



YÜKSEK İRTİFA FİZYOLOJİSİ VE ADAPTASYONUN ASKERİ FİZİKSEL HAZIR BULUNURLUK SEVİYESİNE ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mesut CERİT¹, Murat ERDOĞAN²

Öz

Fiziksel hazır bulunurluk ve askerî fiziksel hazır bulunurluk kavramları muharip personelin meslek yaşamında önemli bir yer tutmaktadır. Askerî personel görev alanı itibariyle zaman zaman yüksek irtifa olarak kabul edilen 1500 metre üzerinde konuşlanmakta ya da bu yüksekliklerden daha fazla olan rakımlar da geçici görev icra etmektedir. Bu görevler esnasında gerek hücresel gerekse fiziksel düzeyde ortaya çıkan değişiklikler personelin fiziksel efor düzeyini etkilemektedir. Yüksek irtifa operasyonlarının etkili bir şekilde yürütülebilmesi için, yüksek irtifa bölgelerinde uygulanması gereken hareket tarzı ve fiziksel yüklenme eşiklerinin göz önüne alınması faaliyetlerin etkili bir şekilde gerçekleştirilmesi açısından oldukça önemlidir.

Yüksek irtifa efor seviyesi (yüksekte yaşam, düşük şiddette fiziksel efor) deniz seviyesinde yapılan fiziksel eforla birleştirildiğinde kaslara transfer edilen oksijen miktarını artırarak dayanıklılık (endurans) performansını geliştirmektedir. Performans sporcularının yüksek irtifada 2100–2500 metrede kaldıkları optimal günlük süre 20 saatten fazladır. Bireyler arasında yüksek irtifada yüklenme etkileri farklılık göstermektedir. Beslenme problemleri sonucu kaybedilen kas kütlelerinin yetersiz enerji alımından kaynaklandığı düşünülmektedir. Demir eksikliği de yüksek irtifada elde edilen kazanımları azaltabilmektedir.

Anahtar sözcükler: Eritropoetin (EPO), hipoksi, yüksek irtifa antrenmanı.
Jel Kodu: I-10

Evaluation of the Effects of High Altitude Physiology and Adaptation on Military Physical Readiness Level

Abstract

Physical readiness and military physical readiness have an important place in the professional life of military personnel. As of the military personnel's duty field; personnel are sometimes deployed over 1500 meters, which is considered as high altitude, or carry out temporary tasks at altitudes higher than these heights. During these tasks, changes at the cellular level or the physical level affect the physical exertion level of the staff. For high-altitude operations to be carried out effectively, taking into account the course of action and physical loading thresholds that should be implemented in high-altitude regions is very important considering any operation activities.

High altitude exposure level (living high, low intensity training) enhances endurance performance when it is combined with training at sea level by increasing oxygen transport to muscles. The optimal time for athletes to be exposed to altitudes of 2100 to 2500 meters is more than 20 hours per day. The effects of high-altitude loading vary between individuals. Loss of muscle mass caused by nutritional problems is thought to be resulting from insufficient energy intake. Iron deficiency can also reduce the benefit of altitude exposure.

Keywords: Erythropoietin (EPO), hypoxia, high altitude training.
Jel Code: I-10

¹ Dr., Uluslararası Kıbrıs Üniversitesi, mesutcerit@yahoo.com ORCID: 0000-0001-6910-4770,

² Doç.Dr., TSK, Spor Okulu ve Eğt.Mrk.K.lığı, muraterdogan97@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2944-111X

GİRİŞ

Askerî personelin yüksek irtifanın fiziksel performans üzerindeki etkilerini bilmeleri gereksiz gibi görünse de, yüksek irtifaya konuşlu bir birliğe geçici ya da atama gibi görevlendirilmelerini müteakip organizmada oluşan fizyolojik değişimlerle ilgili bilgilere ihtiyaç duymaları söz konusudur.

Askerî personelin farklı fiziki koşullarda iştirak edeceği görevler çerçevesinde ihtiyaç duyacağı fiziksel hazır bulunuşluk (FHB) ve askerî fiziksel hazır bulunuşluk(AFHB) kavramları son on yıl içerisinde dünyanın ileri orduları tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Fiziksel hazır bulunuşluk günümüzde fiziki yeterlilik değerlendirme testlerinin (FYDT) karşılığı olurken, askerî hazır bulunuşluk testleri ise daha çok askerî görevlerde gösterilen fiziksel eforun ölçülmesi ve değerlendirilmesi konularını kapsamaktadır. Personelin her iki görevde de fiziksel performans olarak üst düzeyde zorlanması söz konusudur. Bu yüklenmelerden kaynaklanan fiziksel ve fizyolojik stres, yüksek irtifa şartlarında daha da farklı olmaktadır.

Yüksek irtifanın olumsuz etkileri barometrik basıncın ve parsiyel (kısmi) oksijen basıncının azalmasından kaynaklanmaktadır. Atmosfer basıncı ve yoğunluğu dünya yüzeyinde yükseğe çıkıldıkça giderek azalmaktadır. Yüksek irtifada azalan havanın yoğunluğu ise nefes alma mekanizmasını etkilemektedir. Bu durum, soluk alıp verme ya da nefes alma sürecinin bir bölümünün hava yollarının direncine karşı havayı hareket ettirmesine neden olmaktadır. Bahse konu direnç, şiddeti yüksek, kısa, orta ve uzun süreli fiziksel efor esnasında oldukça yüksektir.

1968 Meksika (2300m) Olimpiyatları yüksek irtifanın fiziksel efor üzerindeki etkilerini ortaya çıkaran birçok araştırmaya vesile olmuştur. Adı geçen oyunlardan sonra sprint branşlarında birçok olimpiyat rekorunun kırılması, buna karşılık mesafe branşlarında ise istenen derecelerin elde edilememesi bilim adamlarının dikkatini çekmiştir. Günümüzde yaklaşık 140 milyon insan deniz seviyesinden 3000-5000m yukarıda yaşamaktadır. Bu irtifada parsiyel oksijen basıncı düşüktür ve insanlar fizyolojik uyum sağlamadan yaşamlarını sürdürürler.

Yüksek irtifa 1800-6000 m arasında kabul edilirken, daha yukarıdaki mesafeler ekstrem yükseklikler olarak tanımlanmaktadır. Havanın yoğunluğu deniz seviyesinden yukarılara çıkıldıkça yavaş yavaş azalır. Örneğin, deniz seviyesinde atmosferik basınç ortalama 760 mmHg iken, 3048m'de ise 510 mmHg'dır. Her ne kadar hava, deniz seviyesinde ve

yüksek irtifada % 20.93 oksijen içerse de, parsiyel oksijen basıncı (PO_2) yükseğe çıkıldıkça azalan atmosferik basınçla doğrudan ilişkilidir. Bu yüzden parsiyel oksijen basıncı deniz seviyesinde ortalama 150 mmHg, 3048m'de ise sadece 107mmHg'dir.

Yüksek irtifada hemen oluşan fizyolojik uyum, parsiyel oksijen basıncının ve arterial hipoksinin azalmasıdır. Vücudun fizyolojik uyum göstermesi ve metabolizmanın yüksek irtifa hipoksisine (oksijen azlığı) uyum göstermesine aklimitizasyon adı verilir. Yüksek irtifada hemen oluşabilen birçok uyumsal cevap olabileceği gibi (dakikalar ve saatler içinde) diğer uyumlar, haftalar, aylar, hatta yıllar alabilmektedir. Aklimitizasyon başarısı yüksek irtifanın yüksekliğine ve aynı zamanda bireysel özelliklere bağlıdır (Wolski et al 1996).Yüksek rakımlı bölgelerde söz konusu uyum sürecini tamamlayarak eğitimlere iştirak eden personelin fiziksel performans seviyesi, irtifaya yeni çıkan ya da uyum safhası periyodundaki personelden daha yüksek seviyededir.

Yüksek irtifa, dolaşım sisteminin kaslara transfer ettiği oksijen miktarını artırmasından dolayı fiziksel performansı (aerobik performans)ve yükseltideki hareket yeteneğini kolaylaştırmaktadır. Bu durum, kandaki kırmızı kan hücrelerinin sayıca artışından kaynaklanmaktadır. Yüksek irtifanın ilk üç haftasında eritropoetin (EPO) salınımındaki artış sonucu ekstra kırmızı kan hücresi üretilmektedir. Organizma azalan parsiyel oksijen basıncına ve sonucundaki oksijen azlığına uyum sağlayarak metabolizmayı tetiklemektedir. Yüksek irtifada özel iklim şartlarında (nem ve sıcaklıktaki değişiklikler, güneş radyasyonunun şiddeti, hava iyonizasyonu vb) uzun süre kalındığında organizma üzerinde (alyuvar hacmi, hemoglobin ve miyogloblin konsantrasyonu, kardiovasküler ve respiratör sistemler, hücre, mitokondri, kapiler, enerji metabolizması ve aerobik ve anaerobik enzimlerin sayısındaki artış, hormonal düzenlemeler ve asit toleransı)pozitif etkiler ortaya çıkarmaktadır.

Oksijen alımı artışının yüksek performans yeteneğine bağlı olan adaptasyonları oldukça önemlidir. Özellikle önemli olan performansı geliştiren adaptasyonlardır. Söz konusu uyumlar yükselti etkisini ve uygulanan eforu birleştirerek yüklenme şiddetinin esas önemini oluşturmaktadır. Yüksek irtifa şartlarında planlanacak operasyon, eğitim veya arama kurtarma vb. faaliyetlerden önce personelin adaptasyon süresi göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çerçevede icra edilecek faaliyetlerde (operasyonlar, arama kurtarma vb.) yüksek irtifa şartlarına uyum sağlayan personelin yüksek hızda hareket etme ve uzun süreli efora direnç gösterme yeteneği diğerlerine oranla daha yüksek olacaktır. Ayrıca, uyum aşaması ve sonrasında gerek genetik faktörler gerekse yaşam biçimi ve çevresel

faktörlerin sağladığı pozitif kazanımlar, operasyonların tamamlanmasına da devamını etkileyen doğru karar verme ve uygulama yeteneğini de olumlu yönde etkileyen faktörlerdir.

Yükseltide hareket verimliliği kişilerin genetik yapısı, çevresel faktörler ve yaşam biçimlerine bağlıdır. Sadece normal sınırların üstündeki hemoglobin değerleri, yükseltide gösterilen efor için avantaj oluşturmaktadır(Saltin ve ark. 2000). Yeterli fiziksel gelişimi ve adaptasyonu olmayan acemi askerlerin yüksek irtifada gerçekleştirilen faaliyetlere katılımlarının geciktirilerek yüksek irtifaya uyum aşaması tamamlandığında faaliyetlere iştirak ettirilmesi sağlanmalıdır. Bu kapsamda, acemi askerin katıldığı birliğin hareket yeteneği ve rakımı bile önem kazanmaktadır. Sarıkamış'ta icra edilecek bir tatbikat için Sivas ilinden gelen bir askerin, Manisa ilinden gelen bir askere göre daha çabuk uyum sağlayacağı aşikârdır. Yüksek irtifaya uyum sürecinde bireyler arasında yaşam biçimi, aktivite düzeyi ve genetik yapılarından kaynaklanan önemli farklılıklar gözlenmektedir(Cerit 2018). Bazıları yükseklikte iken diğerlerine göre büyük oranda eritropoetin artışı sağlarken, bazıları ise düşük eritropoetin salınımından dolayı yüksek irtifada uzun süre yaşamaya ihtiyaç duymaktadırlar. Fiziksel performans artması kırmızı kan hücrelerinin yapımı sürdüğü müddetçe devam edecektir. Yüksek irtifanın yarattığı pozitif faydalar muhtemelen deniz seviyesine döndükten 4-6 hafta sonra sona erecektir (Pfitzinger 2000). Yani yüksek irtifa görevi dönüşünde deniz seviyesinde kalınan 4-6 haftalık süre içerisinde yüksek irtifanın sağladığı etkiler ortadan kalkacaktır. Yüksek irtifada antrenman yapan bisikletçilerin şiddetli aerobik egzersizlere verdikleri kardiyovasküler cevaplar deniz seviyesinden farklıdır. Bu da aklimitizasyon özelliği kavramını desteklemektedir (Anholmve ark.1996). Yüksek rakımda kalınan uzun süreler çok önemli fonksiyonel sistemlerin uyarılara adaptasyon derecesini etkilemektedir. Bu durum, özellikle yüksek rakımlı bölgelerde icra edilen faaliyetlerin performans durumunu olumlu ya da olumsuz etkileyebilmektedir.

Yüksek bölgelerde görev yapan personel için yapılan 3-4 haftalık efor, fizyolojik gelişmeyi %80 oranında maksimal seviyeye ulaştırabilir. Daha büyük oranda bir adaptasyon oluşabilmesi için 5-6 hafta daha fazla süre kalınmalıdır. Yüksek rakımlı bölgelerde görevlendirilen personelin adaptasyon süreci gerçekleştikten sonra uygulanacak eforda fizyolojik olarak bir kayıp beklenmemektedir. Ancak, yüksek şiddette icra edilen fiziki performans ya da fiziki yeterlilik ve değerlendirme testleri gibi efor sonrasında uzun süreli toparlanma zamanına ihtiyaç duyulacaktır. Personelin birliğine katılımının yapıldığı ilk günlerde yüksekliğe adaptasyonunu zorlaştıran yüksek şiddetli yüklenmelerden kaçınılmalıdır.

Yüksek irtifanın etkileri deniz seviyesinden yukarılara çıkıldıkça azalan atmosfer basıncından kaynaklanmaktadır. Aynı şekilde, uçakla seyahat ederken vücudun maruz kaldığı atmosfer basıncı da benzer etkiler göstermektedir. Her iki ortamda da kısmi oksijen basıncı azalır.

Yüksek irtifa yaşam biçimini ya da fiziksel performans verimliliğini, bireylerin sağlık durumu, temel dayanıklılık gelişim seviyesi, yüksek irtifa başlangıcındaki psikolojisi, yükseklik tecrübesi ve yükselti öncesindeki kondisyon seviyesi gibi faktörler belirlemektedir. Ülkemizde yükseklik açısından coğrafi olarak doğuya doğru gidildikçe rakım artmaktadır.

Tablo1: Bazı İllerimizin Rakımları. (<https://www.harita.gov.tr>)

Şehir	Yükseklik
Erzurum	1890 m
Ardahan	1870 m
Hakkâri	1720 m
Kars	1768 m
Van	1727 m
Ağrı	1632 m
Bayburt	1556 m
Bitlis	1500 m

Yüksek irtifaya adaptasyon gereğiyle planlanan/planlanacak askeri eğitimler bölgesel operasyonların başarısını etkileyebilmektedir. Yüksek rakımın personel üzerinde ortaya çıkaracağı baş ağrısı veya akut dağ hastalığı gibi rahatsızlıklar hem eğitimleri hem de muharebeyi olumsuz etkileyebilecektir. Orta düzeyde yüksekliklere çıkan personelin yaklaşık %25'inde akut dağ hastalığının belirtileri gözlenmektedir (Honingman ve ark.1993). Yüksekliğin etkilerinin olumsuz olduğu bilinen personelin faaliyetlere katılımı sınırlandırılmalıdır. Ayrıca sağlık durumunu geçici bir süre etkileyen rahatsızlıkları önleyici bazı ilaçların doktor tavsiyesi ile kullanılması önerilmektedir (McLaughlin 2017).

Yukarıda bahsedilen sağlıkla ilgili sıkıntılar yerleşik bir birlikte görev yapanlardan daha çok ani olarak yükselti değişikliğine maruz kalan operasyonel birliklerde gözlenebilmektedir. Örneğin, helikopterle 3000 metre yükseğe aniden çıkarılan bir tim personelinde sağlıkla ilişkili bir dizi sorun yaşanabilir. Aşağıdaki tabloda ani olarak yüksek irtifaya çıkarılan bireylerde gözlenebilecek rahatsızlıklar gösterilmektedir. Akut dağ hastalığı olarak bilinen bu rahatsızlıklar hızlıca çıkılan 2500 metre ve üzerindeki yüksekliklerde gözlenmektedir. Norris ve arkadaşları (2012), dağ eğitim merkezine yeni katılan denizci personelin %14'ünde akut dağ hastalığı

belirtileri gözlemlemiştir. Yapılan bir başka çalışmada ise Afganistan'da yürütülen operasyonlarda görev alan personelin %15,9'unda akut dağ hastalığı (bulantı, kusma, vertigo, sersemlik, yorgunluk, baş dönmesi vb) bulgularına rastlanmıştır (Gerlinger ve ark. 2005). Aslında yüksek irtifada görev yapmak oldukça sık karşılaşılan bir durum değildir. Ancak personelin bu tip ortam ve uygulamalarla nadiren de olsa karşılaşması durumunda organizmanın sağlığını olumsuz etkileyecek zihinsel ve fiziksel performansla birlikte ruhsal yönden de oldukça zorlanacaktır.

Eğitim ve tecrübe ile yüksek irtifanın getirebileceği olumsuz etkilerin minimum seviyeye indirilmesini sağlayan faktörler tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2: Eğitim ve tecrübe ile yüksek irtifaya bağlı azaltılabilecek risk faktörleri:

Yüksek irtifada operasyonlarının zorluğu rakım yükseldikçe artmaktadır. Görevin gereksinimleri fiziksel olarak irtifadan etkilenmektedir. Faaliyet süresi uzadıkça yorgunluk direncinin azalmasının etkisiyle askerlerin tempoları düşecek, üzerlerindeki ağırlıkları azaltma eğiliminde olacaklardır.
Bazı askerlerde yüksekliğe bağlı rahatsızlıklar kısa sürede gelişebilir, bu tip personelin faaliyete katılımı engellenmelidir.
Personelin birçoğunda kesik kesik soluk alıp verme, kalp atım sayısında yükselme ve hiçbir ilişkisi olmayan rahatsızlıklar gözlemlenebilir.
Yüksekte metabolik ihtiyaçların artmasından dolayı besin ve sıvı gereksinimi artmaktadır, söz konusu desteğin geciktirmeden zamanında sağlanmasına dikkat edilmelidir.
Muharebeye bağlı yaralanmalardan daha çok yüksek irtifanın getireceği medikal şikâyetlerin artmasını önleyecek tedbirlerin alınması esastır.
Ayak bileği ve dizde meydana gelebilecek kas eklem rahatsızlıklarını azaltmak ya da ortadan kaldırmak için alt ekstremite kas ve kemiklerinin kuvvetini artıracak egzersizlerin yapılması önemlidir.

İklim şartlarına ve yüksekliğe uyum (Aklimatizasyon) için yaklaşık 4-6 gün, kompleks seviyede performans dengeleme ve aktivite kazanımı için 8-10 gün hafif tempolu aerobik koşu ya da orta tempolu yürüyüş (temel dayanıklılık) programları yapılmalıdır.

Yüksek oranda laktik asitli yüklenmelerden kaçınılması oldukça önemlidir. Yani personelin nefes nefese kalacağı şiddeti yüksek çalışmalardan uzak durulmalıdır. Askerler, yüksek irtifaya çıkılan akut

dönemde solunum derinliğinde artış sağlayarak bu değişikliğe uyum sağlamaya çalışırlar. Periferdeki arterieal kemo reseptörler yardımı ile solunum artmaktadır. Hiperventilasyon sonucunda kandaki karbondioksit parsiyel basıncı (PCO₂) seviyesi de azalmaktadır. Bu çerçevede, bireyin sağlığı bozuk ve aerobik dayanıklılığı yetersiz iken yapılan uzun süreli efor, çok sık kullanılan intensif yüklenmeler (yüksek şiddetli efor özellikle de laktik asiti açığa çıkaran anaerobik yüklenmeler), aklimitizasyon ve reaktiviteye uyum ve yeniden uyum safhalarının spesifik ihtiyaçlarını göz ardı etmek tavsiye edilmemektedir. Sık sık yapılan yüksek eforlar arasındaki yetersiz yeniden yapılanma (rejenerasyon) ve hipoksik koşullar altında verilen yükü karşılayamayan yetersiz beslenme de fiziksel performans gelişimine olumsuz etki eden faktörlerdir.

Yüksek irtifanın yarattığı ekstra stres, beslenme hatalarına ve diğer yaşam biçimi faktörlerinin etkilenmesine de sebep olmaktadır. Yüksek irtifada belirli aralıklarla bulunan veya kısa süreli olarak faaliyet gösteren personel için durum daha da zor olup besin alımı konusunda daha hassas olunmalıdır. Demir eksikliği özellikle bayan personelin ilaveten dikkat etmesi gereken bir durum olup yüksek irtifanın yarattığı pozitif etkileri azaltmaktadır.

Yüksek irtifanın hipoksik şartları iştahı azaltmaktadır. Yükseltide daha küçük besinler alarak günlük kalori alımını yaklaşık 200-300 kcal azaltabilir. Bazal metabolizma özellikle ilk günlerde yüksekliğe bağlı olarak günde 100'den 200 kilo kaloriye kadar artış gösterebilir. Enerji alımının azalmasıyla birlikte harcanan kalori oranındaki artış neticesinde vücut ağırlığında giderek azalma olur. Kilo kaybındaki yağ ve kas oluşumları enerji kaybına bağlıdır. Enerji alımının yetersiz olduğu durumlarda, vücut tarafından ekstra enerji için proteinlerin devreye sokulması kas kaybına sebep olmaktadır. Yüksek irtifada orta ve uzun süreli faaliyet gösterecek personel için kas kaybını önlemek için yeterli miktarda enerjiyle birlikte B, E ve C vitaminlerini almak faydalı olacaktır. Ayrıca yüksek irtifa sıvı kaybına da neden olmaktadır. Bu yüzden kalınan süre içerisinde sıvı ihtiyacı sürekli olarak karşılanmalıdır. Yüksek irtifada yaşanan sorunlardan birisi de uykuda yaşanabilecek rahatsızlıklardır. Özellikle uykuda görülen rahatsızlıkların çoğu yüksekliğe çıkılan ilk zamanlarda gözlenmektedir.

Yüksek İrtifaya Fizyolojik Uyumlar

Yapılan yüklenmeler ya da gösterilen efor esnasında alveolar havadaki parsiyel oksijen basıncının artması ve parsiyel karbondioksit basıncının azalması pulmoner ventilasyonu artırmaktadır. Pulmoner ventilasyon uyumu yaklaşık 4 hafta sürmektedir. Yüksek irtifada hipoksiye

bağlı olarak ventilasyonda meydana gelen ekstra artış aortik arkta ve boyundaki koroner arterlerin dallarında yerleşmiş olan periferik kemoreseptörler yolu ile gerçekleşmektedir (Astrand ve Rodahl 1986). Azalan parsiyel CO₂ basıncı, merkezi kemo reseptörlerin alkaloz (yüksek pH) oluşumundan ötürü faaliyetini azaltmaktadır. Söz konusu durum kan bikarbonatının azalması ile kompanse edilmektedir. Kan bikarbonatı aklimitizasyona uyum sağlayan bireyde normal pH oluşmasına olanak sağlamaktadır. Alkaloz azaldığında (azalan pH), pulmoner ventilasyonda artmaktadır.

Yüksek irtifada submaksimal eforda (maksimum kalp atımının %80-85' ile yapılan şiddeti yüksek kısa süreli yüklenmeler) kalp atımı ve kardiyak çıktı, deniz seviyesi değerinden % 50 daha yukarıda olmasına rağmen kalp atım hacmi sabit kalmaktadır. Yüksek irtifada kan akış hacmindeki artış, arterial kanda azalan oksijeni kısmen kompanse edebilmekten kaynaklanmaktadır. Metabolik ve kardiyorespiratör sistemlerin orta şiddetli eforda kardiyak çıktıyı artırarak kanda azalan oksijen içeriklerini kompanse ettiği anlaşılmaktadır (Saltin ve ark. 2000, McArdle ve ark.2000).

Yükseltide ortaya çıkan hiperventilasyon arteriyel CO₂'yi azaltmaktadır. Bu durum, pH'nin yükselmesine sebep olmakta ve kan alkalın seviyesini artırmaktadır. Böbreklerden salınan bikarbonat (HCO₃) ile sağlanan ayarlamalar bozulan asit baz dengesini normale getirmektedir. Kan bikarbonatı laktik asidin esas tamponlayıcısıdır. Yüksek irtifanın başlangıcında hipoksinin açığa çıkardığı akut uyumlarda kandaki laktat oranı bikarbonat iyonu ile sağlanan düzenlemeler neticesinde azalmaktadır. Solunumsal alkaloz yolu ile metabolizmanın normal pH'nin oluşturulması, ventilasyonun irtifa hipoksisine uyum için yüksek seviyelere çıkmasına sebep olmaktadır (Wolskive ark.1996). Yüksek irtifaya çıkıldığında glikolizin anaerobik reaksiyonlarıyla kırmızı kan hücrelerinde üretilen 2-3 diphosphogliserat maddesinin konsantrasyonunun yükseldiği ve hemoglobin ayrılış kavisinin de sağa doğru kaydığı gözlenmiştir. Söz konusu kayma ile birlikte artan kırmızı kan hücresi ve hemoglobin miktarı, oksijenin hemoglobinden ayrılışını tetiklemekte ve dokunun oksijen alımını arttırmaktadır (McArdle ve ark. 2000).

Yüksek irtifada uzun dönemde gözlenen en önemli uyum kanın oksijen taşıma kapasitesinin artışıdır. Bu da plazma hacminin azalması ve kırmızı kan hücrelerinin kütlelerinin artması ile gerçekleşmektedir. Yüksek irtifada ilk iki gün esnasında plazmadaki kırmızı kan hücreleri intravasküler boşluklardan hücrelerarası ve interstitial boşluklara sıvı akış değişiminden ötürü daha fazla konsantre olur. Plazma hacmindeki azalma anti diuretik hormon azalmasından ve kuru çevreden dolayı negatif etki yaratarak kalp

efor yükünün artmasına sebep olur. Hipoksik ortamda kalınan yaklaşık 4-7 gün içerisinde hemoglobinin artışı başlar. Berglund (1991), haftalık hemoglobinin artışı %1, deniz seviyesindeki ile deniz seviyesinden 2500m yükseklik arasındaki normal farkı ise %12 hesaplamıştır. Bu yüzden gerekli aklimitizasyon süresi 12 haftadır.

Yüksek irtifa ile ilgili olarak yapılan birçok çalışmada, hemoglobindeki büyük artışın 2-3 haftada gerçekleştiği, plazma hacminin azaldığı fakat hemoglobin seviyesinin artmadığı ifade edilmektedir (Berglund1991). Artan kırmızı kan hücresi sayısı parsiyel oksijen basıncının azalmasından kaynaklanmaktadır. Bu duruma dolaşımdaki kanda eritrosit sayısının artışı (polisitemi) adı verilir ve böbreklerden salınan erythropoietin (EPO) hormonu ile gerçekleştirilir. Polisitemi'nin devamında uzun kemiklerin içindeki eritrositlerin üretim artışı, irtifaya çıkar çıkmaz başlar ve kalındığı sürece de artışa devam eder. EPO'daki bu başlangıç artışı bir hafta sonra doku oksijen alımı ve kırmızı kan hücresi kütlelerinin artışından dolayı azalır (Rusko 1996).

Araştırmalar kapilarizasyonda gerçekleşen artışın hücre ve kapiler arasındaki mesafeyi azaltarak düşük kapiler oksijen stresine rağmen hücreye oksijen akışının sağlandığı kayıt edilmiştir. Miyoglobinin konsantrasyonu ve aynı zamanda da mitokondri sayısının irtifa ile artarak kasların oksijen ihtiyacına ve oksijen taşıma sistemine olumlu katkılar sağladığı ifade edilmiştir(Astrand ve Rodahl 1986). Yüksek irtifada kalınan uzun süreler vücut kütlelerinde ve vücut yağında önemli düşümlere sebebiyet vermektedir. Vücut kütlelerindeki düşmeler kas kaybından kaynaklanmaktadır. Vücut yağındaki azalmalar ise yüksek irtifada artan bazal metabolizmadan kaynaklanmaktadır(McArdle ve ark.2000).

Yüksek irtifada özel bir faaliyet ya da program çerçevesinde görev yapanların arazide hareket ederken düşük seviyede eforla (düşük şiddetli)hareket etmesi ve vücudu oksijen borcuna sokacak şiddeti yüksek anaerobik yüklenmelerden mümkün mertebe uzak durması gerekmektedir. Yüksek irtifada deniz seviyesinde yapılabilen uzun süreli yüksek efor gerektiren davranışlardan kaçınılmalıdır. Yüksek irtifaya uyum gösterebilen insanların büyük çoğunluğu anabolik yapıda olmayan zayıf bünyeli, kas lif oranı itibariyle endurans özellikleri yüksek, stres altında görev yapabilen sakin bireylerdir.

Tablo 3: İstirahat halinde ve yüksekliğe uyum sağlamamış askerin tipik değerleri.(O₂) akut dönemde oksijenin parsiyel basıncındaki azalma, (PO₂) atmosferik basınç, (PIO₂) solunan havadaki basınç, (PAO₂) alveolar düzeydeki basınç, (PaO₂) arterial kandaki basınç ve (SaO₂) arterial kandaki oksijenin saturasyon oranını göstermektedir (TBHM 2010).

Yükseklik (m)	PB (mmHg)	PO ₂ (mmHg)	PIO ₂ (mmHg)	PAO ₂ (mmHg)	PaO ₂ (mmHg)	SaO ₂ (%)
0	760	159	149	104	96	96
1200	651	138	126	85	74	95
1600	627	131	121	80	69	64
2810	543	114	104	65	60	91
3050	523	110	100	62	58	90
3600	489	102	93	55	48	85
4050	463	97	87	49	42	81

Daha önce de bahsedildiği gibi yükseltide 0-1200 m arası düşük rakım olarak tanımlanırken, bahse konu yüksekliklerde sağlıklı bireylerde gözlemlenen oksijenin hemoglobinle saturasyonu %96 (SaO₂)'nin üzerindedir. Orta düzeyde yükseklik olarak kabul edilen 1200-2400 m arasında sağlıklı bireylerde gözlemlenen değer ise %92'nin üzerindedir. İstirahat halinde oksijenin saturasyonu (oksijenin parsiyel basıncının düşmesine ve oksijenin difüzyonla akciğerlerden kana, oradan da hücrelere geçişinde azalmaya neden olmasına rağmen) 2400 metreye kadar iyi seviyede korunabilmektedir. Ancak bu koruma durumu istirahat halinden fiziksel aktiviteye geçildiği durumlarda bozulmaktadır. Bunun sonucunda aerobik performans kapasitesinde (2 mil koşu, 12 mil yürüyüş gibi) 1200 metre üzerinde kayıplar olmaktadır (TBHM 2010, Telford 1996). Orta seviyeli yüksekliklerde zihinsel performans ve yüksekliğe bağlı rahatsızlıkların görülme sıklığının düşük olmasıyla birlikte, yüksekliğe psikolojik uyum için azalan oksijen parsiyel basıncının yeterli düzeyde olduğu gözlenmektedir.

2400 ile 4000 m arasında ise durum biraz farklılaşmaktadır. Oksihemoglobin eğrisi burada yaklaşık olarak %80-92 aralığında seyretmektedir. Aerobik iş kapasitesi giderek azalmaktadır. Yüksek irtifaya bağlı rahatsızlıklar genellikle bu yüksekliklerde gözlenmektedir.

Değişik iklim şartları veya çevresel faktörlerin etkisinde gerçekleştirilen aerobik veya anaerobik egzersiz yapma kabiliyeti, kısmen kas lifi bileşimine bağlı olarak bireyler arasında geniş farklılıklar göstermektedir. Tip I lifler (yavaş kasılan oksidatif lifler), yorulmaya karşı yüksek dirence sahip olmaları nedeniyle dayanıklılık performansı için daha

uygun lif tipleridir. Diğer hızlı kasılan oksidatif glikolitik lifler (tip II) orta vadeli anaerobik egzersiz yüklenmeleri için daha uygundur. Söz konusu lifler yüksek hızlı ve güçlü kısa süreli patlayıcı kuvvet gerektiren aktivitelerde baskın rol oynamaktadırlar. Dayanıklılık odaklı sporcuların kas gruplarında oldukça yüksek oranda tip I lifleri mevcuttur. Sprinterlerin ve vücut geliştirme sporu yapanların kasları ağırlıklı olarak Tip II liflerinden oluşmaktadır.

Genel bir kural olarak, hızlı kasılan lifler kısa süreli ve yüksek yoğunluklu performans için önemlidir. Yavaş kasılan lifler ise maksimum ve uzun süreli faaliyetler için daha uygundur. Belli bir kas veya kas grubundaki lif tiplerinin her birinin yüzdesi genetik olarak belirlenmiştir. Vücudumuzdaki kas liflerinin kombinasyonu genetik olarak kodlanmıştır (Plowman ve Smith, 2011; Kraemer ve ark., 2012). Elit endurans sporcularında tip I kas liflerinin yüzdesi oldukça yüksektir (% 70-85), elit sprinterlerde ise tip II kas lifleri yaklaşık % 65-70 oranındadır (Kraemer ve ark., 2012).

Yüksek irtifa sonucunda uzun süreli eforda meydana gelen gelişmeler aerobik enerji kullanımının derecesine bağlı olmaktadır. Tip I kas lifine sahip olan bireyler düşük şiddetli ve uzun süreli eforda aerobik enerji sistemini diğerlerine oranla daha verimli kullanabilmektedirler (Cerit, 2018). Genetik avantajlar veya dezavantajlar embriyonun oluşumu safhasında proteinlerin yapılandırılmasından kaynaklanan farklı gen dizilimlerin yarattığı etkilerden kaynaklanmaktadır. Genetik miras yoluyla mitokondri sayısı fazla olanlar, daha az olanlara oranla yüksek irtifa ortamında veya deniz seviyesinde gösterilen düşük şiddetli uzun süreli efora karşı daha fazla başarı elde edebilmektedirler. Ayrıca yüksek irtifada uzun süre yaşayanların göstermiş oldukları fiziksel performans seviyesinin, yüksek irtifada kısa süreli kalanlara oranla daha başarılı olduğu da gözlemlenmiştir (Sucec, 1996).

Yüksek irtifanın avantajlarından yararlanabilmek için metabolizmadaki enzimlerin işleyişinin uyumuna gereksinim duyulur. Aksi takdirde, uyum sağlamadan yapılan fiziksel yüklenmeler özellikle de fizyolojik kapasitenin üzerindeki yüklenmeler herhangi bir etki ya da olumlu bir gelişim sağlamayacaktır. Başka bir deyişle hücrel verimlilik kapasitesini ya da genetik adaptasyonu aşan ya da altında kalan eforlar personelin fiziksel performansını ileriye götürmeyecektir. Yüksek irtifa şartlarında icra edilen/edilecek askeri eğitimler ve operasyonlarda ortaya çıkabilecek fiziksel yüklenmelerin etkilerinin bilinmesi ve bu çerçevede hazırlıkların yapılarak faaliyetlere katılım sağlanması personelin fiziksel performansına olumlu katkılar sağlayacaktır.

SONUÇ

Yüksek irtifa koşullarında başarılı veya başarısız olmak planlanan eğitim programına bağlıdır. İyi organize olmuş, yıllık ve daha uzun süreli programları uygulayan birlikler yüksek irtifa etkilerinin kullanımını başarılı bir şekilde sonuçlandırabilecektir. Yüksek irtifa şartları altında icra edilen tüm bedeni faaliyetlerin ve uygulamaların bilimsel olarak desteklenmesi zorunludur. Söz konusu bilimsel destek, personelin kondisyon durumunu, yüksek irtifa öncesi ve sonrasında yaşanan etkilerinin muhakemesinin kontrollerini, programların gelişimini, yeniden yapılanmanın dinamiğini ve aynı zamanda beslenme durumlarını belirleyebilmelidir.

Sonuç olarak, yüksek irtifa şartlarında görev yapabilecek personel seçiminde dayanıklılık (endurans) özellikleri yüksek seviyede gelişmiş bireylerin alınmasının görevin ya da faaliyetlerin başarısına ya da devamlılığına olumlu katkılar sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

- Anholm J. D., Bonjour, S., Brayley, K., Blackburn, R., Conde, J., Eichman, W., Sanders, K., Hughes, W., & Pettis, J. L. (1996). Heart rate profile during prolonged high intensity cycling at low and moderate altitudes. *Medicine and Science in Exercise and Sports*, 28(5), Supplement abstract 413
- Astrand P-O, Rodahl K., (1986). *Textbook of work physiology*. McGrawHill, Singapore. pp.683-706.
- Berglund B., Ekblom B., (1991). Effect of erythropoietin administration on maximal aerobic power. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 1, 88-93.
- Cerit M., (2018). Hypothetical approach to the location of genotypes (ACE & ACTN3) associated with energy system for the athletic performance. *Journal of Sport Science Researches*, 3(1), 97-105. ISSN: 2548-0723.
- Gerlinger T, Peoples GE, Craig R, Burlingame B., (2005). The 274th Forward Surgical Team experience during Operation Enduring Freedom. *Mil Med*. 170(6):451-9.)
- Honigman B., Theis MK, Koziol-McLain J, Roach R, Yip R, Houston C, (1993). Acute mountain sickness in a general tourist population at moderate altitudes. *Ann Intern Med*.;118(8): 587-92.

- Kraemer, W.J., Fleck, S.J., & Deschenes, M.R. (2012). Exercise physiology (1st ed). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins. pp. 75-78
- McArdle WD, Katch FI, Katch VL, (2000). Essentials of Exercise Physiology. 2th ed. Johnson E, Gulliver K, eds. Lippincott Williams and Wilkins;170-205.
- McLaughlin CW, Andrew JS, Amaya DG, (2017).,Impact of High Altitude on Military Operations JuneVolume 6,Issue2,pp 146–154.
- Norris JN, Viirre E, Aralis H, Sracic MK, Thomas D, Gertsch JH.(2012). High altitude headache and acute mountain sickness at moderate elevations in a military population during battalion-level training exercises. Mil Med. 177(8):917–23.
- Pfizinger P., (2000). Highlights of the Third Annual International Altitude-Training Symposium SportsScience.orgSportsScience 4(1), sportsCi.org/jour/0001/pp.html.
- Plowman, S.A., & Smith, D.L. (2011). Exercise physiology for health, fitness and performance (3rd ed). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins. pp.70-71.
- Rusko, H.R., (1996). New aspects of altitude training. American Journal of Sports Medicine, 24(6), S48-S52.
- Saltin, B., Bousel R., Secher N., Mitchell J.(2000). Exercise and Circulation in Health and Disease., Human Kinetics; 1 edition.
- Sucec, A., (1996). The effect of moderate altitude on endurance running events in the Mexico Olympics. A paper presented at The 1996 International Pre-Olympic Scientific Congress, Dallas, TX.
- Telford, R.D., Graham, K.S., Sutton, J.R., et al. (1996). Medium altitude training and sea-level performance. Medicine and Science in Sports and Exercise, 28, S124.
- Technical Bulletin Head quarters Medical 505*(2010). Department Of The Army Washington, DC, 30 September
- Wolski, L.A., McKenzie, D.C., & Wenger, H.A. (1996). Altitude training for improvements in sea level performance: is there scientific evidence of benefit? Sports Medicine, 22, 251-263.
- <https://www.sportsci.org/traintech/altitude/wgh.htm>.22.10.2018.
- <https://www.harita.gov.tr>.26.11.2018.

EXTENDED SUMMARY

EVALUATION OF THE EFFECTS OF HIGH ALTITUDE PHYSIOLOGY AND ADAPTATION ON MILITARY PHYSICAL READINESS LEVEL

It is not necessary to know the effects of high altitude on physical performance for many soldiers, most of the time. Only the personnel who are stationed at a high altitude temporarily or due to the assignment task, need information about the physiological changes that occur in the body at high altitude.

Physical readiness (PR) and military physical readiness (MPR) concepts have been used by the world's advanced armies in the last decade. The physical readiness test corresponds to the tests we can call the Physical Performance and Fitness Assessment Tests, while the Military Physical Readiness Tests mainly cover the measurement and evaluation of physical exertions in military tasks.

In both missions, the personnel are subjected to high level of physical performance. The physical and physiological stress caused by these physical stresses is different at high altitude. Health problems at the altitude of up to 2000 meters in the training seem low. However, health problems increase significantly when the altitude exceeds 2500 meters.

The negative effects of high altitude result from the decrease of barometric pressure and partial oxygen pressure. The atmospheric pressure and density are gradually decreasing as the earth surface rises higher.

Part of the breathing process tries to move the air against the resistance of the airways. This resistance is very high during the exercises.

High Altitude Training to be Considered Issues for Military Personnel

High altitude means being above sea level terrestrial. The aircraft also shows similar effects on human body when it is higher than sea level. The partial pressure of oxygen decreases in both environments.

High altitude lifestyle or physical performance efficiency depends on factors such as the health status of the individuals, the level of development of basic endurance, the psychology at the beginning of high altitude, the experience of elevation and the level of fitness before the elevation.

In our country, altitude is increasing geographically towards east. Sub-maximal efforts (short-term loads with a maximum intensity of 80-85% of the maximum heart rate) at high altitude, heart rate and cardiac output, are 50% higher than sea level. However, heart rate remains constant. The increase in the volume of blood flow at high altitude can partially compensate for the decreasing oxygen in the arterial blood. It is understood that metabolic and cardio respiratory systems compensate for the decreasing oxygen content in the blood by increasing cardiac output in moderate effort.

Oxygen saturation is higher than 92% in healthy individuals between 1200 and 2400 meters, which is considered to be moderate height. For saturation of oxygen in rest, the partial pressure of the oxygen decreases due to the diffusion of oxygen from the lungs to the blood. There is a decrease in the passage of cells. However, it can be protection at a

good level up to 2400 meters. But this protection situation is impaired when resting during the physical activity. As a result, there are losses over 1200 meters in aerobic performance capacity.

Result

In order to benefit from the advantages of high altitude, the functioning of the enzymes in your body is needed. Otherwise, physical loading without adaptation, in particular physical trainings above the physiological capacity will not lead to any effect or positive development. Knowing the effects of physical loading at high altitude in military trainings will contribute positively to the physical performance of the personnel.

Success or failure in high altitude conditions depends on the planned training program. The units that make well-organized annual and longer-term training programs will successfully use the high-altitude effects.

It is imperative that scientific practices should be supported for the increase of physical performance in all physical activities shown under high altitude conditions. With this scientific support, the staff should determine the condition of the personnel before and after the high altitude controls, the development of the programs, the dynamics of the restructuring and also the nutritional status.