



Ali Onur Cerrah

The School of Physical Education and Sport, Anadolu University, Eskisehir-Turkey

alihonorcerrah@gmail.com

REVIEW

PHYSIOLOGIC RESPONSES OF DIFFERENT AEROBIC LEVEL ATHLETES TO ALTITUDE TRAINING AND OPTIMUM ALTITUDE AND EXPOSING TIME

Abstract

This study has indicated that the effect of altitude training on endurance performance of elite and non-elite athletes and the optimum altitude and exposing time. In many research it has been proved that the threshold should be 2500 m and 3-4 weeks or above in order that altitude training show effect on athletes. However, changes regarding effect of the training above this threshold showed differences on elite athletes who compete in different sports, in some research endurance parameters improve, while in some research it did not. In this sense, at the basic of this differences it is important that the natural endurance threshold of the athletes and where the athletes reached of this threshold before altitude training.

Key Words: Altitude Training, Aerobic Endurance, Elite Athletes

FARKLI AEROBİK DAYANIKLILIĞA SAHİP SPORCULARIN YÜKSELTİ ANTRENMANINA FİZİKSEL CEVAPLARI VE OPTİMUM YÜKSEKLİK VE KALIŞ SÜRESİ

Özet

Bu çalışmada, farklı yükseklikteki dayanıklılık antrenmanlarının elit ve elit olmayan sporcular üzerindeki dayanıklılık parametreleri üzerine etkisi ve optimum yükselti ve kalış süreleri incelenmiştir. Birçok araştırmada yükselti antrenmanının sporcu üzerinde etki gösterebilmesi için yükselti eşiğinin 2500 metre ve 3-4 haftanın üzerinde olması gerektiği ortaya konulmuştur. Ancak bu eşik üzerindeki antrenmanların farklı branşlardaki elit sporcular üzerindeki değişimler farklılık göstermiş, bazı araştırmalarda dayanıklılık parametrelerinde gelişim gözlenirken bazılarında gözlenmemiştir. Bu bağlamda bu farklılığın temelinde sporcunun doğal dayanıklılık sınırı ve yükselti antrenmanı öncesinde bu sınırın ne kadarına ulaşılmış olduğu önem kazanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yükselti Antrenmanı, Aerobik Dayanıklılık, Elit Sporcu

Giriş (Introduction)

Yirmi-otuz yıldır sporcuların antrenman içeriklerinin gelişmesiyle maksimal oksijen tüketimlerinde (VO_{2max}) bir artış meydana gelmiş, bu durum uzun mesafe dünya rekorlarındaki artışla paralellik göstermiştir. Bu gelişimi sağlayan faktörlerden bir tanesi de, dağ eteklerinde yaşayan sporcuların olimpiyat oyunlarında daha başarılı olmasından dolayı düşünülen yüksek irtifanın etkisidir (Levine, 2002). Güney Afrika da son 100 yılda yüksek irtifada gerçekleştirilen Bogotá, Colombia (2600 m); Quito, Ecuador (2800 m); ve La Paz, Bolivia (3600 m) 1460 uluslararası futbol müsabakaları üzerinde istatistiksel bir araştırma yapan McSharry (2007), yüksek irtifada bulunan ev sahibi takımın daha düşük yükseltideki takımlara oranla daha fazla gol kaydetmiş ve kalesinde daha az gol görmüş olduğu sonucuna ulaşmıştır. Araştırmalardan elde edilen bilgiler göstermektedir ki, deniz seviyesinden yüksek rakımlara çıkıldıkça atmosferik basıncın ve paralel olarak da oksijen kısmi basıncının azalma görülmektedir (Tablo 1). Bunlara bağlı olarak arteryel oksijen saturasyonunun (SAO_2) ve total arteryel oksijen miktarının (CaO_2) düşmesi söz konusu olacağından hipoksi durum oluşmaktadır (Metin, 2004).

Tablo1. Farklı rakımlarda çevresel ve fizyolojik parametrelerdeki değişiklikler

Sınıflama	Yükseklik (m)	Atmosfer Basıncı (mm/Hg)	Kısmi Oksijen Basıncı (mm/Hg)	Alveolar Oksijen Basıncı (mm/Hg)	Arteryel Oksijen Saturasyonu (%)	Arteryel Oksijen Miktarı (mL/L)
Düşük Seviye	0	760	159	104	98	197
Orta seviye	1000	670	140	91	97	195
Yüksek Seviye	1524	627	131	85	96	193
Aşırı Düzeyler	2500	559	117	75	96	193
	3048	517	180	72	95	191
	4000	460	96	60	89	179
	5500	380	80	49	84	169
	10000	215	45	25	49	131

Buradan çıkan sonuç şunu göstermektedir ki, yükseltide bulunan takımların sporcuları, farklı metrelerdeki yükseltinin bir takım akut etkilerinden dolayı daha alçak irtifada bulunan oyunculara dayanıklılık performansı açısından üstünlük sağlamaktadır. (Dick, 1992). Yükseltide yapılan antrenmana yanıt olarak gelişen dayanıklılık performansı gelişimi birbiri ile ilişkili farklı bölümlerden oluşur. Bunlar; hiperventilasyon, hemokonsantrasyon, kalp debisinde azalma, kırmızı kan hücrelerinde artış, kassal adaptasyonlar, kas miyogloblin içeriğinde artış, fibril boyutlarında değişim, kapillarizasyon, mitokondriyal kapasite, glikolitik metabolizma enzim aktivitelerinde değişimler, artık ürünlerin ve/veya laktik asitin uzaklaştırılma hızında artışlar, mekanik verimliliğin artması, substrat kullanımındaki değişimler, VO_{2max} 'daki değişimler olarak ana başlıklar halinde sıralanabilir (Hahn ve Gore, 2001; Kinsman, 2002; Townsend vd., 2002).

Bu nedenle yükselti antrenmanları yarışmacı atletler tarafından deniz seviyesi performanslarını geliştirmek amaçlı çok sık kullanılan bir yöntem haline gelmiştir. Bununla beraber yükselti antrenmanlarından fayda sağlanması konusu ise tartışmalıdır. Yüksek rakımlara aklimatizasyon, merkezi ve periferik adaptasyonlar ile oksijen taşınması ve kullanılmasındaki artışlara neden olmaktadır. Hipoksi egzersizleri antrenman uyaranlarını arttırdığından dolayı, dayanıklılık antrenmanlarının etkisini de artırır. Buna karşı yükseltide hipoksi, antrenman şiddetini kısıtlar, bu ise elit atletlerde kondisyon azalmasına neden olabilir (Levine ve Stray-Gundersen, 1997). Yapılan bazı araştırmalarda bu düşüncüyü destekleyen

sonuçlar ortaya çıkmıştır; farklı dayanıklılık düzeylerinde bulunan sporcularda yükseltinin bu olumlu etkisi VO₂max gibi dayanıklılığın bir göstergesi olan bazı parametrelerde görülmemiştir. Hahn vd. (2001), elit bisiklet ve kayak sporcularında yaptıkları araştırmada, VO₂max ya da Hbmass değerlerinde artış olmamasına rağmen, ortalama 4 dakika süren görevlerde performansın istatistiksel olarak anlamlı olmayan oranda artış trendi gösterdiğini bulmuşlardır. Orta seviye yükseltide (2650-3000 m) 23 günden daha fazla uyumanın (gece uykusu), elit atletler için pratik faydaları olabileceğini fakat bu faydalı etkilerin Hbmass ve VO₂max değerlerini içermediği sonucunu ortaya koymuşlardır.

Bu nedenle yükselti antrenmanlarının objektif etkisi halan tartışma konusudur. Antrenörler ve araştırmacılar tarafından yükselti antrenmanları düzenlenirken dikkat edilmesi gereken bazı temel noktalar vardır. Bu derleme kapsamında, yükselti antrenmanlarını sınırlayan bu faktörlerden bazılarında bahsedilecektir;

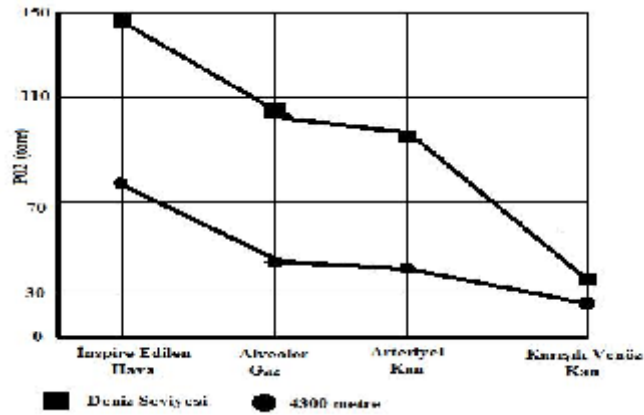
- (1) Yükseltide gerçekleştirilen dayanıklılık antrenmanının performansa olan katkısının yükseltinin hangi seviyelerinde olması gerektiği,
- (2) Yükseltiye aklimatizasyon sürecinin en uygun şekilde gerçekleştirilmesi için, yükseltiye maruz kalma süresinin ne olması gerektiği
- (3) Hangi yükselti antrenman protokolünün dayanıklılık performans gelişimine katkısı olduğu ve
- (4) Farklı performans düzeyine sahip sporcuların yükselti antrenmanına verdiği cevapların farklılık gösterip göstermediği gibi konular bu derleme kapsamında özetlenecektir.

Yükseltide Basınç ve Aklimatizasyon (Uyum) Süreci

İnsan organizmasının yükseltide normal deniz seviyesine göre farklı fizyolojik cevaplar vermesi tamamen çevredeki düşük kısmi basınçtan kaynaklanmakta, toplam barometrik basıncın düşük olmasından veya çevrede bulunan hava içerisindeki benzer herhangi bir gazdan kaynaklanmamaktadır.

Şekil 1.'de de görüldüğü gibi hava yoğunluğu deniz seviyesinden yapılan her bir tırmanışta derece derecede azalmaktadır. Örneğin, deniz seviyesindeki barometrik basınç ortalama 760 mmHg iken, 3040 m yükseklikte barometrik basınç 510 mmHg ve 5486 m yükseklikte barometrik basınç deniz seviyesindeki yarısı kadardır. Her ne kadar deniz seviyesindeki ve yükseltideki kuru hava %30.93 oksijen içerse de, havadaki Po₂ (Bölgesel Oksijen Basıncı=Hava moleküllerinin yoğunluğu), tırmanışla birlikte barometrik basıncın düşmesi (Po₂ = 0.2093 x barometrik basınç) sonucu azalmaktadır. Bu yüzden deniz seviyesinde çevredeki Po₂ yaklaşık olarak 150 mmHg iken 3048 metre yükseklikte sadece 107 mmHg'dir. Po₂'deki azalma ve bununla birlikte gelen arterial hipoksia, yükseltiye ve değişen iklime adaptasyonu hızlandırmaktadır. İklim adaptasyonu (aklimatizasyon), doğal çevrede meydana gelen değişikliklerle ilgilidir. Bunlar mevsim, yer ve konut değişiklikleri olabilir (McArdle, 2001).

Yükselti, deniz seviyesinden yaklaşık 1600 m ve daha yüksek ortamları tanımlar. 2500 metreye kadar hafif, 3500 metreye kadar orta, 5500 metreye kadar yüksek, 5500 metre üzeri aşırı yüksek rakım olarak kabul edilir.



Şekil 1. Deniz seviyesi ve 4300 m yükseklikteki PO₂ (McArdle, 2001)

Yükseltide soğuk, hipobarik hipoksi ve kuru hava metabolizmayı birlikte etkiler. Yükseltide egzersiz, ortam koşullarının organizmaya olumsuz etkilerini daha da güçlendirirken, yükselti koşulları egzersiz performansını değiştiren bir faktör olmaktadır (Başoğlu vd., 2005). Çevresel hipoksi'ya aklimatizasyon sürecinde, oksijen taşımını ve kullanımını etkileyen solunum-dolaşım ve metabolik adaptasyonlar başlar (McArdle, 2001).

3048 metre yüksekliğe kadar hemoglobin yüzde saturasyonun da sadece çok küçük değişiklikler meydana gelir. Örneğin 1400m alveolar Po₂ deniz seviyesindeki 99.8± 4.9 mmHg değerinden 79.2±4.1 mmHg'ye düşer (Crapo vd. 1999). Bu yüksekliğe varıldığında, hafif havaya ve alveolar Po₂ 'nin azalmasına karşılık denge sağlamak için hızlı fizyolojik bir uyum gerçekleştirilir. Hipoksiya durumunda arterial ve alveolar oksijen saturasyonunun sabit tutulabilmesi için gelişen bu uyum (ilk koruyucu metabolizma) hiperventilasyon olarak adlandırılır. Bu uyum sürecinde;

- Hemoglobin miktarı artar. Yükseklik arttıkça hemoglobin miktarı da artmaktadır. Böylece aynı miktar kanın oksijen taşıma kapasitesi artmış olur.
- Solunumun artmasından dolayı hiperventilasyon oluşur.
- Dinlenme anında ve submaksimal egzersizlerde kan akışı artar (McArdle, 2001).

Organizmanın yükseltiye uyumu ikiye ayrılır ve kısa süreli uyumuna akut uyum (3 ile 6 hafta gibi kısa periyotlarla karakterizedir), uzun süreli uyuma ise kronik uyum (daha uzun yıllar) denilmektedir.

Yükseklığe kısa süreli uyumlar

(1) Hemoglobin miktarında 6 gün içerisinde artabilmektedir. (2) Kilo kaybı görülmektedir. (3) Kan volümü azalmaktadır. Bayanlarda 30 gün içerisinde %20, erkeklerde 15 gün içerisinde %15 azalma görülmüştür. Meydana gelen azalmalar deniz seviyesine inildikten sonra 15-20 gün içerisinde normale dönmektedir. (4) Kalp atım hacmi 20-21 gün kadar bir süre %10 miktarında azalmaya uğrar. (5) Kalbin bir dakikadaki atım hızında artma ortaya çıkmasıdır. (6) Kalp atım gücü azalır. (7) Düşük seviyede kan bikarbonat düzeyi sebebiyle azalmış kan tampon sistemi (nötralizasyon) özelliği ortaya çıkar. (8) Fazla yüklemeli çalışmalarda 42 günlük bir süre, daha yüksek seviyede kan laktik asit düzeyinin meydana

gelmesini sağlamaktadır. (9) Yüksekliğe çıkılmasını takiben 11 gün içerisinde eritrosit miktarında artış gözlenir (Ergen ve Zergeroğlu, 2002).

Yükseklığe uzun süreli uyum

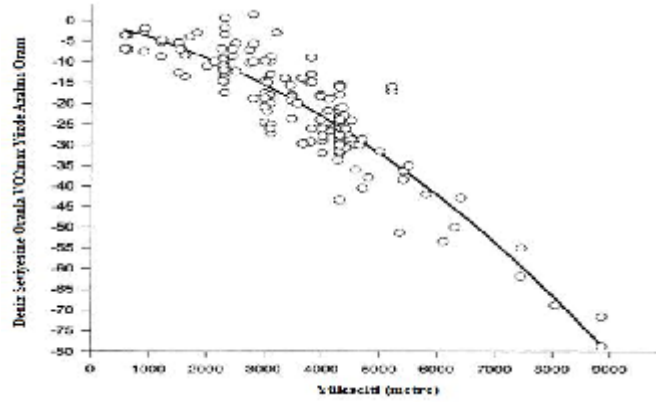
Yükseltiye uzun süreli uyum konusunda literatürde yeterli bilgi bulunmamasına rağmen son zamanlarda bu alanda araştırma sayılarında bir artış meydana gelmiştir. Özellikle 4400 metre gibi oldukça yüksek sayılan bölgelerde yaşayan Bolıvyalı Nepal'li ve Peru'lu çocukların, küçük vücutlu olması ve geç olgunlaşması, belki de hipoksi ve kronikleşen yetersiz beslenmenin etkilerinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Bu bölgede yapılan bir araştırmaya göre bireylerin hipoksiye uzun süreli uyumları araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, bireylerde oluşan aklimatizasyonun büyük olasılıkla kronik dağ hastalıklarına karşı vücudun kendisini savunmak amaçlı bazı parametrelerde meydana getirdiği değişimleri kapsamaktadır. Bu değişimler, arteriyel hipoksi, pulmoner vasokonstriksiyon, pulmoner damarların yenilenmesi ve ortama uygun hale gelmesi, eritrositoz (eritrosit oranının artması) şeklinde sıralanabilir (Stuber ve Scherrer, 2010).

Yükselti ve Antrenman İlişkisi

Antrenman ve yükselti ilişkisinde optimum fayda sağlayacak yöntem bir çok araştırmacı tarafından ortaya konulmaya çalışılmıştır (Levine ve Stray-Gundersen, 1997; Hahn ve Gore, 2001; Henderson vd., 2001; Rusko, 2004). Sporcuların aerobik performansını ortaya koyan en önemli faktörlerden bir tanesi çalışan dokulara oksijenin iletilme kapasitesidir. Uzun yıllardır dayanıklılık antrenmanlarının kan hacmini hem bayan hem erkeklerde arttırdığı ortaya konulmaktadır (Nagashima vd., 1999). Sonraki araştırmalar bu gelişimin daha fazla eritrosit ve plazma hacminden kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır. Kan hacmi adaptasyonu, maksimal aerobik performans artışına izin veren sadece birkaç mekanizmayı ifade etse de, bunun maksimal oksijen alımıyla (VO_{2max}) alakalı olduğu kanıtlanmıştır (Sawka vd., 2000). Deniz seviyesindeki VO_{2max} 'deki gelişimlerin belirlenebilmesi için kontrol gruplu çalışmaların eksikliği bazı çelişkili sonuçların ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Yükselti koşullarında antrenman yapmanın VO_{2max} üzerinde etkili olduğunu gösteren çalışmalar yanında etkisinin olmadığını gösteren çalışmaların olması bu konunun güncelliğini korumasını sağlamıştır. Bu bağlamda, doğal veya yapay yükselti ortam farklılıkları, yüksekte yaşa-alçakta antrenman (YYAA) protokollerinin VO_{2max} 'ye etkileri konusundaki yeteri kadar bilimsel araştırma bulunmamaktadır (Hahn ve Gore, 2001; Henderson vd., 2001).

Aerobik Dayanıklılık Parametreleri ve Yükselti Antrenmanı İlişkisi

Hipoksiye maruz kalan sporcularda ilk olarak, aerobik dayanıklılığın belirleyicisi olan VO_{2max} değerlerinde düşüş görülür ve bu 580 metre gibi düşük rakımlarda bile gözlemlenebilir (Hahn ve Gore, 2001). Çeşitli bireysel özellikler, örneğin bireyin antrenman yada performans düzeyine göre VO_{2max} 'deki maksimum düşüşler 1500 metreden sonraki her 300 metre için % 1,5-3,5 olduğu rapor edilmiştir (Burtscher, 2005). Şekil 2.'de görüldüğü gibi 4300 metredeki 14 günlük kısa süreli uyumun VO_{2max} ve dayanıklılık kapasitesini artırdığı gösterilmiştir. Deniz seviyesindeki miktara göre % 10 civarında fazla olan bu artış 3000 metreye göre % 20 daha az olduğu bulunmuştur (Skinner, 2005). Yapılan çalışmalarda dayanıklılığı belirleyen bazı parametrelerdeki değişimler ve bu değişimleri etkileyen yükseltinin düzeyi ve yükseltide optimum kalış süreleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.



Şekil 2. Farklı yüksekliklerdeki VO_{2max} değerleri (Skinner, 2005)

Vogt vd. (2001) çalışmalarında 3850 metre yükselti koşullarında, 6 hafta süresince, bir set 30 dk olarak haftada 5 kez bisiklet egzersizi yaptırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre oksijen alımı (8.3–13.1%) ve maksimal güç çıktılarında (11.4–20.8%) bir artış gözlenmiştir. Ayrıca, hipoksik antrenmanın kas miyogloblin miktarları (172.2%) ve vasküler endotelial büyüme faktörleri (152.4%) üzerine pozitif yönde etki yaptığı belirtilmiştir.

Masuda vd. (2001) 14 sağlıklı erkek sedanter bireyi eşit olarak 2 gruba ayırmışlar. N diye adlandırdıkları gruba normal koşullarda 8 hafta, H diye adlandırdıkları gruba ise hipoksik ortamda (2500 m yüksekliğe denk gelen) 8 hafta süresince antrenman yaptırmışlardır. Kişilerin VO_{2max} değerleri ve miyogloblin (Mb) değerleri 8 hafta öncesi ve sonrasında normal ortamda giderek artan bisiklet testi ile ölçülmüştür. Her iki grupta da bir gelişim meydana gelmiş ancak aralarında istatistiksel bir fark oluşmamıştır. Mb açısından da herhangi bir artış gözlenmemiştir. Sonuç olarak dayanıklılık antrenmanları sonucu aerobik potansiyelde oluşan anlamlı artışın insan kasındaki Mb artışıyla ilişkili olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca, her ne kadar antrenman hipoksik ortamda yapılmış olsa da iş yükünün Mb artışını tetikleyici etki göstermemiş olabileceği de düşünülmektedir.

Heinicke vd. (2005) yılında yapmış oldukları araştırmada 3 hafta boyunca 2050 metre yükseklikte yapılan geleneksel dayanıklılık antrenmanlarının yüksek antrene bir gruptaki sporculara ait toplam hemoglobin yoğunluğuna olan etkisini araştırmışlardır. Toplam hemoglobin yoğunluğu (tHY), dünya klasındaki 6 erkek 4 bayan biatlon sporcusundan araştırmanın ilk gününde, bitime son 2 gün kala ve deniz seviyesine dönüşten sonraki 16. gün ölçülmüştür. Erkeklerdeki tHY (14.0±0.2 g/kg'dan 15.3±1.0 g/kg'a, $p<0.05$) yükselmiş ve deniz seviyesine dönüşten 16 gün sonra normal seviyeye düşmüştür. Aynı şekilde bayanlarda da, tHY (13.0±1.0 g/kg'dan 14.2±1.3 g/kg'a, $p<0.05$) yükselmiştir.

Farklı yükselti düzeylerinin etkisinin araştırıldığı bir başka çalışmada, Ge vd. (2002) 48 genç sağlıklı deneğin (42 erkek-16 kız) 4 hafta süresince ve haftada 24 saat, 1.780, 2.085, 2.454 ve 2.800 m yüksekliklerinde zaman geçirmelerini sağlamışlardır. Kan eritrosit değerleri de deniz seviyesinde ve her bir yükseltiden sonraki 6 ve 24 saatte ölçülmüştür. Sonuç olarak kan eritrositinin 2.454 ve 2.800 metrelerde yükseltiden sonraki 6 saatte yüksek görülmüş ve 24 saate kadar bu artış devam etmiştir. Ancak bu belirtiler 1.780 ve 2.800 metrede

görülmemiştir. Bu durum birçok sporcu için eritrosit artış eşik değerinin yükseltisinin 2.454 ve 2.800 metre aralığında olduğunu göstermektedir.

Bir başka araştırma sonucunda ortaya çıkan düşünce ise, 2200 metreden düşük yükseltilerdeki adaptasyonun, kırmızı kan hücresi hacminde artış için gerekli hipoksik bir stres yaratmada etkisiz olacağından, VO_{2max} üzerinde artışa neden olmayacağıdır. 4000 metre ve daha yükseklerde ise normal antrenman yükünün devamlılığı sağlanamayacağından, detraining (performansın kaybedilmesi) durumu ortaya çıkabilecektir. YYAA (2500 metrede yaşam) yaklaşımının kullanıldığı bazı kontrollü çalışmalarda ise VO_{2max} 'ta anlamlı derecede artışlar görülmüştür (Hahn ve Gore, 2001).

Bir diğer çalışmada ise, hipoksik ortamın dayanıklılık parametrelerinde artışa sebebiyet vermesi için optimum yükseltiye kalış süresi araştırılmıştır. Hahn vd. (2001) elit bisiklet ve kayak sporcularında yaptıkları çalışmada, VO_{2max} ya da Hbmass değerlerinde artış olmamasına rağmen, ortalama 4 dakika süren görevlerde performansın istatistiksel olarak anlamlı olmayan oranda artış trendi gösterdiğini bulmuşlardır. Orta seviye yükseltilerde (2650-3000 m) 23 günden daha fazla uyumanın (gece uykusu), elit atletler için pratik faydaları olabileceğini fakat bu faydalı etkilerin Hbmass ve VO_{2max} değerlerini içermediği sonucunu ortaya koymuşlardır.

Bu araştırmalardan da anlaşılacağı gibi, hipoksiyaya maruz kalma sonucunda, kırmızı hücrelerin hacmi artmakta, bununla paralel olarak ta kan hacmi artmaya başlamaktadır. Bu yüzden üstünde durulan hipotez, oksijen ulaştırma kapasitesinin artmasıyla maksimal aerobik kapasitesinin de artacağıdır. Bu temel düşünceden yola çıkarak, yükselti antrenmanının ana sebebi arteriel kan oksijen taşıma kapasitesini arttırarak kırmızı hücrelerin toplam hacmini ve hemoglobin yoğunluğunu arttırmak ve böylece VO_{2max} ve performansı hem yükselti hem de deniz seviyesinde arttırmaktır (Rusko vd., 2004). Ancak, birçok çalışmada ortaya çıkan çelişkili sonuçlar hipoksik ortamda yapılan antrenman adaptasyonun karmaşık durumundan dolayı, yüksek irtifa antrenmanları sonrasında deniz seviyesindeki aerobik performansın gelişimi hakkında olumlu sonuçlar bulunamamıştır (Levine, 2002; Gore vd., 1998).

Çalışmalar arasındaki farklılıkların diğer ve oldukça önemli iki açıklaması ise, (1) çelişkili sonuçların uygulanan protokollerden kaynaklanmış olabileceğidir. Bu bağlamda, deniz seviyesindeki performans artırımını sağlamak amaçlı “yüksekte yaşam, yüksekte antrenman (YYAA)” ve “yüksekte yaşam ve alçakta antrenman (YYAA)” gibi farklı protokoller üzerinde çalışmalar yapılmıştır. (2) Düşük VO_{2max} değerine sahip sporcuların, yüksek VO_{2max} değerine sahip sporculara oranla yükselti antrenmanları sonucu meydana gelen VO_{2max} değişim oranlarının daha fazla gelişim sağlayacakları yönünde hipotezler vardır. Sporcuların ilk performansları arasındaki farklılıkların ortaya çıkan sonuçları etkilediği düşünülmektedir.

Yüksekte Yaşam, Yüksekte Antrenman ile Yüksekte Yaşam ve Alçakta Antrenman Arasındaki Fark

Birkaç araştırma sonucunda YYAA modelinin VO_{2max} 'ı geliştirdiği sonucuna ulaşılmıştır (Gore vd., 1997). Aklimatizasyon boyunca VO_{2max} 'ın ve performansın yavaş yavaş arttığı, fakat 4 hafta YYAA yönteminden sonra VO_{2max} 'ın deniz seviyesindeki değerine ulaşmadığı bulunmuştur (Hahn ve Gore, 2001). Başka bir çalışmada da düşük irtifalarda dayanıklılık sporcularının VO_{2max} değerinde bir azalma görülmüştür buda aklimatizasyonun yarış performansını koruma açısından önemli olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır (Rusko vd., 2004).

Bu yöneme alternatif bir yöntem olan “yüksekte yaşam, alçakta antrenman yap (YYAA)” Levine ve Stray Gundersen (1997) tarafından geliştirilmiştir ve dayanıklılık performansı için kullanılmaya başlanmıştır (Robach vd., 2006). Levine ve Stray Gundersen

(1997)'nin araştırmasında 39 uzun mesafe koşucusu 4 hafta boyunca rasgele bir şekilde (a) yüksekte yaşamış (2500m) ve alçakta antrenman yapmışlar (1250), (b) yüksekte yaşamış (2500m) ve yüksekte antrenman yapmışlar (2500m) veya (c) alçakta yaşayıp (150m) alçakta antrenman yapmışlar (150m). Araştırma sonucuna göre 5 km yarış performansı açışında VO_{2max} değerleri her iki yükselti antrenman grubunda da %4 oranında artsa da, deniz seviyesinde VO_{2max} 'a denk gelen koşu hızı ve ventilasyon eşiği yalnızca yüksekte yaşayıp alçakta antrenman yapan grupta istatistiksel olarak gelişim göstermiştir. Yani, yüksekte yapılan antrenmanlar yüksek irtifa aklimatizasyonunu geliştirirken, alçak irtifa antrenmanları da antrenman yoğunluğunu geliştirmektedir. Bu bağlamda, yüksekte yaşa alçakta antrenman yap yöntemi dayanıklılık antrenmanları için en uygun olan yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak Tablo 2'de de grldği üzere, her iki yöntemde de dayanıklılık performansı bazı araştırmalarda artarken bazılarında bir değişim gözlenmemiştir. Bu durum, araştırmalar arası yöntem, yükselti, araştırma grubunun düzeyi, ölçüm yöntemi gibi faktörlerden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda, her iki yöntem arasında her ne kadar fazla farklılıklar oluşmasa da yükseltinin ortam koşullarının antrenman esnasında sporcular üzerinde olumsuz etkisini ortadan kaldırmak ve psikolojik baskıyı aza indirmek amaçlı, yüksekte yaşam ve alçakta antrenman modelinin daha uygun olduğu düşünülmektedir.

Tablo 2. Yüksekte yaşam-yüksekte antrenman ve yüksekte yaşam-alçakta antrenmanın maksimal oksijen tüketimi üzerine etkisi

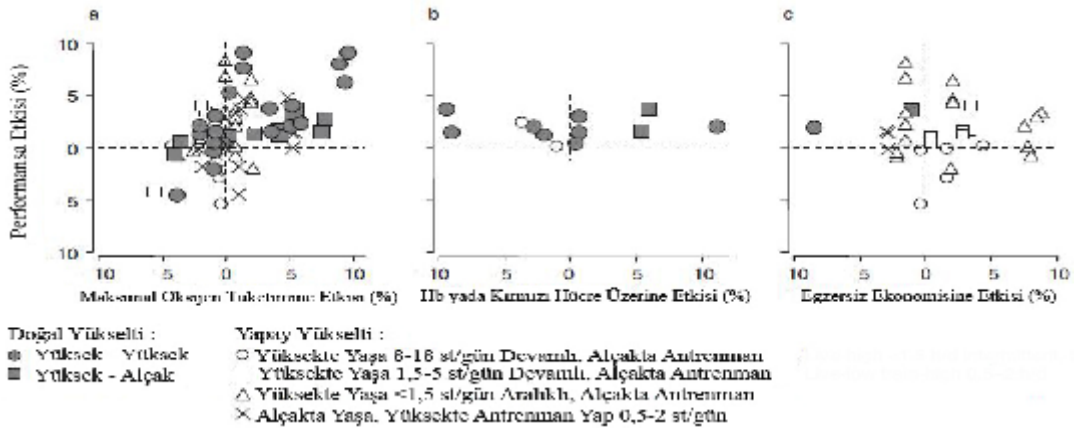
Araştırmacılar	Yöntem	Araştırma Grubu (denek+kontrol)	Yükselti ve kalış süresi	VO_{2max}	ölçüm değişkeni
Gore vd., 1997	YYYA	13+8 elit koşucu	28 gün 1740 m	1.00%	3.2-km koşu -0.60%
Rusko vd., 1996	YYYA	14+7 elit kayakı	18-28 gün 1600-1800 m	-3.10%	Maksimal anaerobic g -7.50%
Levine ve Stray-Gundersen, 1997	YYYA	13 + 13 elit koşucu	28 gün 2500 m	4.90%	5 km koşu 2.50%
Burtscher vd., 1996	YYYA	10+12 amatör koşucu	12 gün 2315 m	1.40%	Bisiklet 8.70%
Levine ve Stray-Gundersen, 1997	YYAA	13 + 13 elit koşucu	28 gün 2500/1250 m	5.40%	5 km koşu 4.30%
Wehrin vd., 2006(a)	YYAA	10 elit orienteering sporcusu + 7 kayakı	24 gün 2500 m	4.10%	5 km koşu 1.60%
Stray-Gundersen vd., 2001	YYAA	22 elit koşucu,	27 gün 2500 m	3%	3 km koşu +1.1%

YYYA: Yüksekte yaşam-yüksekte antrenman, YYAA: Yüksekte yaşam-alçakta antrenman

Yapay Yükselti ortamlarında Antrenman

Dayanıklılık gelişimi amaçlı kullanılan yükselti antrenmanlarının gerçekleştirilebilmesi için çoğu zaman uygun tesis, yaşam standartları ve malzemelerin bulunması gerekmektedir. Bu standartlara sahip ortamların kolaylıkla sağlanamaması ve teknolojisinde gelişimi ile birlikte, hipoksik koşulların sağlandığı yapay ortamlar kurulmuştur. Bahsedilen YYAA yap prensibinin de kolaylıkla uygulanabildiği bu yöntemlerle sporcular yükselti ortamının sağlandığı çadır ve ya odalarda gece uykularını geçirirken, deniz seviyesinde antrenman yapma imkanı bulmuşlardır. Sonuç olarak, 10.000 metreye kadar yükseltinin yapay olarak sağlanabildiği yükselti odalarının oluşturulması, farklı branşlardaki sporculara bu tür uygulamaların yapılabilmesine olanak tanımakta ve doğal yükseltide oluşan hava şartlarının (sıcak, kuru, soğuk vb.) olumsuz etkisi en aza indirilebilmektedir.

Yapay yükselti ortamları ile doğal ortamların performansa etkisinin karşılaştırıldığı bazı çalışmalar bulunmaktadır. Bonetti ve Hopkins (2009), farklı protokolleri karşılaştırdıkları bir araştırmada ise, Şekil 3.'de görüldüğü gibi yüksekte yaşa-alçakta antrenman yap prensibi, yüksekte yaşa-yüksekte antrenman yap prensibine göre daha başarılı görülmektedir. Böylece, normal yükseltide antrenman yapabilme imkanı sağlayan ve yükseltiye çıkmadan hipoksiye adaptasyonda kullanılan nitrojen odaları, yükselti çadırları ya da hipoksik soluk alma cihazlarının da performansa olumlu katkısı olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3. Doğal ve yapay yükseltelerde farklı protokollerle VO_{2max} , hemoglobin (Hb) yada kırmızı hücre kütlesi, egzersiz ekonomisinin performansa etkilerinin değerlendirilmesi (Bonetti vd., 2009).

Yüksekte yaşa-yüksekte antrenman yap protokolünün sporcular için yükselti performansını geliştirmedeki yararları açıktır, fakat kontrol gruplu araştırmalarda gelişmiş bir deniz seviyesi performansını sağlamak için yapılan çalışmalar ise tartışmalıdır. YYYA çalışmalarının pozitif etki sağlamamasının nedenleri ise, (1) Aklimatizasyonun etkisi yükseltinin fazla olmaması nedeniyle (<2000-2200mt), elit sporcularda RCV/Hbmass değerlerinde artış için yeterli uyarıyı sağlamaması ve/veya bir yükselti antrenman periyodunun (<3-4 hafta) çok kısa sürmesi, (2) Yükseltide antrenmanın etkisi; kardiyovasküler ve nöromusküler sistemlerin fonksiyonunu arttırmak için gereken antrenman uyarılarında yetersizliğe ve (3) muhtemelen artan stresin aşırı yorgunluk sendromu semptomlarında ve enfeksiyonlarda artışlara neden olması olarak sıralanabilir (Hahn ve Gore, 2001).

Genel olarak, mevcut sonuçlara göre doğal ya da yapay yükseltelerde antrenman ya da uyuma ve deniz seviyesinde antrenman yapma bazı sporcularda küçük performans artışları gösterebilmektedir. Fakat bu artışlara hangi mekanizmaların neden olduğu konusu net değildir ve farklı yükselti programlarının performansı geliştirdiği konusunda net tanımlamalar yapabilmek için daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır (Hahn ve Gore, 2001).

Bireysel Farklılıkların Yükselti Antrenmanı ile İlişkisi

Yükseltinin dayanıklılık performansına olan etkisinin incelenmeye çalışıldığı birçok araştırmada, ortaya çıkan farklılıklar, bireyler arası performans düzeyi farklılığının yükselti antrenmanına olan cevabı etkilediği düşüncesinin ortaya çıkmasına sebebiyet vermiştir.

2000-2500 m orta dereceli yükseklikte yapılan antrenmanlar sonucunda deniz seviyesindeki gelişimin önemli derecede VO_{2max} başlangıç seviyesinden kaynaklanan bireyler arası farklılıktan ortaya çıktığı Chapman vd. (1998) tarafından ilk kez belirtilmiştir.

Yapmış oldukları araştırmada, 39 kolej koşucusunu iki gruba ayırmışlar 17'sine yüksek irtifa ortamında antrenman yaptırmışlar ve 15'ini kontrol grubu olarak araştırmaya dahil etmişlerdir. 4 hafta yükseltide antrenman yapan grubun deniz seviyesindeki 5000 metre koşu esnasındaki eritrosit oluşumu anlamlı bir şekilde artmıştır. Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında deniz seviyesine döndükten 14 gün sonrada eritrosit oranı kırmızı kan hücreleri sayısı normale göre halen yüksek görülmüştür. Bu araştırma sonucunda yükselti antrenmanı sonrası deniz seviyesi performansında oluşan farklılıkların yükseltideki eritrosit değerine bağlı olduğu belirtilmiştir.

Friedmann vd. (2005) 16 elit genç yüzücüye haftada 60-70 km 4 mmol laktat düzeyinde 3 hafta süresince 2100-2300 metre yükseklikte antrenman yaptırmışlardır. Yüzücülerin normobarik hipoksiya (2500m) maruz kalmadan 4 saat önce ve sonra eritropoietin düzeyleri ölçülmüştür. Yükseltiden önce ve sonra, toplam hemoglobin yoğunluğu ve performansları giderek artan yüzme testi ile ölçülmüştür. 4 saat normobarik hipoksiya maruz kalma sonucunda, eritropoietin değerleri (10-185%) yükselmiş ve bireysel farklılıklar akut eritropoietinin arttığını ancak toplam hemoglobinde bir artış olmadığını göstermiştir. Yükselti antrenmanı sonucunda deniz seviyesinde oluşan bu performans artışının toplam hemoglobin oranına bağlı olmadığı düşünülmektedir.

Bu araştırmalar yükseltiyle bazı fizyolojik parametrelerde değişimlerin oluştuğunu göstermektedir. Ancak bazı araştırmalarda da bu değişimler gözlenmemiştir. Friedmann vd. (1999) diğer bir araştırmaların da, demir tüketimi olmayan üst düzey sporculara demir ilavesinin toplam vücut hemoglobin (TVH) yoğunluğunu, orta düzey yükseltide yapılan antrenman sonucunda arttıracığı hipotezini araştırmışlardır. Bundan dolayı, alman boksör takımı üyelerine rastgele seçme yöntemiyle ferrous-glycine-sulfate (demir ve amino-asit içerikli hap) veya yalancı ilaç, 18 gün orta düzeydeki (1800 m) yükselti de uygulanan antrenman esnasında vermişlerdir. Yükselti antrenmanı öncesi ve sonrasında TVH yoğunluğu ve giderek artan ölçüm yöntemiyle performans düzeylerini ölçmüşlerdir. Orta düzeydeki yükseltide kalış öncesi, sırası ve sonrasında eritropoietin (Epo) ve retikülositos (Retics) ve demir metabolizmasına ait bazı parametreler venöz kanda ölçülmüştür. Araştırma sonucunda, yalancı ilaç verilen grupta TVH değerlerinde istatistiksel olarak bir değişim gözlenmezken, demir tedavisi gören grupta istatistiksel bir düşüş meydana gelmiştir. Ancak, orta düzeydeki yükselti antrenmanları süresince Epo ve Retics değerleri her iki grupta da anlamlı olarak artmış ve demir metabolizmasına ait parametrelerde değişim meydana gelmemiştir. VO_{2max} 'da da herhangi bir değişim meydana gelmemiştir. Aynı ölçüm yöntemi bu sefer daha düşük yükseltide (400-1000m) aynı gruba uygulanmış. Her ne kadar eritrosit miktarında yükselmeye benzer belirtiler olsa da demir kaybına rastlanmamıştır. Sonuç olarak, 18 gün 1800 metrede yapılan dayanıklılık antrenmanları demir tüketimi olmayan ancak demir ilavesi olan ve olmayan her iki sporcu grubunda da TVH değerini arttırmadığı bulunmuştur.

Pottgiesser vd. (2009) tarafından gerçekleştirilen araştırmanın amacı geçici bir süre için orta düzey yükseltide (1816 m) geleneksel bir yöntem olan orta düzeyde yaşam ve antrenman yönteminin, özellikle gerçek ve kontrolsüz doğal şartlarda toplam hemoglobini (tHb) artırıp artırmadığını araştırmaktır. tHb miktarı 7 erkek elit bisikletçiden yükseltiye çıkmadan hemen önce ve deniz seviyesine iner inmez ölçülmüştür. Sporcular 21 günlük yükselti antrenman kampını 1816 metrede yaşayarak ve 1800-2400 m antrenman yaparak geçirmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, yükselti antrenmanı ile tHb değerlerinde herhangi bir değişim olmadığı gözlenmiştir (önce; 927 ± 109 g, sonra; 951 ± 113 g). Bunun yanı sıra, kırmızı kan hücreleri, plazma hacmi ve kan hacmi, hemoglobin konsantrasyonu ve hematokrit değerlerinde hiçbir istatistiksel değişim görülmemiştir. Sonuçlar şunu göstermiştir ki, insan vücudunda yükseltinin etkisiyle tHb oranında değişimin sağlanabilmesi için yeterli yükselti

eşiğinde antrenman yapılmalıdır bu da 2100-2500 metreyi aşan yükselti olarak düşünülmektedir. Bu araştırma sonucu da, yükseltide eritropoietik yükselmenin sağlanabilmesi için gerekli olan eşiğinin 2100-2500 metreden daha fazla olduğu hipotezini desteklemektedir. Buna ek olarak, önceki araştırmalardan bilinen elit sporcularda eritropoietik adaptasyonla alakalı olan fizyolojik limit veya bireyler arası farklılıklar bu sonuçların oluşmasında etkili olabileceği de düşünülmektedir.

Saunders vd. (2004) yılında yapmış oldukları çalışmada, yükseltinin koşu ekonomisi (KE) üzerine etkisini araştırmışlardır. 22 maksimal oksijen tüketimi açısından homojen olan elit uzun mesafe koşucusu araştırmaya katılmış ve 3 gruba ayrılmışlardır. 1. grup, yüksekte yaşa (simule edilen 2.000-3100m) alçakta antrenman (YYAA; 600 m doğal yükseklik); 2. grup; orta düzeyde yaşa, orta düzeyde antrenman (OYOA; 1.500-2000 m doğal yükseklik) ve 3. grup; alçakta yaşa, alçakta antrenman (AYAA; 600 m doğal yükseklik) grubudur. Tüm gruplara bu protokoller 20 gün uygulanmıştır. Sporculara ait koşu ekonomisi submaksimal olarak koşu bandında 3 ayrı hızda (14, 16, ve 18 km/s) egzersiz gerçekleştirilmeden önce ve sonra değerlendirilmiştir. VO₂, dakika ventilasyonu, respiratuar değişim oranı, kalp atım hızı, kan laktat değerleri her bir koşunun son 60 saniyesi içerisinde alınırken hemoglobin yoğunluğu ayrı olarak ölçülmüştür. Tüm testler normal yükseltide (600m) yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 3 submaksimal koşu hızından elde edilen ortalamaya göre VO₂ (L/dk) % 3.3 (P =0.005) YYAA grubunda OYOA ve AYAA grubuna göre daha düşük çıkmıştır. VO₂ dakika ventilasyonu, respiratuar değişim oranı, kalp atım hızı, hemoglobin oranı her üç protokolden sonra değişim göstermemiştir. Laktat değerlerinde de herhangi bir artış gözlenmemiştir bunun sebebi olarak da düşük aerobik koşu değeri anaerobik enerji gelişimine katkı sağlamada yetersiz kalışı olarak belirtilmiştir. Ayrıca, her ne kadar simule edilen YYAA yap protokolü koşu ekonomisini geliştirse de bu durum karbonhidratların enerji olarak öncelikli kullanımı sonucu azalan VO₂ dakika ventilasyonundan mı yoksa hemoglobindeki herhangi bir değişimden mi kaynaklandığı açıklanamamaktadır.

Gore vd. (1998) hemoglobin yoğunluğu (Hb yoğunluğu) ve maksimum oksijen alım (VO_{2max}) değerlerini 4000 m yükseklik simule edilerek yapılan bireysel bisiklet testi ile 8 elit bisikletçiden ölçmüştür. Ayrıca hematolojik marker olan kırmızı kan hücrelerindeki (KKH) dönüşümde 31 gün 2690 metrede yapılan antrenman öncesi ve sonrası ölçülmüştür. Bu değişkenler, periyodik olarak bir şekilde yükselti sonrasındaki 3-4. gün, 8-9. gün ve 20-21. günlerde tekrardan ölçülmüştür. Araştırma sonucunda, Hb yoğunluğunda değerlerinde herhangi bir değişim gözlenmemiş, bununla beraber VO_{2max} değeri araştırma sonrası 8-9. gün alt sınırında altına düşmüştür (önce; 81.4±0.6 ml.kg⁻¹.dk⁻¹, sonra; 79.3±0.7 ml.kg⁻¹.dk⁻¹). Bu sonuçlar büyük ihtimalle, elit sporcuların Hb yoğunluğu veya VO_{2max} değerleri açısından başlangıç değerlerinin doğal fizyolojik sınırlara çok yakın olmasından kaynaklanmış olabileceği düşüncesini ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca, bireysel bisiklet testi en iyi skor fonksiyonu açısından herhangi 3 gün sonrasında analiz edildiğinde %4 gelişim sağlanmış ancak bu gelişimin VO_{2max} veya Hb yoğunluğuyla alakalı olmadığı bulunmuş. KKH bulunan kreatin konsantrasyonu yükselti antrenmanı sonrası istatistiksel olarak düşmüş. Ancak, retikülosit sayısı, eritropoietin serum konsantrasyonu, hetogloblin ve bilirubin değerleri yükselti önce ve sonrasında ölçüldüğünde KKH dönüşümünün yükseldiği ile ilgili bir kanıt göstermemektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda, yükseltide yapılan antrenmanın elit bisikletçiler üzerindeki gelişim etkisi VO_{2max} ve Hb yoğunluğundan kaynaklanmadığı düşünülmektedir. Ayrıca bu durumun anaerobik gelişimle de alakası olmadığı savunulmaktadır.

Ashenden vd. (1999), elit bisikletçi ve kayakçılarda YYAA'nin etkilerini araştırdığı bir çalışmada, 6 kişilik yükselti grubu 23 gece, gecelik 8-10 saat yapay yükselti odasında 3000 metrelik normobarik hipoksida, 7 kişilik kontrol grubu ise deniz seviyesinde uyumuşlar

ve 600 metrede antrenman yapmışlardır. Çalışma öncesinde, esnasında ve sonrasında yapılan ölçümlerde kontrol ve yükselti grubunun karşılaştırılması sonucunda 3000 metre yapay yükseltide, 23 gece geçiren, elit erkek dayanıklılık sporcularında kırmızı kan hücrelerinde herhangi bir değişimin olmadığı sonucunu ortaya koymuşlardır.

Heinicke vd. (2005) ve Friedmen vd. (2005) çalışmalarında elit sporcularda dayanıklılık parametrelerinde gelişim gözlemlerken, Friedmen vd. (1999) ve Pottgresser vd. (2008) herhangi bir gelişim gözlemlenmemişlerdir. Bu çalışmaların ortak noktası yükselti mesafesi olarak 2500 metre ve altının kullanılmasıdır. Bu durumdan dolayı ortaya çıkan sonuçların yapılan yükselti antrenmanının 2500 m eşiğinin altında yapılmasından mı yoksa sporcu düzeyinden mi kaynaklandığı netlik kazanamamıştır. Bununla birlikte, Saunders vd. (2004), Gore vd. (1998) ve Ashenden vd. (1999) çalışmalarında elit sporculara yükselti antrenmanlarını 2500 metre eşiğinin üstünde yaptırmışlar ancak dayanıklılık parametrelerinde herhangi bir gelişim gözlemlenmemişlerdir.

Wehrin vd. (2006b), YYAA uygulamalarının, dünya standartlarındaki dayanıklılık atletlerinde Hbmass oranında artışa neden olup olmadığı ve eğer artışa neden oluyorsa bu artışın YYAA programı sonrasındaki önemli bir müsabakadaki maksimum performansta etkili olup olmadığını belirlemek için yaptıkları araştırmada, biri 5000 m koşucusu diğeri maratoncu iki atlet 26 gün (günlük 18 saat), 2456 metre yükseklik yaşayıp, 1800 metrede antrenman yapmışlardır. Bu çalışma, Dünya Atletizm Şampiyonasından 27-29 gün önce tamamlanacak şekilde planlanmıştır. Hbmass ve diğer hematolojik değişkenler, YYAA kampı öncesi ve sonrası ölçülmüştür. Performans parametresi ise bu periyottaki yarış zamanları olarak belirlenmiştir. Araştırmanın sonuçları ise Hbmass %3.9 ve % 7.6, genç eritrosit miktarı ise %5.8 ve % 6.3 oranında artış göstermiştir. Yarış zamanları YYAA kampı sonrasında, Dünya şampiyonasındaki sıralamaları da dahil olmak üzere, belirgin olarak artış göstermiştir. Buna göre araştırmacılar, Dünya standartlarındaki atletlerin uygun seviyedeki yükseltide uyguladıkları YYAA programları Hbmass oranında artışa neden olduğu ve bu artışın deniz seviyesindeki önemli bir yarışmada performansla olumlu yönde etkide bulunduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Bu bilgiler doğrultusunda adaptasyon mekanizmalarına bakılmaksızın, orta seviye yükseltide devamlı antrenman ya da yaşamın, elit sporcuların deniz seviyesi performanslarına pozitif etkilerin olduğunu destekleyen kontrollü araştırmalar yoktur. Genel olarak, mevcut sonuçlara göre doğal ya da yapay yükseltide antrenman ya da uyuma ve deniz seviyesinde antrenman yapma bazı sporcularda küçük performans artışları gösterirken bazılarında göstermemiştir. Fakat bu artışlara hangi mekanizmaların neden olduğu konusu net değildir ve farklı yükselti programlarının performansı geliştirdiği konusunda net tanımlamalar yapılabilmek için daha çok çalışmaya ihtiyaç vardır.

Sonuç

Yapılan bir çok araştırmadan elde edilen sonuçlara göre genel görüş, yükseltinin etkisiyle birlikte kırmızı kan hücresi hacminde ve maksimal oksijen tüketiminde (VO_{2max}) bir artış olduğudur. Yükseltiye uyum kapsamında oluşması beklenen bu değişimler, uygulanan antrenman çeşidi, süresi, antrenman grubunun özelliği ve yükseltinin miktarına bağlı olarak değişebilmektedir. Özellikle yükselti antrenmanlarının etkisinin görülebilmesi için belirli bir eşiğin üzerinde yapılması deniz seviyesine dönüş sonrası dayanıklılık performansı için oldukça önemlidir. Bunun yanında bazı spor branşlarıyla uğraşan elit sporcularda yükseltiye bağlı dayanıklılık gelişimi gözlenmemiştir. Bu durum sporcuların doğal dayanıklılık sınırlarına deniz seviyesinde yapmış oldukları antrenmanlarla ulaşmış olduklarından yükseltide antrenmanının etkisi görülmemektedir şeklinde yorumlanmaktadır. Bu bağlamda ileri çalışma planlarında aynı ortam koşullarında farklı branşlardaki elit sporcuların

dayanıklılık parametreleri üzerine çalışmalar yapılmalıdır. Yükselti ve yükseltiye maruz kalma süresi dikkatlice planlanmalıdır.

Kaynaklar (References)

1. Ashenden, M.J., Gore, C.J., Dobson, G.P. vd. (1999). 'Live High, Train Low' Does Not Change the Total Haemoglobin Mass of Male Endurance Athletes Sleeping at a Simulated Altitude of 3000 m for 23 Nights, **European Journal of Applied Physiology**, 80/5, pp: 479-84.
2. Başoğlu, S., Çolak, R., Turnagöl, H. (2005). Yükseltide Performans ve Karbonhidratlar, **Hacettepe Spor Bilimleri Dergisi**, 16/3, pp: 157.
3. Burtcher, M., Nachbauer, W., Baymgarthl, P., Philadelphia, M. (1996). Benefits of Training at Moderate Altitude Versus Sea Level Training in Amateur Runners, **European Journal of Applied Physiology**, 74, pp: 558-563.
4. Burtcher, M. (2005). The Athlete at High Altitude: Performance Diminution and High Altitude Illnesses, **International SportMed Journal**, 6/4, pp: 215-223.
5. Bonetti, D. L., Hopkins, W. G. (2009). Sea-Level Exercise Performance Following Adaptation to Hypoxia: A Meta-Analysis, **Sports Medicine**, 39/2, pp: 107-27.
6. Crapo, R. O., Jensen, R. L., Hegewald, M. H., Tashkin, D. P. (1999). Arterial Blood Gas Reference Values for Sea Level and an Altitude of 1,400 Meters, **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, 160, pp: 1525-1531.
7. Chapman, R. F., Stray-Gundersen, J., Levine, B. D. (1998). Individual Variation in Response to Altitude Training, **Journal of Applied Physiology**, 85/4, pp: 1448-56.
8. Dick, F. W. (1992). Training at Altitude in Practice, **International Journal of Sports Medicine**, 13/1, pp: 203-206.
9. Ergen, E., Zergeroğlu, A. M. (2002) **Değişik Ortam Koşullarında Egzersiz. Egzersiz Fiziyojisi**, Nobel, Ankara.
10. Friedmann, B., Frese, F., Menold, E., Kauper, F., Jost, J., Bärtsch, P. (2005). Individual Variation in the Erythropoietic Response to Altitude Training in Elite Junior Swimmers, **British Journal of Sports Medicine**, 39/3 pp: 148-53.
11. Friedmann, B., Jost, J., Rating, T., Weller, E., Werle, E., Eckardt, K. U. vd. (1999). Effects of Iron Supplementation on Total Body Hemoglobin During Endurance Training at Moderate Altitude, **International Journal of Sports Medicine**, 20/2: 78-85.
12. Ge, R. L., Witkowski, S., Zhang, Y., Alfrey, C., Sivieri, M., Karlsen, T. vd. (2002). Determinants of Erythropoietin Release in Response to Short-Term Hypobaric Hypoxia, **Journal of Applied Physiology** 92, pp: 2361-7.
13. Gore, C. J., Craig, N. P., Hahn, A. G., Rice, A. J., Bourdon, P. C., Lawrence, S. R. vd. (1998). Altitude Training at 2690 m Does Not Increase Total Haemoglobin Mass or Sea Level VO₂max in World Champion Track Cyclists, **Journal of Sport Science and Medicine in Sport**, 3, pp: 156-170.
14. Gore, C. J., Little, S. C., Hahn, A. G., Scroop, G. C., Norton, K. I., Bourdon, P. C. vd. (1997). Reduced Performance of Male and Female Athletes at 580 m Altitude, **European Journal of Applied Physiology**, 75, pp: 136-143.

15. Hahn, A. G., Gore, C. J. (2001). The Effect of Altitude on Cycling Performance: A Challenge to Traditional Concepts, **Sports Medicine**, 31, pp: 533–557.
16. Hahn, A. G., Gore, C. J., Martin, D. T. (2001). Ashenden MJ, Roberts AD, Logan PA. An Evaluation of the Concept of Living at Moderate Altitude and Training at Sea Level. **Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Molecular & Integrative Physiology**, 128/4, pp: 777-89, Apr.
17. Heinicke, K., Heinicke, I., Schmidt, W., Wolfarth, B. (2005). A Three-Week Traditional Altitude Training Increases Hemoglobin Mass and Red Cell Volume in Elite Biathlon Athletes, **International Journal of Sports Medicine**, 26/5, pp: 350-5.
18. Henderson, K. K., Clancy, R. L., Gonzalez, N. C. (2001). Living and Training in Moderate Hypoxia Does Not Improve $VO_{2\max}$ More Than Living and Training in Normoxia, **Journal of Applied Physiology**, 90/6, pp: 2057-2062.
19. Kinsman, T. A., Hahn, A. G., Gore, C. J., Wilsmore, B. R., Martin, D. T. and Chow, C. M. (2002). Respiratory Events and Periodic Breathing in Cyclists Sleeping at 2,650m Simulated Altitude, **Journal of Applied Physiology**, 92/5, pp: 2114-2118.
20. Levine, B. D., Stray-Gundersen, J. (1997). Living High-Training Low: Effect of Moderate-Altitude Acclimatization With Low-Altitude Training on Performance, **Journal of Applied Physiology**, 83, pp: 102-112.
21. Levine, B. D. (2003). Intermittent Hypoxic Training: Fact and Fancy, **High Altitude Medicine & Biology**, 3, pp:77–193.
22. Masuda, K., Okazaki, K., Kuno, S., Asano, K., Shimojo, H., Katsuta, S. (2001). Endurance Training Under 2500-m Hypoxia Does Not Increase Myoglobin Content in Human Skeletal Muscle, **European Journal of Applied Physiology**, 85, pp: 486–490.
23. McSharry, P.E. (2007). Effect of Altitude on Physiological Performance: A Statistical Analysis Using Results of International Football Games, **British Medical Journal**, 335, pp: 278-1281.
24. McArdle, W. D., Katch, F. I., Katch, V. L. (2001). **Exercise Physiology**, Lippincott Williams and Wilkins, United States of America.
25. Metin, G. (2004). Yüksek Rakımlarda Egzersiz, **Solunum**. 6/2, pp: 89-97.
26. Nagashima, K., Mack, G. W., Haskell, A., Nishiyasu, T., Nadel, E. R. (1999). Mechanism for the Posture-Specific Plasma Volume Increase After a Single Intense Exercise Protocol, **Journal of Applied Physiology**, 86/3, pp: 867–873.
27. Robach, P., Schmitt, L., Brugniaux, J. V., Nicolet, G., Duvallet, A., Fouillot, J. vd. (2006). Living High–Training Low: Effect on Erythropoiesis and Maximal Aerobic Performance in Elite Nordic Skiers, **European Journal of Applied Physiology**, 97, pp: 695–705.
28. Pottgiesser, T., Ahlgrim, C., Ruthardt, S., Dickhuth, H. H., Schumacher, Y. O. (2009). Hemoglobin Mass After 21 Days of Conventional Altitude Training at 1816m, **Journal of Sport Science and Medicine in Sport**, 12/6, pp: 673-5.
29. Rusko, H., Tikkanen, H., Peltonen, J. (2004). Altitude and Endurance Training, **Journal of Sport Sciences**, 22/10, pp: 928-945.

30. Rusko, H. K., Kirvesniemi, H., Paavonlainen, L., Vähäsöyrinki, P., Kyrö, K. P. (1996). Effect of Altitude Training on Sea Level Aerobic and Anaerobic Power in Elite Athletes, **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 28, pp:124 (Abstract 739).
31. Saunders, P., Gore, C., Hahn, A., Hawley, J., Telford, R., Pyne, D. vd. (2004). Improved Running Economy in Elite Runners After 20 Days of Simulated Moderate-Altitude Exposure, **Journal of Applied Physiology**, 96/3, pp: 931–7.
32. Sawka, M. N., Convertino, V. A., Eichner, E. R., Schneider, S. M., Young, A. J. (2000). A Blood Volume: Importance and Adaptations to Exercise Training, Environmental Stresses, and Trauma/Sickness, **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 32, pp: 332–348.
33. Skinner, J. S. (2005). **Exercise Testing and Exercise Prescription for Special Cases: Theoretical Basis and Clinical Application**, Lippincott Williams & Wilkins, United States of America.
34. Stray-Gundersen, J., Chapman, R. F., Levine, B. D. (2001). Living High-Training Low" Altitude Training Improves Sea Level Performance in Male and Female Elite Runners, **J Appl Physiol**, 91/3, pp: 1113-20.
35. Stuber, T., Scherrer, U. (2010). Circulatory Adaptation to Long-Term High Altitude Exposure in Aymaras and Caucasians, **Progress in Cardiovascular Disease**, 52/6, pp: 534-9.
36. Townsend, N. E., Gore, C.J., Hahn, A.G., McKenna, M.J., Aughey, R.J., Clark, S.A., Kinsman, T., Hawley, J.A., Chow, C.M. (2002). Living High-Training Low Increases Hypoxic Ventilatory Response of Well-Trained Endurance Athletes, **Journal of Applied Physiology**, 93/4, pp: 1498-1505.
37. Vogth, M., Puntchart, A., Geiser, J., Zuleger, C., Billeter, R., Hoppeler, H. (2001). Molecular Adaptations in Human Skeletal Muscle to Endurance Training Under Simulated Hypoxic Conditions, **Journal of Applied Physiology**, 91, pp: 173-82.
38. Wehrin, J. P., Zuest, P., Halle, J., Marti, B. (2006a). Live High-Train Low for 24 Days Increases Hemoglobin Mass and Red Cell Volume in Elite Endurance Athletes, **Journal of Applied Physiology**, 100, pp: 1938–1945.
39. Wehrin, J.P., Marti, B. (2006b). Live high-train low associated with Increased Haemoglobin Mass As Preparation for the 2003 World Championships in Two Native European World Class Runners, **British Journal of Sports Medicine**, 40/2, (Abstract)