

Research Article / Araştırma Makalesi

Acute effect of different respiratory muscle exercises on maximal oxygen consumption and lung functions

Farklı solunum kası egzersizlerinin maksimal oksijen tüketimi ve akciğer fonksiyonları üzerine akut etkisi

Zait Burak Aktuğ¹, Gönül Yavuz², Necdet Eray Pişkin², Hasan Aka¹, Serkan İbiş¹

¹Faculty of Sports Sciences, Niğde Ömer Halisdemir University, Niğde, Turkey

²Institute of Social Sciences, Niğde Ömer Halisdemir University, Niğde, Turkey

ABSTRACT

Objective: Warm-up is an important factor in all sports activities and affects performance positively or negatively depending on its type of application. In recent years, research on respiratory muscle warm-up exercises, especially in sports performance has increased. In this study, it was aimed to examine the acute effects of different respiratory muscle warm-up exercises on maximal oxygen consumption (VO_{2max}) and lung functions.

Materials and Methods: 23 volunteer male active referees between the ages of 18-25 participated in the study. Three different respiratory muscle warm-ups, including deviced respiratory muscle warm-up, diaphragmatic respiratory muscle warm-up, and placebo, were performed on different days, and VO_{2max} values were determined with the Astrand Cycling Ergometer Test, and respiratory parameters were measured with a spirometer. The normality of the data was determined by the Shapiro Wilk test, and the Kruskal Wallis H test was used to determine cause of the difference between applications.

Results: At the level of respiratory parameters and VO_{2max} , deviced respiratory muscle warm-up was found to be significantly higher than placebo and diaphragmatic respiratory muscle warm-up ($p<0,05$).

Conclusion: It was observed that different respiratory muscle warm-ups applied acutely caused an increase in respiratory parameters and VO_{2max} levels, and this increase was higher in deviced respiratory muscle warm-up exercise. It is thought that it would be beneficial to apply these warm-up types before training in order to improve sports performance.

Keywords: Respiratory muscle warm-up, maximal oxygen consumption, respiratory muscle exercise device, diaphragmatic respiratory

ÖZ

Amaç: Isınma, tüm spor aktivitelerinde önemli bir etkindir ve uygulanış şekline göre performansı olumlu veya olumsuz yönde etkilemektedir. Son yıllarda özellikle sportif performansta solunum kası ısınma egzersizleri ile ilgili araştırmalar çoğalmıştır. Bu düşünceler ile yapılan çalışmada farklı solunum kası ısınma egzersizlerinin maksimal oksijen tüketimi ($maksVO_2$) ve akciğer fonksiyonları üzerine olan akut etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya 18-25 yaşları arasında 23 gönüllü faal erkek hakem katılmıştır. Katılımcılara farklı günlerde olmak üzere aletli solunum kası ısınması, diyafragmatik solunum kası ısınması ve plasebo olmak üzere üç farklı solunum kası ısınması yaptırılmış ve Astrand Bisiklet Ergometre Testi ile $maksVO_2$ değerleri, spirometre ile solunum parametreleri belirlenmiştir. Verilerin normallik dağılımı Shapiro Wilk testi ile belirlenmiş, uygulamalar arası farkın hangi uygulamadan kaynaklandığının belirlenmesinde Kruskal Wallis H testi kullanılmıştır.

Bulgular: Solunum parametreleri ve $maksVO_2$ düzeyinin aletli solunum kası ısınmasında, plasebo ve diyafragmatik solunum kası ısınmasına göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde yüksek olduğu belirlenmiştir ($p<0,05$).

Sonuç: Akut olarak uygulanan farklı solunum kası ısınmalarının solunum parametrelerinde ve $maksVO_2$ düzeylerinde artış meydana getirdiği, bu artışın ise aletli solunum kası ısınmasında daha yüksek olduğu görülmüştür. Sportif performansın iyileştirilmesi için antrenmanlar öncesi bu ısınma türlerinin uygulanmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: Solunum kası ısınması, maksimal oksijen tüketimi, solunum kası egzersiz cihazı, diyafram solunumu

GİRİŞ

Sporunda hedefe ulaşmak için doğru egzersizlerin yapılması dışında bazı bilimsel yöntemler uygulanmakta ve sporcunun verimlilik gücü sürekli olarak incelenmektedir. Yapılan bilimsel çalışmalarla sporcunun performansına katkı sağla-

yan fiziksel ve psikolojik etkiler ortaya konmaktadır (1). Bu çalışmalarda sportif performansın artırılmasında ısınmanın önemli bir rol oynadığı belirtilmektedir (2). Isınma, tüm spor aktivitelerinde büyük önem taşımaktadır. Yanlış ısın-

Received / Geliş: 24.10.2021 · Accepted / Kabul: 02.12.2021 · Published / Yayın Tarihi: 06.04.2022

Correspondence / Yazışma: Zait Burak Aktuğ · Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Niğde, Türkiye · zaitburak@gmail.com

Cite this article as: Aktuğ ZB, Yavuz G, Pişkin NE, Aka H, İbiş S. Acute effect of different respiratory muscle exercises on maximal oxygen consumption and lung functions. Turk J Sports Med. 2022, 57(2):79-85; https://doi.org/10.47447/tjism.0632

malar sonucunda spor yaralanmaları, yenilgi, istenilen verimi alamama gibi durumlarla karşılaşmaktadır (3). Son yıllarda genel ısınma içerisinde yer almaya başlayan solunum kası ısınma egzersizlerinin performansa olumlu yönde katkı sağladığı görülmüştür (4). Solunum kası ısınmasının performans üzerindeki etkisi birçok araştırmacı tarafından incelenmiş ve bu egzersizlerin akciğer fonksiyonları ile koşu mesafesi gibi parametrelere olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir (4-7). Hem solunum kası egzersizlerinin hem de solunum kası ısınma egzersizlerinin temeli, solunum kas fonksiyonunun artırılmasına, nefes darlığının azaltılmasına ve egzersize toleransın yükseltilmesine dayanmaktadır (8). Solunum kaslarını kuvvetlendirmek için yapılan birçok solunum kası ısınma egzersizi vardır. Bunlar arasında büyük dudak solunum kası ısınma egzersizi, aletli solunum kası ısınma egzersizi ve diyafragmatik (karın solunumu) solunum kası ısınma egzersizi yer almaktadır. Bu egzersizler ile oksijenin vücuda alınmasını sağlayan inspirasyonun etkinliği artırılarak enerji üretiminin olumlu yönde etkilendiği belirtilmektedir (9).

Solunum kaslarından diyafram, solunum fonksiyonlarını etkileyen en önemli solunum kasıdır (10). Solunum kası ısınma egzersizlerinden olan diyafragmatik solunumda, soluk verme sırasında diyaframın abdominal kaslar tarafından yukarıya doğru itilmesiyle etkinliği artmaktadır. Yapılan bir çalışmada, diyafragmatik solunumun solunum yükünü azalttığı, akciğerlerin havalanma oranını artırdığı ve bundan dolayı solunumda iyileşme meydana getirdiği belirtilmiştir (11). Diğer bir solunum kası ısınma egzersizi olan aletli solunum kası ısınma egzersizi ise, basıncı ayarlanan özel solunum egzersiz cihazı ile belirlenen bir dirence karşı yapılan inspirasyondur. Egzersiz sırasında solunum kasları belli bir dirence karşı koyarak çalışmaktadır. Belirlenen amaca göre cihazla en düşük inspirasyon basınç ayarı ile en yüksek basınç ayarı arasında belirli nefes sayısında inspirasyon yapılır (12).

Solunum kaslarının birçoğu öksürme, hapsirme, yutma ve göğüs duvarı postür ayarı gibi motor fonksiyonlarda da rol oynamaktadır. Dinlenme sırasında diyafram kasılması, inspiratuar hacim değişiminin yaklaşık %50'sinden sorumludur ve işin geri kalanı yardımcı solunum kasları tarafından gerçekleştirilmektedir (13). Bu nedenle solunum kasının yalnızca maksimum gücünü değil, aynı zamanda dayanıklılık kapasitesini de belirlemek önemlidir (14).

Bu düşünceler ile yapılan çalışmada farklı solunum kası ısınma egzersizlerinin maksVO₂ ve akciğer fonksiyonları üzerine olan akut etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL ve METHOD

Araştırma için Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'na 2021/88 protokol kodu ile başvuru yapılmış, 14.10.2021 tarih ve 2021/89 karar numarası ile etik kurul onayı alınmıştır. Bu çalışma Helsinki Deklarasyonu'na uygun olarak yapılmıştır.

Araştırma Modeli

Çalışmada deneysel ve nicel araştırma yöntemi uygulanmıştır. Nicel araştırma, var olan durumları nesnelleştirerek ölçen ve sayısal veriler ile açıklanabilir hale getiren araştırmalardır (15).

Araştırma Grubu

Çalışmanın örneklemini gerekli sağlık kontrolleri yapılmış, Türkiye Futbol Federasyonunda en az iki yıldır faal ve haftanın üç günü ortalama 45 dk süre ile antrenman yapan 23 gönüllü erkek hakemden oluşmaktadır. Hakemler haftanın bir günü aerobik dayanıklılık, iki günü ise interval antrenman yapmaktadır. Katılımcıların yaş ortalaması 24,26±2,21 yıl, boy ortalaması 179,04±7,06 cm, vücut ağırlığı ortalaması 74,30±8,03 kg, vücut kütle indeksi (VKİ) ortalaması 23,22±2,60 kg/m², maksimum inspiratuar basınç (MIP) ortalaması 125,57±10,34 cmH₂O'dır.

Deney Düzenegi

Katılımcıların bazal ölçümleri çalışmanın başlangıcında sadece bir defa alınmıştır. 23 katılımcı üç çeşit solunum kası ısınma egzersizini farklı günlerde ve günün aynı saatlerinde uygulamıştır. Farklı solunum kası ısınma egzersizleri arasında 48 saatlik dinlenme süresi verilmiştir. Ölçümler katılımcıların ön test sıralamasına göre belirlenmiş ve 3 uygulama da aynı sıra ile gerçekleştirilmiştir. Bu ölçümlerde katılımcıların solunum parametreleri ve maksVO₂ değerlerinin uygulanan solunum kası ısınmasına göre karşılaştırılması amaçlanmıştır.

Ölçümlerin her aşamasında katılımcılara, kişiye özel spirometre ağızlığı, powerbreathe K5 ile MIP'in belirlenmesinde ise kişiye özel bakteri filtre ağızlığı verilmiştir. COVID-19 pandemisi nedeniyle laboratuvarde dezenfektan bulundurulmuş, katılımcılar laboratuvara tek tek alınmış, ikinci bir katılımcının ölçümünden önce 10 dk beklenmiş ve bu sürede laboratuvar havalandırılmıştır. Ayrıca ölçümde kullanılan cihazlar dezenfekte edilmiş ve hijyen kuralları uygulanmıştır.

Solunum Kası Isınma Egzersizleri

Yapılacak egzersizler öncesi katılımcılara solunum kası ısınma egzersiz türleri gösterilmiş ve öksürme teknikleri ile ilgili bilgiler verilmiştir. Gösterilen bütün egzersiz türlerinin doğrusu katılımcı tarafından yapıldıktan sonra egzersiz

başlamıştır. Ayrıca egzersizler sırasında parmak tipi Co1 marka pulse oksimetre (Pulse Oksimetre, CN) ile oksijen saturasyonu kontrol edilmiştir.

Diyafragmatik (Karın Solunumu) Solunum Kası Isınma Egzersizi

Katılımcının kalça ve dizleri hafifçe bükülerek abdominal ve hamstring grubu kaslarının gevşetilmesi sağlanmış, bir elini göğsüne diğerini karnına koyarak burnundan derin bir nefes alması istenmiştir. Katılımcıya nefes almada dikkat edilecek en önemli noktanın göğsün değil karnın olabileceğince şişirilmesi olduğu belirtilmiştir. Daha sonra tekrar burundan yavaş bir şekilde aldığı nefesi geri vermesi söylenmiştir. Diyafragmatik solunum kası ısınması ölçümlerden hemen önce 10 dakika boyunca gerçekleştirilmiştir.

Maksimum İnspiratuar Basınç (MIP) Ölçümü

Aletli solunum kası ısınma egzersizine başlamadan önce, egzersiz yükünü belirlemek için Powerbreathe K5 solunum egzersiz aleti kullanılmıştır (Powerbreathe inspiratory muscle trainer, Ironman K5, HaB Ltd.,UK). Yaş, kg, boy ve cinsiyet bilgileri girildikten sonra S-Index (kuvvet indeksi) üzerinden 30 ventilasyon yaptırılmıştır. Ölçüm iki deneme olarak alınmış ve en iyi değer kaydedilmiştir. MIP (cmH₂O) belirlendikten sonra bu basıncın %15'i ile plasebo etkisi, %40'ı ile aletli solunum kası ısınma egzersizi için kişiye özel egzersiz yükü ayarlanmıştır.

Aletli Solunum Kası Isınma Egzersizi

Katılımcılara aşamalı basınç egzersizi ve mekanik olarak ayarlanabilen 23-196 cmH₂O arası değişen yük ayar aralığı olan Powerbreathe solunum kası egzersiz aleti plus (mavi) modeli kullanılarak solunum kası ısınma egzersizi yapılmıştır (Powerbreathe Plus, UK). Her katılımcıya belirlenen MIP'nin %40'ı ile egzersiz yükü özel olarak ayarlanmış Powerbreathe marka plus (mavi) model solunum egzersiz aleti verilmiştir. Daha sonra katılımcı egzersiz aleti ile 30 tekrardan oluşan iki set solunum kası ısınması gerçekleştirilmiştir. Setler arası iki dakika dinlenme verilmiştir. İki set uygulama ve setler arası dinlenme dahil olmak üzere toplam uygulama sekiz dakika sürmüştür.

Aletli Solunum Kası Isınma Egzersizi (Plasebo Etkisi)

Katılımcılar, Powerbreathe marka solunum egzersiz aleti kullanarak solunum kası ısınma egzersizi gerçekleştirmişlerdir. Literatürde solunum kası ısınma egzersizleri ile ilgili yapılan çalışmalarda MIP'nin %15'i (solunum kası egzersiz aletinin 0 seviyesi) plasebo etkisi olarak adlandırılmıştır (5,16). MIP'nin %15'i solunum kası ısınma aletinde 0 seviyesi olan 23 cmH₂O veya alt değerine denk gelen 0 noktası ayarlanarak plasebo etkisi oluşturulmuştur. Bu şekilde 30 tekrardan oluşan iki set solunum kası ısınması gerçekleştir-

miştir. Setler arası iki dakika dinlenme verilmiştir. İki set uygulama ve setler arası dinlenme dahil olmak üzere toplam uygulama sekiz dakika sürmüştür.

Veri Toplama Araçları

Aletli solunum kası ısınma egzersizlerine başlamadan önce MIP belirlenmiştir. Her bireye dört farklı uygulama sonrasında [diyafragmatik solunum kası ısınma egzersizi (10 dk), aletli solunum kası ısınma plasebo egzersizi (MIP'nin %15'i, 2 set 30 tekrar, 8 dk), aletli solunum kası ısınma egzersizi (MIP'nin %40'ı, 2 set 30 tekrar, 8 dk) ve bazal] spirometre ile solunum fonksiyon testi ve hemen ardından Astrand Bisiklet Ergometresi ile maksVO₂ ölçümü uygulanmıştır.

Solunum Fonksiyon Testi

Katılımcıların solunum parametrelerinin ölçümünde Mikrolab 3300 marka spirometre cihazı kullanılmıştır. Çalışmada solunum parametrelerinden zorlu vital kapasite (FVC-It), birinci saniyedeki zorlu ekspirasyon volümü (FEV₁-It), zirve ekspiratuar akım hızı (PEF-It/sn) ve FEV₁/FVC% ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler rahat oturur pozisyonda, burun klipsi takılarak gerçekleştirilmiştir.

Maksimal Oksijen Tüketimi (MaksVO₂)

Astrand bisiklet ergometresi (Monark Ergomedic 839E, Sweden), polar saat ve yükün kontrol edilebileceği ergometrenin bağlı bulunduğu bilgisayar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Katılımcılardan üç dakikalık ısınma koşusu sonrası bisiklet pedalını altı dakika veya kalp atım sayısı sürekli arka arkaya iki dakika aynı sayıda ya da iki okuma arasındaki fark en az dört atım oluncaya kadar çevirmesi istenmiştir. Hız göstergesi 50 devir/dk olacak şekilde ayarlanmıştır. Katılımcıların erkek bireylerden oluşturulması nedeniyle 150 watt (900 kpm) direnç ile teste başlanmıştır. Testin ilk iki dakikasında nabızlarının 120 atım/dk altında olması ve ilk üç dakika veya daha kısa sürede 170 atım/dk üzerine çıkmamasından dolayı test boyunca dirençte bir değişiklik yapılmamıştır (17). Ölçüm sonuçları bisiklet ergometresinin bağlı olduğu bilgisayar ortamında (lt/dk - ml/kg/dk) kayıt altına alınmıştır.

Verilerin Analizi

Veriler SPSS 24 programında analiz edilmiştir. Verilerin normallik dağılımına Shapiro Wilk Testi ile bakılmış, verilerin normal dağılım göstermediği belirlenmiştir. Ölçümler arası farkları belirlemede Kruskal Wallis H Testi kullanılmıştır. Ölçümler arası farkın hangi ölçümden kaynaklandığı ise Mann Whitney U testi ile belirlenmiştir. Çalışmanın anlamlılık düzeyi p<0,05 olarak kabul edilmiştir.

BULGULAR

Tablo 1. incelendiğinde hem FVC hem de PEF'de ölçüm yöntemleri arasında aletli solunum kası ısınma egzersizi lehine; PEF'de ise bazal ölçüm ile diyafragmatik solunum kası ısınması ve plasebo arasında diyafragmatik solunum kası ısınması ve plasebo lehine istatistiksel olarak anlamlı fark belirlenmiştir ($p<0,05$). FVC/FEV1%'de bazal ölçüm ile diyafragmatik solunum kası ısınması ve aletli solunum kası ısınma egzersizi arasında diyafragmatik solunum kası ısınması ve aletli solunum kası ısınma egzersizi lehine; FVC/FEV1%'de plasebo ile aletli solunum kası ısınma egzersizi arasında aletli solunum kası ısınma egzersizi lehine istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir ($p<0,05$). Ayrıca maksVO₂ (lt/dk) ve maksVO₂ (ml/dk/kg)'da ölçüm yöntemleri arasında aletli solunum kası ısınma egzersizi lehine; maksVO₂ (lt/dk) ve maksVO₂ (ml/dk/kg)'da plasebo ile bazal ölçüm ve diyafragmatik solunum kası ısınması arasında plasebo lehine istatistiksel olarak anlamlı fark belirlenmiştir ($p<0,05$).

Tablo 1. Ölçüm Verilerinin Uygulamalar Arası Karşılaştırılması

		$\bar{x}\pm Ss$	χ^2	p
FVC (lt)	Bazal Ölçüm	5,60±,49 ^a	7,976	,04
	Diyafragmatik Solunum Kası Isınması	5,62±,51 ^a		
	Plasebo	5,66±,46 ^a		
	Aletli Solunum Kası Isınması	5,95±,46 ^b		
FEV1 (lt)	Bazal Ölçüm	5,04±,53	4,698	,19
	Diyafragmatik Solunum Kası Isınması	5,24±,63		
	Plasebo	5,25±,65		
	Aletli Solunum Kası Isınması	5,47±,67		
PEF (lt/sn)	Bazal Ölçüm	9,05±,55 ^a	14,317	,00
	Diyafragmatik Solunum Kası Isınması	9,33±,65 ^b		
	Plasebo	9,42±,78 ^{cb}		
	Aletli Solunum Kası Isınması	9,71±,51 ^d		
FVC/FEV1%	Bazal Ölçüm	82,11±1,79 ^a	11,462	,00
	Diyafragmatik Solunum Kası Isınması	83,02±2,37 ^{bd}		
	Plasebo	82,47±1,73 ^{abc}		
	Aletli Solunum Kası Isınması	83,82±1,54 ^d		
MaksVO ₂ (lt/dk)	Bazal Ölçüm	3,02±,33 ^a	8,186	,04
	Diyafragmatik Solunum Kası Isınması	3,03±,33 ^{ba}		
	Plasebo	3,12±,30 ^c		
	Aletli Solunum Kası Isınması	3,27±,28 ^d		
MaksVO ₂ (ml/dk/kg)	Bazal Ölçüm	41,22±4,78 ^a	10,424	,01
	Diyafragmatik Solunum Kası Isınması	41,45±4,39 ^{ba}		
	Plasebo	43,22±4,17 ^c		
	Aletli Solunum Kası Isınması	44,74±4,76 ^d		

$p<0,05$ a,b,c,d; satırlardaki farklı harfler ölçümler arasındaki farkı belirtmektedir. FVC: Zorlu Vital Kapasite, FEV1: Zorlu Ekspirasyon Hacmi, PEF: Zirve Ekspiratuar Akım Hızı, FVC/FEV1: Zorlu Vital Kapasitenin Zorlu Ekspirasyon Hacmine Oranı, MaksVO₂: Maksimal Oksijen Tüketimi

TARTIŞMA

Egzersize katılımın solunum parametrelerini olumlu yönde etkilediği bilinmektedir (18,19). Egzersiz sırasında ventilasyonun hızlandığı, solunum ve dolaşım sistemlerine binen yükün arttığı ve kardiyovasküler sistemin daha güçlü olduğu gözlemlenmiştir (20). En önemli inspirasyon kaslarından olan diyaframın ise bu kas gruplarını zorlayan egzersizlerde performansı olumlu yönde etkilediği görülmüştür (21). Solunum kaslarında meydana gelen yorgunluk periferik yorgunluğa benzer niteliktedir. Düzenli yapılan egzersizler ile artan lokal kas kuvveti periferik yorgunluğun azaltılmasında önemli bir faktördür (22). Solunum kaslarında oluşan yorgunluk ise inspiratuar kas gücünde azalma olarak kendini gösterir (23). Zorlanmış solunum parametreleri, solunum kaslarının performansına, yani yorgunluğun ne kadar geç oluştuğuna bağlıdır (24). En önemli solunum kası olan diyaframın güç ve dayanıklılık seviyesindeki gelişim ise ekspiratuar zorlu hacim ve kapasiteyi olumlu yönde etkiler, bu durum da performansta iyileşmeye sebep olur (21).

Solunum kası egzersizleri genellikle astım, kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH) ve COVID-19 enfeksiyonu sonrası rehabilitasyonda kullanılmaktadır (25). Son dönemlerde bu konu spor bilimciler tarafından sportif performansta meydana gelen akut ve kronik değişimleri incelemek için kullanılmaktadır (18,26). Bu konu ile ilgili çalışmalarda solunum parametreleri, aerobik-anaerobik kapasite ve koşu mesafesi üzerine yoğunlaşıldığı görülmüştür.

Solunum kası ısınmasının ve solunum kası egzersizlerinin performansta olumlu bir etki yaratıp akciğer fonksiyonlarında anlamlı bir etkisinin olmadığını (27-30) ve akciğer fonksiyonlarında olumlu etkilerinin olduğunu bildiren çalışmalar mevcuttur (5,7,26). Bu farklılıkların uygulanan yöntemler (MIP, uygulama süresi) ve örneklem gruplarından (elit sporcular, hastalar, sedanter bireyler) kaynaklandığı görülmektedir.

Solunum kası egzersizlerinin solunum fonksiyonları üzerindeki etkilerine ilişkin çalışmalarda, solunum kas kuvveti artışına bağlı olarak pulmoner fonksiyonlarda ve akciğer hacim kapasitesinde önemli artışlara yol açtığı görülmüştür (30). Bireylerde diyafram kası zayıflığı varsa solunum parametrelerinden özellikle FVC değerinin düşük çıkabileceği belirtilmiştir (31). Diyafram kasının uzun süreli yüke maruz kalması durumunda kas lif tipinin de değişikliğe uğradığı ve oksidatif kapasitesinde artış gerçekleştiği gösterilmiştir (14). Solunum kası egzersizlerinin kronik etkilerinin daha çok araştırıldığı görülürken akut etkilerine yönelik çalışmaların azlığı dikkat çekmektedir.

MIP ortalaması 125,57 cmH₂O olan bireyler üzerinde farklı solunum kası ısınma egzersizlerinin akut etkisini inceledi

ğimiz çalışmada solunum parametrelerinin hem diyafragmatik solunum kası ısınma egzersizlerinde hem de aletli solunum kası ısınma egzersizinde arttığı belirlenirken, bu artışın özellikle aletli solunum kası ısınmasında istatistiksel olarak daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Tablo 1).

Benzer bir çalışmada solunum kası ısınmasının solunum parametreleri üzerindeki akut etkileri MIP basıncı ortalama 149.38 cmH₂O olan 26 bireyde plasebo, deneysel ve kontrol olarak üç farklı grupta incelenmiştir (5). Söz konusu çalışmada plasebo grubu ile kontrol grubu arasında anlamlı fark görülmezken, deneysel grupta önemli ölçüde iyileşme olduğu görülmüştür. Bu gelişmelerden sorumlu mekanizmanın ise solunum kas gücündeki artışla üst toraks, boyun ve solunum kaslarının yardımıyla kas dokusunda artan reaktif O₂ türlerinin seviyesi ve potansiyel olarak kas oksijen kullanımının iyileşmesi olabileceği belirtilmiştir. Ayrıca solunum fonksiyonlarındaki iyileşmenin inspiratuar kas gücündeki artışla ilişkili olabileceği ve böylece inspiratuar kas kuvveti ile akciğer fonksiyonları arasında bir etkileşim olduğu belirtilmiştir. Reid, akut egzersizde meydana gelen bu durumu reaktif O₂ türlerinin optimum düzeyin altında olduğu ısınma bölümünden sonra yapılan egzersiz sırasında optimum reaktif O₂ türü seviyesine ulaşıldığında kontraktıl performansın da artması ile açıklamıştır (32). Solunum kası egzersizindeki gibi kasılmaların, oksijen iletimini ve kas mikrovasküler kullanım koşullarını iyileştirdiği belirtilmiştir (33). Solunum kaslarının güçlenmesi ve buna bağlı olarak yorgunluğa ulaşma süresinin uzamasının özellikle FVC gibi solunum parametreleri üzerinde olumlu etkisi olduğu belirtilmiştir (24). Bu durumun solunum kası kuvvetinin dinamik akciğer kapasitesi üzerindeki olumlu etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir (17).

Solunum kası egzersizlerinin solunum parametreleri üzerine kronik etkisinin incelendiği çalışmada Mahajan ve ark. 19-24 yaşları arasında 60 futbolcunun dört hafta boyunca ve haftada beş gün gerçekleştirdikleri solunum kası egzersizi sonucunda solunum parametrelerinden FVC, MVV ve PEF değerlerinde anlamlı bir artış olduğunu belirtmişlerdir (29). Bir diğer çalışmada Şerifoğlu ve ark. sağlıklı bireylerde yapılan, aletli solunum kası egzersizleri ile aletsiz solunum kası egzersizlerinin akciğer hacim ve kapasitelerine etkisini incelemişler, aletli ve aletsiz solunum kası egzersizi yaptırılan gruplar arasında akciğer hacim ve kapasiteleri açısından anlamlı bir fark saptanmazken, grup içi değerlerde hem büyük dudak egzersizi yapan grupta hem de aletli solunum kası egzersizi kullanan grupta bazal seviyelere göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış saptamışlardır (34). Yapmış olduğumuz çalışmada da bu duruma benzer şekilde hem diyafragmatik solunum kası ısınma egzersizinde hem de aletli solunum kası ısınma egzersizinde akciğer hacim ve

kapasitelerinde bazal seviyeye göre istatistiksel olarak anlamlı bir artış görülmüştür. Bağırın ve ark. yüzücülere MIP değeri %30 olacak şekilde haftada beş gün, altı hafta solunum kası egzersizi uygulatmışlar, bu egzersizlerin yüzücülerde solunum parametrelerini anlamlı düzeyde olumlu etkilediğini ve düzenli solunum kası egzersizlerinin solunum parametrelerini iyileştirdiğini belirtmişlerdir (26). Bulgularımız literatürdeki bu çalışmalarını destekler niteliktedir. Çalışmada kullanılan aletli solunum kası ısınma egzersizinde katılımcılar her tekrarda aynı dirence karşı (MIP'nin %40'ı) nefes egzersizi uyguladıkları için en fazla gelişimin aletli solunum kası ısınma egzersizinde olduğu görülmüştür. Çalışmamızda aletli solunum kası ısınma egzersizinden sonra en yüksek gelişimin plasebo ve diyafragmatik solunum kası ısınma egzersizinde olduğu görülmektedir. Plasebo etkisinde aletin o seviyesinde dahi belirli bir basınca karşı çalışması bu olumlu etkinin nedeni olarak açıklanabilir. Herhangi bir alet kullanımı olmadan yapılan diyafragmatik solunum kası ısınma egzersizinde belirli bir basınç uygulanmamasına rağmen oluşan gelişimin ise bu egzersiz esnasında da diyafram kasının yüksek şiddetle uyarılmasından kaynaklanabilir. Fakat bu artışın aletli solunum kası ısınmasına göre daha düşük olması diyafragmatik solunum kası ısınması sırasında her nefes alımında aynı basıncın uygulanmaması ile ilgili olabilir.

Çalışmamızda farklı solunum kası ısınma egzersizlerinin maksVO₂ düzeyi üzerinde akut olarak olumlu bir etki yarattığı görülmüştür. Bu etki özellikle aletli solunum kası ısınma egzersizinde gözlenmiştir (Tablo 1). Çalışmada Astrand Bisiklet Ergometre Testi öncesi normal ısınma süreci dışında, solunum kası ısınması yapıldığında daha yüksek maksVO₂ değerlerine ulaşıldığı belirlenmiştir. Bu gelişim solunum kası egzersizi veya ısınmasının solunum kası yorgunluğunu geciktirerek performansı iyileştirmesi ile sonuçlanmaktadır (35,36). Bu durumu açıklayan mekanizmalardan birisi oksijen alımı değişkenlerindeki gelişme ile ilişkilidir (37). Oksijen alımı değişkenlerini incelemek için çok sayıda müdahale kullanılmış ve farklı ısınma türlerinin, oksijen alımının yavaş bileşenini önemli ölçüde azalttığı gösterilmiştir. Daha hızlı bir oksijen alımının kinetik tepkisi, başlangıçtaki oksijen açığı ve yorgunluğun neden olduğu yan ürün birikimini azaltarak performansı olumlu yönde etkilemesi ile açıklanmıştır (33,37,39)

Solunum kaslarının gelişmesi ile birlikte oksijenin vücuda alındığı evre olan inspirasyonun etkinliği artar, bu artış da vücuttaki enerji dönüşümünü olumlu yönde etkiler (9). Aerobik kapasitenin belirleyicisi olan maksVO₂'nin yüksek seviyede olması ise sporcuların farklı yüklenme koşullarında vücut homeostazisinin korunmasına ve uzun süre egzersiz yapabilmelerine olanak sağlar (40). Cheng ve ark. bisik-

let egzersizi sırasında solunum kası ısınmasının performans ve kas oksijenasyonu üzerindeki etkilerini incelemişler, orta yoğunluktaki spesifik ısınma aktivitesinin, submaksimal bisiklet egzersizi ve sonraki yüksek yoğunluklu sprint egzersizi sırasında kas oksijen saturasyonundaki düşüşe karşı bir miktar koruma sağladığını belirtmişlerdir. Bu durumun solunum kaslarının uygun bir dereceye kadar spesifik ısınma aktivitesinin (MIP'in %40'ı), solunum kası metaboreflksinin aktivasyonunu geciktirebileceği, böylece lokal çalışan kaslarda oksijen saturasyonuna fayda sağlayabileceğini iddia etmişlerdir (16). Bir diğer çalışmada Lomax ve ark. iki gruptan oluşan 12 erkek futbolcuda dört hafta süreyle solunum kası egzersizi ve her antrenman öncesi solunum kası ısınmasının katedilen mesafe üzerine etkisini incelemişler, deney grubunun kontrol grubuna göre Yo-Yo testinde daha yüksek performans sergilediğini belirtmişler, tek başına solunum kası ısınma egzersizlerinin etkisinin bağımsız bir solunum kası ısınması etkisinden daha büyük olmasına rağmen, iki uygulamanın kombinasyonunun koşu mesafesinde en büyük gelişmeyi ortaya koyduğunu rapor etmişlerdir (7).

Solunum kasları morfolojik ve fonksiyonel olarak iskelet kaslarının yapısına benzerler ve bu nedenle uygun bir antrenman yükü uygulandığında lokomotor kaslar gibi antrenmana uyum sağlarlar (41). Çalışmamızdan farklı olarak Özdal ve ark. solunum kası ısınmasının anaerobik güce etkisini incelemişler, solunum kası ısınmasının, tepe güce daha hızlı ulaşılması nedeniyle anaerobik gücü de olumlu yönde etkileyebileceğini söylemişlerdir (6). Kilding ve ark. altı haftalık solunum kası egzersizlerinin 100 ve 200 m. yüzme performansı üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu, bu nedenle solunum kası egzersizlerinin kulüp düzeyindeki rekabetçi yüzücüler için değerli bir ergojenik yardım olarak kabul edilebileceğini belirtmişlerdir (42). Egzersiz sırasında alınan oksijenin %16'sının solunum kasları tarafından kullanıldığı göz önüne alındığında solunum kaslarının performansla olan etkisi göz ardı edilemez niteliktedir (43).

SONUÇ

Çalışmamızda solunum parametrelerinde ve maksVO₂ düzeyinde en olumlu etkiyi aletli solunum kası ısınma egzersizinin yarattığı gözlenmiştir. Sırası ile aletli solunum kası ısınma egzersizi ve plasebo etkisinin en olumlu etkiyi yaratmasındaki temel faktörün uygulanan 30 tekrar boyunca egzersizin aynı zorlukta sürdürülmesi olduğu düşünülmektedir. Diyafragmatik solunum kası ısınmasında ise katılımcı kendi ayarladığı dirence karşı çalıştığından egzersizin sonlarına doğru direnci uygulayamıyor olabilir. Ancak, solunum egzersizi aletlerine ulaşamadığında diyafragmatik solunum kası ısınma egzersizinin antrenman öncesi kulla-

nılması önerilebilir. Yapılacak çalışmalarda farklı MIP yüzde ve tekrar sayılarının etkilerinin incelenmesi önerilir.

Ethics Committee Approval / Etik Komite Onayı

The approval for this study was obtained from Clinical Research Ethics Board of Niğde Ömer Halisdemir University (Approval number: 2021/89, Date: 14.10.2021).

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

The authors declared no conflicts of interest with respect to authorship and/or publication of the article.

Financial Disclosure / Finansal Destek

The authors received no financial support for the research and/or publication of this article.

Author Contributions / Yazar Katkıları

Concept: ZBA, Sİ; Design: ZBA, Sİ; Supervision: ZBA, Sİ; HA, NEP, GY; Materials: ZBA, NEP, GY; Data Collection and/or Processing: ZBA, HA; Analysis and Interpretation: ZBA, Sİ; Literature Review: ZBA, NEP, GY; Writing Manuscript: ZBA, Sİ; HA, NEP, GY; Critical Reviews: ZBA, NEP, GY

KAYNAKLAR

1. Spriet LL. Exercise and sport performance with low doses of caffeine. *Sports Med.* 2014;44(Suppl 2):S175-84.
2. Sotiropoulos K, Smilios I, Christou M, Barzouka K, Spaias A, Douda H, et al. Effects of warm-up on vertical jump performance and muscle electrical activity using half-squats at low and moderate intensity. *J Sports Sci Med.* 2010;9(2):326-31.
3. Bishop D. Warm up I: Potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Med.* 2003;33(6):439-54.
4. Volianitis S, McConnell AK, Jones DA. Assessment of maximum inspiratory pressure. Prior submaximal respiratory muscle activity ('warm-up') enhances maximum inspiratory activity and attenuates the learning effect of repeated measurement. *Respiration.* 2001;68(1):22-7.
5. Özdal M. Acute effects of inspiratory muscle warm-up on pulmonary function in healthy subjects. *Respir Physiol Neurobiol.* 2016;227:23-26.
6. Özdal M, Bostancı Ö, Dağlıoğlu Ö, Ağaoğlu A, Kabadayı M. Effect of respiratory warm-up on anaerobic power. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(7):2097-8.
7. Lomax M, Grant I, Corbett J. Inspiratory muscle warm-up and inspiratory muscle training: separate and combined effects on intermittent running to exhaustion. *J Sports Sci.* 2011;29(6):563-9.
8. Culver BH, Graham BL, Coates AL, Wanger J, Berry CE, Clarke PK, et al. ATS Committee on Proficiency Standards for Pulmonary Function Laboratories. Recommendations for a standardized pulmonary function report: An official American Thoracic Society technical statement. *Am J Respir Crit Care Med.* 2017;196(11):1463-72.
9. Pine M, Murphy A, Watsford M, Coutts A. Specific respiratory muscle training: the effects of various training strategies upon repeat sprint performance. *J Sci Med Sport.* 2005;8(Suppl 1):64.
10. Hodges PW, Sapsford R, Pengel LHM. Postural and respiratory functions of the pelvic floor muscles. *NeuroUrol Urodyn.* 2007;26(3):362-71.
11. Larson JL, Johnson JH, Angst DB. Rehabilitation Nursing Process and Application. SP Hoeman (Ed). Second Edition. St Louis: Mosby; 1996:361-400.
12. Bostancı Ö, Mayda H, Yılmaz C, Kabadayı M, Yılmaz AK, Özdal M. Inspiratory muscle training improves pulmonary functions and respiratory muscle strength in healthy male smokers. *Respir Physiol Neurobiol.* 2019;264:28-32.
13. Sheel AW. Respiratory muscle training in healthy individuals: Physiological rationale and implications for exercise performance. *Sports Med.* 2002;32(9):567-81.
14. Dempsey JA. Challenges for future research in exercise physiology as applied to the respiratory system. *Exerc Sport Sci Rev.* 2006;34(3):92-8.
15. Creswell J. Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. Thousand Oaks, CA: Sage; 2013.
16. Cheng CF, Tong TK, Kuo TC, Chen PH, Huang HW, Lee CL. Inspiratory muscle warm-up attenuates muscle deoxygenation during cycling exercise in women athletes. *Respir Physiol Neurobiol.* 2013;186(3):296-302.
17. Günay M, Tamer K, Cicioğlu İ. *Spor fizyolojisi ve performans ölçümü*. Ankara: Gazi Kitabevi; 2013.

18. Yılmaz ÖF, Özdal M. Acute, chronic, and combined pulmonary responses to swimming in competitive swimmers. *Respir Physiol Neurobiol.* 2019;259:129-35.
19. Pişkin NE, Şengür E, Öztekin B, Hazar S. Sekiz Haftalık Kuvvet Antrenmanlarının Solunum Parametreleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi. *Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi* 2020;1(3):107-18.
20. Vargo L, Sanderson S. Compression stockings and aerobic exercise: A Meta-Analysis. *Int J Hum Mov Sports Sci.* 2014;2(4):68-73.
21. Weiner P, Magadle M, Beckerman M, Weiner M, Berar-Yanay N. Comparison of specific expiratory, inspiratory, and combined muscle training programs in COPD. *Chest.* 2003;124(4):1357-64.
22. Ament W, Verkerke GJ. Exercise and fatigue. *Sports Med.* 2009;39(5):389-422.
23. Özdal M. Influence of an eight-week core strength training program on respiratory muscle fatigue following incremental exercise. *Isokinet Exerc Sci.* 2016;24(3):225-30.
24. Gupta SS, Sawane MV. A comparative study of the effects of yoga and swimming on pulmonary functions in sedentary subjects. *Int J Yoga.* 2012;5(2):128-33.
25. Liu K, Zhang W, Yang Y, Zhang J, Li Y, Chen Y. Respiratory rehabilitation in elderly patients with COVID-19: a randomized controlled study. *Complement Ther Clin Pract.* 2020;39:101166.
26. Bağırın Y, Dağlıoğlu Ö, Bostancı Ö. The effect of respiratory muscle training on aerobic power and respiratory parameters in swimmers. *J Sports Exerc & Train Sci.* 2019;5(4):214-20.
27. Volianitis S, McConnell AK, Koutedakis Y, Jones DA. The influence of prior activity upon inspiratory muscle strength in rowers and non-rowers. *Int J Sports Med.* 1999;20(8):542-7.
28. Pehlivan E, Mutluay F, Balcı A, Kılıç L. The effects of inspiratory muscle training on exercise capacity, dyspnea and respiratory functions in lung transplantation candidates: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2018;32(10):1328-39.
29. Mahajan AA, Kulkarni N, Khatri SM, Kazi A, Shinde N. Effectiveness of respiratory muscle training in recreational soccer players: a randomized controlled trial. *Rom J Physical Ther.* 2012;18(30):64-70.
30. Tenório LHS, Santos AC, Câmara Neto JB, Amaral FJ, Passo VMM, Lima AMJ, et al. The influence of inspiratory muscle training on diaphragmatic mobility, pulmonary function and maximum respiratory pressures in morbidly obese individuals: a pilot study. *Disabil Rehabil.* 2013; 35(22):1915-20.
31. Hancox B, Whyte K. *Akciğer Fonksiyon Testleri El Kitabı*. 1. Baskı, İstanbul: İstanbul Yayıncılık;2004.
32. Reid MB. Invited review: redox modulation of skeletal muscle contraction: what we know and what we don't. *J Appl Physiol.* 2001;90(2):724-31.
33. Poole DC, Jones AM. Oxygen uptake kinetics. *Compr Physiol.* 2012;2(2):933-96.
34. Şerifoğlu H, Çetinkaya C, Kayatekin BM. Sağlıklı bireylerde yapılan, aletli solunum egzersizleri ile aletsiz solunum egzersizlerinin akciğer hacim ve kapasitelerine etkisinin incelenmesi. *Sportmetre.* 2021;19(1):127-36.
35. Illi SK, Held U, Frank I, Spengler, CM. Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2012;42(8):707-24.
36. Barnes KR, Ludge AR. Inspiratory muscle warm-up improves 3,200-m running performance in distance runners. *J Strength Cond. Res.* 2021;35(6):1739-47.
37. Poole DC, Barstow TJ, McDonough P, Jones AM. Control of oxygen uptake during exercise. *Med. Sci. Sport Exerc.* 2008;40(3):462-74.
38. Sahlin K, Sørensen JB, Gladden LB, Rossiter HB, Pedersen PK. Prior heavy exercise eliminates VO2 slow component and reduces efficiency during submaximal exercise in humans. *J Physiol.* 2005;564(Pt3):765-73.
39. Fukuoka Y, Poole DC, Barstow TJ, Kondo N, Nishiwaki M, Okushima D, Koga S. Reduction of VO2 slow component by priming exercise: Novel mechanistic insights from time-resolved near-infrared spectroscopy. *Physiol. Rep.* 2015;3(6):e12432.
40. Wagner PD, Secher NH. Maximal exercise: is it limited centrally or peripherally? In: Taylor NAS, Groeller H, eds. *Physiological Bases of Human Performance During Work and Exercise*. China: Churchill Livingstone Elsevier; 2008.
41. Kraemer WJ, Adams K, Cafarelli E, Dudley GA, Dooly C, Feigenbaum MS, et al. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34(2):364-80.
42. Kilding AE, Brown S, McConnell AK. Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *Eur J Appl Physiol.* 2010;108(3):505-11.
43. Janssens L, Brumagne S, McConnell AK, Raymaekers J, Goossens N, Gayan-Ramirez G, et al. The assessment of inspiratory muscle fatigue in healthy individuals: a systematic review. *Respir Med.* 2013;107(3):331-46.