



**Derleme Makale**

**Künye:** Dirik, H.B. & Gürol, B. (2021). Antrenman İç Yükleri: Fizyolojik Yanıtlar, Atatürk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 23(2).

## ANTRENMAN İÇ YÜKLERİ: FİZYOLOJİK YANITLAR

**Hasan Batuhan Dirik<sup>1</sup>, Barış Gürol<sup>2</sup>**

### ÖZ

İç yük, antrenman veya müsabaka sırasında sporcuların fizyolojik ve psikolojik strese maruz kalmaları sonucu organizmanın vermiş olduğu tepkilerdir. Performansın etkili bir şekilde sürdürülebilmesi için antrenmana verilen tepkiler antrenörler ve/veya uygulayıcılar tarafından sürekli gözlem altında tutulması gerekmektedir. İç yük takibinde birçok değerlendirme yöntemi bulunmaktadır. Bu yöntemler saha ve laboratuvar koşullarında uygulanabilmektedir. Teknolojinin ve spor bilimlerinin hızla gelişmesi ile her geçen gün yeni cihazlar ve fikirler ortaya çıkmaktadır. Eskiden sadece laboratuvar ortamında yapılan uygulamalar, günümüzde bir saat veya telefon uygulaması ile yapılabilecek kadar kolay hale gelmiştir. Bu yenilikler, spor bilimciler ve uygulayıcılara birçok kolaylıklar sağlamaktadır. Takım sporları ve bireysel sporlarda uygulayıcıların bu yöntemleri kullanarak antrenman programlarını dizayn etmeleri gerekmektedir. Özellikle takım sporlarında bireysel farklılıklar olabilmektedir. Aynı antrenman sürecinde sporcular birbirlerinden farklı fizyolojik tepkiler verebilmektedir. Bu farklılıkların antrenmandan elde edilecek verimi düşürebileceği gibi sakatlık ve hastalıklara da sebebiyet verebileceği bilinmektedir. Ayrıca futbol gibi sıkışık müsabaka dönemlerinin olabildiği spor branşlarında bu değerlendirmeler daha da önemli hale gelmektedir. Sonuç olarak bu derlemede, antrenmanda oluşan iç yüklerin oluşumu ve değerlendirmelerinin kapsamlı bir şekilde ele alınarak, spor bilimcilere ve uygulayıcılara katkı sağlanması amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Antrenman Takibi, Antrenman Yüğü, İç yük, Performans Takibi

<sup>1</sup> Eskişehir Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Eskişehir.  
0000-0003-3463-4469

<sup>2</sup> Eskişehir Teknik Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Eskişehir.  
0000-0002-3372-617X

## INTERNAL TRAINING LOADS: PHYSIOLOGICAL RESPONSES

### ABSTRACT

Internal load is the reactions of the organism as a result of the physiological and psychological stress of the athletes during training and competition. In order to maintain the performance effectively, the reactions to the training should be constantly monitored by the trainers and/ or practitioners. There are many assesment methods in the internal load monitoring. These methods can be applied in field and laboratory conditions. With the rapid development of technology and sports sciences, new devices and ideas are emerging day by day. Assessments that were used only in the laboratory environment in the past have now become easy enough to be done with a watch or phone application. These innovations provide many facilities to sports scientists and practitioners. In team sports and individual sports, practitioners should design their training programs using these methods. There may be individual differences especially in team sports. During the same training period, athletes can give different physiological reactions from each others. It is known that these differences may reduce the efficiency of training as well as cause injuries and diseases. In addition, these evaluations become even more important in sports branches such as soccer, where there may be congested competition periods. In conclusion, in this review, it is aimed to contribute to sports scientists and practitioners by comprehensively addressing the formation and evaluation of internal loads during training.

**Keywords:** Training Monitorization, Training Load, Internal Load, Performance Monitorization

## GİRİŞ

Antrenman yüklerinin sistematik olarak takibi sporcuların performans değişimlerini değerlendirme ve geliştirmeye yönelik önemli bilgiler sunmaktadır. Bu önemli bilgilerin ışığında antrenörler ve spor bilimcilerin antrenmanlarda daha efektif sonuçlar alabilmek, aşırı antrenman, aşırı zorlanma gibi parametreleri değerlendirmek, mevcut sakatlıkların, oluşabilecek hastalıkların öngörülmesi ve önlenmesi amacıyla bu gözlemlerden faydalanmaları gerekmektedir. Sporcuların performanslarını gözlemek ve istedik seviyelere taşıyabilmek amacıyla birçok objektif ve subjektif tabanlı değerlendirme yöntemleri bulunmaktadır (McGuigan, 2017).

İç antrenman yükü, sporcunun antrenman veya müsabaka içerisindeki organizmanın maruz kaldığı stresler sonucu oluşan fizyolojik ve psikolojik tepkilerdir (Akubat, Barrett, Sagarra, Abt, 2018; Halson, 2014).

## FİZYOLOJİK YÜKLER

İç yüklerin göstergelerinden biri olan fizyolojik yüklerin değerlendirilmesinde sıklıkla kalp atım hızları ve algılanan zorluk dereceleri ile ilgili yöntemler kullanılmaktadır (Halson, 2014). Bununla birlikte organizmanın antrenmana verdiği akut ve kronik yanıtlar ile ortaya konulan biyokimyasal, hormonal ve immünolojik değerlendirmeler de bulunmaktadır (Cardinale ve Varley, 2017).

### Kalp Atım Hızı

Kalp atım hızı monitörleri 20. yüzyılda sadece laboratuvar ortamında kullanılırken, günümüzde teknolojinin hızla ilerlemesi ile farklılıklar göstermiştir. Telefon ve saat uygulamaları gibi cihazlar ile bu değerlendirmelerin kolayca yapılabilmesi antrenörler ve spor bilimciler tarafından antrenmanların monitörizasyonu amacıyla en sık kullanılan yöntemlerden biri haline gelmiştir (Achten ve Jeukendrup, 2003). Akenhead ve Nassis (2016) yaptıkları araştırmada Avrupa'da farklı liglerde yer alan 41 takımın 40 tanesinin her antrenmanda kalp atım hızı verilerini topladıklarını bildirmişlerdir.

Antrenman yüklerinin değerlendirilmesinde kalp atım hızlarının kullanılması üzerine yapılan çalışmaların farklı sonuçlar ortaya koyması, konunun tartışmaya açık olduğunu göstermektedir. Örneğin Sperlich ve ark. (2012) MTB sporcuları ile yaptığı çalışmada kalp atım

hızı takibinin antrenman yoğunluğunu belirlemede önemli bir araç olduğunu savunurken, Burr ve ark. (2012) kalp atım hızı ölçümlerinin tek başına o spordaki fiziksel talepleri değerlendirmek için yeterli olmadığını savunmaktadır. Ayrıca bir antrenmanda aynı kalp atım hızı ortalamasına sahip iki sporcunun antrenmanın sonucunda birbirlerinden farklı fizyolojik tepkiler verebildiği bilinmektedir. Bu bağlamda kalp atım hızları; sıcaklık, dehidrasyon, kullanılan ilaçlar, günlük değişkenler, antrenman veya müsabakaya katılım seviyesi, bireysel farklılıklar, sirkadiyen ritim gibi birçok faktörden etkilenebilmektedir ve antrenman yüklerinin değerlendirilmesinde algılanan zorluk derecesi, laktat konsantrasyonu, antrenman uyarı etkisi (TRIMP), gibi farklı yöntemler ile kombine edilmiş değerlendirmeler uygulandığında efektif sonuçlar elde edileceği düşünülmektedir (Taube, Brandt, Heyer, Wyss, 2013; Bonnemeier ve ark. 2003).

### **Kalp Atım Hızında Değişkenlikler**

Kalp atım hızı değişkenliği, dinlenme veya egzersiz sonrası kardiyovasküler otonomik fonksiyonun değerlendirilmesi ile sporcunun antrenmana adaptasyonu hakkında bilgiler sağlayan değerli bir ölçüm yöntemi olduğu belirtilmiştir (Plews, Laursen, Stanley, Kilding, Buchheit, 2013; Thayer, Ahs, Fredrikson, Sollers, Wager, 2012). Kalp atım hızındaki değişkenler R-R aralıklarındaki varyasyonların ölçümüdür ve farklı yöntemler ile değerlendirilebilir. Bu yöntemlerden sıklıkla R-R aralıkları arasındaki farkların karekökünün aritmetik ortalaması (rMSSD) kullanılmaktadır (Esco ve Flatt, 2014). Bu ölçümler göğüs bandı, elektrokardiyografi, akıllı telefon fotoplektismografisi gibi cihazlarla yapılabilmektedir. Fakat saha ortamında kullanım kolaylığı ve maddi olarak daha ulaşılabilir olması sebebiyle göğüs bantları sıklıkla tercih edilmektedir (McGuigan, 2017; Plews, Scott, Altini, Wood, Kilding, Laursen, 2017).

Kronik olarak kalp atım hızındaki değişkenliğin artışı organizmanın antrenmana verdiği olumlu yanıtı ile ilişkilendirilirken, bu değişkenliğin düşük seviyede olması antrenmana verilen olumsuz yanıt olarak belirtilmektedir (Plews, Laursen, Stanley, Kilding, Buchheit, 2013; Garet ve ark. 2004). Örneğin yüzücülerde ve orta mesafe koşucularında yapılan çalışmalarda 3 haftalık aşırı yoğunluklu antrenman uygulanmış ve bu antrenmanlar sonucunda kalp atım hızındaki değişkenliklerin sırasıyla %22 (yüzücüler) ve %38 (orta mesafe koşucuları) azaldığını belirtmişlerdir. Bu antrenmanların devamında yük 2 hafta süreyle %69 azaltılmış ve kalp atım hızındaki değişkenlerinin yüzücülerde %7 arttığı ve 1 hafta sonra antrenmanın yükünde %40 azalma ile mesafe koşucularında kalp atım hızı değişkenliğinin %38 arttığı belirtilmiştir (Garet

ve ark. 2004, Pichot ve ark. 2000). Bu bağlamda uygulayıcıların antrenman periyodizasyonu düzenlemelerinde kalp atım hızı değişkenliklerinin antrenman yüklerini belirlemede ve düzenlemede önemli bir gösterge olduğu düşünülmektedir.

### **Kalp Atım Hızında Toparlanmalar**

Kalp atım hızındaki toparlanmalar, daha çok organizmanın antrenmanlardaki yüklerle verilen akut ve kronik yanıtlarını temsil etmektedir. Yapılan araştırmalarda kalp atım hızındaki toparlanmaların yavaşlaması yorgunluk, antrenman yükünü tolere edememe gibi faktörlerin bir göstergesi olduğu, toparlanmaların hızlı bir şekilde gerçekleşmesi ise performansın gelişiminin olumlu yönde olduğu savunulmaktadır {Borresen ve Lambert, 2007; Borresen ve Lambert, 2008). Fakat kalp atım hızındaki toparlanmalar ile sportif performans arasındaki ilişkileri inceleyen çalışmalarda bulgular tutarsızlık göstermektedir. HRR'nin tek başına performansın tüm yönleri hakkında bilgi vermediği bu nedenle antrenman rutinleri, RPE, psikometrik ölçümler gibi invazif olmayan testler ile birlikte değerlendirilmesi gerektiği belirtilmektedir (McGuigan, 2017, Buchheit, 2014).

### **Algılanan Zorluk Derecesi**

Algılanan zorluk derecesi, sporcunun antrenman ya da müsabakada maruz kaldığı streslerin psikofizyolojik olarak değerlendirilmesini amaçlayan, uygulayıcılar ve spor bilimciler tarafından kullanılan subjektif bir ölçüm yöntemidir {Pind ve Maestu, 2017). Algılanan zorluk derecesini değerlendirmek için birçok ölçek (Borg 6-20, CR-10, CR100) kullanılmaktadır. Takım sporlarında ve bireysel sporlarda antrenman yükünün belirlenmesinde antrenman algılanan zorluk derecesi yönteminin sıklıkla kullanıldığı gözlemlenmektedir (Montgomery ve Hopkins, 2013; Moreira, Bilsborough, Sullivan, Cianciosi, Aoki, Coutts, 2015; Lovell, Sirotic, Impellizzeri, Coutts, 2013; Thornton ve ark. 2016; Morreira, McGuigan, Arruda, Freitas, Aoki, 2012; Cross, Williams, Trewartha, Kemp, Stokes, 2016; Gil-Rey, Lezaun, Los Arcos, 2015). Bu yöntemi kullanan uygulayıcılar, müsabaka ya da antrenmandan sonraki 30 dakika içerisinde sporcuya Foster skalasını kullanarak antrenmanda ne kadar zorlandığını sorar. Karşılık gelen değer, sayı cinsinden şiddeti ifade eder ve antrenmanın toplam süresi ile çarpılarak antrenman yük değeri elde edilir (Foster ve ark. 2001). Takım sporlarında bu değer antrenmana katılan tüm sporcuların verilerinin ortalaması alınarak hesaplanır. Birçok takım sporunda bu değerlerin ortalamasının 300 ile 500 arasında olması düşük yoğunluk, 700-1000 arasında olması ise yüksek yoğunluk olarak kabul edilmektedir (McGuigan, 2017). Bazı uygulayıcılar antrenmanın ısınma ve soğuma bölümlerini hesaplamaya dahil etmeme



eğilimdedir. Fakat algılanan zorluk derecesi değerlendirmeleri antrenmanın tümünü kapsayacak şekilde tasarlanmıştır. Bu nedenle uygulayıcıların algılanan zorluk dereceleri değerlendirmelerinde ısınma ve soğuma bölümlerini hesaplama dışında bırakmamaları önerilmektedir.

Direnç egzersizlerinin antrenman yükleri, antrenmanda yapılan tekrar sayısının algılanan zorluk derecesi ile çarpılmasıyla belirlenir. Fakat bu değerlendirmeler yanıltıcı olabilmektedir. Aynı antrenman kapsamında, hafif yükte çok tekrar uygulama ve ağır yükte az tekrar uygulamalar arasında algılanan zorluk derecelerinde ve organizmanın strese karşı yanıtlarında farklılık gözlemlenmektedir (Day, McGuigan, Brice, Foster, 2004; Burd ve ark. 2010; Schoenfeld, Peterson, Ogborn, Contreras, Sonmez, 2015; McKendry ve ark. 2016). Aynı zamanda yüklenmeler arasında yapılan dinlenme aralıklarının süresi de algılanan zorluk derecesini etkilemektedir. Örneğin Kraft ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada kuvvet antrenmanlarında setler arası 180 saniye ve 90 saniye dinlenme aralıklarında algılanan zorluk derecelerinde farklılık gözlemlenmiş, dinlenme aralığının kısaltılması ile zorluk seviyesinde artış meydana geldiğini belirtmişlerdir. Benzer bir çalışmada Fink ve ark. (2018) farklı antrenman yükleri ve dinlenme aralıklarında akut tepkileri ve kuvvet kazanımlarını incelemişler ve düşük yüklü antrenmanla birlikte kısa dinlenme aralığının (30sn) yüksek miktarda metabolik strese neden olabileceğini, yüksek yüklü antrenman ve uzun dinlenme aralığının daha yüksek kuvvet artışlarına yol açabileceğini belirtmişlerdir. Bu bağlamda uygulayıcıların direnç egzersizlerinde antrenman algılanan zorluk derecesi değerlendirmeleri yaparken antrenmanın hacmi ve antrenman iç sıklığı parametrelerini de göz önünde bulundurmaları gerekmektedir.

## **HORMONAL, BİYOKİMYASAL, İMMÜNOLOJİK YÜKLER**

Yüklenmelerle birlikte organizmanın aşırı zorlanma (overreaching), aşırı antrenman (overtraining), yorgunluk, stres ve hastalık gibi tepkilerini takip edebilmek için hormonal, biyokimyasal ve immünojenik değerlendirmeleri içeren birçok araştırma yapıldığı gözlemlenmektedir. Ayrıca ilgili alanyazın incelendiğinde, antrenman iç yükü ile ilişkili hormonal, biyokimyasal ve immünojenik çalışmalarda daha çok testosteron, kreatin kinaz, kortizol, immünojenin A ve kan laktat değerlerinin araştırıldığı gözlemlenmektedir (Horta, Bara Filho, Coimbra, Miranda, Werneck, 2019; Rouveix, Duclos, Gouarne, Beauvieux, Filaire, 2006; Michailidis, 2014; Gomes, Moreira, Lodo, Nosaka, Coutts, Aoki, 2013; Coppalle ve ark. 2019; Chernozub, 2013).

## **Testosteron**

Testosteron, büyüme, gelişme ve protein sentezi dahil olmak üzere organizmada birçok işlevden sorumlu anabolik bir hormondur. Antrenmanda oluşan yorgunluğu ve yorgunluk sonucu oluşan değişimlerin takibinde kullanılan bir parametre olduğu belirtilmektedir (Freitas, Nakamura, Miloski, Samulski, Bara-Filho, 2014; Coutts, Reaburn, Piva, Murphy, 2007; Moreira, Arsati, de Oliveira Lima-Arsati, Simoes, Araujo, 2011). Sporculardaki testosteron seviyelerinin gözlemlenmesi uygulanacak olan antrenman türlerini belirlemede rehberlik edebileceğini düşündürmektedir (McGuigan, 2017; Podrigalo, Iermakov, Galashko, Galashko, Dzhy, 2015; Beaven, Gill, Cook, 2008). Örneğin Beaven ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada sporcuların 4 farklı antrenman protokolüne verdiği hormonal tepkileri incelemişler ve testosteron tepkilerini en üst düzeye çıkaran protokolü kullanarak yapılan antrenmanlarda maksimum kazanç elde ettiklerini belirtmişlerdir. Bir diğer çalışmada Michailidis (2014) hazırlık dönemi, sezon ortası ve sezon sonunda futbolcuların testosteron seviyelerini incelemiş, hazırlık döneminin sonunda testosteron seviyelerinin %11,6 arttığını, sezon ortasında bu artışın %12,1 seviyesinde olduğunu ancak sezon sonuna geldiğinde başlangıç seviyesinin altına düştüğünü gözlemlemiş ve hazırlık dönemi ile sezon ortasında yapılan ölçüm ile sezon sonu yapılan ölçüm arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğunu belirtmiştir. Ayrıca uygulayıcıların bu gözlemlere dayanarak yapacakları egzersiz planlamasında yaş, uyku, stres, beslenme, fiziksel aktivite, sirkadiyen ritim ve oyuncunun mevkisi gibi faktörler konusunda dikkatli olmaları gerekmektedir (Lombardi ve ark. 2017; Hayes, Bickerstaff, Baker, 2010; Rowell, Aughey, Hopkins, Esmaili, Lazarus, Cormack, 2018; Ahtiainen ve ark. 2015).

## **Kortizol**

Strese yanıt olarak adrenal korteksten salgılanan bir glukokortikoid olan kortizol, metabolizma ve bağışıklık fonksiyonlarında önemli rollere sahip katabolik bir hormondur. Kortizol salınımı, antrenmanın yoğunluğu, süresi ve egzersizin türü ile ilişkilidir (Kraemer ve Ratamess, 2005). Literatür incelendiğinde sporcularda kortizol salınımı ile ilgili birçok çalışma gözlemlenmektedir (Rouveix, Duclos, Gouarne, Beauvieux, Filaire, 2006; Edwards ve Casto, 2013; Grandys, Majerczak, Kulpa, Duda, Rychlik, Zoladz, 2016; McLean, Coutts, Kelly, McGuigan, Cormack, 2010). Örneğin Cook ve ark. (2012) yaptığı çalışmada farklı branşlarda yer alan elit ve elit olmayan düzeydeki sporcuların kortizol seviyelerini incelemiş ve elit sporcuların kortizol seviyelerinin elit olmayan sporculara göre daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Bir diğer araştırmada Kugler ve ark. (1996) profesyonel futbol antrenörlerinin

bir müsabakadan önce, müsabaka sırasında, müsabakadan sonra kortizol seviyelerini incelemiş ve belirgin artışlar ortaya çıktığını belirtmişlerdir. İncelemeler sonucunda kortizol salınımının artan yük ve stresle ilişkili olduğunu ve bu artışla birlikte salınımın paralellik gösterdiği belirtilmektedir.

### **Testosteron/Kortizol Oranı**

Testosteron kortizol oranı sporcularda aşırı antrenman sendromunu belirlemek için spor bilimciler tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Bu sendromda aşırı antrenmanın ya da antrenmansızlığın vermiş olduğu kümülatif stres seviyelerinin azaltılması haftalar ve aylar sürebilmektedir. Aşırı antrenman sendromu belirtilerini gösteren sporcuların T/C oranlarında düşüş gözlemlendiği belirtilmekte ve bu durumun artan proteoliz ve azalan protein sentezi ile ilişkili olduğunu belirten çalışmalar bulunmaktadır (Vervoorn, Quist, Vermulst, Erich, De Vries, Thijssen, 1991; Viru, Hackney, Valja, Karelson, Janson, Viru, 2001; Halson ve Jeukendrup, 2004; Budgett ve ark. 2000). Yapılan birçok çalışma düşük T/C oranlarının sporcudaki stres seviyesinin arttığını belirtirler de bazı araştırmalardaki bulgular tutarsızlık göstermektedir (Hackney ve Hooper, 2019; Duclos, 2008; Urhausen, Gabriel, Kindermann, 1995). Bu bağlamda uygulayıcılar düzenledikleri antrenman programlarının sporcular üzerindeki etkilerini sürekli takip etmeleri ve bu etkileri değerlendirirken tek bir parametreye bağlı kalmamaları gerekmektedir.

### **Laktat**

Spor bilimlerinde sıklıkla kullanılan laktat, ilk olarak 1780 yılında Karl Wilhelm Scheele tarafından ekşi sütte bulunmuş ve tanımlanmıştır. Yaklaşık 70 yıl sonrasında Johann Joseph Scherer tarafından ilk olarak insan kanında laktat oluşumunu gösteren çalışmalar belirtilmiştir ve yirminci yüzyılın başlarında İngiliz fizyologlar W.M. Fletcher ve F.G. Hopkins, oksijen yokluğunda kasların laktat üreterek kasılmaya devam edebildiğini gözlemlemiştir (Kompanje, Jansen, van der Hoven, Bakker, 2007; Fletcher ve Hopkins, 1907).

Taşınabilir ölçüm yöntemlerinin yaygınlaşması ile birlikte spor bilimlerinde aktif olarak kullanılmaya başlanan laktat değerlendirmeleri, iç yükün önemli göstergelerinden biridir (McGuigan, 2017). Müsabaka veya antrenman sırasında yapılan supramaksimal veya maksimal yüklenmelerde kan laktat seviyelerinde artışlar gözlemlenir. Birçok çalışmada aerobik eşik 4 mmol.l-1 olarak kabul edilse de bireysel farklılıklar olabildiği ve egzersiz planlamalarında bu bireysel farklılıklara dikkat edilmesi gerektiği üzerinde durulmaktadır. Örneğin Kawczynski ve



ark. (2015) yaptıkları çalışmada elit seviyedeki 100 metre koşucularının müsabakadan sonra ortalama kan laktat değerlerini  $14,6\pm 1,5$  olarak belirtmişlerdir. Kan laktat seviyelerinin yüklemenden sonraki farklı zamanlarda değerlerinin değiştiği bilinmektedir. Akbaş ve ark. {66} yaptıkları çalışmada Türk elit erkek 100 metre sporcularını değerlendirmiş, sporcuların dinlenik durumda kan laktat seviyelerini  $2,43\pm 0,67$  mmol.l-1, ısınmadan sonra  $6,36\pm 1,76$  mmol.l-1, müsabakadan 3 dakika sonra  $11,82\pm 1,77$  mmol.l-1 ve 7 dakika sonra  $11,07\pm 1,22$  olduğunu belirtmişlerdir. Uygulayıcıların antrenman programlarını dizayn ederken laktat toparlanma değerlerini ve bu değerlerdeki bireysel farklılıkları göz önünde bulundurması gerekmektedir.

Laktat ölçümlerinde sıklıkla invaziv yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler uygulayıcılar ve uygulanan kişiler açısından birçok zorluk teşkil etmektedir. Fakat teknolojinin gelişmesi ile bu alanda yenilikçi yaklaşımların ortaya çıktığı gözlemlenmektedir. Üretilen yeni cihazlar ile laktat değerleri invaziv olmayan yöntemlerle değerlendirilebilmektedir. Bu bağlamda spor bilimcilerin ve uygulayıcıların yakın bir tarihte bu değerlendirmeleri sıklıkla kullanabileceği beklenmektedir (Mason ve ark. 2017; Karpova, Laptev, Andreev, Karyakina, Karyakin, 2020).

### **Kreatin Kinaz**

Antrenman yükündeki değişiklikler ile oluşan, biyokimyasal yanıtları belirleme amaçlı değerlendirilen kreatin kinaz seviyelerinin, antrenmanların neden olduğu kas hasarı ile ilişkili olduğu belirtilmektedir (Freitas, Nakamura, Miloski, Samulski, Bara-Filho, 2014; Saw, Main, Gastin, 2016; Mougios, 2007; Brancaccio, Maffulli, Limongelli, 2007; Johnston, Gibson, Twist; Gabbett, MacNay, MacFarlane, 2013). Örneğin Pascoal ve ark. (2018) yaptıkları çalışmada, futbolcuların 11 haftalık hazırlık dönemini incelemişler ve hazırlık döneminin sonunda kreatin kinaz seviyelerinin %64 artış gösterdiğini belirtmişlerdir. Benzer bir çalışmada Meyer ve ark. (2011) elit futbolcuların sezon başında ve ortasında kreatin kinaz seviyelerini incelemiş ve sezon ortasında kreatin kinaz seviyelerinde artış olduğunu belirtmişlerdir. Uygulayıcıların kreatin kinaz seviyelerini incelerken, değerlerin birçok değişkene bağlı olarak değişebileceğini bilmeleri gerekmektedir. Değerlendirmelerin kişiler arasında farklılık gösterebileceği, uygulanan antrenman türünden ve spor branşının yapısından etkilendiği bilinmektedir. Bu nedenle daha iyi bir yorumlama için bireysel antrenman yükünün kreatin kinaz değerleriyle birlikte dikkate alınması ve analiz edilmesi gerekmektedir (Heisterberg, Fahrenkrug, Andersen, 2014; Djaoui, Haddad, Chamari, Dellal, 2017).

## İmmünoglobulin A

İmmünolojik ölçümler, antrenmana yanıt olarak ortaya çıkan fizyolojik stres etkilerini değerlendirme amaçlı yapılmaktadır. Aşırı antrenman yükleri immün sistemin baskılanmasına ve sporcuların hastalık gibi durumlarla karşılaşmasına sebebiyet verebilmektedir (McGuigan, 2017; Gleeson ve Walsh, 2012). Alanyazın incelendiğinde immünolojik değerlendirmelerin sınırlı sayıda olduğu ve spor bilimleri ile ilgili immünolojik çalışmalarda sıklıkla immünoglobulin A antikoru değerlendirmeleri olduğu gözlemlenmektedir. Örneğin Owen ve ark. (2016) yaptıkları araştırmada elit düzeydeki futbolcuların yüksek yoğunluklu bir antrenmandan sonra immünoglobulin A değerlerinde önemli bir düşüş olduğunu belirtmiş ve üst solunum yolu enfeksiyonu gibi hastalıklardan kaçınmak ve önlem almak amaçlı antrenman dönemlerinde rutin olarak immünoglobulin A değerlerinin gözlem altında tutulması gerektiğini belirtmişlerdir. Benzer bir araştırmada Freitas ve ark. (2016) genç futbol oyuncularının resmi bir maçtan önce ve sonra immünoglobulin A değerlerini incelemiş ve maç sonrası değerlerinde önemli bir düşüş gözlemlendiğini belirtmişlerdir. Bu bağlamda uygulayıcıların antrenman programı tasarımında sporculara uygulanacak antrenman yüklerini, dinlenme parametrelerini belirlerken, immünolojik etkileri de göz önünde bulundurması gerektiği belirtilmektedir.

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Antrenmanda ya da müsabakada oluşan iç yüklerin değerlendirilmesinin, antrenörler ve sporcular için oldukça önemli olduğu bilinmektedir. Bu değerlendirmeler ile sakatlık, hastalık, stres ve aşırı yük gibi performans olumsuz etkileyen durumların öngörülmesi, dolayısı ile sporcunun antrenman ve müsabaka gibi süreçlere en etkin şekilde katılması sağlanabilmektedir.

İç yüklerin değerlendirilmesinde farklı yöntemlerin uygulandığı gözlemlenmektedir. Uygulanacak olan bu yöntemlerin, spor branşının ve uygulanan antrenmanların özelliklerine uygun olarak seçilmesi gerekmektedir. Ayrıca organizmada oluşan yüklerin bireysel olarak farklılık gösterdiği unutulmamalıdır. Özellikle takım sporlarında bu farklılıklar gözden kaçırılmamalıdır ve antrenmandan elde edilecek kazanımlar istenilen seviyelere ulaşmaya bilmektedir. Antrenmanın kümülatif etkilerinin sonucu olarak da sporcunun performansında düşüşler olabildiği gibi bu etkiler, sakatlık ve motivasyon kayıpları gibi durumlar ile sonuçlanabilmektedir. Bu bağlamda sporcuların iç yük takiplerinin rutin olarak değerlendirilmesi ve uygulanacak antrenman yapılarının bu değerlendirmelere göre

düzenlenmesi gerekmektedir. Ayrıca fizyolojik yükler ile birlikte gözlemlenmesi gereken diğer bir parametrenin psikolojik faktörler olduğu unutulmamalıdır. Antrenör ve uygulayıcıların sporcuların performanslarıyla ilgili değerlendirmelerinde fizyolojik ve psikolojik yüklerin beraber incelenmesinin daha etkili sonuçlar ortaya çıkaracağı düşünülmektedir.



**KAYNAKLAR**

1. **Achten, J., Jeukendrup, A.E.,** (2003). Heart Rate Monitoring: Applications and Limitations. *Sports Medicine. Sports Medicine*, 33(7), 517-538.
2. **Ahtiainen, J.P., Nyman, K., Huhtaniemi, I., Parviainen, T., Helste, M., Rannikko, A., et al.** (2015). Effects of Resistance Training on Testosterone Metabolism in Younger and Older Men. *Experimental gerontology*, 69, 148-158.
3. **Akbaş, S., Pelvan, S.O., Ateş, O.** (2011). 100m koşusu sonrası sporcuların kan laktat seviyeleri. *Uluslararası Hakemli Akademik Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(1), 101-107.
4. **Akenhead, R. ve Nassis, G.P.** (2016). Training Load and Player Monitoring in High-Level Football: Current Practice and Perceptions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(5), 587-593.
5. **Akubat, I., Barrett, S., Sagarra M.L., Abt, G.** (2018). The Validity of External: Internal Training Load Ratios in Rested and Fatigued Soccer Players. *Sports*, 6(2), 44.
6. **Beaven, C.M., Gill, N.D., Cook, C.J.** (2008). Salivary Testosterone and Cortisol Responses in Professional Rugby Players after Four Resistance Exercise Protocols, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 426-432.
7. **Bonnemeier, H., Wiegand, U.K., Brandes, A., Kluge, N., Katus, H.A., Richard, T., et al.** (2003) Circadian Profile of Cardiac Autonomic Nervous Modulation in Healthy Subjects: Differing Effects of Aging and Gender on Heart Rate Variability. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, 14(8), 791-799.
8. **Borresen, J., ve Lambert, M.I.** (2008) Autonomic Control of Heart Rate During and after Exercise. *Sports medicine*, 38(8), 633-646.
9. **Borresen, J., Lambert, M.I.** (2007). Changes in Heart Rate Recovery in Response to Acute Changes in Training Load. *European Journal of Applied Physiology*, 101(4), 503-511
10. **Brancaccio, P., Maffulli, N., Limongelli, F.M.** (2007). Creatine Kinase Monitoring in Sport Medicine. *British Medical Bulletin*, 81(1), 209-230
11. **Buchheit, M.** (2014). Monitoring Training Status with HR Measures: Do all Roads lead to Rome? *Frontiers in physiology*, 5, 73.
12. **Budgett, R., Newsholme, E., Lehmann, M., Sharp, C., Jones, D., Jones, T., et al.** (2000) Redefining the Overtraining Syndrome as the Unexplained Underperformance Syndrome. *British Journal of Sports Medicine*, 34(1), 67-68
13. **Burd, N.A., West, D.W., Staples, A.W., Atherton, P.J., Baker, J.M., Moore, D.R., et al.** (2010), Low-Load High Volume Resistance Exercise Stimulates Muscle Protein Synthesis more than High-Load Low Volume Resistance Exercise in Young Men. *PloS one*, 5(8), E12033.
14. **Burr, J.F., Drury, C.T., Ivey, A.C., Warburton, D.E.** (2012). Physiological Demands of Downhill Mountain Biking. *Journal of Sports Sciences*, 30(16), 1777-1785.
15. **Cardinale, M. Ve Varley, M.C.** (2017). Wearable Training-Monitoring Technology: Applications, Challenges, and Opportunities. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(s2), 55
16. **Chernozub, A.A.** (2013). Peculiarities of Cortisol Level Changes in the Blood of Athletes and Untrained Boys in Response to Heavy Power Training Loads. *European International Journal of Science and Technology*, 2(9), 52-57
17. **Cook, C.J., Crewther, B.T., Smith, A.A.** (2012). Comparison of Baseline Free Testosterone and Cortisol Concentrations between Elite and Non-Elite Female Athletes. *American Journal of Human Biology*, 24(6), 856-858.
18. **Coppalle, S., Rave, G., Ben Abderrahman, A., Ali, A., Salhi, I., Zouita, S., et al.** (2019). Relationship of Pre-Season Training Load with In-Season Biochemical Markers, Injuries and Performance in Professional Soccer Players. *Frontiers in Physiology*, 10, 409
19. **Coutts, A., Reaburn, P., Piva, T.J., Murphy, A.** (2007). Changes in selected biochemical, muscular strength, power, and endurance measures during deliberate overreaching and tapering in rugby league players. *International journal of sports medicine*, 28(02), 116-124.7

- 20. Cross, M.J., Williams, S., Trewartha, G., Kemp, S.P., Stokes, K.A.** (2016). The Influence of In-Season Training Loads on
- 21. Day, M.L., McGuigan, M.R., Brice, G., Foster, C.** (2004). Monitoring Exercise Intensity During Resistance Training Using the Session RPE Scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(2), 353-358.
- 22. Djaoui, L., Haddad, M., Chamari, K., Dellal, A.** (2017). Monitoring Training Load and Fatigue in Soccer Players with Physiological Markers. *Physiology & Behavior*, 181, 86-94.
- 23. Duclos, M.** (2008). A Critical Assessment of Hormonal Methods Used in Monitoring Training Status in Athletes. *International SportMed Journal*, 9(2), 56-66.
- 24. Edwards, D.A., Casto, K.V.** (2013). Women's Intercollegiate Athletic Competition: Cortisol, Testosterone, and the Dual-Hormone Hypothesis as it Relates to Status among TeamMates. *Hormones and Behavior*, 64(1), 153-160.
- 25. Esco, M.R., Flatt, A.A.** (2014). Ultra-Short-Term Heart Rate Variability Indexes at Rest and Post-Exercise in Athletes: Evaluating the Agreement with Accepted Recommendations. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(3), 535.
- 26. Fink, J., Kikuchi, N., Nakazato, K.** (2018). Effects of Rest Intervals and Training Loads on Metabolic Stress and Muscle Hypertrophy. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 38(2), 261-268
- 27. Fletcher, W.M., Hopkins, F.G.** (1907). Lactic Acid in Amphibian Muscle. *The Journal of Physiology*, 35(4), 247.
- 28. Foster, C., Florhaug, J.A., Franklin, J., Gottschall, L., Hrovatin, L.A., Parker, S., et al.** (2001). A New Approach to Monitoring Exercise Training, *J Strength Cond Res*. 15(1), 109-115
- 29. Freitas, C.G., Aoki, M.S., Arruda, A.F., Franciscon, C., Moreira, A.** (2016). Monitoring Salivary Immunoglobulin a Responses to Official and Simulated Matches in Elite Young Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, 53(1), 107-115.
- 30. Freitas, V.H., Nakamura, F.Y., Miloski, B., Samulski, D., Bara-Filho, M.G.** (2014). Sensitivity of physiological and psychological markers to training load intensification in volleyball players. *Journal of sports science & medicine*, 13(3), 571
- Injury Risk in Professional Rugby Union. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(3), 350-355
- 31. Garet, M., Tournaire, N., Roche, F., Laurent, R., Lacour, J.R., Barthelemy, J.C. et al.** (2004). Individual Interdependence Between Nocturnal ANS Activity and Performance in Swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 2112-2118.
- 32. Gil-Rey, E., Lezaun, A., Los Arcos, A.** (2015). Quantification of the Perceived Training Load and its Relationship with Changes in Physical Fitness Performance in Junior Soccer Players. *Journal of sports sciences*, 33(20),2125-2132.
- 33. Gleeson, M., Walsh, N.P.** (2012). The BASES Expert Statement on Exercise, Immunity, and Infection. *Journal of Sports Sciences*, 30(3), 321-324.
- 34. Gomes, R.V., Moreira, A., Lodo, L., Nosaka, K., Coutts, A.J., Aoki, M.S.** (2013). Monitoring Training Loads, Stress, Immune-Endocrine Responses and Performance in Tennis Players. *Biology of Sport*, 30(3), 173.
- 35. Grandys, M., Majerczak, J., Kulpa, J., Duda, K., Rychlik, U., Zoladz, J.A.** (2016). The Importance of the Training-Induced Decrease in Basal Cortisol Concentration in the Improvement in Muscular Performance in Humans. *Physiological Research*, 65(1), 109-120.
- 36. Hackney, A.C. ve Hooper, D.R.** (2019). Low Testosterone: Androgen Deficiency, Endurance Exercise Training, and Competitive Performance. *Physiology International*, 106(4), 379-389.
- 37. Halson, S.L., Jeukendrup, A.E.** (2004). Does Overtraining Exist? *Sports Medicine*, 34(14), 967-981.
- 38. Halson, S.L.** (2014). Monitoring Training Load to Understand Fatigue in Athletes. *Sports Medicine*, 44(2), 139-147.
- 39. Hayes, L.D., Bickerstaff, G.F., Baker, J.S.** (2010). Interactions of Cortisol, Testosterone, and Resistance Training: Influence of Circadian Rhythms. *Chronobiology International*, 27(4), 675-705.
- 40. Heisterberg, M.F., Fahrenkrug, J., Andersen, J.L.** (2014). Multiple Blood Samples in Elite Soccer Players. Is it Worthwhile? *Journal of Sports Sciences*, 32(13), 1324-1327.
- 41. Horta, T.A., Bara Filho, M.G., Coimbra, D.R., Miranda, R., Werneck, F.Z.** (2019). Training Load, Physical Performance,



- Biochemical Markers, and Psychological Stress during a Short Preparatory Period in Brazilian Elite Male Volleyball Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(12), 3392-3399.
- 42. Johnston, R.D., Gibson, N.V., Twist, C., Gabbett, T.J., MacNay, S.A., MacFarlane, N.G.** (2013). Physiological Responses to an Intensified Period of Rugby League Competition. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(3), 643-654.
- 43. Karpova, E.V., Laptev, A.I., Andreev, E.A., Karyakina, E.E., Karyakin, A.A.** (2020). Relationship Between Sweat and Blood Lactate Levels During Exhaustive Physical Exercise. *ChemElectroChem*, 7(1), 191-194.
- 44. Kawczyński, A., Kobińska, K., Dariusz, M., Paweł, C., Adam, M., Adam, Z. et al.** (2015). Blood Lactate Concentrations in Elite Polish 100 m Sprinters. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(1), 391-396.
- 45. Kompanje, E.J.O., Jansen, T.C., van der Hoven, B., Bakker, J.** (2007). The First Demonstration of Lactic Acid in Human Blood in Shock by Johann Joseph Scherer (1814–1869) in January 1843. *Intensive Care Medicine*, 33(11), 1967-1971.
- 46. Kraemer, W.J., Ratamess, N.A.** (2005). Hormonal Responses and Adaptations to Resistance Exercise and Training. *Sports Medicine*, 35(4), 339-361.
- 47. Kraft, J.A., Green, J.M., Gast, T.M.** (2014). Work Distribution Influences Session Ratings of Perceived Exertion Response during Resistance Exercise Matched for Total Volume. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(7), 2042-2046.
- 48. Kugler, J., Reintjes, F., Tewes, V., Schedlowski, M.** (1996). Competition Stress in Soccer Coaches Increases Salivary Immunoglobulin A and Salivary Cortisol Concentrations. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 36(2), 117.
- 49. Lombardi, G., Vitale, J.A., Logoluso, S., Logoluso, G., Cocco, N., Cocco, G. et al.** (2017). Circannual Rhythm of Plasmatic Vitamin D Levels and the Association with Markers of Psychophysical Stress in a Cohort of Italian Professional Soccer Players. *Chronobiology International*, 34(4), 471-479.
- 50. Lovell, T.W., Sirotic, A.C., Impellizzeri, F.M., Coutts, A.J.** (2013). Factors Affecting Perception of Effort (Session Rating of Perceived Exertion) during Rugby League Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 34(4), 471-479.
- 51. Mason, A., Korostynska, O., Louis, J., Cordova-Lopez, L.E., Abdullah, B., Greene, J., et al.** (2017). Noninvasive in-situ Measurement of Blood Lactate Using Microwave Sensors. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 65(3), 698-705.
- 52. McGuigan, M.** (2017). *Monitoring Training and Performance in Qthletes*. 1st ed.; Human Kinetics: Champaign, IL, USA.
- 53. McKendry, J., Pérez-López, A., McLeod, M., Luo, D., Dent, J.R., Smeuninx, B., et al.** (2016). Short inter-set rest blunts resistance exercise-induced increases in myofibrillar protein synthesis and intracellular signalling in young males. *Experimental physiology*, 101(7), 866-882.
- 54. McLean, B.D., Coutts, A.J., Kelly, V., McGuigan, M.R., Cormack, S.J.** (2010). Neuromuscular, Endocrine, and Perceptual Fatigue Responses during Different Length Between-Match Microcycles in Professional Rugby League Players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(3), 367-383.
- 55. Meyer, T., Meister, S.** (2011). Routine Blood Parameters in Elite Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine*, 32(11), 875-881.
- 56. Michailidis, Y.** (2014). Stress Hormonal Analysis in Elite Soccer Players During a Season. *Journal of Sport and Health Science*, 3(4), 279-283.
- 57. Montgomery, P.G., Hopkins, W.G.** (2013). The Effects of Game and Training Loads on Perceptual Responses of Muscle Soreness in Australian Football. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(3), 312-318.
- 58. Moreira, A., Arsati, F., de Oliveira Lima-Arsati, Y.B., Simões, A.C., de Araújo, V.C.** (2011). Monitoring Stress Tolerance and Occurrences of Upper Respiratory Illness in Basketball Players by means of Psychometric Tools and Salivary Biomarkers. *Stress and Health*, 27(3), e166-e172.
- 59. Moreira, A., Bilsborough, J.C., Sullivan, C.J., Cianciosi, M., Aoki, M.S., Coutts, A.J.** (2015). Training Periodization of Professional Australian Football Players during an Entire Australian Football League Season. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(5), 566-571.

- 60. Moreira, A., McGuigan, M., Arruda, A.F., Freitas, C.G., Aoki, M.S.** (2012). Monitoring Internal Load Parameters during Simulated and Official Basketball Matches. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(3), 861-866
- 61. Mougios, V.** (2007). Reference Intervals for Serum Creatine Kinase in Athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 41(10), 674-678
- 62. Owen, A.L., Wong, D.P., Dunlop, G., Groussard, C., Kebsi, W., Dellal, A., et al.** (2016). High-Intensity Training and Salivary Immunoglobulin A Responses in Professional Top-Level Soccer Players: Effect of Training Intensity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(9), 2460-2469.
- 63. Pascoal, E.H.F., Borges, J.H., Francison, C.A., Spigolon, L.M.P., Borin, J.P.** (2018). Pre-Season Training Affects Negatively the Immunological Parameters and Creatine Kinase but not Power Performance in Young Soccer Players. *Arch. Sports Med*, 2, 94-102.
- 64. Pichot, V., Roche, F., Gaspoz, J.M., Enjolras, F., Antoniadis, A., Minini, P. et al.** (2000). Relation Between Heart Rate Variability and Training Load in Middle-Distance Runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(10), 1729-1736.
- 65. Pind, R., Mäestu, J.** (2017). Monitoring Training Load: Necessity, Methods and Applications. *Acta Kinesiologiae Universitatis Tartuensis*, 23, 7-18.
- 66. Plews, D.J., Laursen, P.B., Stanley, J., Kilding, A.E., Buchheit, M.** (2013). Training Adaptation and Heart Rate Variability in Elite Endurance Athletes: Opening the Door to Effective Monitoring. *Sports medicine*, 43(9), 773-781.
- 67. Plews, D.J., Scott, B., Altini, M., Wood, M., Kilding, A.E., Laursen P.B.** (2017). Comparison of Heart Rate-Variability Recording with Smartphone Photoplethysmography, Polar H7 Chest Strap, and Electrocardiography. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(10), 1324-1328.
- 68. Podrigalo, L.V., Iermakov, S.S., Galashko, N.I., Galashko, M.N., Dzhym, V.Y.** (2015). Assessment of Arm Wrestlers' Adaptation Status on the base of Saliva Biochemical Characteristics in Dynamic of Competition and Training Loads. *Journal of Physical Education and Sport*, 15(4), 849.
- 69. Taube, W., Brandt, M., Heyer, L., Wyss, T.** (2013). Monitoring of Daily Training Load and Training Load Responses in Endurance Sports: What do Coaches Want? *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 61(4), 30-36.
- 70. Rouveix, M., Duclos, M., Gouarne, C., Beauvieux, M.C., Filaire, E.** (2006). The 24 h Urinary Cortisol/Cortisone Ratio and Epinephrine/Norepinephrine Ratio for Monitoring Training in Young Female Tennis Players. *International Journal of Sports Medicine*, 27(11), 856-863.
- 71. Rowell, A.E., Aughey, R.J., Hopkins, W.G., Esmaeili, A., Lazarus, B.H., Cormack, S.J.** (2018). Effects of Training and Competition Load on Neuromuscular Recovery, Testosterone, Cortisol, and Match Performance during a Season of Professional Football. *Frontiers in Physiology*, 9, 668.
- 72. Saw, A.E., Main, L.C., Gastin, P.B.** (2016). Monitoring the Athlete Training Response: Subjective Self-Reported Measures Trump Commonly Used Objective Measures: A Systematic Review. *British Journal of Sports Medicine*, 50(5), 281-291.
- 73. Schoenfeld, B.J., Peterson, M.D., Ogborn, D., Contreras, B. & Sonmez, G.T.** (2015). Effects of Low-vs. High-Load Resistance Training on Muscle Strength and Hypertrophy in Well-Trained Men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(10), 2954-2963.
- 74. Sperlich, B., Achtzehn, S., Buhr, M., Zinner, C., Zelle, S. & Holmberg, H.C.** (2012). Salivary Cortisol, Heart Rate, and Blood Lactate Responses during Elite Downhill Mountain Bike Racing. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(1), 47-52.
- 75. Thayer, J.F., Åhs, F., Fredrikson, M., Sollers III, J.J., Wager, T.D.** (2012). A Meta-Analysis of Heart Rate Variability and Neuroimaging Studies: Implications for Heart Rate Variability as a Marker of Stress and Health. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 36(2), 747-756.
- 76. Thornton, H.R., Delaney, J.A., Duthie, G.M., Scott, B.R., Chivers, W.J., Sanctuary, C.E., et al.** (2016). Predicting Self-Reported Illness for Professional Team-Sport Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(4), 543-550.

**77. Urhausen, A., Gabriel, H., Kindermann, W.** (1995). Blood hormones as markers of training stress and overtraining. *Sports medicine*, 20(4), 251-276.

**78. Vervoorn, C., Quist, A.M., Vermulst, L.J.M., Erich, W.B.M., De Vries, W.R., Thijssen, J.H.H.** (1991). The Behaviour of the Plasma Free Testosterone/Cortisol Ratio during a Season of Elite Rowing Training.

*International Journal of Sports Medicine*, 12(03), 257-263.

**79. Viru, A.M., Hackney, A.C., Välja, E., Karelson, K., Janson, T., Viru, M.** (2001). Influence of Prolonged Continuous Exercise on Hormone Responses to Subsequent Exercise in Humans. *European Journal of Applied Physiology*, 85(6),578-585.

