



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANA BİLİM DALI**

**SPORCULARDA SOLUNUM KASI ANTRENMANININ
DİYAFRAGMA KAS KALINLIĞINA ETKİSİ**

Doktora Tezi

Serhat ERAİL

Danışman
Doç. Dr. Özgür BOSTANCI

II. Danışman
Prof. Dr. Ahmet Veysel POLAT

SAMSUN
2022

T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR ANA BİLİM DALI



**SPORCULARDA SOLUNUM KASI ANTRENMANININ
DİYAFRAGMA KAS KALINLIĞINA ETKİSİ**

Doktora Tezi

Serhat ERAİL

Danışman

Doç. Dr. Özgür BOSTANCI

II. Danışman

Prof. Dr. Ahmet Veysel POLAT

Bu çalışma PYO. YDS. 1904.21.004 proje numarası ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu Başkanlığı tarafından desteklenmiştir.

SAMSUN
2022

TEZ KABUL VE ONAYI

Serhat ERAİL tarafından, Doç. Dr. Özgür BOSTANCI ve ikinci danışman Prof. Dr. Ahmet Veysel POLAT danışmanlığında hazırlanan “ SPORCULARDA SOLUNUM KASI ANTRENMANININ DİYAFRAGMA KAS KALINLIĞINA ETKİSİ ” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 15.8.2022 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	İmza	Sonuç
Başkan	Doç. Dr. Özgür BOSTANCI Ondokuz Mayıs Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Levent BAYRAM Ondokuz Mayıs Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Doç. Dr. Menderes KABADAYI Ondokuz Mayıs Üniversitesi Rekreasyon Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Doç. Dr. Ahmet MOR Sinop Üniversitesi Antrenörlük Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret
Üye	Doç. Dr. Mustafa ÖZDAL Gaziantep Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Ana Bilim Dalı		<input checked="" type="checkbox"/> Kabul <input type="checkbox"/> Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

ONAY

... / ... / ...

Prof. Dr. Ali BOLAT
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Doktora tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır

İmza
07 /07 / 2022
Serhat ERAİL

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : SPORCULARDA SOLUNUM KASI ANTRENMANININ DİYAFRAGMA KAS KALINLIĞINA ETKİSİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 07.07.2022 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 9

Tek kaynak oranı : % 3 çıkmıştır.

İmza
07/07/2022
Doç. Dr. Özgür BOSTANCI

ÖZET

SPORCULARDA SOLUNUM KASI ANTRENMANININ DİYAFRAGMA KAS KALINLIĞINA ETKİSİ

Serhat ERAİL
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Beden Eğitimi Ve Spor Ana Bilim Dalı
Doktora, Ağustos/2022
Danışman: Doç. Dr. Özgür BOSTANCI

Bu çalışmada 4 haftalık solunum kası antrenmanının (SKA) diyafragma kas kalınlığına, solunum kas kuvvetine, solunum fonksiyonlarına ve aerobik kapasiteye etkisinin incelenmesi amaçlandı. Araştırmaya en az 5 yıllık lisanslı sporcu geçmiş olan, aktif olarak antrenmana devam eden benzer fiziksel özelliklere sahip 15 denek (21.20 ± 1.61 yıl) ve 15 kontrol (21.06 ± 1.33) rastgele olarak iki gruba ayrılmış toplamda 30 erkek sporcu katıldı. Deney grubuna kendi branş antrenmanlarının yanında dört haftalık solunum kası antrenmanı uygulanırken, kontrol grubu kendi branşları ile ilgili antrenmanlarına devam etmesi sağlandı. Tüm katılımcılara SKA'na başlangıç öncesinde ve bitişinde diyafragma ultrason ölçümleri, solunum kas kuvveti, solunum fonksiyonları, aerobik performans testi ölçümleri yapıldı. Elde edilen verilerin grup içi ve gruplar arası farklarını analiz etmek için 2x2 mixed faktör ANOVA ve LSD testleri uygulandı. SKA'nın solunum kas kuvveti ve MaxVo2 ile arasındaki ilişkiyi belirlemek Pearson analizi kullanıldı.

SKA uygulaması sonrasında deney grubunun diyafragma kas kalınlığında ekspirasyonda (%9.21) ve inspirasyon fazında (%18.54), solunum kas kuvvetinde (MİP: %15.05, MEP: %17.14), solunum fonksiyonlarında ((FVC (%7.53), FEV1 (%9.35), FEF%75 (%15,11), MVV (%9,40), ERV (%2,39), IRV (%12,71)), MaxVO₂ (%10.38) ve Relatif MaxVO₂'de (%10.19) önemli artışlar görüldü ve istatistiksel olarak da anlamlı bulundu ($p < 0.05$). Deney ve kontrol grubunun ön-son testleri arasındaki ortalama farklar karşılaştırıldığında MİP, MEP, FVC, FEV1, MVV, ERV, IRV, MaxVO₂, Relatif MaxVO₂, DK_{eks} ve DK_{ins} parametrelerinde deney grubu lehine yönelik istatistiksel anlamlılık bulundu ($p < 0.05$).

Sonuç olarak SKA'nın diyafragma kas kalınlığını hem inspirasyon, hem de ekspirasyon fazlarında önemli oranda arttırdığı ve buna bağlı olarak da solunum kas kuvvetinde, çeşitli solunum parametrelerinde ve aerobik kapasitede önemli artışlar olduğu tespit edildi.

Anahtar Sözcükler: Solunum kası antrenmanı, Diyafragma, Diyafragma kalınlığı, Performans,

ABSTRACT

EFFECT OF RESPIRATORY MUSCLE TRAINING ON DIAPHRAGMATIC MUSCLE THICKNESS IN ATHLETES

Serhat ERAİL

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Physical Education and Sports

Ph.D., August/2022

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Özgür BOSTANCI

The aim of this study is to examine the effects of 4-week long respiratory muscle training (RMT) on diaphragmatic muscle thickness, respiratory muscle strength, respiratory functions and aerobic capacity. A total of 30 male athletes who had a licensed athlete history of at least 5 years, who were actively continuing training, who had similar physical characteristics and who were randomly grouped in two as 15 subjects (21.20 ± 1.61 years of age) and 15 controls (21.06 ± 1.33) were included in the study. While 4-week long respiratory muscle training was administered to the experimental group in addition to their branch training, the control group continued their training on their branch. Diaphragmatic ultrasound measurements, respiratory muscle strength, respiratory functions and aerobic performance test measurements were performed on all participants before and after RMT. 2x2 mixed factor ANOVA and LSD tests were performed to analyze the intragroup differences and differences between groups in the results obtained. Pearson analysis was used to determine the relationship between RMT and respiratory muscle strength and MaxVO_2 .

After RMT application, the experimental group's diaphragmatic muscle thickness in expiration (9.21%) and inspiration phase (18.54%), respiratory muscle strength (MIP: 15.05%, MEP: 17.14%), respiratory functions ((FVC (7.53%), FEV1 (9.35%), Significant increases in FEF 75% (15.11%), MVV (9.40%), ERV (2.39%), IRV (12.71%)), MaxVO_2 (10.38%), Relative MaxVO_2 (10.19%) in aerobic capacity and it was found statistically significant ($p < 0.05$). When the mean differences between the pre-post tests of the experimental and control groups were compared, statistical significance was found in favor of the experimental group in the parameters of MIP, MEP, FVC, FEV1, MVV, ERV, IRV, MaxVO_2 , Relative MaxVO_2 , DK_{ex} and DK_{ins} ($p < 0.05$).

As a conclusion, it was found that RMT significantly increased muscle thickness in both inspiration and expiration phases and therefore caused significant increases in respiratory muscle strength, various respiratory parameters and aerobic capacity.

Keywords: Respiratory muscle training, Diaphragm, Diaphragm thickness, Performance

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Sporcularda solunum kası antrenmanının diyafragma kas kalınlığına etkisini incelediğim doktora tez çalışmamda; büyük bir özenle bana yol gösteren, ilgisi ve tecrübesi ile her daim yanımda olan değerli büyüğüm ve danışmanım Doç. Dr. Özgür BOSTANCI'ya;

Çalışmanın radyolojik ölçümlerinde desteklerini esirgemeyen ikinci danışmanım çok değerli Prof. Dr. Ahmet Veysel POLAT ve Dr. Arda ÇOLAKOĞLU'na,

Tez izleme komitesinde yer alan ve bu araştırmaya önemli katkılarda bulunan Doç. Dr. Menderes KABADAYI ve Dr. Öğr. Üyesi Levent BAYRAM'a,

Tezimin her aşamasında yanımda olan Arş. Gör. Dr. Muhammet Hakan MAYDA, Arş. Gör. Emre KARADUMAN ve Doç. Dr. Ali Kerim YILMAZ'a,

Tez ölçümleri sırasında yardımcı olan kıymetli kardeşlerim Hasan Hüseyin KAFALI ve Furkan CENGİZ'e,

Desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen değerli kardeşlerim ve yol arkadaşlarım; İsmail Can ALBAYRAK, Volkan POLAT, Orhan DOĞAN ve Mustafa ÖĞÜTEN'e,

Yoğun tez sürecinde anlayışı ve desteği ile her zaman yanımda olan eşim Serpil ERAİL'e,

Hayatımın her aşamasında bana destekçi olan annem Ayşe ERAİL, babam Mehmet ERAİL ve kardeşim Hüsnanur ERAİL'e; teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

Serhat ERAİL

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Solunum Kası Antrenmanı	3
2.1.1. Solunum Kası Antrenmanının Gelişimi	3
2.1.2. Solunum Kası Antrenmanının Sporculara Etkileri	4
2.2. Solunum Kaslarının Morfolojisi.....	6
2.2.2. Solunum Kaslarının Koordinasyonu.....	7
2.3. Diyafragma Yapısı ve Fonksiyonu.....	8
2.3.2. Diyafragmanın Fibril Tipi.....	11
2.3.3. Diyafragmanın Yapısal Değişikliklerini Etkileyen Faktörler	11
2.3.4. Diyafragma Kontraksiyonu	12
2.3.5. Diyafragma Yorgunluğu	13
3. MATERYAL YÖNTEM.....	14
3.1. Araştırma Grubu.....	14
3.2. Maksimal Aerobik Kapasitenin (VO ₂ Max) Belirlenmesi	15
3.3. Solunum Fonksiyon Testleri	16
3.4. Maksimal İspiratuar ve Ekspiratuar Basınç Ölçümleri	16
3.5. Solunum Kası Antrenmanı	16
3.6. Diyafragma Kas Kalınlığını Belirlenmesi	17
3.7. İstatistiksel Analiz	19
4. BULGULAR.....	20
5. TARTIŞMA.....	30
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	38
KAYNAKLAR	40
EKLER:	48
ÖZGEÇMİŞ.....	49

SİMGELER VE KISALTMALAR

DG	: Deneş Grubu
DK _{eks}	: Diyafragma Kas Kalınlığının Ekspirasyon Fazı
DK _{ins}	: Diyafragma Kas Kalınlığının İspirasyon Fazı
DK _{fark}	: Diyafragma kalınlığının ispirasyon ve ekspirasyon arasındaki farkı
EB	: Etki Büyüklüğü
ERV	: Ekspirasyon Rezerv Volümü
FEF	: Zorunlu Ekspiratuar Akım
FEV1	: Birinci Saniyede Zorlu Ekspiratuar Hacim
FVC	: Zorlu Vital Kapasite
IRV	: İspirasyon Rezerv Volümü
IVC	: İspiratuar Vital Kapasite
KAH	: Kalp Atım Hızı
KG	: Kontrol Grubu
MaxVO ₂	: Maksimal Oksijen Tüketimi
MEP	: Maksimal Ekspiratuar Basınç
MİP	: Maksimal İspiratuar Basınç
MVV	: Maksimal İstemli Ventilasyon
Ort.	: Ortalama
PEF	: Doruk Ekspirasyon Akımı
rpm	: Dakikadaki Devir Sayısı
SS	: Standart Sapma
SKA	: Solunum Kası Antrenmanı
VC	: Vital Kapasite
VKİ	: Vücut Kitle İndeksi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Solunum kaslarının fibril tiplerine göre dağılımı.....	6
Şekil 2.2. Diyafragma anatomik yapısı.....	8
Şekil 2.3. Kostal ve krural diyafram hareketinin şematik gösterimi.....	11
Şekil 3.1. Aerobik Performans Testi	15
Şekil 3.2. Diyafragma kas kalınlığı ölçümü.....	17
Şekil 3.3. DK_{eks} ölçüm sırasındaki ultrason görüntüsü.....	17
Şekil 3.4. DK_{ins} ölçüm sırasındaki ultrason görüntüsü.....	18
Şekil 4.1. Solunum kas kuvveti parametrelerinin grafiksel olarak gösterimi.....	19
Şekil 4.2. Solunum fonksiyon test sonuçlarının grafiksel olarak gösterimi.....	23
Şekil 4.3. Aerobik kapasite sonuçlarının grafiksel gösterimi.....	24
Şekil 4.4. Diyafragma kas kalınlığı ölçüm sonuçlarının grafiksel olarak incelenmesi.....	25
Şekil 4.5. Denek ve kontrol grubunun diyafragma kas kalınlığı ile solunum kas kuvveti ve aerobik performans ön ve son test değerlerinin ilişkisinin grafiksel gösterimi.....	26

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 4.1. Deneklerin tanımlayıcı bilgileri	19
Tablo 4.2. Solunum kas kuvveti parametrelerinin analizi	19
Tablo 4.3. Solunum fonksiyonu parametrelerinin analizi.....	21
Tablo 4.4. Aerobik performans parametrelerinin analizi.....	24
Tablo 4.5. Diyafragma kas kalınlığı ölçümlerinin karşılaştırılması.....	25
Tablo 4.6. Denek ve kontrol grubunun diyafragma kas kalınlığı ile solunum kas kuvveti ve aerobik performans ön ve son test değerlerinin ilişkisi.....	26

1. GİRİŞ

Son dönemlerdeki teknolojik ve bilimsel gelişmeler; antrenör ve spor bilimcilerini, sporculardan sahada en yüksek düzeyde geri dönüşü sağlayabilmek için fiziksel performansını arttırmaya ve geliştirmeye yönelik klasik antrenman yöntemlerine alternatif metodları bulma ve geliştirmeye sevk etmiştir (Karsten vd., 2018). Özellikle son zamanlarda spor bilimcileri tarafından önemli bir araştırma konusu haline gelen solunum kası antrenmanı (SKA) ile ilgili birçok akademik çalışma yapılmıştır (Alnuman and Alshamasneh, 2022; Beaumont vd., 2015; HajGhanbari vd., 2013; Lomax and McConnell, 2009; Enright vd., 2006; Volianitis vd., 2001).

Sporcularda kardiyovasküler sağlık ve egzersiz kapasitesi için solunum, dolaşım ve kas-iskelet sistemlerinin artan yüklerle karşı adaptasyonları oldukça önemlidir (Wilson vd., 2016). Kardiyovasküler koşullandırma, perfüzyon kapasitesini en üst düzeye çıkarmaya odaklanır, böylece performansın düşüşüne neden olan laktik asit üretiminin önüne geçmeye çalışır (Plentz vd., 2012). Ancak burada unutulmaması gereken en önemli konu solunum kaslarının antrene edilmesi ve geliştirilmesidir (McConnell, 2009). Çünkü solunum kaslarının kapasitesi arttıkça dokulara daha fazla oksijen tedariki sağlanır, böylece çok daha yüksek düzeyde fiziksel performans için imkan sağlanmış olur (Nepomuceno Júnior vd., 2016; Bissett vd., 2012; Chiang vd., 2006). Sporcuların fiziksel performans boyunca çok farklı yüklerle karşılaştıkları bilindiğine göre; sporcuların solunum kapasitelerinin belirlenmesi ve solunum kapasitelerinin buna hazır hale getirilmesi oldukça önemlidir.

SKA ile amaçlanan sporcuların farklı yükler karşısında solunum kapasitelerini arttırmak ve bu sayede performansı uzun süre yüksek seviyelerde tutmaktır. SKA ile diyafragmanın ve solunum mekaniğini kolaylaştıran yardımcı kasların güçlendirilmesi; otonomik modülasyona sempatik katılımı azaltan metaborefleks mekanizmasının zayıflaması yani kardiyovasküler sisteme artan aşırı yüklenmeye yanıt olarak periferik kaslardan, solunum kaslarına kan akışının yeniden dağıtılması, böylece aktif uzuvlara enerji girişinin azaltılması ve erken yorgunluğun ortadan kaldırılması sağlanmaktadır (Dempsey vd., 2006).

Diyafragma, solunumun en birincil kası olarak bilinmekte ve solunumun yaklaşık %75'inden, başka bir deyişle 2/3'ünden sorumlu olduğu için solunumda çok hayati bir görev almaktadır. Kişinin normal solunumu boyunca yük tamamen diyafragma kasındadır, solunuma yardımcı olan diğer kaslar ise sadece ventilasyonun

derinliği arttığı zamanlarda rol almaktadırlar (Polla vd., 2004). Özellikle yoğun fiziksel egzersizlerde soluk derinliği ve yoğunluğunda ciddi bir artış oluşmaktadırdır. Bu esnada diyafragmanın önemli bir kısmını üstlendiği inspiratuar kaslar çok yüksek yoğunlukta çalışmakta ve mevcut oksijen (O₂) miktarının neredeyse %16'sını kullanmaktadır (McConnell, 2011). Diyafragma ve diğer solunuma yardımcı kasların fibrilleri; çok farklı yapısal ve fonksiyonel özellikleri olduğu için anlık gelişen yüksek yoğunluklara rahatlıkla uyum göstermektedirler (Scott vd., 2001). Bu bilgilere göre solunum kası kuvvetinin ve gelişiminin sporcu performansı açısından ne kadar önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Mevcut araştırmalar incelendiğinde; SKA'nın çeşitli sporlarda kullanımına yönelik (Alnuman and Alshamasneh, 2022; Hartz vd., 2018; Karsten vd., 2019; Beaumont vd., 2015; Hellyer vd., 2015; HajGhanbari vd., 2013; Kilding vd., 2010; Lomax and McConnell, 2009; Enright vd., 2006; Markov vd., 2001; Romer vd.,2002; Volianitis vd., 2001) ve solunum kaslarının etkinliği üzerine çalışmalar (Bostancı vd., 2019; Blazevich vd., 2018; Vasconcelos vd., 2017; Forbes vd., 2011) bulunmuştur. Ancak literatürde solunumda en hayati rolü oynayan diyafragma kas kalınlığına odaklanan sınırlı çalışma vardır. Diyafragma kas kalınlığının farklı değişkenlerle incelendiği çalışmaların sağlıklı kişilerde (Ueki vd., 1995; Boon vd., 2013; Cardenas vd., 2018), çeşitli hastalıkları olan bireylerde (Kim vd., 2017; Jung vd., 2014; De Bruin vd., 1997) ve sporcular üzerinde (Erail vd., 2022; Holtzhausen vd., 2018; Orrey, 2014) yoğunlaştığı ve sadece sağlıklı bireylerde SKA'nın diyafragmaya etkisini inceleyen bir çalışmaya rastlanmıştır (Enright vd., 2006). Sporcularda SKA'nın diyafragma kas kalınlığına olan etkisinin incelendiği herhangi bir çalışma ile karşılaşılmamıştır. Bu çalışmanın amacı sporcularda solunum kası antrenmanının diyafragma kas kalınlığına, solunum parametrelerine ve performansa etkisinin incelenmesidir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Solunum Kası Antrenmanı

SKA ilk çıkış noktası itibariyle özellikle pulmoner tedavide kullanılan ve önemli ölçüde iyileşmelerin görüldüğü yöntemlerdendir. SKA; basit bir ifade ile özel solunum egzersiz cihazları ile daha önceden belirlenen MİP'in (Maksimal inspiratuar basınç) %10'u ile %85'i aralığındaki dirence karşı belirli bir sayıda yapılan inspirasyon ve ekspirasyon işlemidir (Ekren, 2009). Laktat eşliğinin üzerinde yüksek yoğunlukta yapılan fiziksel egzersizlerde ventilasyon dinlenme halinde 12 nefes iken, konfor bölgesinden çıkar ve dakikada maksimum 60 nefese kadar artabilmektedir (McConnell, 2011). Ağır egzersiz sırasında, inspiratuar kaslar yorulduğu ve performansı bozduğu için kaslara giden kan akışı ve dolayısıyla oksijen iletimi kısıtlanır, bu sürece metaboreflex denir. İspiratuar kaslarda meydana gelen yorulma; metabolizmada toplamda yaklaşık %15 oranında güç kaybedilmesi anlamına gelmektedir. Bununla birlikte güçlü ve iyi şekilde antrene edilmiş diyafragma sayesinde uzuvların ihtiyacı olan oksijen akışı sağlanabilmektedir (Lomax ve McConnell, 2003; Harms vd., 2000; Shell vd., 2001).

SKA'nın, Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOA) olan bireylerde nefes darlığını yani dispneyi önemli ölçüde ortadan kaldırdığı ve yaşam kalitesinde iyileşmelerin olduğu bilimsel olarak da ispatlanmıştır (Hill vd., 2010; Lacasse vd., 2007; Lisboa vd., 1997). Ayrıca SKA'dan sonra bazı fizyolojik adaptasyonlar gözlenmiştir. 5 haftalık SKA sonrası KOA hastalarının dış interkostallerinde biyopsi ile yapılan kontrollerde tip I liflerde %38 ve tip II liflerin boyutunda ise %21 artış görüldüğü belirtilmiştir (Ramirez Sarmiento vd., 2002). Solunum kaslarının oksidatif kapasitesindeki bu artışın, egzersiz sırasındaki solunum yükünü azaltabileceği düşünülmektedir.

2.1.1. Solunum Kası Antrenmanının Gelişimi

SKA ilk olarak klinik yani hasta popülasyonda 1966 yılında Delhez vd. tarafından uygulanmıştır. 8 hafta boyunca uygulanan SKA sonrası elde edilen bulgular o dönem için oldukça önemliydi. SKA sonrası inspiratuar kas gücünde yaklaşık %37'lik bir gelişim söz konusu olmuş ve inspiratuar kas gücündeki artışın solunum kaslarının ventilasyonda meydana gelecek sınırlama potansiyelini azaltabileceği sonucuna varılmıştır (Delhez vd., 1966). Leith ve Bradley'in 1976'da yaptığı klasik

çalışma, günümüzde kullanılan yöntemlere benzer olarak SKA'nın solunum kaslarının gücü ve dayanıklılığı üzerindeki etkilerini araştıran ilk çalışmadır. Bu çalışmada 5 haftalık tekrarlanan statik inspiratuar manevralar uygulanmış ve haftada 5 gün devam edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; SKA'nın MİP'i %55 ve maksimum ventilasyon kapasitesinde %18 oranında iyileştirdiğini tespit etmişlerdir (Leith and Bradley, 1976). Solunum ile ilgili hastalığı olan bireylerde zamanla inspiratuar ve ekspiratuar solunum kas gücünde azalma olmakta ve buna bağlı olarak egzersiz intoleransı ve dispne algısında artış oluşmaktadır. Özellikle solunum kas gücü düşük olan hastalarda SKA oldukça önemli hale gelmiştir. SKA ilgili yapılan araştırmalarda inspiratuar kas gücü ve dayanıklılığına katkı sağladığı (Langer vd., 2015), oluşan dispneyi önemli ölçüde iyileştirdiği ve yaşam kalitesinde önemli faydalarının olduğu (Hill vd., 2010; Lacasse vd., 2007), yakın zamanda yapılan meta analizde ise SKA'nın yaşam kalitesine, egzersiz kapasitesine katkısının olduğunu ancak egzersiz sırasında gelişen dispneye etkisinin olmadığını belirtilmektedir. Hasta popülasyonunda 23 araştırmanın kıyaslandığı meta analiz çalışmasında SKA'nın sıklık ve yoğunluğu, çalışmalara bağlı olarak haftada iki defadan, haftada yedi defaya ve sırasıyla MİP'in %30 ila 80'ine kadar değişiklik göstermiş ve sonuç itibarıyla SKA'nın inspiratuar kas gücünü, yaşam kalitesini ve egzersiz kapasitesini iyileştirdiği, dispneyi azalttığı belirtilmiştir (Beaumont vd., 2018). Daha sonra hasta popülasyonlarda uygulanan SKA'nın etkisinin oldukça önemli olduğu görülmüş ve bu durum spor bilimcilerinin de dikkatini çekmiştir. Sporcular üzerinde ilk olarak uygulanan SKA ise; Volianitis vd., (2001) tarafından uygulanmış ve 4 haftalık MİP'in %50' si yoğunlukta dirençle yapılan SKA sonrasında %4,6 oranında performans sürelerinde iyileşme meydana geldiğini yani başka bir deyişle 2000 metre kürek çekilen bir yarışta 60 metrelik bir gelişimin olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Volianitis vd., 2001).

2.1.2. Solunum Kası Antrenmanının Sporculara Etkileri

Hasta popülasyonunda SKA'nın önemli etkileri görüldükten sonra, spor bilimcilerin de SKA ile ilgili birçok çalışma planlaması ve uygulaması ile sporcular üzerinde birçok çalışma yapılmıştır. Sporcular üzerinde yapılan bazı çalışmalara bakıldığında; Nunes Júnior vd. (2018) rugby oyuncularında yaptıkları bir çalışmada haftada üç gün olmak üzere toplamda iki saat olarak uygulanan SKA sonrasında maksimum ekspiratuar basınçta (MEP) %9 ila %32 arasında değişen bir artış olduğunu bildirmişlerdir. Yarı profesyonel hentbolcular üzerinde yapılan farklı bir çalışmada

SKA 4 hafta: MİP'in %50'si yoğunluk; 5 ile 8 hafta: MİP'in %60'ı yoğunlukta; 9 ile 12 hafta: MİP'in %70'i yoğunlukta uygulanmış ve MİP'in %54 ve MEP'in %23 arttığı belirtilmiştir (Hartz vd., 2018). Hissedilen dispne derecesini değerlendiren çalışmalarda ise %8 (Tong vd., 2010) 'den % 29'a (Najafi vd., 2019) kadar çok önemli düşüşler gözlemlense de, akut etkiye bakılan protokollerde bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Denekler elit düzeyde oyuncular olduğu için elde edilen bu değerler spor bilimi açısından çok dikkat çekici olarak görülmüştür.

Olimpiyat sporcuları üzerinde yapılan çalışmada, yüzücülerin performansında %1 oranında olumlu etkisi olduğu bulunmuştur (Pyne vd., 2004). Ayrıca literatür incelendiğinde elit düzeydeki kürekçilerde (Voliantis vd., 2001) ve bisikletçilerde Romer vd., (2002) %4.6 oranında performans sürelerinde iyileşme sağladığı yani 40 km süren bir bisiklet yarışında neredeyse 3 dk, 2000 m. kürek yarışında ise 60 m'lik katkı sağladığı bulunmuştur. Sporcularda kuvvet de ise %31.2 dayanıklılıkta %27.8'lik gelişim sağladığı tespit edilmiştir (McConnell, 2011).

Profesyonel futbolcularda uygulanan SKA protokolünde çalışmaların analizi ile ilgili olarak; Archiza vd., (2018), tekrarlanan sprint yeteneği yoluyla SKA'nın olası iyileştirmelerini değerlendirdi ve en iyi sprint süresinin yaklaşık %4, tüm sprintler arasındaki ortalama sürenin yaklaşık %6'lık bir azalma olduğunu gözlemlemiştir (Archiza vd., 2018). Nicks vd. (2009) yaptıkları farklı bir araştırmada tekrarlanan sprint yeteneği testinde MİP'de %20'lik bir artış ve performansta yaklaşık %17'lik bir iyileşme gözlemlendiğini rapor etmişlerdir (Nicks vd., 2009).

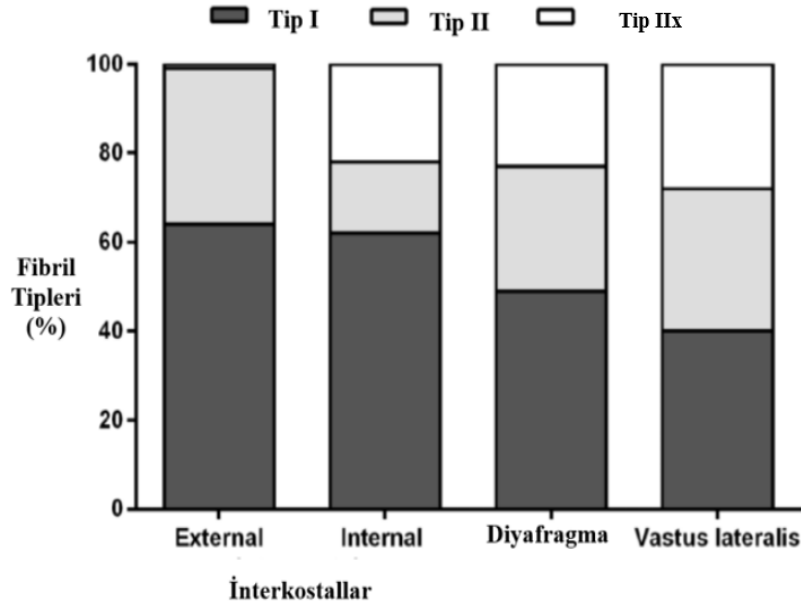
Bisikletçiler ile 10 hafta boyunca haftada 3 gün 30 nefes şeklinde uygulanan çalışmada sporcu performansında; %36 (Gething vd., 2004), 4 haftalık uygulamada koşuculara (%15 yoğunlukta SKA) %4 (Edwards and Cooke, 2004), %2 (Edwards vd., 2008), kürekçilerde; 4 haftada (%50 yoğunlukta SKA) %2.7 (Griffiths and McConnell, 2007), bisikletçilerde 15 hafta boyunca %24 (Markov vd., 2001; (Stuessi vd., 2001) artışlar gözlemlenmiştir.

SKA'nın kullanımını yüzme, kürek çekme, bisiklete binme, futbol, koşu ve tenis gibi çeşitli disiplinlerde de incelenmiştir (Caine and McConnell, 2000; Griffiths and McConnell, 2007; Romer vd., 2002). Bu araştırmalara bakıldığında, McConnell vd., (2010) ve Romer vd., (2002), Borg'un algılanan efor derecesine göre Kalp atım hızı (KAH), solunum hızı ve dispnede bir azalma gözlemlemiştir (McConnell and Griffiths, 2010; Romer vd., 2002). Bu sonuçlar, SKA'nın mevcut antrenman

döneminde egzersiz toleransını iyileştirebileceğini göstermektedir. Ayrıca, Romer vd., (2002), bir plaseboya kıyasla 6 haftalık SKA'dan sonra bisikletçilerin MaxVO₂'de bir gelişme gösterdiğini bildirmiştir.

2.2. Solunum Kaslarının Morfolojisi

Sağlıklı oldukları daha önceden rapor edilen erkek insan kadavralarında tip I kas liflerinin yaklaşık %60'ı internal ve external interkostallarda ve %49'u diyaframda olduğu görülmüştür (Şekil 2.1.) (Mizuno and Secher 1989). Tip Ix kas dağılımı internal interkostallar ile diyafragma arasında %30, external interkostallerde ise sadece %17 oranındadır benzerdir. Buna karşılık, tip Ix fibril tipi external interkostallar ile diyafragma arasında %25 ve internal interkostallerde sadece %1 oranında benzerlik olduğu tespit edilmiştir. İlginç bir şekilde, diyaframadaki lif tiplerinin dağılımı vastus lateralisin kas fibril tiplerine oldukça benzer olduğu (Şekil 2.1.), diyafragmanın üstün oksidatif kapasitesinin lif tipi dağılımı ile açıklanamadığını, bunun yerine enzim aktiviteleri, mitokondriyal yoğunluk ve vasküler talep ile açıklanabileceği düşünülmektedir (Mills, 2013). Diyafragma kas fibrilleri ile bacak kaslarında bulunan fibrilleri saran kılcal damarların sayısal yoğunluğu benzerlik göstermektedir, bundan dolayı difüzyon mesafesi azalmaktadır ve bu durum diyafragma kasındaki oksijen kaynağının farklı kas gruplarına göre daha verimli kullanılmasına olanak sağlamaktadır (Mizuno, 1991). Aerobik enerji sisteminde enzim etkinliği ile kesit alanı arasında ters yönde bir ilişki olmaktadır. Buna bağlı olarak O₂ difüzyonu artmakta ve doğru orantılı olarak da diyafragmanın direnci de artmaktadır. (Polla vd., 2004; Orrey, 2014).



Şekil 2.1. Solunum kaslarının fibril tiplerine göre dağılımı (Mizuno ve Secher, 1989)

2.2.2. Solunum Kaslarının Koordinasyonu

İnsanlarda göğüs duvarı ve akciğer üzerindeki çoğu solunum kasının eylemleri niteliksel olarak tanımlanmış olmasına rağmen, belirli bir kasın üretebileceği akciğerin genişleme ya da sönme miktarı belirlenmemiştir (Legrand vd., 2003). Solunum eylemi gerçekleştiği sırada solunuma dahil olan bütün kasların hareketi bir bütün olarak düşünülmelidir. Diyafragmanın hareketi, karına karşı antagonistik olarak çalışırken, diğer inspiratuar kaslar üst göğüs kafesine karşı etki eder. Her iki kas grubu da alt göğüs kafesi ve akciğer üzerinde aynı yönde hareket ederler. Diyafragma tek başına kasılıp hareket ederse göğüs kafesi tabanına doğru karın basıncı artar ve karın kaslarında eş zamanlı kasılma olmazsa karın dışa doğru yer değiştirir (Abraham vd., 2002). Karın basıncı arttıkça, göğüs kafesi dışarı doğru çıkmaktadır. Torasik hacim arttıkça plevral basınç azalır. Plevral basınçtaki bu azalmaya bağlı olarak diğer inspiratuar kasların herhangi bir aktivasyonu olmadan üst göğüs kafesi içe doğru yer değiştirmektedir. Solunumda oluşan bu hareket ile diyafragma; alt göğüs kafesi üzerinde inspiratuar, üst göğüs kafesi üzerinde ise ekspiratuar etkiye neden olmaktadır. İnsanlarda, inspiratuar etki daha büyük olmaktadır (De Troyer vd., 1981; Gething, 2008).

Egzersiz sırasında ventilasyondaki artış, tidal hacim ve solunum sıklığındaki artışlardan kaynaklanır. Tidal hacim genellikle vital kapasitenin %50-60'ında plato yapmaktadır. Eğer inspiratuar kaslar tek başına kasılacak olsaydı, plevral basıncı düşürme etkisi ile üst göğüs kafesi dışı doğru yer değiştirirdi (Gething, 2008). Diyafragmanın rahat kalması durumunda, azalmış plevral basınç karın duvarının içe doğru yer değiştirmesini sağlayacaktır. Bu nedenle inspirasyon sırasında, plevral basınçta gerekli azalmayı sağlamak için diyafragmanın ve diğer inspiratuar kasların kasılmasının aynı anda gerçekleşmesi gerekmektedir (Ratnovsky and Elad, 2005).

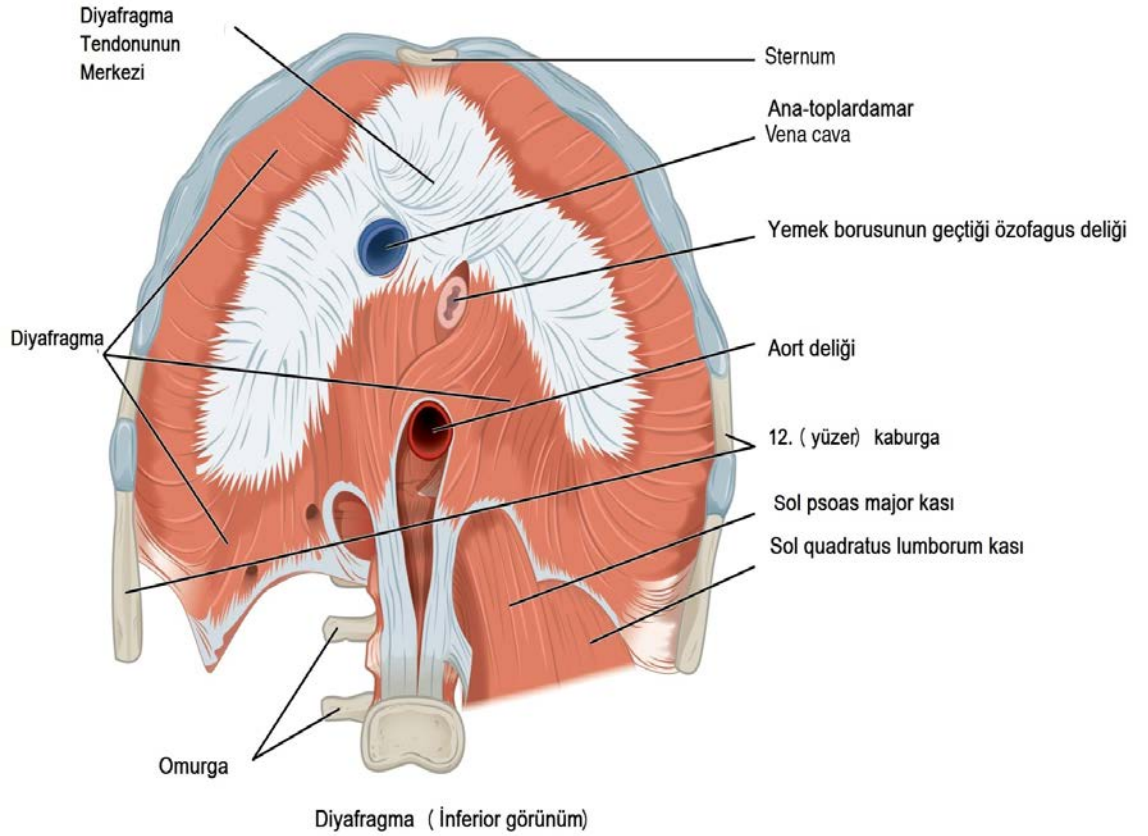
2.3. Diyafragma Yapısı ve Fonksiyonu

Bireyin olağan solunumunda diyafragma doğrudan rol oynar. Solunuma yardımcı olan diğer kaslar ise ancak solunum yoğunluğunun yükseldiği zamanlarda görev almaktadır. Diyafragma olağan solunum boyunca ritmik bir uyum içinde durmadan solunum işleminde görevine devam eder. Diyafragma kas fibrilleri sürekli ritmik hareketini devam ettirmek için yorulmadan devam edebilecek fizyolojik bir yapıya sahiptir (Polla vd, 2004).

Diyafragma, torasik ve abdominal boşlukları ayıran ince, kubbe şeklinde bir kas yapısıdır. Göğüs kafesi ve karın ile birlikte göğüs duvarına yol açar; büyük kan damarlarının geçtiği kontraktıl olmayan bir yapı olan merkezi tendon; göğüs kafesine ve ya xiphoid prosesine çıkıntı yapan lifleri olan kostal diyafragma; ve lifleri ilk üç bel omuruna yerleştirilen krural diyafragma olmak üzere üç ayrı bölümden oluşmaktadır (Şekil 2.1.) (Goligher, 2016). Bölümler arasındaki anatomik farklılıklar işlevsel öneme sahiptir. Diyafragmanın kaburga ve krural kısımlarının bir zamanlar embriyolojik olarak farklı ontogeniye sahip olduğu düşünülmektedir (De Troyer vd., 1981), ancak daha sonra yapılan araştırmada, krural ve kaburga diyafragmanın aynı embriyogenetik süreçten kaynaklandığı belirtilmiştir (Allan and Greer, 1997). Diyafragmanın kalınlığı, anteriordan posterior kostal bölgelere ve kostal insersiyolarından santral tendona doğru sivrilen yüzeyi üzerinde değişkendir (Poole vd., 1997). Kostal bölgede, kostal marjın çevresi, merkezi tendon insersiyosundan daha uzundur. Bu durumda, kas fibrillerinin oryantasyonu merkezi tendondan dışarı doğru yayılır. Özofagus sfinkteri olarak görev yapan özofagusu çevreledikleri için krural bölgedeki kas fibrillerinin oryantasyonu çok daha karmaşıktır. Bu duruma fizyolojik önemi açısından bakıldığında, desendan (inen) aort ve inferior venanın torasik ve abdominal boşluklar arasından geçerken diyafragma kas fibrilleri tarafından çevrelenmemesidir (Sieck vd.,

2013; Gordon vd., 1989). Diyafragmanın farklı bölgelerindeki kas fibril aktivasyonunun mekanik etkileri fibrillerin insersiyonlarına, göğüs kafesi ve abdominal yer değiştirme tarafından uygulanan farklı yüklere bağlıdır. Farklı diyafragma bölgelerinin mekanik etkileri arasındaki farklar, kostal ve krural bölgelerin aslında değişik embriyonik kökenler ile nöral innervasyona sahip farklı kaslar olduğu fikrine yol açmıştır (De Troyer vd., 1982).

Yetişkin bir insanda kas fibrilleri daimi olarak aktiftir ve diyafragma eşit şekilde dağılan hızlı ve yavaş kas fibrillerinden oluşur (Polla vd, 2004). Diyafragma ve solunuma yardımcı olan diğer kasların fibrilleri, solunumun gerektirdiği anlık durumlara göre büyüklüklerini ve kasılmalarını değiştirebilmektedir. Ayrıca çok yüksek eforlarda solunumun farklı fonksiyonlarına uyum göstermektedir (Scott vd., 2001).



Şekil 2.2. Diyafragma anatomik yapısı
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1113_The_Diaphragm.jpg)

Dik duran bir insanda göğsün içinde yer alan diyafragma belirgin kubbe benzeri bir yapıya sahiptir. Kostal diyafragmanın dış yönü göğüs kafesine bakar (Şekil 2.2.) ve alt göğüs kafesi yüzeyinin yaklaşık 1 / 3'ünü kaplar (Mead, 1979; Bartter vd., 2003;

Bostancı, 2009). Bu karmaşık ve zengin arter kaynağı, zaman zaman yorucu enerji taleplerini karşılamak için gerekli kan akışının sağlanmasına yardımcı olur. Diyafragmada kan akışı kas boyunca heterojen bir yapıya sahiptir ve enerji talebinin en yüksek olduğu bölgelere yöneliktir (Johnson vd., 2002).

Diyafragma, medulla spinasilis C3 -C5 bölümlerinde bulunan frenik sinirlerin hareketi ile kasılır. Diyafragma için gerçekleşen kan dolaşımı, frenik arter ile iç meme arterleri ile frenik arterin dalları ve interkostal arterler arasındaki anastomozlardan kaynaklanan bir arter ağı tarafından sağlanmaktadır (Comtois vd., 1987). Frenik sinirlerden gelen kasılma sonucunda diyafragmanın karın içine doğru hareketi meydana gelmektedir. Normal inspirasyon sırasında diyafragma kasılır, böylece akciğerler ekstra alana genişler ve gerekli alan oluşarak diyafragma 1-2 cm daha karın içi boşluğuna doğru hareket eder. Bu durum toraksın dikey ve kaburga kenarını yan taraflara ittirerek enine çapında artışa sebep olmaktadır. İnterkostal kaslar, göğüs kafesini yükselterek diyafragmanın akciğerlere yeterince hava girmesine yardımcı olmaktadır. Derin inspirasyon yapılması sonucunda ise diyafragma kasılma hareketi aşağı yönde neredeyse 7-10 cm seviyelerine kadar ulaşabilmektedir. Bu şekilde derin solunumda karın içi duvarının genişleme durumundaki uyum yeteneğinin üst sınırına ulaşılmış olur ve karın içi basınç yükselir (Ulubay, 2017).

Diyafragmanın kenarlarını oluşturan kas dokusu çizgili kastır yani iskelet kasıdır. Bununla birlikte diyafragma kası ve solunum, normalde istemsiz olarak çalışır. Çizgili kaslar spor branşlarına yönelik yapılan antrenmanlarla hipertrofiye uğrayabilir. Diyafragmanın da çizgili kas grubundan olduğu düşünüldüğünde belirli antrenmanlar sonucunda solunum kaslarında da hipertrofi olabilmektedir (Gibala vd., 2006; Egan and Zierath, 2013). Ayrıca sağlıklı bireylerde, ağırlık antrenmanlarına bağlı olarak diyafragmanın kalınlığı artabilmektedir (McColl vd., 1997). Hackett vd. (2013) vücut geliştirmeci sporcuların solunum kas kuvvetinin dayanıklılık sporcularına göre daha güçlü olduğunu bildirmiştir. Aerobik enerji sistemlerinin kullanıldığı, yani daha çok dayanıklılık antrenmanlarının yapıldığı spor branşlarında ise antrenmanlar sonucunda kas yapısı anaerobik spor branşlarına göre daha az hipertrofiye uğrar. Aerobik spor branşlarında solunum kas yapısı daha çok mitokondrialkontenti, hızlı / glikolitikten yavaş / oksidatif lif tiplerine doğru bir değişime, yapısal ve fonksiyonel adaptasyonlara uğramaktadır (Egan and Zierath, 2013; Hawley vd., 2014).

2.3.2. Diyafragmanın Fibril Tipi

Yetişkin bir insanın diyafragma kas fibril tipi dağılımı tahmini olarak % 55 yavaş, % 21 hızlı oksidatif ve % 24 hızlı glikolitik lif tipi şeklindedir. Diyafragma kas lifleri, kuvvetli ve hızlı bir şekilde büzülerek genel kuvvet üretimine katkıda bulunabilir ve sürekli olarak kasılmalarını devam ettirerek yorgunluğa karşı genel direncini arttırabilmektedir (Orrey, 2014; Polla vd., 2004).

Tüm iskelet kasları farklı tipte liflerden oluşur. Farelerde diyafragmanın, diyafragma içinde homojen olarak dağılmış dört ana kas fibril tipinden oluştuğu görülmüştür (Goligher, 2016). İnsanlarda ise kostal diyafragma biyopsileri, yavaş (Tip I) ve hızlı kasılan (Tip IIa ve IIx) lif türlerinin nispeten eşit dağılımını gösterir (Levine vd., 2008). Yavaş kasılan lifler, daha yüksek oksidatif kapasiteye bağlı olarak nispeten yorgunluğa dirençlidir. Bundan dolayı yavaş lifler kasılmalarını daha uzun süre koruyabilir (Sieck vd., 2013). Hızlı 2X ve 2B fibril tipleri kolayca yorulabilir ve daha glikolitik metabolizmaya sahiptir. Hızlı 2A lifleri, yorgunluğa ve oksidatif glikolitik metabolizmaya karşı orta düzeyde dirence sahiptir (Polla vd., 2004). Bu kas fibril tipleri diyafragmanın çok daha rahat işlevini yapmasını sağlar (Scott vd., 2001).

2.3.3. Diyafragmanın Yapısal Değişikliklerini Etkileyen Faktörler

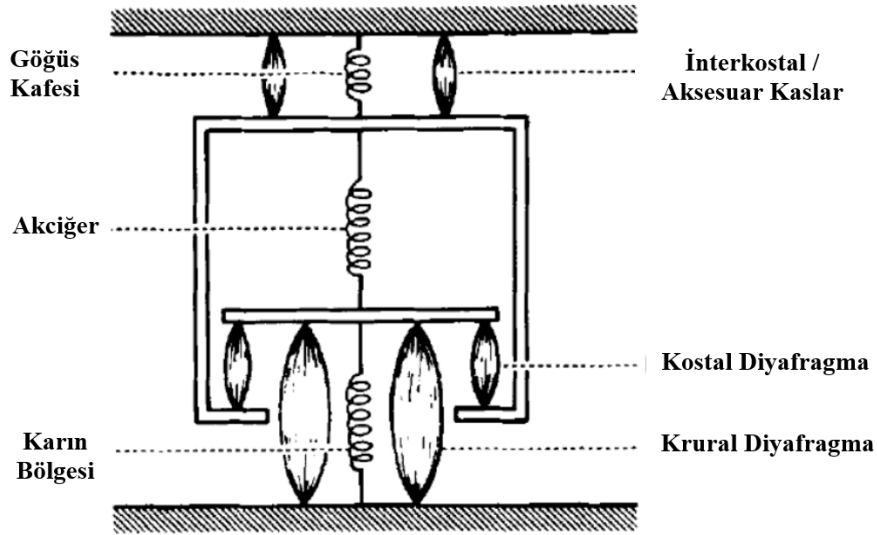
Dayanıklılık antrenmanları uzun süreli kasılma, kuvvet antrenmanları ise kısa süreli azami kasılma sürecidir. Dayanıklılık antrenmanları sonucunda solunum kaslarının fibril tiplerinde değişiklik olmaz ve bununla birlikte dayanıklılık antrenmanı, kasların kasılma kuvveti özelliklerinde herhangi bir değişiklik olmaksızın, fibril boyutunda ve solunum kaslarının enine kesit alanında bir azalmaya neden olabilir. Bunlara ek olarak dayanıklılık antrenmanları solunuma yardımcı kaslarda meydana gelecek yorgunluğun gecikmesini sağlar (Polla vd., 2004). Kuvvet antrenmanları ise dayanıklılık antrenmanlarına göre ters bir etkiye sahiptir. Kuvvet antrenmanı fibrillerin kasılma kuvvetini ve kütlesini artırır (Scott vd., 2001).

Yaşlanma sürecinde solunum kaslarında kas kütlesi kaybı meydana gelir. Bu kas kaybı esas olarak hem yavaş hem de hızlı kas liflerinin toplam miktarındaki azalmanın bir sonucudur (Souza vd., 2014). Hızlı liflerin atrofisi yaşlı kasta daha büyük oranda yavaş tip fibrillere yol açar (Scott vd., 2001). Yaşlanma sırasında yavaş fibril fenotipine doğru kayma, daha yavaş kasılma ve gevşeme süreleri ile sonuçlanır. Bu

nedenle, belirtilen yaşa bağlı olarak oluşan değişiklikler, hem solunum hem de ekstremiteler kaslarında bir miktar fonksiyon kaybına yol açabilir (Orrey, 2014).

2.3.4. Diyafragma Kontraksiyonu

Kontraktil kısılma sırasında diyaframın şekli koronal düzlemde çok az değişir ve kısılmanın çoğu ekstenel inişe çevrilir (De Troyer and Boriek, 2011; Gauthier vd., 1994). Bu geometrik konfigürasyon, inspirasyon sırasında diyafragma kasının hareketi için önemlidir. Kostal ve krural diyafragmanın yapısal düzenlemesi ve göğüs duvarının çeşitli bileşenleri ile ilişkileri şekil 2.3.'de özetlenmiştir.



Şekil 2.3. Kostal ve krural diyafram hareketinin şematik gösterimi (Troyer ve Loring, 1986)

Şekil 2.3'de gösterildiği gibi, kostal ve krural diyafragmanın göğüs duvarının farklı bileşenleri ile çeşitli etkileşimlerine göre fonksiyonel düzenlemesi vurgulanmaktadır. Kostal diyafragma göğüs kafesine yerleştirildiğinden, hareketi alt kaburgaları yükseltebilirken, lomber omurgaya yerleştirilen krural diyafragmanın etkisi sadece diyaframın kubbesini düşürmek için etki eder (De Troyer and Boriek, 2011).

Sakin solunum sırasında, diyafragma kası kısılanır, silindirik kısmın aksiyal uzunluğu azalır ve diyafragma domu aşağıya doğru yer değiştirir. Sakin solunumda diyafragmanın şeklindeki en önemli değişiklik, aksiyal planda piston gibi diyafragma domununun aşağı yer değiştirmesidir (Braun, 1982). Diyafragma görevini yaptığı sırada

oluşan basınç farklarının nedeni hava akımıdır. Diyafragma kasılma süreci boyunca kas fibrilinin kasılmaya başlangıcı ne kadar uzun olursa; daha fazla güç oluşacağı anlamına gelir. Diğer bir deyişle; transdiyafragmatik basınç çok daha fazla oluşur (Ulubay, 2017).

2.3.5. Diyafragma Yorgunluğu

Sağlıklı akciğer ve göğüs duvarının, egzersizin gerektirdiği yoğunluklara rağmen aşırı şekilde dirençli olduğu genellemesi bilinen bir durumdur. Kısa ve uzun süreli egzersiz sırasında ortaya çıkabilecek bu mükemmel yakınlığın bir istisnası, egzersize bağlı diyafragma yorgunluğudur (Sheel, 2002). Diyafragma, yapısı gereği yorgunluğa karşı oldukça dirençli olduğu düşünülen oldukça oksidatif, yoğun kılcıl damarlı bir kas tabakasıdır. Gerçekten de, egzersiz sırasında maksimum oksijen tüketimi (MaxVO_2) 'nin $\geq\% 80$ 'indeki yoğunluklarda tükenme sırasında diyafragma yorulmaz (Orrey, 2014).

Supramaksimal bilateral frenik sinir stimülasyonunun kullanımı, düşük ve yüksek frekanslarda egzersize bağlı diyafragma yorgunluğunu göstermiştir (Babcock vd., 1998; Babcock vd., 2002). Uzun süreli ağır egzersizin bu "yorgunluk-duyarlılaştırıcı" etkisi, egzersiz sırasında kardiyak çıkışın çalışan uzuv kaslarına yeniden dağıtılmasından ve böylece çok yüksek, sürekli metabolik gereksinimler karşısında diyafragmanın yeterli kan akışından yoksun kalmasından kaynaklanabilir. Egzersizin dolaşımdaki metabolik yan ürünlerinin diyafragmanın kasılma özelliklerini değiştirmesi ve onu yorgunluğa duyarlı hale getirmesi mümkündür (Sheel, 2002). Ayrıca istemli tolerans sınırına kadar kısa süreli maksimal arttırımlı egzersizin supramaksimal sinir stimülasyonuna transdiyafragmatik basınç yanıtını değiştirmedığı ve bu tür egzersizlerin diyafragma yorgunluğuna neden olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Romer vd., 2007).

3. MATERYAL YÖNTEM

3.1. Araştırma Grubu

Bu çalışma için kronik respiratuar ve kardiyovasküler hastalık geçmişi bulunmayan, aktif olarak farklı spor dallarında antrenmanlara devam eden, herhangi bir sakatlığı olmayan, sağlıklı bireysel ve takım sporcularından meydana gelen homojen bir grup oluşturuldu. Tüm denekler, çalışma hakkında ayrıntılı bir şekilde bilgilendirildi ve “gönüllü olur formu” alındıktan sonra araştırmaya dâhil edildi. Araştırmaya en az 5 yıllık lisanslı sporcu geçmişi olan ve haftada en az 6 saat düzenli antrenman yapan, benzer fiziksel özelliklere (16 takım, 14 bireysel sporcu) sahip 15 denek ve 15 kontrol grubu olmak üzere toplamda 30 erkek sporcu katıldı. Araştırma randomize, kontrol gruplu, tek kör ve ön-son test prosedürü kullanılarak dizayn edildi.

Araştırmanın amaçlarını gerçekleştirmek için denekler toplamda 7 kez laboratuvarı ziyaret etti. İlk 4 laboratuvar ziyaretleri solunum kası antrenman protokolü başlatılmadan önce gerçekleştirildi. Dört haftalık solunum kası antrenmanı sonrası 2-3 ve 4'üncü laboratuvar ziyaretlerindeki ölçümler tekrarlandı ve böylece araştırmanın ön ve son test verileri elde edildi. Aşağıda laboratuvar ziyaretleri açıklanmıştır.

Birinci laboratuvar ziyareti: Bu ziyarette, katılımcılara araştırmanın önemi ile ilgili bilgiler verilmesinin yanı sıra ölçümler sırasında karşılaşılabileceği sorunların ortadan kaldırılması ve daha gerçek veriler elde edilmesi için çalışmada yapılacak ölçümleri deneyimlemeleri sağlandı.

İkinci laboratuvar ziyareti: İkinci laboratuvar ziyaretinde referans uygulama için katılımcının maksimal inspiratuar basınç (MİP), maksimal ekspiratuar basınç (MEP) ve akciğer hacim ve kapasite değerleri ölçüldü.

Üçüncü laboratuvar ziyareti: Bu ziyarette aerobik kapasite ölçümleri gerçekleştirildi.

Dördüncü laboratuvar ziyareti: Diyafragma kasının ekspirasyon ve inspirasyon fazlarında kalınlığını belirlemek amacıyla ultrason görüntülemesi yapıldı. Ultrason görüntülemesi bir radyoloji uzmanı tarafından yapıldı. Laboratuvar ziyaretlerinden sonra denek grubunun 4 haftalık solunum kası antrenmanı uygulaması başlatıldı.

Beşinci - Yedinci laboratuvar ziyareti: Dört haftalık solunum kası antrenmanı sonrası 2-3 ve 4'üncü laboratuvar ziyaretlerindeki ölçümler tekrarlandı.

3.2. Maksimal Aerobik Kapasitenin (MaxVO₂) Belirlenmesi

Çalışmada deneklerin aerobik gücü Monark LC7 (Vansbro, Sweden) marka bisiklet ergometresi ile ölçüldü. Egzersiz protokolü, ≥ 60 RPM pedal hızında 50 (W) bir başlangıç iş yükünde 5 dakikalık ısınma protokolü uygulandı. Egzersiz protokolü olarak YMCA submaksimal egzersiz test protokolü uygulandı (Tinius vd., 2021). Egzersiz protokolü bisiklet ergometresinde kalp atım sayısını 110 – 150 arasında tutan 3 ya da 4 tane 3'er dakikalık çalışma yüklerinden oluşur. Protokol 80 RPM pedal hızında başlatılıp test süresince deneklerden bu hızı koruması istendi (Al-horani, 2019; Roberts, 2019). (Bouwsema vd., 2016; Tedjasaputra vd., 2017). Ölçüm öncesinde deneye kalp atım hızı (KAH) (810i Polar Electro Inc., Finland) cihazı takıldı ve test sonuna kadar KAH kaydedildi. Aerobik güç testi esnasında denekler RPM'i bisiklet ekranından takip ederek hızı belirli bir aralıkta tutmaları sağlandı. Deneklerin kabul edilebilir VO₂max değerinin belirlenmesi için denegin beklenen en yüksek kalp atım hızına ($\pm 10\%$ ön görülen) ulaştığında test sonlandırıldı (Smith vd., 2015).



Şekil 3.1. Monark LC7 marka bisiklet ergometresi

3.3. Solunum Fonksiyon Testleri

Solunum fonksiyon testleri M.E.C. Pocket Spiro USB-100 spirometre cihazı ile yapıldı. İlk olarak deneklerden gerekli bilgiler (yaş, cinsiyet, boy, kg) istenildi ve spirometreye kaydedildi. Deneğe uygulama hakkında bilgi verilerek ağızlık ve burun klipsi hava kaçağı olmayacak şekilde yerleştirildi. Ardından denekten oturur şekilde olması istendi (ATS/ERS, 2002) ve deneğin üç kez normal nefes alması sonra olabildiğince çabuk bir şekilde derin inspirasyon ve hemen ardından hızlı bir ekspirasyon ile havayı güçlü bir şekilde tamamen boşaltmasıyla (FVC) zorlu vital kapasite; (FEV1) birinci saniyede zorlu ekspiratuar, (PEF) Doruk Ekspirasyon Akımı, (FEF) Zorlu Ekspiratuar Akım, (MVV) Maksimal İstemli Ventilasyon, (VC) Vital Kapasite, (ERV) Ekspirasyon Rezerv Volüm, (IRV) İspirasyon Rezerv Volüm, (IVC) İspiratuar Vital Kapasite ölçümleri kaydedildi. VC, ERV, IRV ve IVC parametrelerinin ölçümünde denekten üç defa normal nefes alıp vermesi istendi, ardından deneğe çok yavaş bir şekilde inspirasyon ve yine olabildiğince en yavaş olacak şekilde ekspirasyon yapması söylendi. Test sonunda hesaplanan ölçüm sonuçları kaydedildi (McConnell, 2011; Bostancı vd., 2019).

3.4. Maksimal İspiratuar ve Ekspiratuar Basınç Ölçümleri

Bu çalışmada deneklerin Maksimal inspiratuar (MİP) ve ekspiratuar basınç (MEP) değerleri MicroRPM (CareFusion Micro Medical, Kenti UK) cihazı ile belirlendi. MİP ve MEP ölçümlerin de hava kaçıının önüne geçebilmek için deneğin burnuna klips takıldı. Denek rezidüel volümdeyken tek seferde maksimal hızda inspirasyon yaparak 1-3 saniye sürdürmesi ile testi tamamladı. MEP ölçümü için, total akciğer kapasitesinden sonra burun kilipsi takılı iken 1-3 saniye maksimal ekspirasyon yapması istendi. Ölçümler 3 kez tekrar edildi ve sonunda elde edilen en iyi değerler test sonucu olarak kayıt edildi. (Arend vd., 2015).

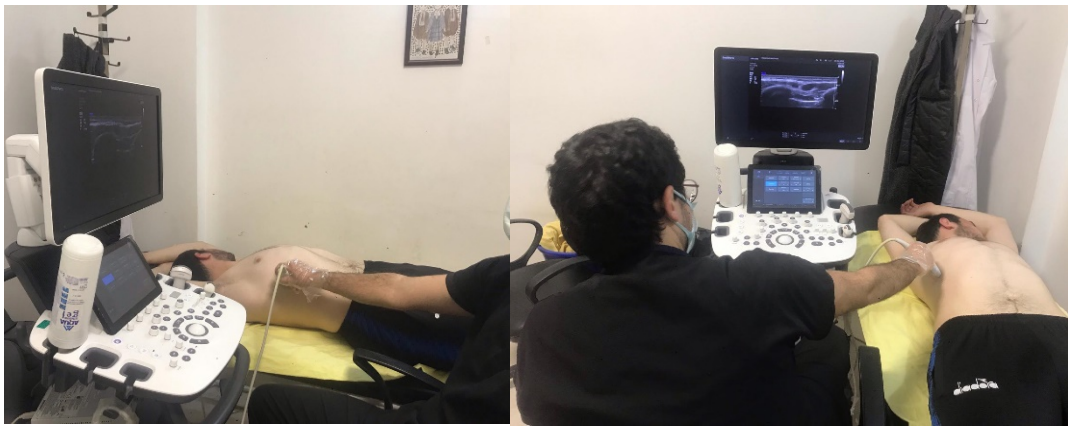
3.5. Solunum Kası Antrenmanı

Bu çalışmada SKA için POWERbreathe® (IMT Technologies Ltd. Birmingham, UK) cihazı kullanıldı. Çalışmada deney grubu 4 hafta boyunca haftada beş gün, sabah (30 nefes) ve akşam (30 nefes) günün aynı saatlarında olacak şekilde SKA protokolü uyguladı. SKA için POWERbreathe® cihazının direnç ayarı MİP değerinin % 40'ı baz alınacak şekilde belirlendi (Kantarson ve ark., 2010) ve haftalık olarak 1 birim (10cmH₂O) artırıldı (McConnell, 2011).

3.6. Diyafragma Kas Kalınlığını Belirlenmesi

Ultrasonografi ölçümleri, kas-iskelet ultrasonografisi alanında uzman bir radyolog tarafından Samsung Ultrasound System HS50 model ultrason cihazı (Philips Healthcare, Bothell, WA ABD) ve ağız kısmı 5 cm genişliğinde olan 12 MHz Lineer dönüştürücü yardımı ile yapıldı. Gönüllü sırtüstü pozisyondayken dönüştürücü, karaciğer penceresi kullanılarak ölçüm için sağ tarafta orta aksiller çizgiye koronal düzlemde transduser yerleştirildi. Ekspirasyon sırasında gönüllüden mümkün olduğu kadar derin nefes vermesi ve ardından nefesini tutması istendi. Bu şekilde maksimum ekspirasyon sağlandıktan sonra ölçüm için 8. ve 9. kostalar arasındaki interkostal boşluk belirlendi ve bu pencereden karaciğer penceresi kullanılarak optimal diyafragma kası görüntüleme ve kalınlık ölçümleri alındı. İspirasyon sırasında ise mümkün olduğu kadar derin nefes alması ve nefesini tutması istendi. Maksimal inspirasyon sağlandıktan sonra ölçüm için ve 10. ve 11. kaburgalar arasındaki interkostal boşluk belirlendi ve diyafragma için en iyi görüntünün alınabileceği yerden ölçüm yapıldı (Erail vd., 2022; Hellyer vd. ., 2017; Ueki vd., 1995).

Diyafragma kas kalınlığı plevra ve peritonun iki ekojenik çizgisi dışlanarak ölçüldü. Ölçümler farklı ekspiratuar ve inspiratuar fazlarda üç kez tekrarlandı ve en iyi ölçüm kayıt edildi (Erail vd., 2022). Diyafragma kas kalınlığının değişim oranı Oguri vd., (2022)'nin kullandığı formül ile hesaplandı $[(DK_{ins} - DK_{eks}) / DK_{ins}] \times 100$. Ayrıca kalınlık ölçümleri arasındaki fark, inspirasyon kalınlığından ekspirasyon kalınlığının çıkartılmasıyla elde edilmiştir ($DK_{ins} - DK_{eks}$).



Şekil 3.2. Diyafragma kas kalınlığı ölçümü



Şekil 3.3. DK_{eks} ölçüm sırasındaki ultrason görüntüsü



Şekil 3.4. DK_{ins} ölçüm sırasındaki ultrason görüntüsü

3.7. İstatistiksel Analiz

Verilerin istatistiksel analizinde SPSS 26.0 (SPSS Inc., Chicago, IL) programı kullanıldı. Ayrıca verilerin dağılımının grafiksel gösterimi GraphPad Prism 9.0 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA, USA) programı ile oluşturuldu. İstatistiksel değerlendirme neticesinde ortaya çıkan sonuçlar ortalama, standart sapma, yüzdesel değişim, ortalama fark ve etki büyüklüğü şeklinde sunuldu. Etki büyüklükleri Cohen d verilerinden elde edildi. Cohen “d” değerinin 0.2’den küçük olmasını zayıf, 0.5 olmasını orta ve 0.8’den büyük olmasını ise kuvvetli etki büyüklüğü olarak değerlendirmektedir (Cohen, 1988). Sonuçların normallik dağılımını göstermek için Shapiro-Wilk testi yapıldı. Solunum kası antrenmanının solunum kas kuvvetine, solunum fonksiyon, diyafragma kalınlık ve performans verileri üzerindeki önemini belirlemek için iki grubun ön test, son test ve ortalama farklılıklarına 2x2 mixed faktör ANOVA ve LSD düzeltmesi yapıldı. Denek ve kontrol grubu verilerinin DK_{fark} ile değişiklik oranının MİP-MEP, MaxVO2 ve relatif MaxVO2 parametreleri arasındaki ilişkiyi belirlemek için Pearson analizi kullanıldı. İstatistiksel sonuçlar $p<0.05$ anlamlılık düzeyinde değerlendirildi.

4. BULGULAR

Tablo 4.1. Deneklerin tanımlayıcı bilgileri (Ortalama \pm SS)

Değişkenler	DG (n = 15)	KG (n = 15)	Toplam (n=30)	p
Yaş (yıl)	21.20 \pm 1.61	21.06 \pm 1.33	21.13 \pm 1.45	0.807
Boy (cm)	178.86 \pm 6.31	182.00 \pm 9.29	180.43 \pm 7.97	0.289
Vücut Ağırlığı (kg)	77.13 \pm 6.58	78.40 \pm 8.39	77.76 \pm 7.44	0.649
VKİ (kg/m ²)	24.13 \pm 2.06	23.68 \pm 2.12	23.90 \pm 2.07	0.558

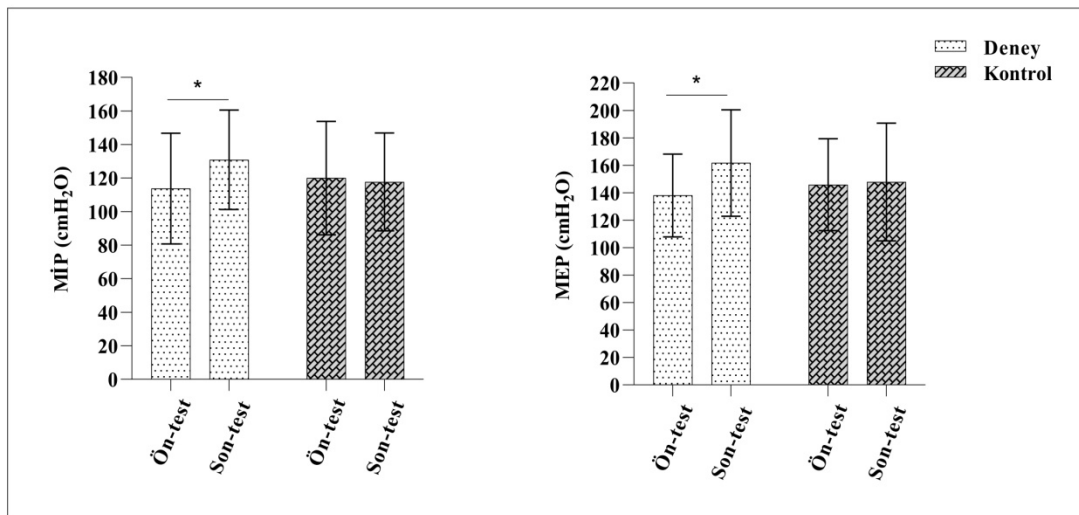
DG: deney grubu; KG: kontrol grubu; SS: standart sapma; VKİ: vücut kitle indeksi

Araştırmaya katılan deneklerin tanımlayıcı verileri Tablo 4.1.' de sunulmuştur. Kontrol ve deney grubunun tanımlayıcı özellikleri arasında homojenlik olduğu tespit edildi ($p>0.05$).

Tablo 4.2. Solunum kas kuvveti parametrelerinin ön-son test ve gruplar arası karşılaştırılması

		DG (n = 15)		KG (n = 15)	
		Ort. \pm SS	EB	Ort. \pm SS	EB
MİP (cmH ₂ O)	Ön-test	113.80 \pm 33.00	-0.55	120.00 \pm 33.77	0.07
	Son-test	130.93 \pm 29.68 ^a		117.73 \pm 29.13	
	Ortalama fark	17.13 \pm 14.41 ^b		-2.27 \pm 15.30	
	% Değişim	% 15.05		-% 1.89	
MEP (cmH ₂ O)	Ön-test	138.07 \pm 30.20	-0.68	145.93 \pm 33.42	-0.05
	Son-test	161.73 \pm 38.83 ^a		147.87 \pm 42.85	
	Ortalama fark	23.67 \pm 5.47 ^b		1.93 \pm 5.59	
	% Değişim	% 17.14		% 1.32	

a: ön test ile son test arasında anlamlı farklılık; b: gruplar arasında anlamlı farklılık; EB: etki büyüklüğü; DG: deney grubu; KG: kontrol grubu; Ort: Ortalama; SS: standart sapma; MİP: maksimal inspiratuar basınç; MEP: maksimal ekspiratuar basınç



Şekil 4.1. Solunum kas kuvveti ortalamalarındaki değişimin grafiksel gösterimi

SKA'nın deney grubunda MİP'in ön-son test ortalamaları arasında 17.13 \pm 14.41 cmH₂O birimlik bir artış sağladığı belirlendi ($p<0.001$, EB= -0.55, %

Değişim= % 15.05). Kontrol grubunda ise $2.27 \pm 15.30'$ luk bir düşüş meydana geldiği gözlemlendi ($p=0.575$, $EB= 0.07$, % Değişim= -% 1.89). MEP değerlerine bakıldığında ise; DG'de $23.67 \pm 5.47'$ lik ($p<0.001$, $EB= -0.68$, % Değişim= % 17.14), KG'de $1.93 \pm 5.59'$ lük ($p=0.735$, $EB= -0.05$, % Değişim= % 1.32) bir artış gerçekleştiği tespit edildi (Tablo 4.2).

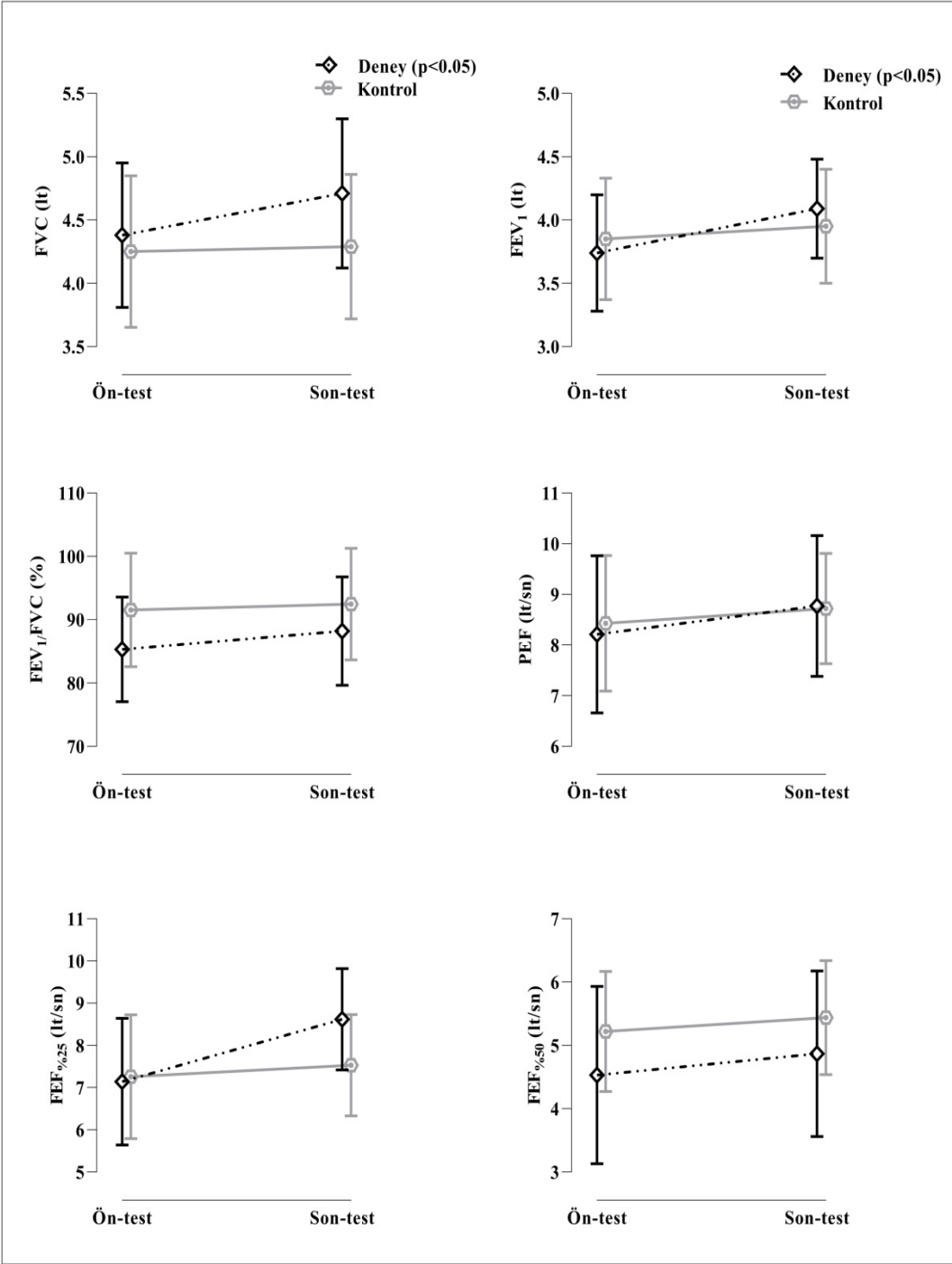
Tablo 4.3. Solunum fonksiyonu parametrelerinin ön-son test ve gruplar arası karşılaştırılması

		DG (n = 15)		KG (n = 15)	
		Ort. ± SS	EB	Ort. ± SS	EB
FVC (lt)	Ön-test	4.38±0.57	-0.56	4.25±0.60	-0.07
	Son-test	4.71±0.59 ^a		4.29±0.57	
	Ortalama fark	0.32±0.46 ^b		-0.04±0.21	
	% Değişim	% 7.53		% 0.94	
FEV1 (lt)	Ön-test	3.74±0.46	-0.82	3.85±0.48	-0.21
	Son-test	4.09±0.39 ^a		3.95±0.45	
	Ortalama fark	0.35±0.33 ^b		0.09±0.45	
	% Değişim	% 9.35		% 2.59	
FEV1/FVC (%)	Ön-test	85.33±8.26	-0.34	91.53±8.96	-0.11
	Son-test	88.20±8.57		92.47±8.82	
	Ortalama fark	2.87±6.62		0.93±8.46	
	% Değişim	% 3.36		% 1.02	
PEF (lt/sn)	Ön-test	8.21±1.55	-0.38	8.43±1.34	0.24
	Son-test	8.77±1.39		8.72±1.09	
	Ortalama fark	0.55±1.70		0.29±0.72	
	% Değişim	% 6.82		% 3.44	
FEF%25 (lt/sn)	Ön-test	7.14±1.50	-1.09	7.26±1.47	-0.20
	Son-test	8.62±1.20		7.53±1.20	
	Ortalama fark	0.48±1.37		0.28±0.51	
	% Değişim	% 20.72		% 0.96	
FEF%50 (lt/sn)	Ön-test	4.53±1.40	-0.25	5.22±0.95	-0.24
	Son-test	4.87±1.31		5.44±0.90	
	Ortalama fark	0.34±1.03		0.23±0.81	
	% Değişim	% 7.50		% 4.21	
FEF%75 (lt/sn)	Ön-test	2.25±0.61	-0.50	2.80±0.69	-0.21
	Son-test	2.59±0.74 ^a		2.96±0.81	
	Ortalama fark	0.34±0.55		0.17±0.46	
	% Değişim	% 15.11		% 5.71	
MVV (lt/dk)	Ön-test	127.11±15.51	-0.83	131.01±16.44	-0.20
	Son-test	139.06±13.10 ^a		134.16±15.42	
	Ortalama fark	11.95±11.35 ^b		3.15±15.34	
	% Değişim	% 9.40		% 2.40	
VC (lt)	Ön-test	3.71±1.00	-0.43	3.89±0.95	-0.01
	Son-test	4.08±0.69		3.90±0.92	
	Ortalama fark	0.37±0.83		0.01±0.59	
	% Değişim	% 9.97		% 0.25	

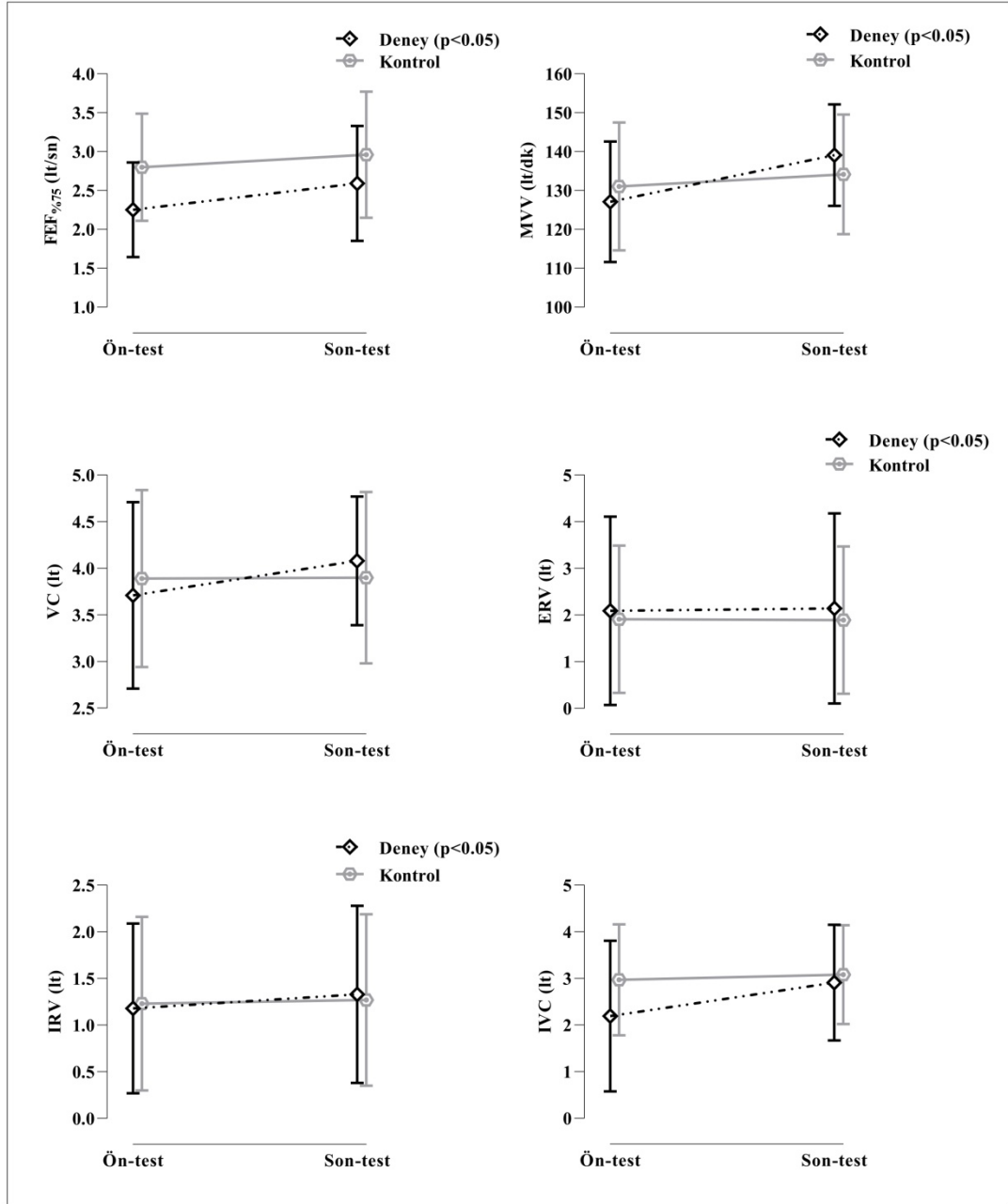
Tablo 4.3. (devamı)

ERV (lt)	Ön-test	2.09±2.02	-0.02	1.91±1.58	0.01
	Son-test	2.14±2.04 ^a		1.89±1.58	
	Ortalama fark	0.06±0.06 ^b		-0.02±0.13	
	% Değişim	% 2.39		% 1.04	
IRV (lt)	Ön-test	1.18±0.91	-0.16	1.23±0.93	-0.04
	Son-test	1.33±0.95 ^a		1.27±0.92	
	Ortalama fark	0.16±0.19 ^b		0.04±0.12	
	% Değişim	% 12.71		% 3.25	
IVC (lt)	Ön-test	2.19±1.62	-0.50	2.97±1.19	-0.10
	Son-test	2.91±1.24		3.08±1.06	
	Ortalama fark	0.72±1.98		0.11±1.45	
	% Değişim	% 32.87		% 3.70	

a: ön test ile son test arasında anlamlı farklılık; b: gruplar arasında anlamlı farklılık; EB: etki büyüklüğü; DG: deney grubu; KG: kontrol grubu; Ort: Ortalama; SS: standart sapma; FVC: zorlu vital kapasite; FEV1: birinci saniyede zorlu ekspiratuar, PEF: Doruk Ekspirasyon Akımı, FEF: Zorunlu Ekspiratuar Akım, MVV: Maksimal İstemli Ventilasyon, VC: Vital Kapasite, ERV: Ekspirasyon Rezerv Volüm, IRV: İspirasyon Rezerv Volüm, IVC: İspiratuar Vital Kapasite



Şekil 4.2. (devamı)



Şekil 4.2. Solunum fonksiyonlarının ortalamalarındaki değişimin grafiksel gösterimi

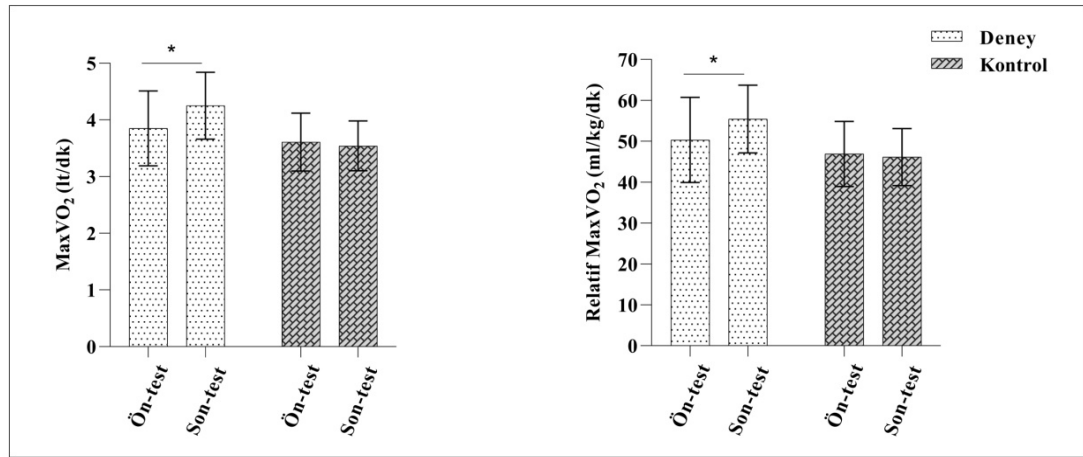
Denek grubunun SKA öncesi ve sonrası solunum fonksiyon parametrelerindeki değişimi incelendiğinde; FVC ($p<0.016$, EB= -0.56, % Değişim= %7.53), FEV1 ($p<0.001$, EB= -0.82, % Değişim= % 9.35), FEF%75 ($p<0.032$, EB= -0.50, % Değişim = % 15.11), MVV ($p<0.001$, EB= -0.83, % Değişim= % 9.40), ERV ($p<0.005$, EB= -0.02, % Değişim= % 2.39), IRV ($p<0,006$, EB= -0.16, % Değişim= % 12.71) parametrelerinde istatistiksel farklılık bulundu. Denek grubunun FEV1/FVC, PEF, FEF%25, FEF%50, VC ve IVC parametrelerinde ise SKA sonrası bütün

parametrelerde artış olduğu görüldü ($p>0,05$). Kontrol grubunun ön ve son test sonuçlarında küçük düzeyde artışlar olmasına rağmen anlamlı bir farklılığa rastlanmadı ($p>0,05$).

Tablo 4.4. Aerobik kapasite ortalamalarının ön-son test ve gruplar arası karşılaştırılması

		DG (n = 15)		KG (n = 15)	
		Ort. ± SS	EB	Ort. ± SS	EB
MaxVO₂ (lt/dk)	Ön-test	3.85±0.66	-0.64	3.61±0.51	0.15
	Son-test	4.25±0.59 ^a		3.54±0.44	
	Ortalama fark	0.40±0.37 ^b		-0.08±0.35	
	% Değişim	% 10.38		-% 1.93	
Relatif MaxVO₂ (ml/kg/dk)	Ön-test	50.33±10.43	-0.55	46.92±7.96	0.10
	Son-test	55.46±8.27 ^a		46.15±6.69	
	Ortalama fark	5.12±5.04 ^b		-0.78±5.29	
	% Değişim	% 10.19		% 1.64	

EB: etki büyüklüğü; DG: deney grubu; KG: kontrol grubu; Ort: Ortalama; SS: standart sapma; MaxVO₂: maksimal oksijen tüketimi



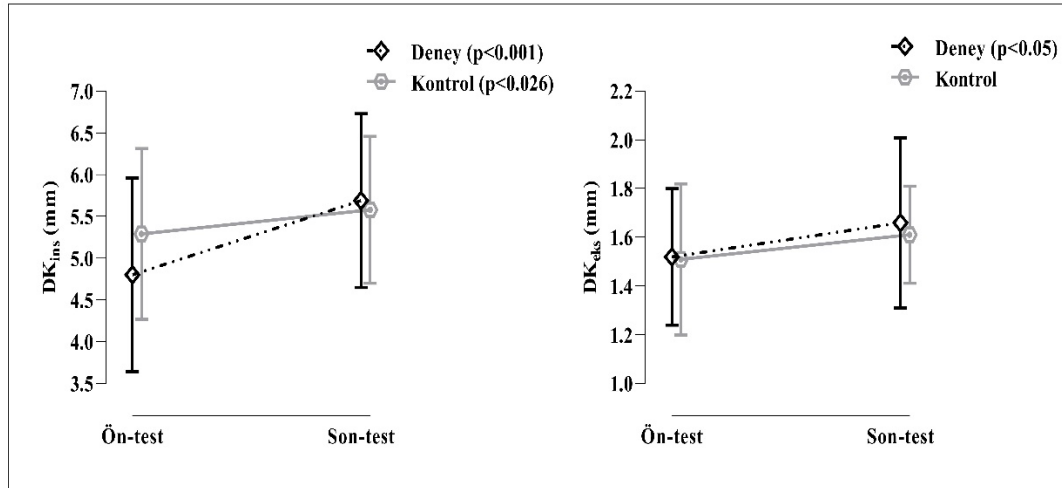
Şekil 4.3. Aerobik kapasite ortalamalarındaki değişimin grafiksel gösterimi

SKA öncesi ve sonrası MaxVO₂ ve Relatif MaxVO₂ parametrelerindeki değişikliklerin gösterildiği tablo 4.4'de; DG'nun MaxVO₂ parametresinde ön teste göre %10.38 oranında artış olduğu gözlemlenmiştir ($p<0,001$). KG'nda istatistiksel olarak anlamlılık bulunmamıştır ve %1.93 oranında bir düşüş olduğu hesaplanmıştır. Relatif MaxVO₂ parametresinde yapılan analiz sonucunda istatistiksel olarak anlamlılık bulunmuş ($p<0,001$) ve 50.33±10.43 ml/kg/dk iken, %10.19 artışla, 55.46±8.27 ml/kg/dk'ya çıkmıştır. KG'nda %1.64'lik bir artış söz konusu olsa da bu istatistiksel olarak anlamlılık göstermemiştir ($p>0,05$).

Tablo 4.5. Diyafragma kas kalınlığı ölçümlerinin karşılaştırılması

		DG (n = 15)		KG (n = 15)	
		Ort. ± SS	EB	Ort. ± SS	EB
DK_{eks} (mm)	Ön-test	1.52±0.28	-0.44	1.51±0.31	-0.38
	Son-test	1.66±0.35 ^a		1.61±0.20	
	Ortalama fark	0.14±0.25		0.09±0.28	
	% Değişim	%9.21		%6.62	
DK_{ins} (mm)	Ön-test	4.80±1.16	-0.81	5.29±1.02	-0.30
	Son-test	5.69±1.04 ^a		5.58±0.88 ^a	
	Ortalama fark	0.88±0.68 ^b		0.29±0.68	
	% Değişim	%18.54		%5.48	
DK_{fark} (mm)	Ön Test	3.29±1.11		3.78±1.66	
	Son Test	4.03±1.00		3.97±0.79	
Değişiklik Oranı (%)	Ön Test	67.09±8.11		70.16±9.44	
	Son Test	70.17±7.12		70.78±3.95	

EB: etki büyüklüğü; **DG:** deney grubu; **KG:** kontrol grubu; **Ort:** Ortalama; **SS:** standart sapma; **DK_{eks}:**Diyafragma kas kalınlığının ekspirasyon fazında ölçümü, **DK_{ins}:** Diyafragma kas kalınlığının inspirasyon fazında ölçümü, **DK_{fark}:** Diyafragma kalınlığının inspirasyon ve ekspirasyon arasındaki farkı



Şekil 4.4. Diyafragma kas kalınlığı ortalamalarındaki değişimin grafiksel gösterimi

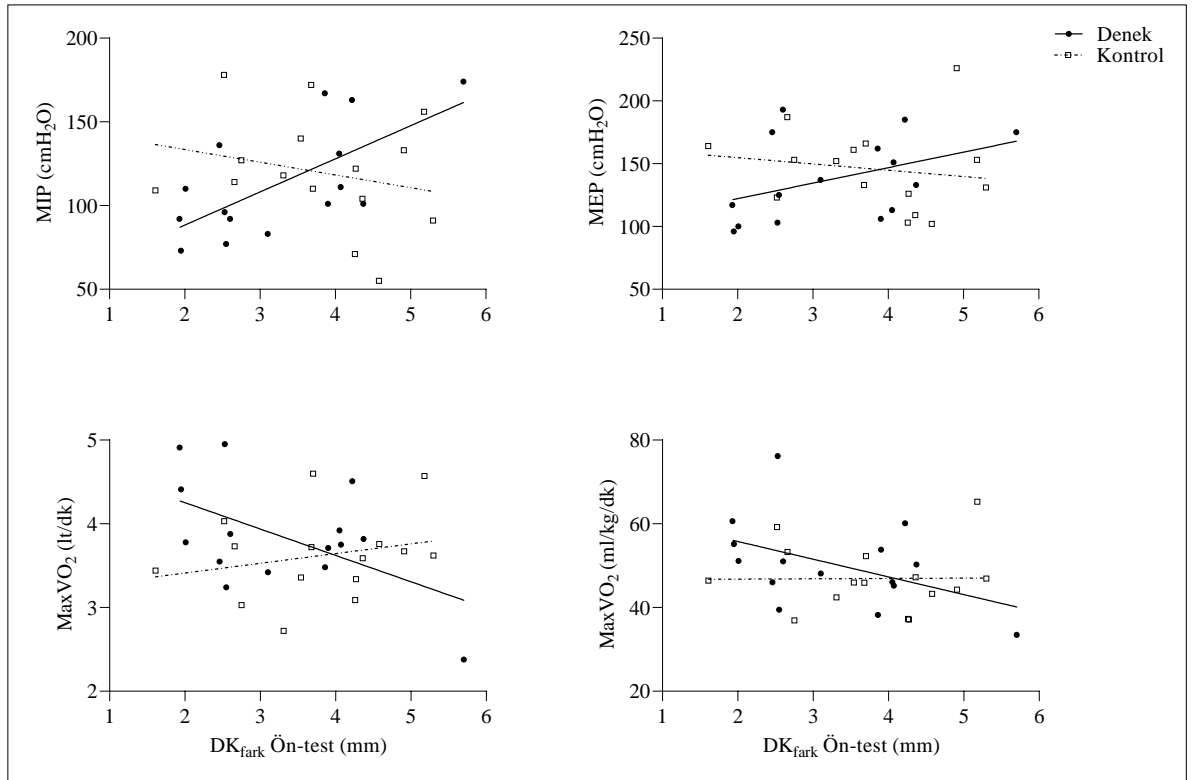
SKA'nın diyafragma kas kalınlığına etkisinin karşılaştırıldığı Tablo 4.5.'de; DG'nun diyafragma kas kalınlığının ekspirasyon fazında ölçümünde (DK_{eks}) istatistiksel olarak anlamlılık olduğu görülmüştür (p<0.05, EB= -0.44,). DG'nun DK_{eks} parametresinde ön ve son test arasında %9.21'lik bir artış olduğu hesaplanmıştır. KG'nun DK_{eks} parametresine bakıldığında istatistiksel olarak anlamlılık bulunmamış (p>0.05) ancak %6.62'lik bir artış olduğu görülmüştür. SKA öncesi ve sonrası diyafragma kas kalınlığının inspirasyon fazında ölçüm (DK_{ins}) sonuçları incelendiğinde; DG'nda %18.54'lük çok önemli bir artışın olduğu bulunmuştur

($p < 0.001$, $EB = -0.81$). KG'nun DK_{ins} parametresi incelendiğinde ise %5.48 oranında bir artışın olduğu görülmüştür.

Tablo 4.6. Denek ve kontrol grubunun diyafragma kas kalınlığı ile solunum kas kuvveti ve aerobik performans ön ve son test değerlerinin ilişkisi

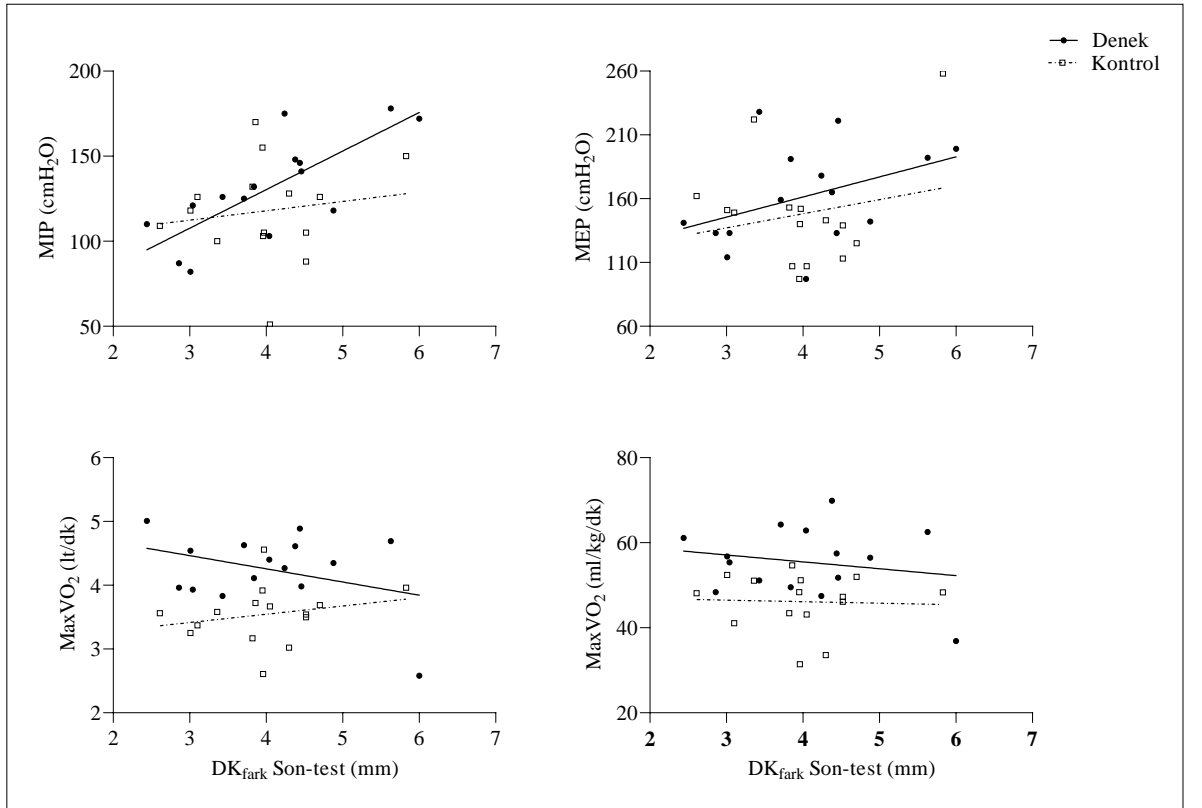
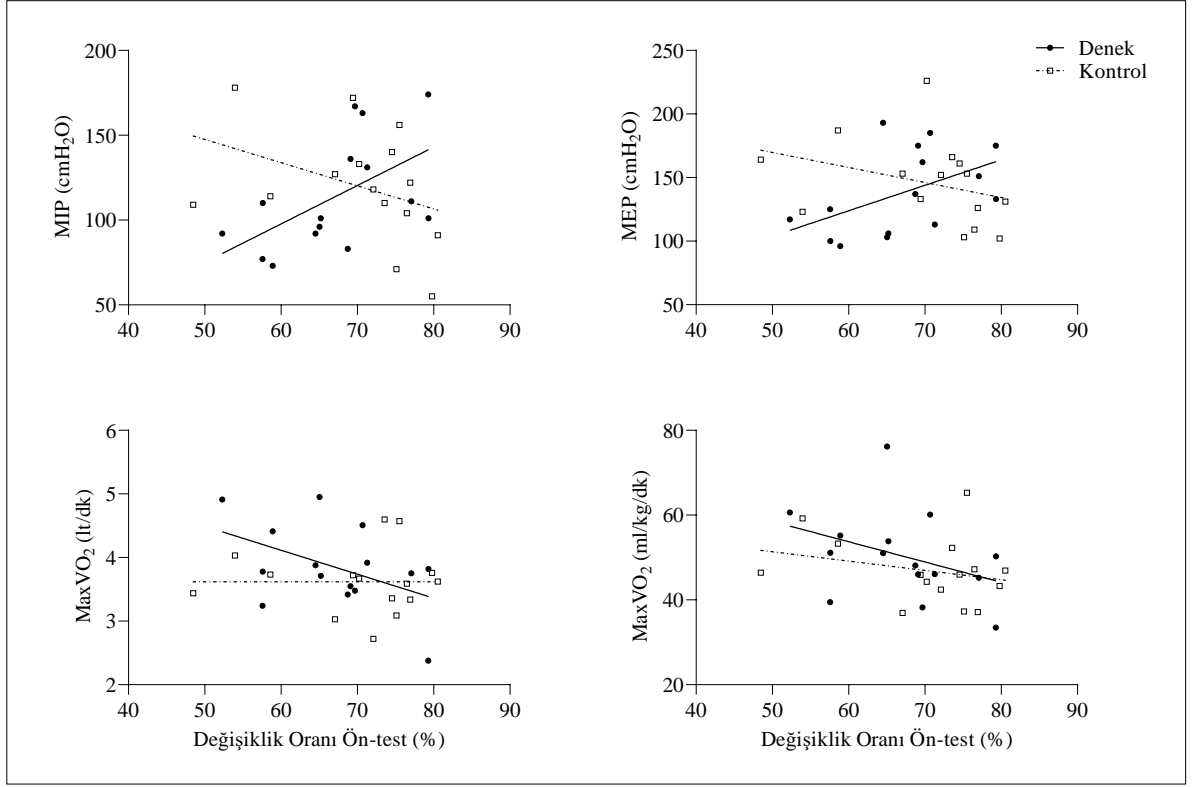
			MIP	MEP	MaxVO ₂ (lt/dk)	Relatif MaxVO ₂ (ml/kg/dk)
Denek	DK _{fark} Ön-test (mm)	r	0.667**	0.414	-0.532*	-0.451
	DK _{fark} Son-test (mm)	r	0.767**	0.407	-0.354	-0.196
	Değişiklik Oranı Ön-test (%)	r	0.557*	0.489	-0.464	-0.372
	Değişiklik Oranı Son-test (%)	r	0.519**	0.553**	-0.264	-0.126
Kontrol	DK _{fark} Ön-test (mm)	r	-0.240	-0.160	0.241	0.010
	DK _{fark} Son-test (mm)	r	0.148	0.203	0.227	-0.043
	Değişiklik Oranı Ön-test (%)	r	-0.382	-0.334	-0.002	-0.261
	Değişiklik Oranı Son-test (%)	r	0.200	0.075	-0.024	-0.249

DK_{fark}: Diyafragma kalınlığının inspirasyon ve ekspirasyon arasındaki farkı

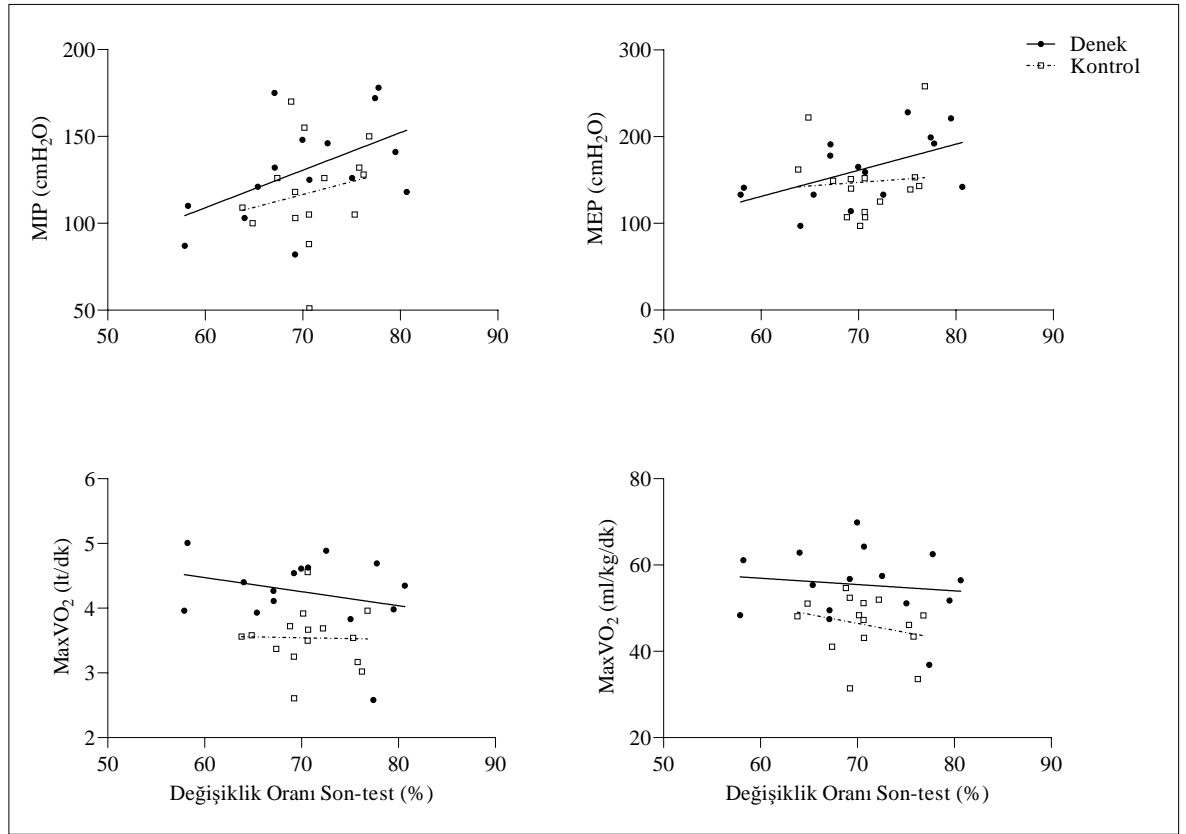


Şekil 4.5. Denek ve kontrol grubunun diyafragma kas kalınlığı ile solunum kas kuvveti ve aerobik performans ön ve son test değerlerinin ilişkisinin grafiksel gösterimi

Şekil 4.5. (devamı)



Şekil 4.5. (devamı)



Diyafagma kas kalınlığı göstergelerinden olan DK_{fark} ve değişiklik oranı parametrelerinde; denek grubunda solunum kas kuvveti (MIP – MEP), ve aerobik güç test değerleri ile ilişkileri incelendi. DK_{fark} ve değişiklik oranı parametreleri ile MaxVO₂ arasında negatif yönde anlamlı bir ilişki olduğu görüldü ($p < 0,05$). Başka bir deyişle DK_{fark} arttıkça MaxVO₂'nin olumlu gelişim gösterdiği sonucuna ulaşıldı. MIP ve MEP parametrelerinde ise pozitif yönde anlamlı ilişki tespit edildi. DK_{fark} ve değişiklik oranı arttıkça MIP ve MEP parametrelerinin de arttığı görüldü.

5. TARTIŞMA

Sporcularda 4 haftalık SKA'nın diyafragma kas kalınlığı, aerobik kapasite ve solunum parametrelerine etkisini araştıran bu çalışmada sporculuk yaşantısına farklı branşlarda aktif olarak devam eden denek (n:15) ve kontrol grubu (n:15) toplam 30 sporcu gönüllü olarak katıldı. Gruplar arası tanımlayıcı verilerin ortalamalarının benzer olduğu görüldü ($p>0,05$).

Bu çalışma sonucunda dört majör bulguya ulaşılmıştır. a) çalışmanın temel hipotezi olan SKA'nın hem ekspirasyon (%9.21) hem de inspirasyon (%18.54) fazlarında diyafragma kas kalınlığını arttırdığı, b) SKA'nın solunum kas kuvvetinde yüksek derecede artışlar meydana getirdiği (MİP: %15.05, MEP: %17.14), c) solunum parametrelerinde pozitif yönde önemli artışların olduğu, d) performansın en önemli bileşenlerinden olan aerobik kapasiteyi (Relatif MaxVO₂: %10.19 MaxVO₂: %10.38) önemli oranda geliştirdiği görüldü.

Literatürde SKA'nın DK_{eks} ve DK_{ins} parametrelerine etkisinin sağlıklı bireylerde incelendiği bir çalışmanın olduğu görüldü (Enright vd., 2006). Daha önce sporcularda SKA'nın DK_{eks} ve DK_{ins} fazlarına etkisinin incelendiği herhangi bir çalışmaya rastlanmadı. Bu nedenle diyafragma kas kalınlığının farklı değişkenlerle araştırıldığı çalışmalar ele alınarak tartışma yazıldı.

Çalışmada SKA'nın ardından DK_{eks} ve DK_{ins} parametrelerinde ön ve son test sonuçlarında oluşan değişikliklere bakıldığında; denek grubunun DK_{eks}'de %9.21'lik ve DK_{ins}'de ise %18.54'lük önemli bir artış meydana geldiği gözlemlendi ($p<0.001$). Kontrol grubunda ise DK_{eks}'de %6.62, DK_{ins}'de %5.48'lik artış tespit edildi ($p>0.05$). Meydana gelen küçük miktardaki artışın sebebinin kontrol grubunda yer alan sporcuların aktif bir şekilde antrenmanlara devam etmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Denek ve kontrol grubu benzer bir çalışmada 8 haftalık SKA'nın sağlıklı bireyler üzerinde DK_{ins} DK_{eks}, akciğer volümlerine ve egzersiz kapasitesine olan etkisi araştırıldı. Elde edilen bulgulara göre ön test sonucu DG'de DK_{eks} 2.2 ± 0.4 mm, DK_{ins} 4.1 ± 0.5 mm, KG'de ise; DK_{eks} 2.3 ± 0.7 mm, DK_{ins} ise 4.0 ± 0.5 mm olarak hesaplandı. 8 haftalık SKA sonrasında yapılan ultrason ölçümlerinde DG'de DK_{eks} %9.09, DK_{ins} %12.9, KG'de ise DK_{eks}'te %4.3'lük artış fakat DK_{ins}'te % -2.5'lik bir azalmanın olduğunu bildirildi (Enright vd., 2006). Enright vd. (2006) yaptığı çalışmada DK_{eks} ve

DK_{ins} ortalamalarında meydana gelen değişimler ile araştırma bulgularımızı destekler niteliktedir. Özellikle SKA uygulamasına katılan deneklerdeki kalınlık artışı araştırma bulgularımızla benzerlik göstermektedir. Ancak her iki çalışmaya katılan deneklerin diyafragma kalınlık ortalamalarının farklılık göstermesinde yatan ana neden olarak çalışmamızda yer alan gönüllülerin tamamı aktif olarak antrenmanlarına devam eden sporculardan oluşmasından kaynaklanmaktadır.

Erail vd. (2022) takım ve bireysel sporcular ile sedanter bireylerin ekspirasyon ve inspirasyonda diyafragma kalınlıklarını ultrason yöntemiyle hesapladığı çalışmada; DK_{eks} ve DK_{ins} fazlarında sırasıyla takım sporcularının; 1.61±0.21 mm, 4.87±1.16 mm, bireysel sporcularda; 1.94±0.43 mm, 5.67±1.19 mm, sedanterlerin ise 1.40±0.25 mm, 4.56±1.20 mm ortalama kalınlığına sahip olduğunu raporlamıştır.

Sporcularda ve sadanter bireylerde yapılan bir diğer çalışmada; DK_{eks} parametresi; sedanterlerde 1.86±0.51 mm, bisikletçilerde 1.78±0.67 mm, yüzücülerde 1.75±0.50 mm, rugby oyuncularında 2.26±0.66 mm, genel ortalamayı ise; 1.92±0.61 mm olarak (Holtzhausen vd., 2018), yine sporcuların DK_{eks} fazının ölçüldüğü farklı araştırmada 1.92±0.61 mm şeklinde hesaplanmıştır (Orrey, 2014).

Sağlıklı genç bireylerin diyafragma görüntülemesinin yapıldığı bir diğer çalışmada; DK_{eks} erkeklerde (22.9 ± 3.8 yıl) 1.2±0.3 mm, kadınlarda (23.7 ± 4.9 yıl) 1.5±0.2 mm, DK_{ins} ise; erkeklerde 3.8±0.8 mm, kadınlarda 3.7±0.8 şeklinde ölçülmüştür (Oguri vd., 2022). Farklı bir çalışmada; DK_{eks} ve DK_{ins} kadınlarda 1.79 mm, 4.81 mm, erkeklerde 1.87 mm, 5.59 mm bulunmuştur (Cardenas vd., 2018). 29-54 yaş aralığında 150 sağlıklı kişide DK_{eks} 1.68±0.2 mm, DK_{ins} is 4.40±1.4 mm hesaplanmıştır. Aynı grupta cinsiyete göre DK_{ins} erkeklerde 3.70 mm, kadınlarda 3.10 mm olarak ölçülmüştür (Boon vd., 2013).

Literatürde diyafragma kas kalınlığı çalışmalarının hasta gruplarında daha çok araştırıldığı gözlenmiştir. Özellikle solunum merkezli yada diyafragmayı olumsuz yönde etkileyen hastalıklarda diyafragma kas kalınlığının önemine odaklanılmıştır. Felçli hastada DK_{eks} ve DK_{ins} sırasıyla 2.10 mm, 4.00 mm, sağlıklı bireylerde 2.10 mm, 6.50 mm olarak bulunmuştur (Kim vd., 2017). İleri düzeyde kas hasarı olan hasta grubunda DK_{eks} 1.74 mm, DK_{ins} ise 2.62 mm, sağlıklı çocuk popülasyonunda sırasıyla 1.48/3.50 mm olduğu görülmüştür (De Bruin vd.,1997).

Dört haftalık SKA'nın diyafragma kas kalınlığına etkisinin incelendiği bu çalışmada ortaya çıkan sonuçlar daha önce yapılan çalışmaların sonuçları ile tartışıldığında; normal sağlıklı kişiler ve hasta grupları ile farklılık, sporcu grupları ile ise benzerlik göstermektedir. Normal sağlıklı kişiler ile hasta gruplarının diyafragma kas kalınlıklarının daha düşük olması zaten beklenen bir sonuçtur. Çünkü yapılan antrenmanlar ve çalışmalar ile sporcularda kas yapılarında hipertrofi meydana gelmesi beklenen gelişmedir. Sporcuların yaptıkları çeşitli antrenman ve ağırlık metodları ile diyafragma kas kalınlıklarında yani DK_{eks} ve DK_{ins} fazlarında artış meydana geldiği bilinmektedir (McColl vd., 1997). Buna ek olarak belirli aralıklarla yapılan SKA ile sarkomerlerde hipertrofi meydana gelmekte ve solunum kaslarının yapısı gereği kas hacmi de artmaktadır (Nepomuceno vd., 2016).

Sporcularda fiziksel performans için genel olarak kas kuvvetinin yanı sıra solunum sistemi ve solunum kas kuvvetinin de yüksek olması fiziksel performans açısından çok önemli bir durumdur (McConnell, 2011). Yüksek inspiratuar kas gücünün sporcularda akciğerler için en üst seviyede genişleme ve küçülme olanağı sağlaması, dispne algısını azaltması ve $MaxVO_2$ 'i arttırabileceği bilinmektedir (Chatterjee vd., 2019). Solunum kas kuvvetinin artması göğüs kafesinin genişlemesi gibi mekanik özellikleri de etkileyebilmektedir (Hackett vd., 2013).

SKA'nın öncesi ve sonrası MİP ve MEP parametrelerinde meydana gelen değişikliklere bakıldığında; MİP'in DG'nun ön ve son ölçümü arasında %15.05, MEP'de ise %17.14'lük iyileşme belirlenmiştir. Diğer taraftan KG'nun MİP ortalamasında %1.89'lük düşüş ve MEP'te %1.32'lik bir artış olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.2.).

Solunum kas antrenmanının farklı spor dallarında etkilerini araştıran çalışmalar literatürde oldukça sayıda mevcuttur. Bu deneysel araştırmalarda farklı süre (4-12 hafta arası) ve yoğunluklarda (%40-80 arası) uygulanan SKA'nın solunum fonksiyonlarında ve solunum kas kuvveti üzerindeki etkileri farklı değişkenlerle incelenmiştir. Genel olarak bu araştırmalarda, SKA'nın deney gruplarında kontrole göre MİP ve MEP ortalamalarında iyileşmenin daha yüksek düzeyde gerçekleştiğini raporlamıştır (Edwards vd., 2008; Keskiner, 2019). Hentbolcularda 12 haftalık SKA'nın MİP ortalamasında KG'da %23, DG'de %54, MEP'de sırasıyla %9.5 ve %23'lük iyileşme meydana getirmiştir (Hartz vd., 2018). Çevik (2018) basketbolcularda 4 haftalık SKA'nın MİP'i KG'nda %18 DG'da %20, MEP'te ise

yine sırasıyla %0,5 ve %5'lik gelişime etki ettiğini bildirmiştir. Yine tekerlekli sandalye basketbolcularında yapılan çalışmada da benzer sonuçlara ulaşılmıştır (Antonelli vd., 2020).

Amatör futbolcularda (15.30±1.40 yıl) MİP değerinin %80'i ile yapılan SKA uygulamasının daha düşük yoğunluktaki (mip'in %50'si) SKA'dan daha yüksek düzeyde MİP ve MEP'i geliştirdiğini göstermiştir (De Sousa vd., 2021). Özmen vd. (2017) 18 (22 yıl) futbolcuda 5 hafta MİP antrenmanın DG'de %14, KG'de %3, MEP'te ise sırasıyla %19.9 ve %11.9 iyileşme meydana geldiğini bildirmiştir (Özmen vd., 2017). 800 metre koşucularının dahil edildiği çalışmada ise MİP SKA sonrası 112.95±27.13'den 131.09±8.20 cmH₂O'e çıkmış, kontrol grubunda ise 116.33±40.56 / 117.00±36.40 olduğu belirlenmiştir (Chang vd., 2021).

Solunumun hacim ve kapasitesindeki meydana gelecek gelişme ile egzersiz boyunca oluşacak yorgunluğun azaltılması ve geciktirilmesi sporcular açısından çok önemli bir durumdur (Volianitis vd., 2001). Bu bakımdan çalışmaya katılan sporcuların solunum fonksiyonlarının yüzdesel değişim incelendiğinde; denek ve kontrol grubunda sırasıyla FVC (%7.53 - %0.94), FEV1 (%9.35 - %2.59), FEV1/FVC (%3.36 - %1.02), PEF (%6.82 - %3.44), FEF%25 (%20.72 - %0.96), FEF%50 (%7.50 - %4.21), FEF%75 (%15.11 - %5.71), MVV (%9.40 - %2.40), VC (%9.97 - %0.25), ERV (%2.39 - %1.04), IRV (%12.71 - %3.25), IVC (%32.87 - %3.70) ön ve son ölçüm ortalamaların arasında her iki grupta da yüzdelik artışların meydana geldiği gözlemlendi. Ancak denek grubunda SKA'nın daha yüksek düzeyde bir değişime neden olduğu belirlenirken (p<0.01), kontrol grubunda düşük düzeyde de olsa meydana gelen artış çalışmaya katılan gönüllülerin düzenli antrenman süreçlerine devam etmesinden olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.3.).

Düzenli olarak tekrarlanan, kontrollü ve bireyselleştirilmiş bir yük içeren SKA programı, sarkomerlerin büyümesiyle sonuçlanmaktadır ve bununla birlikte kas fizyolojisinden kaynaklanan kas hacmini ve gücünü de arttırdığı bilinmektedir (Nepomuceno vd., 2016). Bu durumdan yola çıkarak SKA sonrası solunum kas kuvvetinde meydana gelen artış bu şekilde açıklanabilmektedir.

Literatürde SKA'nın solunum fonksiyonlarına etkisinin incelendiği bir çok çalışmanın mevcuttur. Solunum kaslarında meydana getirdiği pozitif yönlü etkinin benzeri solunum fonksiyonlarını araştıran çalışmalarda meydana geldiği

görülmektedir. Uzun mesafe koşucularında 8 haftalık SKA'nın ön ve son ölçüm sonuçlarına göre DG'nda FVC (4.48 ± 0.56 / 4.63 ± 0.59 lt), FEV1 (4.05 ± 0.51 / 4.36 ± 0.56 lt/sn), PEF (6.42 ± 1.13 / 6.61 ± 1.09 lt/sn), VC (4.02 ± 0.78 / 4.30 ± 0.94 lt), KG'nda yine sırasıyla (3.71 ± 0.48 / 3.55 ± 0.49), (4.25 ± 0.58 / 4.28 ± 0.64), (6.15 ± 1.30 / 6.10 ± 1.26), (3.52 ± 0.89 / 3.70 ± 0.65) olduğu görülmüştür (Rożek-Piechura vd., 2020). Bağırın vd. (2019) erkek yüzücülerde 6 haftalık SKA'nın; DG: FVC (4.23 ± 1.52 / 4.91 ± 1.12), FEV1 (3.12 ± 0.82 / 3.97 ± 0.62), FEV1/FVC (90.51 ± 2.12 / 92.81 ± 3.27), VC (4.78 ± 1.45 / 5.41 ± 1.41), kontrol grubu ise; (4.29 ± 1.52 / 4.32 ± 1.12), (3.52 ± 0.97 / 3.69 ± 1.32), (89.37 ± 2.16 / 90.11 ± 1.47), (4.61 ± 1.19 / 4.78 ± 0.63) etkilediğini hesaplamıştır. Triatlon ve koşucularında yapılan başka bir çalışmada DG'da FVC'de 0.80%'lik pozitif yönde değişim KG'de ise -0.43%'lük düşüş saptanmıştır (Amonette and Dupler, 2002). Çevik, (2018) basketbolcularda 4 hafta sonunda FVC:% 1.08, FEV1:% 4.33, FEV1/FVC: % 3.59 oranında artış olduğunu bildirmiştir. Sigara içen bireylerde yine 4 haftalık SKA sonrasında FVC, FEV1, FEV1/FVC, MVV ve IC parametrelerinde artış gözlemlenmiştir (Bostancı vd., 2019). Futbolcularda (Özmen vd., 2017; Mackala vd., 2020), farklı dövüş sporcularında (Alnuman and Alshamasneh, 2022), bisikletçilerde (Keskiner, 2019), tekerlekli sandalye basketbolcularında (Goosey-Tolfrey vd., 2010), engelli yüzücülerde (Okrzymowska vd., 2019), tekerlekli hokey oyuncularında (Ramos vd., 2020) yapılan çalışmaların sonuçları da araştırma bulgularımızı destekler niteliktedir. Sadece kadın kürekçilerde yapılan çalışmada SKA'nın solunum parametrelerine bir etki göstermediği sonucuna ulaşılmıştır (Forbes vd., 2011).

Literatürde yapılmış benzer çalışmalar ile bu çalışma kıyaslandığında; sporcu gruplarının sonuçlarının benzer, engelli sporcularının sonuçlarının ise beklendiği gibi düşük olduğu görülmüştür. Bu durumun sporcuların engel durumları ve spor düzeylerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Solunum kaslarındaki artan kan akımından kaynaklanan ısı ile kasın kasılma yetisini etkileyen nörolojik uyarımın artışıyla birlikte solunum kasları tarafından üretilen kasılma veriminin çoğalmasının, ayrıca solunum kaslarında artan kaslar arası ve kas içi koordinasyon ile ortaya çıkan verimli ventilasyon mekaniğinin etkisiyle yükselen solunum kas kuvvetinin ve göğüs duvarı mobilitesinin artışının (Mayda, 2022) solunum fonksiyonlarını iyileştirdiği düşünülmektedir.

Güçlü solunum sistemine sahip sporcular için antrenman yükünü tolere etmek daha kolaydır (Öncen, 2018). Egzersiz sırasında artan solunum sıklığı, solunum kaslarının daha fazla oksijen kullanmasına neden olur. Kardiyovasküler ve solunum sistemi vücutta sistemik olarak hareket eder ve artan antrenman yoğunluğu sırasında sporcuların maksimum oksijen tüketiminde önemli bir artış sağlar (Akgün, 1993). Kullanılan oksijen miktarı arttıkça aerobik kapasite de artar. Sporcunun performansını başarıyla sergilemede aerobik kapasite önemlidir (Olbrecht, 2000; Saltin, 2007). Fiziksel aktiviteler sırasında ventilasyon ve solunum ve dolaşım sistemleri üzerindeki yükün hızlandığı ve derinleştiği, kardiyovasküler sistemin daha güçlü hale geldiği ve daha hızlı çalıştığı gözlemlenmiştir (Vargo ve Sanderson, 2014; Ardıç, 2014). Düzenli SKA'nın aerobik kapasiteyi geliştirdiğini gösteren birçok bilimsel çalışma vardır. Aynı zamanda SKA sonrasında etki olmadığını söyleyen çalışmalarda mevcuttur. Genel olarak literatür incelendiğinde, hakim olan düşünce SKA'nın aerobik kapasitede de önemli oranda değişikliklere neden olabileceği yönündedir.

Bu çalışmada da SKA'nın aerobik kapasiteye etkisi araştırılmış ve ön-son testlerin sonuçlarına göre: DG'nun MaxVO₂ parametresinde ön teste göre %10.38 oranında artış, KG'nda %1.93 oranında bir düşüş olduğu hesaplanmıştır. Relatif MaxVO₂ parametresinde ise DG'nda %10.19 artış, KG'nda ise %1.64'lik bir artış söz konusu olduğu görülmüştür (Tablo 4.4.).

Sporcular üzerinde farklı sürelerde ve yoğunluklarda yapılan SKA'nın aerobik ve anaerobik kapasitesine etki düzeyini araştıran bir çok çalışma literatürde bulunmaktadır. Rożek-Piechura vd. (2020) uzun mesafe koşucularında 8 hafta SKA uygulamış ve KG ortalamalarında bir değişiklik olmadığını fakat DG'nda Relatif MaxVO₂ (56.07±6.75-60.86±6.43 ml/kg/dk) parametresinde iyileşme olduğunu bildirmiştir. 5000 m uzun mesafa koşucuları ile yapılan çalışmada plasebo grubundan bir değişiklik bulunmamış, SKA grubunda %2.1'lik bir artış olduğunu bildirilmiştir (Edwards vd., 2008).

Başka bir çalışmada futbolcuları kontrol, yüksek (%80) ve düşük (%50) yoğunluk olarak 3 gruba ayrılmış 8 hafta sonunda MaxVO₂'deki değişimleri gözlemlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre KG' da %8.6, yüksek yoğunlukta %21.1 ve düşük yoğunlukta grupta ise %20.3'lük bir artış meydana gelmiştir. Araştırmacılar bu sonuçla farklı yoğunluklardaki SKA'nın MaxVO₂ de benzer düzeyde etkilediğini ortaya koymuşlardır (De Sousa vd., 2021). Benzer bir çalışmada

ise 10 haftalık düşük dirençli SKA grubunda %2.5 yüksek dirençli grupta ise %6.3'lül artış olduğu görülmüştür (Forbes vd., 2011). Futbolcular üzerinde farklı yoğunluk ve sürelerde yapılan çalışmalar SKA'nın MaxVO₂'ye etkisini göstermiştir (Özmen vd., 2017; Mackala vd., 2020; Lomax vd., 2011).

Çevik (2018) erkek basketbolcularda yaptığı araştırmasında 4 haftalık SKA'nın aerobik kapasiteye olumlu etkisini rapor etmiştir. Çıkan sonuçlara göre DG'nda % 14,74, KG'nda ise % 7.50 oranında artış olduğunu belirtmiştir. Bisikletçilerde yapılan çalışmada ön-son test sonuçlarına göre DG'nda % 7.01, KG'nda %2.05 oranında pozitif yönde değişiklik olduğunu tespit etmiştir (Keskiner, 2019). Volianitis vd. (2001), kadın kürek sporcuları üzerinde yapılan bir çalışmada branşa özgü genel ısınma ile yapılan solunum kası ısınma egzersizinden sonra VO₂max değerinin deney grubu verilerinden daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Erkek hentbolcularda uygulanan 12 haftalık SKA protokolünün aerobik kapasiteye etkisinin araştırıldığı bir diğer çalışmada plasebo grubunda düşüş, SKA grubunda ise (54.00±8.90 / 60.00±7.10 ml/kg/dk) çok önemli bir artış olduğu gözlemlenmiştir (Hartz vd., 2018).

Literatür incelendiğinde araştırma bulgularının aksini bildiren çalışmalarda bulunmaktadır. Kadın futbolcularla 6 (Archiza vd., 2018), yüzücü, triatlon ve koşucularda 4 (Amonette and Dupler, 2002), genç futbolcularda 4 haftalık (Özgider, 2010; Romer vd., 2002) SKA'nın aerobik kapasite üzerinde bir değişikliğe neden olmadığını rapor etmişlerdir. Bu çalışma ve daha önce yapılmış çalışmalar kıyaslandığında birçok çalışma ile benzer olarak aerobik kapasitede artış olduğu görülmektedir.

Çalışmalara bakıldığında, Harms vd., (1997) ve McConnell vd., (2006), SKA sonrasında egzersiz kapasitesindeki iyileşmenin, aktif lokomotor kaslara artan kan akışının sonucu olabileceğini ve bunun da periferik kas yorgunluğunun oluşmasını geciktirdiğini öne sürmüşlerdir. SKA sonrasında, iskelet kaslarına olan kan akışındaki iyileşme, aktif kaslarda laktat oluşumunu ve yorgunluğu geciktirir. Sonuç olarak, sporcular daha uzun süre yorgunluğa karşı direnmektedirler (Harms vd, 1997; McConnel vd, 2006). Solunum kaslarında oluşan yorgunluğun, metaboreflaks olarak bilinen bir durum olan, fiziksel aktivite sırasında ekstremitelerde kas yorgunluğunu hızlandırabilen reaktif sempatik periferik vazokonstriksiyon yanıtını aktive ettiğini göstermiştir (Sheel vd., 2001). Çeşitli SKA protokollerini kullanan bir klinik çalışmada, (McConnell and Lomax, 2006), yüksek yükte sporcunun genel hazırlık

aşamasında uygulanan gruplarda alt ekstremitelerin erken yorgunluğunu gözlemledi. Bu da solunum kaslarına aşırı ölçüde yüklenmesine neden oldu (McConnell and Lomax, 2006). Bu nedenle, normal bir antrenman programına SKA'nın eklenmesi, kas yorgunluğu insidansını azaltabileceği ve özellikle koşucular için önemli olan alt ekstremitelerin performansını iyileştirebileceği için değerli görünmektedir. Ayrıca SKA ile kas liflerinde meydana gelen artış neticesinde solunum kaslarının hücre düzeyindeki oksijen alışverişinin artışı oluşacak yorgunluğu geciktireceği durumu göstermektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sporcularda 4 haftalık SKA'nın diyafragma kas kalınlığı, performans ve solunum parametrelerine etkisinin incelenmesinin amaçlandığı bu çalışma sonucunda dört majör bulguya ulaşılmıştır.

- Çalışmanın temel hipotezi olan SKA'nın sporcularda diyafragma kas kalınlığını hem ekspirasyon hem de inspirasyon fazlarında arttırdığı görülmüştür. DK_{eks} 'da %9.21, DK_{ins} 'da ise %18.54 oranında artış sağladığı bulundu.
- SKA'nın solunum kas kuvvetini gösteren MİP parametresinde %15.05, MEP'de %17.14 oranında artışın olduğu görüldü.
- Solunum parametrelerinin hepsinde pozitif yönde önemli artışlar olmuş, FVC, FEV1, FEF%75, MVV, ERV, IRV parametrelerindeki değişim istatistiksel olarak anlamlıdır.
- $MaxVO_2$ 'de %10.38, Relatif $MaxVO_2$ 'de ise %10.10 oranında arttırdığı belirlendi.

Sonuç olarak bu çalışma neticesinde SKA'nın diyafragma kas kalınlığını hem inspirasyon, hem de ekspirasyon fazlarında önemli oranda arttırdığı ve buna bağlı olarak da solunum kas kuvvetinde, çeşitli solunum parametrelerinde ve aerobik kapasitede önemli artışlar olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Araştırmacılara öneriler;

- SKA'nın diyafragma kas kalınlığına farklı etkilerinin de ortaya konulması için daha fazla kişi üzerinde çalışmalar planlanması,
- Diyafragma kas kalınlığını arttırabilme üzerine farklı antrenman metodlarının da etkisine bakılması,
- Farklı yoğunluklarda 6 ve 8 haftalık SKA uygulamasının diyafragma kas kalınlığına etkisini araştırılması,
- Solunum kas ısınmasının diyafragma kas kalınlığına akut etkisinin incelenmesi,
- Çalışmanın daha farklı branşlar özelinde de etkilerini görebilmek amacıyla araştırmalar yapılması önerilir.

Antrenör ve sporculara öneriler;

- SKA'nın diyafragma kas kalınlığında, solunum kas kuvvetinde, solunum parametrelerinde ve aerobik kapasitede olumlu yönde artışlar sağladığı göz önüne alındığında sezon öncesi ve sezon içi SKA'nın bir antrenman metodu olarak sporcularda uygulanması,

KAYNAKLAR

- Abraham, K. A., Feingold, H., Fuller, D. D., Jenkins, M., Mateika, J. H., Fregosi, R. F. (2002). Respiratory-related activation of human abdominal muscles during exercise. *The Journal of Physiology*, 541(2), 653-663.
- Akgün, N. (1993). Egzersiz Fizyolojisi, Ege Üniversitesi Basımevi 2. Baskı, II. Cilt, İzmir, 53-158.
- Allan, D. W., Greer, J. J. (1997). Embryogenesis of the phrenic nerve and diaphragm in the fetal rat. *Journal of Comparative Neurology*, 382(4), 459-468.
- Al-horani, R. A. (2019). The Validity of Submaximal Cycle Ergometer Test to Predict Maximal Oxygen Consumption. *International Journal of Coaching Science*, 13(1).
- Alnuman, N., Alshamasneh, A. (2022). The Effect of Inspiratory Muscle Training on the Pulmonary Function in Mixed Martial Arts and Kickboxing Athletes. *Journal of Human Kinetics*, 81(1), 53-63.
- Amonette, W. E., Dupler, T. L. (2002). The effects of respiratory muscle training on VO₂max, the ventilatory threshold and pulmonary function. *Journal of Exercise Physiology*, 5(2), 29-35.
- Antonelli, C. B., Hartz, C. S., da Silva Santos, S., Moreno, M. A. (2020). Effects of inspiratory muscle training with progressive loading on respiratory muscle function and sports performance in high-performance wheelchair basketball athletes: A randomized clinical trial. *International journal of sports physiology and performance*, 15(2), 238-242.
- Archiza, B., Andaku, D. K., Caruso, F. C. R., Bonjorno Jr, J. C., Oliveira, C. R. D., Ricci, P. A., ... Borghi-Silva, A. (2018). Effects of inspiratory muscle training in professional women football players: a randomized sham-controlled trial. *Journal of sports sciences*, 36(7), 771-780.
- Ardıç, F. (2014). Egzersiz reçetesi. *Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi*, 60, 1-8.
- Babcock, M.A., Pegelow, D.F., Harms, C.A. and Dempsey, J.A. (2002). Effects of respiratory muscle unloading on exercise-induced diaphragm fatigue. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 93, 201-206.
- Babcock, M.A., Pegelow, D.F., Taha, B.H. and Dempsey, J.A. (1998). High frequency diaphragmatic fatigue detected with paired stimuli in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 30, 506-511.
- Bağıran, Y., Dağlıoğlu, Ö., Bostancı, Ö. (2019). The effect of respiratory muscle training on aerobic power and respiratory parameters in swimmers. *International Journal of Sport Exercise and Training Sciences-IJSETS*, 5(4), 214-220.
- Bartter, T. C., Pratter, M. R., Irwin, R. S. (2003). Respiratory failure Part I: A physiologic approach to managing respiratory failure. *Intensive Care Medicine*, Ed. Irwin RS and Rippe JM. Philadelphia LWW, 485-489.
- Beaumont, M., Mialon, P., Ber-Moy, C. L., Lochon, C., Péran, L., Pichon, R., Gut-Gobert, C., Leroyer, C., Morelot-Panzini, C., Couturaud, F. (2015). Inspiratory muscle training during pulmonary rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease. *Chronic Respiratory Disease*, 12(4), 305-312.
- Bissett, B. M., Leditschke, I. A., Paratz, J. D., Boots, R. J. (2012). Protocol: inspiratory muscle training for promoting recovery and outcomes in ventilated patients (IMPROVE): a randomised controlled trial. *BMJ open*, 2(2), e000813.

Blazevich, A. J., Gill, N. D., Kvorning, T., Kay, A. D., Goh, A. M., Hilton, B., ... Behm, D. G. (2018). No effect of muscle stretching within a full, dynamic warm-up on athletic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(6), 1258-1266.

Boon, A. J., Harper, C. J., Ghahfarokhi, L. S., Strommen, J. A., Watson, J. C., Sorenson, E. J. (2013). Two-dimensional ultrasound imaging of the diaphragm: quantitative values in normal subjects. *Muscle & nerve*, 47(6), 884-889.

Bostancı, Ö. (2009). *Elit yüzücülerde ve futbolcularda akciğer hacim oranının streolojik yöntemle belirlenip solunum parametreleri ile karşılaştırılması* (Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi (Turkey)).

Bostancı, Ö., Mayda, H., Yılmaz, C., Kabadayı, M., Yılmaz, A. K., Özdal, M. (2019). Inspiratory muscle training improves pulmonary functions and respiratory muscle strength in healthy male smokers. *Respiratory physiology & neurobiology*, 264, 28-32.

Beaumont, M., Mialon, P., Le Ber, C., Le Mevel, P., Péran, L., Meurisse, O., Couturaud, F. (2018). Effects of inspiratory muscle training on dyspnoea in severe COPD patients during pulmonary rehabilitation: controlled randomised trial. *European Respiratory Journal*, 51(1).

Caine, M. P., McConnell, A. K. (2000). Development and evaluation of a pressure threshold inspiratory muscle trainer for use in the context of sports performance. *Sports Engineering*, 3(3), 149-160.

Cardenas, L. Z., Santana, P. V., Caruso, P., de Carvalho, C. R. R., de Albuquerque, A. L. P. (2018). Diaphragmatic ultrasound correlates with inspiratory muscle strength and pulmonary function in healthy subjects. *Ultrasound in medicine & biology*, 44(4), 786-793.

Chang, Y. C., Chang, H. Y., Ho, C. C., Lee, P. F., Chou, Y. C., Tsai, M. W., Chou, L. W. (2021). Effects of 4-Week Inspiratory Muscle Training on Sport Performance in College 800-Meter Track Runners. *Medicina*, 57(1), 72.

Chatterjee, P., Bandyopadhyay, A., Chatterjee, P., Nandy, P. (2019). Assessment and comparative analysis of different lung capacities in trained athletes according to somatotype. *American Journal of Sports Science*, 7(2), 72-77.

Chiang, L. L., Wang, L. Y., Wu, C. P., Wu, H. D., Wu, Y. T. (2006). Effects of physical training on functional status in patients with prolonged mechanical ventilation. *Physical therapy*, 86(9), 1271-1281.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates, 18-74.

Comtois, A., Gorczyca, W., Grassino, A. (1987). Anatomy of diaphragmatic circulation. *Journal of Applied Physiology*, 62(1), 238-244.

Çevik, A. (2018). *Erkek basketbolcularda dört haftalık solunum kas antrenmanının performans etkisi* (Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).

De Bruin, P. F., Ueki, J., Bush, A., Khan, Y., Watson, A., Pride, N. B. (1997). Diaphragm thickness and inspiratory strength in patients with Duchenne muscular dystrophy. *Thorax*, 52(5), 472-475.

de Sousa, M. M., dos Santos Pimentel, M., de Andrade Sobreira, I., de Jesus Barros, R., Borghi-Silva, A., Mazzoli-Rocha, F. (2021). Inspiratory Muscle Training Improves Aerobic Capacity in Amateur Indoor Football Players. *International Journal of Sports Medicine*, 42(05), 456-463.

De Troyer, A., Boriek, A. M. (2011). Mechanics of the respiratory muscles. *Comprehensive Physiology*, 1(3), 1273-1300.

DeTroyer, A., Loring, S. H. (1986). Action of the respiratory muscles. In "Handbook of Physiology" The Respiratory System, edited by Macklem, P. T. & Mead, J., Sect. 3, Vol. 3.

- De Troyer, A., Sampson, M., Sigrist, S., Macklem, P. T. (1981). The diaphragm: two muscles. *Science*, 213(4504), 237-238.
- De Troyer, A., Sampson, M., Sigrist, S., Macklem, P. T. (1982). Action of costal and crural parts of the diaphragm on the rib cage in dog. *Journal of Applied Physiology*, 53(1), 30-39.
- Delhez, L., Bottin, R., Thonon, A., Vierset, J. (1966). Modifications of maximum pressure-volume diagram of the thoracic-pulmonary system after training of the respiratory muscles by static exercises. *Archives Internationales de Physiologie et de Biochimie*, 74(2), 335-336.
- Dempsey, J. A., Romer, L., Rodman, J., Miller, J., Smith, C. (2006). Consequences of exercise-induced respiratory muscle work. *Respiratory physiology & neurobiology*, 151(2-3), 242-250.
- Edwards, A. M., & Cooke, C. B. (2004). Oxygen uptake kinetics and maximal aerobic power are unaffected by inspiratory muscle training in healthy subjects where time to exhaustion is extended. *European journal of applied physiology*, 93(1), 139-144.
- Edwards, A. M., Wells, C., Butterly, R. (2008). Concurrent inspiratory muscle and cardiovascular training differentially improves both perceptions of effort and 5000 m running performance compared with cardiovascular training alone. *British journal of sports medicine*, 42(10), 823-827.
- Egan, B., Zierath, J. R. (2013). Exercise metabolism and the molecular regulation of skeletal muscle adaptation. *Cell metabolism*, 17(2), 162-184.
- Ekren, P.K., (2009). Kronik obstrüktif akciğer hastalığında sekiz haftalık süreyle ayaktan uygulanan pulmoner rehabilitasyonun etkinliği. *Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, İzmir, Uzmanlık Tezi*, 6-10.
- Enright, S. J., Unnithan, V. B., Heward, C., Withnall, L., Davies, D. H. (2006). Effect of high-intensity inspiratory muscle training on lung volumes, diaphragm thickness, and exercise capacity in subjects who are healthy. *Physical therapy*, 86(3), 345-354.
- Eraïl, S., Bostancı, Ö., Polat, A. V. (2022). Ultrasound Assessment of Diaphragm Thickness in Athletes. *International Journal of Morphology*, 40(2).
- Forbes, S., Game, A., Syrotuik, D., Jones, R., Bell, G. J. (2011). The effect of inspiratory and expiratory respiratory muscle training in rowers. *Research in Sports Medicine*, 19(4), 217-230.
- Gauthier, A. P., Verbanck, S. Y. L. V. I. A., Estenne, M. A. R. C., Segebarth, C. H. R. I. S. T. O. P. H. E. R., Macklem, P. T., Paiva, M. A. N. U. E. L. (1994). Three-dimensional reconstruction of the in vivo human diaphragm shape at different lung volumes. *Journal of applied physiology*, 76(2), 495-506.
- Gething, A. D. (2008). *Moderators of Respiratory Muscle Function in Health, Exercise and Disease*. University of South Wales (United Kingdom).
- Gething, A. D., Williams, M., Davies, B. (2004). Inspiratory resistive loading improves cycling capacity: a placebo controlled trial. *British journal of sports medicine*, 38(6), 730-736.
- Gibala, M. J., Little, J. P., Van Essen, M., Wilkin, G. P., Burgomaster, K. A., Safdar, A., ... Tarnopolsky, M. A. (2006). Short-term sprint interval versus traditional endurance training: similar initial adaptations in human skeletal muscle and exercise performance. *The Journal of physiology*, 575(3), 901-911.
- Goligher, E. C. (2016). *Diaphragm Activity and Function During Mechanical Ventilation* (Doctoral dissertation, University of Toronto (Canada)).

Goosey-Tolfrey, V., Foden, E., Perret, C., Degens, H. (2010). Effects of inspiratory muscle training on respiratory function and repetitive sprint performance in wheelchair basketball players. *British journal of sports medicine*, 44(9), 665-668.

Gordon, D. C., Hammond, C. G. M., Fisher, J. T., Richmond, F. J. R. (1989). Muscle-fiber architecture, innervation, and histochemistry in the diaphragm of the cat. *Journal of morphology*, 201(2), 131-143.

Griffiths, L. A., McConnell, A. K. (2007). The influence of inspiratory and expiratory muscle training upon rowing performance. *European journal of applied physiology*, 99(5), 457-466.

Hackett, D. A., Johnson, N., Chow, C. (2013). Respiratory muscle adaptations: a comparison between bodybuilders and endurance athletes. *J Sports Med Phys Fitness*, 53(2), 139-45.

HajGhanbari, B., Yamabayashi, C., Buna, T. R., Coelho, J. D., Freedman, K. D., Morton, T. A., ... Reid, W. D. (2013). Effects of respiratory muscle training on performance in athletes: a systematic review with meta-analyses. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(6), 1643-1663.

Harms, C. A., Wetter, T. J., St. Croix, C. M., Pegelow, D. F., Dempsey, J. A. (2000). Effects of respiratory muscle work on exercise performance. *Journal of applied physiology*, 89(1), 131-138.

Harms, C. A., Babcock, M. A., McClaran, S. R., Pegelow, D. F., Nিকেle, G. A., Nelson, W. B., Dempsey, J. A. (1997). Respiratory muscle work compromises leg blood flow during maximal exercise. *Journal of applied physiology*, 82(5), 1573-1583.

Hartz, C. S., Sindorf, M. A., Lopes, C. R., Batista, J., Moreno, M. A. (2018). Effect of inspiratory muscle training on performance of handball athletes. *Journal of human kinetics*, 63(1), 43-51.

Hawley, J. A., Hargreaves, M., Joyner, M. J., Zierath, J. R. (2014). Integrative biology of exercise. *Cell*, 159(4), 738-749.

Hellyer, N. J., Folsom, I. A., Gaz, D. V., Kakuk, A. C., Mack, J. L., Ver Mulm, J. A. (2015). Respiratory muscle activity during simultaneous stationary cycling and inspiratory muscle training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(12), 3517-3522.

Hill, K., Cecins, N. M., Eastwood, P. R., Jenkins, S. C. (2010). Inspiratory muscle training for patients with chronic obstructive pulmonary disease: a practical guide for clinicians. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 91(9), 1466-1470.

Holtzhausen, S., Unger, M., Lupton-Smith, A., Hanekom, S. (2018). An investigation into the use of ultrasound as a surrogate measure of diaphragm function. *Heart & Lung*, 47(4), 418-424.

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1113_The_Diaphragm.jpg 14.04.2022 15.35

Johnson Jr, R. L., Hsia, C. C., Takeda, S. I., Wait, J. L., Glenny, R. W. (2002). Efficient design of the diaphragm: distribution of blood flow relative to mechanical advantage. *Journal of applied physiology*, 93(3), 925-930.

Jung, K. J., Park, J. Y., Hwang, D. W., Kim, J. H., Kim, J. H. (2014). Ultrasonographic diaphragmatic motion analysis and its correlation with pulmonary function in hemiplegic stroke patients. *Annals of rehabilitation medicine*, 38(1), 29.

Kantasorn, J., Jalayondeja, W., Chaunchaiyakul, R., Pongurgsorn, C. (2010). Effects of respiratory muscles warm-up on exercise performance in sedentary subjects. *Journal of Medical Technology and Physical Therapy*, 22(1), 71-81.

Karsten, M., Ribeiro, G. S., Esquivel, M. S., Matte, D. L. (2019). Maximizing the effectiveness of inspiratory muscle training in sports performance: a current challenge. *Phys. Ther. Sport*, 36, 68-69.

Karsten, M., Ribeiro, G. S., Esquivel, M. S., Matte, D. L. (2018). The effects of inspiratory muscle training with linear workload devices on the sports performance and cardiopulmonary function of athletes: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, 34, 92-104.

Keskiner, Ö. (2019). *Dört Haftalık Solunum Kası Antremanının Bisikletçilerde Yarış Süresine Ve Performansa Etkisi* (Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü).

Kilding, A. E., Brown, S., McConnell, A. K. (2010). Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *European journal of applied physiology*, 108(3), 505-511.

Kim, M., Lee, K., Cho, J., Lee, W. (2017). Diaphragm thickness and inspiratory muscle functions in chronic stroke patients. *Medical Science Monitor: International Medical Journal of Experimental and Clinical Research*, 23, 1247.

Lacasse, Y., Martin, S., Lasserson, T. J., Goldstein, R. S. (2007). Meta-analysis of respiratory rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease. A Cochrane systematic review. *Europa medicophysica*, 43(4), 475-485.

Langer, D., Charususin, N., Jácome, C., Hoffman, M., McConnell, A., Decramer, M., Gosselink, R. (2015). Efficacy of a novel method for inspiratory muscle training in people with chronic obstructive pulmonary disease. *Physical therapy*, 95(9), 1264-1273.

Legrand, A., Schneider, E., Gevenois, P. A., De Troyer, A. (2003). Respiratory effects of the scalene and sternomastoid muscles in humans. *Journal of Applied Physiology*, 94(4), 1467-1472.

Leith, D.E. and Bradley, M. (1976). Ventilatory muscle strength and endurance training. *Journal of Applied Physiology*, 41, 508-516

Levine, S., Nguyen, T., Taylor, N., Friscia, M. E., Budak, M. T., Rothenberg, P., ... Shrager, J. B. (2008). Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *New England Journal of Medicine*, 358(13), 1327-1335.

Lisboa, C., Villafranca, C., Leiva, A., Cruz, E., Pertuze, J., Borzone, G. (1997). Inspiratory muscle training in chronic airflow limitation: effect on exercise performance. *European Respiratory Journal*, 10(3), 537-542.

Lomax, M., McConnell, A. K. (2009). Influence of prior activity (warm-up) and inspiratory muscle training upon between-and within-day reliability of maximal inspiratory pressure measurement. *Respiration*, 78(2), 197-202.

Lomax, M., McConnell, A. L. I. S. O. N. (2003). Inspiratory muscle fatigue in swimmers after a single 200 m swim. *Journal of sports sciences*, 21(8), 659-664.

Lomax, M., Grant, I., Corbett, J. (2011). Inspiratory muscle warm-up and inspiratory muscle training: separate and combined effects on intermittent running to exhaustion. *Journal of sports sciences*, 29(6), 563-569.

Mackała, K., Kurzaj, M., Okrzybowska, P., Stodółka, J., Coh, M., Rożek-Piechura, K. (2020). The effect of respiratory muscle training on the pulmonary function, lung ventilation, and endurance performance of young soccer players. *International journal of environmental research and public health*, 17(1), 234.

Markov, G., Spengler, C. M., Knöpfli-Lenzin, C., Stuessi, C., Boutellier, U. (2001). Respiratory muscle training increases cycling endurance without affecting cardiovascular responses to exercise. *European journal of applied physiology*, 85(3), 233-239.

Mayda, M. ,H. (2022). *Solunum Kası Germe Egzersizlerinin Aerobik Ve Anaerobik Performans İle İzometrik Kas Kuvvetine Etkisi*. (Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi).

McConnell, A. K. (2009). Respiratory Muscle Training as an Ergogenic Aid. *J Exerc Sci Fit*.;7(2):S18-27.

McConnell, A. K., Griffiths, L. A. (2010). Acute cardiorespiratory responses to inspiratory pressure threshold loading. *Med Sci Sports Exerc*, 42(9), 1696-703.

McConnell, A. K., Lomax, M. (2006). The influence of inspiratory muscle work history and specific inspiratory muscle training upon human limb muscle fatigue. *The Journal of physiology*, 577(1), 445-457.

McCool, F. D., Conomos, P., Benditt, J. O., Cohn, D., Sherman, C. B., Hoppin Jr, F. G. (1997). Maximal inspiratory pressures and dimensions of the diaphragm. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 155(4), 1329-1334.

Mead, J. (1979). Functional significance of the area of apposition of diaphragm to rib cage. *American Review of Respiratory Disease*, 119(2P2), 31-32.

Mills, D. E. (2013). *Respiratory muscle work and inspiratory muscle training on cytokines, oxidative stress and diaphragm fatigue in younger and older populations*. Nottingham Trent University (United Kingdom).

Mizuno, M. (1991). Human respiratory muscles: fibre morphology and capillary supply. *European Respiratory Journal*, 4(5), 587-601.

Mizuno, M. A. S. A. O., Secher, N. H. (1989). Histochemical characteristics of human expiratory and inspiratory intercostal muscles. *Journal of applied physiology*, 67(2), 592-598.

Najafi, A., Ebrahim, K., Ahmadizad, S., GR, J. G. G., Javidi, M., Hackett, D. (2019). Improvements in soccer-specific fitness and exercise tolerance following 8 weeks of inspiratory muscle training in adolescent males. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 59(12), 1975-1984.

Nepomuceno Júnior, B. R. V., Gómez, T. B., Gomes Neto, M. (2016). Use of Powerbreathe® in inspiratory muscle training for athletes: systematic review. *Fisioterapia em Movimento*, 29, 821-830.

Nicks, C. R., Morgan, D. W., Fuller, D. K., Caputo, J. L. (2009). The influence of respiratory muscle training upon intermittent exercise performance. *International journal of sports medicine*, 30(01), 16-21.

Noonan, V., Dean, E. (2000). Submaximal exercise testing: clinical application and interpretation. *Physical therapy*, 80(8), 782-807.

Nunes Júnior, A. D. O., Donzeli, M. A., Shimano, S. G. N., Oliveira, N. M. L. D., Ruas, G., & Bertonecello, D. (2018). Effects of high-intensity inspiratory muscle training in rugby players. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 24, 216-219.

Oguri, M., Okanishi, T., Ikeguchi, T., Ogo, K., Kanai, S., Maegaki, Y., ... Himoto, T. (2022). Influence of gender on diaphragm thickness using a method for determining intima media thickness in healthy young adults. *BMC Medical Imaging*, 22(1), 1-7.

Okrzymowska, P., Kurzaj, M., Seidel, W., Rożek-Piechura, K. (2019). Eight weeks of inspiratory muscle training improves pulmonary function in disabled swimmers—a randomized trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(10), 1747.

Olbrecht, J. (2000). Planning, periodizing and optimizing swim training. *F & G Partners*, 115-117.

Orrey, S. T. (2014). *The relationship between diaphragm thickness, diaphragm strength and diaphragm endurance in young, healthy individuals* (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).

Ozmen, T., Gunes, G. Y., Ucar, I., Dogan, H., Gafuroglu, T. U. (2017). Effect of respiratory muscle training on pulmonary function and aerobic endurance in soccer players. *J Sports Med Phys Fitness*, 57(5), 507-513.

Öncen S. (2018). Antrenman maskesi ile yaratılan normobarik hipoksi ortamda yüksek yoğunluklu interval antrenmanların aerobik ve anaerobik performans bileşenleri üzerine etkisi. *Marmara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.

Özgider, C. (2010). *Four weeks of respiratory muscle training improves intermittent recovery performance but not pulmonary functions and maximum oxygen consumption (vo2 max) capacity in young soccer players* (Master's thesis, Middle East Technical University).

Plentz, R. D. M., Sbruzzi, G., Ribeiro, R. A., Ferreira, J. B., Dal Lago, P. (2012). Inspiratory muscle training in patients with heart failure: meta-analysis of randomized trials. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, 99(2), 762-771.

Polla, B., D'antona, G., Bottinelli, R., Reggiani, C. (2004). Respiratory muscle fibres: specialisation and plasticity. *Thorax*, 59(9), 808-817.

Poole DC, Sexton WL, Farkas GA, Powers SK, Reid MB. (1997). Diaphragm structure and function in health and disease. *Med Sci Sports Exerc*, 29:738–754.

Pyne, D. B., Trewin, C. B., Hopkins, W. G. (2004). Progression and variability of competitive performance of Olympic swimmers. *Journal of sports sciences*, 22(7), 613-620.

Ramírez-Sarmiento, A., Orozco-Levi, M., Güell, R., Barreiro, E., Hernandez, N., Mota, S., Gea, J. (2002). Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: structural adaptation and physiologic outcomes. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 166(11), 1491-1497.

Ramos, I., Barreira, S., Viana, R. (2020). Inspiratory muscle training on lung function of male roller hockey players: a randomized controlled trial pilot study. *Porto Biomedical Journal*, 5(5).

Ratnovsky, A., Elad, D. (2005). Anatomical model of the human trunk for analysis of respiratory muscles mechanics. *Respiratory physiology & neurobiology*, 148(3), 245-262.

Roberts, S. (2019). Åstrand-Rhyming and YMCA: A Compare and Contrast Literature Review of Two Submaximal Cycle Ergometer Tests.

Romer, L. M., McConnell, A. K. Jones, D.A. (2002). Effects of inspiratory muscle training on timetrial performance in trained cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 20(7), 547-562.

Romer, L.M., Miller, J.D., Haverkamp, H.C., Pegelow, D.F. and Dempsey, J.A. (2007). Inspiratory muscles do not limit maximal incremental exercise performance in healthy subjects. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 156, 353-361.

Rożek-Piechura, K., Kurzaj, M., Okrzymowska, P., Kucharski, W., Stodółka, J., Maćkała, K. (2020). Influence of inspiratory muscle training of various intensities on the physical performance of long-distance runners. *Journal of Human Kinetics*, 75(1), 127-137.

Saltin, B. (2007). Training for anaerobic and aerobic power. In McArdle WD, Katch FI, Katch VL, (eds.). *Exercise physiology Energy, Nutrition & Human Performance* (6th ed.) Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 469-508.

Scott, W., Stevens, J., Binder–Macleod, S. A. (2001). Human skeletal muscle fiber type classifications. *Physical therapy*, 81(11), 1810-1816.

- Sheel, A. W. (2002). Respiratory muscle training in healthy individuals. *Sports Medicine*, 32(9), 567-581.
- Sieck, G. C., Ferreira, L. F., Reid, M. B., Mantilla, C. B. (2013). Mechanical properties of respiratory muscles. *Comprehensive Physiology*, 3(4), 1553.
- Smith, J. R., Brown, K. R., Murphy, J. D., Harms, C. A. (2015). Does menstrual cycle phase affect lung diffusion capacity during exercise?. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 205, 99-104.
- Souza, H., Rocha, T., Pessoa, M., Rattes, C., Brandão, D., Fregonezi, G., ... Dornelas, A. (2014). Effects of inspiratory muscle training in elderly women on respiratory muscle strength, diaphragm thickness and mobility. *Journals of Gerontology Series A: Biomedical Sciences and Medical Sciences*, 69(12), 1545-1553.
- Stuessi, C., Spengler, C. M., KnoÈppli-Lenzin, C., Markov, G., & Boutellier, U. (2001). Respiratory muscle endurance training in humans increases cycling endurance without affecting blood gas concentrations. *European journal of applied physiology*, 84(6), 582-586.
- Tinius, R. A., Blankenship, M., Maples, J. M., Pitts, B. C., Furgal, K., Norris, E. S., ... & Cade, W. T. (2021). Validity of the 6-Minute Walk Test and YMCA Submaximal Cycle Test During Midpregnancy. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 35(11), 3236-3242.
- Tong, T. K., Fu, F. H., Eston, R., Chung, P. K., Quach, B., Lu, K. (2010). Chronic and acute inspiratory muscle loading augment the effect of a 6-week interval program on tolerance of high-intensity intermittent bouts of running. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(11), 3041-3048.
- Ueki, J., De Bruin, P. F., Pride, N. B. (1995). In vivo assessment of diaphragm contraction by ultrasound in normal subjects. *Thorax*, 50(11), 1157-1161.
- Ulubay, G. (2017). SOLUNUM KAS FİZYOLOJİSİ VE KAS GÜCÜ ÖLÇÜMÜ. *Bulletin of Thoracic Surgery/Toraks Cerrahisi Bülteni*, 10(1).
- Vargo, L., Sanderson, S. (2014). Compression stockings and aerobic exercise: A Meta-Analysis. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 2(4), 68-73.
- Vasconcelos, T., Hall, A., Viana, R. (2017). The influence of inspiratory muscle training on lung function in female basketball players-a randomized controlled trial. *Porto Biomedical Journal*, 2(3), 86-89.
- Volianitis, S., McConnell, A. K., Koutedakis, Y., McNaughton, L. R., Backx, K., Jones, D. A. (2001). Inspiratory muscle training improves rowing performance.
- Wilson TA. Respiratory mechanics. 1st Ed., Cham: *Springer International Publishing*. 2016: 19-42, 48-53.

EKLER:



T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU

Sayı: B.30.2.ODM.0.20.08/740-779

03.12.2020

Sayın Doç.Dr.Özgür BOSTANCI

Etik Kurulumuza sunmuş olduğunuz **Sporcularda Solunum Kası Antrenmanının Diafragma Kas Kalınlığına Etkisi** başlıklı OMÜ KAЕК 2020/624 Karar nolu **Radyoloji çalışması** nitelikli araştırma projeniz-amaç, gerekçe, yaklaşım ve yöntemle ilgili açıklamaları açısından Klinik Araştırmalar Etik Kurulu yönergesine göre incelenmiş ve etik açıdan bir sakınca olmadığına, çalışmanın süresi 6 ayı geçerse 6 aylık bildirimlerinin yapılmasına, çalışma tamamlandıktan sonra sonucunun tarafımıza en geç üç(3) ay içerisinde bildirilmesine 26.11.2020 tarihli Etik kurulumuzda oy birliği ile karar verilmiştir.

Bilgilerinize arz/rica ederim.



ÖZGEÇMİŞ

Serhat ERAİL, Gazi Lisesi'ni bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yaşar Doğu Spor Bilimleri Fakültesi, antrenörlük bölümünden 06.06.2016 tarihinde mezun oldu. 2016 yılında OMÜ Sağlık Bilimleri Enstitüsü Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı'nda Tezli Yüksek Lisans programını girdi. 2018 yılında tezli yüksek lisans programını bitirdi ve Beden Eğitimi ve Spor Anabilim Dalı'nda doktora programına başladı. Yüksek lisans mezuniyetinden bu yana araştırmaya görevlisi olarak görev yapan Serhat ERAİL, orta derecede İngilizce bilmektedir.

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0001-5413-2656

Yayımlar:

1. Erail, S., Bostancı, Ö., Polat, A. V. (2022). Ultrasound Assessment of Diaphragm Thickness in Athletes. *Int. J. Morphol*, 40(2), 376–383.
2. Kabadayı, M., Mayda, M. H., Yılmaz, A. K., Karaduman, E., Erail, S., Bostancı, Ö., ... Yılmaz, C. (2022). Examination of Anthropometric Characteristics of Police Academy Students. *International Journal of Morphology*, 40(2), 460–465.
3. Doğan, E., Erail, S., Mayda, M. H., Yılmaz, C., Karaduman, E., Yılmaz, A. K., Ermiş, E. (2021). Acute Effects Of Reverse Kinesio Taping On Anaerobic Performance İn Healthy Subjects A Pilot Study. *Progress in Nutrition*, 23(1), 1–7.
4. Yılmaz, A. K., Yılmaz, C., Karaduman, E., Mayda, M. H., Erail, S., Bostancı, Ö., Kabadayı, M. (2021). Correlation Of Bilateral And İpsilateral Strength Ratios With Balance İn Female Taekwondo Athletes. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*, 16(2), 67–79.
5. Bostancı, Ö., Kabadayı, M., Yılmaz, A. K., Mayda, M. H., Yılmaz, C., Erail, S., Karaduman, E. (2020). Influence of Eight Week Core Strength Training on Respiratory MuscleStrength in Young Soccer Players. *International Journal of Applied Exercise Physiology*, 9(6), 236–242.

6. Mayda, M. H., Erail, S., Karaduman, E. (2020). Examination Of Self-Regulated Online Learning Skills In Faculty Of Sports Sciences Students. *European Journal of Education Studies*, 7(11), 767–775.
7. Bostancı, Ö., Oda, B., Şebin, K., Erail, S. (2017). 11 13 Yaş Öğrencilerin Spor Yapma Durumlarına Göre İyimserlik İle Saldırganlık Düzeylerinin İncelenmesi. *Atatürk Üniversitesi Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 19(4), 0–0.

Bildiriler:

1. Mayda, M. H., Bostancı, Ö., Erail, S., Özdal, M. (2022). The Effects Of Respiratory Muscle Warm-Up Exercise On Anaerobic Performance. Presented at the IV. International Başkent Congress On Physical, Social And Health Sciences .
2. Mayda, M. H., Bostancı, Ö., Erail, S., Özdal, M. (2022). The Effects Of Respiratory Muscle Warm-Up Exercise On Aerobic Performance. Presented at the IV. International Başkent Congress On Physical, Social And Health Sciences .
3. Ö. Bostancı, S. Erail, M. H. Mayda, E. Karaduman, M. Kabadayı, And R. Doğan. (2020). “Kadın Futbolcuların Optimal Performans Duygu Durumlarının İncelenmesi,” presented at the II. International Congress of Athletic Performance & Health in Sports .
4. Kabadayı, M., Yılmaz, A. K., Erkin, A., Erail, S., Yılmaz, C. (2017). Spor Bilimleri Fakültesi Öğrencileri İle Diğer Fakültelerde Okuyan Öğrencilerin Depresyon Anksiyete ve Stres Düzeylerinin İncelenmesi. Presented at the DÜNYA SPOR BİLİMLERİ ARAŞTIRMALARI KONGRESİ, ANTALYA.