

ORJİNAL ARAŞTIRMA ORIGINAL RESEARCH

DOI: 10.5336/sportsci.2024-102953

Erkek Basketbolcularda Dört Haftalık Solunum Kas Antrenmanının Pulmoner Fonksiyonlar ile Aerobik ve Anaerobik Performansa Etkisi: Deneysel Araştırma

The Effect of Four-Weeks Respiratory Muscle Training on Pulmonary Functions and Aerobic and Anaerobic Performance in Male Basketball Players: Experimental Research

Adem ÇEVİK^a, Özgür BOSTANCI^a

^aOndokuz Mayıs Üniversitesi Yaşar Doğu Spor Bilimleri Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor AD, Samsun, Türkiye

Bu çalışma, Adem Çevik'in "Erkek Basketbolcularda Dört Haftalık Solunum Kas Antrenmanının Performansa Etkisi" başlıklı yüksek lisans tezinden üretilmiştir (Samsun, Ondokuz Mayıs Üniversitesi; 2018).

ÖZET Amaç: Bu çalışmanın amacı, erkek basketbolcularda 4 haftalık solunum kası antrenmanının (SKA) pulmoner fonksiyonlar ile aerobik ve anaerobik performansa etkisini incelemektir. **Gereç ve Yöntemler:** Randomize olmayan kontrol grubu araştırma tasarımına göre bu çalışmaya 10 denek (yaş: 28,10±4,51 yıl, boy: 194,30±8,17 cm, vücut ağırlığı: 94,76±10,70 kg) ve 10 kontrol (yaş: 18,70±0,95 yıl, boy: 180,60±2,22, vücut ağırlığı: 69,50±8,74 kg) olmak üzere 20 erkek basketbolcu gönüllü olarak katıldı. Araştırmada deney grubu sezon öncesi hazırlık antrenmanlarına ek olarak 4 hafta SKA uygularken kontrol grubu ise rutin antrenmanlarına devam etti. SKA'nın etkilerini belirlemek için uygulamanın başlangıcında ve sonunda solunum kas kuvveti, solunum fonksiyonları, aerobik-anaerobik performans testi ölçümleri yapıldı. SKA, POWERbreathe Classic (IMT Technologies Ltd. Birmingham, UK) model ile maksimal inspiratuar basınç değerinin %40'ına eş değer olacak şekilde haftanın 5 günü günde 2 kez tekrarlanacak koşulluyla 4 hafta uygulandı. Gruplar arası tüm parametrelerin ön-son testleri arasındaki karşılaştırması için bağımlı örneklem t-testi, ortalamaya farklı gruplar arasındaki analizi içinde bağımsız örneklem t-testi kullanıldı. **Bulgular:** SKA sonrası deney grubunda zorlu vital kapasite ortalamalarında %13,29 değişim gözlemlendi ($p<0,05$). Deney grubunda zirveye ulaşma süresinde %28,64 ve zirve gücünde %5,66 düzeyinde artış meydana geldiği belirlendi ($p<0,05$). Kontrol grubunda Wingate testi sonrasında tüm parametrelerde anlamlı bir değişim gözlemlenmedi ($p>0,05$). SKA sonrası deney grubunda VO_{2max} ortalama değerinde %14,74 ($p<0,008$) ve kontrolde ise %7,50 oranında iyileşme tespit edildi ($p<0,006$). **Sonuç:** Bu çalışmanın sonuçları SKA'nın basketbolcular için son derece faydalı olabileceğine, solunum kaslarının iyileştirilmesi, inspiratuar kas yorgunluğunun azalması ve daha iyi solunum verimliliğinin yanı sıra yüksek yoğunlukta solunum eforunun azalmasına katkıda bulunacağını göstermiştir.

ABSTRACT Objective: This study aimed to investigate the effect of four weeks of respiratory muscle training on pulmonary functions and aerobic and anaerobic performance in male basketball players. **Material and Methods:** According to the non-randomized control group research design, 20 male basketball players, consisting of 10 subjects (age: 28.10±4.51 years, height: 194.30±8.17 cm, weight: 94.76±10.70 kg) and 10 controls (age: 18.70±0.95 years, height: 180.60±2.22, weight: 69.50±8.74 kg) participated in this study voluntarily. In the study, the experimental group practiced inspiratory muscle training (IMT) for four weeks in addition to pre-season preparatory training, while the control group continued their routine training. IMT was performed for 4 weeks with the POWERbreathe Classic (IMT Technologies Ltd. Birmingham, UK) model, equivalent to 40% of the maximal inspiratory pressure value, repeated twice a day, 5 days a week. The paired sample t-test was used for the comparison of all parameters between pre-post tests and the independent sample t-test was used for the analysis of the mean difference between groups. **Results:** After IMT a 13.29% change was observed in the forced vital capacity in the experimental group ($p<0.05$). In addition, Time to peak increased by 28.64% and Peak power increased by 5.66%. In the control group, there was no significant change in all parameters after Wingate test ($p>0.05$). VO_{2max} mean value increased by 14.74% ($p<0.008$) and control increased by 7.50% ($p<0.006$). **Conclusion:** The findings of this study have shown that IMT can be highly useful for basketball players, improving respiratory muscles, reducing of inspiratory muscle fatigue, contributing to better respiratory efficiency as well as reducing high-intensity respiratory effort.

Anahtar Kelimeler: Aerobik kapasite; anaerobik güç; basketbol; solunum kas antrenmanı

Keywords: Aerobic capacity; anaerobic power; basketball; respiratory muscle training

KAYNAK GÖSTERMEK İÇİN:

Çevik A, Bostancı Ö. Erkek basketbolcularda dört haftalık solunum kas antrenmanının pulmoner fonksiyonlar ile aerobik ve anaerobik performansa etkisi: Deneysel araştırma. Türkiye Klinikleri J Sports Sci. 2024;16(2):186-93.

Correspondence: Adem ÇEVİK

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yaşar Doğu Spor Bilimleri Fakültesi, Beden Eğitimi ve Spor AD, Samsun, Türkiye

E-mail: ademcevik8789@gmail.com



Peer review under responsibility of Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences.

Received: 21 Mar 2024

Received in revised form: 28 May 2024

Accepted: 28 May 2024

Available online: 07 Jun 2024

2146-8885 / Copyright © 2024 by Türkiye Klinikleri. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Günümüz basketbolunun dinamik yapısı, hızlı ve yüksek temposu ayrıca oyun stratejilerindeki evrimi, oyuncunun üst düzey kardiyovasküler dayanıklılık, hızlı düşünme ve keskin motor becerilerindeki taleplerinde de bir artışa neden olmuştur.¹ Topa sahip olup/olmama ile sınırlandırılmış hücum ve savunma durumlarını içeren basketbolda, antrenman veya maç sırasında hızlı ve verimli toparlanmanın sağlanabilmesi ve yorgunluğu geciktirebilmek için sporcuların oksijen tüketiminin yüksek bir değere sahip olmasına ihtiyaç vardır.² Çünkü yüksek yoğunluktaki aktivitelerin antrenman veya müsabaka sırasında art arda tekrarlanması sporcunun solunum yükünü de artırmaktadır. Bu durum sporcunun solunum paternini etkileyerek solunum kaslarının yorulmasına ve dokulara yeterli oksijenin (O₂) gönderilememesine neden olur ve sporcuda yorgunluk gözlenirken aerobik performansını da sınırlayabilmektedir.³ Solunum kas yorgunluğunun ventilasyonu azalttığı ekstremitelerde sempatik sinir aktivitesini artırdığı ve bu durumun periferik kaslara giden kan akışını azalttığı raporlanmıştır.³⁻⁵ Yüksek yoğunluklu egzersiz esnasında alınan oksijenin %16'sını solunum kaslarının kullandığı göz önüne alındığında, etkili bir solunum kas kuvvetinin egzersiz ihtiyaçlarının karşılanmasıdaki önemini göstermektedir.^{3,4}

Solunum sisteminin bu sınırlamaları ve egzersiz performansı üzerindeki potansiyel etkileri elit sporcular için güçlü solunum kaslarının önemini ortaya koymaktadır.⁶ Solunum kasları, yüksek aerobik kapasite ve çok miktarda kan damarlarına sahip olmakla birlikte vazokonstriksiyona karşı eşsiz bir esnekliğe sahiptir; dolayısıyla bu özellikler düşük-orta dereceli (%40-60 VO_{2maks}) egzersiz yoğunluklarında solunum kaslarını yorulmaya karşı dirençli kılar.⁷ Fakat yüksek yoğunluktaki egzersizler (%80-90 VO_{2maks}) sırasında solunum kasları yorulabilir.^{7,8} Solunum kas fonksiyonlarını geliştirmeye odaklanmış solunum kası antrenmanı (SKA), solunum kas metaboreksinin aktivasyon eşliğinde bir artışa yol açarak solunum kaslarında ya da uzuv kaslarında meydana gelen yorgunluğu geciktirdiği bununda performansla olumlu yönde etki sağladığı gösterilmiştir.⁹⁻¹¹ Bununla birlikte SKA core kaslarının stabilitesini artırarak sporcunun hareketlerini daha kaliteli yapmasına ve sakatlanma riskinin önlenmesine yardımcı olabilmektedir.¹²

Literatürde bireysel ve takım sporlarında SKA'nın etkilerini araştıran çok sayıda çalışma mevcuttur. Bu deneysel araştırmalarda farklı süre (4-12 hafta) ve yoğunluklarda (%40-80) uygulanan SKA'nın solunum fonksiyonlarında, solunum kas kuvveti ve performans değişkenleri üzerindeki etkileri incelenmiştir.¹³⁻¹⁵ Takım sporlarında sınırlı sayıda araştırma olmakla birlikte özellikle SKA'nın basketbolculardaki etkisi hakkında çalışmalar hâlen kısıtlıdır. Bu çalışmada, sezon öncesi hazırlık döneminde uygulanan 4 haftalık SKA'nın, erkek basketbolcuların pulmoner fonksiyonları ile aerobik ve anaerobik kapasiteleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek amaçlandı.

GEREÇ VE YÖNTEMLER

ARAŞTIRMA GRUBU

Araştırmaya 18-28 yaş aralığında, en az 5 yıl spor geçmişine sahip, antrenmanlı ve kronik bir hastalık geçirmiş bulunmayan Türkiye Birinci Liginde (deney: 10) ve Altyapıda (kontrol: 10) mücadele eden 20 basketbolcu gönüllü olarak katıldı (Tablo 1). Katılımcı sayısının belirlenmesi için G. Power 3.1. (G*Power software, Düsseldorf, Germany) program ile güç analizi yapıldı ve d değeri 1,39 bulundu ($\alpha=0,05$, $1-\beta=0,95$) ve örneklem büyüklüğü 18 olarak hesaplandı. Araştırma Helsinki Deklarasyonu prensiplerine göre dizayn edilerek tasarlandı (World Medical Association, 2013). Deneklerden gönüllü onam formu alınarak çalışma hakkında bilgi verildi. Bu araştırma için Ondokuz Mayıs Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığından (tarih: 30 Kasım 2017, no: B.30.2.ODM.0.20.8/1239-1278) onay alındı.

ARAŞTIRMANIN DİZAYNI

Araştırma, randomize olmayan kontrol gruplu, tek kör ve ön-son test prosedürü kullanılarak dizayn

TABLO 1: Deneklerin tanımlayıcı bilgileri.

Değişken	Deney (n=10)	Kontrol (n=10)
Yaş (yıl)	28,10±4,51	18,70±0,95
Boy uzunluğu (cm)	194,30±8,17	180,60±2,22
Vücut ağırlığı (kg)	94,76±10,70	69,50±8,74
BKİ (kg/m ²)	25,00±1,28	21,29±2,24
Antrenman yaşı (yıl)	17,60±4,35	10,00±1,33

BKİ: Beden kitle indeksi.

edildi. Çalışma süresince sporculara herhangi bir beslenme programı uygulanmayıp her zamanki diyetlerine uymaları, testler öncesi deneklerin yorucu aktivite yapmamaları ve test gününde kahve veya kafein içeren içeceklerden sakınmaları istendi. Ölçümler arasında her denek için 48 saat dinlenme süresi verildi ve her ölçüm günün aynı saatinde gerçekleştirildi. Tüm ölçümler basketbol sezonunun hazırlık evresinin başında ve 4 hafta sonrasında gerçekleştirildi. Ön testlerden sonra her iki grup sezon başı hazırlık çalışmalarına devam ederken deney grubuna ek olarak belirlenen protokole göre SKA uygulandı.

VERİLERİN TOPLANMASI

Araştırmanın amaçlarını gerçekleştirmek için denekler toplamda 7 kez laboratuvarı ziyaret etti. İlk 4 laboratuvar ziyaretleri SKA protokolü başlatılmadan önce gerçekleştirildi. Dört haftalık SKA sonrası 2, 3 ve 4. laboratuvar ziyaretlerindeki ölçümler tekrarlandı ve böylece araştırmanın ön ve son test verileri elde edildi.

Birinci laboratuvar ziyareti: Araştırmada yer alacak test protokolleri hakkında bilgi verildi ve tüm testlerin pilot ölçümleri yapıldı.

İkinci laboratuvar ziyareti: Katılımcıların boy uzunluğu, vücut ağırlığı, solunum fonksiyonları testleri (SFT) ve solunum kas kuvveti testlerinin ön ölçümleri alındı.

Üçüncü ve Dördüncü laboratuvar ziyareti: Bu ziyarette aerobik ve anaerobik kapasite ölçümleri gerçekleştirildi ve ön test ölçümleri tamamlandı. Laboratuvar ziyaretlerinden sonra denek grubunun 4 haftalık SKA uygulaması başlatıldı.

Beşinci-Yedinci laboratuvar ziyareti: Dört haftalık SKA sonrası 2, 3 ve 4. laboratuvar ziyaretlerindeki ölçümler tekrarlandı.

SFT

MGC diagnostics Marka CPFS/D USB Spirometre (Minnesota, USA) cihazı kullanılarak sporcuların, zorlu vital kapasite [forced vital capacity (FVC)], bir saniye zorlu ekspiratuar volüm [forced expiratory volume in one second (FEV₁)] maksimal istemli ventilasyon [maximal voluntary ventilation (MVV)] 12

saniye protokolü, inspirasyon kapasitesi [inspiratory capacity (IC)] ve FEV₁/FVC akciğer hacmi ve kapasiteleri belirlendi. Ölçümler Avrupa Solunum Derneği önerilerine göre yapıldı.¹⁶

Solunum Kas Kuvveti Ölçümleri

MicroRPM (CareFusion Micro Medical Kent, UK) elektronik respiratuar basınçölçer kullanılarak deneklerin, maksimal inspiratuar basınç [maximal inspiratory pressure (MİP)] ve maksimal ekspiratuar basınç [maximal expiratory pressure (MEP)] değerleri ölçüldü. MİP ve MEP ölçümlerinde hava kaçıışının önüne geçebilmek için denegin burnuna klips takıldı. MİP ölçümü, denek rezidüel volümdeyken tek seferde maksimal hızda inspirasyon yaparak 1-3 sn sürdürmesi ile testi tamamladı. MEP ölçümü için total akciğer kapasitesinden sonra burun klipsi takılı iken 1-3 sn maksimal ekspirasyon yapması istendi. En iyi iki ölçüm arasında 10 cmH₂O fark kalana kadar ölçüm tekrarlandı ve en iyi sonuç cmH₂O cinsinden kaydedildi.¹⁷

Solunum Kas Antrenmanı

SKA için POWERbreathe® (IMT Technologies Ltd. Birmingham, UK) cihazı kullanıldı. Antrenman sabah ve akşam günün aynı saatlerinde olmak üzere haftanın 5 günü günde 2 kez tekrarlanmak koşuluyla 4 hafta uygulandı. Her antrenman biriminde sporcu burun yolu bir valfle kapatılarak 30 dinamik nefes alıp verme işlemi yaptı ve günde 60 nefes döngüsünü tamamladı. SKA için POWERbreathe® cihazının direnç ayarı MİP değerinin %40'ına tekabül edecek şekilde ayarlandı ve haftalık olarak 1 birim (10 cmH₂O) artırıldı.¹²⁻¹⁸

Performans Ölçümleri

Yo-Yo Aralıklı Toparlama Testi Seviye 1 (Yo-Yo YIRT 1) Yo-Yo aralıklı toparlanma testi deneklerin aerobik kapasitelerini ölçmek için uygulandı. Test öncesi sporculara nasıl uygulanması hakkında bilgi verildi ve 10 dk (5 dk jogging, 5 dk. Stretching) ısınma yaptırıldı. Sporcular ilk olarak belirlenen koşu alanını 20 m'lik bölümü belirlenen çizgiler arasında koşarak tamamladıktan sonra 5 m'lik aktif toparlanma bölümünü jogging yaparak tamamladı. Protokole uygun olarak aktif toparlanma süresi de 10 sn olarak belir-

lendi. Test 10 km/s hızla başlayıp 40 m sonunda test protokolüne bağlı olarak koşu hızı 0,5 km/s ya da 1 km/s artırıldı. Deneğin tükenme noktasında geldiğinde veya belirlenen çizgiler arasında 2 defa bip sesini denk gelmesi durumunda test denek için sonlandırıldı. Denekler testi bıraktığında toplam kat ettiği mesafe kayıt altına alındı.¹⁹ Sporcuların aerobik kapasiteleri, $VO_{2maks}=36,4+(0,0084*\text{koşu mesafesi})$ formülü ile hesaplandı.²⁰

Wingate Anaerobik Güç Testi

Wingate test protokolü, modifiye edilmiş bilgisayara bağlı ve uyumlu bir yazılımla çalışan kefeli bir Monark 834E (Monark Sports and Medical, Sweden) bisiklet ergometresi ile gerçekleştirildi. Test öncesi denekler pedal direnci 0,5 kg yükü 70 rpm’de ve her bir dakikada 5 sn hızlı pedal çevirmeleri sağlanarak 5 dk ısındı. Vücut ağırlığının %7,50’sine karşılık gelen bir ağırlık, “bisiklet ergometresinin” kefesine koyuldu ve test başlatıldı. Denek bisiklet üzerinde pedal çevirirken daha önce de verilmiş bilgi doğrultusunda 120 rpm pedal hızında başlangıçta 3-4 sn yüksüz ve daha sonra yüklü olarak 30 sn boyunca maksimal eforla pedal çevirmeye başladı. Testin başlaması ile birlikte deneğin performansını sürdürülebilmesi için denek sözlü olarak motive edildi. Süre tamamlandıktan

sonra test sonlandırıldı. Anaerobik güç watt cinsinden kaydedildi.²¹

VERİ ANALİZİ

Bu çalışmanın istatistiksel analizleri SPSS 22.0 istatistik programı (SPSS Inc., Chicago, Illinois, ABD) kullanılarak yapıldı. Tanımlayıcı değerler olarak ortalama ve standart sapma kullanıldı. İstatistiksel işlemlere geçmeden önce normal dağılımın kontrolü için Shapiro-Wilks testi uygulandı. Normal dağılım gösteren verilerin gruplar arası ön-son testlerindeki değişimi analiz etmek için bağımlı örneklem t-testi, ön-son test arasındaki ortalama farkını karşılaştırmak için ise bağımsız t-testi kullanıldı. İstatistiksel sonuçlar $p<0,05$ anlamlılık düzeyinde değerlendirildi.

BULGULAR

Deney grubunda FVC değerinde görülen %13,29’luk artış istatistiksel olarak anlamlı idi. ($p<0,05$). MVV’deki düşüş dışında diğer solunum parametrelerindeki (FEV_1 , FEV_1/FVC , IC, MİP ve MEP) yüzdesel artış kontrol grubuna göre daha yüksek olmasına rağmen fark istatistiksel olarak anlamlı değildi ($p<0,05$). Kontrol grubunda ise sadece MİP’de istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlemlendi ($p<0,05$) (Tablo 2).

TABLO 2: Grupların solunum fonksiyon test ortalamalarının ön-son test karşılaştırması.

		Deney grubu (n=10)	% fark	p değeri	Kontrol grubu (n=10)	% fark	p değeri
FVC (L)	Ön-test	5,26±0,08	13,29	<0,001	4,89±0,69	1,08	0,970
	Son-test	5,96±0,13			4,90±0,75		
FEV ₁ (L)	Ön-test	4,71±0,61	6,68	0,241	4,13±0,60	4,33	0,701
	Son-test	4,97±0,60			4,23±0,59		
FEV ₁ /FVC (%)	Ön-test	71,70±10,33	12,93	0,073	85,40±12,59	3,59	0,690
	Son-test	79,55±7,57			86,70±6,75		
IC (L)	Ön-test	3,51±1,49	19,94	0,074	3,00±1,08	-6,15	0,323
	Son-test	4,21±1,12			2,61±0,74		
MVV (L/dk)	Ön-test	218,60±36,19	-0,24	0,696	169,20±16,48	2,31	0,498
	Son-test	214,10±27,61			173,10±24,93		
MİP (cmH ₂ O)	Ön-test	120,50±26,86	22,33	0,115	90,80±28,07	22,14	0,015
	Son-test	144,30±46,47			107,80±25,53		
MEP (cmH ₂ O)	Ön-test	169,10±21,86	5,20	0,380	134,00±17,75	0,68	0,854
	Son-test	178,00±39,65			134,80±21,46		

FVC: Zorlu vital kapasite; FEV₁: Bir saniyede zorlu ekspirasyon hacmi; FEV₁/FVC: Tiffeneau oranı; IC: İspirasyon kapasitesi; MVV: Maksimum istemli solunum; MİP: Maksimal inspiratuar basınç; MEP: Maksimal ekspiratuar basınç.

Anaerobik güç testinde deney grubunun ön ve son test karşılaştırılmalarında minimum güç hari-cindeki diğer parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı artış görüldü ($p<0,05$). En fazla yüzdesel değişim zirveye ulaşma süresinde (%28,64) ve VO_{2maks} (%14,74) ortalamalarında tespit edildi. Diğer taraftan kontrol grubunda ise sadece VO_{2maks} da anlamlı bir değişim olduğu gözlemlendi ($p<0,05$) (Tablo 3).

Deney ve kontrol gruplarının ön-son test ortalamaları karşılaştırıldığında sadece FVC’de istatistik-

sel olarak anlamlı bir fark olduğu saptanmıştır ($p=0,015$) (Tablo 4).

Deney ve kontrol grupları arasındaki ortalama farkların karşılaştırılmasında ortalama güçte farklılık saptanmıştır ($GA=17,43-65,88$) ($p=0,002$). Deney grubunun aerobik kapasitesinde ($7,59\pm 7,01$) kontrol grubuna ($4,25\pm 3,28$) göre daha fazla gelişim olduğu bulundu ($GA=-2,06-8,75$, $p=0,206$). Deney ve kontrol grubunun aerobik kapasitesi ortalama değerleri arasında anlamlı farklılık gözlenmemiştir ($p<0,05$) (Tablo 5).

TABLO 3: Grupların anaerobik ve aerobik kapasite ortalamalarının ön-son test karşılaştırması.

		Deney grubu (n=10)	% Fark	p değeri	Kontrol grubu (n=10)	% Fark	p değeri
Zirve güç (W)	Ön-test	1025,17±165,32	5,66	<0,001	728,10±131,38	2,81	0,288
	Son-test	1081,75±166,09			747,54±144,05		
Ortalama güç (W)	Ön-test	728,83±95,66	5,49	<0,001	535,88±100,45	0,17	0,902
	Son-test	769,23±104,28			534,63±96,80		
Zirveye ulaşma süresi (sn)	Ön-test	1,92±0,69	28,64	0,002	2,11±0,62	0,94	0,953
	Son-test	2,47±0,69			2,13±0,98		
Minimum güç (W)	Ön-test	439,56±77,9	3,16	0,164	331±62,96	-2,33	0,693
	Son-test	455,05±93,5			324,76±86,21		
Güç düşüşü (%)	Ön-test	57,40±9,24	4,64	<0,001	54,11±6,41	4,29	0,341
	Son-test	59,89±8,78			56,79±6,41		
VO_{2maks} (mL/kg/dk)	Ön-test	54,68±5,56	14,74	0,008	57,45±5,49	7,50	0,006
	Son-test	62,27±6,19			61,70±6,65		

VO_{2maks} : Maksimal oksijen tüketimi.

TABLO 4: Gruplar arası solunum fonksiyon testi ön-son test ortalama farklarının karşılaştırılması.

		Ortalama	SS	%95 GA	t değeri	p değeri
FVC (L)	Deney	0,70	0,14	0,17-1,21	2,951	0,015
	Kontrol	0,01	0,72			
FEV ₁ (L)	Deney	0,26	0,67	-0,53-0,86	0,498	0,624
	Kontrol	0,10	0,80			
FEV ₁ /FVC (%)	Deney	7,85	12,24	-3,94-17	1,312	0,206
	Kontrol	1,30	9,97			
MVV (L/dk)	Deney	-4,50	35,22	-34,52-17,72	-0,676	0,508
	Kontrol	3,90	17,47			
IC (L)	Deney	0,70	1,09	0,02-2,16	2,141	0,046
	Kontrol	-0,39	1,18			
MİP (cmH ₂ O)	Deney	24,80	43,08	-24,22-37,82	0,461	0,651
	Kontrol	17,00	17,98			
MEP (cmH ₂ O)	Deney	8,90	30,48	-14,76-30,96	0,770	0,452
	Kontrol	0,80	13,37			

FVC: Zorlu vital kapasite; FEV₁: Bir saniyede zorlu ekspirasyon hacmi; FEV₁/FVC: Tiffeneau oranı; IC: İspirasyon kapasitesi; MVV: Maksimum istemli solunum; MİP: Maksimal inspiratuar basınç; MEP: Maksimal ekspiratuar basınç; GA: Güven aralığı; SS: Standart sapma.

TABLO 5: Gruplar arası aerobik ve anaerobik kapasite ön-son test ortalama farklarının karşılaştırılması.

		Ortalama	SS	%95 GA	t değeri	p değeri
Zirve güç (W)	Deney	56,58	31,77	-4,74-79,03	1,863	0,079
	Kontrol	19,43	54,46			
Ortalama güç (W)	Deney	40,40	17,36	17,43-65,88	3,686	0,002
	Kontrol	-1,25	31,24			
Zirveye ulaşma süresi (sn)	Deney	0,55	0,39	-0,20-1,26	1,599	0,136
	Kontrol	0,02	0,98			
Minimum güç (W)	Deney	15,49	32,34	-16,96-60,40	1,180	0,253
	Kontrol	-6,24	48,42			
Güç düşüşü (%)	Deney	2,49	1,26	-6,26-5,88	-0,070	0,945
	Kontrol	2,68	8,44			
VO _{2maks} (mL/kg/dk)	Deney	7,59	7,01	-2,06-8,75	1,328	0,206
	Kontrol	4,25	3,78			

VO_{2maks}: Maksimal oksijen tüketimi; GA: Güven aralığı; SS: Standart sapma.

TARTIŞMA

Son yıllarda spor bilimcileri, elit seviyede mücadele eden sporcuların egzersiz sırasında performanslarını sınırlayan nedenleri belirlemek için solunum sistemine ilişkin araştırmalara odaklanmıştır. SKA uygulamalarının sporcularda birkaç gün içinde solunum kas kuvvetini artırdığı, 3 hafta içinde soluk sıklığını azalttığı, 4 hafta sonunda ise dayanıklılık ve egzersiz performansını geliştirdiği bilinmektedir.¹¹⁻¹⁷ Bu çalışmada, sezon öncesi hazırlık döneminde uygulanan 4 haftalık SKA'nın, erkek basketbolcuların pulmoner fonksiyonlara ile aerobik ve anaerobik kapasiteler üzerindeki etkisini değerlendirmek amaçlandı.

Çalışmanın majör bulguları; **a)** deney grubunda SKA sonrası VO_{2maks} değerinde %14,74 oranında artışın olduğu belirlenirken anaerobik kapasite parametrelerinde ise yüzdesel değişimin en fazla zirveye ulaşma süresi (%28,6) değerinde olduğu (Tablo 3), **b)** deney grubunun FVC değerinde %13,29'luk (p<0,05), MİP (%22,33) ve MEP (%5,20) ortalamalarında ise artış (Tablo 2), **c)** MVV dışındaki diğer tüm solunum parametrelerinde kontrol grubuna göre, FEV₁ (%6,68), FEV₁/FVC (%12,93), IC (%19,94) yüzdesel artış meydana geldiği bulundu (p<0,05) (Tablo 2).

Daha önce yapılan araştırmalarda SKA'nın etkisi farklı spor dallarında incelenmiş olmasına rağmen basketbol ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu nedenle araştırma bulgularımız öncelikli olarak basketbolcular üzerinde yapılan çalışmaların sonuçlarıyla sonrasında

ise benzer enerji sistemini kullanan spor dallarında yapılan araştırma sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Araştırma bulgularımızı destekleyen çalışmada Romer ve ark., 6 hafta uygulanan SKA sonrasında erkek basketbolcuların FVC (%1,6) ve MVV (%3,76) ortalamalarında gelişim meydana geldiğini belirlemişlerdir. Aynı çalışmada, SKA'nın FEV₁ ve FEV₁/FVC'de bir etkisinin olmadığını ve toparlanma sürelerinde %14,5 gibi olumlu etkisi olduğunu tespit etmişlerdir.¹¹ Kadın basketbolcular ile yapılan bir araştırmada, deney grubunun FVC ortalamalarında %7,7 ve FEV₁'de ise %3,3 oranında pozitif bir değişim (p<0,05) kontrol grubunda ise FVC'de -%2 ve FEV₁'de -%1,9 düşüş olduğu belirlenmiştir.²² Kadın basketbolcuların solunum değerleri çalışma bulgularımızla karşılaştırıldığında daha düşük olmasının nedeni cinsiyet farklılığından olduğu düşünülebilir. Ancak deney grubunun kontrol grubuna oranla daha yüksek sonuçlar bulmaları araştırmamızı destekler niteliktedir. Literatürde solunum kas antrenmanlarının pulmoner fonksiyonları iyileştirdiğini, MİP ve MEP'te %8-45 arasında gelişim sağladığını kanıtlayan çalışmalar mevcuttur.^{23,24} Bir metaanaliz çalışmasında, SKA'nın özellikle dayanıklılık sporlarında MİP'yi artırdığı ve sporcuların kondisyon performansları için olumlu etkisi olduğu belirtilmiştir.²⁴

Elit seviyede mücadele eden sporcuların performanslarını müsabaka boyunca hatasız sürdürebilmelerini sağlayabilmeleri, gelişmiş aerobik kapasitesine bağlıdır. Bu araştırmanın önemli bulgusu deney

grubu sporcularında VO_{2maks} 'ın %14,74 artışıdır. Kadın basketbolcularda yapılan benzer çalışmada 4 haftalık SKA'nın VO_{2maks} 'ı %12,34 geliştirdiğini bildirmiştir.²⁵ Literatürde SKA uygulamalarının birçok spor dalında farklı süre ve yoğunluklardaki etkileri araştırılmıştır. Futbolcuların Yo-Yo aralıklı koşu mesafelerinde ön-son test karşılaştırmasında %17'lik bir artış, hentbolcuların VO_{2maks} 'ında %11,11 bisikletçilerin %36'lık artış olduğu görülmüştür.^{26,27} Dört ve 6 haftalık SKA'nın etkilerini araştıran çalışmalarda ise benzer sonuçlar bulunmuştur.¹¹⁻²⁸

Anaerobik performans patlayıcı hareketleri içeren (hız, çabukluk, yön değiştirme vb.) spor dallarında oldukça önemli bir faktördür.²⁹ Basketbol gibi anaerobik gücün baskın olduğu sporlarda sporcular yüksek şiddetteki hareketlere maruz kaldığı bilinmektedir. Bu nedenle sporcuların yüksek performans seviyelerine ulaşması ve bu performanslarını sürdürdürebilmeleri için anaerobik kapasitelerinin geliştirilmiş olması gerekmektedir.³⁰ SKA'nın anaerobik güce etkisini inceleyen araştırmalar çalışma bulgularımızı desteklemektedir. Comba, 4 haftalık SKA'nın kadın basketbolcularda anaerobik güç ortalamalarını %8,34 geliştirdiğini bulmuştur ($p<0,05$).²⁵ Özdal araştırmasında, SKA uygulayan sporcuların zirve güce daha hızlı ulaştıklarını, bu nedenle sporcuların anaerobik gücünü olumlu yönde etkileyebileceğini belirtmiştir.³¹ Bahçecioglu ve Yapıcıoglu, SKA ile sporcuların anaerobik performans ön-son test ölçüm değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğunu bulmuştur.³² Diğer taraftan başka bir araştırma ise çalışma bulgularımızdan farklı bir sonuç bulduğunu bildirmiştir.³³

SKA'nın yorgunluğun geciktirilmesinde ve egzersiz sonrasındaki toparlanma süresindeki rolü bilinmektedir. Çünkü bir aktivite sırasında güçlü olan kasların daha düşük oksijen ihtiyacına sahip olduğu düşünüldüğünde, iyi inspiratuar kas kuvvetine sahip olan sporcuların diğerlerine göre daha az oksijen taleplerine sahip olacağı kaçınılmazdır.¹² Böylece inspiratuar ve ekspiratuar kaslarda meydana gelen kuvvet artışı sonrasında yorgunluğun gecikmesi ve oksijen miktarındaki talebin az olması sporcuların koşu mesafelerinde ve performanslarında artışa neden olacağı düşünülmektedir. Wells ve Norris'e göre yoğun egzersizlerle birlikte ortaya çıkan solunum kas yorgunluğu performansı azaltmaktadır. Bu

nedenle diyaframla ile diğer solunum kaslarının kuvvetlendirilmesi sporcunun uzun süre egzersizi sürdürebilmesini yardımcı olacağı düşünülmektedir.³⁴

Bu araştırmanın bazı sınırlılıkları vardır. Araştırmanın en önemli sınırlılığı denek ve kontrol grubunun benzer tanımlayıcı özelliklere sahip olmasıdır. Gelecekteki çalışmalar benzer özelliklere sahip sporcular üzerinde uzun vadeli etkilerinin araştırılmasına odaklanmalıdır. Başka bir sınırlılık ise küçük bir örneklem büyüklüğü üzerinde çalışmanın yürütülmesidir. Bu nedenle araştırma sonuçlarının farklı spor branşlarındaki etkileri açısından genellebilirliğini de sınırlamaktadır. Tüm bu sınırlılıklara rağmen bulgularımız SKA'nın pulmoner hacimler üzerindeki etkisinin olumlu bir eğilim gösterdiğini ortaya koymaktadır diğer sporcu popülasyonunda solunum kas gücü ve solunum fonksiyonundaki değişikliklerin anlaşılmasına katkıda bulunabilir.

SONUÇ

Sonuç olarak basketbol müsabaka sırasında topu tutma, pas verme ve şut atma gibi oyuna özgü hareketleri içermektedir. Yüksek yoğunlukta geçen basketbol müsabakasında üst gövde kasları kadar solunum kaslarında devreye gireceğini ve bu nedenle bu kasların güçlendirilmesi gerektiğini düşünmekteyiz. Bu çalışmanın sonuçları SKA'nın sporcular için son derece faydalı olabileceğine, solunum kaslarının iyileştirilmesi, inspiratuar kas yorgunluğunun azalması ve daha iyi solunum verimliliğinin yanı sıra yüksek yoğunlukta solunum eforunun azalmasına katkıda bulunacağını göstermiştir. Bu bulgular ışığında antrenörlere, sporcuların performanslarını daha iyi ortaya koyabilmeleri için normal antrenmanlarına ek olarak SKA uygulamalarını önermekteyiz.

Finansal Kaynak

Bu çalışma sırasında, yapılan araştırma konusu ile ilgili doğrudan bağlantısı bulunan herhangi bir ilaç firmasından, tıbbi alet, gereç ve malzeme sağlayan ve/veya üreten bir firma veya herhangi bir ticari firmadan, çalışmanın değerlendirme sürecinde, çalışma ile ilgili verilecek kararı olumsuz etkileyebilecek maddi ve/veya manevi herhangi bir destek alınmamıştır.

Çıkar Çatışması

Bu çalışma ile ilgili olarak yazarların ve/veya aile bireylerinin çıkar çatışması potansiyeli olabilecek bilimsel ve tıbbi komite üye-

liği veya üyeleri ile ilişkisi, danışmanlık, bilirkişilik, herhangi bir firmada çalışma durumu, hissedarlık ve benzer durumları yoktur.

Yazar Katkıları

Bu çalışma hazırlanırken tüm yazarlar eşit katkı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

- Ben Abdelkrim N, El Faza S, El Ati J. Time-motion analysis and physiological data of elite under-19-year-old basketball players during competition. *Br J Sports Med.* 2007;41(2):69-75; discussion 75. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Oliveira RA, Navarro F. [Comparação metabólica e antropométrica da aptidão física de atletas de basquetebol após um período de desreino]. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício.* 2007;1(1):29-44. [Link]
- Lomax ME, McConnell AK. Inspiratory muscle fatigue in swimmers after a single 200 m swim. *J Sports Sci.* 2003;21(8):659-64. [Crossref] [PubMed]
- St Croix CM, Morgan BJ, Wetter TJ, Dempsey JA. Fatiguing inspiratory muscle work causes reflex sympathetic activation in humans. *J Physiol.* 2000;529 Pt 2(Pt 2):493-504. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Sheel AW. Respiratory muscle training in healthy individuals: physiological rationale and implications for exercise performance. *Sports Med.* 2002;32(9):567-81. [Crossref] [PubMed]
- Chatterjee P, Bandyopadhyay A, Chatterjee P, Nandy P. Assessment and comparative analysis of different lung capacities in trained athletes according to somatotype. *American Journal of Sports Science.* 2019;7(2):72-7. [Crossref]
- Dempsey JA, Miller JD, Romer LM. The respiratory system. In: Farrell PA, Joyner MJ, Caiozzo VJ, eds. *ACSM Advanced Exercise Physiology.* 1st ed. Philadelphia, PA: Lippincott, Williams & Williams; 2006. p.259-60.
- Verges S, Schulz C, Perret C, Spengler CM. Impaired abdominal muscle contractility after high-intensity exhaustive exercise assessed by magnetic stimulation. *Muscle Nerve.* 2006;34(4):423-30. [Crossref] [PubMed]
- Witt JD, Guenette JA, Rupert JL, McKenzie DC, Sheel AW. Inspiratory muscle training attenuates the human respiratory muscle metaboreflex. *J Physiol.* 2007;584(Pt 3):1019-28. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Callegaro CC, Ribeiro JP, Tan CO, Taylor JA. Attenuated inspiratory muscle metaboreflex in endurance-trained individuals. *Respir Physiol Neurobiol.* 2011;177(1):24-9. [Crossref] [PubMed]
- Romer LM, McConnell AK, Jones DA. Effects of inspiratory muscle training on time-trial performance in trained cyclists. *J Sports Sci.* 2002;20(7):547-62. [Crossref] [PubMed]
- McConnell A. *Breathe Strong, Perform Better.* 2nd ed. Champaign: Human Kinetics; 2011.
- Alnuman N, Alshamasneh A. The effect of inspiratory muscle training on the pulmonary function in mixed martial arts and kickboxing athletes. *J Hum Kinet.* 2022;81:53-63. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Hartz CS, Sindorf MAG, Lopes CR, Batista J, Moreno MA. Effect of inspiratory muscle training on performance of handball athletes. *J Hum Kinet.* 2018;63:43-51. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Volianitis S, McConnell AK, Koutedakis Y, McNaughton L, Backx K, Jones DA. Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2001;33(5):803-9. [Crossref] [PubMed]
- American Thoracic Society/European Respiratory Society. *ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing.* *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(4):518-624. [Crossref] [PubMed]
- Lomax M, McConnell AK. Influence of prior activity (warm-up) and inspiratory muscle training upon between- and within-day reliability of maximal inspiratory pressure measurement. *Respiration.* 2009;78(2):197-202. [Crossref] [PubMed]
- Kantarson J, Jalayondeja W, Chaunchaiyakul R, Pongurgsorn C. [Effect of respiratory muscles warm-up on exercise performance in sedentary subjects]. *J Med Tech Phys Ther.* 2010;22(1):71-81. [Link]
- Castagna C, Impellizzeri FM, Chamari K, Carlomagno D, Rampinini E. Aerobic fitness and yo-yo continuous and intermittent tests performances in soccer players: a correlation study. *J Strength Cond Res.* 2006;20(2):320-5. [Crossref] [PubMed]
- Bangsbo J, Iaia FM, Krstrup P. The Yo-Yo intermittent recovery test: a useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Med.* 2008;38(1):37-51. [Crossref] [PubMed]
- Price M, Beckford C, Dorricott A, Hill C, Kershaw M, Singh M, et al. Oxygen uptake during upper body and lower body Wingate anaerobic tests. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2014;39(12):1345-51. [Crossref] [PubMed]
- Vasconcelos T, Hall A, Viana R. The influence of inspiratory muscle training on lung function in female basketball players - a randomized controlled trial. *Porto Biomed J.* 2017;2(3):86-9. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Sonetti DA, Wetter TJ, Pegelow DF, Dempsey JA. Effects of respiratory muscle training versus placebo on endurance exercise performance. *Respir Physiol.* 2001;127(2-3):185-99. [Crossref] [PubMed]
- Lorca-Santiago J, Jiménez SL, Pareja-Galeano H, Lorenzo A. Inspiratory muscle training in intermittent sports modalities: a systematic review. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(12):4448. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- Comba D. *Bayan basketbolcularda dört haftalık solunum kas antrenmanının performans etkisi [Yüksek lisans tezi].* Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi; 2018. [Erişim tarihi: 13.06.2024]. Erişim linki: [Link]
- Nicks CR, Morgan DW, Fuller DK, Caputo JL. The influence of respiratory muscle training upon intermittent exercise performance. *Int J Sports Med.* 2009;30(1):16-21. [Crossref] [PubMed]
- Gething AD, Williams M, Davies B. Inspiratory resistive loading improves cycling capacity: a placebo controlled trial. *Br J Sports Med.* 2004;38(6):730-6. [Crossref] [PubMed] [PMC]
- McConnell AK. Respiratory muscle training as an ergogenic aid. *Journal of Exercise Science & Fitness.* 2009;7(2):18-27. [Crossref]
- Stone MH, Sands W. *Bioenergetics and metabolism. Principles and Practice of Resistance Training.* 1st ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2007. p.55. [Crossref]
- Hoffman JR, Maresch CM. *Physiology of basketball.* In: Garrett WE, Kirkendall DT, eds. *Exercise and Sport Science.* 1st ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2000. p.733-44.
- Özdam M. Influence of an eight-week core strength training program on respiratory muscle fatigue following incremental exercise. *Isokinetics and Exercise Science.* 2016;24(3):225-30. [Crossref]
- Bahçeciöğlu H, Yapıcıoğlu B. Milli bocce sporcularında dört haftalık solunum kası antrenmanının solunum kas kuvveti, fonksiyonları ve performans etkisi [The effect of four-week respiratory muscle training in respiratory muscle strength, functions, and performance on national bocce volo players]. *Journal of Sport Science Research.* 2023;9(1):34-49. [Crossref]
- Beyaz N, İri R, Pişkin NE. 14-16 yaş futbolculara uygulanan aletli solunum kası egzersizlerinin aerobik kapasite ve anaerobik güç ve bazı solunum parametrelerini üzerine olan etkisinin incelenmesi [Investigation of the effect of device respiratory muscle exercises applied to 14-16 years old football players on aerobic capacity anaerobic power and some respiratory parameters]. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi.* 2024;18(1):23-37. [Link]
- Wells GD, Norris SR. Assessment of physiological capacities of elite athletes & respiratory limitations to exercise performance. *Paediatr Respir Rev.* 2009;10(3):91-8. [Crossref] [PubMed]