

Kayaklı- Koşucularda Dayanıklılık Egzersizlerinin Normoksi ve Hipoksi Koşullarında Maksimum Oksijen Tüketimi (MaxVO₂) ve Bazı Solunum Parametreleri Üzerine Etkisi

Ebru ÇETİN¹, Mergül ÇOLAK², Ulviye ATEŞOĞLU^{a1}

¹ Gazi Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu,

² Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı, ANKARA

ÖZET

Amaç: Kayaklı koşu sporcularında dayanıklılık egzersizlerinin, normoksi ve hipoksi koşullarında maksimum oksijen tüketimi (maxVO₂) ve bazı solunum parametreleri üzerine etkisinin incelenmesidir.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya, ulusal ve uluslararası düzeyde kayaklı koşu yarışmalarına katılan, haftanın 6 günü submaksimal şiddette aerobik dayanıklılığı geliştirici egzersiz yapan 10 erkek ve 8 bayan toplam 18 sporcu gönüllü olarak katılmıştır. Ölçümler toplam üç kez ve ilki Ankara'da (856 m rakımda), ikincisi Erciyes Dağında (2220 m. rakımda) ilk gün, üçüncüsü de dağda kalınan 7. günde öğleden sonra, hep aynı saatlerde ve yemekten ortalama 3 saat kadar sonra gerçekleştirilmiştir. Ölçümler Kayseri Erciyes Kayak Merkezinde 2220 m yükseklikte, 4-6 °C hava sıcaklığında yapılmıştır. Verilerin istatistiksel analizi SPSS 10.0 programı kullanılarak yapılmıştır.

Bulgular: Yapılan istatistiksel analiz sonucunda, kız sporcuların üç ölçümü karşılaştırıldığında sadece maxVO₂ değerlerinde 1. ve 2. ölçümler arasında p<0.05 düzeyinde anlamlı farklılık bulunmuştur. Erkek sporcularda, vital kapasite (VC) ve zorlu akım hızı (FEF₂₅₋₇₅) değerlerinde 1. ve 2. ölçümler arasında p<0.05 düzeyinde, maxVO₂'de 1. ve 2. ölçümler arasında, VC, maksimal istemli solunum (MVV) ve 1. saniyedeki zorlu ekspiratuar hacim (FEV₁) değerlerinde ise 2. ve 3. ölçümleri arasında p<0.001 düzeyinde istatistiksel anlamlılık bulunmuştur. Cinsiyetler bakımından yapılan karşılaştırma sonucunda da 1. ölçümlerde zamanlı (zorlu) vital kapasite FVC, FEV₁, MVV ve FEF₂₅₋₇₅ değerlerinde p<0.05 düzeyinde, 2. ölçümlerde VC, FVC, FEV₁, FEF₂₅₋₇₅ ve MVV değerlerinde p<0.001 düzeyinde, 3. ölçümlerde VC, FVC, FEV₁ ve MVV parametrelerinde p<0.05 düzeyinde istatistiksel anlamlılık tespit edilmiştir.

Sonuç: Kayaklı koşu sporcularında dayanıklılık egzersizlerinin, normoksi ve hipoksi koşullarında maxVO₂ ve bazı solunum parametreleri üzerine etkisinin olduğu tespit edilmiştir. ©2008, Fırat Üniversitesi, Tıp Fakültesi

Anahtar kelimeler: Kayaklı koşu, solunum parametreleri, maxVO₂

ABSTRACT

The Effect of Endurance Training in the Conditions of Normoxia and Hypoxia on Maximal Oxygen Consumption (VO₂max) and Some Ventilator Parameters in Cross-Country Skiers

Objective: Examination of the effect of endurance training in normoxia and hypoxia on maximal oxygen consumption (VO₂ max) and some ventilator parameters in cross-country skiers.

Materials and Methods: The study includes total 18 subjects, 10 males and 8 females, who took part in the races at elite level, and practiced exercises for developing aerobic endurance on 6 days a week. Totally 3 measurements were done during study, the first one of which was in Ankara (856 m), the second on the Mount Erciyes at the first day of acclimatization (2220 m, 4-6°C) and the last one was again on Erciyes at the 7th day of acclimatization. All the tests were done at the same time of the day, 3 hours after the lunch.

Results: The conclusion statistical analysis; in the comparison three tests of females, significant differences were found among the first and the second VO₂max scores at the level of p<0.05. There were significant differences between first and second vital capacity (VC), forced expiratory flow (FEF₂₅₋₇₅) scores of male (p<0.05) and results that 1st, 2nd VO₂max scores 2nd, 3rd VC, maximum voluntary ventilation (MVV), forced expiratory volume after 1s (FEV₁) at the first second, thus scores of male were significantly different at p<0.001 level. As a result of the comparison of both sex, it was found that in the first measurement FVC, FEV₁, FEF₂₅₋₇₅, MVV scores were statistically significant at the level of p<0.05, in the second measurement VC, forced vital capacity (FVC), FEV₁, FEF₂₅₋₇₅ at the level of p<0.001, in the third measurement VC, FVC, FEV₁, MVV at he level of p<0.05.

Conclusion: Consequently its determined that there is significant effect of endurance training on max VO₂ in normoxia and hypoxia and some ventilator parameters in cross-country skiers. ©2008, Fırat University, Medical Faculty.

Key words: Cross-country skiing, ventilator parameters, VO₂ max

Son yıllarda birçok bilimsel çalışmanın konusu hipoksik çevre koşullarına ventilasyonun cevaplarını araştırmak olmuştur (1-3). Bu çalışmaların sonuçlarına göre yüksek irtifada solunan havadaki PO₂'nin düşmesi ventilasyondaki artışla telafi edil-

mektedir. Ventilasyonda zamana bağlı olarak meydana gelen bu artış da ventilasyon uyumu olarak tanımlanmaktadır (1). Solunum sırasında meydana gelen değişiklikler kimyasal ve nörolojik uyarılarla kontrol edilir (4).

^a Yazışma Adresi: Dr. Ulviye Ateşoğlu, Gazi Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, ANKARA
e-mail: ulviye@gazi.edu.tr

Genel olarak yükseltiyeye uyum için kalınan süre bireysel özelliklere bağlıdır. Ancak yine de 2300m'ye kadar olan yüksekliklere uyum için 2 hafta ve 2300 m'den sonraki her 610 m için (4572 m Yüksekliğe kadar) ek bir hafta süreye ihtiyaç duyulur (5). Yüksek irtifada dinlenme ve egzersiz sırasındaki ventilasyon deniz seviyesine göre daha yüksektir (6-8).Yüksekliğe ani çıkıştan sonra (4300 m), ilk 6-8 gün boyunca ventilasyon giderek artmaktadır (9). Ventilasyonun hipoksiyaya uyumu, zamanla ventilasyon akımında meydana gelen artışla ya da arterial PCO₂ (PaCO₂)'deki düşüşle gerçekleşmektedir. Bu uyum esnasında ventilasyon akımında meydana gelen artış, kısmen karotid cisimciklerinin hipoksiyaya duyarlılığında zamanla oluşan artışla ilgilidir (10). Hipokside karotid cisimciklerindeki artış yüksekliğe uyumla birlikte oluşmaktadır ve uyum süreçlerinde karotid cisimcikleri önemli rol oynamaktadır (11). Yüksek irtifaya ventilasyonun uyum oranı ve büyüklüğü cinsiyete göre farklıdır (12,13). Yüksek irtifaya uyum sağlamamış, 2 hafta süreyle 4300m'de kalan bayanların erkeklere göre daha hızlı ventilasyon uyumu sağladıkları ifade edilmektedir (1). Bayanlarda akciğerler ve solunum yollarının enine kesiti erkeklere göre daha küçüktür. Vital kapasite (VC) daha düşük, istirahat solunum frekansı daha yüksektir. Maksimal solunum dakika volümü, maksimal solunum kapasitesi (MVV) ve maksimal oksijen alımı ve kullanımı da daha düşüktür (14). Ayrıca erkeklerin 16 yaşında relatif maxVO₂ değerleri kızların değerlerinden yaklaşık %20-30 daha fazladır (15).

Solunum fonksiyon testlerinin klinik kullanımı 1844 yılında Hutchinson'un spirometre kullanarak vital kapasiteyi ölçmesiyle başlar (16). Havayolu dirençleri ve hava akım hızları hakkında bilgi veren ve pulmoner fonksiyonların yeterliliğini göstermek amacıyla yapılan spirometrik ölçümler, solunum fonksiyon laboratuvarlarında da sıklıkla kullanılmaktadır (17).

Yüksekliğe çıkıldıkça atmosferin fizyolojik kuşağı (düşük, orta ve ekstrem) vital fonksiyonları belirgin şekilde etkilemektedir. Hava yoğunluğundaki azalmaya bağlı olarak zorlu 1. saniye ekspirasyon volümü (FEV₁) ve zorlu akım hızları (FEF₂₅₋₇₅) irtifa artışına bağlı olarak bir miktar artmaktadır. Solunum fonksiyonlarında 1500 m irtifaya kadar bazı akım hızlarında değişimler olsa da ölçülebilir düzeyde belirgin değişimler ortaya çıkmamaktadır (18).

Ani hipoksiye maruz kalan kişilerde, düşük O₂ basıncından dolayı oluşan arteriyel O₂ konsantrasyonundaki düşüş, maxVO₂ değerindeki düşüş ile doğru orantılıdır. Deniz seviyesi ile 1000m yükseklik arasında maxVO₂ de çok büyük bir değişiklik yoktur. Fakat 1500 m'den sonra her 1000 m için %10'luk bir azalma olur (19,20). Akut hipoksiye maruz kalındığında başlangıçta maxVO₂'de düşüş görülmektedir. İrtifaya uyum sağlandıktan sonra ise hipoksinin maxVO₂ üzerine çok az bir etkisi olduğu ifade edilmektedir (20).

Yapılan bir çok çalışmada; düşük irtifada doğup erken yaşlarda yüksek irtifaya göç eden ve aynı zamanda yüksek irtifada doğup büyüyen çocuk ve yetişkinlerin akciğer

fonksiyonlarının düşük irtifada doğup büyüyenlere göre daha yüksek olduğu bildirilmiştir (21-25). Fakat düşük irtifada yaşayan bireylerin yüksek irtifaya çıktıklarında akciğer volüm ve kapasitelerinde meydana gelen değişiklikleri bildiren fazla çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çalışmanın amacı; branşları gereği belirli aralıklarla yüksek irtifaya maruz kalan, dayanıklılık antrenmanı yapan kayaklı koşucularda, yüksek irtifanın maxVO₂ ve bazı solunum parametreleri üzerine etkisini incelemektir.

GEREÇ ve YÖNTEM

Hipokside yapılan ölçümler Kayseri Erciyes Kayak Merkezinde 2220 m'de, 4-6°C hava sıcaklığında yapılmıştır. Akciğer hacim ve kapasiteleri taşınabilir Vitalograf Spirometre ile ölçülmüştür. Deneklere ölçümler 3'er kez tekrarlatılmış ve üç testin sonunda en iyi değer esas alınmıştır. Deneklerin fiziksel özellikleri tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Deneklerin Fiziksel Özellikleri

	Yaş (yıl)	Boy (cm)	Vücut Ağırlığı (kg)
Erkekler (n=10)	15.6± 1.71	166.50±10.02	52.90±9.54
Bayan (n=8)	16.00±2.07	160.75±6.61	49.62±7.07

Sporcuların maxVO₂ değerleri 20 metre mekik koşusu (shuttle run) testi ile ml.kg/dk cinsinden tespit edilmiştir (26).

İstatistiksel Analiz: SPSS 10.0 paket programında, grup içindeki farklara Repeated Measurement ANOVA ile bakılırken, yapılan normallik sınaması sonucuna göre gruplar arası karşılaştırmalarda Independent Sample T- testi kullanılmış, p<0.05 ve p<0.001 düzeyinde anlamlılık araştırılmıştır.

BULGULAR

Cinsiyetler arasında yaş, boy uzunluğu ve vücut ağırlığı bakımından istatistiksel karşılaştırmada anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir.

Tablo 2 ve 3 de görüldüğü gibi; kızlarda sadece maxVO₂ değerlerinde 1. ve 2. ölçümler arasında anlamlı farklılık bulunmuştur. Erkeklerde; VC ve FEF₂₅₋₇₅ değerlerinde 1. ve 2. ölçümler arasında, maxVO₂ değerinde 1. ve 2. ölçümleri arasında, VC, MVV ve FEV₁ değerlerinde ise 2. ve 3. ölçümler arasında anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Cinsiyetler bakımından yapılan karşılaştırma sonucunda (tablo 4), 1. ölçümlerde FVC, FEV₁, MVV ve FEF₂₅₋₇₅ değerlerinde, 2. ölçümlerde VC, FVC, FEV₁, FEF₂₅₋₇₅ ve MVV değerlerinde, 3. ölçümlerde VC, FVC, FEV₁ ve MVV parametrelerinde anlamlılık tespit edilmiştir. MaxVO₂ değerlerine bakıldığında ise cinsiyetler bakımından bütün ölçümler arasında anlamlı farklılık görülmüştür.

Tablo 2. Erkek Deneklerin Spirometrik Ölçümleri ve Değerlendirilmesi

ERKEKLER (n=10) Ölçümler	VC (lt)	FVC (lt)	FEV ₁ (lt/1.sn)	FEV ₁ /VC (%)	FEV ₁ /FVC (%)	FEF ₂₅₋₇₅ (lt)	MVV (lt/dk)	MaxVO ₂ (ml.kg/dk)
1	4.35±0.96	4.49±1.04	3.88±1.04	87.10±8.46	86.50±11.87	4.46±1.95	145.50±39.06	57.82±6.45
2	5.41±1.19	4.84±1.04	4.51±1.01	84.60±12.00	92.70±3.97	5.59±1.62	169.40±38.25	53.41±6.01
3	4.23±0.86	4.22±0.81	3.79±0.87	89.00±7.01	87.90±7.34	4.73±1.53	141.90±32.82	56.14±5.42
%Fark	(1-2) 24.36	7.79	16.23	2.87	7.16	25.33	16.42	7.62
	(1-3) 2.75	6.01	2.31	2.18	1.61	6.05	2.47	2.91
	(2-3) 21.81	12.80	15.96	5.20	5.17	15.38	16.23	5.11
P değeri	(1-2) 0.020*	0.82	0.06	1.00	0.28	0.013*	0.06	0.003**
	(1-3) 0.31	0.16	1.00	0.70	1.00	1.00	1.00	0.33
	(2-3) 0.007**	0.06	0.006**	1.00	0.23	0.10	0.005**	0.15

* p<0.05, ** p<0.01 VC: Vital kapasite, FVC: Zorlu vital kapasite, FEV₁: 1. saniye zorlu ekspiratuar volüm, FEF₂₅₋₇₅: %25-75 zorlu ekspiratuar akım, MVV: Maksimal istemli ventilasyon.

Tablo 3. Bayan Deneklerin Spirometrik Ölçümleri ve Değerlendirilmesi

BAYANLAR (n=8) Ölçümler	VC (lt)	FVC (lt)	FEV ₁ (lt/1.sn)	FEV ₁ /VC (%)	FEV ₁ /FVC (%)	FEF ₂₅₋₇₅ (lt)	MVV (lt/dk)	MaxVO ₂ (ml.kg/dk)
1	3.75±0.67	3.54±0.30	2.56±0.81	71.25±24.96	72.25±20.73	2.43±1.20	96.13±30.32	46.69±6.69
2	3.30±0.33	3.37±0.59	2.83±0.98	80.75±22.94	79.63±20.54	3.38±1.48	105.88±36.71	41.99±5.22
3	3.45±0.21	3.31±0.42	2.90±0.72	84.00±18.49	85.38±15.77	3.72±1.36	109.00±26.92	44.79±5.89
% Fark	(1-2) 12.00	4.80	10.54	13.33	10.21	39.09	10.14	10.07
	(1-3) 8.00	6.49	13.28	17.89	18.17	53.08	13.38	4.07
	(2-3) 4.54	1.78	2.47	4.02	7.22	10.05	2.94	6.67
P değeri	(1-2) 0.48	0.79	0.56	0.25	0.56	0.06	0.55	0.012*
	(1-3) 0.72	0.09	0.47	0.15	0.14	0.09	0.45	0.54
	(2-3) 0.48	1.00	1.00	1.00	0.51	1.00	1.00	0.15

* p<0.05, VC: Vital kapasite, FVC: Zorlu vital kapasite, FEV₁: 1. saniye zorlu ekspiratuar volüm, FEF₂₅₋₇₅: %25-75 zorlu ekspiratuar akım, MVV: Maksimal istemli ventilasyon.

Tablo 4. Erkek –Bayan Deneklerin Spirometrik Ölçümleri ve Değerlendirilmesi

Değişkenler	Ölçüm	Erkekler n=10 X±SD	Bayanlar n=8 X±SD	t- değeri
VC	1	4.35±0.96	3.75±0.67	1.500
(lt)	2	5.41±1.19	3.30±0.33	5.322 **
	3	4.23±0.86	3.45±0.21	2.775 *
FVC	1	4.49±1.04	3.54±0.30	2.757 *
(lt)	2	4.84±1.04	3.37±0.59	3.539 **
	3	4.22±0.81	3.31±0.42	2.872 *
FEV ₁	1	3.88±1.04	2.56±0.81	2.928 *
(lt/1.sn)	2	4.51±1.01	2.83±0.98	3.563 **
	3	3.79±0.87	2.90±0.72	2.301 *
FEV ₁ /VC	1	87.10±8.46	71.25±24.96	1.719
(%)	2	84.60±12.00	80.75±22.94	0.460
	3	89.00±7.01	84.00±18.49	0.724
FEV ₁ /FVC	1	86.50±11.87	72.25±20.73	1.838
(%)	2	92.70±3.97	79.63±20.54	1.982
	3	87.90±7.34	85.38±15.77	0.451
FEF ₂₅₋₇₅	1	4.46±1.95	2.43±1.20	2.558 *
(lt)	2	5.59±1.62	3.38±1.48	2.993 **
	3	4.73±1.53	3.72±1.36	1.465
MVV	1	145.50±39.06	96.13±30.32	2.932 *
(lt/dk)	2	169.40±38.25	105.88±36.71	3.563 **
	3	141.90±32.82	109.00±26.92	2.283 *
MaxVO ₂	1	57.82±6.45	46.69±6.69	3.578**
(ml.kg/dk)	2	53.41±6.01	41.99±5.22	4.240**
	3	56.14±5.42	44.79±5.89	4.249**

* p<0.05, ** p<0.01 VC: Vital kapasite, FVC: Zorlu vital kapasite, FEV₁: 1. saniye zorlu ekspiratuar volüm, FEF₂₅₋₇₅: %25-75 zorlu ekspiratuar akım, MVV: Maksimal istemli ventilasyon.

TARTIŞMA

İrtifada hipoksi, organizmayı ve oksijen taşıma sistemini dinlenim durumunda bile strese sokarak, organizmada bazı kısa ve uzun süreli uyumlara neden olmaktadır (4,27). Genel olarak yüksek irtifaya uyum için kalınan süre, bireysel özelliklere bağlıdır (4,5). Ancak yinede 2700 m'ye kadar olan yüksekliklere uyum 7-10 gün ve 2300 m'den sonraki her 600 m için (4572 m yüksekliğe kadar) ek bir hafta süreye ihtiyaç olduğu bildirilmiştir (4,5,28).

Yükseklığe ilk fizyolojik uyum 2000 m'ye çıkılması ile başlar. Oksijen parsiyel basıncının (PO_2) azalımı nedeniyle dokuya ihtiyaç duyulan O_2 'nin sağlanabilmesi için hiperventilasyon oluşur. Hiperventilasyon sonucu karbondioksit (CO_2) azalımı ile respiratuvar ve metabolik alkaloz oluşur (4,5,28,29). Yüksek irtifaya çıkıldığında, ilk birkaç günde hiperventilasyonda belirgin bir artış varken, yaklaşık bir hafta sonra bu sabitleşir. Yükseltiyeye uyum sağlanması için böbreklerde alkali maddelerin (HCO_3 bikarbonat) atılımı ile kanın pH dengesi normale döndürülür (4,5). Oksijen konsantrasyonundaki değişikliklerin gerçekte bizzat solunum merkezleri üzerine, solunum dürtülerini değiştirmede direkt bir etkisi bulunmamaktadır. Solunumu kontrol eden en önemli etkenin oksijenden çok CO_2 olduğu ifade edilmektedir. Karbondioksit konsantrasyonundaki bir değişiklik solunum kontrolü üzerinde kuvvetli akut bir etkiye ve buna karşın birkaç günlük adaptasyondan sonra zayıf bir kronik etkiye sahiptir (30). Yapılan bir çalışmada yüksek irtifaya uyum sağlanmış bayan ve erkeklerin alveoler PCO_2 farkları incelendiğinde, bayanların alveoler karbondioksit basıncının (PCO_2) erkeklerle göre 2mmHg daha düşük olduğunu buna paralel olarak bayanların PO_2 'lerinin ise erkeklerle göre biraz yüksek olduğu ifade edilmiştir (27). Bayanların PCO_2 değerlerinin erkeklerle göre düşük olmasının bikarbonat seviyelerinden kaynaklandığını bildirilmiştir (27). Ayrıca bayanların bütün irtifalarda yüksek ventilasyon değerlerine sahip olmaları seks hormonlarının uyarıcı etkisine bağlanmaktadır (27).

Çalışmamızda, solunum parametrelerini etkileyebilen boy uzunluğu ve vücut ağırlığı değerlerinde cinsiyetler arasında anlamlı farklılığın olmaması sonuçların daha güvenilir bir şekilde tartışılabileceğini düşündürmektedir.

Yükseklığe (4560 m) kısa süreli olarak maruz kalan bireyler üzerinde yapılan bir çalışmada, VC'nin % 10 azaldığı bildirilmiştir (31). Aynı şekilde akut olarak yüksek irtifaya maruz kalındığında VC'nin %7-15 kadar azaldığını, takip eden günlerde ise VC'de deniz seviyesindeki değerlere doğru bir dönüş eğilimi olduğunu tespit etmişlerdir (31). Yaptığımız çalışmada VC değerlerine bakıldığında; erkeklerde 1-2 ölçümleri arasında %24.36 bir artış, 2-3 ölçümleri arasında ise % 21.81'lik anlamlı bir düşüş tespit edilmiştir. Bayanlarda ise ölçümler arasında anlamlı farklılık bulunamamıştır. Bayanlar ve erkekler karşılaştırıldığında ise 1-3 ve 2-3 ölçümleri arasında anlamlı farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada cinsiyetler bakımından elde edilen sonuçlar literatürle paralellik göstermektedir (14). Ancak erkeklerin VC değerlerinde akut hipokside görülen anlamlı artış literatürde elde edilen bulgularla farklılık göstermektedir (18). Bu farklılığın ölçümlerin gerçekleştirildiği irtifalardaki farklılıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Basu ve arkadaşları yaptıkları çalışmada yüksek irtifaya çıkmanın 1. gününde FVC ve FEV_1 değerlerinde deniz seviye-

sine göre bir değişiklik olmadığını, 2. günde ise bu değerler bakımından anlamlı bir düşüş olduğunu bulmuşlardır. Aynı zamanda 3110m'de 3. günde FVC ve FEV_1 'in deniz seviyesinde ölçülen değerlere döndüğünü, irtifa arttıkça (3445m - 4177 m) FVC ve FEV_1 'deki düşüşün devam ettiğini belirtmişlerdir (32). Forte ve arkadaşları, yüksek irtifada FEV_1 'de orta derecede bir artış olduğunu ve FVC' de çok hafif bir düşüş olduğunu tespit etmişlerdir (33). Yüksek irtifada FVC' de gözlenen düşüşün solunum kas kuvvetindeki düşüşten kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir (34). Zverev, erkeklerin FEV_1 ve FVC değerlerinin kızlara göre %9.8 ve %10.8 daha yüksek değerlere sahip olduklarını tespit etmiştir (35). Çoksevim ve arkadaşları da akut olarak yüksek irtifaya maruz kalındığında FEV_1 'in hava yoğunluğundaki azalmaya bağlı olarak bir miktar arttığını ifade etmişlerdir (18). Pollard ve arkadaşları yaptıkları çalışmada 5300m yükseklikte geçirilen 6 günden sonra FEV_1 ve FVC değerlerinde anlamlı düşüş olduğunu bildirmişlerdir (36). Yapılan çalışmada FVC değerlerine bakıldığında bayan ve erkeklerin grup içerisindeki ölçümlerinde anlamlı farklılıklar tespit edilmemiştir. Cinsiyet bakımından karşılaştırıldığında ise bütün ölçümlerde anlamlı farklılıklar bulunmuştur. Bir çok çalışmada yüksek irtifada FEV_1 'de hafif artışlar olduğu bildirilmiştir (37-39). Bu çalışmada FEV_1 değerlerine bakıldığında erkeklerin 2-3 ölçümlerinde %15.96 anlamlı bir düşüş kaydedilmiştir. Bayanların değerlerinde ise anlamlı farklılıklar bulunmamıştır. Cinsiyet bakımından bütün ölçümlerde anlamlı farklılıklar vardır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar literatürle paralellik göstermektedir (18,35-39). Yaptığımız çalışmada kız ve erkekler arasındaki FVC ve FEV_1 değerleri bakımından farklılığın, erkeklerin solunum kas kuvvetlerinin kızlardan daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Yapılan bu çalışmada FEV_1/V_C ve FEV_1/FVC oranlarına bakıldığında gerek grup içi gerekse gruplar arasında farklılık bulunamamıştır.

Yüksek irtifada pulmoner ventilasyon fonksiyonlarının değerlendirildiği bir çalışmada, 1624 m'de ölçülen başlangıç değerleriyle 3404 m - 4896 m arasındaki irtifada kalınan iki hafta sonucunda alınan ölçümler karşılaştırıldığında her 1000 m'lik irtifa artışıyla FEF_{25-75} değerlerinde %3.6'lık bir düşüş olduğu bildirilmiştir (40). Namihira ve arkadaşları, Mexico City'deki çocukların spirometrik değerlerini inceledikleri çalışmada, erkeklerin FEF_{25-75} değerlerini kızların değerlerinden daha büyük olduğunu belirlemişlerdir (41). Yapılan çalışmada da FEF_{25-75} değerine bakıldığında; erkeklerde 1-2 ölçümlerinde %25.33'lük anlamlı bir artış gözlenmiştir. Bayanlarda ise herhangi bir farklılığa rastlanmamıştır. Cinsiyetler bakımından karşılaştırıldıklarında 1-2 ve 1-3 ölçümlerinde anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Gruplar arasında tespit edilen bu farklılık literatürle paralellik göstermektedir (41). Erkeklerde görülen grup içindeki anlamlı farklılığın, akut hipokside meydana gelen hiperventilasyondan ve solunum kaslarının daha güçlü olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yüksek irtifada hava yoğunluğunun düşük olması nedeniyle hava yolları direnci azalmaktadır. Buna paralel olarak maksimum inspirasyon ve ekspirasyon akımları da deniz seviyesine göre yüksek irtifada daha yüksektir (39). Forte ve arkadaşları yaptıkları çalışmada yüksek irtifada MVV'nin %20 oranında arttığını tespit etmişlerdir (33). Akut ve kısa süreli yüksek irtifaya maruz kalındığında, MVV'yi etkileyen temel

faktörün hava yoğunluğundaki düşüş olduğu bildirilmiştir (31). Yükseltide MVV'deki değişiklikler gaz yoğunluğundan başka, inspirasyon ve ekspirasyon kaslarının güç ve hızlarının aktivasyonu, toraks gazlarının baskılanabilirliği (sıkıştırılabilirliği), solunum sisteminin mekanik özellikleri, solunum frekansı vs. gibi birçok faktöre bağlıdır (37,38). İrtifa arttıkça MVV'nin de doğru orantıda arttığını bildiren çalışmalar mevcuttur. Yüksek irtifaya 3050 m, 5200 m ve 8200 m akut olarak maruz kalındığında MVV'nin sırasıyla %13, %24 ve %31 oranında arttığı tespit edilmiştir. Yüksek irtifada hava yolu direncindeki azalma, hava yoğunluğunun düşük olması ve muhtemel bronkodilatasyondan kaynaklandığı bununda yüksek irtifada MVV'nin artmasına neden olduğu bildirilmiştir (31). Yapılan çalışmada MVV değerlerine bakıldığında; bayanlarda bütün ölçümlerde farklılık bulunmazken, erkeklerde 2. ve 3. ölçümler arasında %16.23'lük anlamlı bir azalma olduğu gözlenmiştir. Cinsiyetler arasında bütün ölçümlerde anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Cinsiyetler arasında tespit edilen bu farklılıkların erkek ve bayanlarda inspirasyon ve ekspirasyon kaslarının güçleri ve solunum frekansındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Akut hipoksiye maruz kalındığında başlangıçta maxVO₂'de düşüş görülmektedir. İrtifaya uyum sağlandıktan sonra ise hipoksinin maxVO₂ üzerine çok az bir etkisi olduğu

ifade edilmektedir (20). Ayrıca erkeklerin 16 yaşında relatif maxVO₂ değerleri kızların değerlerinden yaklaşık %20-30 daha fazladır (15). Yapılan çalışmada maxVO₂ değerlerine bakıldığında; grup içi karşılaştırmalarda 1. ve 2. ölçümlerde erkeklerde %7.62, bayanlarda ise % 10.07'lik anlamlı bir düşüş olduğu tespit edilmiştir. Cinsiyetler bakımından yapılan karşılaştırmada ise bütün ölçümlerde p<0.001 düzeyinde anlamlı farklılık olduğu belirlenmiştir. MaxVO₂ değerlerinde her iki cinste de 1. ve 2. ölçümler arasında görülen grup içi farklılıkların hipoksinin akut etkisinden, gruplar arası farklılığın ise cinsiyet özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışma sonucunda; dayanıklılık antrenmanı yapan kayaklı koşucularda akut irtifaya (2220 m) çıkıldığında maxVO₂ ve bazı solunum parametrelerinde (VC, FVC, FEV₁, FEV₁/VC, FEV₁/FVC, FEF₂₅₋₇₅, MVV) değişiklikler olduğu, irtifada kalınan yedi gün sonucunda ise bu parametreler açısından 856 m'de ölçülen değerlere yakın sonuçlar elde edilmiştir. Cinsiyetler bakımından yapılan değerlendirmelerde ise erkeklerin bayanlara göre gerek akut gerekse kronik olarak irtifadan daha çok etkilendikleri gözlenmiştir. Cinsiyet farklılıklarının, cinsiyet özelliklerinden mi yoksa başka sebeplerden mi kaynaklandığı belirlenememiştir. Bu nedenle yapılacak başka araştırmalarda bu konunun dikkate alınması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Muza SR, Rock PB, Fulco CS, et al. Women at altitude: ventilatory acclimatization at 4,300m. *J. Appl. Physiol.* 2001; 91: 1791-1799.
- Bisgard GE, Forster HV. Ventilatory responses to acute and chronic hypoxia. In: *Handbook of Physiology. Environmental Physiology*. Bethesda, MD: Am. Physiol. Soc., 1996; sect.4, Vol.II, Chapt. 52, p.1207-1239
- Jordan AS, Catcheside PG, Orr RS, et al. Ventilatory decline after hypoxia and hypercapnia is not different between healthy young men and women. *J Appl. Physiol.* 2000; 88:3-9.
- Fox, Bowers, Foss. *Beden Eğitimi ve Sporun Fizyolojik Temelleri*. Cerit M. (Çeviren). Ankara: Bağırhan Yayınevi, 1999: s.381-386.
- Günay M, Cicioğlu İ, Tamer K. *Spor Fizyolojisi ve Performans Ölçümü*. Baran Ofset, Ankara: Gazi Kitabevi, 2006: s.283-289.
- Reeves JT, Welsh CH, Wagner PD. The heart and lungs at extreme altitude. *Thorax* 1994; 49: 631-633.
- Sutton JR, Reeves JT, Wagner PD, et al. Operation Everest II: oxygen transport during exercise at extreme simulated altitude. *J. Appl.Physiol.* 1988; 64: 1309-1321.
- Cibella F, Cuttitta G, Romano S, et al. Respiratory energetics during exercise at high altitude, *J. Appl. Physiol.* 1999; 86: 1785-1792.
- Reeves JT, McCullough RE, Moore LG, et al. Sea-level PCO₂ relates to ventilatory acclimatization at 4,300 m. *J Appl Physiol.* 1993; 75: 1117-1122.
- Dwinell MR, Janssen PL, Pizarro J, Bisgard GE. Effects of carotid body hypocapnia during ventilatory acclimatization to hypoxia. *J. Appl Physiol* 1997; 82:118-124.
- Vizek M, Pickett CK, Weil JV. Increased carotid body hypoxic sensitivity during acclimatization to hypobaric hypoxia. *J Appl Physiol* 1987; 63: 2403-2410.
- Aitken ML, Franklin JL, Pierson DJ, Schoene RB. Influence of body size and gender on control of ventilation. *J Appl Physiol* 1986; 60:1894-1899.
- White DP, Douglas NJ, Pickett CK, Weil JV, Zwillich CW. Sexual influence on the control of breathing. *J Appl Physiol* 1983; 54: 874-879.
- Akgün N. *Egzersiz Fizyolojisi*, 4. Baskı, 1.Cilt, GSGM Yayın No: 113, İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi, 1992: s.219
- Sallis JF, McKenzie TL, Alkarak JE. Habitual Physical Activity and Health-Related Physical Fitness in Fourth-Grade Children. *AJDC* 1993; 147: 890-896
- Tetikurt C. *Akciğer Dışı Hastalıklarda Solunum Fonksiyon Testleri*. *Solunum* 2000; 2: 222-226.
- Ergun N, Seyhan S, Şahin AA, Baltacı G, Yılmaz İ. Elit Bayan ve Erkek Voleybol Oyuncularında Spirometrik Değerler. *Spor Bilimleri 2. Ulusal Kongresi Bildirileri, Spor Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu Yayını, Yayın No:3, Ankara: 1992: s.47*
- Çoksevrim B, Mazıcıoğlu MM, Comu FM. Akut İrtifa Değişiminin Solunum Fonksiyonlarına Etkisi, *T. Klin. Tıp Bilimleri* 2002; 22:18-23.
- Tiryaki G. Yüksek Rakımda Egzersiz ile İlgili Son Yaklaşımlar. *I. Yüksek İrtifa ve Spor Bilimleri Kongresi. 1991; Kayseri: 30 Ekim-2 Kasım.*
- Roach R, Kayser B. Exercise and Hypoxia, Performance, Limits and Training. in: Hornbein TF, Schoene RB (Editors). *High Altitude An Exploration of Human Adaptation*. New York Basel: Marcel Dekker Inc., 2001: pp. 671
- Greksa L. Effect of Altitude on The Stature, Chest Depth and Forced Vital Capacity of Low-to-High Altitude Migrant Children of European Ancestry. *Hum Biol* 1988; 60:23-32
- Greksa L. Developmental Responses to High-Altitude Hypoxia in Bolivian Children of European Ancestry: A Test of The Developmental Adaptation Hypothesis. *Am J Hum Biol* 1990; 2: 603-612.
- Greksa LP, Spielvogel H, Paz-Zamora M, Caceres E, Paredes-Fernandez L. Effect of Altitude on The Lung Function of High

- Aititude Residents of European Ancestry. *Am J of Phys Anthropol* 1988; 75: 77-85.
24. Frisancho AR, Frisancho HG, Albalak R, et al. Developmental, Genetic and Environmental Components of Lung Volumes at High Altitude. *Am J of Hum Biol* 1997; 9:191-203.
 25. Villena M, Spielvogel H, Vargas E, et al. Anthropometry and Lung Function of 10-to12-year-old Bolivian Boys. *Int J Sports Med* 1994; 15: 75-78.
 26. Ramsbottom R, Brewer J, Williams C. A Progressive Shuttle Run Test to Estimate Maximal Oxygen Uptake. *Br J Sports Med* 1988; 22: 141-144.
 27. Ward MP, Milledge JS, West JB. *High Altitude Medicine and Physiology*. 3rd Edition, New York: Oxford University Pres Inc., 2000: pp.130,330
 28. Ergen E, Demirel H, Güner R, Turnagöl H. *Spor Fiziyojisi*. Anadolu Üniversitesi Yayını, Yayın No: 584, Eskişehir: 1993: s.138
 29. Kalyon TA. *Spor hekimliği*. 2. Baskı, Ankara: GATA Basımevi, 1994: s. 80
 30. Guyton AC, Hall JE. *Tıbbi Fiziyojisi*. Çavuşoğlu H. (Çeviren). 9.Baskı, İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi, 1996: s.528,529,551.
 31. Milic-Emili J, Kayser B, Gaultier H. *Mechanics of Breathing*. in: Hornbein TF, Schoene RB (Editors). *High Altitude An Exploration of Human Adaptation*. New York Basel: Marcel Dekker Inc., 2001: pp.179,186.
 32. Basu CK, Selvamurthy W, Bhaumick G, Gautam RK, Sawhney RC. Respiratory Changes During Initial days of Acclimatization to Increasing Altitudes. *Aviat Space Environ Med*. 1996; 67:40-45.
 33. Forte VA, Leith DE, Muza SR, Fulco CS, Cymerman A. Ventilatory Capacities at sea level and High Altitude. *Aviat Space Environ Med*. 1997; 68: 488-493 (Abstract).
 34. Deboeck G, Moraine JJ, Naeije R. Respiratory Muscle Strenght May Explain Hypoxia-Induced Dcrease in Vital Capacity, *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37:754-758 (Abstract).
 35. Zverev Y, Gondwe M. Ventilatory capacity indices in Malawian children. *East Afr Med J* 2001; Jan 78: 14-8. (Abstract).
 36. Pollard AJ, Barry PW, Mason NP, et al. Hypoxia, hypocapnia and spirometry at altitude. *Clin Sci (Lond)*. 1997; 92: 593-598.
 37. Welsh CH, Wagner PD, Reeves JT, et al. Operation Everest II. Spirometric and Radiographic Changes in Acclimatized Humans at Simulated High Altitudes. *Am Rev Respir Dis* 1993; 147:1239-1244.
 38. Mansell A, Powles A, Sutton J. Changes in Pulmonary PV Characteristics of Human Subjects at an Altitude of 5366m. *J Appl Physiol* 1980; 49: 79-83.
 39. Gaultier H, Peslin R, Grassino A, et al. Mechanical Properties of the Lungs During Acclimatization to Altitude. *J Appl Physiol* 1982; 52:1407-1415.
 40. Hashimoto F, McWilliams B, Qualls C. Pulmonary ventilatory function decreases in proportion to increasing altitude. *Wilderness Environ Med* 1997; 8: 214-217. (abstract)
 41. Namihira D, Strobe GL, Helms RW, et al. A study of spirometry in children from Mexico City. *Pediatr Pulmonol*. 1986; 2: 337-43. (abstract)

Kabul Tarihi:30.05.2007