
Psikolojik envanterler	D-O	H	E/H	O-Y	O-Y	O-Y	E	E	E	E	E	E	Değerlendirme, kontrol listeleri, sınıflandırma ölççekleri
Kalp atım indeksleri	D-O	E	E	Y	Y	O-Y	E	E	E	E	E	E	KA, KA bölgeleri, KAD /toparlanma ölçümleri
Oksijen tüketimi	Y	E	E	D	Y	Y	E	E	E	E	E	E	VO ₂ , metabolik eşikler
Kan laktat	O	E	E/H	O	Y	Y	E	E	E	E	E	E	Konsantrasyonlar
Biyokimyasal ve hematolojik değerlendirmeler	O-Y	E	E/H	D	Y	O-Y	E	E	E	E	E	E	Konsantrasyonlar, hacimler
Dış yük ölçümleri													
Süre	D	E	E/H	Y	Y	Y	E	E	E	E	E	E	Zaman birimleri (sn, dk, saat, h, g, yıl)
Antrenman sıklığı	D	H	H	Y	Y	Y	E	E	E	E	E	E	Antrenman sayısı
Mesafe	D	E/H	E/H	Y	Y	Y	E	E	E	E	E	E	Mesafe birimleri (m, km)
Hareket tekrar sayısı	D	E/H	E/H	O-Y	Y	O-Y	E	E	E	E	E	E	Aktivite sayıları (sıçrama, adım, atış)
Antrenman tipi	D	E/H	H	Y	Y	Y	E	E	E	E	E	E	Ağırlık, koşu, bisiklet, yüzme vs
Güç çıktıları	O-Y	E	E	D-O	Y	Y	E	E	E	E	E	E	Rölatif güç W/kg mutlak güç W
Hız	D-O	E	E/H	O-Y	Y	Y	E	E	E	E	E	E	Hız ölçümleri (m/s, m/dk, km/s)
İvmelenme	D-O	E	E	D	Y	Y	E	E	E	E	E	E	İvmelenme ölçümleri (m/s ²)
Fonksiyonel nöromusküler testler	D-O	E	E/H	O	O-Y	Y	E	E	E	E	E	E	CMJ and Drop-Jump ölçümleri
Akut: Kronik iş yükleri	D-O	E/H	E	O	O-Y	O-Y	E	E	E	E	E	E	Akut: Kronik antrenman yük oranları
Küresel konumlama sistemi (GPS)	O	E	E	O	O-Y	O	E	E	E	E	E	E	Sürat, katedilen mesafe, ivmelenme, lokasyon, eşik zamanları
Metabolik güç	O	E	E	D-O	D-O	O	E	H	E	H	E	H	Enerji denklilikleri
Hareket-zaman video analizleri (otomatikleştirilmiş)	O	E	E	D	O-Y	O	E	E	E	E	E	E	Sürat, Lokasyon, İvmelenme
Hareket-zaman video analizleri (otomatikleştirilmemiş)	O-Y	E	E	D	O-Y	O	E	E	E	E	E	E	Sürat, lokasyon, ivmelenme
Akselerometre	O	E	E	D-O	O-Y	O	E	H	E	H	E	H	Z-y-z g kuvvetleri
Oyuncu yükü	O	E	E	O	O	O	E	E	E	E	E	E	Tek değişken (Süreye bağlı)

D: Düşük, O: Orta, Y:Yüksek, E: Evet, H:Hayır, TRIMP: Training impulse antrenman uyararı, VO₂: Oksijen tüketimi, GPS: Küresel konumlama sistemi.

antrenman geçmişlerindeki değişikliklere bağlı olarak farklı iç yüklerle (KAH, laktat konsantrasyonları, algılanan zorluk dereceleri vs.) sahip olabilirler.⁴ Bu durum, planlanan aynı antrenman yüküne rağmen sporcuların o antrenmana göstereceği uyumları değiştirebilir. Uzun vadede sergilenecek performansın beklenmedik bireysel farklılıklar göstermesine yol açabilir. Bu yüzden iç ve dış yük kavramlarının birlikte değerlendirilmesinin, antrenmanın etkilerinin daha iyi anlaşılmasını sağlayacağı unutulmamalıdır.

ANTRENMAN YÜKÜ ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ DIŞ YÜK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Sporda, giyilebilir teknolojinin kullanımı antrenman dış yük ölçümünü farklı bir noktaya taşımıştır. Taşınabilir küresel konumlama sistemi (GPS) cihazları sayesinde, sporcu tarafından katedilen mesafeler ve bu mesafelerin hangi hız aralıklarında katedildikleri (koşu hızları) analiz edilerek antrenman dış yükü ölçülebilmektedir.¹³ Ayrıca bu cihazların içine yerleş-

tirilen mikrosensörlerle ivmelenmeler (negatif-pozitif), yön değiştirmeler ve 2'li mücadeleler sırasında kaslarda oluşan periferel yük hesaplanarak antrenman dış yükü daha kapsamlı şekilde tespit edilebilmektedir.¹⁴

Antrenman dış yükü hesaplanırken, genellikle sporcuların katettikleri koşu mesafeleri ve bu mesafelerin hangi hız aralıklarında katedildiklerine odaklanılmaktadır. Ancak birçok spor branşında yön değiştirmeli koşular, 2'li mücadeleler, ivmelenmeler ve sıçrama gibi farklı tipte hareketler sergilenmektedir. Bu hareketler sırasında enerji gereksinimi ve metabolizmaya binen yük sabit hızlı koşulardan farklıdır.¹⁵ Dolayısıyla koşu mesafeleri ve koşu hızları toplam dış yükü yansıtmada yetersiz kalabilir. Yapılan dış yük ölçümleri bu bağlamda değerlendirilmelidir. Bundan yola çıkarak son yıllarda dış yük ölçümünde, koşu hızı ve ivmelenmelerin enerji maliyetinin birlikte değerlendirildiği metabolik güç yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemde göre, düz zeminde yapılan ivmelenmeler enerji maliyeti açısından, yokuş yukarı yapılan sabit hızlı koşularla eşittir. O hâlde normal zeminde ivmelenme açısı bilirse bu açuya denk gelen eř değer eğim ve eř değer kütle bulunarak metabolik güç hesaplanabilir. Ancak bu yöntemin de bazı sınırlılıkları olduğu unutulmamalıdır. Metabolik güç hesaplanırken, sporcunun toplam kütlesinin ağırlık merkezinde olduğu varsayılır ve bu yüzden kol ve bacakların olası hareketlerinin enerji maliyetine etkisi dikkate alınmaz. Dolayısıyla hesaplanan enerji maliyeti, minimum enerji maliyetini yansıtır.¹⁶

Antrenman dış yük ölçümünde unutulmaması gereken önemli bir diğer nokta, bütün bu göstergelerin doğru ölçülebilmesi ve değerlendirilebilmesinin, kullanılan ölçüm yöntemlerinin geçerlilik ve güvenilirliğine bağlı olduğudur. Nitekim GPS cihazlarının ölçüm geçerlilik ve güvenilirliği, sergilenen hareketlerin hızı, süresi, türü ve kullanılan GPS cihazının veri toplama hızına (frekans sıklığı-Hz) göre değişiklik gösterebilir.¹⁷ GPS ölçüm güvenilirliği, yüksek frekans sıklığına sahip cihazlarda (10Hz) artarken, düşük frekanslı cihazlarda (5Hz) özellikle yüksek şiddetli ve yön değiştirmeli koşularda düşmektedir.^{18,19} Bu bağlamda antrenman yükü takibi yapılırken, özellikle frekans sıklığı

düşük cihazlardan elde edilen veriler dikkatli değerlendirilmelidir.

İÇ YÜK ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Sporcuların, KAH'leri, algıladıkları zorluk dereceleri, laktat konsantrasyonları ve VO₂, antrenman şiddetinin belirlenmesinde kullanılan bazı fizyolojik yöntemlerdir ve antrenman iç yük göstergeleri olarak kullanılabilirler. Ancak bu yöntemler, yalnızca antrenman şiddetini yansıtır ve tek başlarına toplam antrenman yükü göstergeleri olarak ifade edilmeleri doğru olmamaktadır. Toplam antrenman yükü, antrenmanın şiddet ve diğer öğelerinin (hacim, süre, sıklık) birleşimiyle ifade edilebilir. Bu bağlamda, bu öğelerin birleştirilerek, toplam antrenman yükünün sayısal olarak ifade edilebildiği antrenman yükü indeksleri (antrenman algılanan zorluk derecesi (AAZD) antrenman uyararı (TRIMP)) oluşturulmuştur.^{2,20} Zaman zaman antrenman şiddetini belirlemeye yarayan fizyolojik yöntemlerle antrenman yükü indeksleri karıştırılabilmektedir. Bu sebeple, yazı içerisinde hem antrenman şiddetini yansıtan fizyolojik yöntemlerden hem de bu yöntemleri temel alan antrenman yükü indekslerinden ayrı ayrı konu başlıkları altında bahsedilecektir. Ayrıca bu fizyolojik yöntemler hakkında verilecek bilgilerin, antrenman yükü indekslerinin anlaşılmasını ve kullanımını kolaylaştıracadı düşünölmektedir.

FİZYOLOJİK YÖNTEMLER

KALP ATIM HIZI

Antrenman şiddetinin, sporcuların KAH takibi yapılarak belirlenmesi, oldukça yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, submaksimal egzersiz protokollerinde KAH ile VO₂ arasında görölen doğrusal ilişkiyi temel almaktadır.²¹

KAH takibiyle antrenman şiddeti, maksimal kalp atım hızı yüzdeleri (KAH_{maks}%) veya kalp atım hızı rezervi yüzdeleri (KAH_r%)ne göre çok hafiften maksimale doğru 6 farklı kategoriye ayrılabilir (Tablo 2). Ancak KAH_{maks}% ile yapılan hesaplamalarda, kişilerin dinlenme KAH'leri hesaba katılmamaktadır. Nitekim dinlenme KAH, yaş ve kondisyon seviyesine göre farklılık gösterebilir. Bu sebepten dolayı, hesaplanan antrenman şiddetinde, bireysel

TABLO 2: Maksimal kalp atım hızı yüzdeleri ve kalp atım hızı rezervi yüzdelerine göre antrenman şiddet bölgeleri.²²

Egzersiz şiddeti	KAH _{maks%}	KAH _{r%}
Çok hafif	<57	<30
Hafif	57-63	30-39
Orta	64-76	40-59
Şiddetli	77-95	60-89
Maksimale yakın-Maksimal	96-100	90-100

KAH_{maks%}: Maksimal kalp atım hızı yüzdeleri, KAH_{r%}: Kalp atım hızı rezervi yüzdeleri.

farklılıklar değerlendirilememektedir. Karvonen ve Vuorimaa, bu durumu göz önünde bulundurarak, antrenman şiddetinin belirlenmesinde daha geçerli bir yöntem olan KAH_{r%}'sinin kullanımını önermektedir (Eşitlik 1).^{22,23} Bu yöntem aynı zamanda bireysel antrenman sürecinin gelişimine de katkı sağlamıştır.¹

EŞİTLİK 1

$$KAH_r\% = (KAH_{ant} - KAH_{din}) \times 100 / (KAH_{maks} - KAH_{din})$$

KAH_{ant}: Ortalama antrenman kalp atım hızı

KAH_{din}: Dinlenme kalp atım hızı

KAH_{maks}: Maksimal kalp atım hızı

ALGILANAN ZORLUK DERESESİ

Algılanan zorluk derecesi (AZD), sporcunun müsabaka ya da antrenmanda karşılaştığı psikofizyolojik stresleri subjektif olarak değerlendirmesidir.²⁴ AZD genellikle, 6-20 Borg skalası veya Borg CR-10 skalaları kullanılarak ölçülmektedir (Tablo 3).²⁵ Bu yöntemin spor bilimlerinde kullanım nedenlerinden biri, birçok antrenman çeşidinde, antrenman şiddetini gösteren diğer fizyolojik göstergeler ile (KAH ortalaması ile r=0,75; KAH akut değişimleri r=0,70; laktat r=0,63) yüksek ilişki sergilemesidir.²⁶⁻²⁹ Ancak antrenman sırasında, antrenman öğelerine bağımlı-bağımsız birçok faktörden dolayı AZD ve diğer fizyolojik göstergeler arasındaki korelasyon zayıflayabilir.^{30,31} Ayrıca sporcuların AZD'leri, antrenman şiddetinden bağımsız olarak, psikolojik (bilinç, hafıza, geçmiş tecrübeler, yapılan aktiviteyi anlama) ve durumsal (bitme noktası hakkında fikir sahibi olma, süre, yapılan işin geçiciliği) faktörlerden etkilenebilir.²⁷ Bu sebeple antrenman şiddetinin yalnızca AZD ile değerlendirilmesi eksik ve tutarsız

sonuçlar verebilir. Bu bağlamda, antrenman sonrasında AZD yanıtları ve diğer fizyolojik yanıtların (KAH, laktat vs.) birlikte değerlendirilmesi antrenman şiddetinin daha iyi yorumlanmasını sağlayacaktır.³

LAKTAT KONSANTRASYONLARI

Spor alanında laktat ölçümlerinin kullanımı, taşınabilir laktat analizörlerinin icadıyla artmıştır. Bu cihazlar sayesinde, vücudun çeşitli bölgelerinden düşük maliyetle kolayca laktat ölçümleri yapılmaktadır.³² Laktat değerleri, antrenman sırasında diğer fizyolojik göstergelerle güçlü korelasyona sahiptir ve antrenman iç yük göstergesi olarak kullanılmaktadır.²⁶ Antrenman şiddeti, laktat değerlerine göre ayarlanarak ölçülebilirken, aerobik eşik (2 mmol) ve anaerobik eşik-OBLA (4 mmol) gibi ortalama referans değerler temel alınarak, bu değerlere denk gelen koşu hızları ya da KAH'ye göre antrenman şiddeti ayarlanabilmektedir. Ancak bu referans değerlerin (OBLA değeri için 2-8 mmol aralığı) bireysel farklılıklar gösterebileceği ve antrenman planlamalarında bu durumun dikkate alınması gerektiği unutulmamalıdır.³³ Ayrıca laktat ölçümleri, laktat eşığının üzerindeki antrenman şiddetlerinin sınıflandırılmasında çok uygun bir yöntem değildir. Dolayısıyla özellikle laktat eşığının üzerinde yapılan antrenmanlarda, ölçümlerin antrenmanda toplanan diğer fizyolojik göstergelerle birlikte değerlendiril-

TABLO 3: 6-20 Borg skalası.

Zorlanma derecesi	
6	
7	Çok çok hafif
8	
9	Çok hafif
10	
11	Oldukça hafif
12	
13	Biraz zor
14	
15	Zor
16	
17	Çok zor
18	
19	Çok çok zor
20	

mesi sonuçların anlaşılması bakımından daha uygun olacaktır.³⁴

Antrenman yükü takibinde laktat değerlerinin kullanım amaçlarından bir diğeri, antrenman uyumlarının değerlendirilmesidir. Nitekim aynı antrenman şiddetine denk gelen laktat değerlerinin zamanla düşmesi, genellikle sporcunun antrenmana adaptasyonu olarak yorumlanır.³⁵ Elit yüzücülerde yapılan bir araştırmada, aynı egzersiz şiddetine denk gelen laktat değerlerinin, müsabaka öncesi dönemde sezon öncesi döneme göre, ortalama 0,7 mmol/L azaldığı saptanmıştır.³⁶ Ancak bazı durumlarda aynı egzersiz şiddetine denk gelen laktat yoğunluğundaki düşüşler, sporcunun sürantrane olmasından da kaynaklanabilir.³⁷ İki durum birbirine karıştırılmamalıdır. Bu karışıklık, laktat yoğunluğundaki azalmaların antrenman adaptasyonu olarak algılanarak, antrenman yükünün daha fazla artırılmasına, dolayısıyla sürantrane sendromunun daha da kötüleşmesine yol açabilir. Bu karışıklık, antrenman sırasında laktat ölçümleriyle birlikte diğer fizyolojik yanıtlarında takip edilmesiyle ve sporcudan alınacak düzenli geri bildirimlerle önlenir.

Anlatılanlara ek olarak antrenman yükü takibi yapılırken, sporcuların laktat değerlerinin antrenman etkisinden bağımsız olarak birçok potansiyel faktörden etkilenebileceği unutulmamalıdır. Özellikle invaziv bir metot olması, bu ölçümlerin takım sporlarında düzenli yapılmasını zorlaştırmaktadır. Ayrıca ölçülen laktat değeri, antrenmanın tamamından ziyade, büyük oranda ölçüm alınmadan önce yapılan aktivitenin son 5 dk'sını yansıtmaktadır.³² Bunun yanı sıra ölçüm prosedürleri (ölçüm zamanı, ölçüm alınan bölge, ölçüm cihazlarının farklılığı) ve ölçümü yapan kişiler arası bireysel farklılıklar sonuçların yanlış yorumlanmasına neden olabilir.³ Laktat analizörlerinin ölçüm hataları (5 mmol'de- 0,35 mmol/L; 10 mmol/L'de-0,7 mmol/L) ve ölçüm değerlerinin metotlara bağlı farklılıkları 1-2mmol/L'ye kadar çıkabilmektedir.³⁵ Laktat değerlerinde görülen değişimler, antrenman etkisinin yanı sıra bu hata ve metot farklılıklarından kaynaklanabilir. Ortam ısısı ve sporcunun hidrasyon durumu da antrenman şiddetinden bağımsız olarak laktat değerlerini etkileyebilmektedir. Nitekim aynı antrenman şiddetleriyle oluşturulan yorgunluk du-

rumunda, 40 °C ve 3 °C ortam ısılarında laktat değerleri sırasıyla; 36 mmol/L ve 16,3 mmol/L olarak saptanmıştır.³⁸ Yapılan antrenmanın tipi, süresi ve antrenman sırasında antrenman şiddetinde görülen dalgalanmaların derecesi, laktat değerlerini etkileyebilecek diğer faktörlerdir.²

OKSİJEN TÜKETİMİ

Oksijen tüketimi (VO_2) submaksimal egzersizlerde antrenman yükündeki artışla doğrusal olarak artmaktadır.²⁹ Dolayısıyla VO_2 , bu tür egzersizlerde antrenman şiddetinin ölçülmesinde kullanılabilir.^{2,39} Ancak laktat eşliğinin üzerindeki antrenman yüklerinde, VO_2 kinetikleri daha karmaşık hâle gelmektedir ve bu tür antrenmanlarda VO_2 'deki artış doğrusal olmayabilir. Aerobik sistem yanıtları, artan egzersiz şiddetini tam olarak yansıtmayabilir.⁴⁰ Bundan dolayı VO_2 ile supramaksimal ve interval egzersizlerde antrenman şiddeti doğru ölçülemeyebilir.^{2,34,39}

Ayrıca fizyolojik ve performans gereksinimleri farklı olan sporcuların maruz kaldıkları antrenman şiddeti, mutlak VO_2 'den ziyade genellikle maksimal oksijen tüketim yüzdeleri ($VO_{2maks\%}$) kullanılarak karşılaştırılmaktadır. Ancak, maksimal oksijen tüketimi (VO_{2maks}), antrenman türüne özgü olarak değişebilir ve antrenman reçetelendirilmesinden önce, her antrenman tipine özel olarak VO_{2maks} değerinin tekrar belirlenmesi gerekebilir. Bu nedenle $VO_{2maks\%}$ 'lerine alternatif olarak, $VO_{2r\%}$ kullanılabilir (Eşitlik 2) (Tablo 4).² Nitekim farklı antrenman tiplerinde şiddet ölçüldüğünde, VO_{2r} ile KAH_T benzer sonuçlar verirken, $VO_{2maks\%}$ her 2 yöntemden farklı sonuçlar vermektedir.⁴¹⁻⁴³

TABLO 4: Oksijen tüketim rezervi yüzdelerine göre antrenman şiddet bölgeleri.²²

Egzersiz şiddeti	$VO_{2r\%}$
Çok hafif	<30
Hafif	30-39
Orta	40-59
Şiddetli	60-89
Maksimale yakın-Maksimal	90-100

$VO_{2r\%}$ = Oksijen tüketim rezerv yüzdeleri.

EŞİTLİK 2

$$VO_{2r\%} = (VO_{2egz} - VO_{2din}) \times 100 / (VO_{2maks} - VO_{2din})$$

$VO_{2r\%}$: Oksijen tüketim rezervi yüzdesi

VO_{2egz} : Ortalama egzersiz oksijen tüketimi

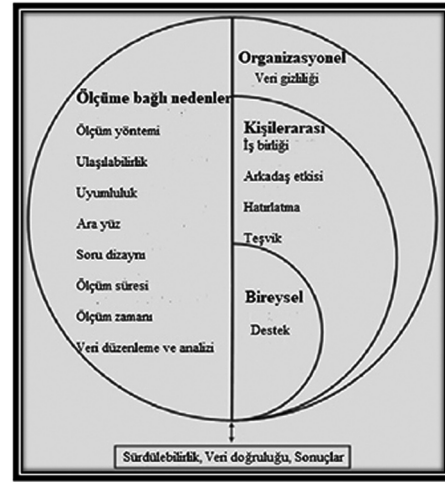
VO_{2din} : Dinlenme oksijen tüketimi

VO_{2maks} : Maksimal oksijen tüketimi

ANKETLER VE GÜNLÜKLER

Anketler ve günlükler antrenman yükünün değerlendirilmesinde sıkça kullanılan oldukça basit ve maliyeti düşük yöntemlerdir.³ Ruh hâli profili, sporcular için toparlanma-stres anketi, sporcuların yaşam ihtiyaçlarının günlük analizi, toplam toparlanma skalası bu yöntemlerden bazılarıdır.⁴⁴⁻⁴⁷ Bu yöntemler temelde sporcuların, antrenman öncesi ya da sonrasında, çeşitli psikolojik durumları (ruh hâli vs.) ve iyi olma hâlleri (toparlanma durumu vs.) ile ilgili kendi düşüncelerini ifade etmelerine (öz bildirim) dayanmaktadır.⁴⁸ Bu psikolojik göstergelerdeki değişimler takip edilerek, antrenmanın sporcuda yarattığı etkiler tespit edilebilir ya da aşırı antrenman gibi istenmeyen durumlar önlenir.^{49,50} Öz bildirim yöntemlerinin (ÖBY) günlük uygulaması, antrenman yükündeki akut değişimleri yansıtırken, daha uzun zaman aralıklarla yapılan ölçümler kronik antrenman adaptasyonlarının yorumlanmasında kullanılabilir.⁵¹⁻⁵³ Nitekim yapılan bazı araştırmalarda öznel yöntemlerin (mod, algılanan stres), nesnel yöntemlere (kan değerleri, KAH, VO_2) oranla, antrenman yükündeki akut ve kronik değişimleri daha hassas yansıtabileceği ortaya koyulmuştur.^{49,54,55}

Uygulanışlarının kolay, maliyetlerinin düşük olması ve antrenmana herhangi bir müdahale gerektirmemeleri, antrenman yükü takibinde ÖBY'nin kullanımını oldukça yaygın hâle getirmiştir. Ancak bu yöntemlerle yapılan ölçümler, sporcuların öznel yanıtlarına dayanmaktadır ve bu yanıtlar antrenman yükünden bağımsız birçok faktörden etkilenebilmektedir (Şekil 2).⁵⁶ Bu sebeple ÖBY'nin uygulaması sırasında, sporcu beyanından kaynaklanan ölçüm hataları en aza indirilmelidir. Sporcuların, bu yöntemlerin uygulanma sırasındaki soruları etkin bir şekilde yanıtlayabilme ve iç gözlem yapabileme kabiliyetlerinin, bireysel farklılıklar gösterebileceği



ŞEKİL 2: Öz bildirim yöntemlerinin uygulamasını (sürdürülebilirlik, veri doğruluğu, sonuçlar) etkileyen faktörler.⁵⁶

unutulmamalıdır. Bu bağlamda uygulanacak yöntem, sporculara detaylı şekilde açıklanarak, her sporcunun o yöntemi doğru şekilde anladığından emin olunmalıdır. Sporcuların uygulanacak yöntemin önemini ve amacını kavraması, aynı zamanda sürece olan bağlılığını ve motivasyonunu da artıracak, yanıtları manipüle etme riskini ise azaltacaktır.⁵⁶ Aksi hâlde sporcular, arkadaş ve antrenöre “numaradan iyi gözükme” ya da antrenman yükünün düşürülmesi için “numaradan kötü gözükme” gibi yollara başvurabilmektedir.^{49,57} Ayrıca bu yöntemlerin uygulaması sırasında antrenman süresiyle uygulanacak yöntem arasındaki zaman aralığı arttıkça, antrenman sırasında maruz kalınan stresin yanlış anımsanabileceği unutulmamalıdır. Bu durumu engellemek için antrenmanlarla ölçümler arasındaki süre kısa tutulabilir. Anlatılanlara ek olarak, sporcular psikolojik durumlarıyla ilgili detaylı soruların yanıtlanmasını zor bulmaktadır. İlaveten her gün aynı soruların yanıtlanması sıkıcı olabilmekte ve anket yorgunluğuna yol açabilmektedir. ÖBY, ardışık günlerde uygulanarak ve uygulama süreleri kısaltılarak bu durum önlenmeye çalışılabilir.⁵⁸ ÖBY uygulamasıyla ilgili sık karşılaşılan problemlerden birisi de elde edilen verilerin yorumlanmasıdır. Bu veriler, genelde uygulatıcıların kendi yaklaşımlarıyla analiz edilerek, sonuçlar keyfi oluşturulmuş eşiklere göre değerlendirilmektedir.⁵⁹ Sporcularla ilgili verilecek kararlarda bu eşikler kullanılarak bilimsel literatür yadsınabilmektedir.

Elde edilen veriler mutlaka bilimsel literatürle desteklenmelidir. Ayrıca toplanan veriler genellikle sadece uygulayıcı tarafından kullanılarak, sporcu ve antrenörlerin sürece dâhil olması önlenmektedir. Bu durum uygulayıcıların sürece aidiyetini olumsuz etkilerken, elde edilen verilerin antrenör ve sporcular ile paylaşılması, hem sürecin paydaşlarının sürece bağlılığını artıracak hem de daha doğru veri alınmasını sağlayacaktır.⁵⁶

Literatüre bakıldığında, ÖBY ile yapılan antrenman yükü takibinde birçok faktör, antrenman etkisinden bağımsız olarak sporcu yanıtlarını etkileyebilmektedir. Bu bağlamda elde edilen sonuçların, nesnel (fizyolojik ve performans) ölçüm yöntemleriyle birleştirilerek daha doğru yorumlanabileceği unutulmamalıdır. Ayrıca uygulama stratejileri, süreç içerisinde bireysel ihtiyaçları karşılayacak şekilde daha uygun hâle getirilebilir.⁶⁰ Seçilen yöntemin uygulanma sıklığı, yöneme ait soru sayısı, soru seçimi ve teknolojinin etkin kullanımı gibi ölçüm sonuçlarını etkileyecek faktörler ayarlanarak, sporcunun süreçteki yükü azaltılabilir ve bu sayede daha geçerli ve güvenilir veri toplanabilir.

ANTRENMAN YÜKÜ İNDEKSLERİ

Antrenman Uyaranı

Banister ve ark., tarafından geliştirilen “antrenman uyaranı (TRIMP)” ile, antrenman yükü tek bir sayısal değerle ifade edilebilir. Bu değer, antrenmanın süresi ve şiddetinin çarpımıyla hesaplanmaktadır (Eşitlik 3).^{61,62} Ancak bu yöntemin en temel sınırlılıklarından biri, antrenman şiddetinin; sporcunun KAH değişimleri kadınlar ve erkekler için farklı belirlenmiş yoğunluk faktörüne göre (Y) hesaplanmasıdır. Nitekim KAH, şiddetten bağımsız olarak birçok faktörden etkilenirken, yüksek şiddetli egzersizlerde, şiddeti tam olarak yansıtmayabilir.²⁰ İlave olarak, yöntemde yüksek şiddetli kısa süreli egzersizlerle uzun süreli düşük şiddetli egzersizler arasında oluşabilecek yanlış ve orantısız antrenman yükü hesaplamalarının giderilmesi için (Y) kullanılmaktadır.⁶¹ (Y), her 2 cinsiyet için farklı sabit 2 değer içermekte ve bu sabit değerler belirli bir sporcu grubu referans alınarak geliştirilmiştir. Ancak (Y) farklı sporcu grupları için geçerli olmayabilir, dolayısıyla antrenman yükü yanlış hesaplanabilir. Nitekim bu durum göz önünde

bulundurularak, Manzi ve ark., tarafından bireyselleştirilmiş antrenman uyaranı geliştirilmiştir. Bu yöntemde orijinal formüldeki cinsiyete bağlı sabit değerler kaldırılarak, (Y) bireyselleştirilmiştir.^{63,64}

EŞİTLİK 3/BANİSTER METOT

TRIMP antrenman yükü=antrenman süresi (dk) x
▲KAHoranıxY

▲KAHoranı=(KAH_{egzersiz}-KAH_{dinlenim})/(KAH_{zirve}-KAH_{dinlenim})

Y= 0.64e^{b▲KAHoranı} Y= 0.86e^{b▲KAHoranı}

b=sabit sayı 1,67 erkekler ve 1,92 kadınlar için
e=(doğal logaritma kökü)

Antrenman iç yük takibinde KAH'yi temel alan bir başka yöntem ise, Edwards tarafından geliştirilmiştir.⁶⁵ Edwards metodu, aralıklı antrenmanlarda antrenman yükünün hesaplanması için kullanılmaktadır. Bu yöntemde, 5 farklı kalp atım alanlarında geçirilen süreler hesaplanır ve o alana denk gelen katsayılarla çarpılır. Daha sonra her alan için çıkan sonuçlar toplanarak antrenman yükü hesaplanır (Eşitlik 4).⁶⁵

Edwards metodunun temel sınırlılığı katsayıların kullanımıyla yapılan ağırlıklandırma sistemidir. Bu sisteme göre sporcuda oluşan fizyolojik yük farklı olmasına rağmen benzer kalp atım alanlarına ait en düşük ve en yüksek KAH aynı katsayıyla hesaplanmaktadır. Ayrıca bazı durumlarda KAH'lerde gerçekleşen bir atımlık değişim, alan katsayısını değiştirebilir ve hesaplanan antrenman yükünün hatalı bir şekilde artmasına ya da azalmasına neden olabilir. Bunların yanı sıra anaerobik eşikleri farklı 2 sporcunun, antrenmanı benzer KAH yüzdeleriyle tamamlasalar bile maruz kaldıkları metabolik stres farklı olabilir. Bu durum, antrenman yükünün hatalı şekilde hesaplanmasına yol açabilmektedir.^{20,66}

EŞİTLİK 4

(%50-60 KAH_{zirve}=katsayı 1; %60-70 KAH_{zirve}=katsayı 2, %70-80 KAH_{zirve}=katsayı 3, %80-90 KAH_{zirve}=katsayı 4, %90-100 KAH_{zirve}=katsayı 5)

KAH yanıtlarını temel alan ve antrenman yükünün bireyselleştirilmesi için geliştirilen bir başka yöntem ise Lucia metodudur.⁶⁷ Lucia metodunda öncelikle solunum eşiklerinin farklı alanlarında (Bi-

rinci bölge; solunum eşiğinin altı, ikinci bölge; solunum eşiğiyle solunum kompenzasyon noktası arasındaki bölge, üçüncü bölge; solunum kompenzasyon noktasının üstünde kalan bölge) geçirilen sürelerle o bölgeye denk gelen katsayılar (Birinci bölge için=1, ikinci bölge için=2, üçüncü bölge için=3) çarpılır. Daha sonra elde edilen sonuçlar toplanarak antrenman yükü hesaplanır. Edwards metoduyla benzer bir yöntemdir ancak bu yöntemde antrenman yükü takibi yapılmadan önce laboratuvar testleriyle sporcuların solunum eşiklerine denk gelen KAH değerlerinin saptanması gerekmektedir.⁶⁸

KAH temel alan antrenman yükü indeksleri, bazı antrenman tipleri (sürekli koşular, yaygın intervaller vs.) için oldukça pratik ve geçerli yöntemlerdir. Dolayısıyla KAH temelli indekslerle söz konusu antrenman tiplerinde, antrenman yükü güvenli bir şekilde ölçülerek, performans çıktıları takip edilebilir. Ancak bu indeksler, kuvvet (ağırlık) antrenmanları, yüksek şiddetli intervaller ve pliometrik antrenmanlarda, antrenman yükünün belirlenmesinde yetersiz kalabilmektedir.^{2,69} Ayrıca antrenman sırasında kalp atım cihazlarında meydana gelebilecek teknik aksaklıklar veri kaybına neden olabilmektedir.¹¹

ANTRENMAN ALGILANAN ZORLUK DERECEŚİ

KAH takibi, yüksek şiddetli ve aralıklı egzersizlerde antrenman iç yükünü tam olarak yansıtmamaktadır.^{70,71} Ayrıca KAH'yi temel alan TRIMP gibi antrenman yükü indeksleri, karmaşık formüller içermekte ve bu yöntemlerde düzenli KAH takibi için teknolojik aletlere gereksinim duyulmaktadır.¹ Bu nedenle, Foster ve ark., tarafından antrenman yükü ölçümünün kolaylaştırılması için antrenman algılanan zorluk derecesi (AAZD) geliştirilmiştir (Eşitlik 5).⁶⁹ Bu yöntemde, sporcu antrenman ya da müsabakadan yaklaşık 30 dk sonra Foster skalasını kullanarak "Antrenman boyunca ne kadar zorlandın?" sorusunu yanıtlar ve skalada zorluk derecesinin denk geldiği sayı antrenman şiddeti olarak belirlenir. Daha sonra belirlenen antrenman şiddetiyle toplam antrenman süresi (dk) çarpılarak, antrenman yükü değeri bulunur.^{69,72} Bu yöntem, birçok antrenman türünde (yüksek şiddetli ve aralıklı egzersizler, pliometrik egzersizler, takım antrenmanları, müsabakalar) antrenman yü-

künün hesaplanması için oldukça kullanışlı, geçerli ve güvenilir bir yöntemdir.^{20,68,69,73-76} Ayrıca AAZD ile birçok nesnel antrenman yükü göstergesi ($VO_{2r}=0,75$, $KAH_r=0,69-0,85$ TRIMP $r=0,84-0,97$) arasında korelasyon mevcuttur.^{77,78}

Kuvvet antrenmanlarında antrenman yükü AAZD ile hesaplanabilir. Sporcunun antrenmanda uyguladığı tekrar sayısı ile algıladığı zorluk derecesi çarpılarak AAZD bulunabilir (Eşitlik 6).^{2,79} Ancak kuvvet antrenmanlarında AZD'nin, antrenman hacminden ziyade, kaldırılan ağırlığın şiddetinden (ağırlık miktarı) etkilenebileceği unutulmamalıdır.⁸⁰ Antrenman hacmi aynı olmasına rağmen düşük ağırlık ve çok tekrar yapılan antrenmanlar, yüksek ağırlık ve düşük tekrar yapılan kuvvet antrenmanlarına oranla daha kolay algılanabilir.^{81,82}

EŞİTLİK 5

Antrenman algılanan zorluk derecesi:

Antrenman yükü (sayısal değer)=antrenman şiddeti (1-10 arası ölçek)x antrenman süresi (dk)

EŞİTLİK 6

Kuvvet antrenmanları için AAZD:

Antrenman yükü (sayısal değer)=tekrar sayısı *Algılanan zorluk derecesi (1-10 ölçek)

AAZD, günlük, haftalık ya da yıllık antrenman planlamalarında kolayca kullanılabilen ve antrenman yükü takibini oldukça kolaylaştıran maliyetsiz bir yöntemdir.^{73,83} Bu bağlamda, düzenli AAZD takibiyle aşırı yüklenmeler ve spor yaralanmalarının önüne geçilebilir.⁸⁴ Ayrıca antrenörler bu yöntemi kullanarak planladıkları antrenman yüküyle uygulanan antrenman yükü arasındaki farklılıkları tespit edebilirler. Antrenman öncesinde planlanan antrenman yükü değeri belirlenerek, antrenman sonrasında sporcudan gelecek yanıtlarla bu değerler karşılaştırılabilir. Bu sayede antrenmanın, amaçlanan şekilde gerçekleşip gerçekleşmediği belirlenebilir.⁷³ AAZD ile antrenman yükü takibi yapılmadan önce değerlendirilmesi gereken en önemli konulardan biri, fiziksel efor algısının antrenmandan bağımsız birçok çevresel, sosyolojik ve karakteristik faktörden etkilenebileceğidir. Sporcular, benzer fizyolojik stresleri o anki psikolojik durumlarına göre farklı algılayabilirler.² Ölçüm

ortamında farklı bir gözlemcinin varlığı sporcunun AZD'sini etkileyebilir. Bu bağlamda, ölçüm ortamı ve prosedürler standart hâle getirilmelidir. Ayrıca sporculara antrenman yükü takibinden önce skala hakkında eğitim verilebilir ve bu sporcular skala kullanımına aşına hâle getirilerek ölçümlerin güvenilirliği artırılabilir.^{68,73} Bunların yanı sıra AAZD ile geleneksel AZD belirleme yöntemleri arasında bazı farklılıklar olduğu unutulmamalıdır. AAZD yönteminde, AZD Foster skalasıyla belirlenirken, geleneksel yöntemde Borg CR-10 skalası kullanılmaktadır. Foster skalası, Borg CR-10 skalasının modifiye edilmiş hâlidir ve bu skalada egzersiz şiddeti farklı rakamlarla ifade edilmektedir.²⁷ Borg CR-10 skalasında, 10 değeri oldukça zor ya da çok zor şeklinde ifade edilirken (ki bunun anlamı hemen hemen maksimal de denebilir), bu sayı Foster skalasında maksimal egzersiz şiddetine denk gelmektedir. Bu ifade orijinal skalada sporcuya 10'un ötesine gitmeye müsaade eder. Bu yüzden teorik olarak maksimal egzersiz şiddeti 12 ya da 13'e denk gelebilir. Bu durum göz önünde bulundurularak, Borg tarafından skalaya 0-3 arasında ve 10'dan sonra ekstra rakamlarla mutlak maksimum değerine denk gelen nokta eklenmiştir. Bu bağlamda 2 skala birbirine karıştırılmamalıdır. Anlatılanlara ek olarak, normal geleneksel yaklaşımla hesaplanan AZD'de, sporcuya egzersize ait belirli bir bölüm için ne kadar zorluk hissettiği sorulurken, AAZD ile sporcudan bütün bir antrenmanın zorluğuyla ilgili değerlendirme yapması istenir. Bu nedenle, ölçüm antrenmandan 30 dk sonra alınarak, sporcunun AAZD değerinin, antrenmanın kolay ya da zor bölümleri tarafından basılanması önlenmeye çalışılır.⁶⁹

SONUÇ VE ÖNERİLER

Antrenman yükü ölçümünde GPS, mikrosensörler ve yapay zekâ ürünlerinin sporla bütünleşmesi önemli bir dönüm noktası olurken, antrenman öğelerinin birlikte ele alınarak hesaplandığı çeşitli indeksler ve fizyolojik yöntemler, yüklerin sayısallaşmasını ve daha kolay şekilde takip edilmesini sağlamıştır. Ancak bütün bu ölçüm yöntemlerinin çeşitli sınırlılıkları

(GPS; düşük frekanslı cihazlarda ölçüm güvenilirliği düşer, VO₂; supramaksimal antrenmanlar için uygun değil, KAH; antrenman yükünden bağımsız çevresel koşullardan etkilenir, laktat; laktat eşliğinin üzerindeki antrenman şiddetlerinin sınıflandırılmasında çok uygun bir yöntem değil vs.) olduğu unutulmamalıdır. Ayrıca dış yüke verilen KAH, laktat konsantrasyonları, algılanan zorluk derecesi gibi fizyolojik ve psikolojik yanıtlar olarak tanımlanan iç yük belirlemede kullanılan yöntemlerin geçerlilik, güvenilirlik, saha ortamında uygulanabilirlik ve pratiklik açılarından geliştirilmesine ihtiyaç olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Antrenmanın bireyselleştirilmesinde, bu sınırlılıkların bilinmesi ve aşılması, bunun yanı sıra iç-dış yük kavramlarının birlikte ele alındığı bütünleştirici yaklaşımlar kritik önem arz ederken gelecekte, antrenman yükünün ölçümüyle elde edilecek verilerin geliştirilmiş algoritmalar aracılığıyla değerlendirilmesi, bizlere antrenman yükü takibiyle ilgili daha kesin ve tatmin edici bilgiler sağlayacaktır.

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: Burak Çağlar Yaşlı, Hakan Karabıyık, Raci Karayığit, Mitat Koz; **Tasarım:** Burak Çağlar Yaşlı, Raci Karayığit, Hakan Karabıyık, Mitat Koz; **Denetleme/Danışmanlık:** Burak Çağlar Yaşlı; **Kaynak Taraması:** Burak Çağlar Yaşlı, Raci Karayığit, Hakan Karabıyık, Mitat Koz; **Makalenin Yazımı:** Burak Çağlar Yaşlı; **Eleştirel İnceleme:** Burak Çağlar Yaşlı, Raci Karayığit, Mitat Koz, Hakan Karabıyık.

KAYNAKLAR

- 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-S8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- 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](#)]
- Halson SL. Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Med.* 2014;44 Suppl 2(Suppl 2):S139-47. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- 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-S70. [[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](#)]
- Viru A, Viru M. Nature of training effects. Exercise and sport science. 1st ed. In: Garrett W, Kirkendall D, eds. Philadelphia: Lippincott Williams & Williams; 2000. p.67-95.
- Impellizzeri FM, Marcora SM, Coutts AJ. Internal and external training load: 15 years on. *Int J Sports Physiol Perform.* 2019;14(2):270-3. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Mujika I, Padilla S. Detraining: loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part II: long term insufficient training stimulus. *Sports Med.* 2000;30(3):145-54. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Akubat I, Barrett S, Abt G. Integrating the internal and external training loads in soccer. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014;9(3):457-62. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Schwellnus M, Soligard T, Alonso JM, Bahr R, Clarsen B, Dijkstra HP, et al. How much is too much? (Part 2) International olympic committee consensus statement on load in sport and risk of illness. *Br J Sports Med.* 2016;50(17):1043-52. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
- Alemdaroğlu U, Köklü Y. [Training load and the role of injury prevention]. *Türkiye Klinikleri J Sports Med-Special Topics.* 2017;3(3):184-90. [[Link](#)]
- Scott TJ, Black CR, Quinn J, Coutts AJ. Validity and reliability of the session-RPE method for quantifying training in Australian football: a comparison of the CR10 and CR100 scales. *J Strength Cond Res.* 2013;27(1):270-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Soligard T, Schwellnus M, Alonso JM, Bahr R, Clarsen B, Dijkstra HP, et al. How much is too much? (Part 1) International olympic committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *Br J Sports Med.* 2016;50(17):1030-41. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Cardinale M, Varley MC. Wearable training-monitoring technology: applications, challenges, and opportunities. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017;12(Suppl 2):S255-S62. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Osgnach C, Poser S, Bernardini R, Rinaldo R, di Prampero PE. Energy cost and metabolic power in elite soccer: a new match analysis approach. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(1):170-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- di Prampero PE, Fusi S, Sepulcri L, Morin JB, Belli A, Antonutto G, et al. Sprint running: a new energetic approach. *J Exp Biol.* 2005;208(Pt 14):2809-16. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Rampinini E, Alberti G, Fiorenza M, Riggio M, Sassi R, Borges TO, et al. Accuracy of GPS devices for measuring high-intensity running in field-based team sports. *Int J Sports Med.* 2015;36(1):49-53. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- 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;5(3):328-41. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Scott MTU, 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](#)]
- Lambert MI, Borresen J. Measuring training load in sports. *Int J Sports Physiol Perform.* 2010;5(3):406-11. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Arts FJ, Kuipers H. The relation between power output, oxygen uptake and heart rate in male athletes. *Int J Sports Med.* 1994;15(5):228-31. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, et al. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(7):1334-59. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- arvonen J, Vuorimaa T. Heart rate and exercise intensity during sports activities. Practical application. *Sports Med.* 1988;5(5):303-11. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Pind R, Mäestu J. Monitoring training load: necessity, methods and applications. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis.* 2017;23:7-18. [[Crossref](#)]
- Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14(5):377-81. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Coutts AJ, Rampinini E, Marcora SM, Castagna C, Impellizzeri FM. Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *J Sci Med Sport.* 2009;12(1):79-84. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Eston R. Use of ratings of perceived exertion in sports. *Int J Sports Physiol Perform.* 2012;7(2):175-82. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Green JM, McLester JR, Crews TR, Wickwire PJ, Pritchett RC, Lomax RG, et al. RPE association with lactate and heart rate during high-intensity interval cycling. *Med Sci Sports Exerc.* 2006;38(1):167-72. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Robinson DM, Robinson SM, Hume PA, Hopkins WG. Training intensity of elite male distance runners. *Med Sci Sports Exerc.* 1991;23(9):1078-82. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Chen MJ, Fan X, Moe ST. Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *J Sports Sci.* 2002;20(11):873-99. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Little T, Williams AG. Measures of exercise intensity during soccer training drills with professional soccer players. *J Strength Cond Res.* 2007;21(2):367-71. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Djaoui L, Haddad M, Chamari K, Dellal A. Monitoring training load and fatigue in soccer players with physiological markers. *Physiol Behav.* 2017;1;181:86-94. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Billat LV. Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. Recommendations for long-distance running. *Sports Med.* 1996;22(3):157-75. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Mujika I. Quantification of training and competition loads in endurance sports: methods and applications. *Int J Sports Physiol Perform.* 2017;12(Suppl 2):S29-S217. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Swart J, Jennings CL. Use of blood lactate concentration as a marker of training status. *South African Journal of Sports Medicine.* 2004;16(2):1-5.
- Pyne DB, Lee H, Swanwick KM. Monitoring the lactate threshold in world-ranked swimmers. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(2):291-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
- Jeukendrup AE, Hesselink MK. Overtraining-what do lactate curves tell us? *Br J Sports Med.* 1994;28(4):239-40. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]

38. Parkin JM, Carey MF, Zhao S, Febbraio MA. Effect of ambient temperature on human skeletal muscle metabolism during fatiguing submaximal exercise. *J Appl Physiol* (1985). 1999;86(3):902-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
39. Hopkins WG. Quantification of training in competitive sports. Methods and applications. *Sports Med*. 1991;12(3):161-83. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
40. Xu F, Rhodes EC. Oxygen uptake kinetics during exercise. *Sports Med*. 1999;27(5):313-27. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
41. Impellizzeri FM, Rampinini E, Marcora SM. Physiological assessment of aerobic training in soccer. *J Sports Sci*. 2005;23(6):583-92. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
42. Swain DP, Leutholtz BC. Heart rate reserve is equivalent to %VO₂ reserve, not to %VO₂max. *Med Sci Sports Exerc*. 1997;29(3):410-4. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
43. Swain DP, Leutholtz BC, King ME, Haas LA, Branch JD. Relationship between % heart rate reserve and % VO₂ reserve in treadmill exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30(2):318-21. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
44. Kellmann M, Kallus KW. The Recovery-Stress-Questionnaire for Athletes: User Manual. Champaign, IL: Human Kinetics; 2001. p.128.
45. Kenttä G, Hassmén P. Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sports Med*. 1998;26(1):1-16. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
46. 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](#)]
47. Rushall BS. A tool for measuring stress tolerance in elite athletes. *J Appl Sport Psychol*. 1990;2(1):51-66. [[Crossref](#)]
48. 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](#)]
49. Meeusen R, Duclos M, Foster C, Fry A, Gleeson M, Nieman D, et al. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc*. 2013;45(1):186-205. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
50. Raglin JS, Wilson GS. Overtraining in Athletes. In: Hanin YL, ed. *Emotions in Sport*. Champaign, IL: Human Kinetics; 2001. p.191-207. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
51. Brink MS, Visscher C, Coutts AJ, Lemmink KAPM. Changes in perceived stress and recovery in overreached young elite soccer players. *Scand J Med Sci Sports*. 2012;22(2):285-92. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
52. Kenttä G, Hassmén P, Raglin JS. Mood state monitoring of training and recovery in elite kayakers. *European Journal of Sport Science*. 2006;6(4):245-53. [[Crossref](#)]
53. Zerguini Y, Dvorak J, Maughan RJ, Leiper JB, Bartagi Z, Kirkendall DT, et al. Influence of Ramadan fasting on physiological and performance variables in football players: summary of the F-MARC 2006 Ramadan fasting study. *J Sports Sci*. 2008;26 Suppl 3:S3-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
54. 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](#)]
55. Coutts AJ, Slattery KM, Wallace LK. Practical tests for monitoring performance, fatigue and recovery in triathletes. *J Sci Med Sport*. 2007;10(6):372-81. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
56. Saw AE, Main LC, Gastin PB. Monitoring athletes through self-report: factors influencing implementation. *J Sports Sci Med*. 2015;1;14(1):137-46. [[PubMed](#)]
57. Ekegren CL, Donaldson A, Gabbe BJ, Finch CF. Implementing injury surveillance systems alongside injury prevention programs: evaluation of an online surveillance system in a community setting. *Inj Epidemiol*. 2014;1(1):19. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
58. Rankin D, Hanekom SM, Wright HH, MacIntyre UE. Dietary assessment methodology for adolescents: a review of reproducibility and validation studies. *South Afr J Clin Nutr*. 2010;23(2):65-74. [[Crossref](#)]
59. 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.
60. 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](#)]
61. Banister E, MacDougall J, Wenger H. Modeling Elite Athletic Performance. In: Green H, MacDougall J, Wenger H, eds. *Physiological Testing of High-Performance Athletes*. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 1991. p.403-24.
62. Coutts A, Cormack S. Monitoring the Training Response. In: Lawindon D, Joyce D, eds. *High-Performance Training for Sports*. 1st ed. Champaign IL: Human Kinetics; 2014. p.71-84.
63. Akubat I, Patel E, Barrett S, Abt G. Methods of monitoring the training and match load and their relationship to changes in fitness in professional youth soccer players. *J Sports Sci*. 2012;30(14):1473-80. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
64. Manzi V, Iellamo F, Impellizzeri F, D'Ottavio S, Castagna C. Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(11):2090-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
65. Edwards S. High Performance Training and Racing. In: Edwards S, ed. *Heart Rate Monitor Book*. 1st ed. Sacramento, CA: Feet Fleet Press; 1993. p.113-23.
66. 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](#)]
67. 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](#)]
68. 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](#)]
69. 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](#)]
70. Achten J, Jeukendrup AE. Heart rate monitoring: applications and limitations. *Sports Med*. 2003;33(7):517-38. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
71. Slimani M, Davis P, Franchini E, Moalla W. Rating of perceived exertion for quantification of training and combat loads during combat sport-specific activities: a short review. *J Strength Cond Res*. 2017;31(10):2889-902. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
72. Herman L, Foster C, Maher MA, Mikat RP, Porcari JP. Validity and reliability of the session RPE method for monitoring exercise training intensity. *South African Journal of Sports Medicine*. 2006;18(1):14-7. [[Crossref](#)]
73. 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;2;11:612. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)] [[PMC](#)]
74. Manzi V, D'Ottavio S, Impellizzeri FM, Chaouachi A, Chamari K, Castagna C, et al. Profile of weekly training load in elite male professional basketball players. *J Strength Cond Res*. 2010;24(5):1399-406. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
75. Minganti C, Capranica L, Meeusen R, Amici S, Piacentini MF. The validity of session rating of perceived exertion method for quantifying training load in team gym. *J Strength Cond Res*. 2010;24(11):3063-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
76. Wallace LK, Slattery KM, Coutts AJ. The ecological validity and application of the session-RPE method for quantifying training loads in swimming. *J Strength Cond Res*. 2009;23(1):33-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]

77. Padulo J, Chaabéne H, Tabben M, Haddad M, Gevat C, Vando S, et al. The construct validity of session RPE during an intensive camp in young male karate athletes. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2014;4(2):121-6. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
78. Wallace LK, Slattery KM, Impellizzeri FM, Coutts AJ. Establishing the criterion validity and reliability of common methods for quantifying training load. *J Strength Cond Res.* 2014;28(8):2330-7. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
79. McGuigan MR, Foster C. A new approach to monitoring resistance training. *National Strength and Conditioning Journal.* 2004;26(6):42-7. [[Crossref](#)]
80. Hiscock DJ, Dawson B, Peeling P. Perceived exertion responses to changing resistance training programming variables. *J Strength Cond Res.* 2015;29(6):1564-9. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
81. Day ML, McGuigan MR, Brice G, Foster C. Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *J Strength Cond Res.* 2004;18(2):353-8. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
82. Sweet TW, Foster C, McGuigan MR, Brice G. Quantitation of resistance training using the session rating of perceived exertion method. *J Strength Cond Res.* 2004;18(4):796-802. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
83. Haddad M, Chaouachi A, Castagna C, Wong DP, Behm DG, Chamari K, et al. The construct validity of session RPE during an intensive camp in young male taekwondo athletes. *Int J Sports Physiol Perform.* 2011;6(2):252-63. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]
84. Clarke N, Farthing JP, Norris SR, Arnold BE, Lanovaz JL. Quantification of training load in Canadian football: application of session-RPE in collision-based team sports. *J Strength Cond Res.* 2013;27(8):2198-205. [[Crossref](#)] [[PubMed](#)]