YÜKSELTİDE EGZERSİZ VE BESLENME
EXERCISE AND NUTRITION AT ALTITUDE

PhD Student Didem YAZAR [1]*, Assoc. Prof. Tahir KILIÇ [2], Res. Ass. Mahmut ÖZDİNÇ [3]
[1]Süleyman Demirel University, Department of Exercise and Sports Sciences, Isparta, Turkey,
ORCİD: ID/ 0000-0001-7136-9890
[2]Süleyman Demirel University, Faculty of Sport Sciences, Department of Physical Education and Sports, Isparta, Turkey,
ORCİD: ID/ 0000-0002-9685-2499
[3]Süleyman Demirel University, Faculty of Sport Sciences, Department of Exercise and Sports Sciences, Isparta, Turkey,
ORCİD: ID/ 0000-0003-3277-2980

Özet
Yükseltide antrenman, dayanıklılık sporcuları tarafından, deniz seviyesinde ve antrenman sonrası bulunulan yükseltide gerçekleşecek müsabaka temelli performansın artması beklentisiyle kullanılan yaygın bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımın temelini antrenmanın etkisinin artırılması amacı ile farklı çevresel koşulların ayırt edici stres kaynakları kullanılmaktadır. Yükselti antrenmanlarının fizyolojik etkileri ile ilişkili beslenme konusunda araştırmalar bulunmasına rağmen, yükselti kaynaklı hipoksik adaptasyon sürecinde optimize edilmiş bir takviye konusu geçerliliğini devam ettiren bir konudur. Bu bilinenlerden yola çıkarak; Yükseltide egzersiz ve beslenme ilişkisine dair kanıta dayalı veriler sağlamak için sistematik bir inceleme gerçekleştirdik. Önceden belirlenmiş arama terimleri ve anahtar kelimeler kullanılarak Pubmed, Embase, Medical Literatür Analizi ve Erişim Sistemi Çevrimiçi, Google Akademik. Ebsco, Elsevier ve Scopus'ta sistematik bir arama gerçekleştirildi. Derlenen çalışmalar yükseltide egzersiz ve beslenme sonuçları arasındaki ilişkiyi araştırmaya odaklanmıştır. İlgili veriler çıkarılmış ve uygun yöntemler kullanılarak çalışmaların kalitesi değerlendirilmiştir. Bu sistematik incelemenin bulgularının yükselti antrenmanlarının yapısının kavranması ve beslenme ilişkisinin ortaya konmasının yükselti antrenmanları ve beslenme ilişkisinin geliştirilmesi için potansiyel etkileri olduğu düşünülmektedir.
Keywords: Yükseklik Antrenmanı, Egzersiz, Beslenme.

Abstract
Training at altitude is a common approach used by endurance athletes with the expectation of enhanced competition-based performance at sea level and post-training at altitude. The basis of this approach is to utilise the distinctive stressors of different environmental conditions to enhance the effect of training. Although there is research on nutrition in relation to the physiological effects of altitude training, the issue of optimised supplementation during the process of altitude-induced hypoxic adaptation remains a valid issue. Based on these known facts, we conducted a systematic review to provide evidence-based data on the relationship between exercise and nutrition at altitude. A systematic search was performed in PubMed, Embase, Medical Literature Analysis and Retrieval System Online, Google Scholar, Ebsco, Elsevier and Scopus using predefined search terms and keywords. The compiled studies focussed on investigating the relationship between exercise and nutritional outcomes at altitude. Relevant data were extracted and the quality of studies was assessed using appropriate methods. The findings of this systematic review are considered to have potential implications for improving the understanding of the nature of altitude training and the nutritional relationship between altitude training and nutrition.
Anahtar Kelimeler : Altitude Training, Exercise, Nutrition.

GİRİŞ
Yükselti, organizmada fizyolojik değişimlere sebep olarak sportif performansı etkileyen çevresel bir faktördür. İnsan organizması ve performans durumunu etkilemesine yönelik araştırmalar 1968 Meksika Olimpiyatları ile hız kazanmıştır. Özellikle atletizm branşında alınan dereceler yüksek irtifanın sporda önemli bir faktör olarak incelenmesine zemin hazırlamıştır. Bu konuda yapılan çalışmalar artış gösterse

de yükseltinin performans üzerine olan etkileri konusunda farklı sonuçlar bulunmaktadır (Murathan & Aktuğ, 2021).

Deniz seviyesinde hava basıncı en yüksek düzeyde iken, yükseklere çıkıldıkça basınç azalmaktadır. Hava basıncını atmosferi oluşturan gazların basıncı oluşturmaktadır. Yüksekliğe çıkıldıkça hava yoğunluğu düşse de gazların miktarı ve kısmi basınçları aynı kalmaktadır. Gazların miktarı değişmese de azalan hava basıncı oksijenin kısmi basıncının (PO2) azalmasına da neden olmaktadır. Atmosferik ve alveolar kısmi oksijen basıncının düşük olması, dokuların oksijen doygunluğunun azalmasına ve buna bağlı hipoksi durumuna neden olmaktadır. Atmosfer basıncı ve oksijenin kısmi basıncının 5500 metrede %50 azaldığı bildirilmiştir (Yapıcı, 2022; Murathan & Aktuğ, 2021). Yükseklik bakımından 1000 metre (m) ve üzeri rakım yükselti olarak kabul edilmekte ve 1500 m ve üstü rakım organizmada fizyolojik değişimlere yol açmaktadır. Rakım arttıkça fiziksel performansın olumsuz etkilendiği ve 1500 metreden sonraki her 300 m'de maksimal oksijen tüketiminde %3-3,5 azalma görülmektedir. Daha yüksek irtifalarda sportif performans ve maksimal oksijen tüketiminde %60'tan fazla azalma olmaktadır. Yüksek irtifa 1500-3500 m arasını ifade ederken, 3500-5500 m arası çok yüksek irtifa, 5500 m ve üstü aşırı yüksek irtifa olarak tanımlanmaktadır (Dinamitci & Alp, 2023).

Yükseltinin Metabolik Etkileri ve Performans

Yükseltinin az olması durumunda homeostatik dengede az değişim gözlenirken oksijen satürasyonu (hemoglobinin oksijene doygunluğu) korunmaktadır. Yükseltinin 3000 m'ye kadar artışı; deniz seviyesinde 159 mmHg olan kısmi oksijen basıncını 110 mmHg'ya, %95 olan oksijen satürasyonunu (SaO2) %92'ye indirmektedir. Daha yüksek rakımlara çıkıldıkça (5000 m) kısmi oksijen basıncı 85 mmHg'ya, oksijen satürasyonu %80'e düşmektedir. Yükseklik arttıkça oksijen basıncının azalması ile oksijen satürasyonu düşer ve homeostatik dengede değişimler gözlenir. Hipoksinin yarattığı metabolik stres durumunu kontrol etmek ve dokuların oksijen doygunluğunu sağlamak için vücutta birtakım fizyolojik adaptasyonların oluşması gerekmektedir (Buzdağlı & Koz, 2019).

Oksijen satürasyonunun %65 seviyelerine düşmesi ile hipoksinin vücuda olan etkilerine rastlanmaktadır. Bireysel faktörler, yüksekliğe çıkış süresi, kalma süresi, yükseklik seviyesi, yapılan antrenman ve ortam sıcaklığına göre bu etkiler farklılık gösterebilmektedir (Murathan & Aktuğ, 2021). Yüksek irtifalara hızlı maruz kalma, solunum, kardiyovasküler ve nörolojik sistemler de dahil olmak üzere birçok fizyolojik sistemi etkileyen akut hipoksiye neden olmaktadır. Oksijenin kısmi basıncının 35 mmHg seviyelerine gelmesi ile beyin fonksiyonlarında bozulmalar gözlenmektedir. Rakımın 4000 m ve üzeri olduğu durumlarda bu durumla daha sık karşılaşılmaktadır. Vücudun hipoksiye verdiği en önemli tepkilerden biri ventilasyonun arttırılması ve daha fazla oksijen alımının sağlanmasıdır. Kısmi oksijen basıncının azalmasının bir sonucu olarak, karotis gövdesindeki oksijeni algılayan hücreler tarafından dakikadaki ventilasyondaki artış tetiklenir. Bu durum karbondioksitin kısmi basıncının azalmasına (alkaloz) ve pH düşmesine sebep olmaktadır. Solunumsal alkalozu azaltmak için böbreklerden daha fazla bikarbonat üretilerek ve pH'ı normal seviyelere çekilmektedir. Bunun sonucu olarak kaslara oksijen taşınması, maxVO2, dayanıklılık seviyesi azalmaktadır (Hohenauer, ve diğerleri, 2022).

Yüksek irtifa antrenmanlarının temel etkisi yükseklere çıkıldıkça hemoglobin sayısının deniz seviyesindeki bir bireye kıyasla artış göstermesinden kaynaklanmaktadır. Kaslara gereksinim duyduğu oksijeni sağlamak için organizmada aklimatizasyon (uyum) gerçekleşir. Eritropoetin ve hemoglobin sayısında artış görülür. Artan hemoglobin daha fazla oksijen taşınmasına katkıda bulunarak kaslara daha fazla enerji sağlar. Egzersiz ve dinlenme esnasında kalp atım hızında artış gözlenmektedir. Kalp ve beyin gibi hayati organlara kan akışı artarken, böbrek ve sindirim sistemi organlarına kan akışı azalmaktadır. Oksijenin kısa süredeki düşüşü sinir sistemini de etkilemekte, bu durumun kandaki PCO2 değişimlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Zihinsel performans olumsuz etkilendiği görülmektedir (Can, 2021).

Yüksekliğe Uyum (Aklimatizasyon)

Bireylerin yavaş yavaş hipoksiye uyum sağladığı, hayatta kalmayı ve performansı arttırdığı sürece aklimatizasyon adı verilmektedir. Aklimatizasyon süreci, solunum, kardiyovasküler ve hematolojik sistemlerdeki ayarlamalar yoluyla hücrelere oksijen dağıtımını iyileştirmekte ve hücresel oksijen alımını ve kullanım mekanizmalarını güçlendirmektedir (Paralikar & Paralikar, 2010). Sporcu yüksek rakımda ne kadar uzun kalırsa organizmanın uyumunun o denli sağlanacağı ve performansın artacağı bilinmektedir. Ancak deniz seviyesindeki performans düzeyine ulaşılamamaktadır. Uyum sağlama süresinin kişiden kişiye farklılık gösterdiği ve bazı sporcuların uyum sağlayamadığı belirtilmektedir.

Uyum sağlama sürecinde 2300 m'ye kadar olan yükseltilerde 2 hafta, 2300 m sonrası her 610 m'de ek olarak 1 haftalık süreye gereksinim vardır.

Yüksek irtifada görülen hipoksi, soğuk hava gibi faktörler organizmayı olumsuz etkilerken buna ek olarak antrenman yapılması bu olumsuz etkileri artırmaktadır. Yükselti ortamına kısa ve uzun süreli uyumlar birtakım fizyolojik değişimlere yol açmaktadır (Kocakulak, 2018; Murathan & Aktuğ, 2021).

Deniz seviyesinden yükseklere çıkıldıkça oksijen yoğunluğu sabit kalmakta (%21) ancak barometrik basınçta azalma görülmektedir. Barometrik basıncın azalması ile solunum sırasında alınan hava içerisindeki oksijenin kısmi basıncı da azalmaktadır. Bu azalma ile birlikte arteriyel kandaki oksijenin parsiyel basıncında düşüş gözlenmektedir. Azalan basıncı algılayan karotis cismi, solunum sistemini uyararak "Hipoksik Ventilasyon Yanıtı" başlatmaktadır. Bu tepki, 1500 m gibi düşük bir irtifada başlayarak ve yüksek irtifaya maruz kalmanın ilk birkaç dakikası ile saatler boyunca sürmektedir. Bu yanıtın oluşması genetik faktörlere bağlıdır ve düşük olması durumunda yüksek irtifa hastalıklarının görülme riski artmaktadır (Paralikar & Paralikar, 2010).

Ventilasyondaki ani artış, büyük miktarlarda karbondioksitin de atımını artırdığından hipokapni ve alkaloz görülmesine neden olur. Böbrekler, fazla bikarbonatı atarak ve hidrojen iyonlarını koruyarak alkalozu telafi etmektedir. Solunum alkalozunun bu metabolik telafisi, kanın ve beyin omurilik sıvısının (BOS) pH'ını eski haline getirerek ventilasyonu artırır. Hiperventilasyon aynı yükseklikte ikamet edildikten 4-7 gün sonra maksimuma ulaşmaktadır (Paralikar & Paralikar, 2010).

Yüksekliğin artmasıyla birlikte dolaşım sisteminde de fizyolojik değişimler görülmektedir. Hipoksik ortamlara çıkıldığında sempatik sinir sistemi aktivasyonu, stres hormonlarının salınması yoluyla başlangıçta kalp atış hızı, kalp debisi ve kan basıncında bir artışa yol açar. İstirahat halindeki kalp atış hızı, çok yüksek rakımlar dışında aklimatizasyonun gerçekleşmesiyle birlikte deniz seviyesine yakın değerlere dönmektedir.

Hipoksi, eritropoietin hormonunun böbrekten salınmasının ana uyarıcısıdır. Eritropoietin, kırmızı kan hücresi üretimini uyarmak için kemik iliğindeki eritropoietine duyarlı kök hücreler üzerinde etki göstermektedir. Solunan oksijen kısmi basıncındaki (PO_2) azalmalar nedeniyle, plazma EPO düzeyi yüksek irtifaya alışma sırasında hızlı bir şekilde artar ve değerler 1-2 gün sonra zirveye ulaşır. Daha sonra EPO seviyesi kademeli olarak düşmeye başlar, ancak birkaç gün ila haftalar boyunca başlangıç değerlerinin üzerinde kalmaktadır. Yükseklikte 1., 2. veya 3. haftadan sonra EPO seviyelerindeki değişiklikler başlangıç değerlerine göre normale dönmektedir. Deniz seviyesine döndükten sonra EPO seviyeleri hemen veya birkaç gün sonra başlangıç değerlerine düşmektedir (Ploszczyca, Langfort, & Czuba, 2018; Saugy, Schmoutz, & Botrè, 2022).

Hipoksik ortama yanıt olarak organizmada görülen tüm fizyolojik yanıtlar yüksek irtifaya çıkan kişilerin uyumunu sağlamakta aksi durumlar yüksek irtifa hastalıklarına yol açmaktadır.

Yüksek İrtifaya Bağlı Oluşabilen Sağlık Sorunları

Deniz seviyesinden yüksek rakımlara, yani 2500 m'nin üzerine hızlı çıkış, hafif rahatsızlıklardan beyin ve akciğerlerde yaşamı tehdit eden ödemlere kadar çeşitli rahatsızlıklara neden olabilmektedir. Bununla birlikte, eğer yükseliş kademeli ise, aşırı yüksek irtifalara oksijen desteği olmadan çıkılabilmektedir. Yüksek irtifaya uyum sağlayamamış tüm bireyler potansiyel olarak risk altındadır. Karakteristik serebral veya pulmoner anormallikler fark edilmediğinde veya göz ardı edildiğinde ölüme kadar ilerleyebilmektedir.

Tüm irtifa hastalıklarının önlenmesi, aklimatizasyon için zaman tanıyan kademeli bir hızda yükselmeyi gerektirir. Genel bir kural, 3000 m'nin üzerindeki rakımlarda, sonraki gecelerin bir önceki geceden 300 m daha yüksekte geçirilmemesi gerektiğidir. Her 2 ila 3 günde bir dinlenme günü olmalıdır (Paralikar & Paralikar, 2010).

Akut Dağ Hastalığı

Aklimatizasyonun tam olarak gerçekleşmediği kişilerde yüksekliğe çıkıldıktan 4-12 saat sonra görülen ve anoreksi, bulantı, kusma, uykusuzluk, baş dönmesi, baş ağrısı veya yorgunluk gibi tipik semptomların ortaya çıkan bir hastalıktır. Yüksek irtifada geçirilen ilk geceden sonra belirtiler görülmekte ve yükseklik artmadığı takdirde kendiliğinden düzelmektedir. Baş ağrısı ana semptomdur, gece boyunca ve uyanırken zonklayıcı niteliktedir. Bu ilk belirtiler çarpıcı biçimde alkol tüketimi sonrası akşamdan kalma bir sarhoşluğa benzemektedir.

Akut dağ hastalığının tedavisinde erken tanı önemlidir ve erken evrelerde tedavi daha kolay ve daha başarılıdır. Baş ağrısı için analjezikler (aspirin, ibuprofen veya diğer NSAID'ler) ile semptomatik tedavi verilebilir. Buna rağmen düzelmediği tablolarda yüksek irtifa beyin ödemi düşünülmelidir. Oksijen

tedavisine nazal kanül aracılığıyla 2-4 lt/dk olacak şekilde 15-20 dakika maruz kalmak tanının konmasına ve baş ağrısının azalmasına yardımcı olmaktadır (Yolcubal, 2020; Paralikar & Paralikar, 2010).

Yüksek İrtifa Beyin Ödemi

Akut dağ hastalığına sahip bireylerde dirençli baş ağrısı, zihin bulanıklığı, uyuşukluk ve ataksi gibi mental durum değişikliklerinin görülmesi hastalığın yüksek irtifa beyin ödemine (YİBÖ) dönüştüğünü göstermektedir. Çoğunlukla 4000 m ve üzerinde ikinci günden sonra ortaya çıkmaktadır ancak daha düşük irtifalara (2500 m) ani bir şekilde çıkma durumunda da rastlanmaktadır. Yüksek irtifa akciğer ödemli bireylerin %13-20'sinde görülen, potansiyel olarak ölümcül bir nörolojik hastalıktır. YİBÖ ciddi bir durumdur ve en çabuk şekilde tedavi edilmelidir. En az 600 m'ye kadar acil iniş yapılmalı, oksijen (2-4 L/dk) verilmelidir (Yolcubal, 2020).

Yüksek İrtifa Akciğer Ödemi

Yüksek irtifa akciğer ödemi (YİAÖ) ölümcül olma potansiyeline sahip, kardiyojenik olmayan bir akciğer ödemi şeklidir. Akut dağ hastalığında olduğu gibi, bu komplikasyonun gelişme riski, yüksekliğe çıkış hızı ve bulunulan irtifa ile ilişkilidir. 4500 m'ye kademeli çıkışla insanların %1'inden azında akciğer ödemi gelişirken, hızlı çıkışla görülme sıklığı %6'ya çıkmaktadır. 5500 m rakımda görülme oranı %2 ile %15 arasında değişmektedir (Palmer, 2010). YİAÖ tipik olarak yüksek irtifada 2-4 gün sonra gelişmektedir. Egzersiz performansında azalma ve kuru öksürük YİAÖ' nin en erken belirtileridir. İlerledikçe taşikardi, takipne, halsizlik, üretken öksürük ve siyanoz kötüleşmekte ve sonunda koma gelişmektedir. Yüksek irtifadan inilmesiyle kolayca tedavi edilmesine ve alçak irtifada iyileşme oldukça hızlı olmasına rağmen, tedavi edilmeyen YİAÖ ölümcül olabilmektedir. Yüksek irtifaya maruz kalan bireylerin yaklaşık %2 ila 15'i tedavi gerektirecek kadar ciddi şekilde etkilenmektedir. Tipik olarak arteriyel oksijenin kısmi basıncının yaklaşık 30-40 mmHg olduğu belirtilmektedir (Hopkins & Levin, 2006; Aksel, Çorbacıoğlu, & Özen, 2019).

Yüksek irtifa hastalıklarının önlenmesi açısından en önemli nokta yüksekliğin kademeli olarak yavaş bir şekilde gerçekleştirilmesi ve aklimatizasyon için bireye gereken sürenin verilmesidir. Herhangi bir semptom görülmesi durumunda yükseklik artışı sonlandırılmalı ve duruma göre düşük irtifalara inilmelidir (Yolcubal, 2020).

Yüksek İrtifa ve Antrenman

Yüksek irtifa antrenmanları dikkate alındığında yüksekliğin sağlığa etkileri kadar uygulanacak antrenman yöntemleri ve planlaması da önem kazanmaktadır. Yüksek irtifa antrenmanı planlanırken öncesinde, antrenman süresi boyunca ve sonrasında yüksek irtifada kalınacak sürenin iyi programlanması gerekmektedir. Yüksekliğin 1524 m ve üzerinde olmasının performansı negatif etkilediği ve yükseklik arttıkça olumsuz etkinin de arttığı bildirilmektedir. Yüksek rakımda performans ve maxVO2 'de %60 oranında azalma olmaktadır. Birey aklimatizasyon sağladığı sürece performansa olumlu etkileri olabilmektedir. Bu uyumun gerçekleşmesi için;

2700 m'de 7-10 gün
3600 m'de 15-21 gün
4500 m'de 21-25 gün

kalınması gerekmektedir. Yükseklik seviyesi kadar yükseklikte geçirilen süre de önemlidir.

Yükseklik antrenmanının amacı sporcularda deniz seviyesinde dayanıklılık performansını artırmak için kanın oksijen taşıma kapasitesini arttırmaktır. Rakım arttıkça oksijenin kısmi basıncının azalması performans artışını sağlayan ana etmendir. Yükseklere çıkıldıkça azalan oksijenin aklimatizasyon sistemini uyararak hiperventilasyon, hemoglobin ve kan kırmızı hücre sayısı artışı gibi fizyolojik değişimleri gerçekleştirmesi performansın artmasına katkı sağlamaktadır (Fox, Bowers, & Foss, 2012; Girak, 2019).

Deniz seviyesinden yaklaşık 1850 m yükseklikte yapılan on bir günlük irtifa antrenmanın, eğitimli ergen koşuculara kardiyorespiratuar kondisyon ve koşu hızını artırmada oldukça etkili olduğu ancak anaerobik performansı etkilemediği yapılan çalışmalarda belirtilmektedir (Bahenský, Bunc, Tlustý, & Grosicki, 2020).

Yüksek irtifa antrenmanlarından gereken verimin alınabilmesi için en uygun yükselti 2500 m'dir. Uzun mesafe koşularında 3500 m ve üstüne uyum sağlanarak dayanıklılığa olumlu etkileri görülmüştür. Yüksek irtifa antrenmanları planlanırken;

1.Aşama: Yüksek irtifa hazırlık evresi için 4-6 gün süre gereklidir. Bu sürede sporcunun sağlık kontrolleri yapılmalı ve aerobik dayanıklılık düzeyi belirlenmelidir. Aerobik çalışmalar yapılmalı, yüksek şiddetli çalışmalardan uzak durulmalıdır.
2.Aşama: Yüksek rakıma aklimatizasyon (4-6 gün). Aerobik aktiviteler ve yüksek miktarda laktik asit birikimine neden olmayacak aktiviteler yapılmalıdır.
3.Aşama: Yükseklikte asıl yüklenme evresi. Yüksek irtifada kalınan 3-6 haftalık sürede 8-10 günlük yüklenmeler ve 2-3 günlük dinlenme şeklinde 2 periyottan oluşmalıdır. Yapılan branşa özgü yoğun antrenmanlar bu evrede yapılır.
4.Aşama: Deniz seviyesine yeniden adaptasyon sağlama evresi. Bu evre sporcuların fiziksel ve psikolojik durumlarına göre 5-10 gün arasında değişmektedir. Aerobik-anaerobik dayanıklılık ve süratte devamlılık antrenmanları bu dönemde yapılabilmektedir.
5.Aşama: Yükselti antrenmanı ile amaçlanan yüksek performansın gösterilmesi (Fox, Bowers, & Foss, 2012; Girak, 2019).

Yükselti Antrenmanları Sırasında Beslenme

Yükselti sporlarında, özellikle orta irtifalarda (1500-3000 m) beslenme egzersiz performansını doğrudan etkileyen ve hem çevresel hem fizyolojik stres nedeniyle üzerinde durulan bir konudur. Orta dereceli rakımlarda dinlenme metabolik hızı, glikojen kullanımı ve oksidatif streste artma görülmektedir. Yükseklik nedeniyle oluşan fizyolojik stres enerji ihtiyacını artırmaktadır. Optimal beslenme müdahalesi enerji, karbonhidrat, antioksidan ve demir alımının arttırılması ile sağlanmaktadır (Guerrero-Pinzón, ve diğerleri, 2022).

Yüksek irtifada antrenman yapan veya yarışan sporcular, normoksiye kıyasla enerji harcama oranını önemli ölçüde artırmaktadır. Kas aktivitesinin yanı sıra doku bakımı ve onarımı da dahil olmak üzere toplam enerji gereksinimlerini desteklemek için yeterli enerji alımının elde edilmesi kritik öneme sahiptir. Bu şartlarda antrenman yapan ve yarışan sporcuların sık aralıklarla yemek yeme konusunda bilinçli bir çaba göstermeleri gerekmektedir. Sporcuların ve antrenörlerinin, uygun enerji alımının ve enerji substratı kullanımının zihinsel ve kas fonksiyonlarını nasıl geliştirdiğini anlamaları önemlidir. Egzersiz yoğunluğu arttıkça, çalışan kaslar için yakıt olarak kullanılan karbonhidrat miktarının da arttığı bilinmektedir. Günde birkaç saat aşırı yüksek yüklerle antrenman yapan bisikletçiler gibi sporcular için çalışan kaslar için en önemli enerji kaynağı karbonhidratlardır. Bu substratlar, ATP yeniden sentezi için metabolize edilmek üzere yağlardan ve proteinden daha az oksijene ihtiyaç duymaktadır. Soğuk stresi ve titremenin meydana geldiği durumlarda yeterli miktarda karbonhidrat tüketimi özellikle önemlidir.

Sporcular yüksek irtifada egzersiz öncesinde, sırasında ve sonrasında doğru miktarda karbonhidrat sağlamalıdır. Egzersiz öncesi kas glikojen depolarının düşük olmasının egzersiz yoğunluğunun azalmasına yol açtığı bilinmektedir. Bir bisikletçinin irtifa antrenmanı ve müsabakası sırasındaki diyeti %60'tan fazla CHO içermelidir ve irtifada iştahın azalması nedeniyle üçte biri sıvı karbonhidratlardan gelmelidir. Bununla birlikte yüksek irtifa antrenmanları veya yarışmalar sırasında sporcular, yetersiz enerji alımına katkıda bulunabilecek iştahsızlık ve diğer mide-bağırsak problemleri görülebilir. Dayanıklılık ve güç kapasitesini olumsuz yönde etkileyen, özellikle kas kütlesi olmak üzere kilo kaybına sık rastlanmaktadır (Małgorzata, Czuba, Zydek, Zając, & Langfort, 2016).

Yükseklik antrenmanına başlamadan önce özellikle demirin yüksek seviyede olması gerekmektedir. Demirin kırmızı kan hücrelerinin üretimindeki rolüne ek olarak, yalnızca antioksidan bir mikro element olarak değil, aynı zamanda çalışan kaslara uygun oksijen sağlanmasının dolaylı olarak demir düzeyine bağlı olması nedeniyle antioksidan savunmada da önemli bir rol oynamaktadır. Eritropoezdeki artışa bağlı olarak yüksekliğe alışma sonucunda kandaki demir deposunda azalma gözlenmektedir. Kandaki düşük ferritin ve demir seviyeleri, hipoksiye maruz kalan sporcularda hemoglobin konsantrasyonundaki artışı bozabilmektedir. Güncel öneriler, irtifa antrenmanından 8-10 hafta önce demir durumunun değerlendirilmesi ve irtifaya maruz kalmadan 2-3 hafta önce oral takviyenin başlatılması ve bu takviyenin eğitim boyunca devam ettirilmesidir (Małgorzata, Czuba, Zydek, Zając, & Langfort, 2016).

Vücut ağırlığını korumak, glikojen depolarını yenilemek, doku oluşumu, onarımı ve yeterli proteini sağlamak için yüksek irtifadaki fiziksel aktivite sırasında karbonhidratlar ve protein alımına özen gösterilmelidir. Yapılan çalışmalar hipokside egzersiz öncesi karbonhidrat tüketiminin, iştah azalması, daha az oksijen doygunluğu ve daha az ventilasyon gibi yüksek irtifanın olumsuz semptomlarından bazılarını hafiflettiğini ve oksijen satürasyonunu arttırarak dokulara oksijen dağıtımını arttırdığını belirtmektedir. Ayrıca sporcunun egzersiz ve dinlenme koşullarında karbonhidrat oksidasyonunu artırmasının yanı sıra subjektif uyku kalitesini de iyileştirdiği görülmüştür. Yağ alımı esansiyel yağ

asitlerini ve yağda çözünen vitaminleri sağlamak ve kilonun korunmasına yönelik enerjiye katkıda bulunmak için yeterli olmalıdır. Güneş ışığından kaynaklanan artan UVB radyasyonuna rağmen, özellikle kış aylarında yüksekte antrenman yapan sporculara 4000 IU/gün'e kadar D vitamini takviyesi yapılması önerilmektedir. Yüksekliğe maruz kalmanın açlığı ve iştahı bastırdığı ve bunun da negatif enerji dengesine yol açabileceği gerçeği göz önünde bulundurulmalıdır. (Małgorzata, Czuba, Zydek, Zając, & Langfort, 2016; Guerrero-Pinzón, ve diğerleri, 2022).

İrtifada Hidrasyon

Yüksekte antrenman yapan sporcular için uygun hidrasyonu sağlamak önemlidir. Yükseklikte ilk birkaç gün içinde, artan ventilasyon ve renin-anjiyotensin-aldosteron hormon mekanizmasının regülasyonuyla artan idrar nedeniyle dehidrasyona doğru bir eğilim vardır. Bu nedenle, 4000 metreye kadar orta irtifalarda solunum yoluyla su kaybı erkeklerde günde 1900 mL ve kadınlarda günde 850 mL olabilmektedir. Buna ek olarak idrarla su kaybı günde 500 mL'ye kadar çıkabilmektedir. Sporcular adaptasyon süreçlerini engelleyerek performanslarını düşürebileceğinden dolayı vücutlarını aşırı susuz bırakmamaya dikkat etmelidir. İrtifa antrenmanı sırasında vücut kütlesinin ve idrar osmolalitesinin düzenli olarak izlenmesi kesinlikle gereklidir (Małgorzata, Czuba, Zydek, Zając, & Langfort, 2016).

Yükseklik Antrenman Maskesi

Son yıllarda yüksek irtifaya çıkmanın ekonomik, ulaşım ve yüksekliğe çıktıktan ve deniz seviyesine döndükten sonra adaptasyon için gereken süre bakımından kısıtlılığa neden olması, kulüp ve sporcuları deniz seviyesinde hipoksik ortamın oluşturulmasına yönelik cihazlara yöneltmiştir. Cihazların geliştirilme amacı alveollardaki oksijen düzeyini azaltarak yüksek irtifayı simüle etmektir. Yükseklik antrenman maskesi son yıllarda sıklıkla kullanılmakta ve üzerinde bulunan farklı vanalarla oksijeni sınırlamaktadır. Vanaların yardımıyla farklı yüksek irtifa şartları simüle edilmektedir. Sporcuların yüzüne tam olarak uyum sağlaması için 3 farklı bedeni kullanılabilmektedir. Üzerinde yer alan farklı vanalar hava akımını azaltarak sporcunun daha yoğun nefes almasını ve akciğerlerin kapasitesinin zorlanmasıyla alveollere kan akışının artmasını sağlamaktadır. Bu sayede anaerobik eşik düzeyinin yükselmesi amaçlanmaktadır (Girak, 2019).

SONUÇ

Yükseklik antrenmanları, fizyolojik değişimlere neden olarak aerobik kapasiteyi pozitif olarak etkilemekte ve performans artışı sağlamaktadır. Ancak etkisinin kısa süreli olması nedeniyle sporculara performans artışı sağlamadığını gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Bu konuda yeni yapılacak araştırmalara ihtiyaç vardır. Yapılan araştırmalar yükseklikte yapılan antrenmanların vitamin, mineral gibi takviyeler, yeterli uyku ve dinlenme ile desteklenmesi gerektiğini ve laktik asit birikimine sebep olacak aktivitelerin yüksekte kaldıktan bir süre sonra yapılmasını önermektedir. Yüksek irtifa antrenmanları sporcuların adaptasyon süreci de gözetilerek müsabakaların başlama zamanına göre planlanmalıdır (Kaya & Gökdemir, 2015).

KAYNAKÇA

1. Aksel, G., Çorbacıoğlu, Ş., & Özen, C. (2019). High-altitude illness: Management approach. Turkish Journal of Emergency Medicine, 19(4), 121-126. doi:10.1016/j.tjem.2019.09.002
2. Bahenský, P., Bunc, V., Tlustý, P., & Grosicki, G. (2020). Effect of an Eleven-Day Altitude Training Program on Aerobic and Anaerobic Performance in Adolescent Runners. Medicina, 56(4), 184. doi:10.3390/medicina56040184
3. Buzdağlı, Y., & Koz, M. (2019). Yükseltide egzersiz ve fizyolojik etkileri. Atatürk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi, 21(4).
4. Can, İ. (2021). Yükselti ve Sportif Performans. Anatolia Sport Research, 2(3), 39-44.
5. Dinamitci, T., & Alp, M. (2023). Yüksek irtifada performans. M. Ulukan, & M. Dalkılıç içinde, Spor Bilimleri Alanında Gelişmeler (s. 7-15).
6. Fox, E., Bowers, R., & Foss, M. (2012). Beden eğitimi ve sporun fizyolojik temelleri. (M. Cerit, Çev.) Ankara: Spor Yayınevi ve Kitapevi.
7. Girak, İ. (2019). Fotbol eğitiminde yüksek irtifa maskelerinin fiziksel performans üzerine etkileri. Bursa Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
8. Guerrero-Pinzón, J., Alcantara, J., García-Buendia, G., Mochón-Benguigui, S., Ramírez-Maldonado, M., Ruiz, J., & Jurado-Fasoli, L. (2022). A nutritional intervention for moderate

altitude endurance preparation: A case report. JOURNAL OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SPORTS NUTRITION, 19(1), 650-663. doi:10.1080/15502783.2022.2140596

9. Hohenauer, E., Freitag, L., Herten, M., Siallagan, J., Pollock, E., Taube, W., & Clijsen, R. (2022). The Methodological Quality of Studies Investigating the Acute Effects of Exercise During Hypoxia Over the Past 40 years: A Systematic Review. Frontiers in Physiology, 13. doi:10.3389/fphys.2022.919359
10. Hopkins, S., & Levin, D. (2006). Heterogeneous pulmonary blood flow in response to hypoxia: A risk factor for high altitude pulmonary edema? Respiratory Physiology & Neurobiology, 151, 217-228. doi:10.1016/j.resp.2005.10.007
11. İlbasmış, U. M. (tarih yok). Yüksek irtifa hastalıkları.
12. Kaya, İ., & Gökdemir, K. (2015). Yüksek İrtifada Yapılan Antrenmanların Kastamonu Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu Öğrencilerinin Bazı Fiziksel Özellikleri ve Çeşitli Kan Parametreleri Üzerine Kronik Etkilerinin Araştırılması. Sportif Bakış: Spor ve Eğitim Bilimleri Dergisi, 2(2), 79-86.
13. Kocakulak, N. A. (2018). Yüksek İrtifada Yapılan Egzersizin Oksidatif Stres Düzeyine Etkisi. Natural & Applied Sciences Journal, 1(1), 1-8.
14. Małgorzata, M., Czuba, M., Zydek, G., Zając, A., & Langfort, J. (2016). Dietary Recommendations for Cyclists during Altitude Training. Nutrients, 8(6), 377. doi:10.3390/nu8060377
15. Murathan, F., & Aktuğ, Z. B. (2021). Yüksek irtifa ve egzersiz. D. A. Diedhıou içinde, Antrenman Yöntemleri (s. 91-115). Efe Akademi.
16. Palmer, B. F. (2010). Physiology and pathophysiology with ascent to altitude. American Journal of the Medical Sciences, 340(1), 69-77. doi:10.1097/MAJ.0b013e3181d3cdbe
17. Paralikar, S., & Paralikar, J. (2010). High-altitude medicine. Indian Journal of Occupational and Environmental Medicine, 14(1), 6-12. doi:10.4103/0019-5278.64608
18. Ploszczyca, K., Langfort, J., & Czuba, M. (2018). The Effects of Altitude Training on Erythropoietic Response and Hematological Variables in Adult Athletes: A Narrative Review. Front. Physiol(9), 375. doi:10.3389/fphys.2018.00375
19. Saugy, J., Schmoutz, T., & Botrè, F. (2022). Altitude and Erythropoietin: Comparative Evaluation of Their Impact on Key Parameters of the Athlete Biological Passport: A Review. Front. Sports Act. Living, 4(864532). doi:10.3389/fspor.2022.864532
20. Stellingwerf, T., Peeling, P., Garvican Lewis5, L., Hall, R., Koivisto, A., Heikura, I., & Burke, L. (2019). Nutrition and altitude: Strategies to enhance adaptation, improve performance and maintain health: A narrative review. Sports Medicine, 49(Suppl 2), 169-184. doi:10.1007/s40279-019-01159-w
21. Yapıcı, A. (2022). Farklı ortamlarda egzersiz ve sporda başarıya etkisi. U. Işık, & N. Üstün içinde, Sporda Başarı (s. 53-64).
22. Yolcubal, A. (2020). Yüksek irtifa hastalıklarını öngörmede kullanılabilecek biyomarker ve fizyolojik parametreler. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi Uzmanlık Tezi, 9-10.