

## AEROBİK PERFORMANS VE SOLUNUM İLİŞKİSİ\*

<sup>1</sup>Birgöl ARSLAN <sup>BD</sup>

<sup>2</sup>Tuba MELEKOĞLU <sup>ABCDE</sup>

A Çalışma Deseni (Study Design)

B Verilerin Toplanması (Data Collection)

C Veri Analizi (Statistical Analysis)

D Makalenin Hazırlanması (Manuscript Preparation)

E Maddi İmkânların Sağlanması (Funds Collection)



**Özet:** Bireyin egzersiz esnasında tükettiği maksimal oksijen miktarı aerobik kapasitesinin önemli bir göstergesidir. Bu nedenle araştırmacılar aerobik kapasiteyi belirlemek için maksimal oksijen tüketimini (VO<sub>2</sub>max) ölçmeye yönelik testleri kullanmaktadır. VO<sub>2</sub>max solunum sisteminin oksijeni alma ve dolaşım sisteminin dağıtma kapasitesine ve iskelet kaslarının bu oksijeni alabilme ve işleyebilme kapasitesine bağlıdır. Bu nedenle VO<sub>2</sub>max'ni etkileyen 3 fizyolojik sistem vardır. Dolaşım ve kas sisteminin aksine, solunum sistemi çok yüksek şiddetteki egzersizler esnasında bile gerekli ihtiyacı karşılayabildiği için, aerobik performansı kısıtlayan önemli faktörlerden birisi olarak gösterilmez. Bu araştırmanın amacı aktif sporcuların maksimal oksijen tüketimleri ile solunum parametreleri arasındaki ilişkiyi incelemektir. Bu amaçla araştırmaya 20 antrenmanlı erkek sporcu (24.3 ± 2.7 yıl, 178.1 ± 4.0 cm, 73.3 ± 7.1 kg) gönüllü olarak katılmıştır. Araştırmaya katılan gönüllülerin boy uzunluğu, vücut ağırlığı, yağ yüzdesi, yağsız vücut kütlesi, solunum parametreleri ve maksimal oksijen tüketimleri ölçülmüştür. Verilerin dağılımı değerlendirildikten sonra gruplar arasındaki ilişki düzeyleri Pearson Korelasyon testi ile incelenmiştir. Araştırmamız sonucunda VO<sub>2</sub>max ile maksimal ventilasyon hacmi arasında yüksek korelasyon (r=0.814; p=0.000) ve maksimal tidal hacim ile orta düzeyde korelasyon (r=0.532; p=0.01) tespit edilmiştir. Araştırmalarda aerobik kapasiteyi etkileyen en önemli unsur olarak dolaşım sistemi bildirilmiş olsa da VO<sub>2</sub>max ile maksimal ventilasyon değerleri arasındaki yüksek korelasyon, solunum sisteminin önemli bir faktör olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** aerobik performans, solunum, ventilasyon, oksijen tüketimi

<sup>1</sup> Marmara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul; [brglarslan\\_07@hotmail.com](mailto:brglarslan_07@hotmail.com)

<sup>2</sup> Sorumlu Yazar, Akdeniz Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesi, Antalya, [tubasn@hotmail.com](mailto:tubasn@hotmail.com), +90 242 3106828

\* Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: TYL-2016-1350).

## RELATIONSHIP OF AEROBIC PERFORMANCE AND VENTILATION

**Abstract:** Maximal oxygen consumption during exercise is an important determinant of aerobic capacity. Therefore, researchers use the aerobic tests evaluating maximal oxygen consumption (VO<sub>2</sub>max) to determine the aerobic capacity. VO<sub>2</sub>max depends on the capacity of the respiratory and circulatory systems to take up and distribute oxygen, and also the capacity of the muscles to receive and utilize it. Hence, there is three physiological systems affecting VO<sub>2</sub>max. In contrast to the circulatory and muscle systems, the respiratory system is usually not considered an important limiting factor for aerobic capacity because of its sufficient capacity to cope with the demands during high-intensity exercises. The aim of this research is to investigate the relationship between aerobic capacity and respiratory system parameters. Twenty healthy and trained males (24.3 ± 2.7 years, 178.1 ± 4.0 cm, 73.3 ± 7.1 kg) volunteered to participate in the study. The height, weight, body fat percentage, lean body mass, ventilation parameters, and maximal oxygen consumption were evaluated. After evaluating the distribution of the data, the Pearson Correlation Test was used to determine the relationship status. As a result of our study, a high correlation was found between VO<sub>2</sub>max and maximal ventilation volume (r=0.814; p=0.000), and a moderate correlation was found between VO<sub>2</sub>max and tidal volume (r=0.532; p=0.01). Even if the circulatory system was referred as the main factor affecting aerobic capacity in researches, the high correlation in our study results between VO<sub>2</sub>max and maximal ventilation volume shows that respiratory system should also be considered as an important factor for aerobic capacity.

**Keywords:** aerobic performance, respiratory system, ventilation maximal oxygen consumption

### Summary

Maximal oxygen consumption (VO<sub>2</sub>max) during exercise is an important determinant of aerobic capacity. Therefore, researchers use the aerobic tests evaluating maximal oxygen consumption to determine the aerobic capacity. VO<sub>2</sub>max depends on the capacity of the respiratory and circulatory systems to take up and distribute oxygen, and also the capacity of the muscles to receive and utilize it. Hence, there is three physiological systems affecting VO<sub>2</sub>max. In contrast to the circulatory and muscle systems, the respiratory system is usually not considered an important limiting factor for aerobic capacity because of its sufficient capacity to cope with the demands during high-intensity exercises. The aim of this research is to investigate the relationship between aerobic capacity and respiratory system parameters. Twenty healthy and trained males (24.3 ± 2.7 years, 178.1 ± 4.0 cm, 73.3 ± 7.1 kg) volunteered to participate in the study. The height, weight, body fat percentage, lean body mass, ventilation parameters, and maximal oxygen consumption were evaluated. Cardiopulmonary exercise tests (by using the Bruce test protocol) were carried out between 09.00 am and 11.00 am to avoid circadian variations. The room temperature and humidity were set for the same environmental conditions. The subjects were asked to refrain from high- intensity exercises, caffeine, and alcohol for 24 h prior, and food from 3 h prior to each exercise test. The tests were carried out on the Zebris treadmill (Zebris FDM 1.10, Germany). The incremental cardiopulmonary (aerobic) exercise tests were performed on a computerized treadmill testing system (H/P Cosmos Mercury, Germany) as described by Bruce et al. Breathing and exhaled gases during the Bruce protocol were measured by the gas analysis system (Cardiovit AT-104 PC ergo-spiro; Schiller, Bern, Switzerland) by the breath-by-breath method. The gas-analysis system was calibrated before each test according to the manufacturer's recommendations. Heart rate (HR) was monitored by electrocardiogram. Oxygen consumption (VO<sub>2</sub>, L / min), oxygen consumption per kg (VO<sub>2</sub>, kg / ml / min), tidal volume (VT, L / min), respiratory reserve (BR, %), minute ventilation (VE, L / min), respiratory rate (RER, L / L), heart rate (pulse / min), EKG and blood pressure (mmHg) values were recorded during the cardiopulmonary exercise test. Bioelectric impedance measuring device (Tanita Body Composition Analyzer Type SC-330, Japan) was used to measure body mass and body fat percentages. Measurements were taken by the stadiometer in height measurement.

Body mass indexes; BMI = Weight (kg) / Length (m<sup>2</sup>) was calculated using the formula. After evaluating the distribution of the data, the Pearson Correlation Test was used to determine the relationship status. As a result of our study, a high correlation was found between VO<sub>2</sub>max and maximal ventilation volume (r=0.814; p=0.000), and a moderate correlation was found between VO<sub>2</sub>max and tidal volume (r=0.532; p=0.01). Even if the circulatory system was referred as the main factor affecting aerobic capacity in researches, the high correlation in our study results between VO<sub>2</sub>max and maximal ventilation volume shows that respiratory system should also be considered as an important factor for aerobic capacity. Our results suggest that the endurance and strength of the respiratory muscles is more effective on aerobic performance compared to the breath volume. Therefore, it is predicted that it is more important to have resistant respiratory muscles which can provide high-frequency breathing compared with the volume of breath, which has the effect of factors such as body size and anthropometric structure for aerobic performance. Considering similar research results; During exercise, the active skeletal with respiratory muscles shares cardiac output and consumed oxygen. To increase the performance of the skeletal muscles working in this situation, it is important to provide economy in the respiratory work so that the blood circulation can be sent to the region at a higher rate. However, if the strength of the respiratory muscles is not sufficient, it is predicted that exercise performance may be decreased due to early fatigue of the diaphragm. Although the circulatory system has been reported as the most important factor affecting the aerobic capacity, the high correlation between the VO<sub>2</sub>max and maximal ventilation values shows that the respiratory system should be considered as an important factor. Our results show that there is a positive relationship between maximal oxygen consumption values and maximum ventilation which is the most important indicator of aerobic performance. It is important to investigate the effects of the exercises on aerobic performance and the effects of the aerobic performance of the respiratory or structural diseases on the aerobic performance of the respiratory muscles.

## 1.GİRİŞ

Aerobik kapasite maksimal bir egzersiz sırasında tüketilen oksijen miktarı olarak tanımlanır. Aerobik kapasite sporcunun vücudunda oksijen taşıma yeteneğiyle ilişkilidir. Sporcunun kullandığı oksijen miktarının fazla olması aerobik kapasitesinin de yüksek olduğunun göstergesidir. Düzenli yapılan ve şiddeti giderek artan antrenmanlar sonucunda sporcunun maksimal oksijen tüketimi (VO<sub>2</sub>max) önemli oranda artar. VO<sub>2</sub>max aerobik performans için önemli bir bileşendir. VO<sub>2</sub>max maksimal bir performans esnasında vücut tarafından içeri alınan ve kullanılan en yüksek düzeydeki O<sub>2</sub> miktarıdır. VO<sub>2</sub>max solunum ve dolaşım sisteminin oksijeni alıp dağıtmasına ve aynı zamanda kasların bu oksijeni alıp, işleyebilmesine bağlıdır (Aslankeşer ve Balci, 2017; Bassett ve Howley, 2000).

Dolaşım ve kas sisteminin aksine, solunum sistemi genellikle aerobik performansı etkileyen bir unsur olarak değerlendirilmez. Bununla birlikte, solunum sisteminin aerobik performans için anahtar rol oynadığını bildiren araştırmalar da bulunmaktadır (Amann, 2012). Özellikle üst ve/veya alt solunum yollarında bir obstrüksiyon kaynaklı olarak hava girişinin kısıtlanması durumunda, ya da solunum kaslarının egzersizin ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalması durumunda VO<sub>2</sub>max olumsuz yönde etkilenebilir. İspirasyon aktif olaydır ve devreye giren en büyük kas diyaframdır. Bu nedenle özellikle diyaframın egzersize bağlı yorgunluğu durumunda, sporcular nefessiz kalma hissi ve egzersiz performansında azalma yaşarlar. Bu

nedenle egzersiz esnasında solunum kaslarının yorgunluğa karşı koyma yeteneği dayanıklılık branşlarında önemlidir (Dinardi, de Andrade, da Cunha Ibiapina, 2013; Franch, Madsen, Djurhuus ve Pedersen, 1998; Griffin, Hunter, Ferguson ve Sillers, 1997).

Egzersiz esnasında CO<sub>2</sub> artışına bağlı olarak maksimum dakika ventilasyonu artar. Ventilasyonun artışı ile birlikte özellikle uzun süreli egzersizlerde diyafram yorgunluğu oluşabilir. Diyafram yorgunluğu akabinde tetiklenen metaborefleks, sempatoeksitasyona neden olur. Bu durumda aktif ekstremitelerde vazokonstriksiyon gerçekleşir ve bu bölgelere kan akımı azalır. Kan egzersiz esnasında çalışan kas gruplarından diyafram kasına doğru yönlendirilir. Çalışan kaslardaki kan akımının azalmasına bağlı olarak da performansta düşüş gözlemlenir. Bu nedenle özellikle uzun süreli egzersizlerde diyafram kasının erken yorulmasına karşı önlemler alınması gerekmektedir. Bunun için solunum iş yükünü azaltmak veya solunum kaslarını güçlü ve dayanıklı hale getirmek gereklidir (Coast ve Krause, 1993; Dinardi ve ark., 2013; Franch ve ark., 1998; Craig A Harms, 2007).

Solunum kaslarına yönelik antrenmanlar ile özellikle diyafram kasının kuvvetlenmesi ve dayanıklı hale gelmesi sağlanabilir. Solunum kaslarının gelişmesi sonucunda tidal volüm artmakta, dinlenimdeki soluk sıklığı azalmakta, maksimal egzersizlerde maksimal ventilasyon artmaktadır. Solunum kaslarına yönelik yaptırılan dayanıklılık antrenmanları sonucunda solunum kaslarındaki yorgunluk geciktirilerek ihtiyaç duyulan oksijen verimliliği sağlanmış olur. Ayrıca solunum kaslarındaki iş yükünün azalmasına bağlı olarak, kan akımının çalışan kaslara yönelmesi sağlanabilir (Daubenspeck, 1981; C. A. Harms ve ark., 1997; Sheel ve ark., 2001).

Bu araştırmanın amacı da maksimal aerobik performans testi esnasında solunum parametrelerinin takibini yaparak oksijen tüketimi ile olan ilişkisine dair veri sağlamaktır.

## 2. YÖNTEM

Araştırmaya aktif olarak antrenmanlara katılan ve en az 5 yıl antrenman geçmişi olan 22 erkek sporcu (futbol, basketbol, tenis), gönüllü olarak katılmıştır. Araştırmaya katılan gönüllülerin boy uzunluğu (cm), vücut ağırlığı (kg), yağ yüzdesi, maksimal oksijen tüketim değerleri ve solunum parametreleri ölçülmüştür. Gönüllüler araştırmaya katılmadan önce araştırma hakkında bilgilendirilmiş ve gönüllü olur formları imzalatılmıştır. Bu araştırma Akdeniz Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır.

### *Boy Uzunluğu Ölçümü*

Katılımcıların ağırlığı iki eşit ayağına dağılmış şekilde topuklar birleşik ve baş Frankfort planda kollar omuzlardan serbestçe yanlara sarkıtılmış durumdayken stadiometre ile ölçülmüştür. Katılımcılardan tek ölçüm alınmıştır.

### *Vücut Ağırlığı ve Vücut Yağ Yüzdesi Ölçümü*

Gönüllülerin vücut ağırlığı ve vücut yağ yüzdesini belirlemek üzere bioelektrik empedans ölçüm cihazı (Tanita Body Composition Analyzer Type SC-330) kullanılmıştır. Gönüllülerin iki ayağının tartıya eşit basması sağlanarak dik ve hareketsiz durumdayken ölçümleri alınmıştır. Gönüllülere test öncesi ölçüm prosedürleri hakkında bilgi verilmiş ve son 24 saat şiddetli egzersiz ve alkol tüketiminden kaçınılması, son 4 saat kafein ve son 2 saat herhangi bir besin alınmaması istenmiştir (Kyle ve ark., 2004).

### ***Vücut Kütle İndeksi***

VKİ= Ağırlık (kg)/Boy (m<sup>2</sup>) formülü kullanılarak hesaplanmıştır.

### ***Maksimal Aerobik Performans Testi***

Koşu bandı egzersiz testi, gönüllülerin fonksiyon kapasitesinin değerlendirildiği klinik yöntem olarak yaygın kullanılmaktadır. Aerobik performansı değerlendirmek için Bruce protokolü kullanılmıştır. Bruce protokolünün amacı; kardiyovasküler fonksiyonu değerlendirmektir. Bruce Protokolü yedi aşamadan oluşan her biri üç dakika süren yirmi bir dakikalık egzersiz testidir. Gönüllülerden test öncesinde ölçüm prosedürleri hakkında bilgi verilmiştir. Bruce testi için; testten 48 saat öncesinde şiddetli egzersiz yapılmaması, 24 saat öncesinde alkollü içecekler tüketilmemesi, 4 saat öncesinde kafein içeren içecekler alınmaması ve testten 2 saat önce yeterli miktarda sıvı alınması istenmiştir.

Testler Zebris FDM 1.10 marka koşu bandında gerçekleştirilmiştir. Bruce protokolü esnasında solunan ve ekspire edilen gazlar, gaz analiz sistemi ile (Schiller AT-104; Ganshorn, Germany) breath-by-breath yöntemi ile ölçülmüştür. Her test öncesinde gaz analizörü; gaz hacmi ve kompozisyonu için kalibre edilmiştir. Oksijen tüketimi (VO<sub>2</sub>, L/dk), kg başına düşen oksijen tüketimi (VO<sub>2</sub>, kg/ml/dk), dakika ventilasyonu (VE, L/dk), tidal hacim (VT, L/dk), solunum rezervi (BR, %), solunum değişim oranı (RER, L/L), kalp atımı (atım/dk), kan basıncı (mmHg) ve EKG değerleri kayıt edilmiştir.

### ***İstatistiksel Analiz***

Elde edilen verilerin basıklık ve çarpıklık değerleri (Tabachnick & Fidell, 2007), histogram, normal Q-Q ve kutu grafiklerinin görsel değerlendirmesi ve Shapiro-Wilk testi (Shapiro & Wilk, 1965) sonrasında verilerin normal dağıldığı tespit edilmiştir. Verilerin dağılımı incelendikten sonra gruplar arasındaki ilişki düzeylerini değerlendirmek için Pearson Korelasyon testi kullanılmıştır. Pearson korelasyon kat sayılarına dair değerler için: r<0.2 ise çok zayıf ilişki yada korelasyon yok; 0.2-0.4 arasında ise zayıf korelasyon; 0.4-0.6 arasında ise orta şiddette korelasyon; 0.6-0.8 arasında ise yüksek korelasyon; 0.8> ise çok yüksek korelasyon olduğu kabul edilmiştir. Verilerin analizinde SPSS v.25 paket programı kullanılmış ve istatistiksel anlamlılık düzeyi olarak (p<0.05, p<0.01, p<0.001) değerleri dikkate alınmıştır.

## **3.BULGULAR**

Araştırmaya katılan gönüllülerin demografik değişkenleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 1. Demografik değişkenler**

Değişkenler (n=20)	Ort ± SS	%95 Güven Aralığı	
Yaş (yıl)	24.3 ± 2.7	23.2	- 25.6
Boy Uzunluğu (cm)	178.1 ± 4.0	176.2	- 180.0
VA (kg)	73.3 ± 7.1	69.9	- 76.6
VYY (%)	11.4 ± 4.9	8.7	- 14.7
YVK (kg)	64.1 ± 5.3	61.1	- 67.7

Ort ± SS= Ortalama ± standart sapma; VA= Vücut ağırlığı; VKI= Vücut kütle indeksi; VYY= Vücut yağ yüzdesi; YVK= Yağsız vücut kütlesi.

Gönüllülerin maksimal aerobik performans testi esnasındaki bazı değişkenlerinin ortalamaları Tablo 2.'de gösterilmiştir. Katılımcıların maksimal oksijen tüketim değerleri ortalaması 55.3 kg/ml/dk olarak tespit edilmiştir.

**Tablo 2. Maksimal aerobik performans testi değişkenleri**

Değişkenler (n=20)	Ort ± SS	%95 Güven Aralığı	
VO <sub>2</sub> (L/dk)	4.2 ± 0.6	3.9	- 4.4
VO <sub>2</sub> max (kg/ml/dk)	55.3 ± 7.4	51.8	- 58.7
RERmax (L/L)	1.07 ± 0.07	1.04	- 1.10
HRmax (atım/dk)	187 ± 10	182	- 191
VEmax (L/dk)	119.9 ± 20.8	110.2	- 129.7
VTmax (L/dk)	2.6 ± 0.9	2.5	- 2.8
BRmax (%)	15.6 ± 13.3	9.3	- 21.8

Ort ± SS= Ortalama ± standart sapma; VO<sub>2</sub>= Maksimal oksijen tüketimi, VO<sub>2</sub>max = Rölatif maksimal oksijen tüketimi; RERmax= Maksimal solunum değişim oranı; HRmax= Maksimal kalp atım sayısı; VEmax= Maksimal ventilasyon miktarı; VT= Maksimal tidal hacim; BRmax= Maksimal solunum rezerv oranı.

Araştırmamız sonucunda VO<sub>2</sub>max değerleri ile maksimum ventilasyon arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişki bulunmuştur. Maksimal aerobik performans testindeki bazı değişkenlerin birbirleriyle olan ilişki düzeyleri Tablo 3.'de gösterilmiştir.

**Tablo 3. Maksimal aerobik performans testi değişkenleri arasındaki ilişki**

Pearson K.K. (n=22)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
VO <sub>2</sub> (L/dk)	(1)	<b>.825<sup>c</sup></b>	-.311	-.234	<b>.814<sup>c</sup></b>	<b>.532<sup>b</sup></b>	-.473	-.370	.167	.304	-.302
VO <sub>2</sub> max (kg/ml/dk)	(2)	1	-.150	.267	<b>.620<sup>b</sup></b>	.273	<b>-.587<sup>b</sup></b>	-.439	-.134	-.263	<b>-.512<sup>a</sup></b>
RERmax (L/L)	(3)		1	.222	-.065	.152	-.163	.240	.181	.211	.266
HRmax (atım/dk)	(4)			1	.288	-.045	-.072	-.146	-.093	-.032	.201
VEmax (L/dk)	(5)				1	<b>.566<sup>b</sup></b>	<b>-.466<sup>a</sup></b>	-.138	.112	.375	-.134
VTmax (L/dk)	(6)					1	-.330	-.066	.026	.435	-.016
BRmax (%)	(7)						1	.190	.217	.102	.123
Yaş (yıl)	(8)							1	-.193	.108	<b>.559<sup>a</sup></b>
Boy (cm)	(9)								1	.379	-.091
VA (kg)	(10)									1	.375
VYY (%)	(11)										1

VO<sub>2</sub>= Maksimal oksijen tüketimi, VO<sub>2</sub>max = Rölatif maksimal oksijen tüketimi; RERmax= Maksimal solunum değişim oranı; HRmax= Maksimal kalp atım sayısı; VEmax= Maksimal ventilasyon miktarı; VT= Maksimal tidal hacim; BRmax= Maksimal solunum rezerv oranı; TS= Test süresi; VA= Vücut ağırlığı; VYY= Vücut yağ yüzdesi; istatistiksel anlamlılık düzeyleri : <sup>a</sup>=p<0.05; <sup>b</sup>=p<0.01; <sup>c</sup>=p<0.001.

#### 4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırma; sporcularda maksimal aerobik performansın önemli bir göstergesi olan VO<sub>2</sub>max ile solunum parametreleri arasındaki ilişkiyi incelemek üzere yapılmıştır.

Maksimal aerobik performans testi esnasında ölçülen VO<sub>2</sub>max değerleri ile VEmax değerleri arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. VO<sub>2</sub>max (kg/ml/dk) ile solunum rezervi arasında negatif yönde ilişki bulunmuştur. Ayrıca beklenildiği üzere rölatif VO<sub>2</sub>max değerleri ile yaş ve vücut yağ yüzdesi arasında negatif yönde bir ilişki tespit edilmiştir.

Aerobik performans ve solunum ilişkisi incelendiğinde yapılan araştırmaların genellikle solunum kasları ve diyafram yorgunluğu üzerine olduğu görülmektedir. Araştırmacılar dayanıklılık branşlarıyla uğraşan sporcularda, egzersiz esnasında solunum kaslarının metabolik ihtiyaçlarını gidermek üzere, VO<sub>2</sub>max'ın %10-15'i ve kardiyak çıktının %14-16'sının kullanıldığını bildirmişlerdir (C. A. Harms et al., 1998; Shephard & Astrand, 2008). Bununla birlikte solunum kaslarının iş yükünün artışıyla birlikte metabolik ihtiyaçlarının da artacağı rapor edilmiştir. Örneğin üst solunum yollarında çok az bir daralma durumunda bile solunum iş yükünün %50 artacağına dair araştırma sonuçları bulunmaktadır (Daubenspeck, 1981; Sheel et al., 2001).

Solunum iş yükünün artışıyla birlikte solunum kaslarında metabolik ihtiyaç da artacağından, aktif olarak çalışmakta olan iskelet kasları; kan dolaşımı ve oksijeni solunum kaslarıyla paylaşmak zorunda kalmaktadır. Bu teoriyi destekler şekilde; Dominelli ve ark. (2017) yaptıkları bir çalışmada, solunum işinin artışına bağlı olarak solunum kaslarına giden kan akışının arttığını, bununla birlikte bacağına giden kan akımının azaldığını rapor etmişlerdir. Ayrıca tam tersi durumda da yani solunum kaslarına giden kan akışının azalmasıyla ekstremitelere kaslarına kan akışının arttığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Harms ve ark. (2007) da solunum işinin azalmasıyla birlikte, femoral arterde kan akışının arttığını ve vasküler direncin azaldığını bildirmişlerdir. VO<sub>2</sub>max'ın %85'i ve üzeri yüksek şiddetteki egzersizler esnasında artan solunum ihtiyacı ile birlikte diyafram kasında yorgunluğun olduğu tespit edilmiştir. Diğer taraftan bu egzersizler esnasında solunum kasları, kullanılan oksijen miktarına ortak olmaktadır (J. Dempsey, Amann, Romer, & Miller, 2008).

Araştırmaların sonuçları göstermektedir ki egzersiz esnasında aktif iskelet ile solunum kasları kardiyak çıktı ve tüketilen oksijeni paylaşmaktadır. Bu durumda çalışmakta olan iskelet kaslarının performansını arttırmak üzere, kan dolaşımının bölgeye daha yüksek oranda gönderilebilmesi için solunum işinde ekonomi sağlanması önemlidir. Bununla birlikte solunum kaslarının dayanıklılığı yeterli düzeyde değil ise diyaframın erken yorulmasına bağlı olarak egzersiz performansının azalabileceği öngörülmektedir (Babcock, Pegelow, Harms, & Dempsey, 2002). Literatürde diyafram yorgunluğunun metaborefleksi tetikleyebileceği öne sürülmüştür. Metaborefleks sempatik uyarılma ve vazokonstriksiyona sebep olabilmektedir. Metaborefleks esnasında uzuvlardaki kan dolaşımı ve kaslara giden kan akımı azalmakta ve böylelikle kan dolaşımını direk olarak etkilenmektedir (Baraniuk & Merck, 2008; J. A. Dempsey, McKenzie, Haverkamp, & Eldridge, 2008; Hilberg, 2002; Strohl, Decker, Olson, Flak, & Hoekje, 1988).

Uzun süren aerobik egzersizler sırasında solunum kaslarının ekonomik çalışması son derece önemlidir. Solunum kaslarının daha ekonomik çalışmasıyla egzersiz performansının arttırılabileceği düşünülmektedir (Demir & Filiz, 2004). Bu sebeple egzersiz performansını arttırmak üzere antrenmanla birlikte solunum kasları geliştirilmelidir. Dayanıklılık antrenmanlarıyla birlikte solunum kaslarındaki yorgunluk geciktirilir ve ihtiyaç duyulan oksijen verimliliği sağlanabileceği düşünülmektedir. Bununla birlikte solunum kaslarının gelişmesiyle birlikte içeriye alınan hava miktarı da artacağından beraberinde sportif performansın da pozitif yönde artacağı öngörülebilir.

Maksimal aerobik egzersiz testi esnasında ölçülen solunum parametreleri, solunum kasları hakkında dolaylı bilgi verebilir. Maksimal efor esnasında ventilasyonun yüksek olması; dolaylı olarak solunum kaslarının gücünün ve dayanıklılığının da göstergesidir. Ayrıca solunum miktarıyla aerobik performans arasında da pozitif yönde bir ilişki düşünülebilir. Araştırmamızın sonuçları da bu teoriyi desteklemektedir. Maksimum iş esnasında maksimum ventilasyonu sağlayabilen bireylerde  $VO_2max$  değerleri daha yüksek çıkmıştır. Uygulanan maksimal aerobik performans testinin (Bruce Protokolü) süresi dikkate alındığında solunum kaslarında yorgunluk oluşması öngörülmemektedir. Bununla birlikte solunum kasları daha güçlü olan bireylerin, daha yüksek frekansta ventilasyon yapma kapasitesiyle aerobik performansa destek oldukları düşünülmektedir. Vücut ağırlığı dikkate alınarak hesaplanan  $VO_2max$  değerleri (kg/ml/dk) ile vital kapasitenin bir göstergesi olabilecek tidal volüm (soluk hacmi) arasında bir ilişki bulunmazken,  $VE_{max}$  değerleri arasında istatistiksel açıdan anlamlı ilişki bulunmuştur ( $p<0.01$ ). Bu sonuç solunum frekansının ve dolayısıyla solunum kaslarının gücünün, soluk hacmine kıyasla aerobik performans üzerine daha fazla etkisi olduğunu düşündürmektedir. Dolayısıyla yüksek şiddetteki egzersizlerde ortaya konan aerobik performans için vücut büyüklüğü, antropometrik yapı gibi faktörlerin de etkisinin olduğu soluk hacmiyle kıyaslandığında, yüksek frekansta solunum yapmayı sağlayabilecek dayanıklı solunum kaslarına sahip olmanın daha önemli olduğu öngörülmektedir. Araştırma sonuçlarımız aerobik performansın en önemli göstergesi olan maksimal oksijen tüketimi değerleri ile maksimum ventilasyon arasında pozitif yönde bir ilişki olduğunu ortaya koymaktadır. Solunum kaslarına yönelik antrenmanların aerobik performans üzerine etkilerinin ve solunum sistemindeki yapısal veya patolojik rahatsızlıkların aerobik performansı nasıl etkilediğinin araştırılması spor performansının geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır.

## 5. KAYNAKLAR

Amann, M. (2012). Pulmonary system limitations to endurance exercise performance in humans. *Exp Physiol*, 97(3), 311-318.

Aslankeser, Z., & Balci, S. S. (2017). Substrate oxidation during incremental exercise in young women: the effects of 2-week high intensity interval training. *Medicina dello Sport*, 70(2), 137-149.



Babcock, M. A., Pegelow, D. F., Harms, C. A., & Dempsey, J. A. (2002). Effects of respiratory muscle unloading on exercise-induced diaphragm fatigue. *J Appl Psychol*, 93(1), 201-206.

Baraniuk, J. N., & Merck, S. J. (2008). Nasal reflexes: implications for exercise, breathing, and sex. *Curr Allergy Asthm R*, 8(2), 147-153.

Bassett, D. R., Jr., & Howley, E. T. (2000). Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*, 32(1), 70-84.

Coast, J. R., & Krause, K. M. (1993). Relationship of oxygen consumption and cardiac output to work of breathing. *Med Sci Sports Exerc*, 25(3), 335-340.

Daubenspeck, J. A. (1981). Influence of small mechanical loads of variability of breathing pattern. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*, 50(2), 299-306.

Demir, M., & Filiz, K. (2004). Spor egzersizlerinin insan organizması üzerindeki etkileri. *Kırşehir Eğitim Fakültesi Derg.*, 5(2).

Dempsey, J., Amann, M., Romer, L. M., & Miller, J. D. (2008). Respiratory system determinants of peripheral fatigue and endurance performance. *Med Sci Sports Exerc.*, 40(3), 457-461.

Dempsey, J. A., McKenzie, D. C., Haverkamp, H. C., & Eldridge, M. W. (2008). Update in the understanding of respiratory limitations to exercise performance in fit, active adults. *Chest*, 134(3), 613-622.

Dinardi, R. R., de Andrade, C. R., & da Cunha Ibiapina, C. (2013). Evaluation of the effectiveness of the external nasal dilator strip in adolescent athletes: a randomized trial. *International journal of pediatric otorhinolaryngology*, 77(9), 1500-1505.

Dominelli, P. B., Archiza, B., Ramsook, A. H., Mitchell, R. A., Peters, C. M., Molgat-Seon, Y., . . . Sheel, A. W. (2017). Effects of respiratory muscle work on respiratory and locomotor blood flow during exercise. *Exp Physiol*, 102(11), 1535-1547.

Franch, J., Madsen, K., Djurhuus, M. S., & Pedersen, P. K. (1998). Improved running economy following intensified training correlates with reduced ventilatory demands. *Med Sci Sports Exerc*, 30(8), 1250-1256.

Griffin, J. W., Hunter, G., Ferguson, D., & Sillers, M. J. (1997). Physiologic effects of an external nasal dilator. *Laryngoscope*, 107(9), 1235-1238.

Harms, C. A. (2007). Insights into the role of the respiratory muscle metaboreflex. *The Journal of physiology*, 584(3), 711-711.

Harms, C. A., Babcock, M. A., McClaran, S. R., Pegelow, D. F., Nickele, G. A., Nelson, W. B., & Dempsey, J. A. (1997). Respiratory muscle work compromises leg blood flow during maximal exercise. *J Appl Physiol* (1985), 82(5), 1573-1583.

Harms, C. A., Wetter, T. J., McClaran, S. R., Pegelow, D. F., Nickele, G. A., Nelson, W. B., . . . Dempsey, J. A. (1998). Effects of respiratory muscle work on cardiac output and its distribution during maximal exercise. *J Appl Physiol* (1985), 85(2), 609-618.

Hilberg, O. (2002). Objective measurement of nasal airway dimensions using acoustic rhinometry: methodological and clinical aspects. *Allergy*, 57(s70), 5-39.

Kyle, U. G., Bosaeus, I., De Lorenzo, A. D., Deurenberg, P., Elia, M., Gómez, J. M., . . . Pirlich, M. (2004). Bioelectrical impedance analysis—part II: utilization in clinical practice. *Clinical nutrition*, 23(6), 1430-1453.

Shapiro, S. S., & Wilk, M. B. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52(3/4), 591-611.

Sheel, A. W., Derchak, P. A., Morgan, B. J., Pegelow, D. F., Jacques, A. J., & Dempsey, J. A. (2001). Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex reduction in resting leg blood flow in humans. *J Physiol*, 537(Pt 1), 277-289.

Shephard, R. J., & Astrand, P. O. (2008). *Endurance in sport* (Vol. 2): John Wiley & Sons.

Strohl, K. P., Decker, M. J., Olson, L. G., Flak, T. A., & Hoekje, P. L. (1988). The nasal response to exercise and exercise induced bronchoconstriction in normal and asthmatic subjects. *Thorax*, 43(11), 890-895.

Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2007). *Using multivariate statistics*: Allyn & Bacon/Pearson Education.

**Makale Geliş (Submitted)** : 14.01.2019  
**Makale Kabul (Accepted)** : 22.03.2019