

Yüksek Yoğunluk Aralıklı Antrenmanların Laktat Dehidrogenaz ve Hemogram Parametrelerine Akut Etkisi

Cemile OLĞAÇ KESLER^{1A}, Önder ŞEMŞEK^{2B}

¹ Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Hareket ve Antrenman Bilimleri Anabilim Dalı, Düzce, TÜRKİYE

² Düzce Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Düzce, TÜRKİYE

Sorumlu Yazar: Cemile Olğaç Kesler : [e-mail: cemileptkmr@gmail.com](mailto:cemileptkmr@gmail.com)

Çıkar Çatışmaları: Yazar(lar)ın beyan edeceği herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Telif Hakkı ve Lisans: Dergide yayın yapan yazarlar, CC BY-NC 4.0 kapsamında lisanslanan çalışmalarının telif hakkını saklı tutar.

Etik Beyanı: Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi ve yazılmasında bilimsel ve etik ilkelere uyulduğu ve kullanılan tüm kaynaklara usulüne uygun şekilde atıfta bulunulduğu beyan edilmiştir.

A: Orcid ID: 0009-0002-7162-5828, B: Orcid ID: 0000-0002-1461-8560

Özet

Bu çalışma, yüksek yoğunluklu aralıklı antrenmanın laktat dehidrogenaz ve Hemogram parametrelerine akut etkisini incelemektedir. Çalışmaya 15kadın katılımcı dahil edilmiş ve bu çalışmaya katılabilmek için Covid 19 testleri sonucu negatif olmak, sigara kullanmamak ve egzersiz yapmasını engelleyecek kardiyolojik, metabolik ve ortopedik rahatsızlığı bulunmamak şartları aranmıştır. Katılımcılara yüksek yoğunluklu antrenman modellerinden Tabata protokolüyle bir birim antrenman yaptırılmıştır. Antrenman süresi tam dinlenme ilkesine bağlı olarak 42 dk sürmüştür. Katılımcıların kan numuneleri antrenman öncesinde ve antrenman uygulamasından hemen sonra ilk 5 dakikalık sürede alınmıştır. Alınan numuneler laboratuvar ortamında incelenmiştir. Elde edilen laktat dehidrogenaz ve hemogram verilerinin istatistiksel analizleri için SPSS 26.0 paket programı kullanılmıştır. Verilerin normal dağılım varsayımı Shapiro-Wilk testi ile değerlendirilmiştir. İstatistiksel karşılaştırmalar ise parametrik varsayımlar karşılandığı için Paired Samples t-testi ile yapılmıştır. Bulgular, laktat dehidrogenaz ve hemogram parametrelerinden eritrosit (kırmızı kan hücreleri) ve trombosit değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı değişiklikler olduğunu göstermektedir ($p<0,05$). Bu sonuçlar, yüksek

yoğunluklu aralıklı antrenmanlarının metabolik stres ve hematolojik yanıtlar üzerindeki etkisini vurgulamaktadır. Örneklem sayısının daha fazla olduğu gruplarla bu çalışmalar desteklenebilir ve farklı sonuçlarla spor profesyonellerine ışık olabilir.

Anahtar Kelimeler: HIIT, LDH, Hemogram, Tabata

The Acute Effect of High Intensity Interval Training on Lactate Dehydrogenase and Hemogram Parameters

Abstract

This study investigated the effects of high-intensity interval training on lactate dehydrogenase and complete blood count parameters. 15 female participants were included in the study, and to participate, they were required to have a negative Covid-19 test, not be smokers, and not have any cardiological, metabolic, or orthopedic conditions that would prevent exercise. The participants performed one training session using the TABATA protocol from the HIIT models. The training duration was 42 minutes, based on the principle of full rest. Blood samples were taken from the participants before and immediately after the training. The collected samples were analyzed in a laboratory setting, and SPSS 26.0 software was used for statistical analysis of the obtained LDH and hemogram data. The normality assumption of the data was tested with the Shapiro-Wilk test, and statistical analysis was performed using the Paired Samples t-test. The results showed statistically significant changes in erythrocytes (red blood cells) and platelet values among the LDH and hemogram parameters ($p < 0.05$). These findings emphasize the impact of HIIT on metabolic stress and hematological responses. This study can be supported by groups with a larger sample size and may shed light on sports professionals with different results.

Keywords: HIIT, LDH, Hemogram, Tabata

GİRİŞ

Günümüzde egzersiz, hem spor bilimciler hem de sağlık bilimciler tarafından farklı boyutlarıyla araştırılmakta ve üzerinde çok sayıda bilimsel çalışma yürütülmektedir. Fiziksel egzersiz, yaşam süresi boyunca hem fiziksel hem de zihinsel sağlığı iyileştirmenin etkili bir yöntemi olarak kabul edilmektedir (Rueggsegger ve Booth, 2018; Schuch ve Vancampfort, 2021). Egzersizin yalnızca sporcular üzerindeki değil, aynı zamanda sedanter bireyler ve sağlık sorunlarıyla mücadele eden bireyler üzerindeki etkileri de ilgi konusu olmuştur. Bu nedenle egzersiz, fizyolojik, metabolik ve psikolojik boyutlarıyla incelenmekte; laboratuvar ölçümleri, anketler ve testler aracılığıyla hem nitel hem de nicel araştırmalara konu edilmektedir. Son yıllarda egzersiz araştırmalarında özellikle yüksek yoğunluklu aralıklı antrenman (HIIT) dikkat çekmektedir. HIIT, düşük yoğunluklu toparlanma evreleriyle bölünmüş kısa süreli yüksek yoğunluklu egzersiz patlamalarından oluşan bir antrenman modelidir (Billat, 2001; Gibala ve McGee, 2008). Çeşitli çalışmalar, HIIT'in geleneksel orta yoğunlukta sürekli aerobik antrenmanlara kıyasla eşit hatta daha fazla fizyolojik ve psikolojik fayda sağlayabileceğini ortaya koymuştur (Helgerud vd., 2007; Milanović vd., 2015; Ramos vd., 2015). Bu yönüyle HIIT, özellikle zaman kısıtlılığı yaşayan bireyler için etkili ve uygulanabilir bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.

Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization, 2018) kılavuzlarına göre yetişkinlerin sağlık yararlarını artırmak için haftada en az 150–300 dakika orta yoğunlukta veya 75–150 dakika şiddetli yoğunlukta fiziksel aktivite yapmaları önerilmektedir. Ancak zaman eksikliği, düzenli fiziksel aktiviteye katılımın önündeki en büyük engellerden biri olarak bildirilmektedir (Rosenblat vd., 2020). Bu durum, HIIT gibi zaman açısından verimli antrenman modellerine olan ilgiyi artırmıştır.

HIIT'in farklı uygulama biçimleri arasında en çok dikkat çekenlerden biri de Tabata protokolüdür. 1990'larda Dr. Izumi Tabata tarafından geliştirilen bu protokol, 20 saniyelik maksimum eforla yapılan egzersizler ve 10 saniyelik dinlenme periyotlarının sekiz tur tekrarlanması ile yalnızca 4 dakikalık bir

antrenman süresini kapsamaktadır (Tabata, 2019; Megahed vd., 2023). Tabata antrenmanlarının en önemli avantajlarından biri, minimum ekipmanla uygulanabilir olmasıdır. Bu özellik, geleneksel HIIT uygulamalarına kıyasla Tabata'yı daha ulaşılabilir ve düşük maliyetli bir seçenek haline getirmektedir (Marriott vd., 2021; Yan ve Chen, 2022).

Öte yandan, HIIT ve Tabata antrenmanlarının hematolojik parametreler ve özellikle laktat dehidrogenaz (LDH) enzimi üzerindeki etkileri de dikkat çeken araştırma alanları arasındadır. LDH, vücudun hemen her hücre ve dokusunda bulunan, anaerobik metabolizmanın önemli bir göstergesi olan bir enzimdir. Egzersiz sırasında laktatın pirüvata dönüşümünü katalize ederek enerji metabolizmasında kritik rol oynar (Schumann vd., 2002). Yoğun egzersiz sonrasında LDH düzeylerindeki artış, doku hasarı veya hücre yıkımı ile ilişkilendirilmektedir. Ayrıca egzersiz sonrası laktatın hızlı uzaklaştırılması, kas ağrılarının doğrudan laktat birikimiyle ilişkili olmadığını ortaya koymuştur (Peters-Futre vd., 1987; Schwane vd., 1983).

Bu bağlamda, bu çalışmada Tabata protokolü ile uygulanan yüksek yoğunluklu egzersizin LDH enzimi ve hemogram parametrelerine akut etkisi incelenmiştir.

HIIT Antrenmanları ve TABATA

1990'larda Dr. Izumi Tabata tarafından geliştirilen, yoğun egzersiz patlamalarının ardından kısa dinlenme süreleri içeren özel bir HIIT türü olarak karşımıza çıkmaktadır. Klasik, maksimum efor harcanan 20 saniyelik çalışmaları ve ardından 10 saniyelik dinlenme sürelerini içeren ve toplamda sekiz tur tekrarlanan dört dakikalık bir antrenman olarak yapılmaktadır (Tabata, 2019; Megahed vd., 2023). HIIT antrenmanları genelde koşu bantları ve bisiklet ergometreleri vb. laboratuvar ekipmaları gerektirir (Marriott vd., 2021). Tipik HIIT ile karşılaştırıldığında, Tabata nispeten ucuzdur ve genellikle çok az ekipman gerektirir (Yan ve Chen, 2022).

Laktat dehidrogenaz (LDH)

Vücudun hemen her hücre ve dokusunda bulunan enzimdir. LDH' nin temel görevi vücutta bulunan şekerden enerji elde etmektir. Laktat dehidrogenaz (LDH), anaerobik metabolik yolun önemli bir enzimidir ve oksidoredüktaz sınıfına aittir. Enzimin işlevi, NAD + 'nın NADH' ye indirgenmesi ile laktatın pirüvata geri dönüşümünü katalize etmektir ve bunun tersi de geçerlidir. Karaciğer, kalp akciğer ve kaslarda yüksek miktarda bulunur. LDH enziminde oluşan total aktivite yüksekliği, vücutta oluşan doku hasarlarına ya da hücre yıkımına işaret eder (Schumann vd., 2002). Bunun sebebi, oluşan hasar ya da yıkım sırasında hücrelerden salınan LDH enzimin kana karışmasıdır. Egzersiz sonrası laktatın kas ve kandan çok hızlı bir şekilde uzaklaştırılması nedeniyle, laktik asidin kas ağrısına neden olduğu varsayımı da yanlıştır. Son derece yüksek kan laktat seviyeleri bile yoğun egzersizden sonra bir saat içinde normale döner. İlginç bir şekilde, çoğu kas ağrısı, laktatın kanda birikmesini sağlayacak yoğunlukta olmayan dayanıklılık egzersizi sonrası ortaya çıkar (Peters-Futre vd., 1987; Schwane vd., 1983).

Bu çalışmadaki yoğun egzersizin LDH enzimine ve Hemogram parametrelerine akut etkisi incelenmiştir.

METOD

Bu araştırmaya İstanbul Küçükçekmece bölgesinde bulunan bir fitness salonundan 15 kadın katılımcı dahil edilmiştir. Katılımcıların yaş ortalaması 43,90±11,66 yıl, kilo ortalaması 65,70±11,00 kg ve boy ortalaması 164,0±5,51 cm olarak belirlenmiştir. Ayrıca katılımcıların egzersiz deneyim süreleri ortalama 12,20±5,43 ay olarak saptanmıştır. Çalışmaya dahil edilme kriterleri; Covid-19 PCR testinin negatif olması, sigara kullanmamak, kardiyolojik, metabolik veya ortopedik rahatsızlıklarının bulunmaması ve gönüllü katılım olarak belirlenmiştir.

Katılımcılara Tabata protokolüne dayalı HIIT modeli uygulanmıştır. Antrenman 5 dakika ısınma, 4 setlik Tabata protokolü (8 hareket $\times$ 20 sn çalışma / 10 sn dinlenme, set aralarında 4 dk tam dinlenme) ve 5 dakika soğuma olmak üzere toplam 42 dakika sürmüştür.

Egzersiz süresince uygulanan hareketler şunlardır;

1. Squat & Shoulder Press
2. High Plank
3. Side Lunge
4. Mountain Climbers
5. Speed Skater
6. Push Up
7. Jump Jack
8. Bent Over Lateral Raise

Katılımcılar, belirlenen hareketleri maksimum kalp atım hızının $\geq 85\%$ 'ine ulaşacak şiddette, Karvonen formülü ile takip edilmiştir (Ignazewski, et.all, 2017). Egzersiz seansı sırasında kalp atım hızları (KAH), egzersiz öncesi ve sonrası karotis arterden manuel ölçüm yöntemi ile takip edilmiştir. Bulgular bölümünde, dinlenik KAH ortalaması $76,80 \pm 5,22$ atım/dk, egzersiz sırasındaki KAH ortalaması ise $163,90 \pm 11,44$ atım/dk olarak bulunmuştur.

Kan Numunelerinin Alımı Ve Biyokimyasal Analizler

Tüm kan alım işlemleri spor merkezinin sağlık odasında, tecrübeli hemşireler tarafından gerçekleştirilmiştir. Kan alma işlemi kol turnike uygulaması yapıldıktan sonra, Genjent marka vakumlu iğne kullanılarak dirsek içi toplardamardan alınmıştır. Katılımcılardan kan alma işlemi egzersizden hemen önce, egzersizin hemen sonrası ilk 5 dk'lık zaman diliminde, oturur pozisyonda, mor kapaklı EDTA tüplere 5 cc'lik örnekler alınarak gerçekleştirilmiştir. Alınan kan numuneleri Rosche marka kitlerle soğuk zincir uygulamasıyla hızlı bir şekilde, analizlerin yapılacağı İstanbul Ahenk Laboratuvarına ulaştırılmıştır. Hemogram verileri ve LDH verileri, tam kan sayımı cihazı AA-C501-1 ile; FC (Flow Cytometry) yöntemi ile analiz edilmiştir.

Egzersiz öncesi ve egzersizin hemen sonrasında alınan kan örnekleri laboratuvar ortamında analiz edilmiştir. Elde edilen Hemogram değerleri ve LDH verileri SPSS 26.0 programında analiz edilmiştir. Normal dağılım kontrolü Shapiro-Wilk testi ile değerlendirilmiş ve verilerin normal dağılım şartlarını sağlaması sonucunda Paired Samples t-testi uygulanarak istatistiksel analizleri yapılmıştır.

BULGULAR

Yapılan analizler sonrası elde edilen veriler:

Tablo 1. Katılımcıların HIIT Egzersizi Öncesi ve Sonrası Bazı Kan Parametre Değerlerinin Karşılaştırılması

Kan Parametreleri	N	Aritmetik Ortalama	Std. Sapma	t	p
LDH Egz. Ön (U/L)	15	174,200	18,872	-3,122	0,012*
LDH Egz. Son (U/L)	15	200,100	30,406		
Eritrosit Egz. Ön (milyon/ μ L)	15	4,513	0,420	-3,472	0,007*
Eritrosit Egz. Son (milyon/ μ L)	15	4,649	0,379		
Hemoglobin Egz. Ön (g/dL)	15	13,010	0,776	-1,959	0,082
HemoglobinEgz. Son (g/dL)	15	13,260	0,834		
MCV Egz. Ön (fL)	15	84,740	5,165	1,596	0,145
MCV Egz. Son (fL)	15	84,280	5,296		
HctEgz. Ön (%)	15	37,740	2,475	-1,039	0,326
HctEgz. Son (%)	15	75,400	115,479		
MCH Egz. Ön (pg)	15	28,970	2,205	1,586	0,147
MCH Egz. Son (pg)	15	28,620	2,041		
Trombosit Egz. Ön (bin/ μ L)	15	261,100	40,959	-3,015	0,015*
Trombosit Egz. Son (bin/ μ L)	15	285,900	40,953		
MPV Egz. Ön (fL)	15	11,060	1,020	1,524	0,162
MPV Egz. Son (fL)	15	10,950	0,931		
PDW Egz. Ön (fL)	15	13,530	2,168	-0,052	0,980
PDW Egz. Son (fL)	15	13,540	2,475		

Tablo 1. incelendiğinde katılımcıların egzersiz öncesi ve sonrası LDH değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunduğu görülmektedir ($t(9)=-3,122$, $P<0,05$). Eritrosit değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunduğu görülmektedir ($t(9)=-3,472$, $P<0,05$). Aynı şekilde katılımcıların egzersiz öncesi ve sonrası Trombosit değerleri arasında da istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunduğu görülmektedir ($t(9)=-3,015$, $P<0,05$).

Yukarıda ki tabloda analizi yapılan diğer kan parametrelerinin egzersiz öncesi ve sonrası değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark ortaya çıkmamıştır. Hemoglobin için ($t(9)=-1,959$, $P>0,05$), MCV için ($t(9)=1,596$, $P<0,05$), Hct için ($t(9)=-1,039$, $P>0,05$), MCH için ($t(9)=-1,586$, $P>0,05$), MPV için ($t(9)=-1,524$, $P>0,05$), PDW için ($t(9)=-0,052$, $P>0,05$) sonuçları bulunmuştur.

SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu araştırmanın hipotezi, Tabata protokolü ile uygulanan yüksek yoğunluklu aralıklı egzersizin (HIIT), katılımcıların LDH enzim düzeyleri ve hemogram parametrelerinde akut değişimlere yol açacağı yönündeydi. Araştırmadan elde edilen bulgular bu hipotezi desteklemiş, özellikle LDH seviyelerinde anlamlarında bir artış ve eritrosit ile trombosit değerlerinde yükseliş saptanmıştır.

Elde edilen bu sonuçlar, yoğun egzersiz sırasında anaerobik metabolizmanın devreye girdiğini ve laktat tamponlama mekanizmalarının aktive olduğunu düşündürmektedir. Benzer şekilde Rahmanian ve arkadaşları (2022), elit erkek yüzücülerde laktat toleransı egzersiz testi sonrasında LDH seviyelerinin egzersiz öncesine kıyasla yükseldiğini, ancak 24 saat içinde düşüş eğilimi gösterdiğini rapor etmiştir. Bizim çalışmamızda da egzersiz sonrası LDH düzeylerindeki akut artış bu bulgularla paralellik göstermektedir. LDH değişiminin egzersiz türüne bağlı olabileceği de önceki çalışmalarla ortaya konmuştur. Hosseinzadeh, vd., (2019) eksantrik egzersiz çalışmasında LDH seviyelerinde anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Bu durum, egzersizin şiddeti ve süresinin LDH yanıtını belirleyen önemli faktörler olduğunu göstermektedir. Ayrıca Kafkas (2014), 32 sedanter erkek üzerinde yaptığı çalışmada farklı dinlenme süreleri ile uygulanan egzersizlerde LDH konsantrasyonlarının özellikle 24. saatte en yüksek seviyeye ulaştığını bildirmiştir. Bu bulgu, bizim çalışmamızda gözlenen akut artışın zamanla normale dönme eğilimi gösterebileceğini desteklemektedir.

Hemogram parametreleri açısından bakıldığında, araştırmamızda eritrosit ve trombosit değerlerinde artış saptanmıştır. Bu durum egzersizin dolaşım sistemi üzerindeki akut etkilerini göstermektedir. Rønnestad ve arkadaşlarının (2021) sekiz hafta süren aerobik egzersiz çalışmasında hemoglobin seviyelerinde azalma gözlenmiş; Putra ve arkadaşları (2017) ise HIIT'in VO₂max değerini artırmasına rağmen hemoglobin, eritrosit ve hematokrit üzerinde anlamlı bir etki yapmadığını bildirmiştir. Bizim çalışmamızdaki bulgular, literatürdeki kronik egzersiz çalışmalarından farklı olarak, akut dönemde hemogram parametrelerinde geçici bir artış görülebileceğini ortaya koymaktadır.

Trombositler üzerine yapılan araştırmalar, egzersizin tipi, şiddeti ve süresine bağlı olarak farklı yanıtlar ortaya çıkabileceğini göstermektedir. Ertekin ve diğerleri (2016), orta şiddette egzersizin trombosit sayısı ve fonksiyonlarını değiştirmede; uzun süreli egzersizin trombosit sayısını, tüketici egzersizin ise trombosit faktör 4 (PF4) düzeyini artırdığını bildirmiştir. Bizim çalışmamızda trombosit seviyelerindeki akut artış, HIIT'in yüksek şiddetli doğasıyla ilişkilendirilebilir.

Egzersiz sırasında sıvı kaybı ve buna bağlı dehidrasyon da hematolojik yanıtları etkileyebilecek bir diğer önemli faktördür. Ashraf ve Rea (2017), dehidratasyona bağlı hipovoleminin kardiyak çıktı ve elektrolit dengesinde değişimlere yol açabileceğini belirtmiştir. Çalışmamızda eritrosit ve trombosit değerlerindeki yükselişin, terleme yoluyla oluşan sıvı kayıplarına bağlı geçici hemokonsantrasyon ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Genel olarak, bu araştırma HIIT' in akut metabolik ve hematolojik etkilerini ortaya koymuştur. Bulgular, LDH enziminde anlamlı artış ve hemogram parametrelerinde geçici değişimlere işaret etmektedir. Bu sonuçlar, HIIT' in kısa sürede yüksek fizyolojik yüklenme oluşturduğunu ve vücudun adaptif mekanizmalarını harekete geçirdiğini göstermektedir. Gelecekte daha geniş örneklem gruplarıyla yapılacak çalışmalar, HIIT' in farklı egzersiz türleri, süreleri ve dinlenme protokollerine bağlı hematolojik yanıtlarını daha ayrıntılı şekilde ortaya koyacaktır.

KAYNAKLAR

1. Ashraf, M. M., & Rea, R. (2017). Effect of dehydration on blood tests. *Practical Diabetes*, 34(5), 169-171.
2. Billat, L. V. (2001). Interval training for performance: A scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: Aerobic interval training. *Sports Medicine*, 31, 13-31.
3. Ertekin, K., & Erişgen, G. (2016). Akut submaksimal egzersizin trombosit aktivasyonu ve endotel üzerine etkisi. *Spor Bilimleri Dergisi*, 26(4), 129-135.
4. Gibala, M. J., & McGee, S. L. (2008). Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: A little pain for a lot of gain? *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 36, 58-63.
5. Helgerud, J., Høydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjorth, N., Bach, R., & Hoff J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO₂max more than moderate training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39, 665-671. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802c1350>
6. Hosseinzadeh, M., Taheri Chadorneshin, H., Ajam-Zibad, M., & Abtahi-Eivary, S. H. (2017). Pre-supplementation of *Crocus Sativus* Linn (saffron) attenuates inflammatory and lipid peroxidation markers induced by intensive exercise in sedentary women. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 7(5), 147-151.
7. Kafkas, M. E. (2014). The effect of strength exercises at different angular velocities on muscular LDH and CK. *Isokinetics and Exercise Science*, 22(1), 63-68.
8. Ignaszewski, M., Lau, B., Wong, S., & Isserow, S. (2017). The science of exercise prescription: Martti Karvonen and his contributions.
9. Megahed, M., Al-Torbany, M., Al-Ghool, M., & Tarek, Z. (2023). Effects of high-intensity interval training using "Tabata protocol" on respiratory parameters, special endurance, and 800-m runners' performance. 18(4), 842-857. <https://doi.org/10.14198/jhse.2023.184.09>
10. Milanović, Z., Sporiš, G., & Weston, M. (2015). Effectiveness of high-intensity interval training (HIT) and continuous endurance training for VO₂max improvements: A systematic review and meta-analysis of controlled trials. *Sports Medicine*, 45, 1469-1481.
11. Peters-Futre, E. M., Noakes, T. D., Raine, R. I., & Terblanche S. E. (1987). Muscle glycogen repletion during active post-exercise recovery. *American Journal of Physiology*, 253, E305-311. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.1987.253.3.E305>
12. Putra, K. P., Ardha, M. A. A., Kinasih, A., & Aji, R. S. (2017). Korelasi değişim değerleri VO₂max, eritrosit, hemoglobin ve hematokrit sonrası yüksek yoğunluklu interval antrenman. *Jurnal Keolahragaan*, 5(2), 161-170.
13. Marriott, C. F. S., Petrella, A. F. M., Marriott, E. C. S., Boa Sorte Silva, N. C., & Petrella, R. J. (2021). High-intensity interval training in older adults: A scoping review. *Sports Medicine Open*, 7(1), Article 49. <https://doi.org/10.1186/s40798-021-00344-4>
14. Rahmanian, K., Hooshmand, F., Shakeri, M., Rahmanian, V., Jahromi, F. S., & Jahromi, A. S. (2022). Creatine kinase and lactate dehydrogenase enzymes response to lactate tolerance exercise test. *Exercise Science*, 31(2), 168-172.

15. Ramos, J. S., Dalleck, L. C., Tjonna, A. E., Beetham, K. S., & Coombes, J. S. (2015). The impact of high-intensity interval training versus moderate-intensity continuous training on vascular function: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 45, 679–692.
16. Rønnestad, B. R., Hamarsland, H., Hansen, J., Holen, E., Montero, D., Whist, J. E., & Lundby, C. (2021). Five weeks of heat training increases haemoglobin mass in elite cyclists. *Experimental Physiology*, 106(1), 316–327.
17. Rosenblat, M. A., Perrotta, A. S., & Thomas, S. G. (2020). Effect of high-intensity interval training versus sprint interval training on time-trial performance: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 50, 1145–1161.
18. Ruegsegger, G. N., & Booth, F. W. (2018). Health benefits of exercise. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine*, 8, a029694.
19. Schumann, G., Bonora, R., Ceriotti, F., Clerc-Renaud, P., Ferrero, C. A., Férard, G., Franck, P.F., Gella, F. J., Hoelzel, W., Jørgensen, P. J., Kanno, T., Kessner, A., Klauke, R., Kristiansen, N., Lessinger, J. M., Linsinger, T. P., Misaki, H., Panteghini, M., Pauwels, J., ... Siekmann, L. (2002). IFCC primary reference procedures for the measurement of catalytic activity concentrations of enzymes at 37 °C. Part 3. Reference procedure for the measurement of catalytic concentration of lactate dehydrogenase. *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, 40(6), 643–648.
20. Schwane, J. A., Johnson, S. R., Vandenakker, C. B., et al. (1983). Delayed onset muscular soreness and plasma CPK and LDH activities after downhill running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15, 51–56.
21. Schuch, F. B., & Vancampfort, D. (2021). Physical activity, exercise, and mental disorders: It is time to move on. *Trends in Psychiatry and Psychotherapy*, 43, 177–184.
22. Tabata, I. (2019). Tabata training: One of the most energetically effective high-intensity intermittent training methods. *Journal of Physiological Sciences*, 69, 559–572.
23. World Health Organization. (2018). *Global action plan on physical activity 2018-2030: More active people for a healthier world*. Geneva, Switzerland: World Health Organization.
24. Yan, Y., & Chen, Q. (2022). Energy expenditure estimation of Tabata by combining acceleration and heart rate. *Frontiers in Public Health*, 9, 804471.