

UZUN MESAFE KOŞAN ATLETLERDE YÜKSEK İRTİFANIN BAZI ENZİM SEVİYELERİNE ETKİSİ



Prof.Dr.Metin BAYRAM



**UZUN MESAFE
KOŞAN ATLETLERDE
YÜKSEK İRTİFANIN
BAZI ENZİM SEVİYELERİNE
ETKİSİ***

Prof. Dr. Metin BAYRAM

* Bu çalışma Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı doktora tezinden üretilmiştir



Uzun Mesafe Koşan Atletlerde Yüksek İrtifanın Bazı Enzim Seviyelerine Etkisi
Prof. Dr. Metin BAYRAM

Genel Yayın Yönetmeni: Berkan Balpetek

Kapak ve Sayfa Tasarımı: Duvar Design

Baskı: Aralık 2025

Yayıncı Sertifika No: 49837

ISBN: 978-625-8734-51-5

© Duvar Yayınları

853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir

Tel: 0 232 484 88 68

www.duvar yayinlari.com

duvarkitabevi@gmail.com

İÇİNDEKİLER

ÖZET	v
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Atletizm.....	3
2.1.1. Ülkemizde Atletizm.....	3
2.1.2. Uzun Mesafe Koşuları.....	3
2.1.3. Uzun Mesafe Koşusunun Önemi.....	4
2.2. Yüksek İrtifa.....	6
2.2.1. Yükseklik Antrenmanları İçin Uygun Yükseklik ve Antrenmanların Süresi.....	6
2.2.2. Yüksek İrtifada Fiziksel Performans.....	7
2.2.3. Hipoksi ve Yüksek İrtifadaki Fizyolojik Uyumlar	10
2.2.3.1. Yükseltiye Kısa Süreli Uyumlar	11
2.2.3.2. Yükseltiye Uzun Süreli Uyumlar.....	11
2.2.3.3. Asit-Baz Dengesi Düzenlenmesi	12
2.2.3.4. Hematolojik Değişiklikler.....	12
2.2.3.5. Lokal Dolaşım ve Hücrel Fonksiyon Değişiklikleri	13
2.2.3.6. Atmosfer ve Atmosfer Basıncı	13
2.2.3.7. Barometrik Basınç	14
2.2.3.8. Hipoksia (Oksijen Eksikliği)	15
2.3. Yüksek İrtifanın Organizma Üzerine Etkileri	16
2.3.1. Yüksek İrtifanın Dolaşım Sistemine Etkileri.....	17
2.3.2. Yüksek İrtifanın Metabolik Etkileri	18
2.3.3. Aklimatizasyon	18
2.4. Yüksek İrtifa ve Performans	19
2.4.1. Deniz Seviyesine Döndükten Sonraki Fiziksel Performans	21
2.5. Egzersiz (Antrenman)	24
2.5.1. Egzersiz ve Bağışıklık Sistemi	24
2.6. Antioksidanlar ve Oksidatif Stres	26
2.6.1. Oksidatif Stresin Hücrel Temeli.....	26
2.7. Sportif Aktiviteler ve Oksidatif Stres	27
2.8. Karbonik Anhidraz (CA)	27
3. MATERYAL VE METOD	28
3.1. Deneklerin Seçimi.....	28
3.2. Araştırmada Uygulanan Ölçüm ve Testler.....	28
3.3. Deneklerden Kan Örneklerinin Alınması	29
3.4. Boy ve Vücut Ağırlığı.....	29

3.5. Araştırmada Uygulanan Biyokimyasal Analizler.....	29
3.5.1. Katalaz (CAT) Aktivite Tayini.....	29
3.5.2. Peroksidaz (POD) Aktivite Tayini	30
3.5.3. Karbonik Anhidraz (CA)Tayini.....	30
3.6. İstatistiksel Değerlendirmeler.....	31
4. BULGULAR	32
5. TARTIşMA	41
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	46
7. KAYNAKLAR.....	48

ÖZET

Amaç. Araştırmada, sürekli yüksek irtifa (Ağrı İli) şartlarında yaşayan elit düzeydeki atletlerin yüksek irtifa ve deniz seviyesindeki çeşitli kan parametrelerinin karşılaştırılması ve elde edilen bulguları mevcut bilgilerin ışığı altında tartışarak literatüre katkı sağlanması amaçlanmıştır

Materyal ve Metot. Araştırmaya Ağrı Gençlik ve Spor İl Müdürlüğü bünyesinde atletizm sporu yapan elit düzeydeki 8 erkek ve aynı yaş grubunda tesadüfi olarak seçilen 8 sedanter olmak üzere toplam 16 kişi gönüllü olarak katıldı.

- Deney grubundan (atletler) yüksek irtifada ve deniz seviyesinde egzersiz öncesi ve sonrası olmak üzere toplam 4 defa ön kol venöz kan örnekleri alındı.
- Kontrol grubundan herhangi bir aktivite yapmadan yüksek irtifada ve deniz seviyesinde 2 kez ön kol venöz kan örnekleri alındı.

Çalışmada biyokimyasal tetkikler olarak, EU/mL (katalaz aktivitesi), EUmL (Proksidaz aktivitesi), EU ml (Karbonik anhidraz) düzeyleri değerlendirildi.

Bulgular. Çalışma sonucunda;

- Atletlerin katalaz değerleri açısından; deniz seviyesi ve yüksek irtifa değerleri arasında anlamlı bir fark olmadığı,
- Atletlerin ve sedanterlerin katalaz değerleri açısından; atletlerin yüksek irtifa egzersiz öncesi değerleri ile sedanterlerin yüksek irtifa değerleri arasında anlamlı fark olduğu (* $p<0,05$), Atletlerin peroksidaz değerleri açısından; yüksek irtifa egzersiz öncesi ve sonrası değerleri arasında fark olduğu (* $p<0,05$),
- Atletlerin karbonikanhidraz değerleri açısından; yüksek irtifa egzersiz sonrası değerleri ile deniz seviyesi egzersiz sonrası değerleri arasında fark anlamlı bir fark olmadığı, ancak diğer bütün değerler arasında anlamlı bir fark olduğu (* $p<0,05$) tespit edilmiştir.

Sonuç. Egzersizin katalaz değerlerini yükselttiği, atletlerin sedanterlere göre katalaz değerlerinin düşük olduğu, egzersizin hem yüksek irtifada hem de deniz seviyesinde dokularda veya kanda antioksidan katalaz seviyesini artırdığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler. Atletizm, deniz seviyesi, karbonikanhidraz, katalaz, peroksidaz, yüksek irtifa

1. GİRİŞ

Günümüzde insanların çeşitli spor etkinliklerinde yer alabilme arzusu spor bilim adamlarını geçmişe göre daha farklı ve yoğun araştırmalara sevk ettirmektedir. İnsanların dolaşım sistemleri ve fonksiyonlarının değişik ortamlarda antrenman ve dinlenme anındaki değişim araştırmaları bu tür çalışmaların daima temelini teşkil etmekte olup, insan vücudunun verimliliğini arttırabilmek amacıyla her geçen gün yeni bilimsel araştırmalar yapılarak sonuçları farklı yönden değerlendirilmektedir.

Yüksek dağlara tırmanmak her zaman insanoğlunu cezbetmiştir. Yeni bilimsel çalışmalar ve buluşlar yapma isteği insanı dünya atmosferinden alıp uzayın derinliklerine götürmüştür. Günümüzde sürekli insan yerleşimi deniz seviyesinden 3500 m'nin üzerindeki yüksekliklere kadar olabilmektedir. İnsanlar artık yaz ve kış aylarındaki tatili yüksek dağ alanlarında yürüyüşe çıkarak. Dağa tırmanarak, kayak yaparak ve sporcular antrenmanlarını yapmak suretiyle gün geçtikçe daha da yaygınlaşmaktadır.

Bugün birçok çalıştırıcı, atlet ve bilim adamı yüksek irtifada yapılan çalışmanın değerine inanırken, bu konudaki literatür genellikle kuşkucu ve zaman zaman da tezat teşkil etmektedir. Ancak yüksek irtifada bazı kan parametre değerlerinin artma eğiliminde olduğu da bilinmektedir¹.

1968 Meksiko'da deniz seviyesinden 2300 m yükseklikte yapılması kararı, yüksek irtifanın yüksek performans üzerindeki etkilerini içeren sorunlar hakkında özel bir ilgi uyanmasına neden olmuş ve yüksek irtifadaki fiziksel performans ile ilgili değişik sorunları tartışmak üzere çok sayıda sempozyum düzenlenmiştir².

Özellikle Meksika'da Kenyalı sporcuların atletizmin dayanıklılık branşlarındaki başarıları, spor dünyasının deniz seviyesinde başarılı olabilmeleri için yükseklik antrenmanı mantığını kullanabilmelerine yol açmıştır. Bu nedenle Meksiko olimpiyatları sonrası ve Münih olimpiyatları öncesi, birçok ülke çok para harcayarak bir yandan sporcuların daha iyi hazırlanmalarını sağlamışlar, diğer yandan da yükseklik antrenmanını bilimsel araştırmalarla daha sağlam temellere oturtmaya çalışmışlardır³.

Hem atletlerin rakımda bulundukları süre, hem de atletlerin bütün hazırlıkları, yükseltiye adaptasyon hızını ve antrenman ağırlığındaki olası yükselmeyi etkileyen çok önemli faktörlerdir. 2500 metrenin üzerindeki yükseltide antrenman yaparken, yabancı iklim şartlarına alıştırmadaki ilk etkilerin safhasının şiddeti ve iki microcycles yükselmiş olabilir. Orta ve yüksek rakımlarda yapılacak olan müsabakalara hazırlıkta organizmayı etkili bir şekilde adapta edebilmek için yıllık antrenman süresince ihtiyaç vardır. Bu nedenle kişi, antrenman ağırlıklar ve iklim şartlarının tesirine karşı kalıcı ve güvenilir bir

adaptasyon sağlayarak bu periyotlar boyunca yüklenme yoğunluğunda kademeli bir artış planı yapılmalıdır⁴.

1800 metrenin altındaki yüksekliklerin çok az uyarıcı etki yapması, 2800 metrenin üzerindeki yüksekliklerinde O₂ yetersizliğine sebep olması, sistematik bir antrenmanı güçleştirdiğinde yükseklik 1800 -2300 m. arasında olmalıdır. Gençlerin gelişmesine yönelik antrenmanlar için en uygun yükseklik de 1600 - 1800 m'dir⁵.

Yükseklik antrenmanı için en uygun 4 haftadır. Bu süre aşılmamaya çalışılmalı ve 2 haftadan az olmamalıdır. Yükseklikler kampların süreleri uzar, yükseklik azaldıkça kısalır. Ayrıca antrenmanlar ne kadar sık tekrarlanırsa adaptasyon o kadar çabuklaşır. Bir sezonda birkaç defa tekrarlanır. Yükseklik antrenmanlarında, yalnızca 10 günlük bir süre bile (minimal süre) etkili olur. Yüksek irtifada minimum 21 günlük egzersiz, organizmada özellikle kan parametreler artışlara, aerobik ve anaerobik kapasitelerde hipoksiyaya bağlı değişimler meydana gelmez. Ancak yapılan çalışmalarda, birbiriyle çelişkili sonuçlar mevcuttur. 5200 m ve daha yukarı irtifalarda 5 haftadan daha uzun süreler kalmak, özellikle kas kütlelerinde bir azalmaya dolayısıyla da vücut ağırlığında bir düşüşe neden olmaktadır. Çocukların yüksek irtifaya maruz kalmaları büyüme ve gelişmelerini olumsuz yönde etkilemekte ancak anaerobik performansların da bir değişiklik görülmemektedir. Ancak çocukların sosyo-ekonomik düzeylerine bağlı olarak, yüksek irtifada anaerobik güçlerinde farklı olduğu gözlenmiştir, bahsetmiştir⁶.

Yükseltide uzun süre kalındığında böbrekler yoluyla alkali madde atılımı gerçekleşmekte ve böylece kanın ph değeri normalleşmektedir. Yükseltide yapılan kısa süreli ve şiddetli egzersizlerde kan laktik asit miktarı birikimi performans açısından çok önemli sorunlar doğurmaktadır. Ancak, bu tip eforların ardından normale dönme (toparlanma) süresi uzamaktadır. Bu nedenle yükseltiye çıkıldığında ilk günlerde yüksek şiddetteki anaerobik metabolizmaya dayalı koşu tipi çalışmaların yapılmaması önerilmektedir⁷.

Bu araştırmada, sürekli yüksek irtifa (ağrı) şartlarında yaşayan elit düzeydeki atletlerin yüksek irtifa ve deniz seviyesindeki çeşitli kan parametrelerinin karşılaştırmasını araştırmak ve elde edilen bulguları mevcut bilgilerin ışığı altında tartışarak literatüre katkıda buluna bilme amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Atletizm

Atletizm koşuları, yürüyüşleri atma ve atlamaları içeren tamamen kurallara bağlı bir spor branşıdır. Tüm sporların anası olarak bilinmektedir. Atletizm de ilk olimpiyatlar M.Ö.776 yılında programa alınmıştır. Eski Türklerde, Yunanlarda ve diğer toplumlarda atletizmin ilgi gördüğü bilinmektedir. Atletizm, 19.Yüzyılda Büyük Britanya’da kolej ve üniversitelerde doğdu. Oxford üniversitesi bu konuda büyük rol oynadı. 1896 yılında kurulan amatör atletizm kulübü, ilk atletizm yarışmalarını düzenledi. 1877 yılında İngiltere ile İrlanda atletleri arasında ilk uluslararası müsabaka yapıldı. Aynı dönemde atletizm A.B.D. ve Kanada’ya da yavaş yavaş yayılmıştır⁸.

2.1.1. Ülkemizde Atletizm

Ülkemizde atletizm etkinlikleri geçen yüz yılın sonlarında İstanbul’da kurtuluş kulübünde 1896 yılında başladı İlk Türk atleti aynı zamanda futbolcu olan ve Çanakkale savaşı’nda şehit düşen Celal İbrahim dir. Robert kolleji ve Galatasaray kulüpleri Atletizmi benimsedikten sonra Türkiye İdman Cemiyeti İttifakı (TICI)’ ye bağlı ilk Atletizm Federasyonu kuruldu (1922). Bu dönem içerisinde çok sayıda sporcu atletizmde başarı sağladı. 1940’ larda yapılan Balkan Atletizm Şampiyonası’nda Türk Milli Takımı birincilik kazanmıştır. İkinci Dünya Savaşı’ndan sonra yeni rekortmenler yetişti; 1950 yılında Türk Atletizminde bir düşüş görüldü. 1960 yılında zaman zaman uzun mesafe koşularında başarılı atletlerin yetişmesine rağmen teknik branşlarda yeterli başarı sağlanamıştır⁹.

2.1.2. Uzun Mesafe Koşuları

Tabii bir hareket olan koşuyu, sinir sistemi ile kas ve eklemlerin kendisine verdiği bu imkânı kullanan insan, karnını doyurmak, yaşamını sürdürmek, kaçıp kurtulmak ve kovalayıp yakalamak için bacaklarına ve nefesine güvendiği sürece, üstün güçler karşısındaki durumunun daha güvenilir bir hale geldiğini de denemiştir⁹.

Ancak, bu kuvvetlere karşı uğraşının ve başarılı olmanın birtakım özelliklerin gelişmesine bağlı olduğunu da anlamıştır. Bu özellikler, ancak devamlı bir çalışma ile sağlanmakta ve süreklilik de kazanılabilmektedir. Bir av hayvanına yetişebilmek ve ya kendinden daha güçlü bir hayvandan kurtulabilmek için çabuk, hareketli ve dayanıklı olmak gerekir. Bu mücadeleler bazen uzun süren bir dayanıklılığı veya kısa süre içinde en son gücün harcanmasıyla mesafe almayı gerektirir. Çoğu hallerde bu uğraşlar koşuların her iki şeklini uygulama imkânı

vermiştir. İşte, ilkel insan bütün bu zorunluluklarla günlük yaşantısı içinde çok sık karşılaşmış, bütün koşuların hayatı önemini kavrayarak, kendisinde bu güç ve özellikleri geliştirecek alıştırımlara mecburi olayların dışında da yer vermiştir¹⁰.

Bundan 300 yıl öncesi Eski Yunanlıların düzenledikleri ilk Antik Olimpiyat oyunlarına kadar M. Ö. 766, uzun mesafe koşularının yarışması yapıldığına dair kesin bir belge yoktur. İlk olimpiyat oyunları koşularla başlamış, bunlara daha sonar atma ile atlamalar da eklenmiştir. Eski Yunanlılar daha çok 8-10 stadyum boyu mesafelerde Bir stadyum boyu 192,27 m, bazen de 24 stadyuma kadar mesafeler üzerinde yarışlar yapmışlardır (bugünkü 5000 m). Bu uzun mesafe koşuları M. Ö. 720 yılından itibaren bir yarışma türü olarak olimpiyat programlarına alınmıştır⁸.

Eski Yunanlıların daha uzun mesafeler üzerinde başlattıkları koşu pistleri, sportif bir nitelik taşımayıp, değişik amaçlarla kişilerin bir yerden başka bir yere önemli bir haberi ulaştırmadan doğan karakterli koşulardır. Bugün modern atletizmin yarışma dalları arasına giren Maraton koşusu da böyle bir koşudur.

Yakın zamana kadar, bayanların erkeklere göre hem organik ve hem de kas ve eklem yapısı bakımından daha zayıf olduğu görüşünden hareket edilerek, uzun mesafe koşamayacakları konusunda büyük tartışmalar olmuştur.

1912 yılında Fransa'da organize edilen bayanlar arası orta mesafe koşularından sonra, ilk defa 1928 Olimpiyat Oyunlarında bayanlar arası 800 m koşusu Olimpiyat programına konuldu. Bir grubun itirazı sonunda bu koşu tekrar programdan çıkarıldı. Ancak 1960 Roma Olimpiyatlarında 3000 m koşuları Olimpiyat yarışma programına kesin olarak alınmış oldu¹¹.

Yapılan araştırmalarda uzun mesafe koşusunun ileri yaştaki bayanlar için sağlığa zararlı olmadığı anlaşılmıştır. Yalnız bayan koşucuların kalp ve dolaşım sistemleri ile ateşli herhangi bir hastalığa sahip olmaması gerekir. Diğer taraftan uzun mesafe koşusu için gerekli olan dayanıklılık, çabukluk ve kuvvete kadın da sahiptir. Uzun süreli kassal çalışmalar hariç, kadının fiziksel ve ruhsal dayanıklılığa karşı başarılı olduğu bugün açıkça ortaya çıkmıştır.

Bugün, bazı uzun mesafe koşuları hariç (5000-10.000 m), bayanlar da Maraton koşmaktadır. Maraton koşusu dünya atletizm şampiyonası programına alındığı gibi, önümüzdeki olimpiyatlarda, olimpiyat yarışma programına kesin olarak alınacaktır¹².

2.1.3. Uzun Mesafe Koşusunun Önemi

Birçok sporcunun uzun mesafe koşusuna ve uzun mesafe koşmaya karşı olduğu bilinir. Bu görüşte olan sporcuların sadece kendi özel dalları ile uğraşmayı tercih ettiklerini de söyleyebiliriz. Ayrıca, bu kişiler zaman zaman "ben sürat koşucusuyum, atlayıcıyım, atıcıyım veya iyi bir basketbolcuyum. Benim sadece

kuvvete, çabuk kuvvete, çabukluğa veya iyi bir atış tekniğine ihtiyacım vardır. Bu nedenle, uzun mesafe koşusu çalışmalarını antrenman programına almam" dediklerini de sık sık duyarız. Bu görüşte olan sporcular ileride telafisi mümkün olmayan çok tehlikeli bir hata yaptıklarının farkında değillerdir. Uzun mesafe koşmak her sporcu için birçok sebepten kesinlikle gereklidir. Her şeyden önce, uzun mesafe koşusu ile kalp ve dolaşım sistemi en güzel şekilde çalıştırılır ve görev yapmaya hazır hale getirilir. Ayrıca, kuvvet ve çabuk kuvveti isteyen antrenmanlarda, organların görevlerini daha iyi yapmalarını sağladığı gibi, organizmaya yapılan yüklenmeler ile antrenman ve çalışmaların etkisi de daha tesirli hale getirilmektedir. Her uzun mesafe koşusu antrenmanı, dolaşım sistemine ve buna paralel olarak dayanıklılık için belli birtakım özelliklerin kazanılmasını sağlar. Diğer taraftan sağlıklı ve dayanıklı organlar için dolaşım sisteminin normalden fazla geliştirilmesi en önemli unsurlardan biridir¹³.

Çocuklarda dayanıklılığın geliştirilmesi için bütün şartlar mevcuttur. Çünkü gelişim halinde olan bir bünye, çabukluk ve dayanıklılık kazandırıcı yüklenmelere karşı rahatlıkla uyum sağlayabilir. Uzun mesafe koşu çalışmaları ile kalp daha kuvvetli çalışmakta olup, akciğerlere daha fazla oksijen alınabilmektedir. Belirtmeğe çalıştığımız sebeplerden dolayı, uzun mesafe koşularının antrenman programlarına kesinlikle alınması gereklidir. Diğer taraftan dayanıklılık kazanmak için tek taraflı olma tercih edilmemelidir. Uzun mesafe koşu çalışmaları çocuklarda neşe uyandırmalı, onlara koşma zevki vermelidir¹⁴.

Çalışmalarda dayanıklılık kazanmak için sadece uzun mesafe koşmak veya koşturmak, koşanlarda uzun mesafe koşusunu özel dal haline getirebilir. Böyle bir çalışma ile çocukları. Sürat ve çabukluk özelliklerinin engellenebileceğini kesinlikle unutmamak gerekir. Bugün orta ve uzun mesafe koşularında başarılı Olmada sürat ve çabukluk özelliklerinin ne kadar büyük rol oynadığını çeşitli yarışmalarda hepimiz gözlemekteyiz. Sürat ve çabukluk özellikleri çocukların gelişim devreleri içinde geliştirilme zorunluğu olduğundan, devamlı uzun mesafe koşmaktan da kaçınılmalıdır.

Çünkü bu motorik özellikler 16-18 yaş devresine kadar en yüksek düzeyde geliştirilmekte olup, bu devreden sonra da birkaç yıl daha geliştirilme imkânı olsa dahi çok yüzeysel kalmaktadır. Örneğin, 1980 Moskova Olimpiyatlarından 10.000 m' de olimpiyat şampiyonu olan Etiyopyalı Yifter'in son 400 m' yi 50 saniyenin altında koşması, uzun mesafe koşularında süratin ne kadar önemli bir faktör olduğunu kanıtlamaktadır¹⁵.

Rahat, akıcı ve hafif tempoda yapılan bir uzun mesafe koşusu, genel aerobik dayanıklılığın geliştirilmesi için en önemli bir antrenman formu sayılmaktadır. Bu tür koşular düz arazi veya benzeri yerlerde ya tempo değiştirerek zamana göre

veya mesafesi sınırlandırılmış bölümler halinde yapılır. Rahat yapılan her uzun mesafe koşusu, maksimal oksijen alma kapasitesini düzeltmeye, organların kuvveti ile metabolizmanın artırılmasına yardımcı olur. Koşu sırasında dakikada nabız sayısı 130 aşılmanmaya çalışılır¹⁶.

2.2. Yüksek İrtifa

Yüksek irtifa, deniz seviyesi ve ona yakın yüksekliklerden farklı olarak, canlıların yaşama şansını kısıtlayan yüksek rakımlı mevkilerdir. Bir sınıflama yapacak olursak; 2400 m.-3650 m.' ler arası yüksek, 3650 m.-5500 m.' ler arası çok yüksek, 5500 m. ve üzeri aşırı yüksek irtifa olarak kabul edilir. Bu değerlendirmede belirleyici olan oksijenin havadaki dağılımından ziyade doğrudan hava basıncıdır. Örneğin 3650 m.'de solunan hava deniz seviyesindeki orana %40 daha az, 5500 m.'deki hava basıncı ise deniz seviyesindeki değerin yarısıdır. Yüksek irtifa temelde canlı vücudunun hayatsal faaliyetlerini yerine getirmekte sıkıntı çekeceği, düşük basınç altında kalan yüksekliklerdir¹⁷.

Yükseltiye uyum açısından ne kadar uzun süre yükseltide kalınırsa performansta da o derecede uyum gerçekleşir. Ancak hiçbir zaman deniz seviyesine ulaşamaz. İrtifada kalınan süre içinde performansta görülen artış aklimatizasyondur⁵.

2.2.1. Yükseklik Antrenmanları İçin Uygun Yükseklik ve Antrenmanların Süresi

1800 m'nin altındaki yüksekliklerin çok az uyarıcı etki yapması, 2800 m' nin üzerindeki yüksekliklerinde O₂ yetersizliğine sebep olması, sistematik bir antrenmanı güçleştirdiğinde yükseklik 1800 -2300 m arasında olmalıdır. Gençlerin gelişmesine yönelik antrenmanlar için en uygun yükseklik de 1600 - 1800 m' dir. Yükseklik antrenmanı için en uygun 4 haftadır. Bu süre aşılmanmaya çalışılmalı ve 2 haftadan az olmamalıdır. Yükseklik kamplarının süreleri uzar, yükseklik azaldıkça kısalır. Ayrıca antrenmanlar ne kadar sık tekrarlanırsa adaptasyon o kadar çabuklaşır. Bir sezonda birkaç defa tekrarlanır. Yükseklik antrenmanlarında, yalnızca 10 günlük bir süre bile (minimal süre) etkili olur¹⁸.

Yüksek irtifada minimum 21 günlük egzersiz, organizmada özellikle kan parametreler artışlara, aerobik ve anaerobik kapasitelerde hipoksiya bağlı değişimler meydana gelmektedir. Ancak yapılan çalışmalarda, birbiriyle çelişkili sonuçlar mevcuttur. 5200 m ve daha yukarı irtifalarda 5 haftadan daha uzun süreler kalmak, özellikle kas kütlelerinde bir azalmaya dolayısıyla da vücut ağırlığında bir düşüşe neden olmaktadır.

Çocukların yüksek irtifaya maruz kalmaları büyüme ve gelişmelerini olumsuz

yönde etkilemekte ancak anaerobik performansların da bir değişiklik görülmemektedir. Ancak çocukların sosyo-ekonomik düzeylerine bağlı olarak, yüksek irtifada anaerobik güçlerinde farklı olduğu gözlenmiştir³.

2.2.2. Yüksek İrtifada Fiziksel Performans

Yüksekliğin insan vücudundaki meydana getirmiş olduğu değişimlerin birçok yönden araştırılması oldukça eski yıllara dayanmaktadır. 1800' lü yılların başında Paul Bert tarafından ilk defa O₂ eksikliğinin olduğu ortamda insan organizmasındaki uyum bozukluğundan bahsedilmiştir. Fizyolog Borelli 1671 yılında 3000 m civarı yüksekliklerde dağ hastalığının oluşmasından bahsetmiştir⁶.

Özellikle 1970' li yıllarda yüksek irtifa ile ilgili araştırmalar oldukça yoğunluk kazanmış ve spor bilimcileri halada bu konu ile ilgili araştırmalarını çok daha farklı yöntemlerle araştırmaya devam etmektedirler. 5000 fit (yaklaşık 1524 m)'den daha fazla yükseklikte fiziksel iş yapma yeteneğinin etkilendiği ortaya konulmuş bir gerçektir. Yükseklik ne kadar fazlaysa etkide o kadar ciddi boyutta olmaktadır. Fox ve arkadaşlarına göre, 5000 feet'ten daha fazla yüksekliklerde fiziksel iş yapma yeteneği hypoxia (düşük PO₂) ya bağlı olarak azalmaktadır. Bununla birlikte, uygun yükseklikteki fiziksel performans bazı durumlarda alışma süresine bağlı olarak yükseklikte sürekli kalmak kaydıyla geliştirilebilir. Buda şunlarla ilgilidir:

- a) Artan akciğer ventilasyonu (hava alımı) yani hiperventilasyon,
- b) Fazla miktardaki eritrosit ve hemoglobin konsantrasyonları,
- c) Ürede bulunan bikarbonat(HCO₃) atılımı (eliminasyonu)

Kronik olarak yüksekliğe olan bu uyumda doku seviyesinin değişmesi. Burada artan fiziksel uygunluk tek başına bireyin irtifaya uyum sağlamasına yetmemektedir. irtifa özellikle anaerobik olaylardan sprint koşuları ziyade dayanıklılık yada aerobik aktiviteleri etkiler. Bu yüzden irtifadaki en önemli sorunda, hypoxia dediğimiz O₂ varlığının önemli derecede azalmasıdır. İrtifada yapılan antrenman, deniz seviyesindeki performansı artırır ama bu yalnız kondisyonuz ve atlet olmayanlar için geçerlidir.

Oldukça iyi antrenmanlı bir atlet için yüksek düzeyde performans edinimi için gerekli antrenman yoğunluğu yükseklikte elde edilemez¹.

Geçmişte 5000 fit' te kadar her100 fit' te % 3' ten,% 3,5' a kadar ki maksimal O₂ tüketimi ile ilgili ölçümlerde, dayanıklılık kapasitesinde meydana gelen bir düşüş elde edilmiştir. Daha sonraları ise, bu bozulmanın kişinin deniz seviyesinden 5000 feet'in altındaki bir irtifaya çıktığında başlayabileceği öne sürülmüştür. Aerobik bozulmanın başlangıcı ile ilgili bu fikir aldatıcı ola bilir.

Çalışma performansı ve maksimum VO_2 'nin oldukça yüksek irtifalarda örneğin 25.000 feet dolaylarında % 60 ya da daha fazla düştüğü görülebilir. Fiziksel performansta meydana gelen bu türden düşüşler oldukça yüksek olmasına rağmen yine de bu değerlerin alışma devresinde ve oldukça sağlıklı dağcılarda ölçüldüğü de göz önüne alınması gereken bir konudur. Bir yerin havasına alışma, yükseklikle ilgili sürekli çalışma ve performansı artıran belirli fizyolojik uygulamalara bağlıdır. Alışamayan bir kişi için 18.000 fit (5488 m)'den fazla yükseklikte ekstra O_2 gereklidir.

Burada unutulmaması gereken bir nokta da, bugün 15 milyondan daha fazla insan 10.000 fit (3000 m)'den daha yüksek bir rakımda oturmasına rağmen, A.B.D.'deki atletik yarışmaların çoğunun bu rakımın altındaki yerlerde yapılmakta olmasıdır. Bu da 5000 feet altındaki yükseklik etkileri çok büyük olmadığı için pratik olarak özellikle 5000 ile 10.000 fit arasındaki yüksekliklerdeki atletik yarışmalarda özellikle ilgilenmemiz gerektiği anlamındadır¹.

Yüksek irtifada atmosferdeki O_2 basıncının düşmesi sonucu havanın azalmış dansitesi solunum mekanizmasına oldukça etki eder. Yüksek irtifada hava daha soğuk ve daha kuru olup, güneşin radyasyonu deniz seviyesine oranla daha şiddetlidir. Yer çekimi kuvveti yüksek irtifalarda nispeten daha azdır ve bu nedenle vücudu hareket ettirmek için (yüksek atlama ve sııklı yüksek atlamada olduğu gibi) gerekli olan iş biraz azala bilir. Bu nedenle, yer çekimi kuvvetindeki azalmanın performans üzerine pratik etkisi muhtemelen çok azdır¹⁹.

Yüksek irtifa bir hipobarik ve hipoksik ortamdır. Ayrıca, yükseklerin havası bir elektiriksideye, farklı kozmik ışınlarla sahiptir. Bunların dışında yüksek irtifada insan sağlığını ve fizyolojisini etkileyen daha birçok faktörler vardır. Bu nedenle, yüksek irtifa fizyopatolojisi araştırmalarının yalnız hipobarik ve hipoksik bir ortamla sağlanan laboratuvar şartlarında yapılması yeterli değildir. Yapılan araştırmaların sonunda yüksek irtifanın solunum ve kalp damar sistemi üzerinde (özellikle hipertansiyon üzerinde) gayet olumlu bir etki yaptığı görülmüştür²⁰.

Vyndham, deniz seviyesinde olduğu kadar 1500 m ya da daha yüksekte güney Afrika'da yapılan önemli pist koşu toplantıları ile ilgili gözlemlerini raporunda belirtmektedir. Elde ettiği sonuca göre, orta ve uzun mesafe koşularında en iyi derece sahilde elde edilmiş olup, oysa sprinterler orta yükseklikteki bir irtifada daha iyi neticeler elde etmişlerdir. Orta yükseklikte düzenlenen güney Afrika yarışlarında bu yüksekliklerde oturan atletler ve şampiyonanın başlangıcından önce kendilerini 3-4 hafta süreyle bu yüksekliğe alıştıran atletler başarılı olmuşlardır. Bir millik koşuda beş uluslararası atletlerin hepsinde deniz seviyesinde iyi derece elde etmiş olup sahil (deniz seviyesi) performansındaki ortalama süre 4 dk. sn olmuştur².

Atlet olmayanların katıldığı bir kaç tane iyi kontrollü çalışmalarda antrenmanların deniz seviyesinden ziyade irtifada yapıldığı durumlarda maksimal aerobik güç ve

dayanıklılık süresinde gözle görülür artışlar gözlemlenmiştir. Buna ek olarak aralıklarla yapılan 8 haftalık bir antrenmanın etkisinin 10.000 fit (4572 m) yükseklikte 12 hafta süreli günde 3 saatlik bir ek çalışma ile ortaya çıkacağı da gösterilmiştir. Bu çalışmalar esnasında sporcular hiçbir egzersiz yapmayarak sadece dinlenmişlerdir²¹.

Diğer çalışmalar ise, yükseklikte yapılan antrenmanlardan sonra deniz seviyesinde yüksek düzeyde performans artışı sağlandığını göstermiştir. Dolayısıyla bu çalışmalarda artış gösteren deniz seviyesi performansının yüksekliğe bağlı olduğu yoksa sporcuların performanslarını yükseklikteki antrenmanlar sırasında mı arttırdıkları belirtilmemiştir. Başka bir deyişle, bu kişilerin performanslarının deniz seviyesindeki ekstra antrenman sayesinde geliştirilmiş olabileceği söylenebilir. Oldukça iyi atletlerin katıldığı çalışmalarda ise, irtifadan geri dönüşteki performans daha önce bulundukları deniz seviyesindeki performanstan çok fazla olmadığı, farklı olsa bile oldukça az olduğu belirlenmiştir. Bundan da anlaşılabacağına göre, yüksek düzeyde antrenmanlı bir atlet için antrenman ve irtifaya bağlı olan adaptasyon, performansı pek de artırmamaktadır. Ayrıca, bu atletlerin maksimal aerobik gücü ve performansı her zaman irtifaya uyum ile geliştirilmediği de belirtilmiştir. Bunun en büyük nedenlerinden birisi de, bu atletler için gerekli olan antrenman programlarının yükseklikte belli bir derecede deniz seviyesine eşit tutulmadığından olabilir. 6 üniversiteli koşucunun değişik yükseklikteki antrenman çalışmaları incelenmiştir. Koşucuların antrenörleri de çalışmaların hepsine katılmalarına rağmen irtifanın bu koşucuların antrenman eforlarını büyük ölçüde düşürdüğü açıkça belirlenmiştir²².

Yüksek irtifada yapılan antrenman kondisyonuz ve atlet olmayanlar için gerekli olup, oldukça antrenmanlı atletler için pek de gerekli olmadığı, bununla birlikte atletlere herhangi bir nedenle antrenman yaptırılmak isteniyorsa aşağıdaki konuların yardımcı olabileceği söylenebilir.

- 1- Uygun antrenman özellikleri ve antrenman atmosferi sağlanmalıdır.
- 2- Yükseklikte harcanan zaman dilimi (süre) uygun yükseklikte olmalıdır. (6500 ile 7500 fit)
- 3- Uygun yükseklikteki genel antrenman süresince yüksek irtifaya kısa süreli uyumlar göz önüne alınmalıdır.
- 4- Sabit yükseklik uygulamaları 2 ile 4 hafta arasında sınırlandırılmalıdır. 5- İrtifadaki antrenman kas gücünün sağlanmasına yönelik olmalıdır.
- 6- önemli deniz seviyesi eforları yüksek irtifadan ayrıldıktan sonra 2 hafta içerisinde yarışma düzenlenmelidir¹.

2.2.3. Hipoksi ve Yüksek İrtifadaki Fizyolojik Uyumlar

Yüksek irtifada fizyolojik uyumlarla ilgili olarak asıl faktör hipoksidir. İrtifada hipoksiye maruz kaldıktan sonra birkaç saat içinde eritrositlerde oluşan fosfat bileşiklerinin miktarı artar. Bunların bazıları hemoglobininle birleşerek hemoglobinin O_2 ' doku hücrelerine yüksek PO_2 ' de verebilir. 4500 m irtifada bu etki dokulara verilen O_2 miktarını %10-20 dolayında yükseltir. Fakat daha yüksek irtifalarda O_2 ' ne olan ilginin azalması, akciğerlerde O_2 ' nin azalması da azaltacağından sonuçta taşınan O_2 miktarı düşer. Buda büyük bir tehlike oluşturur²³.

Hemoglobinin O_2 ' ye saturasyonunun % 98' den % 87'ye düşmesi organizmanın fonksiyonlarını 3048 m yüksekliğe kadar anlamlı düzeyde etkilemez. Ancak saturasyonun % 87' nin altına inmesiyle hipoksiya semptomları belirginleşmeye başlar.

% 65 saturasyon ise kritik olarak addedilmektedir. Hipoksiya'nın organizmaya etkileri, yükseklik düzeyi, yüksekliğe çıkış sürati, yükseklikte kalış süresi, ortam ısısı, fiziksel aktivite derecesi ve bireysel faktörlere bağlı olarak değişir¹⁹.

Hipoksik ortamda daima kısa ve uzun süreli uyumlar gerçekleşmektedir. Bunlardan kısa süreli uyuma aklimatizasyon, uzun süreli uyuma ise adaptasyon denilmektedir. Kısa süreli uyumda hiperventilasyon, uzun süreli uymada ise kanın O_2 taşıma kapasitesinin artışı en önemli mekanizmalardır. Yükseltiye uyum birkaç hafta içerisinde gerçekleşmekte olup, deniz seviyesine inildikten birkaç hafta sonra ise kazanılan bu fizyolojik değişiklikler kaybedilmektedir. İrtifada organizmanın uyum değişikliğinden sorumlu en önemli özellik, ortam havasında azalan oksijen kısmı (5500 m civarında deniz seviyesindeki yarısına kadar düşer) kandaki O_2 taşınımını olumsuz yönde etkilemektedir. Hemoglobinin O_2 bağlama özelliği nedeniyle kişileri dinlenik durumdayken fazla etkilemeyen bu durum egzersizde dokuların (kasların) artan O_2 ihtiyacıyla birlikte daha da belirginleşir²⁴.

Çok soğuk ve sıcak bölgelerde veya yüksek irtifada yaşayan insanların sportif etkinlikler sırasında karşılaştıkları farklı stresleri ve çevre şartlarının bedensel kapasiteyi zorlayıcı etkilerini dikkate almadan başarıya ulaşmaları mümkün olmayacağı gibi, zaman zaman yaşamı tehlikeye sokan durumlarda ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, çevre şartlarının değişik ve organizmayı zorlayacak etkilerin bir arada olduğu farklı ortamlarda sportif etkinliklerin bazı özelliklerinin de bilinmesi gerekmektedir. Orta derecedeki yüksekliklerde, örneğin: 1981 m' de alveolar PO_2 78 mm Hg' ye düşerken (deniz seviyesinde 100 mm Hg) hemoglobinin % 90 kadarı O_2 ile satüre olabilir. Daha yüksek irtifada ise, hemoglobin O_2 ile saturasyonu çok azalır ve fiziksel etkinlik belirgin bir şekilde güçleşir²².

2.2.3.1. Yükseltiye Kısa Süreli Uyumlar

Genellikle deniz seviyesinden 2000 m yükseltiye kadar çıkıldığında kişide başlayan ilk fizyolojik cevaplar şunlardır.

- a) Hiperventilasyon (solunum sıklığı ve derinliğinde artış)
- b) Dinlenik durumda ve submaksimal egzersizde artan doku kan akımıdır.

Kimyasal algılayıcılar kandaki O₂ miktarındaki azalmayı üst merkezlere iletmekte ve doku O₂ gereksinimi kompoze edilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca, yükseltide hava kuru olduğundan soluk alıp verme sırasında akciğerler yoluyla sıvı kaybı olmakta, bu ise kan plazmasında azalmaya yol açmaktadır. Bir taraftan solunum sistemi aktive olurken, diğer taraftan da dolaşım sistemi kalp atım hızı artışıyla dokuların yeterince kanlanmasını sağlamaya çalışır. Yükseklikte kalınan süre ve bireysel özelliklere bağlı kalmakla birlikte, 2300 m' ye kadarki yükselti için 2 hafta kadar ve bundan sonraki her 610 m' lik yükselti (4500 m' ye kadar) için birer hafta daha uyum süresi gerekmektedir. Yükseltiden dönüşte ise, kazanılan fizyolojik özellikler yaklaşık 2 hafta içerisinde kaybedilmektedir. Bu nedenle, bu tip bir uyumdan fizyolojik kazanım bekleyen sporcular 2 hafta içerisinde yarışmalara katılmalıdır. Takım sporları göz önüne alınacak olursa bu özellikler sezon boyunca devam edemeyecektir⁷.

Yüksek rakıma varır varmaz kan plazma hacminde hemen azalma olur. Pek çok hafta boyunca süren adaptasyonlarla kan plazma seviyesi deniz seviyesindeki orana getirir. Hipoksiya aynı zamanda hormon erythropoietin verimini yükseltmek için böbrekleri de uyarır. Bu, hemoglobin içeren daha fazla eritrosit (alyuvar) üretimi için kemik iliklerini uyarır. Bu adaptasyon, plazma hacim tepkisinden biraz daha yavaş olur. Neticede, eğer plazma ve eritrosit miktarındaki artışlar eşit olursa, ne hemoglobin seviyesinde nede hematokrit'te hiçbir değişme olmak sizin kan hacminde yükselme olacaktır. Eğer eritrosit sayısı plazmadan daha az artarsa, hem hemoglobin hem de hematokrit miktarı deniz seviyesinden daha az olacaktır²⁵.

2.2.3.2. Yükseltiye Uzun Süreli Uyumlar

Yükseltide kalış süresi birkaç günden daha fazla olduğunda, yavaş yavaş devreye giren metabolik ve fizyolojik uyum mekanizmaları homeostatik dengenin korunmasında rol oynamaya başlar. Bu uyumlar şöyle sıralanabilir.

- a- Asit-baz dengesinin düzenlenmesi
- b- Hematolojik değişiklikler, (hemoglobin ve eritrosit yapımının artışı)
- c- Lokal dolaşım ve hücresel fonksiyon değişimleri

Çok Yüksek rakımlarda uzun süreli uyum (adaptasyon) belirtisi olarak, ventilasyonun oldukça geliştiği ve akciğer difüzyonunun arttığı belirlenmiştir²³.

Yüksek irtifanın arteriel çevre direncini de düşürdüğü gösterilmiş olup, meydana gelen bu durum dokuların daha iyi kanlanmasını sağlar ve yükselmiş olan tansiyonu da düşürür²⁶.

Hem atletlerin yüksek rakımda bulundukları süre, hem de atletlerin bütün hazırlıkları, yükseltiye adaptasyon hızını ve antrenman ağırlığındaki olası yükselmeyi etkileyen çok önemli faktörlerdir. 2500 m' nin üzerindeki yükseltide antrenman yaparken, yabancı iklim şartlarına alıştırmadaki ilk etkilerin safhasının şiddeti ve iki microcycles yükselmiş olabilir. Orta ve yüksek rakımlarda yapılacak olan müsabakalara hazırlıkta organizmayı etkili bir şekilde adapta edebilmek için yıllık antrenman süresince ihtiyaç vardır. Bu nedenle kişi, antrenman ağırlıklar ve iklim şartlarının tesirine karşı kalıcı ve güvenilir bir adaptasyon sağlayarak bu periyodlar boyunca yüklenme yoğunluğunda kademeli bir artış planı yapılmalıdır⁴.

2.2.3.3. Asit-Baz Dengesi Düzenlenmesi

Hiperventilasyon her ne kadar daha fazla O₂' nin organizmaya alınmasına yol açmaktaysa da, CO₂' nin de daha fazla atılımını sağlamaktadır.(CO₂ yıkama). Bu nedenle, arter kanındaki CO₂ azalmakta, alkali maddelerin miktarı artmaktadır. Bu durum respiratuar alkaloz olarak bilinmektedir⁷.

Yükseltide uzun süre kalındığında böbrekler yoluyla alkali madde atılımı gerçekleşmekte ve böylece kanın pH değeri normalleşmektedir. Yükseltide yapılan kısa süreli ve şiddetli egzersizlerde kan laktik asit miktarı birikimi performans açısından çok önemli sorunlar doğurmaktadır. Ancak, bu tip eforların ardından normale dönme (toparlanma) süresi uzamaktadır. Bu nedenle yükseltiye çıkıldığında ilk günlerde yüksek şiddetteki anaerobik metabolizmaya dayalı koşu tipi çalışmaların yapılmaması önerilmektedir⁷.

Ayrıca, yüksek irtifadaki adaptasyonlarla ilgili olarak, kişideki fonksiyonel rezidüel kapasite ve alveollerin kapanma basıncı artar. sempatoadrenal aktivitenin yükselmesi sonucu bronşiollerde de genişleme olur²⁰.

2.2.3.4. Hematolojik Değişiklikler

Yükseltiye uyumlar açısından en önemli değişiklik, kanın O₂ taşıma kapasitesinin artışıdır. Yükseltiye yeni çıkıldığında, akciğerler yoluyla sıvı kaybı meydana gelmekte olup, Buda kanın plazmasında azalma ve hematokrit değerinde yükselme şeklinde izlenmektedir. Ancak, bu relatif bir yükselme olarak ortaya çıkmaktadır. Yükseltideki kalış süresi uzadığında parsiyel oksijen basıncının (PO₂) azlığı böbreklerden eritropoietin hormonunun salınımının

artmasına ve kemik iliğinde kırmızı kan hücresi yapımının uyarılmasına yol açmakta ve böylece gerçek bir hücre artışı meydana gelmektedir⁷.

Deniz seviyesinde dalton kanunlarına göre PO₂, 160 /Hg düzeyindedir. Solunan havadaki PO₂ alveollere geldiğinde 100 mm/Hg' ye kadar düşer. Alveolar etrafına gelen PO₂' si 40 mm/Hg kadar olan venöz kan gazların difüzyon kanununa göre alveol havasından geçen oksijeni aldıktan sonra PO₂' si yaklaşık 100 mm/Hg olan arteriel kan şeklinde alveolü terk eder. Bu şekilde arteriyelize olmuş kanda hemoglobin % 97-98 oranında saturatedir. Bundan da anlaşılacağı gibi alveolar havadaki PO₂ kanın oksijen ile saturasyonunda birinci planda gelmektedir. Ayrıca atmosferik havadaki PO₂' nin azalması alveoler oksijen basıncının azalması demektir. Bu nedenle düşük basınç şartları altında kalan oksijen yükleme gücü organizmada dokunun yeterince oksijen alamama durumu olarak tanımlanan hipoksiya'ya neden olmaktadır²⁴.

Winslow ve arkadaşları tarafından yapılan bir araştırmada, yüksek rakımda eritrositoz olayının gelişmekte olduğunu ve bununla ilgili bilgilerin yüz yıl öncesinde günümüze kadar uzandığını ancak, yükseklikle ilgili referans değerlerin (özellikle çocuklarda) yeterli ölçüde elde edilemediğini belirtmiştir²⁷.

Tufts ve arkadaşları da yaptıkları bir araştırmada, yüksek irtifanın sebep olduğu hipoksik çevrenin bariz bir şekilde respiratuar ve hematolojik adaptasyonlara sebep olduğunu belirtmektedirler²⁸.

2.2.3.5. Lokal Dolaşım ve Hücresel Fonksiyon Değişiklikleri

Yükseltide kanın taşıdığı O₂' nin dokulara daha kolay bırakılması ve kullanılabilmesi için bir takım lokal değişimler meydana gelmektedir. Bunlar kılcallamada artış, myogloblin artışı, mitokondri sayısında ve aerobik enerji yolu enzimleri konsantrasyonu'nda yükselme, O₂ ayrışma eğrisinde sağa kayma ve hemoglobin oksijene olan bağlanma eğilimi azalmakta, böylece dokuya O₂ bırakılması kolaylaşmaktadır²⁴.

Yüksek irtifa şartları organizma fonksiyonlarında değişimlere neden olur. Solunan havadaki düşük oksijen konsantrasyonu, düşük ısı ve uzun süre ultraviole ışınlarla maruz kalmak bu değişikliklere sebep olur. Derin solunum hareketleri, kalp atım sayısının artması, dolaşan eritrositlerin sayısındaki ve hemoglobin konsantrasyonundaki artış, yüksek irtifa şartlarına aklimatizasyonun etkileridir. Bu etkileri nedeniyle hipoksik ortama çıkış profesyonel sporcular için, bir antrenman programı olarak kullanılmaktadır²⁹.

2.2.3.6. Atmosfer ve Atmosfer Basıncı

Atmosfer yeryüzünde başlar ve yaklaşık 3200 km. yüksekliğe kadar olan kısmı oluşturur. Hava 100 km' lik bölümde daha yoğun olup, yukarısın da daha

hafif gaz tabakaları bulunur. Atmosfer canlıların yaşaması için gerekli olan oksijen, karbondioksit ve azot kaynaklarının hemen hemen tümünü sağlar. Hayatın devamı için suyu meydana getirir. Endüstrinin ve canlı organizmaların artıklarını yok eder. Fotosentez için gerekli güneş ışınlarını geçirir, aynı zamanda öldürücü ultraviyole ışınlarından ve kozmik ışınlardan, uzaydan dünyamıza yağın meteorlardan dünyayı korur³⁰.

Barometrik basınç, dünya yüzeyine baskı etkisi yaratan atmosferik gazların ağırlığının toplamıdır. Bu kuvvet, yerçekimi tarafından moleküllerin dünyaya çekilmesi ile oluşur ve irtifaya çıkıldıkça yerçekiminin azalan etkisiyle atmosferik basınç da azalır²⁴.

Hava, deniz kenarında 1 cm² lik alana yaklaşık 1kg'lık bu kuvvetle basınç yapmaktadır. Bu basınç miktarına "1 atmosfer basıncı" denir. Deniz düzeyinde barometrik basınç 760 mmHg: 5000 m' de 523 mmHg olur. 15000 m' de ise 87 mmHg' ya iner. Barometrik basınçtaki bu düşme, yüksek irtifa fizyolojisindeki tüm hipoksia problemlerinin temel nedenidir. Çünkü barometrik basıncın düşmesi ile orantılı olarak oksijen parsiyel basıncı da total barometrik basıncın % 21' den biraz daha az olmak üzere azalır. Deniz düzeyinde 159 mmHg iken 15000 m' de 18 mmHg olur³¹.

2.2.3.7. Barometrik Basınç

Deniz seviyesinde Dalton yasasına göre, atmosfer basıncı 760 mmHg iken solunan havadaki PO₂ 149 MGK' dir. Solunan havadaki PO₂ alveollerde 100 mmHg' ye düşerek arteriyel kana geçmekte ve bu şekilde dokulara taşınmaktadır³².

Yüksek irtifada ise azalan atmosfer basıncı, havadaki O₂ miktarı (% 20.9) aynı kaldığından dolayı atmosferik PO₂ ve alveolar PO₂' nin azalmasına neden olur²⁴.

Örneğin, deniz düzeyinde 149 mmHg olan PO₂, 3048 m. yükseklikte 107 mmHg basıncına düşer. Alveolar PO₂' nin de bu etkiye bağlı olarak 60 mmHg gibi bir düzeye inmesi de bu düşük alveol ve arteriyel kan PO₂' nin de düşmesine dolayısıyla da, organizmada dokunun yeterince O₂ alamama durumu olarak tanımlanan hipoksiya neden olur ve bu da performansın azalmasıyla sonuçlanır³³.

Yükseklik artışı ve alveolar PO₂' nin düşmesi aerobik kapasiteyi (max VO₂) azaltır, 4300 m' de aerobik kapasitede % 32 oranında bir azalma meydana gelir. Yüksek irtifa da karbondioksit sürekli olarak pulmoner kandan alveollere atılır. Aynı zamanda solunum yüzeylerinden de inspirasyon havasına katılır. Böylece bu iki gaz alveollerdeki oksijeni seyrelterek konsantrasyonu düşürür. 37 °C' lik normal vücut sıcaklığında, su buharı basıncı 47 mmHg' dir. Dolayısıyla alveolar havadaki suyun parsiyel basıncı da 47 mmHg' dir. Yani su buharı basıncı, vücut

ısısı normal kaldıkça, irtifaya bakmaksızın, alveollerde 47 mmHg olarak kalır. Karbondioksite gelince, çok yüksek irtifaya çıkıldıkça, alveolar PCO_2 deniz düzeyindeki değeri olan 40 mmHg' dan daha aşağı düşer. İyi aklimatize olmuş bir kişi ventilasyonunu beş kat artırarak PCO_2 ' yi 7 mmHg' ya kadar indirir. Çünkü solumun artmıştır. Çeşitli yüksekliklerde solunan havadaki oksijen basıncı ve barometrik basınç değerleri belirtilmektedir³¹.

2.2.3.8. Hipoksia (Oksijen Eksikliği)

Doku düzeyinde O_2 eksikliği olarak tanımlanır. Dokuya gelen O_2 veya dokunun kullanabildiği O_2 ihtiyacını karşılayamaz ve doku hipoksik koşullar altında çalışmaya başlar. Yeterince O_2 alamayan veya kullanamayan organizmada hipoksik koşullara fizyolojik bir uyum meydana gelebilir³⁴.

Yüksek irtifada fizyolojik uyumlarla ilgili olarak asıl faktör hipoksidir. İrtifada hipoksiye maruz kalındıktan sonra birkaç saat içinde eritrositlerde oluşan fosfat bileşiklerinin miktarı artar. Bunların bazıları hemoglobinle birleşerek hemoglobinin O_2 ' ye ilgisini azaltır. Hemoglobinin O_2 ' ye ilgisinin azalması nedeniyle O_2 ' yi doku hücrelerine yüksek PO_2 ' de verebilir. 4500 m. İrtifada bu etki dokulara verilen O_2 miktarını % 10–20 dolayında yükseltir. Fakat daha yüksek irtifalarda O_2 ' ye olan ilginin azalması, akciğerlerde O_2 ' nin alınmasını da azaltacağından sonuçta taşınan O_2 miktarı da düşer. Bu da büyük bir tehlike oluşturur³¹.

Hemoglobinin O_2 ' ye saturasyonunun % 98' den % 87' ye düşmesi organizmanın fonksiyonlarını 3048 m. Yüksekliğe kadar anlamlı düzeyde etkilemez. Ancak, saturasyonun % 87' nin altına inmesiyle hipoksia semptomları belirginleşmeye başlar. %

65 saturasyon ise kritik olarak addedilmektedir. Hipoksia'nın organizmaya etkileri, yükseklik düzeyi, yüksekliğe çıkış sürati, yükseklikte kalış süresi, ortam ısısı, fiziksel aktivite derecesi ve bireysel faktörlere bağlı olarak değişir¹⁹.

Hipoksik ortamda daima kısa ve uzun süreli uyumlar gerçekleşmektedir.

Bunlardan kısa süreli uyuma aklimatizasyon, uzun süreli uyuma ise adaptasyon denilmektedir. Kısa süreli uyuma hiperventilasyon, uzun süreli uyuma ise kanın O_2 taşıma kapasitesinin artışı en önemli mekanizmalardır. Yükseltiye uyum birkaç hafta içinde gerçekleşmekte olup, deniz düzeyine inildikten birkaç hafta sonra ise kazanılan bu değişiklikler kaybedilmektedir. İrtifada organizmanın uyum değişikliğinden sorumlu en önemli özellik, ortam havasında azalan oksijen kısmi basıncı (PO_2)'dir. Solunan havanın içindeki gazların oranı değişmemekle birlikte (% 21 oksijen) azalan bu kısmi basıncı (örneğin 5500 m. civarında deniz seviyesindekinin yarısına kadar düşer) kandaki O_2 taşınımını olumsuz yönde etkilemektedir. Hemoglobinin O_2 bağlama özelliği

nedeniyle kişileri dinlenik durumdayken fazla etkilemeyen bu durum egzersizde dokuların (kasların) artan O₂ ihtiyacıyla birlikte daha da belirginleşir⁷.

Hipoksik Hipoksi:

Atmosferdeki havada PO₂' nin azalması nedeniyle arter kanın daha az O₂ ile yüklenmesi. Alveol havasında O₂ basıncı çok azdır ve kan O₂ ile doymamıştır³⁵.

Anemik Hipoksi:

Kanın O₂ kapasitesinin azalımı ve eritrositlerde, hemoglobinde meydana gelen azalmalar ile kanda daha az O₂ taşınmasıdır⁵.

Histotoksik Hipoksi:

Dokuya salınan O₂ yeterli olmasına karşın toksin bir ajan nedeniyle dokunun O₂' den yararlanamamasıdır. Örneğin siyanid ile dokunun zehirlenmesinde olduğu gibi. Alkol ve narkotik ilaçlar da aynı şekilde dokunun mevcut oksijeni kullanmasını sınırlar⁵.

Stagnant Hipoksi:

Kanın O₂ taşıma kapasitesi normaldir fakat kanın dolaşımı yavaşlamış olup dokunun ihtiyacını karşılayamaz duruma gelmiştir¹⁹.

2.3. Yüksek İrtifanın Organizma Üzerine Etkileri

Genelde düşük rakımdan yüksek rakıma çıkıldığında insan vücudunda baş dönmesi, uykusuzluk, baş ağrısı, nefes darlığı, hızlı kalp atımı gibi pek çok fizyolojik tepki oluşur. Bu gibi fizyolojik tepkilerin nedenleri olarak hava sıcaklığı ile birlikte barometrik basınç ve kısmi oksijen basıncının düşmesi gösterilebilir³⁶.

Kısmi oksijen basıncının düşmesi sonucu kanın oksijen ile doymuşluğu bozularak hipoksi durumu ortaya çıkar. İrtifa artışına bağlı olarak oluşan hipoksi hiperventilasyona, kalp atımının artmasına, alkali rezervlerinin azalmasına, plazma hacminin azalması sonucu hematokrit yükselmesine ve hemoglobin konsantrasyonunun artmasına sebep olur³⁶.

İnsan vücudunun, metabolizmasının işlemlerini devam ettirebilmek için dokularına sürekli olarak oksijen temin etmesi gerekmektedir. Bu oksijen kaynağı ise oksijen içeriğinin yüzdesi % 20–93 olarak belirlenmiş soluduğumuz havadır. Her ne kadar oksijen yüzdesi sabit kalsa da, yükseltiye çıktığımızda soluduğumuz havadaki oksijenin kısmi basıncı düşmektedir. Bu oksijen kan akışına akciğerlerden geçer ve dokulara götürmek üzere hemoglobin ile birleşir. Azalan kısmi oksijen basıncı kanın oksijenlenmesine zarar verecektir. Kandaki yetersiz oksijen saturasyonu, vücuttaki bütün dokulara oksijen tedarik edilmesini indirgeyecektir. Bunu telafi etmek için vücudun denediği tek yol ventilasyon değerini (akciğerlere gelen ve giden toplam hava miktarı) nefes frekansını

çoğaltarak, arttırmaktır. Ne yazık ki bu hiperventilasyon vücuttan daha fazla karbondioksit atılmasına ve dokulardaki asit-baz dengesinin bozulmasına neden olur. Vücuttan su kaybedilir ve yüksek ventilasyon değeri oranlı bir dehidratasyona önderlik eder³⁷.

2.3.1. Yüksek İrtifanın Dolaşım Sistemine Etkileri

Yüksek irtifa şartları organizmanın fonksiyonlarında değişimlere sebep olur. Bu değişimlerin sebepleri; solunan havadaki düşük oksijen konsantrasyonu, düşük hava ısısı ve ultraviyole radyasyona uzun süre maruz kalmadır. Derin solunum hareketleri, kalp atımının sayısındaki artış, dolaşan eritrositlerin sayısında ve hemoglobinin konsantrasyonunun da artma, kan hücrelerinin sayısında ve bütün kan hacminde artma; yüksek irtifa şartlarına adaptasyonun sonuçlarıdır³⁸.

Yüksek irtifaya çıkılır çıkılmaz kalp dakika volümü % 20–30 artış gösterir. Fakat bu artış, kanın hematokrit değerinin yükselmesiyle tekrar normale döner. Böylece dokulara taşınan oksijen miktarı normal kalır. Ancak çok yüksekliğe çıkıldığında ağır hipoksia gelişir²⁹.

Kandaki yetersiz oksijenden dolayı, beyine daha az oksijen sağlanır ve beyin işlevleri etkilenir. Bu etkiler hafif sarhoşlukla kıyaslanabilir. Yani bilimsel bir çalışma yapmak çok zordur. Çünkü testler gösteriyor ki yükseklik artışı beyin işlevlerinde yavaşlamaya neden oluyor³⁷.

Görüldüğü gibi beyinde verimlilik yükseklikte % 100' den % 50' lere kadar düşer. Hemoglobin ve eritrosit oluşumu izler. Örneğin 2300 m. Yükseklikte 1 hafta kalındıktan sonra plazma volümünde % 8' lik bir azalma olurken kırmızı kan hücrelerinin konsantrasyonu (hematokrit) ve hemoglobinin sırasıyla % 4 ile % 10 nispetinde artar. 4300 metredeki bir hafta kalış ise plazma volümünün de % 16' dan % 25' e düşüş gösterirken hematokrit % 6, hemoglobin % 20 oranında artış göstermiştir. Poliklobili iki yoldan husule gelir¹⁹.

Relatif (nispi) Artma: Alyuvarların gerçek sayısında bir artma yoktur. Yüksekliğe sürekli çıkışlarda düzensiz, suyun damar dışına çıkması ve akciğerler yoluyla sıvı kaybı nedeniyle, kan plazmasında azalma hematokrit değerinde yükselme oluşur. Böylece kandaki alyuvar miktarı relatif olarak artmış gibi görülür. Bu mekanizma yüksekliğe çıkışların ilk 48 saati içinde kendisini gösterir.

Alyuvar Yapımında Artma: Bu ikinci mekanizma ile alyuvarların gerçek miktarında bir artma olur. Böbrekler, eritrosit sentezini uyaran eritroproteini salgılar, böylece eritrosit sayısı ve kandaki hemoglobinin konsantrasyonunun artması sağlanır³⁷.

Berlund yüksek irtifada 3 haftalık antrenmanın hemoglobin konsantrasyonunu % 1 ile % 4 arasında arttırdığını belirtmiştir. Yüksek irtifada daha uzun kalınırsa daha belirgin bir artış gözlemlenebilir. Deniz seviyesinde yaşayan insanlar için

hemoglobin konsantrasyonundaki tam artış, deniz seviyesinden 2500 m. ve daha fazla olan yükseltilerde % 12' ye kadar ulaşabilir. Bu farkın oluşabilmesi için gerekli adaptasyon yaklaşık 12 haftadır¹⁷.

Böning yüksek irtifa üzerine yapılmış olan birkaç araştırmanın kan üzerine olan sonuçlarını şu şekilde özetlemiştir: Aerobik kapasite için toplam vücut hemoglobindeki artışın önemi birçok defa görülmüş ve kan dopingi üzerine yapılan çalışmalarla desteklenmiştir. Yüksek irtifada yapılan dayanıklılık antrenmanların en büyük amacı toplam vücut hemoglobin miktarını arttırmak olmasına karşın sonuçlar tartışmaya açıktır. Eritropoiesis'in uyarılmasının sonucunda toplam kırmızı hücre miktarında artış rapor edilirken, diğer çalışmalarda bu parametreyle ilgili bir etki bulunamamıştır³⁹.

2.3.2. Yüksek İrtifanın Metabolik Etkileri

Artmış miyogloblin içeriği: Başlıca fonksiyonu oksijenin hücre membranından mitokondrialara geçişine yardımır. Oksijen mitakondrialarda kullanılır. Antrenmandan sonra iskelet kasındaki miyogloblin içeriğinin belirgin biçimde arttığı gösterilmiştir¹.

Karbonhidratların (glikojen) artmış oksidasyonu: Dayanıklılık antrenmanı ile kasın aerobik kapasitesi artar. Oksijen varlığında glikojeni iskelet kasında yıkma kapasitesini artırır. Buna bir kanıt maksimal oksijen tüketiminin (max VO₂) artmasıdır.

Yağların artmış oksidasyonu: Glikojende olduğu gibi yağların CO₂ - H₂O' e parçalanmasıyla ATP üretilir. Dayanıklılık egzersizleri sırasında yağın iskelet kaslarına temel enerji kaynağı olarak işlev gördüğü hatırlanmalıdır. Örneğin belirli submaksimal yüklenmede bir birey daha fazla yağ ve daha az karbonhidrat okside eder. Submaksimal ama ağır egzersizlerde anlamı; glikojen tüketimi, daha az laktat birikimi ve daha az kas yorgunluğu anlamına gelir¹.

2.3.3. Aklimatizasyon

Aklimatizasyon yüksekliğe uyum sağlanmasıdır. Aklimatizasyon kısa süreli ve uzun süreli uyumlar şeklinde gerçekleşir. Kısa süreli aklimatizasyon yüksekliğe 1 yıldan daha az süre maruz kalma, belki de 3 ile 6 hafta gibi kısa periyotlarla karakterizedir⁵.

Uzun süreli aklimatizasyona, 1 yıldan daha uzun yıllar, belki de jenerasyonlar boyunca yükseklikte yaşamış grupların dahil edilebileceği bildirilmiştir. Şahıs günlerce haftalarca ya da yıllarca yüksek irtifada kalırsa giderek düşük PO₂' ye aklimatize olur ve bu düşük oksijen vücutta daha az zararlı etkiye neden olur. Hipoksinin etkisinde olmadan şahıs daha çok çalışabilir ya da daha yükseklere çıkabilir. Yetersiz oksijenin aklimatizasyon mekanizmasını uyardığı aşikârdır.

Yükseklikte ne kadar uzun süre kalınırsa performansta o kadar iyi olacaktır, fakat hiçbir zaman deniz seviyesindeki performans kadar iyi olmayacaktır¹.

İrtifada kalınan süre içinde performansta görülen artış aklimatizasyondur. Aklimatizasyon süresi yüksekliğe bağlıdır. Örneğin 2700 m' de 7 ile 10 gün, 3600 m' de 15 ile 21 gün ve 4500 m' de 21 ile 25 gündür. Bunlar sadece yakın tahminlerdir. Esas önemli faktör bireysel farklılıklardır. Bazıları yükseklerde uzun süre kalmaz ve hatta etkilenip hasta bile olabilirler. Eğer normalde yükseklikte yaşamayan biri, yüksek rakımda 8-10 gün kalırsa, bu ortama adaptasyon olarak, arterial oksijen konsantrasyonunda yüksekliğe ilk geldiği zamana oranla bir artış olur. Bu adaptasyona 2 faktör katkıda bulunur. Birincisi, solunumda olan ekstra artış: Ani yükseklik nedeni ile azalmış olan alveolar ve arteriyel oksijen basıncını artırır. İkincisi, kırmızı kan hücresi azalmadan, plazma miktarında meydana gelen azalma (hemokonsantrasyon) : Yüksekliğe maruz kalınan ilk hafta boyunca oluşur. Yani rakım, hematokriti artırır. Ortama uyum sonucu oluşan hemokonsantrasyon atım hacmini sınırlandırır. Yükseklikte VO₂ max' ın artmayışı, kas kütleindeki azalmadan, ya da yüksek hematokrit, kas mikro sirkülasyonunun akışını bozduğu için maksimum egzersiz esnasında kaslara yeterince oksijen gitmemesinden dolayı olduğuna bağlanır²⁸.

Yükseltide meydana gelen rahatsızlıklar, pulmoner ödem, bulantı, kusma, baş ağrısı, hızlı nabız atımı, iştahsızlık vb. hastalık belirtileri 3000 m' de akciğerlerde kan birikmesi (pulmoner ödem) görülür¹.

2.4. Yüksek İrtifa ve Performans

Geçmişte 5000 fit' e kadar her 1000 fit' te % 3' ten, % 3.5' a kadar ki maksimal O₂ tüketimi ile ilgili ölçümlerde, dayanıklılık kapasitesinde meydana gelen bir düşüş elde edilmiştir. Daha sonraları ise, bu bozulmanın kişinin deniz seviyesinden 5000 fit' in altındaki bir irtifaya çıktığında başlayabileceği öne sürülmüştür. Aerobik bozulmanın başlangıcı ile ilgili bu fikir aldatici olabilir. Çalışma performansı ve maksimum VO₂' nin oldukça yüksek irtifalarda örneğin 25.000 fit dolaylarında o/o 60 ya da daha fazla düştüğü görülebilir. Fiziksel performansta meydana gelen bu türden düşüşler oldukça yüksek olmasına rağmen yine de bu değerlerin alışma devresinde ve oldukça sağlıklı dağcılarda ölçüldüğü de göz önüne alınması gereken bir konudur. Bir yerin havasına alışma, yükseklikle ilgili sürekli çalışma ve performansı artıran belirli fizyolojik 24 uygulamalara bağlıdır. Alışamayan bir kişi için 18,000 fit (5488 m)' den fazla yükseklikte ekstra O₂ gereklidir. Burada unutulmaması gereken bir nokta da, bugün 15 milyondan daha fazla insan 10.000 fit (3000 m)' den daha yüksek bir rakımda oturmasına rağmen, A.B.D.' deki atletik yarışmaların çoğunun bu rakım altındaki yerlerde yapılmakta olmasıdır. Bu da, 5000 fit altındaki yükseklik

etkileri çok büyük olmadığı için pratik olarak özellikle 5000 ile 10,000 fit arasındaki yüksekliklerdeki atletik yarışmalarla özellikle ilgilenilmesi gerektiği anlamındadır⁴⁰.

Oyun sporlarında yükselti etkisi incelenecek olursa; basketbol gibi aerobik ve anaerobik özellikleri olan dallarda submaksimal anaerobik aktiviteler sırasında daha fazla laktat üretiminin olduğu bilinmektedir. Fakat yüksek kondisyon düzeyine sahip bireylerin yükseltiden etkilenmedikleri gözlenmektedir. O halde yüksek irtifa antrenmanları üst düzey sporculardan daha ziyade elit olmayan kondisyonu düşük sporculara ve sporcu olmayan insanlara uygulanması daha doğru olur. Ayrıca maksimal VO₂ bakımından yükseklik antrenmanları ile sporcularda bir artış elde edilmesine rağmen, yükseklik antrenmanlarının genel dayanıklılığı arttırdığı kabul edilmekte ve yararlı olabileceğine inanılmaktadır⁵.

Yükseklik antrenmanı yüksek yerlerde yapılacak yarışlarda olumlu sonuç verirken, deniz seviyesindeki yarışmalar için yararlı olduğu kesin olarak söylenememektedir. Yararları tartışılmakla birlikte yükseklik antrenmanı, dayanıklılık sporlarında başarılı kabul edilen ülkeler tarafından kullanılmaktadır. Örneğin; iki olimpiyat oyunlarında altın madalya almış olan ünlü Finlandiyalı atlet Lasse Viren Montreal Olimpiyat Oyunlarına uzunca bir süre Kenya'da yükseklik antrenmanı yaparak hazırlanmıştır. Diğer taraftan Demokratik Alman Cumhuriyeti, yükseklik antrenmanı konusunda araştırma yapabilmek için Bulgaristan'da ki Balkar Dağları üzerinde bir yükseltiye kamp merkezi kurmuştur. Sporcu ve antrenörleri yükseltide yapılan antrenman kadar, varsayılan bir takım olumlu etkilerin deniz seviyesine inildiği zaman performansı ne kadar süre için olumlu yönde etkileyeceği ve en iyi sonucu almak için ne zaman yarışma yapmak gerektiği konusu da ilgilendirmektedir. Yükseltide meydana gelen aklimatizasyonu takiben, deniz seviyesine döndüğünde ikinci bir aklimatizasyonun süresi konusunda otoriterlerin çok farklı görüşlere sahip oldukları görülmüştür³.

Deniz seviyesine dönüşte yüksekte kazanılan dayanıklılık ilk 2-5 gün arası yüksektir, kazanılan dayanıklılık 2-5 hafta devam eder.

Yükseklik antrenmanından beklenen başarı durumları şunlardır:

- *Alyuvar ve hemoglobinin artmasıyla O₂ kapasitesinin arttırılması,
- *Miyogloblin depolarının arttırılması,
- *Mitokondria sayısının arttırılması (aerobik enzim aktivitesinin yükselmesi),
- *Dolaşımın ve kılcal damarların aktifleştirilmesi,
- *Genel başarıyı arttıran faktörlerin gelişimlerinin sağlanmasıdır²².

Yüksek irtifa antrenmanının bir zorluğu; sporcuların deniz seviyesindekiyle aynı yoğunlukta antrenmanlarını devam ettirememeleridir. Aynı zamanda,

yüksek irtifada olduğu gibi oksijen temini kısıtlı olduğunda, egzersizin yüksek yoğunluklarında anaerobik metabolizma derecesi artar. Bu nedenle deniz seviyesi ve yüksek irtifadaki performansın niteliği farklı olacaktır, çünkü enerjilerini farklı orandaki enerji sistemlerinin katkısıyla sağlarlar⁴¹.

Eğer yüksek irtifadaki antrenmanlar deniz seviyesindeki yüklenme yoğunluğuna benzer şekilde yapılırsa, antrenmanların ve kasların uyarıcıları birleşerek; kas oksidatif enzimlerinin ve (antrenman tipine bağlı olarak) glikolitik enzimlerin üretimini artırır. Yükselti antrenmanının daha çok aerobik branşlarda önem taşıdığı düşünülmektedir. Kesin olarak açıklanamamakla birlikte fizyolojik değişimlerin performansı artırdığı özellikle pratik deneyimlerle gözlenmektedir. Fizyolojik etkilerin yanında çevresel değişime bağlı olarak psikolojik etkiler de göz önüne alınarak yükselti kampları yaygın biçimde kullanılmaktadır⁴².

2.4.1. Deniz Seviyesine Döndükten Sonraki Fiziksel Performans

Deniz seviyesindeki performans kapasitesi, yüksek irtifaya alışma yöntemi izlenerek mi artar yoksa yüksek irtifada yapılan belirli bir miktardaki antrenman deniz seviyesinde aynı oranda yapılan antrenmandan daha mı etkilidir, soru üzerindeki görüşler farklılık göstermektedir. Saltin İsveçli test grubundan ünlü bir atleti 3 hafta boyunca Mexico City'nin yüksek tepelerinde izlemeye aldı maksimal O₂ artışındaki % 14' lük düşüş Mexico City' de daha az olmuş ama 19 gün sonra bu değer deniz seviyesindeki % 6 altında düşmüştür. Aynı durum kandaki maksimal efor sırasında O₂ artışında da gözlenmiştir. 3 haftalık Mexico City'de kalma süresinden sonra Stockholm'e geri döndüğünde ondan gözlemlenen maksimal O₂ oranı, önceki değerlerden daha yüksek değildi. 8 uluslararası ünlü atletten oluşan bir grupta 2300 m yükseklikte bulunan maksimal O₂ artışındaki düşüş % 11 daha az olup, % 6 ile % 16 bayutlarındaydı. Bu örnek ise, bireysel varyasyonların hypoksik şartlarına olan tepkisini göstermektedir⁴³.

Buskirk ve arkadaşları ile Consolazio' nun belirttiğine göre onların deneye tabi tutuldukları ve 4000 m²' ye kadar yükseklikte 4 hafta ya da daha fazla kalan atletler deniz seviyesine geri döndükten sonra daha iyi sonuç göstermişlerdir. Ölçülen maksimal O₂ oranı artış göstermemiştir. Buskirk ve yardımcılarının vardığı sonuçlara göre, antrenman sabit kalmak şartıyla yükseklikten geri dönüşteki performansın yüksekliğe gitmeden önceki performanstan daha iyi olduğunu gösterir çok az delil bulunmaktadır. Benzer antrenman ve deneyime sahip insanlarla karşılaştırmaya kadar herhangi bir çevrenin yerlisi olan birinin fiziksel üstünlüğü ile ilgili tüm söylenenler dikkatle karşılanmalıdır⁴⁴.

Grover ve Reeves, 300 m ile 3100 m' ye kadarki yüksekliklerdeki egzersiz

performansını, bu yüksekliklerde oturan insanların üzerinde çalışırken, her iki grupta içinde maksimal O₂ artışının yüksek irtifada % 26 oranında daha az olduğunu düşük irtifaya döndükten sonra bunların performanslarının orta irtifada belli bir süre kalınca artış göstermediğini bulmuşlardır⁴⁵.

Cerretelli, 4 ay süre ile yüksek irtifaya (5350 m ve yüksekliği) alışan insanlar üzerinde yaptığı çalışmada, deniz seviyesine inildiği zaman yapılan çalışma yüksek yerden ayrılmadan önceki ile karşılaştırıldığında maksimal O₂ oranında önemli derecede bir yükselişin olmadığını bulmuştur. Hemoglobinin konsantrasyonu da yüksek irtifada belli bir süre kaldıktan sonra hemoglobinin oranındaki artışın neden maksimal aerobik güce yükselmediğini açıklamakta oldukça zor olduğunu, bunun da eritrositlerin yol açtığı hematokritteki akut artışın faydalı etkisine tezat teşkil ettiğini belirtmiştir⁴⁶.

Hem antrenman hem de hypoxia'ya olan uzun alışma dönemi, iskelet kaslarındaki artan vaskülarizasyon, çoğalan myoglobinin oranı ve oksidatif taşıma sistemindeki olası benzer değişimler konusunda benzer değişiklikler meydana getirmektedir. Öte yandan, deniz seviyesindeki antrenman hemoglobinin konsantrasyonunda hiçbir artış sağlanmadığı da bir gerçektir. Aynı şekilde yüksek irtifalara birkaç günden fazla bir süre alışma çalışması, maksimum stroke volümünün elde edilmesini engellemekte ve deniz seviyesine dönüşü takip eden artan akciğer ventilasyonu kişide hiç bir avantaj sağlamamaktadır. Bunun aynısı, kanda azalan alkalik rezervi içinde geçerlidir. Antrenman yoğunluğu yüksek irtifada azaltılmalıdır. Bu sebeplerden dolayı yüksek irtifalarda elde edilen gelişmeler direkt olarak deniz seviyesi şartlarına aktarılamaz. 1968 Mexico City'deki olimpiyat oyunları öncesi ve sonrası, deniz seviyesine geri döndüğünde yüzmeye, orta ve uzun mesafe koşularında birkaç rekorun kırıldığı da belirtilmelidir. Görünüşe bakılırsa deniz seviyesindeki performans hypoxia'ya olan uzun süreli alışma ile artış göstermemiştir².

Mc Kenzie ve arkadaşları, bütün ömürleri boyunca Peru ve Laraya' da yaşayan (4350 m rakım ve 4560 torr' luk ortalama barometrik basınç ta) 6 erkek kızıl derili olan Andean yerlileri üzerinde "deniz seviyesindeki 6 haftalık bozulmuş ortam şartları süresince kalp damar sistemindeki yapısal ve işlevsel değişiklikleri belirlemek" amacıyla yayılmacı olmayan yöntemler kullanarak bir araştırma yapmışlardır. 6 haftalık bozulmuş ortam şartları süresinde sonra hemoglobinin değerleri önemli oranda azalma göstermiştir. Sonuçlar 4300 m' lik yüksek rakıma alışmış yerlilerin 6 hafta süreyle deniz seviyesine taşınması, yayılmacı olmayan bu tekniklerle ölçüldüğü gibi kardiyak yapıda ve işlevde yalnızca küçük değişiklikler doğurduğunu belirlemiştir⁴⁷.

Horstman ve ark.⁴⁸ yapmış oldukları bir çalışmada, fiziksel eğitimin koplifikasyonları bir kenara bırakılacak olursa, yüksek rakımda uzatılan kalma

süresinin, sonraki deniz seviyesi çalışma kapasitesini geliştirdiğini belirtmektedirler.

Mellerowitz ve ark.⁴⁹, fiziksel performans özellikleri benzer iki gruptan birini deniz seviyesinde, diğer grubu da 2000 m' de antrenman yaptırılmıştır. Her iki grubun bağlı olduğu antrenman şekli, süresi, ortam şartları, diyet ve uyku süreleri aynı tutulmuştu. Yükseklikte deniz seviyesine inildiğinde hipoksik antrenmana tabi tutulanların maksimal VO_2 ' leri daha yüksek bulunmuş ve bu yükseklik 3 hafta kadar sürmüştür. Hipoksik antrenmana tabi tutulmuş sporcuların deniz düzeyine indiklerinde gösterdikleri performans artımı istatistiksel yönden de anlamlı olduğunu bulmuşlardır.

Araştırmacılar, iyi antrene edilmiş orta mesafe koşucuları için maksimal VO_2 ve 2 mil performanslarının 2300 m' de yapılan zorlu antrenmanla deniz seviyesinde yapılan aynı düzeyde antrenmanın ötesinde bir yarar sağlamadığını da bulmuşlardır. Sonuç olarak, yükseklikte yapılan antrenmanın antrene edilmemiş atlet insanlar için yararlı olabileceği, fakat iyi antrene edilmiş sporcular için gerekli olmadığını da belirtmektedirler²⁴.

Suslov'un⁵⁰ yapmış olduğu bir araştırmada, yüksek rakımdan dönüşten sonraki performanstaki gelişmeleri aerobik ve anaerobik yönden bir kapasite artımına, çalışama verimi ve organizmanın genel ve kendine has direncine atfedilebileceğini belirtmiştir. Ayrıca yüksek rakımda kalınan süre içerisinde kazanılan olumlu gelişmelerin deniz seviyesine döndükten sonra sekiz hafta boyunca devam ettiğini de bildirmektedir.

Yüksek rakıma adapte olduktan sonra deniz seviyesine dönüşte ters durumlar oluşur. Atletler artık O_2 ' si zengin çevreye girmişlerdir. Böylece nefes almadaki dış uyarıcılar azalır. Bir kaç gün süreyle devam eden kandaki ve cerebrospinal sıvısında bir CO_2 birikimi olur. Açık kan ve doku asitlenmesi, uyuşukluk, mahmurluk gibi hastalık belirtilerine ve yoğun anaerobik çalışmalara karşı kabiliyetin azalmasına sebep olur. Kademe kademe yükselen cerebrospinal sıvısındaki asitleme neticede, metabolik asit toplayan vücudu kurtarmak için yapılan solunumdan kaynaklanacaktır. Ayrıca birkaç hafta sonra, uyarıcılar alyuvar oranını normal olarak deniz seviyesinde görülen duruma düşürür. Kanın O_2 taşıma kabiliyeti azaldıkça da solunum uyarıcıları yavaş yavaş artar. O_2 ve CO_2 seviyelerinin, kan ve sıvı ayarlamalarıyla, normal deniz seviyesi solunumuna dönülür. Her ne kadar bu ayarlama değişiklikleri bir hafta içinde tamamlansa da performans gösteren atletlerin; metabolik asitlenmenin bu süresi boyunca ortaya çıkan, uzun koşmaktan kaynaklanan yorgunluğa ve yüksek ayak hızını yeniden kazanmadan kaynaklanan neuro-muscular sonuçlarına adapte olabilmeleri için en azından bir hafta daha süreye ihtiyaçları olacaktır⁵¹.

2.5. Egzersiz (Antrenman)

Egzersiz; sporsal verimi artırmak için belirli zaman aralıkları ile uygulanan ve organizmada fonksiyonel-morfolojik değişimler (uyumlar) yaratan uyarılar zinciridir. Bu uyarılar vücuttaki pek çok iç organda ve kaslarda impluslar oluşturmakta, fonksiyonlara ve kasılmalara neden olmaktadır. Bu kasılmalar kimyasal enerjinin mekanik enerjiye dönüştürülmesiyle meydana geldiğinden, kasın kasılma hızındaki artışa paralel olarak kasta enerji tüketiminde ve oksijen kullanımında artış meydana getirmektedir.

Maksimal düzeyde bir kassal faaliyet sırasında kasılma için gerekli olan enerji ihtiyacı, istirahat şartlarının 10 ila 200 misli olabileceği için çalışan kasta kan akımı ve O₂ kullanımı da maksimal düzeye çıkmaktadır. Düzenli fiziksel aktivite modern tıpta pek çok hastalıkta tedavi ve koruyucu amaçlı olarak kullanılmaktadır. Her ne kadar akut fiziksel egzersiz oksidatif stresi arttırsa da, düzenli egzersiz programları oksidan savunmayı kuvvetlendirmektedir¹⁷.

2.5.1. Egzersiz ve Bağışıklık Sistemi

Egzersiz ve immünoloji alanındaki hızlı gelişmeler spor bilimi, immünoloji, fizyoloji ve davranış bilimlerinde görevli bilim adamlarının ilgilerini çekmiştir. Spora bağlı immün cevap konusundaki ilgi birçok sebepten dolayı oluşmuştur. Birincisi; çalıştırıcı ve kulüp hekimlerinin, antrenman ve müsabaka esnasında sporcularını sağlıklı tutma istemeleridir. İkinci olarak egzersiz ve bağışıklık konusuna ilgi, toplumun sağlıklı gelişim amacıyla doğan ilgiden de kaynaklanır. Düzenli orta düzeyde yüklenmelerin kalp hastalığı, şişmanlık, insüline bağlı olmayan diyabet, yüksek tansiyon ve osteoporoz gibi hastalıkların önlenmesi ve tedavisin de, ayrıca vücut ağırlığının kontrolü ve organizmanın strese karşı artırmada önemli rol oynadığı ispatlanmıştır. Araştırmacılar şimdi çalışmalarını yaşam tarzına bağlı etken taşıyan hastalıklar (kanser) gibi üzerine yoğunlaştırmışlardır ve düzenli spor yapan kişilerin daha düşük kanser insidansların rastlandığına dair tahminler vardır. Egzersiz, kanser ve AİDS gibi belirli hastalıklarda ek tedavi olarak reçete edilmeye başlanılmıştır. Kanser ve AİDS de bağışıklık sisteminin, hastalıkla doğrudan ilgisi olması nedeniyle bilim adamları hastalık gelişimi üzerine etkilerini öğrenebilmek için yüklenmeye başlı immün cevabı araştırmaktadırlar. İmmün hücrelerinin tümü, NK hücreleri, nötrofiller, makrofajlar (asıl immün sistem) akut egzersizin etkilerinin fonksiyonları ve sayıları açısından çok daha duyarlı görünmektedir. Genel olarak ılımlı süre (<60) ve şiddet (<% 60 VO₂ max = 140 nabız ve aşağısı) immün sistemde, yüksek şiddetli egzersizden daha düşük stres ve bozulma ile birliktedir⁵².

Uzun süreli düzenli egzersize cevapta; bu güne kadar bazı tutarlı araştırmalar

ile rapor edilen NK (katil hücreler) aktivitesinin anlamlı bir şekilde yükselmesidir. T ve B hücreleri, makrofaj ve nötrofil fonksiyonlarındaki değişiklikleri açıklayan raporlar farklı görüşleri içerir. Fakat ağır egzersiz esnasında nötrofil fonksiyonlarının bastırıldığına dair deliller vardır.

Ağır egzersizde;

- Nötrofil fonksiyonları biraz azalır.
- Monosit fonksiyonları azalır.
- Tlenfosit fonksiyonları azalır.
- Blenfosit fonksiyonları azalır.
- NK fonksiyonları azalır. ÜSYE artar. İmmün sistem baskılanır.
- Kronik egzersizde;
- Nötrofil fonksiyonları biraz artar.
- Makrofaj fonksiyonları artar.
- NK fonksiyonları belirgin artar.
- Egzersiz esnasında T lenfositleri anar.
- Üsye azalır Kanser insidansı azalır.
- Strese bağlı immün baskılanma azalır.
- Yaşlılığa bağlı immün baskılanma azalır.

Egzersiz ve bağışıklık sisteminin verdiği yanıtların etkili faktörleri:

- Yaş
- Cinsiyet
- Kilo
- Kişinin kondisyon durumu
- Eforun şiddeti
- Eforun süresi
- Efora kişinin konsantrasyonu
- Ortam ısı; Hipotermi immün sistem hücrelerinde sayısal artışa neden olur⁵³.

Kazanılmış Bağışıklık:

Doğal bağışıklık, sistemin bir ajan tarafından aktive edilmesiyle ve özgün bir reaksiyon oluşturmaları ve bunun hafızaya kaydedilmesiyle oluşur.

- 1- Hücresel bağışıklıkta T lenfositleri,
- 2- Hümmoral bağışıklıkta B lenfositleri ve immünglobililer yer alır³¹.

2.6. Antioksidanlar ve Oksidatif Stres

Vücuttaki fizyolojik aktivitenin doğal ürünü olan serbest radikalleri, organizma doğuştan kazandığı çok hassas bir donanımla “oksidan-antioksidan denge” olarak tanımlanabilecek bir çizgide tutmaya çalışır. Oksidanlar ve antioksidanlar arasındaki bu dengenin özellikle oksidanlar lehine bozulması, membran lipidleri, proteinler ve DNA gibi hücrenin önemli yaşamsal yapılarında bütünlüğün bozulmasına ve canlıda patolojik olayların gelişmesine yol açar. Organizmaya ani ve aşırı miktarda oksijen girişinin artması; epinefrin ve diğer katekolaminlerin artışı, laktik asit, laktat dehidrogenaz, kreatin fosfokinaz gibi glitik enzim aktivitelerinin yükselmesi; sportif yüklenmeler, gebelik, yaşlılık gibi fizyolojik haller; kimyasal çevre kirliliğini yoğun olduğu ortamlarda uzun süre yaşam, yoğun stres, sigara ve alkol kullanımı, diyetle doymamış ve kolay peroksitlenebilen yağların fazla miktarda bulunması, antioksidan savunma sistemi yetmezlikleri veya savunma duvarının aşılması gibi durumlarda hassas olan oksidan antioksidan denge, oksidanlar lehinde bozulabilir. Bu olgu serbest radikallerin oluşumunun artışıyla ya da antioksidan aktivitesinin yetersizliğinden ileri gelebilir⁵⁴.

2.6.1. Oksidatif Stresin Hücresel Temeli

Oksijen aerobik yaşam formlarının metabolizmalarının çalışması için gerekliken aynı zamanda organizmaya zehirleyici etkide de bulunabilmektedir.

Memeliler yaşamları için gerekli ATP' yi, oksijeni suya kadar dönüştüren mitokondriye elektron transport sistemini kullanarak sağlarlar. Hücreler tarafından kullanılan oksijenin yaklaşık % 98' lik bir kısmı mitokondri içine girer ve sitokrom oksidaz gibi terminal oksidazlara indirgenir. Reaktif oksijen türevleri insan vücudunda sürekli olarak üretilmektedir. Bunların bazılarının yararlı etkileri varken, vücudun antioksidan kapasitesi aşıldığında dokusal hasarlara neden olabilirler. Oksidan moleküller homeostasisi bozmadıkları sürece organizmanın yabancı madde ve enfeksiyöz ajanlara karşı savunmasında önemli rol oynarlar. Eğer oksidanlar. Belirli düzeyin üzerinde oluşur veya antioksidanlar yetersiz olurlarsa, organizmanın yapı elemanları olan protein, lipid, karbonhidrat, nükleik asit ve yararlı enzimleri bozarak zararlı etkilere yol açabilirler. Bütün antioksidan savunma sistemlerine rağmen vücutta bazen reaktif oksijen türleri (ROT) açığa çıkarak hasara sebep olabilirler. Serbest radikallerin özellikle DNA üzerinde yaptıkları hasarlar önemlidir. DNA'nın nükleik asitleri ile reaksiyona giren serbest radikaller DNA dizininde çatlaklar meydana getirmekte ve bu hücrelerin kanser hücrelerine dönüşmesine yol açmaktadırlar²⁸.

Serbest radikaller ile membran peroksidasyonu hücresel düzeyde potansiyel olarak zararlı olabilir. Membran lipid peroksidasyonu özellikle hipoksik dokuların

reoksijenasyonu sırasında hücresel fonksiyonlarda birçok değişikliklere neden olur. Bunlar membran geçirgenliğinde artma, sarkoplazmik retikulumda Ca^{++} transportunun azalması, değişmiş mitokondrial işlev, metabolit oluşumunda artma, hücresel glutatyon metabolizmasının değişimi gibi farklılaşmalardır. Sportif yüklenmeler sırasında kanın yeniden dağılımı ile bazı dokular hipoksik kalabilir ve böylece reperfüzyonda peroksidasyona daha duyarlı olabilir. Sportif aktivite sonrası mitokondrial şişme, ödem oluşumu, proteinüri ve hemoliz gözlemlendiğinden belki de sportif aktivite ile uyarılan serbest radikal oluşumu ve bunu izleyen olaylar bazı hücresel işlevlerin değişmesine neden olabilir. Yüksek şiddetteki dinamik veya statik egzersizler adenozin trifosfat hücresel havuzunda azalmaya sebep olacak endotelial hipoksiyaya sebep olabilir.

Bundan dolayı kalsiyum iyon pompasına bağımlı olan ATP fonksiyonu hasar görür. Hücre içi kalsiyum konsantrasyonunun artması kalmodulin veya kalpain gibi kalsiyuma bağlı proteazları aktive eder. Proteazlar, enzimi oksidaz formuna dönüşmesini sağlayan Ksantin dehidrojenazdan bir peptid grubu koparılması olayını gerçekleştirir. Oluşturulan oksidaz, oksijeni elektron alıcısı olarak kullanır ve böylece süperoksit radikali ve hidrojen peroksiti ürün olarak oluşturur⁵⁵.

2.7. Sportif Aktiviteler ve Oksidatif Stres

Sportif aktiviteler esnasında kas hasarına, termal ısıya ve iskemi-reperfüzyona bağlı olarak doku hasarı oluşabilir. Spor bilimcileri sportif aktiviteler esnasındaki ROT üretimini mitokondrial elektron transfer zinciri, ksantin oksidaz sistemi, metal katalizörlü reaksiyonlar ve aktive olmuş nötrofiller gibi etkenlere bağlamaktadır. Sportif aktivitelere bağlı oksidatif stres mekanizmaları tam olarak anlaşılmamıştır. Mitokondrialar bazen serbest radikallerin temel kaynağı olarak gösterilse de, karşıt çalışmalar düşünüldüğünden çok daha az bir rol üstlendiğini savunmaktadır. Fiziksel aktivite ve yüklenmeler sırasında artan kas kasılmaları enerji tüketimi ve metabolik aktiviteyi önemli ölçüde hızlandırmaktadır⁵⁶.

Sportif aktivite sonucu artmış metabolik hız kesin olarak diğer dokularla birlikte kalp ve lokomotif kaslarda oksijen tüketimini artırır. İskelet kaslarına da oksijen alımı 100-200 kat oranında artmaktadır. Bu artan metabolik aktiviteye bağlı olarak kullanılan oksijen ve mitokondriyel elektron transport zincirinden elektron sızıntısı artmakta ve sonuçta süperoksit, hidrojen peroksit ve hidroksil radikalleri başta olmak üzere birçok reaktif oksijen türü açığa çıkmaktadır⁵⁷.

2.8. Karbonik Anhidraz (CA)

Karbonik Anhidraz (E.C.4.2.1.1.) (Karbonat hidroliyz veya karbonat dehidrataz) Zn^{+2} iyonu ihtiva eden, tüm vücutta yaygın olarak bulunan (

böbrek, gastrik mukoza ve göz merceği, tükrük bezleri, beyin, sinir miyelin kılıfı, pankreas, prostat, uterus ve endometrium) ve fizyolojik öneme sahip bir metaloenzimdir⁵⁸

İlk olarak, sığır eritrositlerinde saflaştırılan Karbonik Anhidraz izoenzimlerinin temel görevi, canlılarda CO₂ molekülünün hidratasyonunu ve HCO₃⁻ iyonunun dehidratasyonunu sağlamak olduğunda solunum ve dokulardan CO₂' nin taşınması, pH ve CO₂ homeostasisinin sağlanması, iyonların taşınması biyosentetik reaksiyonlar kemik oluşumu gibi birçok süreçte rol oynar⁵⁹.

Karbondioksitin bikarbonat ve protona dönüşümünü katalizlemeleri aracılığıyla bu enzimler, hücre membranında ve hücre içindeki değişik birçok alanda gaz değişimi, iyon transportu, su-elektrolit dengesi ve asit baz dengesinin sağlanması olaylarına katılmaktadırlar⁶⁰.

Karbonik Anhidraz enzimi, genel olarak metabolik CO₂ transportunu sağlamanın yanı sıra, böbreklerde, gastrik mukozada ve göz lensi gibi birçok farklı dokuda H⁺ ve HCO₃⁻ birikiminde de rol oynamaktadır.

Enzimatik olarak aktif olan 15 farklı CA izoenzimi tespit edilmiştir. CAI, CAII, CAIII, CAVII ve CAXIII sitoplazmada bulunur. CAIV, CAIX, CAXII, CAXIV ve CAXV ise hücre membranına bağlı olarak bulunur. CAVA ve CAVB mitokondriyal enzim, CA VI tükrük ve süt salgılarında tespit edilmiş çeşitlerindendir⁶¹.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Deneklerin Seçimi

Bu araştırmaya, Ağrı Gençlik ve Spor İl Müdürlüğü bünyesinde atletizm sporu yapan elit düzeydeki 8 gönüllü erkek milli atlet deney grubu olarak ve 8 gönüllü kişi ise sedanter grubu olarak katıldı. Araştırmaya katılan toplam denek sayısı 16 kişidir ve bunlar sürekli olarak rakımı 1640 metre olan Ağrı ilinde yaşamaktadırlar.

Deney grubundaki denekler, haftanın her günü ortalama 2 saat antrenman yapan elit milli atletlerden seçildi (n=8). Sedanter grubundaki kişiler ise spor yapmayan ve Ağrı ilinde ikamet eden kişilerdir (n=8).

Araştırma kapsamında deney grubundaki atletlere ilk kan alımından hemen sonra bir antrenman programı uygulandı. Bu program gereğince 15-20 dk' lık ısınmadan sonra sporculara 3000 metre mesafeli maksimal yüklenme gerçekleştirildi. Bu koşudan sonra ikinci kan örnekleri alındı. Bu uygulama, hem yüksek irtifada hem de deniz seviyesinde gerçekleştirildi.

3.2. Araştırmada Uygulanan Ölçüm ve Testler

Biyokimyasal testler, Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Biyokimya

Laboratuvarında gerçekleştirildi.

3.3. Deneklerden Kan Örneklerinin Alınması

12 ay boyunca değişik antrenman programı uygulayan atletlerden ve sedanter grubundaki kişilerden Ağrı ili yakınındaki Bubi Dağı eteklerinde, 2200 metre yükseklikte, saat 15.00' te ilk kanlar alındı. Daha sonra atletlere 15-20 dk' lık ısınmadan sonra 3000 metre maksimal yüklenmeli koşu yaptırıldı, ardından sadece atletlerden ikinci kan örnekleri alındı.

Aynı kişiler, 7 gün sonra deniz seviyesine indirilerek 10 metre rakımlı Trabzon Akçaabat Söğütlü atletizm pistine götürüldü. Benzer şekilde iki gruptaki kişileden ilk kan örnekleri alındı, ardından atletlere aynı antrenman programı uygulandı ve sadece atletlerden ikinci kan örnekleri alındı.

Kan örnekleri normal biyokimya ve ETDA' lı tüplere alındı. ETDA' lı tüplere alınan numuneler 3-5 kez alt-üst edildi. Biyokimya tüplerindeki örnekler oda sıcaklığında 20 dakika bekletildikten sonra 3500 rpm' de 10 dakika santrifüj edilerek şekilli elemanlar çöktürülerek -70 °C' de analizin yapılacağı güne kadar saklandı.

Biyokimyasal parametreleri içeren kan tetkikleri Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesinde uzman hocalar nezaretinde yapıldı. Bu çalışmada biyokimyasal tetkikler olarak, EU/mL (katalaz aktivitesi), EUmL (Proksidaz aktivitesi), EUmL (Karbonik anhidraz) düzeyleri değerlendirildi. Kan numuneleri, Erzurum Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi biyokimya laboratuvarında barkotlamıştır.

3.4. Boy ve Vücut Ağırlığı

Deneklerin vücut ağırlıkları 0.01 kg hassasiyeti olan kantarda kilogram cinsinden çıplak ayak, tişört ve tayt ile ölçüldü. Boyları ise antropometre ile ölçüldü.

3.5. Araştırmada Uygulanan Biyokimyasal Analizler

- Katalaz (Spektrofotometre ile)
- Peroksidaz (Spektrofotometre ile)
- Karbonik Anhidraz

3.5.1. Katalaz (CAT) Aktivite Tayini

Katalaz aktivitesi Aebi (1984)' e göre H₂O tüketiminden dolayı 240 nm' de absorbansdaki azalma gözlenerek değerlendirildi. Reaksiyon karışımı 25 µl hemolizat, 1,5 ml 40 mM' lik H₂O₂ ve 1,475 ml, 0,1M' lik fosfat tamponu (pH:7,0) içerdi. Absorbansdaki azalma üç dakika boyunca 15 saniye aralıklarla 240 nm' de kaydedildi.

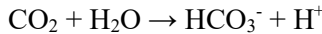
Enzim aktivitesi, ekstinksiyon katsayısı $36 \mu\text{M}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$. H_2O_2 kullanılarak, H_2O_2 μmol ile birleştirilerek ifade edildi^{62,63}.

3.5.2. Peroksidaz (POD) Aktivite Tayini

Peroksidaz aktivitesi Shannon ve ark.'nın (1996) metodu ile ölçüldü. Buna göre 25 ml hemolizat, 1 ml, 0,1 M' lik potasyum fosfat tamponu (pH:6,0) içine alındı. Daha sonra 1 ml ABTS' e eklendi. Reaksiyon 1 mL ve 3,2 M H_2O_2 eklenmesi ile başlatıldı. Absorbansdaki değişim 2 dakika içinde 15 saniye aralıklarla 470 nm' de kaydedildi. 0,01' lik absorbans artışına sebep olan enzim miktarı bir enzim ünitesi (EU) olarak kabul edildi. Enzim aktivitesi, EU/dk. gHb olarak ifade edildi^{64,65}.

3.5.3. Karbonik Anhidraz (CA)Tayini

Karbonik anhidrazın memeli türlerinden izolasyonunda kaynak ve izoenzime göre farklı yöntem uygulanmaktadır. Üzerinde en fazla çalışma yapılmış olan izoenzimler sitoplazmik karbonik anhidraz I ve karbonik anhidraz II dir. Bu iki izoenzimin en kolay elde edilebilir kaynağı eritrositlerdir. Yapılan çalışmalarda eritrositlerde fazla miktarda bulunan hemoglobin, kloroform – etanol çöktürmesi, amonyum sülfat çöktürmesi ya da ısı ile denatürasyon yöntemleriyle uzaklaştırılabilmiştir. Bunların yanında üç-faz ayırma yöntemi de bir alternatif olmuştur. Bu yöntemde amonyum sülfat gibi bir tuz tert-butanol – su – protein karışımına ilave edilmiş ve böylece hemoglobin ve miyoglobin denatüre edilerek ayrılabilmiştir. Daha sonra amonyum sülfatın % 90 doygunluğa ulaştırılmasıyla kalan proteinler jelimsi orta fazda toplanmıştır. Bu fazda karbonik anhidrazın yanında katalaz ve süperoksit dismutaz da bulunur. Karbonik anhidraz I ve II'nin izolasyonunda en çok kullanılan yöntem afinite kromatografisidir. İlk defa 1970' lerde uygulanmaya başlamış olan bu yöntemle sonraları karbonik anhidraz I ve II izoenzimleri başarılı bir şekilde birbirinden ayrılabilmiştir. Bu yöntemlerde destek maddesi olan jele enzimin güçlü bir şekilde bağlandığı inhibitörleri takılmakta ve enzimin bu moleküller aracılığıyla kolonda tutulması sağlanmaktadır. Bu anlamda en çok kullanılan inhibitör de sülfanilamiddir.



Difüzyonla kırmızı kan hücrelerine geçtiğinde, kırmızı kan hücrelerinde bulunan bu enzim sayesinde çok hızlı bir şekilde karbonata dönüştürülür. Karbonat ise, proton ve bikarbonat iyonlarına ayrılarak tekrar kana geçer ve kan pH'sının 7,4' te dengelenmesini sağlayarak doğal bir tampon çözelti gibi çalışır⁶⁶.

3.6. İstatistiksel Değerlendirmeler

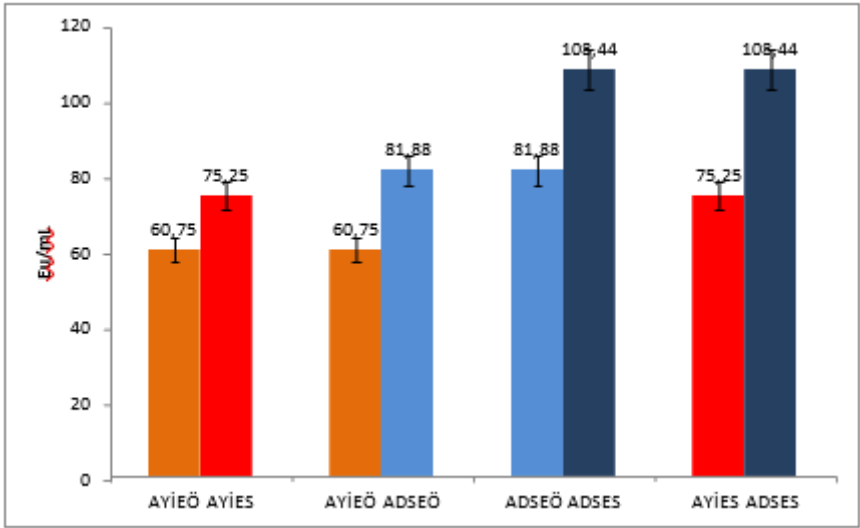
Verilerin analizi SPSS 15.0 paket programı kullanılarak yapıldı. Tanımlayıcı istatistik olarak verilerin aritmetik ortalamaları (X) ve standart sapmaları (S) hesaplanarak verildi. Bağımsız gruplar arasındaki farka bakmak için nonparametrik testlerden olan Mann-Whitney U testi, bağımlı gruplardaki farka bakmak için de nonparametrik testlerden olan Wilcoxon testi kullanıldı. Anlamlılık seviyesi olarak $p < 0.05$ düzeyi alındı.

4. BULGULAR

Tablo 4.1. Araştırmaya Katılan Atletlerin Katalaz Düzeylerinin Karşılaştırılması

KATALAZ	N	Ortalama±SS	Z	p
Atletlerin Yüksek İrtifada Egzersiz Öncesi (AYİEO)	8	60.75±22.27	-1.260	0.208 p>0.05
Atletlerin Yüksek İrtifada Egzersiz Sonrası (AYİES)	8	75.25±33.17		
Atletlerin Yüksek İrtifa Egzersiz Öncesi (AYİEO)	8	60.75±22.27	-0.280	0.779 p>0.05
Atletlerin Deniz Seviyesi Egzersiz Öncesi (ADSEÖ)	8	81.88±39.09		
Atletlerin Deniz Seviyesi Egzersiz Öncesi (ADSEÖ)	8	81.88±39.09	-1.873	0.061 p>0.05
Atletlerin Deniz Seviyesi Egzersiz Sonrası (ADSES)	8	108.44±70.44		
Atletlerin Yüksek İrtifa Egzersiz Sonrası (AYİES)	8	75.25±33.17	-0.980	0.327 p>0.05
Atletlerin Deniz Seviyesi Egzersiz Sonrası (ADSES)	8	108.44±70.44		

Araştırmaya katılan atletlerin katalaz değerleri incelendiğinde; AYİEO değerleri ile AYİES, AYİEO değerleri ile ADSEÖ, ADSEÖ değerleri ile ADSES, AYİES değerleri ile ADSES değerleri arasında ($p>0.05$) anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir.



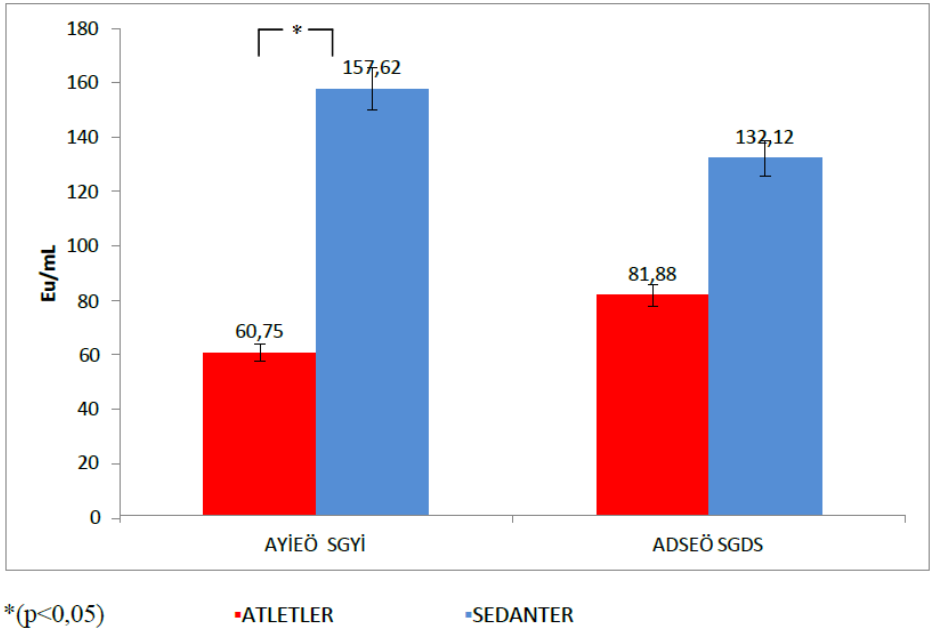
Şekil 4.1. Araştırmaya Katılan Atletlerin Katalaz Düzeylerinin Karşılaştırılması

Tablo 4.2. Araştırmaya Katılan Atletler ve Sedanterlerin Katalaz Düzeylerinin Karşılaştırılması

Katalaz (EU/mL)	N	Ortalama	Sıra Ortalaması	Mann-Whitney U	p
Atletlerin Yüksek İrtifa Egzersiz Öncesi (AYİEÖ)	8	60.75	5.38	7.000	0.009* p<0.05
Sedanter Grubu Yüksek İrtifa (SGYİ)	8	157.625	11.62		
Atletlerin Deniz Seviyesi Egzersiz Öncesi (ADSEÖ)	8	81.88	7.56	24.500	0.429 p>0.05
Sedanter Grubu Deniz Seviyesi (SGDS)	8	132.125	9.44		

Şekil 4.1'e bakıldığında araştırmaya katılan atletlerin katalaz değerleri; AYİEÖ değerleri ile AYİES, AYİEÖ değerleri ile ADSEÖ, ADSEÖ değerleri ile ADSES, AYİES değerleri ile ADSES değerleri arasında ($p>0.05$) anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir.

Tablo 4.2' ye bakıldığında araştırmaya katılan atletlerin ve sedanterlerin katalaz değerleri; AYİEÖ değerleri ile SGYİ değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark ($p<0.05$) varken, DSEÖ değerleri ile SGDS değerleri arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$).



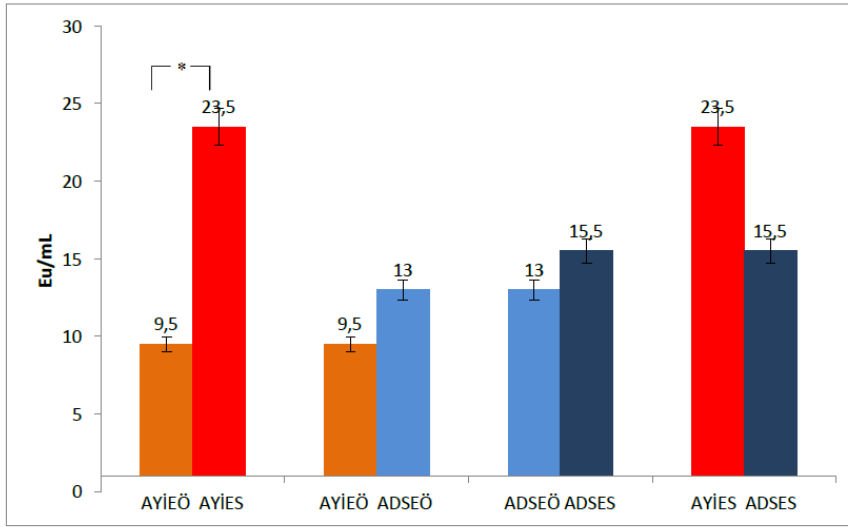
Şekil 4.2. Araştırmaya Katılan Atletler ve Sedanterlerin Katalaz Düzeylerinin Karşılaştırılması

Şekil 4.2' ye bakıldığında araştırmaya katılan atletlerin ve sedanterlerin katalaz değerleri; AYİEÖ değerleri ile SGYİ değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark ($p < 0.05$) varken, DSEÖ değerleri ile SGDS değerleri arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p > 0.05$).

Tablo 4.3. Araştırmaya Katılan Atletlerin Peroksidaz Düzeylerinin Karşılaştırılması

PEROKSİDAZ	N	Ortalama	Z	p
Atletlerin Yüksek İrtifa Egzersiz Öncesi (AYİEÖ)	8	9.50±6.02	-2.201	0.028*
Atletlerin Yüksek İrtifa Egzersiz Sonrası (AYİES)	8	23.50±19.05		p<0.05
Atletlerin Yüksek İrtifa Egzersiz Öncesi (AYİEÖ)	8	9.50±6.02	-0.847	0.397
Atletlerin Deniz Seviyesi Egzersiz Öncesi (ADSEÖ)	8	13.00±13.84		p>0.05
Atletlerin Deniz Seviyesi Egzersiz Öncesi (ADSEÖ)	8	13.00±13.84	-1.802	0.072
Atletlerin Deniz Seviyesi Egzersiz Sonrası (ADSES)	8	15.50±17.55		p>0.05
Atletlerin Yüksek İrtifa Egzersiz Sonrası (AYİES)	8	23.50±19.05	-1.136	0.256
Atletlerin Deniz Seviyesi Egzersiz Sonrası (ADSES)	8	15.50±17.55		p>0.05

Araştırmaya katılan atletlerin peroksidaz değerleri incelendiğinde; AYİEÖ değerleri ile AYİES değerleri arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir (p<0.05). Diğer değerler için anlamlı bir fark bulunmamıştır (p>0.05).



*p<0,05

•AYİÖ

•AYİS

•ADSEÖ

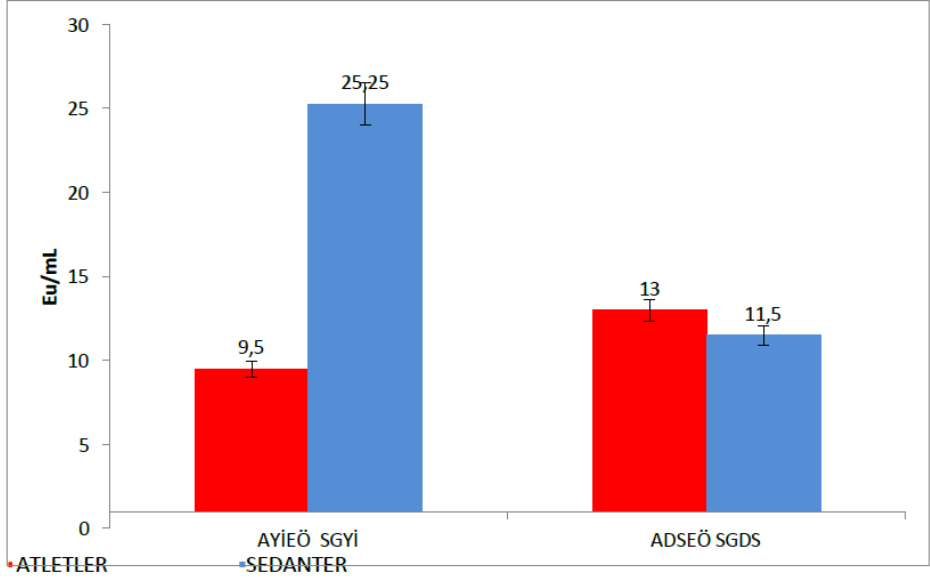
•ADSES

Şekil 4.3' e göre araştırmaya katılan atletlerin peroksidaz değerleri için, AYİÖ değerleri ile AYİS değerleri arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir (p<0.05).

Tablo 4.4. Araştırmaya Katılan Atletlerin ve Sedanterlerin Peroksidaz Düzeylerinin Karşılaştırılması

PEROKSİDAZ (EU/mL)	N	Ortalama	Sıra Ortalaması	Mann-Whitney U	p
Atletlerin Yüksek İrtifa Egzersiz Sonrası (AYİS)	8	9.50	7.19	51.500	0.262
Sedanter Grubu Yüksek İrtifa (SGYİ)	8	25.25	9.81		
Atletlerin Deniz Seviyesi Egzersiz Öncesi (ADSEÖ)	8	13.00	8.50	32.000	1.000
Sedanter Grubu Deniz Seviyesi (SGDS)	8	11.5	8.50		

Tablo 4.4’ te araştırmaya katılan atletlerin ve sedanterlerin peroksidaz değerleri karşılaştırılmaktadır. Tabloya göre; AYİES değerleri ile SGYİ değerleri arasında, ADSEÖ değerleri ile SGDS değerleri arasında anlamlı fark tespit edilememiştir ($p>0.05$).



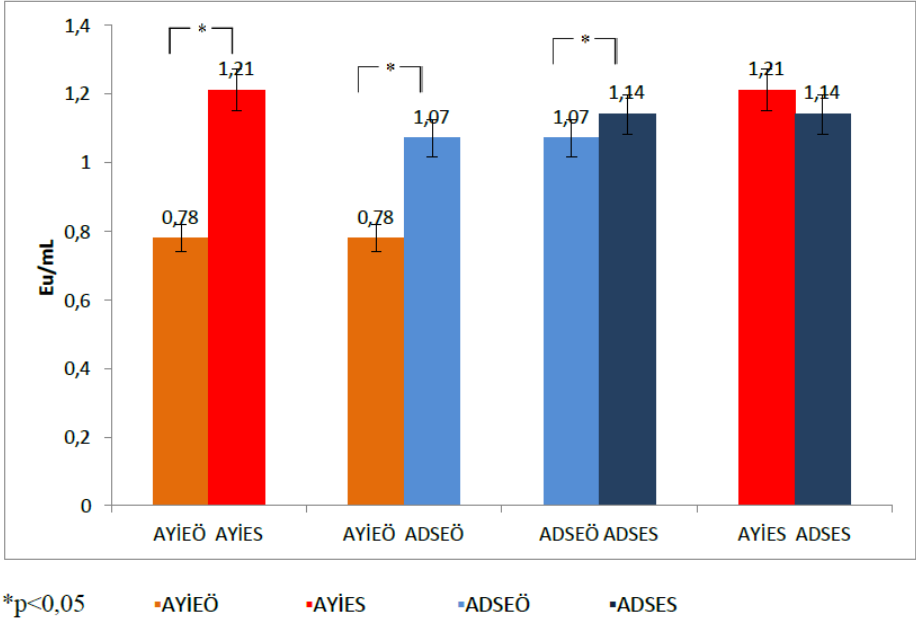
şekil 4.4. Araştırmaya Katılan Atletlerin ve Sedanterlerin Peroksidaz Düzeylerinin Karşılaştırılması

şekil 4.4’ te araştırmaya katılan atletlerin ve sedanterlerin peroksidaz değerleri gösterilmektedir. Buna göre; AYİES değerleri ile SGYİ değerleri arasında, ADSEÖ değerleri ile SGDS değerleri arasında anlamlı fark tespit edilememiştir ($p>0.05$).

Tablo 4.5. Araştırmaya Katılan Atletlerin Karbonik Anhidraz Düzeylerinin Karşılaştırılması

KARBONİKANHİDRAZ	N	Ortalama	Z	p
AtletlerinYüksek İrtifa Egzersiz Öncesi (AYİEO)	8	0.78± 0.0436	-2.521	0.012* p<0.05
AtletlerinYüksek İrtifa Egzersiz Sonrası (AYİES)	8	1.21±0.27		
Atletlerin Yüksek İrtifa Egzersiz Öncesi (AYİEO)	8	0.78±0.43	-2.240	0.025* p<0.05
Atletlerin Deniz Seviyesi Egzersiz Öncesi (ADSEÖ)	8	1.07±0.27		
Atletlerin Deniz Seviyesi Egzersiz Öncesi (ADSEÖ)	8	1.07±0.27	-2.521	0.012* p<0.05
Atletlerin Deniz Seviyesi Egzersiz Sonrası (ADSES)	8	1.14±0.28		
Atletlerin Yüksek İrtifa Egzersiz Sonrası (AYİES)	8	1.21±0.27	-1.542	0.123 p>0.05
Atletlerin Deniz Seviyesi Egzersiz Sonrası (ADSES)	8	1.14±0.28		

Tablo 4.5’ te araştırmaya katılan atletlerin Karbonik Anhidraz değerleri ile ilgili karşılaştırmalar yer almaktadır. Tabloya göre; AYİES değerleri ile ADSES değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemesine rağmen ($p>0.05$) diğer tüm karşılaştırmalarda anlamlı farklılıkların olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).



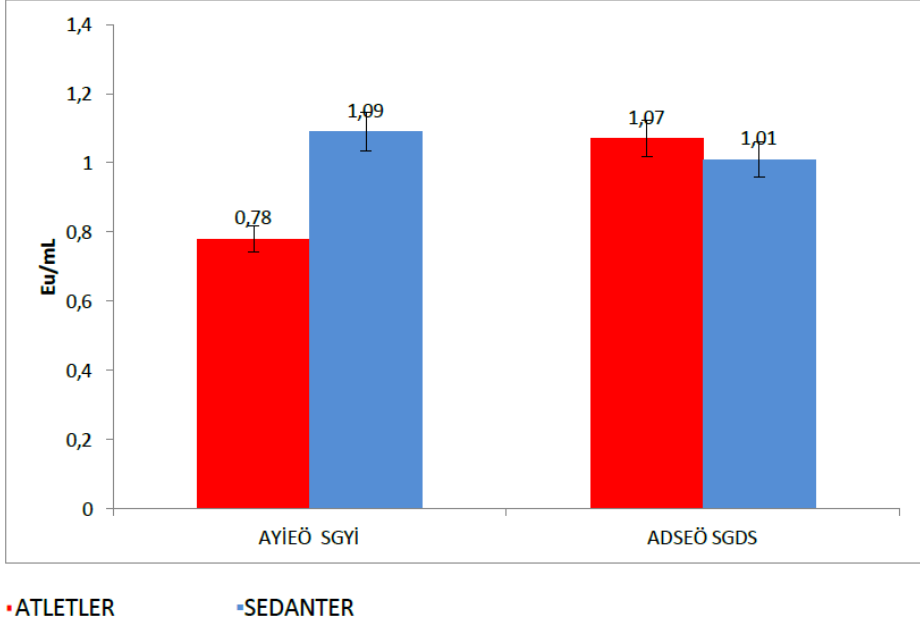
Şekil 4.5. Araştırmaya Katılan Atletlerin Karbonik Anhidraz Düzeylerinin Karşılaştırılması

Tablo 4.6. Araştırmaya Katılan Atletlerin ve Sedanterlerin Karbonik Anhidraz Düzeylerinin Karşılaştırılması

KARBONİKANHİDRAZ (EU/mL)	N	Ortalama	Sıra Ortalaması	Mann-Whitney U	p
Atletlerin Yüksek İrtifa Egzersiz Öncesi (AYİEÖ)	8	0.78	6.50	16.000	0.093
Sedanter Grubu Yüksek İrtifa (SGYİ)	8	1.00	10.50		
Atletlerin Deniz Seviyesi Egzersiz Öncesi (ADSEÖ)	8	1.07	9.00	28.000	0.721
Sedanter Grubu Deniz Seviyesi (SGDS)	8	1.01	8.00		

Şekil 4.5'te araştırmaya katılan atletlerin Karbonik Anhidraz değerleri ile ilgili grafik yer almaktadır. Grafiğe göre; AYİES değerleri ile ADSES değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemesine rağmen ($p>0.05$) diğer tüm karşılaştırmalarda anlamlı farklılıkların olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).

Tablo 4.6’ da atletlerin ve sedanterlerin Karbonik Anhidraz değerleri karşılaştırılmaktadır. Tabloya göre, AYİEÖ değerleri ile SGYİ değerleri arasında, ADSEÖ değerleri ile SGDS değerleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$).



Şekil 4.6. Araştırmaya Katılan Atletlerin ve Sedanterlerin Karbonik Anhidraz Düzeylerinin Karşılaştırılması

Şekil 4.6’ da atletlerin ve sedanterlerin Karbonik Anhidraz değerlerini gösteren grafik yer almaktadır. Grafiğe göre; AYİEÖ değerleri ile SGYİ değerleri arasında, ADSEÖ değerleri ile SGDS değerleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

5. TARTIŞMA

Bu çalışma sürekli yüksek irtifa (Ağrı ili) şartlarında yaşayan elit düzeydeki atletlerin yüksek irtifa ve deniz seviyesindeki çeşitli kan parametrelerinin karşılaştırması amacıyla yapılmıştır.

Şekil 4.1' de çalışmaya katılan atletlerin katalaz değerleri; AYİEÖ değerleri ile AYİES, AYİEÖ değerleri ile ADSEÖ, ADSEÖ değerleri ile ADSES, AYİES değerleri ile ADSES değerleri arasında ($p>0.05$) anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir.

Şekil 4.2' de araştırmaya katılan atletlerin ve sedanterlerin katalaz değerleri; AYİEÖ değerleri ile SGYİ değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark ($p<0.05$) varken, DSEÖ değerleri ile SGDS değerleri arasında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.05$).

Şıktar⁶⁷, farklı oda sıcaklıklarında uzun süre egzersiz yaptırılan ratlarda melatonin, soğuk-sıcak gibi çevresel stresinin serbest radikal ve antioksidan düzeylerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yaptığı araştırmada farklı sıcaklarda baktığı SOD, POD ve CAT değerlerinde önemli değişiklik görülmediğini bildirmiştir.

Şıktar⁶⁸, farklı su sıcaklıklarında yorucu yüzme egzersizi yaptırılan ratlarda L-Karnitin ve termal stresin serbest radikal oluşumu ve antioksidan düzeylerine etkisini araştırdığı çalışmada CAT düzeyleri hem sıcaklık farklılıklarına göre egzersiz gruplarında (18E, 28E, 38E), hem de sıcaklık farklılıklarına göre L-Karnitin ile birlikte egzersiz uygulanan gruplarda (18KE, 28KE ve 38KE,) anlamlı farklılıklara tespit etmemiştir⁶⁸.

Çelik ve ark.⁶⁹. yaptıkları çalışmada CAT aktivitesi dinlenme durumuna göre akut egzersiz sonrasında normal sınırlar içinde hafif bir artış olduğunu, ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı olmadığını, bunun uygulanan egzersiz programının ikinci basamak antioksidan savunmada yer alan enzimlerin kapasitelerini aşacak düzeyde olmamasından kaynaklandığı belirtmişlerdir.

Salminen ve ark.⁷⁰ dayanıklılık çalışmasında; Ohno⁷¹ akut egzersizde; Zergeroğlu ve ark.⁷² sedanterlerdeki çalışmasında ve yine Zergeroğlu ve ark.⁷² başka bir çalışmalarında dayanıklılık antrenmanında CAT değerinin değişmediğini saptamışlardır.

Mena ve ark.⁷³ ise bisikletçilerde CAT değerinin düştüğünü tespit etmişlerdir. Zergeroğlu ve ark.⁷² bisikletçilerde yaptığı çalışmada CAT değerinin azaldığını saptamışlardır.

CAT enzimi ile ilgili bulgular çelişkili olmakla beraber literatürden elde edilen genel görüş, değişim olmadığı yönündedir⁷⁴.

Marzatiko ve ark.⁷⁵ yaptıkları çalışmada sprinterlerde maratonculara göre CAT'da daha az bir artış olduğunu saptamışlardır.

Revan⁷⁶ yaptığı çalışmada antrenmanlardan önce ve sonra, dinlenik durumda ve tükenme egzersizi sonrası CAT değerlerinde anlamlı bir farklılık olmadığını belirtmiştir.

Schneider ve ark.⁷⁷ triatlet ve antrenmansız beden eğitimi öğrencilerinde 3 farklı (düşük, orta, yüksek) yoğunluktaki koşulardan sonra oluşan oksidatif stresi değerlendirmişler; GPx aktivitesinde, orta ve yüksek yoğunluklu egzersizden sonra antrenmanlı grupta, antrenmansız gruba göre artış gözlemişler, CAT aktivitesinde, gruplar arası veya egzersiz yoğunlukları arasında önemli düzeyde farklılıklar tespit edememişlerdir. Yine benzer şekilde bazı araştırmacılar, CAT enzim aktivitesinde değişme saptamazken^{78,79} artma tespit eden araştırmacılar da vardır.^{80,81}

Antioksidan komponentlerin ölçümünde kullanılan farklı göstergeler, sonuçlar üzerinde etkili olabilmektedir. Örneğin, GPx ve CAT'ın etki mekanizması ve reaksiyonları aynı olsa da, CAT'ın tüm hücrel komponentlerde bulunmaması, etkinliğinin görülebilmesi için gerekli Michaelis-Menten sabitinin yüksek olması ve antioksidan aktivitedeki payının GPx'e göre çok düşük olması antioksidan yapıya ilişkin farklı kanılara neden olabilir⁸².

Aguilo ve ark.⁸³ yaş ortalamaları 25,6 olan 9 maratoncunun submaksimal (%80 maksVO2) egzersiz testi sonunda, CAT enziminin düştüğünü belirtmişlerdir.

Farklı egzersiz testlerinin amatör (atlet, bisikletçi) ve profesyonel (bisikletçi) sporcularda antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkilerinin araştırıldığı çalışmada, amatör sporculara maksimal ve submaksimal (% 80 maks.VO₂) test uygulanırken, profesyonel bisikletçiler 170 km' lik bisiklet etabına katılmışlardır. Dinlenik durumda CAT aktivitesinde amatör ve profesyonel sporcular arasında farklılık gözlenmezken, GPx aktivitesi profesyonel sporcularda %13,6 daha düşük tespit edilmiştir. Amatör sporcularda maksimal egzersiz, CAT aktivitesini önemli düzeyde etkilemezken, GPx aktivitesini yaklaşık % 4 azaltmış; submaksimal egzersiz ise, CAT (% 12) ve GPx (% 14) aktivitesini azaltmıştır. Bisiklet etabı profesyonel sporcularda CAT aktivitesini önemli düzeyde artırırken, GPx aktivitesinde önemli düzeyde değişiklik gözlenmemiştir⁸⁴.

Düzova ve ark.⁸⁵ 13 hafta boyunca koşu bandında yapılan orta (günde 30 dk) ve yüksek (günde 60 dk) şiddetteki antrenmanların, ratların oksidan-antioksidan sistemine etkisini araştırmışlardır. CAT aktivitesi, iskelet kasında orta düzeyde antrenman yapan ratlarda, kontrol grubuna göre önemli düzeyde yüksek bulunurken, ağır antrenman yapan gruptaki artışın istatistiksel olarak anlamlı olmadığı tespit edilmiştir.

İnal ve ark.⁸⁶ 100 m ve 800 m mesafeli yüzme aktivitelerinin, kısa mesafe (100 m) ve uzun mesafe (800 m) yüzücülerde serbest radikal oluşumu üzerine etkisini

araştırdıkları çalışmalarında, CAT ve GPx aktivitesini, her iki grupta da yüzmeden sonraki 1 dk içerisinde önemli düzeyde artmış olarak tespit etmişlerdir. Ancak bu artışın 100 m yüzücülerde, 800 m yüzücülere göre daha fazla olduğunu kaydetmişler ve bu durumu, kısa süreli akut egzersizin reaktif oksijen ürünlerinin artmasına neden olması ile açıklamışlardır. Bu ürünlerden biri olan hidrojen peroksidin (H_2O_2), oksijen ve suya dönüştürülerek yok edilmesinden bu iki enzimin sorumlu olduğunu ve sonuç olarak, H_2O_2 ' nin artmasına bağlı olarak CAT ve GPx enzimlerinin arttığını belirtmişlerdir.

İskelet kası katalaz aktivitesine antrenmanın etkisi üzerine çalışmalar çelişkili görünmektedir. Bazı çalışmalar iskelet kasında düzenli antrenmana yanıt olarak CAT aktivitesinde artıştan söz ederken bazı çalışmalarda aynı şartlarda enzimin aktivitesinde düşüş gözlemlendiği ifade edilmiştir⁸⁷.

Düzenli egzersiz, akut egzersizin yol açtığı oksidatif stresi azaltmak için adaptasyona neden olabilir. Düzenli egzersizlerin, iskelet kasında hem antioksidan savunmayı hem de oksidatif kapasiteyi geliştirerek, oksidatif hasarın neden olduğu hastalık türlerini azalttığı, genel hayat kalitesini yükselttiği ve ömrü uzattığı belirtilmektedir^{88,89,90}. Pek çok çalışma, hem insanlar hem de hayvanlarda, aerobik egzersizden sonra dokularda veya kanda antioksidan enzim aktivitesinin (SOD, POD ve CAT) arttığını göstermiştir^{91,92}.

Şekil 4.3' te araştırmaya katılan atletlerin peroksidaz değerleri verilmiştir. Bulgulara göre, AYİEO değerleri ile AYİES değerleri arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0.05$).

Şekil 4.4' te araştırmaya katılan atletlerin ve sedanterlerin peroksidaz değerleri verilmiştir. Bulgulara göre, AYİES değerleri ile SGYİ değerleri arasında, ADSEO değerleri ile SGDS değerleri arasında anlamlı fark tespit edilememiştir ($p>0.05$).

Fiziksel aktivitenin organizmada antioksidan kullanımını arttırdığı bilinmektedir. Yorucu, yoğun fizik aktivite tüm vücutta özellikle iskelet kasında artmış oksijen uptake'i ile karakterizedir, dolayısıyla yüksek düzeyde serbest radikal oluşumuyla sonuçlanabilir. Sporcularda yoğun antrenman dönemlerinde oksidatif stresin arttığını gösteren çalışmalar mevcuttur. Ancak düzenli antrenmanın iskelet kası antioksidan kapasitesinde adaptif değişikliklerle sonuçlandığı da bilinmektedir⁹³.

Miyazaki ve ark.⁹⁴ yüksek yoğunlukta antrenmana tabi bireylerde akut, yorucu aktivite sonrası eritrositlerde antioksidan enzim aktivitesinin arttığını ve nötrofillerde süperoksit anyonunun düştüğünü bildirmişlerdir. Ek olarak aynı çalışmada bireylerde istirahat SOD ve GSH- Px aktivitelerinde artış gözlenmiştir⁹⁴.

GSH-Px' in iskelet kasında düzenli egzersiz sonucu değişimi üzerine çalışmalar genel olarak GSH-Px aktivitesinin aktif iskelet kaslarında antrenmana yanıt olarak arttığını göstermektedir⁹⁵.

Bu adaptasyonunun yararının hidropersitleri mitokondri ve sitozolden

uzaklaştırmak olabileceği söylenmiştir. Benzer biçimde kas GSH-Px aktivitesindeki artışının egzersizin yoğunluğuna paralel artış gösterdiği ve daha yoğun egzersizin GSH- Px aktivitesinde artışa daha fazla neden olduğu söylenmiştir⁹⁶.

Akut egzersizlerin oksidatif strese neden olduğu belirlenmiş olmasına rağmen⁹⁷ düzenli olarak uzun süreli uygulanan aerobik ve/veya direnç egzersizlerin lipid peroksidasyon seviyesini azalttığı ifade edilmektedir^{98,99}.

Antioksidan enzimlerin aktivitesinin (SOD, GSH-Px, CAT) hem erkek hem kadınlarda arttırdığı belirlenmiştir^{100,101}. Bu olgu bir çelişki değildir, sadece egzersizin neden olduğu antioksidan savunma sisteminin aktive edilmesi ve/veya oksidatif stresi onaran sistemin müdahalesi gibi farklı adaptasyonların bir sonucudur¹⁰².

Çalışmamızda, her iki grubun grup içi takviye öncesi ve sonrası GSH-Px düzeyleri incelendiğinde, yorgunluk GSH-Px düzeylerinin istirahat düzeylerine göre önemli ölçüde yükseldiği belirlenmiştir. Boyalı¹⁰³ takviye öncesi ve sonrası yorgunluk GSH-Px düzeylerindeki artış olduğunu tespit etmiştir.

Bu artış çalışmamızdaki egzersiz öncesi ve sonrası peroksidaz değerlerindeki artışla paralellik göstermektedir.

Ciocoiu ve ark.¹⁰⁴ fiziksel stresin yol açtığı serbest radikal oluşumunu engelleyen antioksidanlardan GSH-Px değerlerinin, E vitamini ilavesiyle düştüğünü tespit etmiştir¹⁰⁴.

Şıktar⁶⁷ farklı oda sıcaklıklarında uzun süre egzersiz yaptırılan ratlarda melatonin, soğuk-sıcak gibi çevresel stresinin serbest radikal ve antioksidan düzeylerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yaptığı çalışmada POD değerlerinde anlamlı bir farklılık bulamamıştır⁶⁷.

Şıktar⁶⁸ farklı su sıcaklıklarında yorucu yüzme egzersizi yaptırılan ratlarda L-Karnitin ve termal stresin serbest radikal oluşumu ve antioksidan düzeylerine etkisinin araştırdığı çalışmada deneklerin sıcaklığa göre pod değerlerini anlamlı şekilde düşük olduğunu tespit etmiştir⁶⁸.

Şekil 4.5’ te araştırmaya katılan atletlerin Karbonik Anhidraz değerleri ile ilgili grafik yer almaktadır. Grafiğe göre; AYİES değerleri ile ADSES değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit edilmemesine rağmen ($p>0.05$) diğer tüm karşılaştırmalarda anlamlı farklılıkların olduğu gözlenmiştir ($p<0.05$).

Şekil 4.6’ da atletlerin ve sedanterlerin Karbonik Anhidraz değerlerini gösteren grafik yer almaktadır. Grafiğe göre; AYİEÖ değerleri ile SGYİ değerleri arasında, ADSEÖ değerleri ile SGDS değerleri arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir ($p>0,05$).

CA enzimi eritrositleri de içine alan pek çok dokuda pH düzenleyici enzim olarak karakterize edilmiştir. Başta asit-baz dengesi olmak üzere birçok

metabolik olayda rol oynamaktadır. Doku/organlar ile akciğer arasındaki CO₂ / bikarbonatın respirasyonu ve transportu ile ilgili kritik fizyolojik olaylarda, pH ve CO₂ hemostazında, elektrolit sekresyonunda, biyosentetik reaksiyonlarda (glukoneogenez, lipogenez ve üre sentezi), kemik resorpsiyonu ve diğer birçok fizyolojik olayda görev alır¹⁰⁵.

Yüksek irtifada atmosferdeki O₂ basıncının düşmesi sonucu havanın azalmış olan O₂ seviyesinin solunum mekaniğine oldukça fazla etkilediği belirlenmiştir¹⁹. Yüksek rakıma çıkıldığında kan plazma hacminde hemen azalma olduğu belirlenmiştir. Birkaç haftalık süre sonunda adaptasyonlarla kan plazma seviyesi deniz seviyesindeki orana gelir²⁵.

Hiperventilasyon her ne kadar daha fazla O₂' nin organizmaya alınmasına yol açmaktaysa da, oluşan CO₂' nin de daha fazla atılımını sağlamaktadır. Bu nedenle, arter kanındaki CO₂ azalmakta, alkali maddelerin miktarı artmaktadır⁷. CA enziminin dokularda ve kandaki CO₂' nin miktarını düzenlediği belirlenmiştir¹⁰⁵. Yükseltide uzun süre kalındığında böbrekler yoluyla alkali madde atılımı gerçekleşmekte ve böylece kanın pH değeri normalleşmektedir⁷.

Egzersiz CA enzimi üzerine etkisiyle ilgili literatür bilgi sınırlıdır. Şıktar¹⁰⁶ L- karnitin verilen ve 18 °C' deki su sıcaklığında (hipotermik ortam) egzersiz yaptırılan ratların CA değerlerinde, sedanter gruba göre egzersiz grubun değerlerinde azalma tespit ederken, aynı şekilde L-Karnitin verilen egzersiz grubunun CA değerlerinde L Karnitin verilen sedanter grubun değerlerine göre düşüş bulmuştur. Bu sonuçlar doğrultusunda hem soğuk strese hemde yorucu egzersize maruz kalan ratlarda L- karnitin inhibitör etki yaptığını bildirmiştir¹⁰⁶. Ratlara sıcak ortamda yorucu egzersizin yaptırıldığı başka bir çalışmada, yoğun egzersiz sırasında L- karnitin koruyucu etkisinin olmadığı ve CA seviyesinin azaldığı bildirilmiştir¹⁰⁷. Çalışmamızdaki farklılıklarda göz önünde bulundurulduğunda CA seviyesinin egzersiz, sıcak-soğuk ortam ve bazı ergojenik etki gösteren maddelerle (L-karnitin gibi) etkilenebileceğini söyleyebiliriz.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma sonucunda;

- Atletlerin katalaz değerleri incelendiğinde; yüksek irtifada egzersiz öncesi ve sonrasında; deniz seviyesinde egzersiz öncesi ve sonrasında katalaz değerlerinde bir farklılık olmadığı ve yüksek irtifanın katalaz değerlerini etkilemediği tespit edilmiştir.
- Araştırmaya katılan atletlerin ve sedanterlerin katalaz değerleri incelendiğinde ise; Yüksek irtifada egzersiz öncesinde atletlerin katalaz değerleri sedanterlere göre önemli şekilde düşmüş ancak deniz seviyesinde bu düşüş anlamlı olarak tespit edilmemiştir.
- Atletlerin peroksidaz değerleri, yüksek irtifada egzersiz öncesine göre, sonrasında anlamlı olarak artmıştır.
- Sedanter ve atletlerin peroksidaz değerleri açısından yüksek irtifa ve deniz seviyesi değerlerinde anlamlı farklılık bulunmamıştır.
- Araştırmaya katılan atletlerin Karbonik Anhidraz değerlerine bakıldığında; Yüksek irtifa egzersiz sonrası ve deniz seviyesi egzersiz sonrasında dışında tüm karşılaştırmalarda anlamlı fark bulunmuştur.
- Atletlerin ve sedanterlerin Karbonik Anhidraz değerleri ne yüksek irtifada ne de deniz seviyesinde anlamlı olarak etkilenmemiştir;

Sonuç olarak;

Egzersizin katalaz değerlerini yükselttiği, atletlerin sedanterlere göre katalaz değerlerinin düşük olduğu, egzersizin hem yüksek irtifada hem de deniz seviyesinde dokularda veya kanda antioksidan katalaz seviyesini artırdığı tespit edilmiştir. Yine egzersizin özellikle peroksidazın enziminin yüksek irtifada antioksidan etkisini artırdığını söyleyebiliriz. Karbonik Anhidraz ise hem yüksek irtifada hemde deniz seviyesinde egzersiz sonrasında egzersiz öncesine göre artarak dokularda ve kandaki CO₂'nin miktarını düzenlediğini söyleyebiliriz.

Bu sonuçlar doğrultusunda aşağıdaki öneriler yapılabılır;

- Bu çalışmanın ülkemizde günden güne gelişmekte atletizm sporu dışında diğer spor branşlarında yer alan sporculara ve daha fazla denek grubuna uygulanması önerilir.
- Gerçekleştirdiğimiz çalışmada elde ettiğimiz veriler atletizm uzun mesafe antrenmanı öncesi ve sonrasında alınmış olup, aynı uygulamanın müsabaka öncesi ve sonrası yapılması önerilir.
- Çalışmada yükseklik antrenmanı 2200 metrede gerçekleştirilmiş olup egzersiz performansı için orta düzey irtifa olarak değerlendirilmektedir.

Bundan sonraki çalışmalarda daha yüksek ve farklı irtifa mesafelerinin kullanılması önerilir.

- CA enzimine egzersizin etkisi çok fazla araştırılmış bir konu olmamakla birlikte, bu alanda yetersiz sayıda literatür bilgi mevcuttur. Egzersizin bu enzimi ne düzeyde etkilediği ise tam netlik kazanmamıştır. Bu alanda daha fazla araştırmanın yapılması önerilir.
- Uygulanan ve önerilen çalışmaların bayan denek gruplarında ve farklı yaş gruplarındaki sporcu ve sedanterlere uygulanması önerilir.

7. KAYNAKLAR

1. Fox EL, Bowers RW, Foss ML. *The Physiological Basis of Physical Education and Athletics*. 4th ed. New York, Saunders Co. 1988.
2. Astrand PO, Rodahl K. *Textbook of Work Physiology: Physiological Bases of Exercise*. Singapore, Mc.Graw-Hill Book Co.3rd ed. 1986: 683-705.
3. Açıkkada C, Ergen E. *Bilim ve Spor*, Ankara, Büro-Tek Ofset Matbaacılık, 1990: 67- 69.
4. Türkiye Futbol Antrenörleri ve Monitörleri Derneği. Yüksek Rakımlarda Futbol Antrenmanı Yapılmalı mıdır? Ankara, 1982, 3: 31.
5. Günay M. *Egzersiz Fizyolojisi*. 2.Baskı. Ankara, Bağırman Yayınevi, 1999: 85-86.
6. Başer E. *Spor Hekimliği*. Ankara, Milli Eğitim Gençlik ve Spor Bakanlığı Btgm. Yayınları, 1986:196.
7. Ergen, E. *Spor Hekimliği Ders Notları*, Türk Tabipleri Birliği Merkez Konseyi Spor Hekimliği Kolu Yayını, Ankara. Maya Matbaacılık Yayıncılık Limitet şirketi, 1992: 46.
8. Tekil N. *Atletizm*.1.Baskı. Ankara, Has Kurtulmuş Matbaası, 1978: 80.
9. Demir M. *Koşular*,2.Baskı. Ankara. GSEM Yayınları, 1997: 45-50.
10. Renkikurt T. *Antrenman ve Fizyolojik Temelleri*, 2.Baskı. İstanbul. 1997: 65-70.
11. Koryürek C. *Olimpiyatlar*.1.Baskı, Ankara.2003.
12. Demir M. *Dayanıklılık Antrenmanının Aerobik Kapasiteye Etkisi* 2. Baskı. Ankara, Bağırman Yayınevi, 1989: 36-40.
13. Muratlı S. *Antrenman ve İstasyon Çalışmaları*. 2.Baskı. Ankara, Gazi Yayınevi, 1997: 55-60.
14. Nett T. *Der Sprit Training-Teknik-Taktik*, Berlin. 1969: 67-83.
15. Alpman C. *Beden Eğitimi ve Çağlar Boyunca Gelişimi*, 3.Baskı, İstanbul, Gazi Yayınevi, 1972: 28-35.
16. Gündüz N. *Oyun ve Spor Bilgisi*. 1.Baskı. Ankara, 1976: 48-49.
17. Berlund B. High altitude training: Aspects of haematological adaptation, *Sports Medicine*, November, 1992: 289-303.
18. Akgün N. *Egzersiz ve Spor Fizyolojisi*. İzmir. Ege Üniversitesi Basımevi, 2.Cilt. 1994: 56-70.
19. Akgün N. *Egzersiz Fizyolojisi*. Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları, No. 96, Bornova-İzmir, Ege üniversitesi Matbaası, 1973: 232-233.
20. Doğru AM, *Dağcılık ve Yüksek İrtifa*. Başbakanlık Gençlik ve Spor Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara. Neyir Matbaası, 1989: 149.
21. Bason R, Fox EL, Billings C, Klinzing J, Ragg K, Chaloupka E.

- Maintenance of physical training effects by intermittent exposure to hypoxia. *Aerospace Medicine*. 1973:1097-1100.
22. Sevim Y. *Antrenman Bilgisi*, Ankara. Tubitay Ltd. 1997.
 23. Özcan O. Yükseklikte Yapılan Antrenmanın Bazı Kan Parametreleri Üzerine Etkileri. Sağlık Bilimler Enstitüsü. Yüksek İrtifa ve Spor Bilimleri Anabilim Dalı. Yüksek Lisans tezi. Kayseri: Erciyes Üniversitesi, 1992.
 24. Yaman M, Coşkuntürk O. *Sportif Performansın Sınırları*. 1.Baskı. Ankara. 1992: 18-20.
 25. Martin DE. The challenge of using altitude to improve performance. *New Studies in Athletics*. Monaco.1977: 51.75
 26. Tamer K. *Fiziksel Performansın Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi Egzersiz Fizyolojisi Laboratuvar Rehberi*. Ankara, Gökçe Ofset Matbaacılık, 1991: 125.
 27. Akgün N, Çolakoğlu H. Elit türk atletlerinin fiziksel ve fizyolojik profili, *Spor Hekimliği Dergisi*, 1984: 76.
 28. Tiryaki G. Yüksek rakımda egzersiz ile ilgili son yaklaşımlar, *I.Yüksek İrtifa ve Spor Bilimleri Kongresi*, 30 Ekim – 2 Kasım, 1991: 71-87.
 29. Harbili E.Yüksek irtifanın çocukların gelişim ve performanslarına etkisi. *Atletizm Bilim Teknoloji Dergisi*. Ankara. Türk Spor Vakfı. 2002: 12–21.
 30. Topsakal S. *Fen ve Tabiat Bilgisi*, Bursa. Uludağ Yayınları, 1992: 22-23.
 31. Guyton AC, Hall JE. Çeviri: Çavuşoğlu H. *Tıbbi Fizyoloji*, 9. Baskı, İstanbul. Nobel Tıp Kitapevleri Ltd. Şti. 1996: 78-79.
 32. Günay M, Tamer K, Cicioğlu İ. *Spor Fizyolojisi ve Performans Ölçümü*, Ankara. Gazi Kitapevi, 2006: 56-57.
 33. Kalyon TA. *Spor Hekimliği*, 2. Baskı, Ankara. Gata Basımevi. 1994: 34-35.
 34. Butterfield GE, Mazzeo RS. Exercise responses at high altitude, *Medicine and Science in Exercise and Sports*, 1996, 28: 233-245.
 35. Noyan A. *Yaşamda ve Hekimlik’de Fizyoloji*, 8. Baskı, Ankara. Meteksan Anonim Şirketi, 1993: 18-20.
 36. Zorba E, Doğru G, Taşkıran Y. Otdü beden eğitimi ve spor bölümü öğrencilerinin yükseltiden sonra bazı fizyolojik parametrelerindeki değişikliklerin incelenmesi, *Spor Hekimliği Dergisi*, 1995, 30: 1-12.
 37. Harvey A, Hard E, Natalie R. *The Short Term Physiologic Effect of High Altitude*, Philadelphia, USA, 1994: 87-88.
 38. Wozniak A, Drewa G, Chesy G. Effect of altitude training on the peroxidation and antioxidant enzymes in sportsmen, *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2001, 1109-1113.

39. Friedmann B, Jost J. Effect of iron supplementation on total body hemoglobin during endurance training at moderate altitude, *International Journal Sports Medicine*, 1999, 78-85.
40. Keul J, Cerny F. Influence of altitude training on muscle metabolism and performance in man. *British. Journal Sports Medicine*, 1974, 235-239.
41. Wolski IA, McKenzie DC, Wenger HA. Altitude training for improvements in sea level performance: is there scientific evidence of benefit. *Sports Medicine*, 1996, October: 251-263.
42. Çilli M. Yükseltinin dolaşım ve solunum parametrelerine etkileri, *Atletizm Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Türk Spor Vakfı Yayını, Ankara, 1997, 27: 35-37-43.
43. Saltin B. Aerobic and anaerobic work capacity at 2300 meters. *Schweiz Z Sportmed*. 1966, 14-81.
44. Buskirk ER, Kollias J, Akers RF, Prolop EK, Reategui EP. Maximal performance at altitude and on return from altitude in conditioned runners. *Journal of Applied Physiology*. 1967, 23-259.
45. Gerover RF, Reeves JT. Exercise performance of athletes at sea level and 3100 meters altitude. *The International Symposium on The Effects of Altitude on Performance*, The Athletic Institute, Chicago, 1967, 80.
46. Cerratelli P. Limiting factors to oxygen transport on mount Everest. *Journal of Applied Physiology*. 1976, 658-667.
47. McKenzie DC, Goodman LS, Nath C, Davitson B, Matheson GO, Parkhouse WS, Hochacka PW, Allen PS, Stanley C, Ammann W. Cardiovascular adaptations in andean natives after 6 wk of exposure to sea level. *Journal of Applied Physiology*. 1991, 70 (6): 2650-2655.
48. Horstman D, Weiskopf R, Jackson R, Severinghaus J. The influence of polycythemia, induced by 4 weeks sojourn at 4300 m, on sea level work capacity. *Sport Medizin: Höhenphysiologie*. 1976, 4-10.
49. Mellerowitz H, Meller W, Woveries J, Zerdick T, Ketusch O, Kral B, Heepe W. Vergleichende untersuchungen über wirkungen von Htraining auf die dauerleistung in meereshöhe. *Sportarzt und Sportmedizin*. 1970, 21-207.
50. Suslov FP. Basic principles of training at high altitude. *New Studies in Athletics*, Monaco. 1983, 45-50.
51. Doğan V. Yüksek irtifada yaşayan elit orta uzun mesafe kosucuların yüksek irtifa ve deniz seviyesindeki fiziksel performansları ile çeşitli kan parametrelerinin karşılaştırılması. Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı. Yüksek Lisans tezi, Ankara: Gazi Üniversitesi, 1995.

52. Karatosun H. Egzersiz ve Bağışıklık. <http://www.sporfizyolojisi.com>. 10 Mayıs 2006.
53. Ünal M. Aerobik ve Anaerob: Akut/Kronik Egzersizlerin İmün Parametreler Üzerine Etkileri, Sağlık Bilimler Enstitüsü, Fizyoloji Anabilim Dalı, Doktora tezi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi, 1998.
54. Kayser B. Nutrition and energetics of exercise at altitude: theory and possible practical implications, *Sport Medicine*, 1994, 309-323.
55. Noble. BJ. *Physiology of Exercise and Sport*. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1986, 345-348.
56. Coudert J. Anaerobik performance at altitude, *International Journal of Sports and Medicine*, 1995, 82-85.
57. Arslan C. Spor ve çevre etkileşimi, *Spor ve Tıp*, 10.Cilt, 2002.
58. Testereci H, Sekün S, Ekün S. Van gölü balığının (calcalburnus tarichi)da karbonik- anhidraz'ın esteraz aktivitesi üzerine bir çalışma. *Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences*. 1999, 23:145-153
59. Maren TH. Carbonic anhydrase; chemistry, physiology and inhibition. *Physiol Rev*. 1967, 47: 595.
60. Kopacek J, Barathova M, Dequiedt F, Sepelakova J, Kettmann R, Pastorek J, Pastorekova S. MAPK. Pathway contributes to density- and hypoxia-induced expression of the tumor-associated carbonic anhydrase IX. *Biochimica et Biophysica Acta*. 2005, 1729: 41– 49
61. Yıldırım H. Karbonik Anhidraz 9 geninin Transkripsiyonel Kontrolünün Moleküler Analizi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Doktora tezi, Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi, 2009.
62. Gülçin İ. Isırgan Otunun (Urtica Dioica) Antioksidant Aktivitesinin Belirlenmesi, Oksidatif Enzimlerinin Karakterizasyonu Ve Bazı İn Vivo Etkilerinin İncelenmesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Doktora tezi, Erzurum: Atatürk Üniversitesi, 2002: 45-48.
63. Aebi H. Catalase in vitro. *Methods in Enzymol*. 1984: 121–126.
64. Yalçın AS. Antioksidanlar. *Klinik Gelişim*, 1998, 11: 342–46.
65. Shannon LM, Kay E, Law JY. Peroxidase isoenzymes from horseradish roots: isolation and physical properties. *Journal of Biological Chemistry*, 1996: 241: 2116–2172.
66. Arslan O, Nalbantoğlu B, Demir N, Özdemir H, Küfrevioğlu Öİ. A new method for the purification of carbonic anhydrase isozymes by affinity chromatography. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 1996, 26: 163-166.

67. Şıktar E. Farklı Oda Sıcaklıklarında Uzun Süre Egzersiz Yaptırılan Ratlarda Melatonin ve Isı Stresinin Serbest Radikal ve Antioksidan Düzeylerine Etkisi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Doktora tezi, Ankara: Gazi Üniversitesi, 2008.
68. Şıktar E. Hipertermik ve Hipotermik Su Sıcaklıklarında Yorucu Yüzme Egzersizi Yaptırılan Ratlarda L-Karnitin ve Termal Stresin Serbest Radikal ve Antioksidan Düzeylerine Etkisi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, Doktora tezi, Ankara: Gazi Üniversitesi, 2008.
69. Çelik A, Varol R, Onat T, Tugay F, Dağdelen Y, Akut egzersizin futbolcularda antioksidan sistem parametrelerine etkisi, *Sportmetre: Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 2007, 4: 167-172.
70. Salminen A, Vihko V. endurance training reduces the susceptibility of mouse skeletal muscle to lipid peroxidation in vitro, *Acta Physiol Scand*, 1983, 117:109- 106.
71. Ohno H, Yahata T, Sato Y, Yamamura K, Tanuguchi N. Physical training and fasting erythrocyte activities of free radical scavenging enzyme systems in sedentary men. *Journal of Applied Physiology*. 1988, 57: 173-176.
72. Zergeroğlu AM, Yavuzer S. Supramaksimal. Egzersizin eritrosit antioksidan enzimler üzerine etkisi. *Spor Bilimleri Dergisi*, 1997, 8 (4): 13-24.
73. Mena P, Maynar M, Gutierrez JM, Maynar J, Timon J, Campillo JE. Erythrocyte free radical scavenger enzymes in bicycle professional racers, adaptation to training. *International Journal of Sports Medicine*, 1991, 12 (6): 563-566.
74. Ji LL, Leichtweis S. Exercise and oxidative stress: sources of free radicals and their impact on antioxidant systems, *Age*, 1997, 20: 91-106.
75. Marzatiko F, Pansarasa O, Bertorelli L. Blood free radical antioxidant enzymes and lipid peroxidation following long-distance and lactacidemic performance in highly trained aerobic and sprint athletes, *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 1997, 37 (4): 235-239
76. Revan S. Farklı Dayanıklılık Antrenmanlarının Oksidatif Stres Oluşumu ve Antioksidan Düzeyleri Üzerine Etkisi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beden Eğitimi ve Spor Anabilim dalı, Doktora tezi, Ankara: Gazi Üniversitesi, 2008.
77. Schneider CD, Barp J, Ribeiro JL, Bello-Klein A, Oliveira AR. Oxidative stress after three different intensities of running. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 2005, 6: 723-34.

78. Gül M, Demircan B, Taysi S, Öztasan N, Gümüstekin K, Şıktar E. Effects of endurance training and acute exhaustive exercise on antioxidant defense mechanisms in rat heart. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular and Integrative Physiology*, 2006, 143 (2): 239–45.
79. Balakrishnan SD, Anuradha CV. Exercise, depletion of antioxidants and antioxidant manipulation. *Cell Biochemistry and Function*, 1998: 16 (4): 269–75.
80. Alessio HM, Goldfarb AH. Lipid peroxidation and scavenger enzymes during exercise: adaptive response to training. *Journal of Applied Physiology*, 1988: 64 (4): 1333–6.
81. Poprzecki S, Klapcinska B, Sadowska-Krepa E. Activity of antioxidant enzymes in blood of hurdles following maximal exercise. *Biological Sport*, 1997: 14 (4): 283-90.
82. Aslan R, Ekeroglu MR. Egzersize bağlı lipid peroksidasyonu ve antioksidan statüsü çalışmalarında sonuçlara ilgili faktörler. *Spor Hekimligi Dergisi*, 1996, 31: 145 52.
83. Aguilo A, Tauler P, Gimeno I, Fuentespina E, Pons A. Changes in erythrocyte antioxidant enzymes during prolonged submaximal exercise. *Biofactors*, 2000, 1: 27–30.
84. Tauler P, Aguilo A, Guix P, Jimenez F, Villa G, Tur JA. Pre-exercise antioxidant enzyme activities determine the antioxidant enzyme erythrocyte response to exercise. *Journal of Sports Science*, 2005, 23 (1): 5–13.
85. Düzova H, Emre MH, Karakoç Y, Karabulut AB, Yılmaz Z, Gürsul C. Orta ve yüksek düzeyde treadmill egzersizinin sıçanların kas ve eritrosit oksidan/antioksidan sistemine etkisi. *İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 2006, 1: 1–5.
86. İnal M, Akyüz F, Turgut A, Getsfrid WM. Effect of aerobic and anaerobic metabolism on free radical generation swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 2001, 33 (4): 564–7.
87. Scott KP, Ji LL, Leeuwenburgh C. Exercise training induced alterations in skeletal muscle antioxidant capacity: a brief review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1997, 31: 987-997.
88. Pereira B, Costa Rosa Lfb, Safi Da, Medeiros MHG, Curi R, Bechara EJH. Superoxide dismutase, catalase and glutathioneperoxidase activities in muscle and lymphoid organs of sedentaryand exercisetrainedrats. *Physiological Behaviour*, 1994, 56: 1095–9.
89. Terblanche SE. The effects of exhaustive exercise on theactivity levels of catalase in various tissues of male and female rats. *Cell Biology*

- International*, 2000, 23: 749–53.
90. Servais S, et al. Effect of voluntary exercise on H₂O₂ release by subsarcolemmal and intermyofibrillar mitochondria. *Free Radical Biology and Medicine*, 2003, 35: 24–32.
 91. Ji LL, Fu R. Antioxidant enzyme response to exercise and aging. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1993, 25: 225–31.
 92. Leeuwenburgh C, Hansen PA, Holloszy JO, Heinecke JW. Hydroxyl radical generation during exercise increases mitochondrial protein oxidation and levels of urinary dityrosine. *Free Radical Biology and Medicine*, 1999, 27: 186–92.
 93. Powers S, Chriswell D, Lawler J. Influence of exercise and fiber type on antioxidant enzyme activity in rat skeletal muscle. *American Journal of Physiology*. 1994, 266: 370–380.
 94. Miyazaki H, Oh-Ishi S, Ookawara T, Kizaki T, Toshihai K, Ha S. Strenuous endurance training in humans reduces oxidative stress following exhausting exercise. *European Journal of Applied Physiology*. 2001, 84: 1–6.
 95. Leeuwenburgh C, Fiebig R, Chaudhary R, Ji LL. Aging and exercise training in skeletal muscle: responses of glutathione and antioxidant enzyme systems. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 1994, 267: R439–R445.
 96. Chriswell P, Powers S, Dodd S. High intensity training induced changes in skeletal muscle antioxidant activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1993, 25: 1135–1140.
 97. Hoffman JR, Im J, Kang J. Comparison of low- and high-intensity resistance exercise on lipid peroxidation: Role of muscle oxygenation. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 2007, 1: 118–122.
 98. Çakır-Atabek H, Demir S, Pınarbaşı RD. Effects of different resistance training intensity on indices of oxidative stress. *The Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010, 9: 2491–2497.
 99. Fatouros IG, Jamurtas AZ, Villiotou V. Oxidative stress responses in older men during endurance training and detraining. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2004, 12: 2065–2072.
 100. Kostaropoulos IA, et al. Comparison of the blood redox status between long distance and short distance runners. *Physiological Research*, 2006, 6: 611–616.
 101. Elosua R, Molina L, Fito M. Response of oxidative stress biomarkers to a 16-week aerobic physical activity program, and to acute physical activity, in healthy young men and women. *Atherosclerosis* 2003, 2: 327–334.
 102. Radak Z, Chung HY, Goto S. Systemic adaptation to oxidative challenge

- induced by regular exercise. *Free Radical Biology and Medicine*. 2008, 2: 153–159.
103. Boyalı E. E-Vitamins Uygulamasının Akut Taekwondo Egzersizinde Lipit Peroksidasyonu, Antioksidan Enzimler ve Laktat Düzeylerine Etkileri. Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Doktora tezi, Konya: Selçuk Üniversitesi, 2009.
 104. Ciocoui M, Badescu M, Poduraru I. Protecting antioxidative effects of vitamins e and c in experimental physical stress. *Journal of Physiological Biochemistry*. 2007, 3: 187-94.
 105. Supuran CT. Carbonic anhydrases: catalytic and inhibition mechanisms, distribution and physiological roles. In carbonic anhydrase. Its inhibitors and activators [Supuran, C.T. et al., eds], *CRC Press*. 2004, 1-23.
 106. Şıktar E. The effect of L-carnitine on carbonic anhydrase level in rats exposed to exhaustive exercise and hypothermic stress. *African Journal of Biotechnology*. 2009, 8: 3060-3065.
 107. Şıktar E. Investigation of carbonic anhydrase levels under exercise and hyperthermic stress in rats given L-carnitine. *Scientific Research and Essays*. 2011, 6: 3399-3405.