



**AEROBİK VE ANAEROBİK ANTRENMANLI GENÇ KADIN SPORCULARDA EGZERSİZLE OLUŞAN HİPOKSEMİ
EXERCISE-INDUCED HYPOXEMIA IN AEROBIC AND ANAEROBIC TRAINED YOUNG FEMALE ATHLETES**

Selcen KORKMAZ ERYILMAZ¹, Metin POLAT², Çiğdem ÖZDEMİR³

¹Çukurova Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Adana

²Erciyes Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Kayseri

³Çukurova Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Adana

ÖZ

Bu çalışma ile, aerobik ve anaerobik antrenmanlar yapan genç kadın sporcularda maksimal egzersiz sırasında egzersizle oluşan arteriyel hipoksemi (EOAH) düzeylerini tespit amaçlandı. Araştırmaya, uluslararası düzeyde yarışmalara katılan sekiz genç kadın kros kayakçısı (17±1.4 yaş) ve yedi genç kadın alp kayakçısı (16.1±1.2 yaş) katıldı. Maksimal oksijen alımı (VO_{2max}: ml/kg/dak) koşu bandında şiddeti giderek artan egzersiz protokolü uygulanarak tespit edilmiştir. Oksijen saturasyonu (% SaO₂) istirahatte ve test süresince sürekli olarak Pulse oksimetre kullanılarak ölçülmüştür. EOAH, SaO₂'nin istirahat düzeyinden en az % 4 (ΔSaO₂≤-%4) azalması şeklinde tanımlanmıştır. Kros kayakçılarının VO_{2max}, maksimal dakika ventilasyonu (L/dak), maksimal koşu hızı, test süresi ve maksimal kalp atım hızı değerleri alp kayakçılarına göre yüksek düzeyde anlamlı bulundu (*p*< 0.05). Her iki gruptaki tüm sporcularda EOAH görüldü. SaO₂ değerlerinin Alp kayakçılarında % 97.7±1.3 dinlenme düzeyinden % 87±3.4'e düştüğü, kros kayakçıların ise % 98.1±0.3 dinlenme düzeyinden % 88±2.8'e düştüğü tespit edildi (*p*< 0.01). İki grubun dinlenme ve en düşük % SaO₂ değerleri arasında anlamlı fark olmadığı tespit edildi (*p*> 0.05). Anaerobik ve aerobik antrenmanlar yapan sporcularda egzersiz sırasında arteriyel hipoksemi ortaya çıktığı tespit edildi. Bu çalışmanın sonuçları farklı aerobik uygunluk düzeylerine sahip iyi antrenmanlı genç kadın sporcuların, maksimal egzersiz sırasında benzer EOAH sergileyebileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Desaturasyon, oksihemoglobin saturasyonu, pulse oksimetre, kros kayakçıları, alp kayakçıları.

ABSTRACT

The purpose of this study was to examine and compare the occurrence of exercise-induced arterial hypoxemia (EIAH) in aerobic and anaerobic trained young female athletes during a maximal exercise test. International level young female skiers including eight cross-country skiers (17±1.4 years) and seven alpine skiers (16.1±1.2 years) took part in the study. Maximal oxygen uptake (VO_{2max}: ml/kg/min) was determined using an incremental treadmill exercise test. Oxyhemoglobin saturation (SaO₂%) was continuously measured using a Pulse oximetry at rest and during the test. EIAH was assumed to have developed when SaO₂ decreased by at least 4% (ΔSaO₂≤ -4%) from the baseline values. VO_{2max}, maximal minute ventilation (L/min), maximal running speed, test duration and maximal heart rate values were higher in the cross-country skiers than in the alpine skiers (*p*< 0.05). All the athletes in both groups exhibited EIAH. SaO₂ was significantly decreased from 97.7±1.3% at rest to 87±3.4% at exhaustion in alpine skiers and from 98.1±0.3% at rest to 88±2.8% at exhaustion in cross-country skiers (*p*< 0.01). It has been found that there is no statistically significant difference between the resting and lowest SaO₂% values of the two groups (*p*> 0.05). It was determined that arterial hypoxemia occurred during exercise in anaerobic and aerobic trained athletes. Well-trained young female athletes who have different aerobic fitness levels may exhibit similar EIAH during the incremental maximal exercise.

Keywords: Desaturation, oxyhemoglobin saturation, pulse oximetry, cross-country skiers, alpine skiers.

Corresponding Author: Dr. Öğr. Üyesi Selcen KORKMAZ ERYILMAZ, Çukurova Üniversitesi, Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu, Antrenörlük Eğitimi Bölümü, Balcalı, Sarıçam, Adana, Türkiye, Zip kod: 1380.

Telefon: 0 322 3387001

Fax: 0 322 3387370

e-mail: selcen_korkmaz@yahoo.com

Makale Geliş Tarihi : 24.01.2019

Makale Kabul Tarihi: 18.09.2019

GİRİŞ

Uzun süreli ve yüksek şiddetli egzersizler sırasında, iskelet kas dokusunun oksijen kullanabilme yeteneği ve dokuya taşınan oksijen miktarı sportif performansı belirleyen unsurların başında gelir. Bununla birlikte son yıllarda sağlıklı insanlarda solunum sisteminin, egzersiz sırasında arteriyel kan gazı homeostazisini sağlamada yetersiz kaldığına dair kanıtlar artmaktadır (1). Arter kanında oksijen miktarının azalması maksimal oksijen kullanım kapasitesini olumsuz etkilediği (2), lokal kas yorgunluğuna katkıda bulunduğu gösterilmiştir (3). Daha önceki çalışmalar, birçok sağlıklı sporcunun normoksik ortamda egzersizle ortaya çıkan arteriyel hipoksemi yaşadığını göstermiştir (4). Bu bulgu, solunum sisteminin performansı sınırlayabilecek bir unsur olabileceğini düşündürmüştür (5).

Egzersizle oluşan arteriyel hipoksemi (EOAH), alveoloarteriyel oksijen basınç farkının (A-aDO₂) artması, arteriyel oksijen parsiyel basıncının (PaO₂) veya oksihemoglobin saturasyonunun (SaO₂) istirahat durumuna oranla azalması olarak kendini gösterir (4). EOAH, SaO₂'nin istirahat düzeyinden % 4'ten daha fazla azalması şeklinde tanımlanıp, hafif (SaO₂ %93-95), orta (SaO₂ %88-93) ve şiddetli (SaO₂ <% 88) olarak sınıflandırılmaktadır (4). Egzersiz sırasında oksijenin fraksiyonunda (FIO₂) küçük bir artışla, birçok bireyde SaO₂'deki azalmanın önlediği, maksimal oksijen alımının (VO_{2max}) arttığı ve tükenme zamanının uzadığı gösterilmiştir (2,6).

EOAH nedenleri arasında; egzersiz sırasında yetersiz alveolar hiperventilasyon, akciğerlerin ventilasyon/perfüzyon oranının bozulması, ekstra ve intrapulmoner şant akım hacminde görülen artış, pulmoner kan basınç artışının sonucu alveolo-kapiller membran yapısının bozulması ya da interstisyel ödemin oksijenin difüzyonunu zorlaştırması, pulmoner kan akımındaki artışa bağlı olarak eritrositlerin alveoler kapillerlerden geçerken oksijenle doyunlaşamaması yer almaktadır (4,7,8). Bunlara ilave olarak egzersizin ilerleyen aşamasında vücut sıcaklığındaki artış yanında metabolik asidoz, oksijen-hemoglobin ayrışım eğrisinin sağa kaymasına neden olarak (dokulara bırakılan oksijen miktarı artarken) akciğerlerden oksijen alımını zorlaştırır ve SaO₂'yi daha fazla düşürür (4,7). Egzersiz sırasında ortaya çıkan yetersiz hiperventilasyon cevabının, antrenmanlarla gelişen azalmış periferik kemoreseptör fonksiyonundan kaynaklanabileceği ifade edilmektedir (9). Nitekim düzenli olarak antrenmanlar sonrasında VO_{2max} artışının yanı sıra, egzersiz sırasında SaO₂'de daha fazla düşüş ve daha az hiperventilasyon cevabı görülmüştür (9). Pulse oksimetre kullanılarak yapılan çalışmalarda, antrenmanlı erkek sporcuların yaklaşık olarak %50'sinde EOAH'nin ortaya çıktığı gösterilmiştir (4,10,11). Öte yandan kadınlarda daha yüksek bir yüzde ile EOAH ortaya çıktığı belirtilmektedir (1). Son yıllarda yapılan çalışmalarda sağlıklı kadınlarda EOAH'nin başlıca mekanizmasının, mekanik ventilatuar kısıtlamaların olduğu gösterilmiştir (12). Kadınların daha küçük akciğer hacimleri, hava yolu çapları, difüzyon yüzey alanları ile daha düşük maksimal ekspiratuar akım hızları nedeniyle, egzersiz sırasında mekanik solunum kısıtlamaları geliştirdikleri ve bunun da hipoksemi olasılığının artmasına neden olduğu belirtilmektedir (7,12). Egzersiz sırasında ekspiratuar akım kısıtlaması, hiperventilasyon yanıtın

refleks inhibisyonuna ve/veya solunum paterninde değişikliğe neden olabilir (13). Bu durumun EOAH'yi daha da kötüleştirdiği öne sürülmüştür (14).

Literatürde EOAH'yi araştıran çalışmaların öncelikli aerobik antrenmanlı bireylere odaklandığı görülmektedir (4,10,11,15,16). Yaptığımız son çalışmada, EOAH'nin erkek endurans sporcuların yanı sıra erkek anaerobik sporcularda da benzer düzeyde ortaya çıkabileceği gösterilmiştir (17). Ancak yaptığımız literatür taramasında EOAH'yi anaerobik antrenmanlı kadın sporcularda inceleyen araştırmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmanın amacı aerobik antrenmanlar yapan genç kadın kros kayakçıları ile anaerobik antrenmanlar yapan genç kadın alp kayakçılarında şiddeti kademeli olarak artan egzersiz sırasında, egzersizle oluşan hipoksemiye incelemek ve birbirleriyle karşılaştırmaktır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Araştırmaya, sekiz genç kadın kros kayakçısı (17 ± 1.4 yaş, 160.2 ± 6 cm boy, 54.7 ± 4.9 kg vücut ağırlığı, 19.9 ± 2.8 vücut yağ yüzdeleri) ve yedi genç kadın alp kayakçısı (16.1 ± 1.2 yaş, 163.4 ± 6.1 cm boy, 52.1 ± 8.8 kg vücut ağırlığı, 20.9 ± 5.1 vücut yağ yüzdeleri) olmak üzere toplam 15 Türk Milli Takım sporcusu katıldı. Araştırma için Erciyes Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulundan onay alındı (2017/554). Tüm ölçümler Erciyes Üniversitesi Yüksek İrtifa ve Spor Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuvarında gerçekleştirildi. Ölçümler Erciyes'te yapılan milli takım kampı sırasında yarışmaya hazırlık periyodunun başlangıcında gerçekleştirildi. Sporcuların vücut ağırlıkları ve vücut yağ yüzdeleri Tanita marka biyoelektrik impedans analizi (Tanita Corporation, Arlington Heights, IL, ABD) kullanılarak ölçüldü. VO_{2max} değerleri koşu bandında (h/p/Cosmos Quasar med, Nussdorf-Traunstein, Germany), solunum havasına ait verilerin egzersiz sırasında değişimini her bir soluk için (breath-by-breath) ölçen kardiopulmoner egzersiz test bataryası (Cosmed Quark PFT-Ergo, Rome, Italy) kullanılarak tespit edildi. Her testten önce akış sensörü ve gaz analizör bileşenleri üretici firmanın önerdiği şekilde kalibre edildi. Test süresince kalp atım hızları telemetrik kalp hızı monitörü (Polar RS800 SD, Finland) aracılığı ile kaydedildi. Verilerin analizi 15 saniyelik zaman aralıkları ile ortalama değerleri alınarak gerçekleştirildi.

Sporculara şiddeti giderek artan egzersiz protokolü uygulanmıştır. Teste % 5 eğimde 7 km/saat'lik koşu hızı ile başlanmış ve izleyen süre zarfında hız dakikada 1 km/saat artırılarak, sporcuların tükeninceye kadar egzersize devam etmeleri sağlanmıştır. Sporcuların test sırasında maksimal kalp atım hızına ulaşmaları (220-yaş), ekspire edilen karbondioksit (VCO₂) ile alınan oksijenin (VO₂) anlık oranı olarak ifade edilen solunum değişim oranının (RER) 1.10'dan daha yüksek değerlere çıkması ve egzersiz yoğunluğu artmasına karşın oksijen alımının platoda kalması, VO_{2max}'a ulaşma kriterleri olarak kabul edildi. Bu kriterlerden en az iki tanesinin aynı anda gerçekleştiği en yüksek oksijen alım değeri, VO_{2max} (ml/kg/dak) olarak kabul edildi. Testin toplam süresi (dakika), maksimal dakika ventilasyonu (VE_{max}: L/dak), maksimal solunum değişimi oranı (RER_{max}: VCO₂/VO₂), maksimal kalp atım hızı (KAH_{max}: atım/dak) ve maksimal koşu hızı (Hız_{max}: km/saat) kaydedildi. Oksihemoglobin saturasyonunu (SaO₂), egzersiz testi

öncesinde ve test süresince 15 saniyelik zaman aralıkları ile sürekli olarak non-invaziv bir yöntem olan Pulse oksimetre (Spiropalm 6MWT; COSMED, Roma, İtalya) kullanarak, işaret parmağından sensör aracılığı ile kayıt edilmiştir. Test öncesi ölçüm yapılacak parmak alkol ve gazlı bezlerle temizlendi. SaO₂'nin istirahat değerlerinden en az % 4 ($\Delta\text{SaO}_2 \leq -\% 4$) düşüş göstermesi durumunda EOAH geliştiği kabul edildi (4).

İstatistik analiz

Çalışmada elde edilen verilerin normal dağılım gösterip göstermediği Shapiro-Wilk testi, çarpıklık ve basıklık değerleri ise histogram, Q-Q, P-P grafikleri ile değerlendirildi. Maksimal koşu hızının haricinde tüm veriler normal dağılım gösterdi. Normal dağılım gösteren gruplar arası değerlerin karşılaştırılmasında bağımsız gruplarda Student t testi, maksimal koşu hızı ise parametrik olmayan Mann Whitney-U testi kullanılarak analiz edil-

0.8 ≤ d "büyük" olarak yorumlanmaktadır. Normal dağılım gösteren veriler ortalama ± standart sapma (Ort ± SS), normal dağılmayan veriler ortanca, birinci (%25) ve üçüncü çeyrek (%75) olarak sunuldu, $p < 0.05$ ile altındaki değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. İstatistik hesaplamalarının tümü Windows için yazılmış olan SPSS 21 (IBM SPSS Statistics 21 Inc. Chicago, IL) paket programı kullanılarak yapıldı.

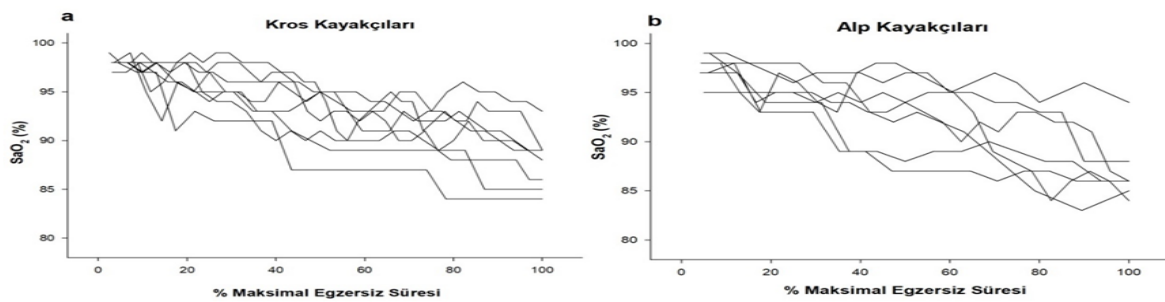
BULGULAR

Yapılan istatistiksel değerlendirmede kros ve alp kayakçıları arasında yaş, boy, vücut ağırlığı ve vücut yağ yüzdeleri arasında anlamlı fark görülmemiştir ($p > 0.05$). Kros kayakçıların VO_{2max}, VE, maksimal koşu hızı, test süresi ve maksimal kalp atım hızı değerleri alp kayakçılarına göre anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo I). Alp kayakçıları RER_{max} kros kayakçılarına kıyasla anlamlı olarak daha yüksek olduğu tespit edil-

Tablo I. Alp ve kros kayakçıların şiddeti kademeli olarak artan egzersiz test sonuçları.

	Alp Kayakçıları		Kros kayakçıları		p	EB
	Ort ± SS	Min-Maks	Ort ± SS	Min-Maks		
VO _{2max} (ml/kg/dak)	42.5±3.5	36-46.2	50.7±4.9*	41.6-56.6	0.003	2.04
VE _{max} (L/dak)	95±14.5	80.4-124.4	113.6±6.5*	104-124	0.01	1.83
Test Süresi (dak)	4.8±0.6	4-5.5	7.1±1.1*	5.4-8.4	0.001	2.73
RER _{max}	1.16±0.04	1.1-1.22	1.11±0.03*	1.08-1.2	0.02	1.54
KAH _{max} (atım/dak)	197.8±10.4	180-209	210±9.1*	191-217	0.04	1.35
ΔSaO ₂ (%)	10.5±3.5	5-14	10.8±3.7	6-18	0.87	0.09
	Ortanca (%25-%75)		Ortanca (%25-%75)		p	EB
Hız _{max} (km/saat)	12 (11-12)		14 (12.5-14.7)*		0.01	-0.64

* Alp kayakçılarına göre istatistiksel olarak anlamlı farklılığı ifade etmektedir ($p < 0.05$). VO_{2max} = maksimal oksijen alımı, VE_{max} = maksimal dakika ventilasyonu, RER_{max} = maksimal solunum değişim oranı, Hız_{max} = maksimal koşu hızı, KAH_{max} = maksimal kalp atım hızı, ΔSaO₂ = oksihemoglobin doygunluğunun istirahat ve egzersiz sırasında maksimal değerleri arasındaki fark. EB= Etki büyüklüğü. Veriler ortalama ± standart sapma, Hız_{max} verileri ortanca ile birlikte birinci ve üçüncü çeyrek değerler olarak verilmiştir.



Şekil I. Şiddeti kademeli artan egzersiz testi sırasında (a) kros kayakçıları ve (b) alp kayakçıları, maksimal egzersiz sürelerinin farklı yüzdelerinde her bir sporcu için oksihemoglobin doygunluğunun (% SaO₂) değişimi.

di. Grup içi egzersiz öncesi ve egzersiz sırasında en düşük SaO₂ değerlerinin karşılaştırılmasında Paired t-testi kullanıldı. Sonuçların daha iyi yorumlanabilmesi için etki büyüklüğü, Cohen's d (18) formülü kullanılarak hesaplandı. Mann-Whitney U testinden elde edilen sonuçların etki büyüklüğü $r = Z/\sqrt{N}$ formülü ile hesaplandı (19). Etki büyüklüğü (EB) aldığı değere göre $d \leq 0.2$ "önemsiz", $0.2 \leq d \leq 0.5$ "küçük", $0.5 \leq d \leq 0.8$ "orta" ve

$d \geq 0.8$ "büyük" olarak yorumlanmaktadır. Egzersiz testi sırasında her iki gruptaki tüm sporcuların EOAH ($\Delta\text{SaO}_2 \leq -\% 4$) sergilediği görülmüştür (Şekil I). Alp kayakçıları egzersiz öncesi SaO₂ değerleri 97.7 ± 1.3 'den egzersizin tükenme aşamasında 87 ± 3.4 'e (%84 min.-% 94 maks.) düşerken ($p < 0.001$, EB= 4.34), kros kayakçıların egzersiz öncesi SaO₂ değerlerinin 98.1 ± 0.3 düzeyinden 88 ± 2.8 'e (%84 min.-%93 maks.) düştüğü ($p < 0.001$, EB= 5.42) tespit

edilmiştir. İki grubun egzersiz öncesi % SaO₂ değerleri ($p > 0.05$, EB= 0.47), egzersizin tükenme aşamasında kaydedilen en düşük % SaO₂ değerleri ($p > 0.05$, EB= 0.35) ve delta SaO₂ (Δ SaO₂, dinlenme ve maksimal egzersiz değerleri arasındaki fark) değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($p > 0.05$, EB= 0.06) (Tablo I). EOAH'nin, kros kayakçılarında maksimal egzersiz şiddetinin % 46.2±9.1'inde, alp kayakçılarında ise maksimal egzersiz şiddetinin % 43.0±13.0'ünde başladığı, iki grubun EOAH görülmeye başladığı egzersiz şiddeti değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark olmadığı bulunmuştur ($p > 0.05$, d= 0.31).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Egzersiz sırasında EOAH'nin neden bazı bireylerde ortaya çıktığı, bazı bireylerde ise benzer yanıtın görülmediği kesin olarak bilinmemektedir. Öte yandan EOAH'nin yüksek VO_{2max} düzeyine sahip aerobik antrenmanlı sporcularda daha sık meydana geldiği bildirilmiştir (2,4,10,11). Ancak literatürde hem kadınlarda hem de erkeklerde EOAH'yi araştıran çalışmalar incelendiğinde, katılımcı profillerini aerobik antrenmanlı endurans sporcularından seçtikleri ve katılımcıların antrenman düzeylerini VO_{2max} değerlerine göre belirledikleri görülmektedir (1,10-12,15,16). Bu nedenle araştırmamızda EOAH'nin aerobik antrenmanlar yapan kadın endurans sporcularının yanı sıra daha düşük VO_{2max} değerine sahip anaerobik antrenmanlar yapan kadın sporcularda ortaya çıkıp çıkmayacağını ya da ne düzeyde oluşacağını sorguladık. Sunulan çalışmada, endurans sporcuları olan kros kayakçılarının VO_{2max}, VE_{max}, maksimal kalp atım hızı, maksimal koşu hızı ve test süresi alp kayakçılarında kıyasla anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Öte yandan maksimal egzersiz testi tüm sporcularda hipoksemiye yol açmış, ortaya çıkan bu yanıtın genç kadın kros kayakçılar ve alp kayakçılarında benzer olduğu görülmüştür.

Yapılan antrenmanların şiddetine ve kapsamına bağlı olarak vücutta farklı uyum yanıtları gelişir (20). Yarışmaların sürelerinin gereği (10 ila 120 dakika) olarak kros kayakçılarının antrenman programlarında, aerobik kapasitelerini geliştirmeye yönelik dayanıklılık antrenmanları yaparlar (21). Bu nedenle kros kayakçılarının VO_{2max} değerlerinin yanı sıra VE_{max}, maksimal koşu hızı ve test sürelerinin yüksek olması beklenen bir bulgudur. Yarışmalarının süresi 45 saniye ile 3 dakika arasında değişen alp kayağında ise, anaerobik güç sportif performansını belirleyen unsurların başında gelir (22). Çalışmamıza katılan alp kayakçılarının genç milli sporcular olup, sportif performans gelişimi için ağırlıklı olarak anaerobik kapasitelerini geliştirmeye yönelik antrenmanlar yapmaktadırlar. Dolayısıyla da alp kayakçılarının VO_{2max} değerlerinin antrenmansızlıktan değil, uygulanan antrenman yönteminin bir sonucu olarak kros kayakçılarında kıyasla daha düşük olduğu söylenebilir. Bu çalışma EOAH, endurans sporcularının yanı sıra anaerobik antrenmanlı sporcularda da ortaya çıkabileceğini göstermiştir. Yaptığımız literatür taramasında, anaerobik antrenman programı uygulayan kadın sporcularda EOAH'yi inceleyen çalışmaya rastlanmamıştır.

Erkek deneklerle yapılan çalışmaların çoğu, EOAH'nin VO_{2max}'ı 60 ml/kg/dak.'dan daha yüksek aerobik dayanıklılık antrenmanları yapan sporcularda görüldüğünü

bildirmiştir (2,4,10,11). Bunun yanı sıra antrenmanların VO_{2max} ile birlikte EOAH'de arttırdığı gösterilmiştir (3,9). Powers ve ark., (10) farklı fitness düzeylerindeki 68 erkekte pulse oksimetre kullanarak yaptıkları çalışmalarında, şiddeti kademeli olarak artan bisiklet egzersizi sırasında, iyi antrenmanlı sporcuların % 52'sinde EOAH'nin geliştiğini, ancak antrenmansız veya orta düzeyde antrenmanlı deneklerin hiçbirinde hipokseminin ortaya çıkmadığını bulmuşlardır. Yapılan çalışmalarda kadınlarda daha yüksek bir yüzde ile EOAH ortaya çıktığı görülmektedir (1). Richards ve ark., (1) EOAH'nin farklı fitness düzeylerinde (VO_{2max}: 28.0–61.3 ml/kg/dak. aralığında) 52 sağlıklı kadının % 67'sinde ortaya çıktığını belirtmişlerdir. Aerobik antrenmanlı kadınların ise % 93'ünde EOAH'nin geliştiği gösterilmiştir (12). Bunun yanı sıra yapılan çalışmalarda aerobik antrenmanlı kadın sporcuların antrenmansız kadınlara kıyasla maksimal egzersiz sırasında daha düşük SaO₂ değerine ulaştıkları gösterilmiştir (7,12). Öte yandan EOAH'nin aerobik kapasite ile ilişkisinin olmadığı tespit edilmiştir (1). EOAH'nin antrenmanlı bireylerde daha yaygın olması ya da daha şiddetli ortaya çıkmasının, katılımcıların VO_{2max} düzeylerinden ziyade, düzenli olarak yapılan antrenmanların sonucunda, egzersiz sırasında fiziksel kapasitelerini sınırlarına kadar zorlayabilmelerinden kaynaklandığını düşündürmektedir. Nitekim çalışmamızda, farklı antrenman yöntemleri uygulayan ve farklı aerobik uygunluk düzeylerine sahip kros ve alp kayakçılarının SaO₂ değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmadığı görülmüştür.

Puls oksimetre, egzersiz sırasında oksijenli hemoglobin saturasyonunu sürekli olarak izlemek için geçerli ve güvenilir bir araçtır (23,24), literatürde birçok çalışmada EOAH'yi belirlemek için yaygın olarak kullanılmıştır. Yapılan çalışmalar, şiddeti kademeli olarak artan bisiklet veya koşu bandı egzersizi sırasında en düşük % SaO₂ değerlerinin hem erkek hem de kadınlarda % 84 ila % 95 arasında değiştiğini göstermiştir (1,2,6,7,12,16,25,26). Çalışmamızda literatürle uyumlu olarak egzersiz sırasında en düşük % SaO₂ değerlerinin, % 84 ila % 94 aralığında değiştiği bulunmuştur. Ancak ilginç bir şekilde kadınlarda EOAH'yi araştıran çalışmalar incelendiğinde, hemen hemen hepsinin katılımcı profillerinin 18-42 yaş gibi çok geniş yaş aralığındaki kadınlardan oluştuğu görülmektedir (1,6,12,26). Literatürde genç kadın sporcularda (20 yaş altı) EOAH'yi araştıran çalışmaya rastlanmamıştır. Araştırmamıza katılan katılımcı profillerinin yaşları bir birine yakın genç kadın sporculardan seçilmiş olması nedeni ile bulgularımız literatürü desteklemesi açısından önem kazanmaktadır. EOAH'nin çalışılan erkek gruplarından farklı olarak, sedanter kadınlarda görülmesinin nedeninin, kadınların mekanik ventilatuar kısıtlamaları olduğu düşünülmektedir (12). Benzer boy, oturma yüksekliği ve vücut kitle-sinde erkeklerle karşılaştırıldığında kadınların, daha küçük vital kapasiteye, hava yolu çapına ve difüzyon yüzeyine sahip olduğu belirtilmektedir (1,27). Daha küçük akciğerleri ve daha dar hava yolu çaplarından dolayı, kadınlarda egzersiz sırasında belirgin ekspiratuar akım kısıtlaması geliştiği ve bunun da görece alveoler hipoventilyasyona neden olduğu belirtilmektedir (28). Kadınlarda egzersiz sırasında ekspiratuar akım kısıtlamasının, inspiratuar kas yorgunluğuna ve sonrasında EOAH gelişmesine daha fazla katkıda bulu-

nabileceği ifade edilmektedir (1).

Şiddeti kademeli olarak artan egzersiz sırasında EOAH'nin, bazı kadınlarda ve erkeklerde submaksimal egzersiz düzeylerinde oluşmaya başladığı ve genellikle maksimal egzersiz şiddetlerinde en yüksek değerine ulaştığı gösterilmiştir (1,12,16,25). Birçok antrenmanlı sporcuda EOAH'nin orta şiddette iş yüklerinde başlamasının nedeni olarak, yetersiz hiperventilasyon kabul edilir (16). Çalışmamızda EOAH'nin, kros kayakçıları ve alp kayakçılarında sırasıyla maksimal egzersiz şiddetinin % 46.2 ila % 43'ünde gelişmeye başladığı ve SaO₂'nin egzersiz şiddeti arttıkça düşmeye devam ettiği tespit edilmiştir. Bulgularımız, kadınlarda ve erkeklerde EOAH'nin submaksimal egzersiz şiddetlerinde ortaya çıktığını gösteren daha önceki çalışmalarla benzerlik göstermektedir (1,16). Richards ve ark., (1) şiddeti kademeli olarak artan bisiklet egzersizi sırasında bazı kadınlarda, EOAH'nin egzersizin ilk 2 dakikasında VO_{2max}'in % 40'ına denk gelen iş yüklerinde başladığını tespit etmişlerdir. Rice ve ark., (16) EOAH'nin erkek endurans sporcularında yaklaşık VO_{2pik}'in % 40'ında gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Öte yandan erkeklerde yapılan bir diğer çalışmada, EOAH'nin maksimal egzersiz şiddetinin % 70 gibi araştırma bulgularımızdan daha yüksek egzersiz şiddetlerinde ortaya çıktığı görülmektedir (25). Erkek kros ve alp kayakçılarında daha önce yaptığımız çalışmada, EOAH'nin maksimal egzersiz şiddetinin % 71 ila 73'ünde gelişmeye başladığını tespit edilmiştir (17). Havayolu anatomisi ve fonksiyonundaki cinsiyete dayalı farklılıklar, EOAH'nin kadınlarda erkeklerle kıyasla görece daha düşük egzersiz şiddetlerinde ve VO_{2max} düzeylerinde ortaya çıkmasına neden olabilir (26).

Bu çalışmanın sonuçları aerobik uygunluk düzeyleri ve antrenman sırasında fizyolojik gereksinimleri birbirinden farklı olan genç kadın sporcularda, maksimal egzersizin benzer düzeyde hipoksemiye yol açabileceğini göstermiştir. Egzersiz testi sırasında kros ve alp kayakçılarının %SaO₂ değerlerinde benzer oranda düşüş görülmesi, her iki grubunda düzenli olarak antrenman yapan sporculardan oluşmasından kaynaklanabilir. Sedanter grubun da dahil olduğu, daha geniş katılımcı sayısı ile farklı antrenman yöntemleri uygulayan sporcu kadınlarda, egzersizle oluşan arteriyel hipokseminin irdelendiği ayrıntılı çalışmaların yapılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Richards JC, McKenzie DC, Warburton DE, et al. Prevalence of exercise-induced arterial hypoxemia in healthy women. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36:1514-1521.
- Powers SK, Lawler J, Dempsey JA, et al. Effects of incomplete pulmonary gas exchange on VO_{2max}. *J Appl Physiol* 1989; 66:2491-2495.
- Rowell LB, Taylor HL, Wang Y, et al. Saturation of arterial blood with oxygen during maximal exercise. *J Appl Physiol* 1964; 19:284-286.
- Dempsey JA, Wagner PD. Exercise induced arterial hypoxemia. *J Appl Physiol* 1999; 87:1997-2006.
- Romer LM, Haverkamp HC, Lovering AT, et al. Effect of exercise-induced arterial hypoxemia on quadriceps muscle fatigue in healthy humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2006; 290:365-375.
- Harms CA, McClaran SR, Nickele GA, et al. Effect of exercise-induced arterial O₂ desaturation on VO_{2max} in women. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32:1101-1108.
- Guenette JA, Sheel AW. Exercise-induced arterial hypoxaemia in active young women. *Appl Physiol Nutr Metab* 2007; 32:1263-1273.
- Hopkins SR, McKenzie DC, Schoene RB, et al. Pulmonary gas exchange during exercise in athletes. I. Ventilation-perfusion mismatch and diffusion limitation. *J Appl Physiol* 1994; 77:912-917.
- Miyachi M, Katayama K. Effects of maximal interval training on arterial oxygen desaturation and ventilation during heavy exercise. *Jpn J Physiol* 1999; 49:401-407.
- Powers SK, Dodd S, Lawler J, et al. Incidence of exercise induced hypoxemia in elite endurance athletes at sea level. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1988; 58:298-302.
- Dempsey JA, Hanson PG, Henderson KS. Exercise-induced arterial hypoxaemia in healthy human subjects at sea level. *J Physiol* 1984; 355:161-175.
- Dominelli PB, Foster GE, Dominelli GS, et al. Exercise-induced arterial hypoxaemia and the mechanics of breathing in healthy young women. *J Physiol* 2013; 591:3017-3034.
- Aaron EA, Seow KC, Johnson BD, et al. Oxygen cost of exercise hyperpnea: implications for performance. *J Appl Physiol* 1992; 72:1818-1825.
- Walls J, Maskrey M, Wood-Baker R, et al. Exercise-induced oxyhaemoglobin desaturation, ventilatory limitation and lung diffusing capacity in women during and after exercise. *Eur J Appl Physiol* 2002; 87:145-152.
- Alis R, Sanchis-Gomar F, Ferioli D, et al. Exercise effects on erythrocyte deformability in exercise-induced arterial hypoxemia. *Int J Sports Med* 2015; 36:286-291.
- Rice AJ, Scroop GC, Gore CJ, et al. Exercise induced hypoxaemia in highly trained cyclists at 40% peak oxygen uptake. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1999; 79:353-359.
- Korkmaz Eryılmaz S, Polat M. Exercise-induced arterial hypoxemia in aerobic and anaerobic trained athletes during incremental exercise. *Physical Education of Students* 2018; 22:99-103.
- Thalheimer W, Cook S. How to calculate effect sizes from published research articles: A simplified methodology. 2002. [cited 2016 January 11]. Available from: http://worklearning.com/effect_sizes.htm.
- Fritz CO, Morris PE, Richler JJ. Effect size estimates: current use, calculations, and interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General* 2012; 141(1): 2-18.
- Docherty D, Sporer BA. A proposed model for examining the interference phenomenon between concurrent aerobic and strength training. *Sports Med* 2000; 30:385-394.
- Holmberg HC. The elite cross-country skier provides unique insights into human exercise physiology. *Scand J Med Sci Sports* 2015; 25:100-109.
- White AT, Johnson SC. Physiological comparison of international, national and regional alpine skiers. *Int J Sports Med* 1991; 12:374-378.

23. Martin D, Powers S, Cicale M, et al. Validity of pulse oximetry during exercise in elite endurance athletes. *J Appl Physiol* 1992; 72:455-458.
24. Mollard P, Bourdillon N, Letournel M, et al. Validity of arterialized earlobe blood gases at rest and exercise in normoxia and hypoxia. *Respir Physiol Neurobiol* 2010; 172:179-183.
25. Powers SK, Dodd S, Woodyard J, et al. Haemoglobin saturation during incremental arm and leg exercise. *Br J Sports Med* 1984; 18:212-216.
26. Harms CA, McClaran SR, Nickle GA, et al. Exercise-induced arterial hypoxaemia in healthy young women. *J Physiol* 1998; 507(2): 619-628.
27. Schwartz J, Katz SA, Fegley RW, et al. Sex and race differences in the development of lung function. *Am Rev Respir Dis* 1988; 138:1415-1421.
28. McClaran SR, Harms CA, Pegelow DF, et al. Smaller lungs in women affect exercise hyperpnea. *J Appl Physiol* 1998; 84:1872-1881.

