



Antrenman İç Yüklerinin Görüntülenmesinde Objektif Yaklaşımlar

Gökhan İPEKOĞLU¹, Tuğçe ÇALCALI^{*2}, Ebru ŞENEL²

¹Ordu Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi.

²Giresun Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi.

Derleme

Gönderi Tarihi: 09.05.2023

Kabul Tarihi: 16.06.2023

DOI: 10.30769/usbd.1294669

Online Yayın Tarihi: 30.06.2023

Öz

Antrenman iç yükü, antrenman veya yarışma esnasında sporcu organizmasının maruz kaldığı stresler sonucunda oluşan fizyolojik ve psikolojik tepkilerdir. Antrenman iç yük ölçümleri sporcudaki fizyolojik süreçlerle ilgili daha detaylı ve objektif bilgiler sunmaktadır. İç yükü ölçebilmek için TRİMP (Training impulse), laktat konsantrasyonları, kalp atım hızı, immünolojik-hormonal belirteçler, oksijen tüketimi gibi yöntemler bulunmaktadır. Sporcuda oluşan antrenman iç yükleri takip edilirken biyokimyasal parametrelerin hesaplanmasında genellikle sporcuların kan örnekleri alınarak biyokimyasal-hormonal unsurlar ve bu unsurların sporcuda oluşturduğu antrenman yükleri görüntülenmeye çalışıldığı bilinmektedir ancak bu uygulama hem maliyetli hem de antrenörler için uygulama açısından zorlayıcı olması sebebiyle, yakın zamanda bu fizyolojik belirteçlerin ölçülmesinde tükürük örneklerinin kullanıldığı görülmektedir. Tükürük örneklerinin kullanılması uygulayıcılar açısından kullanım kolaylığı sağlayarak maliyetin de düşmesini sağlamaktadır. Antrenörler ve spor bilimcilerin, sporculara maksimum verimliliğe ulaşabilmek için gerekli olan en uygun antrenman miktarını belirlemede antrenman yükü takibinden faydalanmaları oldukça önemli bir uygulama haline gelmiştir. Bu derleme çalışması, 2022-2023 yılları arasında, Web of Science, Pub Med, Elsevier, Semantic Scholar ve Google Scholar veri tabanlarında, "Training", "Internal Loading", "Biochemical Parameter" anahtar kelimeleri kullanılarak ulaşılan bilimsel çalışmalar ve kitaplar ışığında yapılmıştır. Antrenman iç yükü her sporcu için doğru analiz edilirse, sporculara antrenmanlara karşı oluşan uyumlar belirlenebilir, ihtiyaç duyulan dinlenme süreleri ayarlanabilir, antrenmanlara verilen farklı bireysel yanıtlar anlaşılabilir ve sporcuların sakatlık riskleri azaltılabilir. Sonuç olarak, bu çalışma ile literatürdeki ilgili çalışmalardan yola çıkarak antrenman iç yük görüntülenmesinde kullanılan yöntemler için teorik bilgiler vermek, sakatlıkların önüne geçmek ve performansı optimum düzeye getirmek için antrenman yüklerini görüntülemenin önemi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Antrenman, İç yüklenme, Objektif yaklaşımlar

Objective Approaches to Monitoring Training Internal Loads

Abstract

The activity performed during training or competition, regardless of internal features, is referred to as external load. External load indicators in training planning include runback, running speeds, acceleration, weight lifted, etc. Measurements of training internal load offer more precise and unbiased details regarding the physiological functions of the athlete. Methods such as TRIMP (training impulse), lactate concentrations, heart rate, immunologic-hormonal markers, and oxygen consumption are used to measure internal load. Blood samples are usually acquired from athletes to monitor the biochemical-hormonal elements and the training loads caused by these elements in the athlete during the calculation of biochemical parameters while monitoring the training loads in the athlete. However, since this is both costly and challenging for coaches, saliva samples have recently been utilized to measure these physiological markers. Saliva samples are easy for medical professionals to use, and they reduce the cost. Utilizing training load monitoring to calculate the ideal quantity of training needed to maximize an athlete's efficiency has grown to be a crucial practice for coaches and sports scientists. This compilation study was carried out in the light of scientific studies and books reached by using the keywords "Training", "Internal Loading", "Biochemical Parameter" in Web of Science, PubMed, Elsevier, Semantic Scholar and Google Scholar databases between 2022-2023. When the training load is appropriately studied for each athlete, adaptations to training can be determined, rest times can be altered, distinct individual reactions to training can be understood, and athletes' injury risks can be decreased. In conclusion, the present study aimed to establish theoretical knowledge on the methodologies utilized in internal training load imaging based on the relevant literature, as well as the significance of imaging training loads to prevent injuries and maximize performance.

Keywords: Training, Internal loading, Objective approaches

* Sorumlu Yazar: Tuğçe ÇALCALI, E-posta: calcalitugce@gmail.com

GİRİŞ

Günümüzde antrenman iç yüklerinin ve bu yüklerin spor yapan kişilerdeki etkilerinin belirlenmesi için kullanıma hazır birtakım envanterler geliştirilmiştir. Antrenman iç yük takibinin, sporcuda çalışmalara uyum gösterip gösteremeyeceğinin anlaşılmasına, sağlık durumunda bozulma ve sakatlanma gibi risk faktörlerini minimize etmekte faydalı olabilir. Antrenman yükü ölçümleri iç veya dış olarak kategorize edilebilir. İç antrenman yükleri, antrenman veya müsabaka sırasında sporcuya uygulanan göreceli biyolojik (hem fizyolojik hem psikolojik) stresörler olarak tanımlanmaktadır. İç yükü izlemede kullanılan envanterler içerisinde nöromüsküler testler, kan laktatı kalp atım hızı indeksleri, oksijen tüketimi immünolojik-biyokimyasal-hormonal ölçümler yer almaktadır. 1980'li yıllara gelindiğinde nabız bantları ve gaz analizörleri aracılığıyla sporcu takibi ayrıntılı olarak incelenebilir bir duruma gelmiş ve iç yüklerin belirlenmesi için Karvonen, Banister gibi bilim insanları çeşitli formüller ortaya çıkarmışlardır. Yine aynı dönemde Eric Banister tarafından TRIMP (Training Impulse) geliştirilmiştir (Banister, 1991).

Sportif performans sergileyenlerin hissettikleri yorgunluğu kontrol altına almak ve çalışmalarını arzu edilen yüklenme-doz seviyesinde sürdürebilmek amacı ile spor yapanlarda antrenmanın meydana getirdiği yüklerin takip edilmesi oldukça önemlidir (Kellmann, Bertollo, Bosquet, Brink, Coutts, Duffield ve Beckmann, 2018). Uzun süreli antrenman planı programlanırken antrenman yoğunluğu ve süresi sporcuda yük oluşturmayacak şekilde planlanmalıdır, antrenman sıklığı, şiddeti ve dinlenme aralığı sporcuyu adapte edebilecek ve istenilen performans düzeyine ulaştırılabilecek biçimde şekillendirilmelidir (Weaving, Dalton-Barron, McLaren, Scantlebury, Cummins, Roe ve Abt, 2020; Hulin, Gabbett, Johnston ve Jenkins, 2018). Sporculara bir amaç ve hedef dahilinde antrenmanlar yaptırılmaktadır ancak hedeflenen antrenmana organizmada pozitif ya da negative nasıl sonuçlar göstereceği net olarak bilinmemektedir. Her organizmanın strese verdiği yanıtlar çeşitlilik gösterebileceği için sporcunun antrenmana gösterdiği uyumun incelenmesinde bireysel farklılıkların göz önünde bulundurulması gerektiği düşünülmektedir (Collette, 2018). Antrenörler ve spor bilimciler, sporculara maksimum verimliliğe ulaşabilmek için gerekli olan en uygun antrenman miktarını belirlemede antrenman yükü takibinden faydalanmaları oldukça önemli bir uygulama haline gelmiştir (Foster, 1998). Antrenman esnasında oluşan yükü ölçmek için tercih edilen birçok yöntem vardır. Yük ölçümünde kullanılacak olan yöntem, antrenörler ve spor bilimcilerin istekleri doğrultusunda çeşitlenebilir (Bourdon, Cardinale, Murray, Gastin, Kellmann, Varley ve Cable 2017; Impellizzeri, Wookcock, McCall, Ward ve Coutts, 2019).

YÖNTEM

Bu derleme çalışması, 2022-2023 yılları arasında, Web of Science, Pub Med, Elsevier, Semantic Scholar ve Google Scholar veri tabanlarında, "Training", "İnternal Loading", "Biochemical Parameter" anahtar kelimeleri kullanılarak ulaşılan bilimsel çalışmalar ve kitaplar ışığında yapılmıştır. Elde edilen araştırmalardan deneysel türde makaleler, sistematik derlemeler, kitaplar ve doktora tezleri çalışmaya dahil edilmiş olup yüksek lisans tezleri hariç tutulmuştur.

Kreatin Kinaz (CK)

Serum kreatin kinaz ve laktat dehidrojenaz enzim miktarları, eksantrik egzersizlere eş zamanlı olarak, egzersiz esnasında metabolizmada gerçekleşen kas hasarını tespit etmek için kullanılmaktadır (Amstrong, 1990). Kreatin kinazın en yoğun görüldüğü yerler iskelet kasıdır. Zorlayıcı bir antrenmanın ardından vücutta artan laktik asit ile kaslarda hasara neden olan kreatin kinaz seviyelerinde de artış gözlenmektedir. Kreatin kinazın iskelet kaslarında yayılmasının bir sonucu olarak kas hasarı, sporcu yaralanmalarında nitel bir göstergedir.

Kreatin kinaz sporcuda performansın gerilemesine ve yaralanmaların görülmesine neden olmaktadır (Epstein, 1995; Evans, 1991). Yapılan egzersizi takiben 48 saat sonra iskelet kaslarında serum kreatin kinaz seviyesi maksimum duruma gelir. Sporcuların kaslarındaki rahatsızlığı hissetmeye başlaması ise genellikle antrenman bittikten sonra ilk 8 ila 24 saatlik sürede gerçekleşmektedir (Smith, Keating, Holbert, Spratt, McCammon, Smith ve Israel, 1994). Kreatin kinaz oranları egzersiz ya da ağır çalışmaların ardından anlık olarak yükselmektedir. Kapasiteyi zorlayıcı egzersizin hemen ardından normal seviyelerin üst limitlerinin 30 katına kadar arttığı, bir hafta sonrasında ise azalma gerçekleştiği görülmüştür (Morghadam-Kia, Oddis ve Aggarwal, 2016). Kreatin kinazın kastaki oranı fiziksel aktivitenin çeşidine ve zamanına bağlı olmakla birlikte antrenman yapmayan bireylerde daha çok artış görülmektedir (Lilleng, Abeler, Johnsen, Stensland, Løseth, Jorde ve Bekkelund, 2011). Polat'ın (2014) yapmış olduğu çalışmada kreatin kinaz referans değer aralığını 19.7±162.4 U/L olarak belirtmiştir. Meyer ve Meister (2011), seçkin oyuncuların oluşan geniş bir örnekleme yaptıkları bir referans çalışmasında, kreatin kinaz değerlerinin sezon boyunca artabileceğini belirtmişlerdir.

Tablo 1'de Silva vd., (2014) yaptıkları çalışmada sporcuların sezon öncesi hazırlık, sezon ortası, sezon sonrası ve sezon sonrası toparlanma bitiminden sonra kan örnekleri alınmıştır. Analiz edilen kan örneklerinde sezon öncesi hazırlık döneminde kreatin kinaz seviyesi 166.3±96,5 U/L, sezon ortası 406.6±202.4 U/L, sezon sonrası 286.5±141.7 U/L ve sezon sonrası toparlanmada ise 187.6±130.3 U/L olarak tespit edilmiştir. Alınan numuneler arasında önemli farklılıklar görülmüştür.

Tablo 1. Farklı kan örneklemeleri ile kreatin kinaz değerleri (Silva vd., 2014)

Parametre	Referans Değer	Sezon Öncesi	Sezon Ortası	Sezon Sonrası	Sezon Sonrası Toparlanma
Kreatin Kinaz (CK) U/L	50-270	166.3±96,5	406.6±202.4	286.5±141.7	187.6±130.3

Tablo 2 incelendiğinde çalışmalara paralel olarak Heisterberg, Fahrenkrug, Krustup, Storskov, Kjaer ve Andersen (2013) kreatin kinazın antrenman yükündeki artış nedeniyle çoğunlukla sezon öncesi kondisyon döneminde arttığını belirtmişlerdir. İlk kan örneği (BS1), Aralık 2007'nin ortasında sonbahar yarı sezonunun son rekabetçi maçından 2 gün sonra alınmıştır. Daha sonra oyuncular, düşük miktarlarda kendi kendine uygulanan aerobik antrenmanı ile 3 hafta tatil yapmışlardır. İkinci kan örneği (BS2), 2008 bahar sezonu için sezon öncesi hazırlıkta 14 Ocak sonunda alınmıştır. Bu hazırlık dönemi, Ocak ayının başından Mart ayının başına kadar yaklaşık 8 haftadır. Kapsamlı miktarda aerobik kondisyon ve ağır direnç kuvvet

antrenmanı, ilerici miktarlarda teknik ve maça yakın idmanlar ve periyodun sonuna doğru antrenman maçlarını kapsamaktadır. Üçüncü kan örneği (BS3), şubat ortasında, hazırlık dönemine yaklaşık 5 hafta kala elde edilmiştir. Dördüncü kan örneği (BS4), Mart ayı sonunda, normal sezonun 3. haftasında, yoğun bir maç programı olan ve sık rekabetçi maçlarla karakterize edilen bir dönemde alınmıştır. Beşinci ve son kan numuneleri (BS5) sezonun son rekabetçi maçından 2 gün sonra, yine sık maça maruz kalma ile karakterize edilen bir dönemden sonra alınmış olup, çalışmada ortaya çıkan kreatin kinaz değerleri Tablo-2' de verilmiştir.

Tablo 2. Farklı kan örneklemeleri ile kreatin kinaz değerleri (Heisterberg vd., 2013)

Parametre	Referans Değer	BS1	BS2	BS3	BS4	BS5	Ortalama Değer (BS1-5)
Kreatin Kinaz (CK) U/L	50-270	292±27	544±168	274±31	258±36	279±30	329±58

Fakat kreatin kinaz değerlerinin yüksek oranda birkaç değişkene bağlı olduğuna dikkat etmek gerekmektedir. Ölçümlerin kişiden kişiye değişiklik gösterebileceği ve önceki günlerde yapılan aktivitelerden ölçüm sonuçlarını etkileyebileceği unutulmamalıdır. Bu sebeple, daha iyi yorumlama için bireysel antrenman yükünün kreatin kinaz değerleri ile değerlendirilmesi ve analiz edilmesi gerekir. Ayrıca herhangi bir profesyonel sporda olduğu gibi, futbol oynamak yüksek düzeyde kas katılımı gerektirdiğinden, profesyonel futbolcuların çoğu zaman yüksek CK değerlerine sahip olacağını hesaba katmalıdır (Heisterberg, Fahrenkrug ve Andersen, 2014).

Tablo 3'te kas hasarının belirlenmesi amacıyla 32 gönüllü basketbolcu erkekle yapılan bir çalışmada kuvvet antrenmanlarının ardından alınan kan örnekleri ile kreatin kinaz enzim aktiviteleri incelenmiş, çabuk kuvvet antrenmanlarının uygulandığı grupta kreatin kinaz seviyelerinde anlamlı bir düşüş gözlemlenirken ($p<0.05$), kuvvette devamlılık antrenmanlarının uygulandığı grupta kreatin kinaz seviyelerinde değişiklik saptanamamıştır (Cengizhan Aksen ve Günay, 2019). Bircher, Enggist, Jehle ve Knechtle (2006) dayanıklılık bisikletçisiyle yaptıkları yüksek şiddette bir antrenmanın ardından kreatin kinaz seviyesinin yükseldiğini ancak bu artışın antrenmanın üzerinden beş hafta geçmesinin ardından normal seviyelere döndüğünü belirtmişlerdir.

Tablo 3. Farklı kan örneklemeleri ile kreatin kinaz değerleri (Bircher vd., 2006)

Parametre	Referans Değer	Yarıştan Önce	Yarıştan Hemen Sonra	Yarıştan 5 Hafta Sonra
Kreatin Kinaz (CK) U/L	50-270	217 U/L	1636 U/L	138 U/L

Tablo 4'te çalışmalara destek olarak Robinson, Williams ve Worthington (1982) 355 erkek İngiliz olimpiyat sporcusu ve ek olarak çalışmaya katılan 10 sağlıklı erkek laboratuvar gönüllüsü ile yapmış oldukları çalışmada, egzersizden altı saat sonra kreatin kinaz seviyelerinde her iki grupta da anlamlı farklılıklar tespit etmişlerdir.

Tablo 4. Farklı kan örneklemeleri ile kreatin kinaz değerleri (Robinson vd., 1982)

Parametre	Referans Değer	Antrenmandan 6 Saat Sonra (deney grubu/ kontrol grubu)	
Kreatin Kinaz (CK) U/L	50-270	(d)322±2	(k)118±7

Tablo 5'te ise eğitimli 10 basketbol sporcusunun katılmış olduğu tekrar eden ve iki saat yüksek yoğunlukta sürdürülen bir basketbol antrenmanın ardından deneklerin kreatin kinaz seviyeleri ölçülmüş ve kreatin kinaz seviyelerinin artmış olduğu bulunmuştur (Wang, Wang, He ve Huang, 2012).

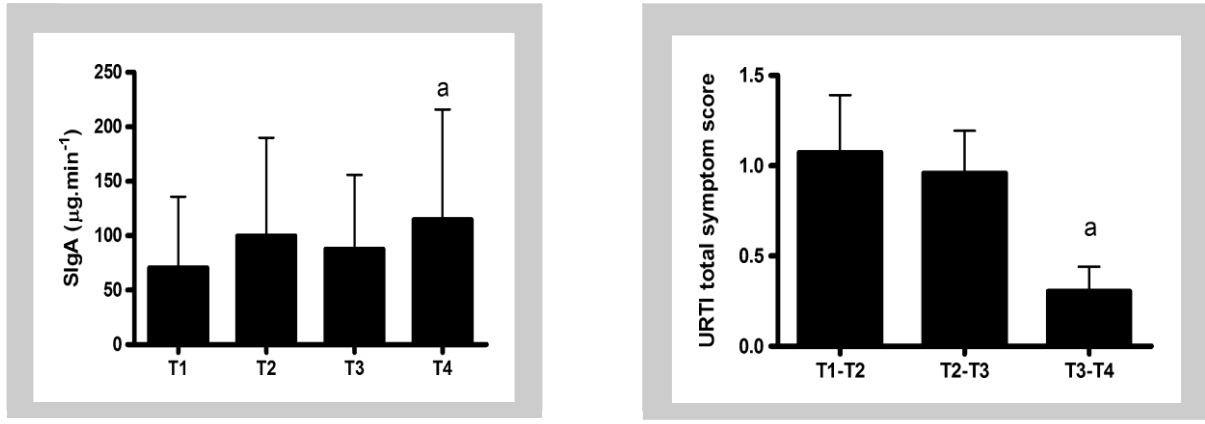
Tablo 5. Farklı kan örneklemeleri ile kreatin kinaz değerleri (Wang vd., 2012)

Parametre	Referans Değer	Antrenmandan Önce	Antrenmandan Sonra
Kreatin Kinaz (CK) U/L	50-270	107±26.0	330±29.0

İmmünoglobulin A (IgA)

Egzersiziz immünolojik sistem değişkenlerinde birtakım fizyolojik değişimler ortaya çıkarması ile son yıllarda yapılan çalışmalarda araştırmacıların egzersiziz immun sistem üzerindeki etkilerine odaklandığı ve birçok çalışma yapıldığı görülmektedir (Pedersen ve Hoffman- Goetz, 2000). Araştırmalarda sıklıkla gözlenen araştırmacı davranışlarından birisi olarak daha çok sporcuların akut egzersizler esnasında, egzersiz yoğunluğu ve zamanına bağlı kalarak ortaya çıkan immun cevapları araştırılırken öte yandan diğer araştırmacıların çalışmalarına bakıldığında ise kronik egzersizlerin sporcuda meydana getirdiği immun yanıtlar incelenmiştir (Polat, 2004).

Spor bilimciler ve araştırma yapan kişiler antrenmanların sporcularda fiziksel şiddetler meydana getirdiğini belirtmektedirler. Egzersiz ile ortaya çıkan fiziksel stresler, insan metabolizmasında immun ve hormonal sistemdeki değişiklikler olarak karşımıza çıkmaktadır. Profesyonel sporcularda yapılan incelemeler yüksek şiddetteki antrenman programlarının immünolojik sistemin gereğinden fazla çalışmasına ve böylece hastalık, sakatlık ve yaralanmalara sebep olabileceğini ancak orta şiddetli antrenmanların, aerobik egzersizlerin immun sistemi olumlu yönde geliştirerek vücudu sakatlık, hastalık ve yaralanmalara karşı korunabileceği savunmuşlardır (Jaks, Sowash, Anning, McGloughlin ve Anderes, 2002). Çalışmalarda kullanılacak immünoglobulin A referans değer aralığı 50±400 mg/dL'dir (Erbil, 2007).



Şekil 1. İmmünoglobulin A salgılanma hızı ve üst solunum yolu enfeksiyon semptom yanıtları (Moreira vd., 2014)

Şekil 1’de Moreira vd., (2014) 34 genç futbolcunun 21 haftalık bir rekabet sezonunda tükürük IgA yanıtı ve üst solunum yolu yanıtlarını incelemişlerdir. Tükürük IgA örneklerinin alımı 4 ayrı zaman periyodunda, sezon öncesi antrenman hazırlık haftası (T1), yarışma sırası (T2), yarışma sonrası (T3) ve antrenmansız geçiş periyodunda (T4) numuneler alınmıştır. Oyuncuların, tüm araştırma (21 hafta) boyunca, URTI (üst solunum yolu enfeksiyonları) ile uyumlu herhangi bir belirti veya semptomu (öksürük, burun akıntısı ve burun tıkanıklığı ve semptomların meydana geldiği gün sayısı dahil) belgeledikleri haftalık bir kayıt tutmaları istenmiştir. Çalışmada T1 ve T4 arasında IgA oranında önemli bir değişiklikler tespit edilmiştir. Üst solunum yolu enfeksiyon semptomları ise IgA değerlerindeki değişikliklere paralel olarak önce artış, sonra azalış göstermektedir.

Moreia, Arsati, Oliveira Lima- Arsati, Simoes ve De Araujo (2011) 15 basketbolcu üzerinde 4 hafta süren sistemli antrenman esnasında antrenman yükü, stres toleransı, tükürük değerleri ve banal enfeksiyonlar arasındaki ilişkileri değerlendirmek için yaptıkları bir çalışmanın başlangıcında ve sonunda deneklerden tükürük immünoglobulin örnekleri alınmıştır ve toplanan bu numuneler sonucunda immünoglobulin salgılama hızında önemli düşüşler görülmüştür.

Gomes, Moreira, Lodo, Nosaka, Coustts ve Aoki (2013) tarafından yapılan bir başka çalışmada 10 antrenmanlı tenis sporcusuna sezon öncesi uygulanan bir antrenman programının, antrenman iç yüklerine bağlı olarak stres toleransı, endokrin-bağışıklık yansımaları ve fiziksel performansa etkileri incelenmiştir. Araştırmada sporculardan tükürük kortizol, testosteron ve immünoglobulin A ile ilgili haftalık örnekler alınmıştır. Yapılan bu çalışmada denekler 4 hafta boyunca kademeli aşırı yüklenme antrenmanı ve 1 haftalık azalan antrenman periyoduna bölünmüş antrenman planında sezona başlamadan önce dönem boyunca izlenmiştir. Çalışmanın sonucunda immünoglobulin A konsantrasyonunda antrenman boyunca bir değişiklik bulunamamıştır.

Testosteron

Testosteron, vücutta üretilen hormonlar arasında en etkili androjenik anabolik hormonlardan bir tanesidir. İnsan organizmasında kaslardaki büyüme ve gelişmeye yardımcı biyolojik kimyasal bir unsurdur. Testosteron, kaslara protein sentezinin gerçekleşmesi için kimyasal sinyaller gönderir ve bununla birlikte proteinlerin işlevselliğini kaybetmelerinin önüne geçer; bu etkilerin bir araya getirilmesi ile testosteron sayesinde kas hipertrofinin gelişmesi açıklanabilir (Vingren, Kraemer, Ratamess, Anderson, Volek ve Maresh, 2010). Testosteron, bağışıklık sisteminin hücresel elemanlarını etkilemesinin yanı sıra humoral elemanlarını da etkileyen bir hormondur (Araneo, Dowell, Diegel ve Daynes, 1991). Laboratuvar ortamında tükürük ya da kan yolu ile incelendiği bilinen testosteron hormonu, yüksek yoğunluklu, kısa süreli akut egzersizlerde artış göstermektedir (Gomes vd., 2013). Yapılan çalışmalarda testosteron için referans değer 5pg/ml'dir ve salgılanması sırasında düzensiz ve aralıklı salgılanma özelliği görülmektedir (Turek, 2014).

Changes (mean \pm SD) in biochemical characteristics during the different blood sampling.*						
Blood parameters (units)	1st blood sampling (CB1-W16)	2nd blood sampling (CB2-W30)	3rd blood sampling (CB3-W45)	ES 1st vs. 2nd	ES 1st vs. 3rd	ES 2nd vs. 3rd
CK (U·L ⁻¹)	849.2 \pm 725.3	489.9 \pm 361.9 [†]	587.6 \pm 483.8	Moderate 0.7 \pm 0.4	Unclear	Unclear
ASAT (U·L ⁻¹)	47.0 \pm 19.4	35.4 \pm 11.8 [‡]	40.3 \pm 14.5	Moderate 0.7 \pm 0.2	Unclear	Unclear
ALAT (U·L ⁻¹)	37.5 \pm 17.0	32.0 \pm 11.8 [‡]	30.9 \pm 14.6 [‡]	Small 0.4 \pm 0.2	Small-0.4 \pm 0.1	Unclear
RBC (Tera·L ⁻¹)	5.0 \pm 0.3	5.1 \pm 0.3	5.1 \pm 0.3 [‡]	Unclear	Small-0.5 \pm 0.1	Unclear
Hemoglobin (g·100·ml ⁻¹)	15.4 \pm 0.6	15.3 \pm 0.7	15.1 \pm 0.6	Unclear	Unclear	Unclear
Leucocytes (Giga·L ⁻¹)	5.7 \pm 1.1	5.9 \pm 1.4	6.0 \pm 1.3	Unclear	Unclear	Unclear
Reticulocytes (Giga·L ⁻¹)	43.4 \pm 10.9	47.1 \pm 10.9	47.0 \pm 14.3	Unclear	Unclear	Unclear
Hematocrit (%)	45.6 \pm 2.1	46.2 \pm 1.9	44.8 \pm 1.6 [¶]	Unclear	Unclear	Moderate-0.8 \pm 0.2
T (ng·ml ⁻¹)	4.3 \pm 1.6	4.0 \pm 1.5	5.6 \pm 1.7 ^{S,#}	Unclear	Moderate-0.8 \pm 0.1	Moderate-1.0 \pm 0.1
C (μ g·dl ⁻¹)	13.5 \pm 2.8	14.4 \pm 3.1	16.2 \pm 2.2 [¶]	Unclear	Moderate-1.1 \pm 0.2	Moderate-0.7 \pm 0.4
Ratio T·C ⁻¹	0.34 \pm 0.15	0.29 \pm 0.12	0.35 \pm 0.10 [¶]	Unclear	Unclear	Small-0.6 \pm 0.3
IGF-1 (ng·ml ⁻¹)	255.9 \pm 44.4	214.9 \pm 38.0 [‡]	231.9 \pm 58.0	Moderate 1 \pm 0.2	Unclear	Unclear
Ratio IGF-1/C	19.6 \pm 5.0	15.3 \pm 3.5 [§]	14.6 \pm 4.6 [‡]	Moderate 1.0 \pm 0.1	Moderate 1.0 \pm 0.3	Unclear
CRP (mg·L ⁻¹)	2.7 \pm 2.4	2.5 \pm 1.8	2.4 \pm 2.8	Unclear	Unclear	Unclear

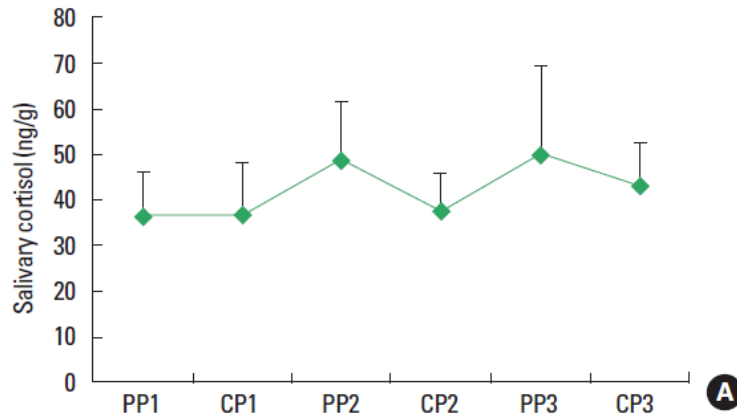
*CB = competitive block; W = week; CK = creatine kinase; ASAT and ALAT = aspartate and alanine aminotransferase; RBC = red blood cell; T = testosterone; C = cortisol; IGF-1 = insulin growth factor 1; CRP = C-reactive protein.
[†]Significant difference with values of first blood sampling; $p < 0.05$.
[‡]Significant difference with values of first blood sampling; $p < 0.01$.
[§]Significant difference with values of first blood sampling; $p < 0.001$.
[¶]Significant difference with values of second blood sampling; $p < 0.05$.
[¶]Significant difference with values of second blood sampling; $p < 0.01$.
[#]Significant difference with values of second blood sampling; $p < 0.001$.

Şekil 2. Farklı kan örneklemeleri ile biyokimyasal özelliklerdeki değişiklikler (Dubois vd., 2018)

Şekil 2'de Dubois vd., (2018) yapmış oldukları 48 haftalık bir çalışmada rekabetçi bir sezon boyunca profesyonel rugby birliği oyuncularında haftalık iş yükünün fiziksel, biyokimyasal ve psikolojik özellikler üzerindeki etkisini incelemiştir. Şekilde verilen biyokimyasal parametrelere bakıldığında rekabetçi dönem (CB1, CB2, CB1) bölümlere ayrılmış ve sezon boyunca belirli haftalarda (W16, W30, W45) sporculardan kan örnekleri alınmıştır. Alınan kan örneklerine göre testosteron hormonu (T) değerlerinde ilk ve ikinci ölçümde belirgin bir farklılık görülmezken, üçüncü kan örneğinde testosteron değerinde artış gözlenmiştir (ng·ml⁻¹ 5.6 \pm 1.7).

Kortizol

Metabolik ve bağışıklık sisteminde etkili bir rol oynayan kortizol hormonu, insan vücudundaki başlıca glukokortioiddir. Kortizol hormonu vücuttaki stresin bir ürünü olarak adrenal korteksten salgılanmaktadır (Kraemer ve Ratamess, 2005). Kortizol, antrenman esnasında meydana gelen yorgunluk ve bu yorgunluğun neden olduğu fizyolojik birtakım değişikliklerin izlenilmesinde ve görüntülenmesinde kullanılan bir parametredir (Moreira vd., 2011). Kortizol- kortizon gibi üriner hormonlar invaziv olmaması sebebiyle antrenman yükünün izlenilmesini kolaylaştırmaktadır. Antrenman yükünü ve yoğunluğunu izlemek için yapılan birçok çalışma yüksek şiddet ve yoğunluktan oluşmaktadır, direnç egzersizlerinin sporcularda önemli seviyelerde hormonal tepkiler ortaya çıkardığı belirtilmektedir. Bu çalışmalarda hormonal belirteçler genellikle tükürük örnekleri ile belirlenmektedir. Tükürük toplama işlemleri sıklıkla her sabahın aynı saatinde, kahve ya da alkol tüketimi yapılmadan önce gerçekleştirilmektedir (Agostinho vd., 2017). Yetişkin bireylerde kandaki kortizol yoğunluğu referans aralığı ortalama 12 µg/ 100 ml'dir. Kortizol salgılanma hızı ortalaması ise 15-20 mg/gün'dür ve bununla birlikte kortizol salgılanma hızı gün boyunca değişim gösterir, sabahın ilk saatlerinde kortizol salınımı yükselmekteyken akşam saatlerinde düşüş göstermektedir (Hall ve Hall, 2020).



Şekil 3. Farklı tükürük örneklemleri ile kortizol değerindeki değişiklikler (Agostinho vd., 2017)

Şekil 3'te Agostinho vd., (2017) yapmış oldukları çalışmada sporcuların bir sezonluk antrenman dönemini antrenman iç yüklerini belirleyebilmek için hazırlık dönemi (PP), rekabet dönemi (CP) ve geçiş dönem (TP)'ine ayırarak incelemiştir. Bu incelemeler esnasında tükürük kortizol değerlerine bakıldığında kortizol değeri PP1 ve CP1 döneminde değişiklik göstermezken PP2, CP2, PP3 ve CP3 dönemlerinde dalgalanarak değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

Laktat Konsantrasyonları

Laktat analizörlerinin taşınabilir cihazlara evrilmesi ve bu yöndeki teknolojik gelişmelerin ardından maliyetlerdeki düşüş ile kolaylıkla laktat ölçümleri yapılabilmektedir. Laktat değerleri bizlere diğer fizyolojik belirteçler hakkında bilgi verebilmekte ve bu belirteçler ile anlamlı korelasyonlar göstermektedir. Laktat konsantrasyonları iç yükün önemli bir göstergesidir. Laktat eşiğinde ve üzerinde yapılan submaksimal ve maksimal antrenmanların kan laktat konsantrasyonunu düşürdüğü ve adaptasyonda olumlu sonuçlar vereceği öne sürülmektedir. Yaygın olarak öne sürülen varsayım laktat eşiği ile çakışan yoğunlukta bir antrenmanın bir iyileşmeye neden olacaktır. Bu teori kan laktat konsantrasyonunun sahada test edilmesine teşvik etmektedir (Swart ve Jennings, 2004).

Antrenmanın şiddeti laktat değerleri referans alınarak ölçülebilirken, aerobik eşik 2mmol, anaerobik eşik 4mmol değerleri ortalama olarak referans kabul edilir ve bu değerlere uygunluk sağlayan kalp atım hızı veya bu değerlere karşılık gelen sporcu hızına göre antrenmanın şiddeti ayarlanabilmektedir. Fakat bu değerlerin sporcuların fizyolojik durumlarına göre değişkenlik gösterebileceği dikkate alınmalıdır (Billat, 1996).

Sporcunun antrenmana adaptasyonunun değerlendirilmesi amacı ile de antrenman yük izlenimlerinde kullanılan laktat değerinin aynı yoğunlukta antrenman şiddetlerinde düşmesi sporcunun bu fiziksel yüke karşı adaptasyonunun arttığının bir göstergesi olarak kullanılır. Ancak bu değerlerdeki düşüşler sporcunun sürantrene olmasından kaynaklı da olabileceği düşünülerek, adaptasyon ve sürantrene olma durumu birbirinden ayırt edilebilmelidir aksi takdirde, sürantrene olmuş sporcunun laktat değerlerindeki düşüş baz alınarak, antrenman yükünün artırılması durumunda sürantrene durumu daha da kötü bir hal alabilmektedir (Yaşlı, Karayığit, Karabıyık ve Koz, 2020).

Kan laktat konsantrasyonu, egzersiz yoğunluğu ve süresindeki değişikliklere duyarlıdır (Beneke, Leithäuser ve Ochental, 2011). Bununla birlikte, antrenman ve yarışma sırasında laktat konsantrasyonlarının düzenli olarak izlenmesinin kullanımına ilişkin bir takım potansiyel sınırlamalar vardır. Bunlar, ortam sıcaklığına, hidrasyon durumuna, diyet, glikojen içeriğine, önceki egzersize ve kullanılan kas kütlesi miktarına bağlı olarak laktat birikimindeki bireysel ve bireysel farklılıkları ve ayrıca numune alma prosedürlerini (zaman ve bölge) içerir (Borresen ve Lambert, 2008).

Kalp Atışı (HR, Heart rate)

Kalp atışı (HR) antrenmanda oluşan yükü izlemek için aşağıdaki gibi kullanılabilir: (i) egzersiz ile egzersiz sırasında HR (HR_{ex}), maksimum HR yüzdesi (%HR_{max}) ve yedek HR yüzdesi (%HR_{res}); (ii) toparlanma HR (HRR) ile egzersizden hemen sonra ve (iii) HR değişkenliği (HRV) ve istirahat HR (HR_{rest}) aracılığıyla antrenman yükü ve dinlenme halindeki yorgunluk durumu izlenebilir (Alexander vd., 2012). Kalp atımı, genellikle futbolda farklı egzersiz ve seans türlerinde iş yükünün bir göstergesi olarak doğrulandığı için futbolda kullanılan en yaygın fizyolojik parametre olarak görülmektedir (Akselrod, Gordon, Ubel, Shannon, Berger

ve Cohen, 1981; Castagna, Impellizzeri, Chaouachi, Bordon ve Manzi, 2011). HR ölçümü içinde, HRV'deki değişiklikler de birkaç yazar tarafından atletlerde antrenman yüklerini ve yorgunluğu izlemek için ilgili ve pratik bir araç olarak incelenmiş ve gözden geçirilmiştir (Buchheit, Voss, Nybo, Mohr ve Racinais, 2011). Kalp atışı yönteminin yaygın olarak antrenman ya da müsabaka sırasında kullanıldığı görülmektedir. HR'nin egzersiz VO₂ ve metabolik eşiklerle ilişkili olduğu gösterilmiştir (Buchheit, 2014). HR yüksek yoğunluklu antrenmanlar (HIT) veya küçük taraflı oyunlar da dahil olmak üzere birçok antrenman sırasında kolayca izlenebilir. Antrenman sırasında HR'yi izlemek için birtakım belirteçler dikkate alınmalıdır (Alexander vd., 2012). Bu belirteçler:

- HR_{ex}: egzersiz kalp atışı, dakikadaki atım olarak ifade edilir, belirli bir zamanda kardiyak etkinin göstergesidir;
- Maksimal kalp atımı (HR_{max}): egzersiz yaparken oyuncu için gözlemlenen en yüksek bireysel ölçü;
- HR_{rest}: dinlenme halindeki oyuncu için gözlemlenen en düşük ölçü;
- Rezerv kalp atım hızı (HR_{res}): aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanır;
- HR_{res} = HR_{max} - HR_{dinlenme} (Karvonen, 1957).

Göreceli bireysel kardiyak etkiyi belirtmek için HR_{ex}, aşağıdaki formül kullanılarak %HR_{max} olarak ifade edilir:

- $(HR_{ex} / HR_{max}) \times 100$

HR_{ex} ayrıca aşağıdaki formül kullanılarak % HR_{res} olarak da ifade edilebilir:

- $[(ortalama\ HR_{ex} - HR_{rest}) / (HR_{max} - HR_{rest})] \times 100$. (Alexander vd., 2012)

Antrenman Uyaranı (TRIMP, training impulse)

Banister Metodu

TRIMP, antrenman yükü üzerinde detaylı denetim sağlayabilmek için çağdaş spor eğitim kuramından süregelen bilimsel bir tekniktir. Antrenmandaki yükleri etkin bir biçimde ölçebilir, spor faaliyetlerinde etkili kullanılır ve sporcu kişilerin atletik performanslarını geliştirebilmek amacı ile güçlü bir teorik zemin hazırlar (Luo ve Tu, 2015). Antrenman uyaranı (TRIMP), Bannister tarafından tanıtılmıştır. TRIMP, antrenmanın yoğunluğunu ve süresini tek bir antrenman dozunun tek bir genel ölçümünde bir araya getiren antrenman impulsu (TRIMP) olarak tanıtılmaktadır. TRIMP sayesinde antrenman yükü tek bir sayısal değer ile açıklanabilir. Açıklanan bu değer antrenmanın süresi ve şiddetinin çarpımı ile belirlenmektedir (Bannister, 1991). Yöntem uygulanırken karşılaşılan en büyük sınırlılık KAH değişimlerinin kadınlar ve erkekler için farklı belirlenmiş yoğunluk faktörüne göre (Y) hesaplanmasıdır (Lambert ve Borresen, 2010).

Tablo 6. Antrenman iç yüklerinin hesaplanmasında Banister Metodu (Bannister, 1991)

$TD \times HR_R \times 0.64 \times e^{1.92 \times HR_R}$ yani;
TRIMP antrenman yükü=antrenman süresi (dk) x $\blacktriangle KAH_{orani}$ x Y
$\blacktriangle KAH_{orani} = (KAH_{egzersiz} - KAH_{dinlenim}) / (KAH_{zirve} - KAH_{dinlenim})$
$Y = 0.64_{eb} \blacktriangle KAH_{orani}$ $Y = 0.86_{eb} \blacktriangle KAH_{orani}$
b=sabit sayı 1,67 erkekler ve 1,92 kadınlar için e=(doğal logaritma kökü)

Edwards Metodu

Antrenman iç yük takibinde kalp atım hızını temel alan yöntemlerden bir diğeri ise, Edwards tarafından geliştirilmiştir. Edwards yöntemi, aralıklı antrenmanlarda antrenman yükünün hesaplanması için kullanılmaktadır. Bu yöntemde, beş farklı kalp atım bölgelerinde geçirilen süreler hesaplanır ve o alana denk gelen katsayılarla çarpılır. Daha sonra her alan için çıkan sonuçlar toplanarak antrenman yükü hesaplanır (Edwards, 1993). Edwards metodunda karşılaşılan temel kısıtlılık katsayılarının kullanımı ile yapılan ağırlıklandırma sistemidir. Bu metotta karşılaşılan en büyük güçlük katsayı kullanım sistemidir. Sporcuda gerçekleşen fizyolojik yük farklılık göstermektedir ancak benzer kalp atım bölgelerine ait minimum ve maksimum kalp atış hızı aynı katsayıyla belirlenmektedir (Lamber ve Borresen, 2010).

Tablo 7. Antrenman iç yüklerinin hesaplanmasında Edwards Metodu (Edwards, 1993)

%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

Lucia's TRIMP

Yakın zamanda Lucia, Hoyos, Santalla, Earnest ve Chicharro (2003) dayanıklılık sporcularında antrenman iç yükünü belirlemek için başka bir yaklaşım ileri sürmüşlerdir (Lucia'nın TRIMP'i). Burada antrenman yükü, üç farklı HR bölgesinde (1. bölge: ventilasyon eşiğinin altında; 2. bölge: ventilasyon eşiği ile solunum kompanzasyon noktası arasında; 3. bölge: solunum kompanzasyon noktasının üstünde) harcanan sürenin bir katsayı ile çarpılmasıyla (1.bölge k=1, 2.bölge k=2 ve 3. bölge için k=3) hesaplanır ve ardından tüm sonuçlar toplanır. Edwards'inkine benzer olan bu yöntemde temel fark, Lucia yönteminde HR bölgeleri laboratuvarında elde edilen bireysel parametrelere göre belirlenirken, Edward'ın yönteminde standartlaştırılmış önceden tanımlanmış HR bölgeleri kullanır (Edwards, 1993; Lucia vd., 2003).

TRIMPI

Artan antrenman yüklerine verilen tepkileri bireysel analiz yöntemi ile izlemek için geliştirilen bir yöntemdir. TRIMPI, antrenman esnasında belirlenen bireysel HR ve laktat profilleri belirlenerek kullanılmaktadır. Bannister'in TRIMP yöntemi, bir maç sırasında ortalama egzersiz HR'sini kullanır ve çarpma faktörü y , denklemdeki tüm denekler için eşit olan iki sabit kullanılarak hesaplanır. Ortalama egzersiz HR ve aynı çarpan y 'nin kullanımı, potansiyel olarak her bir antrenman seansının bireysel fizyolojik taleplerini yansıtmada başarısız olduğu düşünülmektedir. Trimp_i ile her sporcu için ayrı bir ağırlık faktörü (y_i) belirlenmektedir ve y_i artan egzersiz yoğunluğuna karşı kan laktat yanıt eğrisi profilini yansıtmaktadır (Manzi, Iellemo, Impellizzeri, D'ottavio ve Castagna, 2009).

Stagnos' TRIMP

Bu yöntemde Stagno, Thatcher ve Van Somoren (2007) klasik TRIMP yöntemi değiştirerek sporcuların antrenman sırasındaki fizyolojik profilindeki değişiklikleri arasındaki ilişkiyi ölçebilmek amacıyla Stagnos' TRIMP yöntemini geliştirmişlerdir. Stagnos' TRIMP modelinde yine Bannister'ın klasik TRIMP modelinde olduğu gibi 5 farklı kalp atım hızı bölgesi belirlenmiştir, her bölge için bir ağırlık getirilmiştir ancak bu ağırlık faktörü antrenmanın şiddetine bağlı olarak artan kan laktat tepki eğrisinin profilini yansıtmaktadır. Böylece, kalp atış hızı yanıtının gösterdiği gibi antrenman yoğunluğu arttıkça, kan laktat ağırlığı katlanarak artar. Ayrıca, artan yoğunluğa, laktat eşiğine ve kan laktat birikiminin başlangıcına tipik bir kan laktat tepkisi eğrisindeki iki kesme noktasıyla ilişkili olarak bölgelerin konumunu ayarlandığı görülmektedir. Bu konumlar; 1,5 ve 4 mmol kan laktat konsantrasyonları olarak tanımlanmıştır. Bu teknikte kan laktat konsantrasyonları hız ve kalp atış hızına karşı çizilmektedir. 4 mmol (V_{OBLA}), 1.5 mmol (HR_{Lac}) ve 4 mmol'deki (HR_{OBLA}) kalp hızı belirlenmektedir. Bu yöntemde HR_{Lac} ve HR_{OBLA} , artan egzersiz yoğunluğuna tipik bir kan laktat yanıt eğrisinde iki kırılma noktasına karşılık gelen kalp hızları olarak kabul edilmektedir (Stagno vd., 2007).

TRIMP yöntemlerini incelediğimizde sürekli olarak geliştirildiğini görmekteyiz. Antrenman iç yük görüntülenmesinde çok fazla yol katedilmesine yardımcı olmasına rağmen, TRIMP yöntemlerinin dezavantajı anaerobik güç çıktısının (atlama, sıçrama, çeviklik vb.) çok yüksek olduğu branşlarda tam olarak geçerliliği halen tartışılan bir konu olmalıdır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Antrenmanlarda veya yarışmalarda ortaya çıkan iç yüklerin incelenmesinin, uygulayıcılar ve sporcular için önemli olduğu bilinmektedir. Antrenman iç yüklerinin belirlenmesi ile aşırı yüklenme, sakatlanmalar, bağışıklık sisteminde görülen hastalıklar ve stres durumları gibi sportif başarıyı etkileyecek ve sporcunun performansını düşürecek koşulların önceden belirlenmesi ile bu sayede sporcunun antrenman ve yarışma gibi dönemlere en etkili biçimde katılım göstermesi sağlanabilmektedir. İç yüklerin değerlendirilmesinde farklı yöntemlerin

uygulandığı gözlemlenmektedir. Sporcularda antrenman yük takipleri yapılırken, branşa uygun olarak takip yöntemi ve envanteri seçilebilir, TRIMP (Training İmpulse), kalp hızı indeksleri, oksijen alımı, laktat konsantrasyonları, biyokimyasal parametreler, AZD (Algılanan Zorluk Derecesi), AAZD (Antrenman Algılanan Zorluk Derecesi), sağlık envanterleri gibi birçok takip aracı kullanılabilir. Takip yöntemi uygulanması esnasında vücutta gerçekleşen yüklerin bireysel bazda değişiklik gösterebileceği dikkate alınmalıdır. Literatür çalışmalarına bakıldığında, takım sporlarında bu değişikliklerin ayırımına varılamadığı takdirde antrenmandan beklenen düzeyde kazanım sağlanamayacağı düşünölmektedir. Antrenmanın birikimli etkilerinin sonucu olarak da sporcunun performansında düşüşler olabildiği gibi bu etkiler, sakatlık ve motivasyon kayıpları gibi durumlar ile sonuçlanabilmektedir. Bu doğrultuda sporcularda iç yüklerin takip edilmesinin rutin hale getirilmesi ve kullanılacak antrenman planlarının yük değerlendirmelerine paralel olarak düzenlenmesi önemlidir. Ek olarak fizyolojik belirteçler ile gözlemlenmesi gereken diğer bir parametrenin psikolojik unsurlar olduğu unutulmamalıdır. Antrenör, spor bilimciler ve uygulayıcıların sporcuların performanslarıyla ilgili değerlendirmelerinde fizyolojik ve psikolojik yüklerin beraber incelenmesinin daha etkili sonuçlar ortaya çıkaracağı düşünölmektedir.

Yayın Etiđi: Bu çalışmanın hazırlanma ve yazım sürecinde “*Yükseköđretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiđi Yönergesi*” kapsamında bilimsel, etik ve alıntı kurallarına uyulmuş olup; toplanan veriler üzerinde herhangi bir tahrifat yapılmamış ve bu çalışma herhangi başka bir akademik yayın ortamına değerlendirme için gönderilmemiştir.

Çıkar Çatışması: Yazarlar aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı: Tüm yazarlar araştırmaya eşit oranda katkı sağladıklarını beyan etmektedirler.

KAYNAKLAR

- Agostinho, M. F., Moreira, A., Julio, U. F., Marcolino, G. S., Antunes, B. M., Lira, F. S., & Franchini, E. (2017). Monitoring internal training load and salivary immune-endocrine responses during an annual judo training periodization. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 13(1), 68-75. <https://doi.org/10.12965/jer.1732850.425>
- Akselrod, S., Gordon, D., Ubel, F. A., Shannon, D. C., Berger, A. C., & Cohen, R. J. (1981). Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: A quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control. *Science*, 213(4504), 220-222. <https://doi.org/10.1126/science.6166045>
- 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. <https://doi.org/10.3390/sports6020044>
- Akyıldız, Z. (2019). Antrenman yükü. *CBÜ Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 14(2), 152-175. <https://doi.org/10.33459/cbubesbd.528148>
- Alemdaroğlu U., Köklü, Y. (2017). Antrenman yükü takibi ve sakatlık önlemedeki rolü. *Türkiye Klinikleri J Sports Med-Special Topics*, 3(3),184-90.
- Alexandre, D., Da Silva, C. D., Hill-Haas, S., Wong, D. P., Natali, A. J., De Lima, J. R., ... & Karim, C. (2012). Heart rate monitoring in soccer: interest and limits during competitive match play and training, practical application. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(10), 2890-2906. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182429ac7>
- Armstrong, R. B. (1990). Initial events in exercise-induced muscular injury. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 22(4), 429-435. <https://doi.org/10.1249/00005768-199008000-00>
- Araneo, B. A., Dowell, T., Diegel, M., & Daynes, R. A. (1991). Dihydrotestosterone exerts a depressive influence on the production of interleukin-4 (IL-4), IL-5, and gamma-interferon, but not IL-2 by activated murine T cells. *Blood*, 78(3), 688-699. <https://doi.org/10.1182/blood.V78.3.688.688>
- Banister, E.W. (1991). Modeling elite athletic performance. In: *Physiological testing of elite athletes*. Human Kinetics. pp 403–424.
- Beneke, R., Leithäuser, R. M., & Ochentel, O. (2011). Blood lactate diagnostics in exercise testing and training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(1), 8-24. <https://doi.org/10.1123/ijspp.6.1.8>
- Billat, L. Véronique. (1996). Use of blood lactate measurements for prediction of exercise performance and for control of training. *Sports Medicine*, 22(3), 157-175. <https://doi.org/10.2165/00007256-199622030-00003>
- Bircher, S., Enggist, A., Jehle, T., & Knechtel, B. (2006). Effects of an extreme endurance race on energy balance and body composition-a case study. *Journal of Sports Science & Medicine*, 5(1), 154- 162.
- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P., Kellmann, M., Varley, M. C., ... & Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(s2), S2-161. <https://doi.org/10.1123/IJSPP.2017-0208>
- Buchheit, M., Voss, S. C., Nybo, L., Mohr, M., & Racinais, S. (2011). Physiological and performance adaptations to an in-season soccer camp in the heat: Associations with heart rate and heart rate variability. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(6), 477-485. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01378.x>
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome?. *Frontiers in Physiology*, 5(73). <https://doi.org/10.3389/fphys.2014.00073>
- Cardinale, M., & Varley, M. C. (2017). Wearable training-monitoring technology: Applications, challenges, and opportunities. *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 12(2), 55-62. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2016-0423>

- Castagna, C., Impellizzeri, F. M., Chaouachi, A., Bordon, C., & Manzi, V. (2011). Effect of training intensity distribution on aerobic fitness variables in elite soccer players: A case study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 66-71. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181fef3d3>
- Cengizhan Aksen, P., & Günay, M. (2019). Çabuk kuvvet ve kuvvette devamlılık antrenman metodlarının erkek basketbolculardaki bazı teknik, motorik özelliklere ve kas hasarına etkilerinin incelenmesi. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 17(1), 43-57.
- Collette, R., Kellmann, M., Ferrauti, A., Meyer, T., & Pfeiffer, M. (2018). Relation between training load and recovery-stress state in high-performance swimming. *Frontiers in Physiology*, 9, 845. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00845>
- Dubois, R., Lyons, M., Paillard, T., Maurelli, O., & Prioux, J. (2018). Influence of weekly workload on physical, biochemical and psychological characteristics in professional rugby union players over a competitive season. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(2), 527-545. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002741>
- Edwards, S. (1993). High performance training and racing. *The Heart Rate Monitor Book*, 349, 113-123.
- Epstein, Y. (1995). Clinical significance of serum creatine phosphokinase activity levels following exercise. *Israel Journal of Medical Sciences*, 31(11), 698-699.
- Erbil, M. K. (2007). *Laboratuvar testleri ve klinik kullanımı*. GATA Komutanlığı Basımevi Müdürlüğü, Ankara. S: 290.
- Evans, W. J., & Cannon, J. G. (1991). The metabolic effects of exercise-induced muscle damage. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 19, 99-125.
- Foster, C. (1998). Monitoring training in athletes with reference to overtraining syndrome. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(7), 1164-1168. <https://doi.org/10.1097/00005768-199807000-00023>
- Hall, J. E., & Hall, M. E. (2020). *Guyton and Hall textbook of medical physiology e-Book*. Elsevier Health Sciences.
- Heisterberg, M. F., Fahrenkrug, J., Krstrup, P., Storskov, A., Kjær, M., & Andersen, J. L. (2013). Extensive monitoring through multiple blood samples in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(5), 1260-1271. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182653d17>
- Heisterberg, M. F., Fahrenkrug, J., & Andersen, J. L. (2014). Multiple blood samples in elite soccer players. Is it worth while?. *Journal of Sports Sciences*, 32(13), 1324-1327. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.898859>
- Hulin, B. T., Gabbett, T. J., Johnston, R. D., & Jenkins, D. G. (2018). Playerload variables are sensitive to changes in direction and not related to collision workloads in rugby league match-play. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(9), 1136-1142. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0557>
- 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), 173-180. <https://doi.org/10.5604/20831862.1059169>
- Impellizzeri, F. M., Menaspà, P., Coutts, A. J., Kalkhoven, J., & Menaspa, M. J. (2020). Training load and its role in injury prevention, part I: Back to the future. *Journal of Athletic Training*, 55(9), 885-892. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-500-19>
- Impellizzeri, F. M., Tenan, M. S., Kempton, T., Novak, A., & Coutts, A. J. (2020). Acute: chronic workload ratio: conceptual issues and fundamental pitfalls. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(6), 907-913. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2019-0864>
- Jacks, D. E., Sowash, J., Anning, J., McGloughlin, T., & Andres, F. (2002). Effect of exercise at three exercise intensities on salivary cortisol. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(2), 286-289. [https://doi.org/10.1519/1533-4287\(2002\)016<0286:eoate>2.0.co;2](https://doi.org/10.1519/1533-4287(2002)016<0286:eoate>2.0.co;2)

- Karvonen, M. J. (1957). The effects of training on heart rate: A longitudinal study. *Ann Med Exp Biol Fenn*, 35, 307-315.
- Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, AJ, Duffield, R., & Beckmann, J. (2018). Recovery and a performance in sport: consensus statement. *Int J Sports Physiol Perform*, 13(2), 240-245. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2017-0759>
- Kiely, J. (2012). Periodization paradigms in the 21st century: evidence-led or tradition-driven? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(3), 242-250. <https://doi.org/10.1123/ijsp.7.3.242>
- Lambert, M. I., & Borresen, J. (2010). Measuring training load in sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 5(3), 406-411. <https://doi.org/10.1123/ijsp.5.3.406>
- Lilleng, H., Abeler, K., Johnsen, S. H., Stensland, E., Løseth, S., Jorde, R., & Bekkelund, S. I. (2011). Variation of serum creatine kinase (CK) levels and prevalence of persistent hyperCKemia in a Norwegian normal population. The Tromsø Study. *Neuromuscular Disorders*, 21(7), 494-500. <https://doi.org/10.1016/j.nmd.2011.04.007>
- Lucía, A., Hoyos, J., Santalla, A., Earnest, C., & Chicharro, J. L. (2003). Tour de France versus Vuelta a Espana: which is harder?. *Medicine & Science in Sports&Exercise*, 35(5), 872-878. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000064999.82036.B4>
- Luo, M., & Tu, Y. (2015). Application of TRIMP in training monitoring of competitive sports. *The Open Cybernetics & Systemics Journal*, 9(1). <https://doi.org/10.2174/1874110X01509012463>
- Manzi, V., Iellamo, F., Impellizzeri, F., D'ottavio, S., & Castagna, C. (2009). Relation between individualized training impulses and performance in distance runners. *Med Sci Sports Exerc*, 41(11), 2090-2096. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181a6a959>
- Meyer, T., & Meister, S. (2011). Routine blood parameters in elite soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, 32(11), 875-881. <https://doi.org/10.1055/s-0031-1280776>
- McGuigan, M. (2017). *Monitoring training and performance in athletes*. Human Kinetics.
- Moghadam-Kia, S., Oddis, C. V., & Aggarwal, R. (2016). Approach to asymptomatic creatine kinase elevation. *Cleveland Clinic Journal of Medicine*, 83(1), 37. <https://doi.org/10.3949/ccjm.83a.14120>
- 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), 166-172. <https://doi.org/10.1002/smi.1354>
- Moreira, A., Mortatti, A. L., Arruda, A. F., Freitas, C. G., de Arruda, M., & Aoki, M. S. (2014). Salivary IgA response and upper respiratory tract infection symptoms during a 21-week competitive season in young soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(2), 467-473. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31829b5512>
- Mujika, I. (2017). Quantification of training and competition loads in endurance sports: methods and applications. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(2), S2-9-S2-17. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0403>
- Polat, H. (2014). *Bazı biyokimyasal testlerin referans aralık belirleme çalışması*. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Tıbbi Biyokimya Anabilimdalı, Erzurum.
- Pedersen, B. K., & Hoffman-Goetz, L. (2000). Exercise and the immune system: regulation, integration, and adaptation. *Physiological Reviews*, 80(3) s. 1055-1081. <https://doi.org/10.1152/physrev.2000.80.3.1055>
- Polat, Y. (2004). *Sedanterlere Uygulanan Akut ve Kronik Aerobik Egzersizlerin İmmünglobulinler, Bazı Hormonlar ve Hematolojik Parametreler Üzerine Etkilerinin İncelenmesi*. Doktora Tezi Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilimdalı, İstanbul.

- Robinson, D. M., Robinson, S. M., Hume, P. A., & Hopkins, W. G. (1991). Training intensity of elite male distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 23(9), 1078–1082. <https://doi.org/10.1249/00005768-199109000-00013>
- Robinson, D., Williams, P. T., Worthington, D. J., & Carter, T. J. (1982). Raised creatine kinase activity and presence of creatine kinase MB isoenzyme after exercise. *British Medical Journal (Clinical Research ed.)*, 285(6355). <https://doi.org/10.1136/bmj.285.6355.1619>
- Scott, T. J., Black, C. R., Quinn, J., & Coutts, A. J. (2013). Validity and reliability of the session-RPE method for quantifying training in Australian football: A comparison of the CR10 and CR100 scales. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(1), 270–276. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182541d2e>
- Silva, J. R., Rebelo, A., Marques, F., Pereira, L., Seabra, A., Ascensão, A., & Magalhães, J. (2014). Biochemical impact of soccer: an analysis of hormonal, muscle damage, and redox markers during the season. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(4), 432-438. <https://doi.org/10.1139/apnm-2013-0180>
- Smith, L. L., Keating, M. N., Holbert, D., Spratt, D. J., McCammon, M. R., Smith, S. S., & Israel, R. G. (1994). The effects of athletic massage on delayed onset muscle soreness, creatine kinase, and neutrophil count: a preliminary report. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 19(2), 93-99. <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.1994.19.2.93>
- Stagno, K. M., Thatcher, R., & Van Someren, K. A. (2007). A modified TRIMP to quantify the in-season training load of team sport players. *Journal of Sports Sciences*, 25(6), 629-634. <https://doi.org/10.1080/02640410600811817>
- Swart, J., & Jennings, C. L. (2004). Use of blood lactate concentration as a marker of training status. *South African Journal of Sports Medicine*, 16(3), 1-5.
- Swain, D. P., Leutholtz, B. C., King, M. E., Haas, L. A., & Branch, J. D. (1998). Relationship between % heart rate reserve and % VO₂ reserve in treadmill exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30(2), 318-321. <https://doi.org/10.1097/00005768-199802000-00022>
- Teixeira, J. E., Forte, P., Ferraz, R., Leal, M., Ribeiro, J., Silva, A. J., & Monteiro, A. M. (2021). Monitoring accumulated training and match load in football: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8), 3906. <https://doi.org/10.3390/ijerph18083906>
- Turek, J.P. (2014). Campbell-Walsh üroloji. Yaman Ö. (ed), *Erkek reproduktif fizyolojisi*. (1. Baskı). Güneş Kitabevi, s.591-615.
- Vingren, J. L., Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., Anderson, J. M., Volek, J. S., & Maresh, C. M. (2010). Testosterone physiology in resistance exercise and training. *Sports Medicine*, 40(12), 1037-1053. <https://doi.org/10.2165/11536910-000000000-00000>
- Yaşlı, B. Ç., Karayığit, R., Karabıyık, H., & Koz., M. (2020). Antrenman yükü ölçüm yöntemleri: Bilimsel yaklaşım. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 12(3), 421-433. <https://doi.org/10.5336/sportsci.2020-75415>
- Wang, L., Zhang, J., Wang, J., He, W., & Huang, H. (2012). Effects of high-intensity training and resumed training on macroelement and microelement of elite basketball athletes. *Biological Trace Element Research*, 149(2), 148–154. <https://doi.org/10.1007/s12011-012-9420-y>
- Weaving, D., Dalton-Barron, N., McLaren, S., Scantlebury, S., Cummins, C., Roe, G., ... & Abt, G. (2020). The relative contribution of training intensity and duration to daily measures of training load in professional rugby league and union. *Journal of Sports Sciences*, 38(14), 1674-1681. <https://doi.org/10.1080/02640414.2020.1754725>

