

İnspiratuar Kas Kuvvetinin Aerobik ve Anaerobik Performans, Vücut Kompozisyonu ve Solunum Fonksiyon Değişkenleri ile İlişkisi

The Relationship Between Inspiratory Muscle Strength and Aerobic and Anaerobic Performance, Body Composition, and Pulmonary Function Variables

¹Ufuk Can GÖK

ORCID No: 0009-0002-7135-6066

²Murat KOÇ

ORCID No: 0000-0001-9103-8554

²Özge MACİT

ORCID No: 0000-0003-1153-6890

¹Gülsüm ARSLANTÜRK

ORCID No: 0009-0002-2063-9795

²Betül COŞKUN

ORCID No: 0000-0002-0349-5593

¹Erciyes Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Kayseri

²Erciyes Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi, Kayseri

Yazışma Adresi

Corresponding Address:

Dr. Öğr. Üyesi Betül COŞKUN

Erciyes Üniversitesi, Spor Bilimleri Fakültesi

E-posta: betulcoskun@erciyes.edu.tr

Geliş Tarihi (Received): 04.12.2024

Kabul Tarihi (Accepted): 03.01.2025

ÖZ

Solunum kas kuvveti antrenmanlarının, aerobik ve anaerobik güç üzerinde olumlu etkileri olduğu bilinmesine karşılık, solunum kas kuvveti ile bağlantılı potansiyel değişkenlerle ilişkisini inceleyen çalışmalar yok denecek kadar azdır. Çalışmamızın amacı, inspiratuar kas kuvveti ile aerobik güç ve anaerobik güç arasındaki ilişkinin incelenmesidir. İkincil olarak da inspiratuar kas kuvvetinin, vücut kompozisyonu ve solunum fonksiyon testi sonuçları ile ilişkisinin değerlendirilmesidir. Çalışmaya, Erciyes Üniversitesi Spor Bilimleri Fakültesinde öğrenim gören fiziksel olarak aktif 23 gönüllü erkek (yaş=21.13±2.46 yıl, boy=177.39±6.08 cm, kilo=74.83±12.52 kg) öğrenci katılmıştır. Powerbreathe K5 cihazı ile inspiratuar solunum kas kuvveti, 20m mekik koşusu ile maksimal oksijen tüketimi (VO_{2maks}), 30 saniye Wingate anaerobik güç testi ile anaerobik kapasite ve spirometre ile solunum fonksiyonu belirlenmiştir. Değişkenler arasındaki ilişki, Pearson ve Spearman korelasyon analizleriyle incelenmiştir. S-indeks ile vücut yağ kütlesi (r=-0.049), yağ yüzdesi (r=-0.038), yağsız kütle (r=0.251) ve vücut kütle indeksi (r=0.118) değerleri arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır (p>0.05). S-indeks ile VO_{2maks} (46.63±6.14 ml/kg/dk) (r=0.460, p=0.027) arasında orta düzeyde anlamlı ilişki bulunurken; KAH_{din} (85.5±10.5 atım/dk) (r=0.281), Laktat_{din} (1.32±0.51mmol/L) (r=0.186), mekik testi bitiminde ölçülen KAH_{test-sonu} (184.6±17.57atım/dk) (r=0.096) ve Laktat_{test-sonu} (11.4±2.58mmol/L) (r=0.155) değerleri ile anlamlı ilişki bulunmamıştır. S-indeks değeri, anaerobik kapasite değişkenlerinden maksimum güç (r=0.565, p=0.005), minimum güç (r=0.668, p=0.001), ortalama güç (r=0.681, p=0.001), minimum relatif güç (r=0.551, p=0.006) ve ortalama relatif güç (r=0.567, p=0.005) değerleriyle ve solunum fonksiyon testi değişkenlerinden FVC (r=0.522, p=0.015), FEV1 (r=0.635, p=0.002), VC (r=0.694, p=0.001) ve MVV (r=0.745, p=0.001) değerleri ile güçlü düzeyde anlamlı ilişki göstermiştir (p<0.05). Inspiratuar kas kuvvetinin, aerobik güç ile orta düzeyde, anaerobik güç ile kuvvetli düzeyde pozitif anlamlı ilişkili olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Anaerobik güç, Maksimal oksijen tüketimi, Solunum kas kuvveti

ABSTRACT

Although it is known that respiratory muscle strength training has positive effects on aerobic and anaerobic power, very few studies examine the correlation with potential variables related to respiratory muscle strength. This study aims to test the relationship between respiratory muscle strength and aerobic and anaerobic power. The secondary objective is to evaluate its relationship with body composition and respiratory function test results. Twenty-three physically active male volunteers (age=21.13±2.46 years, height=177.39±6.08 cm, weight=74.83±12.52 kg) from Erciyes University Faculty of Sports Sciences participated in this study. The test of inspiratory muscle strength by a Powerbreathe K5-device, maximal oxygen consumption (VO_{2max}) by a 20-m shuttle-run test, respiratory function tests by a spirometer, and 30-second Wingate anaerobic power tests were performed. The correlation between variables was examined by Pearson and Spearman correlation analyses. No significant correlation was found between S-index and body fat-mass (r=-0.049), body fat-percentage (r=-0.038), fat-free mass (r=0.251), and body mass index (r=0.118) (p>0.05). While S-index was found to have a moderately significant relationship with VO_{2max} (46.63±6.14 ml/kg/min) (p=0.027, r=0.460), it has no significant relationship with HR_{rest} (85.5±10.5 beats/min) (r=0.281), Lactate_{rest} (1.32±0.51 mmol/L) (r=0.186), and HR_{test-end} (184.6±17.57 beats/min) (r=0.096) and Lactate_{test-end} (11.4±2.58 mmol/L) (r=0.155) values measured immediately at the end of the shuttle-run test. S-index value showed a strong significant correlation (p<0.05) with peak power (r=0.565, p=0.005), minimum power (r=0.668, p=0.001), mean power (r=0.681, p=0.001), minimum relative power (r=0.551, p=0.006) and mean relative power (r=0.567, p=0.005) values, and also, with FVC (r=0.522, p=0.015), FEV1 (r=0.635, p=0.002), VC (r=0.694, p=0.001) and MVV (r=0.745, p=0.001) values. It was concluded that inspiratory muscle strength had a significant-moderate correlation with aerobic power and a significant-strong correlation with anaerobic power.

Keywords: Anaerobic power, Maximal oxygen consumption, Respiratory muscle strength

Yazar notları: Bu çalışma "Genç erkeklerde solunum kas kuvvetinin aerobik ve anaerobik gücü etkileyen bazı değişkenler ile ilişkisi" adlı yüksek lisans tezinden üretilmiştir. Yazarlar arasında, çalışma kapsamında herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışması bulunmamaktadır.

GİRİŞ

Genel olarak rehabilitasyon alanında kullanılan inspiratuar kas antrenmanı (İKA), solunum kaslarının işlevini iyileştirmeyi amaçlayan bir dizi spesifik solunum egzersizlerinden oluşmaktadır (Beaumont ve diğ., 2015; Elbouhy ve diğ., 2014). Solunum kaslarının güçlendirilmesiyle ilişkili olduğundan, sportif performansı artırmak için de etkili bir araç haline dönüşmüş (Karsten ve diğ., 2018) ve sporcular tarafından kullanımı da yaygınlaşmıştır (Alnuman ve Alshamasneh, 2022; Lorca-Santiago ve diğ., 2020; Nunes Júnior ve diğ., 2018). Ayrıca konuyla ilgili yapılan akademik yayınların sayısı da giderek artmıştır (Fernández-Lázaro ve diğ., 2021; Júnior ve diğ., 2015). Örneğin gerek akut (Aktuğ ve diğ., 2022) gerek ise kronik (Beyaz ve diğ., 2024; Koç ve Sarıtas, 2019) olarak uygulanan solunum kası egzersizlerinin maksimal oksijen tüketimi (VO_{2maks}) üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu belirten çalışmalar mevcuttur. Aktuğ ve diğerleri (2022) akut olarak uyguladıkları farklı solunum kası ısınmalarının VO_{2maks} 'da artışa neden olduğunu ve bu artışın özellikle maksimum inspiratuar basıncın (MIP) %40'ı ile uygulanan aletli solunum kası ısınmasında daha yüksek bulunduğunu belirtmiştir. Beyaz ve diğerleri (2024) yine MIP basıncının %40'ında 8 hafta uygulanan aletli solunum kası antrenmanları sonucunda hem 4. haftada hem de 8. haftada kestirilen VO_{2maks} değerinde anlamlı gelişme bulmuştur. Volianitis ve diğerleri (2001), kadın yarışmacı sporcular üzerinde uygulamış oldukları inspiratuar kas antrenmanı sonucunda 4 hafta sonrasında alınan 5000 m performans denemesinde anlamlı iyileşmeler bulmuştur.

Solunum kas antrenmanlarının aerobik güç üzerine olduğu gibi (Bahcecioğlu ve Yapıcıoğlu, 2023; Beyaz ve diğ., 2024; Hartz ve diğ., 2018; Koç ve Sarıtas, 2019), anaerobik güç (Bahcecioğlu ve Yapıcıoğlu, 2023; Çevik ve Bostancı, 2024; Koç ve Sarıtas, 2019) üzerine de olumlu etkileri olduğunu raporlayan çalışmalar da mevcuttur. Bunlara karşılık, Williams ve diğerleri (2002) dayanıklılık sporcularında spesifik inspiratuar kas antrenmanının solunum kas kuvveti ve dayanıklılığını önemli ölçüde geliştirdiğini ancak solunum kas fonksiyonundaki bu gelişmelerin VO_{2maks} 'a aktarılamadığını tespit etmişlerdir (Williams ve diğ., 2002). Benzer şekilde, Ozmen ve diğerleri (2017) de futbolcularda yapmış oldukları çalışmada 5 haftalık solunum kas antrenmanı sonucunda MIP'de artış bulurken, mekik koşusundan tahmin edilen VO_{2maks} değerinde gelişme saptamamışlardır. Beyaz ve diğerleri (2024), erkek futbolcular üzerinde yaptıkları çalışma sonucunda, 8 haftalık aletli solunum kası egzersizlerinin MIP'de anlamlı artış sağladığını ancak anaerobik güç düzeyinde anlamlı bir gelişim sağlamadığını tespit etmişlerdir. Çalışmalardaki İKA antrenmanları ile solunum kas kuvvetinde edinilen gelişmelerin aerobik ve anaerobik güç performansına yansıtılamaması, solunum kas kuvveti ile hangi potansiyel değişkenlerin ilişkili olduğunun araştırılmasını gerekli ve önemli kılmıştır. Ancak bu tür çalışmalar oldukça sınırlı sayıdadır. Yalnızca McConnell ve diğerlerinin (1997) yaptığı çalışmada, mekik koşusundan tahmin edilen VO_{2maks} ile inspiratuar zirve basınç arasında bir ilişki bulunmamıştır. Benzer şekilde, Deliceoğlu ve diğerleri (2024) de çalışmalarında relatif VO_{2maks} ile MIP arasında anlamlı bir ilişki bulamamıştır. Ancak Jurić ve diğerleri (2019), kardiyopulmoner egzersiz testinde, MIP'in, egzersizin anaerobik bölümünde ventilasyonun etkinliğini belirleyici faktörlerden biri olduğunu tespit etmişlerdir. Uzun süre devam ettirilen yüksek şiddetli egzersizlerde, artan solunum kası çalışmasına ve dispneye yanıt olarak solunum kası yorgunluğu oluşmaktadır (Hartz ve diğ., 2018). Fiziksel egzersizler sırasında inspiratuar kas çalışmasındaki artış, metaboreflaksin daha fazla aktivasyonuna neden olmaktadır. Böylece kan dolaşımında özel adaptasyonlara yol açarak periferik kan akışının uzuvlardan diyaframa ve diğer inspiratuar kaslara yönlendirilmesine neden olmaktadır (Pereira ve diğ., 2016). İspiratuar bir kas olan diyaframda yorgunluğu etkileyen faktörler arasında sadece egzersiz şiddeti değil, aynı zamanda egzersiz süresi de yer almaktadır (Sugiura ve diğ., 2009). Çalışmamızda hem kısa süreli-yüksek şiddetli hem de artan yüklenme temeline dayanan maksimal egzersizde elde edilen performanslar ile inspiratuar kas kuvveti arasındaki ilişki incelenmiştir.

Ayrıca Jurić ve diğerlerinin (2019) çalışmasında, yüksek solunum kas kuvveti (P_{Imax}), yüksek vücut kas kütlesi (yağsız vücut kütlesi) ile ilişkilendirilmiştir. Bu iki değişkenin de egzersizin anaerobik bölümünde ventilasyonun etkinliği için bağımsız belirleyiciler olarak hareket ettiği görülmüştür (Jurić ve diğ., 2019). Solunum kas kuvvetinin, vücut kompozisyonu ve antrenman geçmişi gibi faktörlere bağlı olarak değişebildiği bildirilmektedir (Hackett, 2020). Öte yandan solunum kas kuvvetinin, solunum fonksiyon testleri ile de değerlendirilebileceği (Ulubay, 2017) ancak solunum kasları ile akciğer fonksiyonunun beraber değerlendirilmesinin daha verimli olacağı (Syabbalo, 1998) bildirilmektedir.

Bu yüzden, çalışmamızın amacı inspiratuar kas kuvveti ile aerobik ve anaerobik güç arasındaki ilişkinin incelenmesi ve yine bunlarla ilişkili olabileceği düşünülen vücut kompozisyonu ve solunum fonksiyon test sonuçlarının da değerlendirilmesidir.

YÖNTEM

Katılımcılar: Bu çalışmaya, Spor Bilimleri Fakültesi'nde öğrenim gören, fiziksel olarak aktif 23 erkek öğrenci (yaş: 21.13 ± 2.46 yıl, boy: 177.39 ± 6.08 cm, vücut ağırlığı: 74.83 ± 12.5 kg) gönüllü olarak katılmıştır. Katılımcılar, alkol ve sigara bağımlılığı bulunmayan, kronik solunum veya kardiyovasküler rahatsızlığı olmayan bireylerden seçilmiştir. Katılımcılar, yarışma sporcusu olmayan ancak ACSM (2013)'nin fiziksel aktif tanımına uyan (haftada en az 3 gün, günde 20 dk veya üzeri zorlayıcı aktiviteye katılan; ya da en az 5 gün, günde 30 dk veya üzeri orta şiddetli aktivite/yürüyüşe katılan; ya da en az 5 gün orta ve zorlayıcı aktivite karışımı egzersize dahil olan) bireylerden oluşmaktadır.

Katılımcı sayısı, G Power 3.1.9.7 güç analiz programı ile hesaplanmıştır. 0.05 (α) anlamlılık düzeyinde, %80 istatistiksel güç ve 0.50 etki büyüklüğü için korelasyon analizi dikkate alınarak yapılan hesaplama göre 29 katılımcıya ihtiyaç olduğu belirlenmiştir. Çalışmaya 30 katılımcı ile başlanmış ancak 23 katılımcı ile testler tamamlanabilmiştir. Katılımcı kaybı, çalışmamızdaki testlerle alakalı bir gerekçeden kaynaklanmamıştır. Katılımcılar, çalışmaya vakit ayıramayacaklarını ve kişisel nedenlerle ayrıldıklarını bildirmişlerdir).

Katılımcılar, ilk test gününde ölçümler hakkında bilgilendirilmiş ve "Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu"nu doldurmuştur. Ölçümler öncesinde yüksek şiddetli fiziksel aktivitelere katılmamaları konusunda uyarılmıştır. Bu çalışma için Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 2022/198 Karar No ve 09.03.2022 tarihli onay alınmıştır.

Verilerin Toplanması: Katılımcılara vücut kompozisyonu ölçümleri, inspiratuar kas kuvveti ölçümü, solunum fonksiyon testleri, 20m mekik koşusu testi ve Wingate anaerobik güç testi yapılmıştır. Testlerin, her bir katılımcı için günün aynı saatinde (14:00-16:00) yapılmasına dikkat edilmiştir. Verilerin toplanması ile ilgili araştırma deseni Şekil 1'de verilmiştir.

Vücut kompozisyonu ölçümleri: Katılımcıların boy uzunlukları, hassasiyeti 0,01 m olan SECA portatif boy ölçer (Seca 213, Hamburg, Almanya) ile elde edilmiştir. Vücut kompozisyonları, TANITA BC 418 vücut kompozisyon cihazı kullanılarak biyoelektrik impedans analizi ile ölçülmüştür. Ölçümün geçerli olabilmesi için katılımcının hidrasyon seviyesinin normal olduğundan emin olmak amacıyla, katılımcılar testin 4 saat öncesinde yeme-içmeye ve 12 saat öncesinde de fiziksel aktivite yapmaya son vermiş olmaları ve testten 30 dk öncesine kadar idrara çıkmış olmaları konusunda uyarılmışlardır (ACSM, 2010). Cihazdan elde edilen vücut ağırlığı, vücut yağ kütlesi (VYK), vücut yağ yüzdesi (VYY), yağsız vücut kütlesi (YVK) ve vücut kütle indeksi (VKİ) değerleri analizlerde kullanılmıştır.

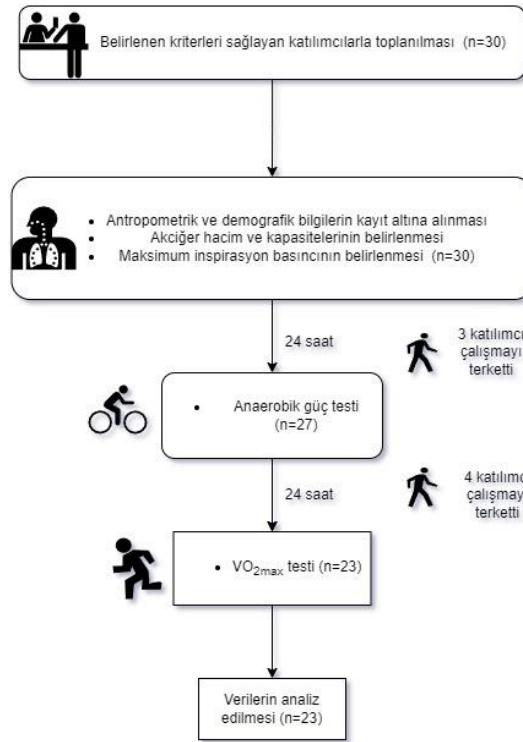
İnspiratuar kas kuvveti ölçümü: İspiratuar kas kuvveti, Power Breathe K5 (HaB International Ltd, İngiltere) cihazı ile maksimum inspiratuar basınç (MIP) testi ile belirlenmiştir. Solunum kaslarının fonksiyonel kapasitesini belirlemek için en yaygın kullanılan yöntemlerden birisi de basit ve non-invaziv yöntem olan, maksimal inspiratuar ağız

basıncının (PImax) ölçülmesidir (Klusiewicz ve diğ., 2014). Teknolojinin gelişmesi ile POWERbreathe® K5 (POWERbreathe International Ltd, Warwickshire, İngiltere) gibi cihazlar ile genel inspiratuar kas kuvveti indeksi (S-indeks olarak adlandırılan) elde edilerek solunum kası performansı değerlendirilir. Bu indeks, bireylerin cmH₂O cinsinden ifade edilen maksimum inspiratuar basıncını dolaylı olarak tahmin eder (Minahan ve diğ., 2015). S-indeks testi, dinamik manevralar kullandığından, geleneksel statik spirometri ölçümlerine göre daha spesifik ve işlevsel bir değerlendirme olanağı sunabileceği için spor ortamında maksimum inspirasyon basıncını değerlendirmede önerilmektedir (Kowalski ve Klusiewicz, 2023).

MIP testi için katılımcıdan öncelikle akciğerlerdeki havanın boşaltılması ve takiben maksimum düzeyde derin ve güçlü bir nefes alması istenmiştir (Hackett, 2020). 8 nefes ile ölçülen en iyi sonuç cmH₂O cinsinden (cihazın S-indeks olarak sunduğu değer ile) analizlerde kullanılmıştır (Koç ve diğ., 2025; Kowalski ve Klusiewicz, 2023).

Şekil 1

Araştırma Deseni



Solunum fonksiyon testleri: Solunum fonksiyon testleri, Pony FX Flow Safe (İtalya) marka model cihaz ile her katılımcı için ayrı bir karton ağızlık kullanılarak alınmıştır. Katılımcı oturur vaziyette, burnu mandal yardımı ile kapatılarak ve ağızda boşluk kalmayacak şekilde cihaz ağızına yerleştirilerek test edilmiştir. Amerikan Toraks Derneği ve Avrupa Solunum Derneği'nin standartlarına uygun şekilde, zorlu vital kapasite ve yavaş vital kapasite ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Graham ve diğ., 2019). Katılımcının 12 saniye süre ile olabildiğince hızlı ve derin nefes alıp vermesi ile maksimum istemli ventilasyon ölçümü yapılmıştır (Saryal ve Ulubay, 2022). İki dakika aralıklarla üç deneme alınarak, elde edilen en iyi değer analizlerde kullanılmıştır (Atan ve diğ., 2012; Saryal ve Ulubay, 2022; Tenório ve diğ., 2012). Testlerden elde edilen zorlu vital kapasite (FVC) (L), bir saniyedeki zorlu ekspiratuar hacim (FEV1) (L), FEV1/FVC oranı (FEV1/FVC) (%), zirve ekspiratuar akım (PEF) (L/sn), vital kapasite (VC) (L), maksimal istemli ventilasyon (MVV) (L/dk) değişkenleri analizlerde kullanılmıştır.

20m mekik koşusu testi: Test, spor salonunda hazırlanan 20 m'lik parkurda yapılmıştır. Aerobik kapasitenin değerlendirilmesinde kullanılan saha testlerinden birisi olup, artan yüklenme temeline dayanan bir maksimal test protokolüdür (Stickland ve diğ., 2003). Maksimale ulaşıldığının teyiti için, testin öncesinde dinlenim laktat ve dinlenim kalp atım hızı; hemen bitiminde ise test-sonu laktat ve test-sonu kalp atım hızı ölçülmüştür. Laktat ölçümü için, parmak ucundan kan örneği alınarak, Lactat Scout 4.0 (EKF, Almanya) laktik asit ölçüm kiti ile analiz edilmiştir. Kalp atım hızı takibi ise Polar H10 kalp atım hızı monitorü (Polar H10, Finland) ile gerçekleştirilmiştir.

Başlangıç hızı 8.5 km/s hız olan ve her bir dakikada 0.5 km/s hızı artırılan testte, her sinyalde 20 m mesafe koşulmuştur (Leger ve diğ., 1988). Katılımcının iki sinyal sesine yetişemediği durumda test sonlandırılmıştır (Stickland ve diğ., 2003). Testin sonucunda, katılımcıların kestirimsel maksimum oksijen tüketim değerleri (VO_{2maks} , ml/kg/dk), tamamladıkları mekik seviyelerine göre Stickland ve diğerlerinin (2003) formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Stickland ve diğerleri (2003), genç yetişkinlerde VO_{2maks} tahmini için 20m mekik koşusu testinin doğruluğunu test ettikleri çalışmalarında, cinsiyet farkına göre oluşturmuş oldukları yeni denklemlerin daha doğru tahminler sağladığını öne sürmüşlerdir (erkekler için oluşturulan formül, Tahmini $VO_{2maks} = 2.75 \times A + 28.8$ ($r^2=0.77$, $SEE=4.07$ ml/kg/dk, A: mekik koşusu testinde tamamlanan seviye).

Anaerobik Güç Ölçümü: Bisiklet ergometresinde (Monark 824 E) Wingate anaerobik güç testi yapılmıştır. Test, katılımcının vücut ağırlığının %7.5 değerine karşılık gelen dış dirence karşı 30 sn uygulanmıştır (Koşar ve Hazır, 1994). Test öncesi, katılımcılara 4-6 saniyelik maksimal pedal hızında birkaç tane sprintin uygulandığı, düşük şiddette 5 dakikalık standart bir ısınma uygulanmıştır (Castañeda-Babarro, 2021). Test sonucunda maksimum güç (W), minimum güç (W) ve ortalama güç (W) değerleri elde edilmiştir. Bu değerler bireylerin vücut ağırlığına oranlanarak, maksimum relatif güç (W/kg), minimum relatif güç (W/kg) ve ortalama relatif güç (W/kg) değerleri hesaplanmıştır. Yorgunluk indeksi (%) aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Koşar ve Hazır, 1994):

$$\text{Yorgunluk İndeksi (\%)} = \frac{\text{Maksimum Güç} - \text{Minimum Güç}}{\text{Maksimum Güç}} \times 100$$

Verilerin Analizi: Değişkenlerin normal dağılıma uygunluğu normallik testlerinden Shapiro-Wilk Testi ile kontrol edilmiştir. Normal dağılım gösteren değişkenler Pearson korelasyon testi, normal dağılım göstermeyenler Spearman korelasyon testi ile analiz edilmiştir. Anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir. Korelasyon katsayısının ilişki düzeyi “ $r < 0.1$: önemsiz, $r > 0.1$ ile 0.3 : zayıf, $r > 0.3$ ile 0.4 : orta, $r > 0.4$ ile 0.7 : güçlü, $r > 0.7$ ile 0.9 : çok güçlü, $r > 0.9$: nerdeyse mükemmel ve $r = 1.0$: mükemmel ilişki” sınıflamasına göre değerlendirilmiştir (Hackett ve Sabag, 2021; Stone ve diğ., 2002). Veri analizi için IBM SPSS 29.0 paket programı kullanılmıştır.

BULGULAR

Çalışmamıza katılan 23 gönüllü erkek öğrencinin yaş ortalaması 21.13 ± 2.46 yıl, boy uzunluğu 177.39 ± 6.08 cm, vücut ağırlığı 74.83 ± 12.5 kg olup, vücut kompozisyonu değişkenlerinden vücut yağ kütlesi (VYK) 12.19 ± 5.73 (kg), vücut yağ yüzdesi (VYY) 15.43 ± 4.84 (%), yağsız vücut kütlesi (YVK) 63.23 ± 7.33 (kg) ve vücut kütle indeksi (VKİ) 23.81 ± 3.30 kg/m² olarak tespit edilmiştir.

İnspiratuar kas kuvveti ile vücut kompozisyonu değişkenlerinden, VYK ($r=-0.049$, $p=0.838$), VYY ($r=-0.038$, $p=0.838$), YVK ($r=0.251$, $p=0.285$) ve VKİ ($r=0.118$, $p=0.622$) değerleri arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Tablo 1*İnspiratuar Kas Kuvveti ile Mekik Koşusu Testi Değişkenleri Arasındaki İlişki*

Değişken	S-indeks		VO ₂ maks	
	r	p	r	P
S-indeks	1			
Kestirilen VO₂maks	0.460*	0.027	1	
KAH_{din}	0.281	0.193	0.163	0.457
Laktat_{din}	0.186	0.396	-0.312	0.148
KAH_{test-sonu}	0.096	0.664	0.663**	0.001
Laktat_{test-sonu}	0.155	0.481	-0.032	0.884

**p< 0.01, *p< 0.05, S-indeks (cmH₂O): İnspiratuar kas kuvveti, Kestirilen VO₂maks (ml/kg/dk): Kestirilen maksimum oksijen tüketimi, KAH_{din} (atım/dk): İstirahat kalp atım hızı, Laktat_{din} (mmol/L): İstirahat kan laktat değeri, KAH_{test-sonu} (atım/dk): Mekik testi sonu kalp atım hızı, Laktat_{test-sonu} (mmol/L): Mekik testi sonu kan laktat değeri.

Katılımcıların VO₂maks ortalaması 46.63 ± 6.14 ml/kg/dk ve S-indeks değeri 150.34 ± 28.08 cmH₂O olarak hesaplanmıştır. Mekik testi öncesi KAH_{din} 85.5 ± 10.5 atım/dk, Laktat_{din} 1.32 ± 0.51 mmol/L olarak bulunmuştur. Mekik testi bitiminde ölçülen KAH_{test-sonu} 184.6 ± 17.57 atım/dk ve Laktat_{test-sonu} 11.4 ± 2.58 mmol/L olarak tespit edilmiştir. S-indeks değeri ile VO₂maks (r= 0.460, p= 0.027) arasında orta düzeyde pozitif anlamlı ilişki olduğu görülmüştür (p< 0.05) (Tablo 1).

Wingate testi sonucunda elde edilen maksimum güç 936.72 ± 164.83 (W), ortalama güç 669.88 ± 122.95 (W), minimum güç 446.78 ± 87.36 (W) olarak bulunmuştur. Maksimum relatif güç 12.64 ± 2.11 (W/kg), ortalama relatif güç 9.02 ± 1.35 (W/kg), minimum relatif güç değerleri 6.03 ± 1.00 (W/kg) olarak bulunmuş, yorgunluk indeksi ise 51.72 ± 8.18 (%) olarak hesaplanmıştır. S-indeks değeri, Wingate testi sonuçlarından maksimum relatif güç ve yorgunluk indeksi dışındaki değişkenler ile güçlü düzeyde pozitif anlamlı ilişki göstermiştir (p< 0.01) (Tablo 2).

Tablo 2*İnspiratuar Kas Kuvveti ile Wingate Anaerobik Güç Testi Sonuçları Arasındaki İlişki*

Değişken	S-indeks	
	r	P
Maksimum güç (W)	0.565**	0.005
Minimum güç (W)	0.668**	0.001
Ortalama güç (W)	0.681**	0.001
Maksimum relatif güç (W/kg)	0.317	0.140
Minimum relatif güç (W/kg)	0.551**	0.006
Ortalama relatif güç (W/kg)	0.567**	0.005
Yorgunluk indeksi (%)	-0.193	0.377

**p< 0.01, *p< 0.05 S-indeks (cmH₂O): İnspiratuar kas kuvveti, Maks. güç (W): Maksimum güç, Min. güç (W): Minimum güç, Ort. güç (W): Ortalama güç, Maks. relatif (W/kg): Maksimum relatif güç, Min. relatif (W/kg): Minimum relatif güç, Ort. relatif (W/kg): Ortalama relatif güç, Y indeksi (%): Yorgunluk indeksi

Tablo 3*İnspiratuar Kas Kuvveti ile Solunum Fonksiyon Testleri Arasındaki İlişki*

Değişken	S-indeks	
	r	p
FVC (L)	0.522*	0.015
FEV1 (L)	0.635**	0.002
FEV1/FVC (%)	0.145	0.530
PEF (L/sn)	0.362	0.107
VC (L)	0.694**	0.001
MVV (L/dk)	0.745**	0.001

**p< 0.01, *p< 0.05, S-indeks (cmH₂O): İnspiratuar kas kuvveti, FVC (L): Zorlu vital kapasite, FEV1 (L): Bir saniyedeki zorlu ekspiratuar hacim, FEV1/FVC (%): FEV1/FVC oranı, PEF (L/sn): Zirve ekspiratuar akım, VC (L): Vital kapasite, MVV (L/dk): Maksimal istemli ventilasyon.

Solunum fonksiyon testlerinden FVC 5.28 ± 0.59 (L), FEV1 4.38 ± 0.50 (L), FEV1/FVC oranı 82.7 ± 6.67 (%), PEF 9.59 ± 1.90 (L/sn), VC 5.31 ± 0.68 (L) ve MVV 161.52 ± 31.74 (L/dk) olarak tespit edilmiştir. S-indeks değeri ile FVC ($r=0.522$, $p=0.015$), FEV1 ($r=0.635$, $p=0.002$), VC ($r=0.694$, $p=0.001$) değerleri arasında güçlü düzeyde, MVV ($r=0.745$, $p=0.001$) değeri ile çok güçlü düzeyde pozitif anlamlı ilişki bulunmuştur ($p < 0.05$) (Tablo 3).

TARTIŞMA

Bu çalışma, inspiratuar solunum kaslarının kuvveti ile aerobik ve anaerobik güç arasındaki ilişkinin incelenmesi amacı ile yapılmıştır. Ayrıca, inspiratuar kas kuvvetinin, vücut kompozisyonu ve solunum fonksiyonları ile ilişkisi de incelenmiştir.

Çalışmamızda, inspiratuar kas kuvveti ile aerobik güç göstergesi olan mekik koşusu testinden hesaplanmış VO₂maks değeri arasında orta düzeyde pozitif anlamlı ilişki bulunmuştur. Literatür incelendiğinde akut (Aktuğ ve diğ., 2022; Özdal ve Bostancı, 2018) ve kronik (Beyaz ve diğ., 2024; Koç ve Sarıtas, 2019) solunum kas antrenmanlarının VO₂maks üzerinde olumlu etkilerinin olduğu bilinmektedir. Örneğin, Özdal ve Bostancı (2018) inspiratuar kas ısınmasının, erkek sporcuların aerobik performansı üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmada, İKA'nın başlangıç seviyelerine kıyasla aerobik performansı önemli ölçüde artırdığını tespit etmiştir. Hartz ve diğerleri (2018), 12 hafta uyguladıkları İKA programı sonucunda, İKA'nın hentbol sporcularında solunum kas kuvveti ve dayanıklılığında önemli bir artış sağlayarak aerobik performansın artmasına katkıda bulunduğu sonucuna varmıştır.

Aerobik güçte olumlu gelişme tespit eden çalışmalara karşılık Williams ve diğerleri (2002) dayanıklılık sporcularında spesifik inspiratuar kas antrenmanının solunum kas kuvveti ve dayanıklılığını önemli ölçüde geliştirdiğini ancak solunum kas fonksiyonundaki bu gelişmelerin VO₂maks'a aktarılamadığını bulmuştur (Williams ve diğ., 2002). Benzer şekilde, Ozmen ve diğerleri (2017) de futbolcularda yapmış olduğu çalışmada 5 haftalık solunum kas antrenmanı sonucunda MIP'de artış bulurken, mekik koşusundan tahmin edilen VO₂maks değerinde gelişme saptamamışlardır. Çalışmalardaki İKA antrenmanları ile solunum kas kuvvetinde edinilen gelişmelerin aerobik güç performansına yansıtılamaması, solunum kas kuvveti ile hangi potansiyel değişkenlerin ilişkili olduğunun araştırılmasını gerekli ve önemli kılmıştır. Deliceoğlu ve diğerleri (2024), kadın ve erkek sporcularda solunum kas kuvvetinin aerobik dayanıklılık kinetiği ile ilişkisini araştırdıkları çalışmada, MIP ile VO₂maks arasında anlamlı bir ilişki saptamamışlardır. Benzer şekilde McConnell ve diğerleri (1997) de orta düzey antrenmanlı genç erkeklerde mekik koşusundan tahmin edilen VO₂maks ile inspiratuar zirve basınç arasında bir ilişki bulamamışlardır. Deliceoğlu ve diğerleri (2024) ve McConnell ve diğerlerinin (1997) çalışmasının sonuçlarının aksine bizim çalışmamızda inspiratuar kas kuvveti göstergesi olan S-indeks değeri ile aerobik güç göstergesi olan VO₂maks değeri arasında pozitif anlamlı ilişki bulunmuştur. Söz konusu çalışmalardaki katılımcı grupların antrenmanlı bireylerden oluştuğu göz önünde bulundurulduğunda, çalışmalarla aramızdaki bu farkın, katılımcı grubumuzun sporcu olmamasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Maksimal egzersizde elde edilen kardiyak güç çıktısının, sağlıklı yetişkinlerde fiziksel fonksiyonel kapasitenin ve maksimal oksijen tüketiminin ana belirleyicisi olduğu ve antrenmanlı erkeklerde sedanter erkeklere kıyasla önemli ölçüde daha yüksek olduğu bildirilmektedir (Klasnja ve diğ., 2013). Ayrıca sporcuların, antrenmansız sağlıklı bireylere kıyasla gelişmiş akciğer fonksiyon kapasitelerine sahip oldukları bilinmektedir (Hackett, 2020). Öte yandan, antrenmansız bireylerin solunum kasları dayanıklılık performansı sırasında antrenmanlı sporculara kıyasla daha fazla yorulmaktadır (İlli ve diğ., 2012).

Çalışmamızda, inspiratuar kas kuvvetinin, anaerobik güç göstergesi olan Wingate anaerobik güç testi sonuçlarından maksimum güç, minimum güç, ortalama güç, minimum relatif güç ve ortalama relatif güç değişkenleri ile

pozitif anlamlı ilişki gösterdiği tespit edilmiştir. Solunum kas antrenmanları üzerine yapılan çalışmalar sonuçlarımızı destekler niteliktedir. Çevik ve Bostancı (2024), erkek basketbolcularda 4 haftalık solunum kası antrenmanları ile Wingate anaerobik güç testi sonuçlarından zirve güç (W) ve ortalama güç (W) değerlerinde anlamlı artış bulunmuştur. Yarışma sporcusu bisikletçilerde uygulanan 6 haftalık inspiratuar kas antrenmanı sonucunda ise anaerobik iş kapasitesinde anlamlı artış bulunmuştur (Johnson ve diğ., 2007). Otuz erkek futbolcu üzerinde yapılan başka bir çalışmada, 8 haftalık aletli solunum kası egzersizleri anaerobik güç düzeyinde anlamlı bir gelişim sağlamazken (Beyaz ve diğ., 2024), erkek bocce basamak sporcularında 4 haftalık solunum kası antrenmanları anaerobik performansta anlamlı artışa neden olmuştur (Bahcecioğlu ve Yapıcıoğlu, 2023). Solunum kası ısınmasının (inspiratuar kas antrenman cihazı ile MIP'in %40'ı şiddetinde 30 inspirasyondan oluşan 2 setlik ısınma programı) etkilerinin araştırıldığı başka bir çalışmada da Wingate anaerobik güç testinden elde edilen zirve güç ve relatif zirve güçte anlamlı artışlar görülmüştür (Özdal ve diğ., 2016). Sugiura ve diğerleri (2009), kısa süreli ve yüksek şiddetli eforlarda solunum kas kuvvetinin önemli bir faktör olduğunu ve özellikle ekspiratuar kas kuvvetinin egzersiz performansı ile ilişkili olduğunu bildirmiştir. Aynı çalışmada ekspiratuar kasların daha düşük oksidatif kapasiteye sahip olduğu ve bu nedenle inspiratuar kaslara göre yorgunluğa daha yatkın oldukları bildirilmektedir (Sugiura ve diğ., 2009). Ancak ekspiratuar kasların, egzersizde ventilasyona anlamlı derecede katkı sağladığı ve inspiratuar kas kuvvetine kıyasla egzersiz performansı ile daha yakından ilişkili olduğu belirtilmektedir (Sugiura ve diğ., 2009). Ancak bizim çalışmamızda yalnızca inspiratuar kas kuvveti hakkında elde edilmiş veriler bulunmakta ve inspiratuar kas kuvvetinin de anaerobik güç ile anlamlı ilişkisi olduğu görülmektedir. Yüksek şiddetli egzersizin, solunum kası metaboreflksini tetiklediği, periferik vazokonstriksiyona neden olduğu ve çalışan kaslara kan akışını sınırladığı bilinmektedir. Ancak, inspiratuar kaslar antrene edilirse, solunum kası metaboreflksinin tetiklenmesi ertelenebilmekte ve performans artırılabilir (Jurić ve diğ., 2019).

Maksimal inspiratuar basınç testi gibi (Caruso ve diğ., 2015), MVV ölçümü de solunum kas güçsüzlüğü teşhisinde kullanılabilen yöntemlerdendir (Ulubay, 2017). Sadece kuvvetteki artışlar değil, aynı zamanda solunum kaslarının dayanıklılığındaki artışlar da fiziksel performansta önemli bir rol oynayabilir. Artan MVV ile temsil edilen solunum kaslarının dayanıklılık kapasitesindeki artış, egzersizin yüksek şiddetlerinde artan solunum işini sürdürme yeteneğine olumlu katkıda bulunur (Hartz ve diğ., 2018). Çalışmamızda inspiratuar kas kuvveti ile MVV arasında çok kuvvetli düzeyde pozitif anlamlı ilişki bulunmuştur. Solunum kas kuvvetinin FVC ve VC ölçümleri ile de belirlenebileceği (Ulubay, 2017) ancak solunum kaslarının değerlendirilmesi olmaksızın akciğer fonksiyonunun değerlendirilmesinin eksik kalacağı (Syabbalo, 1998) bildirilmektedir. Çalışma sonuçlarımıza göre, inspiratuar kas kuvveti, solunum fonksiyon testlerinden FVC, FEV1 ve VC ile de kuvvetli düzeyde pozitif anlamlı ilişki göstermiştir. Buna karşılık Ozmen ve diğerleri (2017) 5 haftalık solunum kas antrenmanı sonucunda MIP'de artış bulurken, FVC, FEV1 ve MVV değerinde gelişme saptamamışlardır. Çevik ve Bostancı (2024), erkek basketbolcular üzerinde yaptıkları çalışmada, 4 haftalık solunum kas antrenmanı sonucunda FVC'de anlamlı, FEV1 ve MIP'de anlamlı olmayan artış, MVV'de ise anlamlı olmayan düşüş rapor etmişlerdir. Çalışma sonuçları arasındaki bu farklılıkların, solunum kas kuvveti ölçümlerini etkileyen, yaş, cinsiyet, postür, akciğer hacmi ve kullanılan ağızlık tipi gibi faktörlerin farklılığından (Syabbalo, 1998) kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Solunum kas kuvveti, vücut kompozisyonu ve antrenman geçmişi gibi faktörlere bağlı olarak da değişebilmektedir (Hackett, 2020). Örneğin, dayanıklılık ve kuvvet antrenman geçmişi bulunan sporcuların solunum kas kuvvetlerinin karşılaştırıldığı çalışmada, yağsız vücut kütlesi kuvvet sporcularında MIP ile anlamlı ilişki gösterirken, dayanıklılık sporcularında anlamlı olmayan zayıf bir ilişki göstermiştir (Hackett, 2020). Ancak bizim çalışmamızda, inspiratuar kas kuvvetinin vücut kompozisyonu değişkenleri ile anlamlı ilişki göstermediği tespit edilmiştir. Ergezen ve

diğerleri (2023) çalışmamızla benzer yaş grubundaki genç yetişkinlerde solunum kas kuvveti ile vücut kompozisyonu arasında anlamlı bir ilişki olmadığını raporlamışlardır. Ergenlerin solunum kas kuvvetini değerlendiren farklı bir çalışmada da elde edilen sonuçlar, farklı vücut kompozisyonlarının solunum kas kuvvetini etkilemediğini göstermiştir (de Lima ve diğ., 2023). Hackett ve Sabag (2021) en az 6 aylık direnç egzersizi deneyimine sahip 18-45 yaş arasındaki erkekler üzerinde yaptıkları çalışmada, yağ kütlesi (kg) ve vücut yağ yüzdesinin solunum kas kuvvetini etkilemediğini belirtmiştir. Buna muhtemel gerekçe olarak bireylerin düşük yağlı vücuda sahip olmalarını (medyan <20 vücut yağ yüzdesi) ileri sürmüştür (Hackett ve Sabag, 2021). Benzer şekilde bizim çalışmamızda da katılımcılar yüksek vücut yağ miktarına sahip değildir ve vücut kompozisyonu ile inspiratuar kas kuvveti arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

Sonuç olarak, inspiratuar kas kuvveti ile VO_{2maks} arasında orta düzeyde pozitif anlamlı ilişki bulunurken, anaerobik güç göstergesi olan Wingate anaerobik güç testi sonuçları ile kuvvetli düzeyde pozitif anlamlı ilişki tespit edilmiştir. Bunlara karşılık inspiratuar kas kuvvetinin solunum fonksiyon testlerinden FVC, FEV1, VC ve MVV ile pozitif anlamlı ilişki gösterdiği ancak vücut kompozisyonu değişkenleri ile anlamlı ilişki göstermediği görülmüştür. Çalışmamızda, fiziksel olarak aktif genç erkeklerde tespit edilen bu sonuçların, kadınlar ve profesyonel sporcular üzerinde de geçerli olup olmadığının incelenmesi gelecek çalışmalar için önerilmektedir. Gelecek çalışmaların, mevcut çalışmamızın da sınırlılıklarından olan katılımcı sayısı artırılarak, katılımcıların beslenme ve uyku düzenleri de kontrol edilerek gerçekleştirilmesi önerilmektedir.

Solunum kas kuvveti, genellikle maksimal inspiratuar ve ekspiratuar basınçlar (MIP ve MEP) ile tahmin edilmektedir (Larribaut ve diğ., 2020). Solunum kaslarından özellikle de inspirasyon kasları, çok az dinlenme fırsatı ile uzun süreler boyunca her nefeste büyük yüklerle maruz kalmaktadır (Koulouris ve Dimitroulis, 2001) ve inspiratuar kas kuvvetini değerlendirmek için en yaygın kullanılan ölçüm yöntemi maksimal inspiratuar basınç (MIP)'tır (Pessoa ve diğ., 2014). Bu yüzden çalışmamızda inspiratuar kas kuvveti ölçümü değerlendirilmiştir. Ancak gelecek çalışmalarda, mevcut çalışma bulgularımızda olduğu gibi potansiyel değişkenler ile ekspiratuar kas kuvveti arasında ilişki olup olmadığının incelenmesi de önerilmektedir.

Yazar Katkısı:

1. **Ufuk Can GÖK:** Fikir/Kavram, Tasarım, Denetleme, Veri Toplama ve İşleme, Analiz-Yorum, Makale Yazımı, Eleştirel İnceleme
2. **Murat KOÇ:** Veri Toplama ve İşleme, Analiz-Yorum, Makale Yazımı, Eleştirel İnceleme
3. **Özge MACİT:** Veri Toplama ve İşleme, Makale Yazımı, Eleştirel İnceleme
4. **Gülsüm ARSLANTÜRK:** Veri Toplama ve İşleme, Eleştirel İnceleme
5. **Betül COŞKUN:** Fikir/Kavram, Tasarım, Denetleme, Veri Toplama ve İşleme, Analiz-Yorum, Makale Yazımı, Eleştirel İnceleme

Etik Kurul İzni ile İlgili Bilgiler

Kurul Adı: Erciyes Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Tarih: 09.03.2022

Sayı No: 2022/198

KAYNAKÇA

1. ACSM. (2010). *ACSM's Resources for the Personal Trainer*. Thompson. Lippincott Williams & Wilkins.
2. ACSM. (2013). *ACSM's health-related physical fitness assessment manual*. Lippincott Williams & Wilkins.
3. Aktuğ, Z. B., Yavuz, G., Pişkin, N. E., Aka, H., ve İbiş, S. (2022). Acute effect of different respiratory muscle exercises on maximal oxygen consumption and lung functions. *Spor Hekimliği Dergisi/Turkish Journal of Sports Medicine*, 57(2), 079-085. <https://doi.org/10.47447/tjism.0632>
4. Alnuman, N., ve 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. <https://doi.org/10.2478/hukin-2022-0005>
5. Atan, T., Akyol, P., ve Çebi, M. (2012). Comparison of respiratory functions of athletes engaged in different sports branches. *Turkish journal of sport and exercise*, 14(3), 76-81.
6. Bahcecioğlu, H., ve Yapıcıoğlu, B. (2023). Milli bocce sporcularında dört haftalık solunum kası antrenmanının solunum kas kuvveti, fonksiyonları ve performansa etkisi. *Spor Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 34-49. <https://doi.org/10.25307/jssr.1398493>
7. Beaumont, M., Mialon, P., Ber-Moy, C. L., Lochon, C., Péran, L., Pichon, R., Gut-Gobert, C., Leroyer, C., Morelot-Panzini, C., ve Couturaud, F. (2015). Inspiratory muscle training during pulmonary rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease: A randomized trial. *Chronic respiratory disease*, 12(4), 305-312. <https://doi.org/10.1177/1479972315594625>
8. Beyaz, N., İri, R., ve Pişkin, N. E. (2024). 14-16 yaş futbolculara uygulanan aletli solunum kasi egzersizlerinin aerobik kapasite anaerobik güç ve bazı solunum parametreleri üzerine olan etkisinin incelenmesi. *Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*, 18(1), 23-37. <https://doi.org/10.61962/bsd.1438368>
9. Caruso, P., Albuquerque, A. L. P. d., Santana, P. V., Cardenas, L. Z., Ferreira, J. G., Prina, E., Trevizan, P. F., Pereira, M. C., Iamonti, V., ve Pletsch, R. (2015). Diagnostic methods to assess inspiratory and expiratory muscle strength. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 41(2), 110-123. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132015000004474>
10. Castañeda-Babarro, A. (2021). The wingate anaerobic test, a narrative review of the protocol variables that affect the results obtained. *Applied Sciences*, 11(16), 7417. <https://doi.org/10.3390/app11167417>
11. Çevik, A., ve Bostancı, Ö. (2024). Erkek basketbolcularda dört haftalık solunum kas antrenmanının pulmoner fonksiyonlar ile aerobik ve anaerobik performansa etkisi: Deneysel araştırma. *Türkiye Klinikleri Journal of Sports Sciences*, 16(2).
12. de Lima, V. C., Marquezi, M. L., Alcantara, P. R., Lopes, N. B., Frientes, C. S., da Silva Santos, T. M., Miedes, L. R., Fornel, M. S., Oliveira, D. C., ve Rogeri, P. S. (2023). Respiratory muscle strength in brazilian adolescents: Impact of body composition. *Obesities*, 3(2), 155-164. <https://doi.org/10.3390/obesities3020013>
13. Deliceoğlu, G., Kabak, B., Çakır, V. O., Ceylan, H. İ., Raul-İoan, M., Alexe, D. I., ve Stefanica, V. (2024). Respiratory muscle strength as a predictor of vo2max and aerobic endurance in competitive athletes. *Applied Sciences*, 14(19), 8976.
14. Elbouhy, M. S., AbdelHalim, H. A., ve Hashem, A. M. (2014). Effect of respiratory muscles training in weaning of mechanically ventilated COPD patients. *Egyptian Journal of Chest Diseases and Tuberculosis*, 63(3), 679-687. <https://doi.org/10.1016/j.ejcdt.2014.03.008>
15. Ergezen, G., Yılmaz Menek, M., ve Demir, R. (2023). Respiratory muscle strengths and its association with body composition and functional exercise capacity in non-obese young adults. *Family Medicine and Primary Care Review*, 25(2), 146-149. <https://doi.org/10.5114/fmPCR.2023.127671>
16. Fernández-Lázaro, D., Gallego-Gallego, D., Corchete, L. A., Fernandez Zoppino, D., González-Bernal, J. J., García Gómez, B., ve Mielgo-Ayuso, J. (2021). Inspiratory muscle training program using the powerbreath®: Does it have ergogenic potential for respiratory and/or athletic performance? a systematic review with meta-analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(13), 6703. <https://doi.org/10.3390/ijerph18136703>
17. Graham, B. L., Steenbruggen, I., Miller, M. R., Barjaktarevic, I. Z., Cooper, B. G., Hall, G. L., Hallstrand, T. S., Kaminsky, D. A., McCarthy, K., ve McCormack, M. C. (2019). Standardization of spirometry 2019 update. An official American thoracic society and European respiratory society technical statement. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 200(8), e70-e88. <https://doi.org/10.1164/rccm.201908-1590ST>
18. Hackett, D. A. (2020). Lung function and respiratory muscle adaptations of endurance-and strength-trained males. *Sports*, 8(12), 160. <https://doi.org/10.3390/sports8120160>
19. Hackett, D. A., ve Sabag, A. (2021). Lung function and respiratory muscle strength and their relationship with weightlifting strength and body composition in non-athletic males. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 286, 103616. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2021.103616>
20. Hartz, C. S., Sindorf, M. A., Lopes, C. R., Batista, J., ve Moreno, M. A. (2018). Effect of inspiratory muscle training on performance of handball athletes. *Journal of human kinetics*, 63, 43-51. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0005>

21. Illi, S. K., Held, U., Frank, I., ve Spengler, C. M. (2012). Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals: a systematic review and meta-analysis. *Sports medicine*, 42(8), 707-724. <https://doi.org/10.1007/BF03262290>
22. Johnson, M. A., Sharpe, G. R., ve Brown, P. I. (2007). Inspiratory muscle training improves cycling time-trial performance and anaerobic work capacity but not critical power. *European journal of applied physiology*, 101(6), 761-770. <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0551-3>
23. Júnior, B. R. V. N., Gómez, T. B., ve Neto, M. G. (2015). Use of Powerbreathe® in inspiratory muscle training for athletes: Systematic review. *Revista Fisioterapia em Movimento* 12.
24. Jurić, I., Labor, S., Plavec, D., ve Labor, M. (2019). Inspiratory muscle strength affects anaerobic endurance in professional athletes. *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 70(1), 42-48. <https://doi.org/10.2478/aiht-2019-70-3182>
25. Karsten, M., Ribeiro, G. S., Esquivel, M. S., ve 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. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.09.004>
26. Klasnja, A. V., Jakovljevic, D. G., Barak, O. F., Popadic Gacesa, J. Z., Lukac, D. D., ve Grujic, N. G. (2013). Cardiac power output and its response to exercise in athletes and non-athletes. *Clinical physiology and functional imaging*, 33(3), 201-205. <https://doi.org/10.1111/cpf.12013>
27. Klusiewicz, A., Długolecka, B., ve Charmas, M. (2014). Characteristics of the respiratory muscle strength of women and men at different training levels. *Polish Journal of Sport and Tourism*, 21(2), 82-86. <https://doi.org/10.2478/pjst-2014-0008>
28. Koç, M., ve Saritas, N. (2019). The effect of respiratory muscle training on aerobic and anaerobic strength in adolescent taekwondo athletes. *Journal of Education and Training Studies*, 7(2), 103-110. <https://doi.org/10.11114/jets.v7i2.3764>
29. Koç, M., Sarıtaş, N., Coşkun, B., ve Akkurt, S. (2025). Effects of threshold pressure loading exercises applied to inspiratory muscles in taekwondo athletes on the concentration and utilization of lactate. *Journal of human kinetics*, 95. <https://doi.org/10.5114/jhk/188542>
30. Koşar, Ş. N., ve Hazır, T. (1994). Wingate anaerobik güç testinin güvenilirliği. *Spor Bilimleri Dergisi*, 7(4), 21-30.
31. Koulouris, N., ve Dimitroulis, I. (2001). Structure and function of the respiratory muscles. *Pneumon*, 14(2), 91-108.
32. Kowalski, T., ve Klusiewicz, A. (2023). POWERbreathe® S-Index Test—guidelines and recommendations for practitioners. *Biomedical Human Kinetics*, 15(1), 225-228. <https://doi.org/10.2478/bhk-2023-0026>
33. Larribaut, J., Gruet, M., McNarry, M., Mackintosh, K., ve Verges, S. (2020). Methodology and reliability of respiratory muscle assessment. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 273, 103321. <https://doi.org/10.1016/j.resp.2019.103321>
34. Leger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., ve Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of sports sciences*, 6(2), 93-101.
35. Lorca-Santiago, J., Jiménez, S. L., Pareja-Galeano, H., ve Lorenzo, A. (2020). Inspiratory muscle training in intermittent sports modalities: a systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(12), 4448.
36. McConnell, A., Caine, M., ve Sharpe, G. (1997). Inspiratory muscle fatigue following running to volitional fatigue: the influence of baseline strength. *International journal of sports medicine*, 18(03), 169-173. <https://doi.org/10.1055/s-2007-972614>
37. Minahan, C., Sheehan, B., Douthett, R., Kirkwood, T., Reeves, D., ve Cross, T. (2015). Repeated-sprint cycling does not induce respiratory muscle fatigue in active adults: measurements from the powerbreathe® inspiratory muscle trainer. *Journal of sports science & medicine*, 14(1), 233-238.
38. Nunes Júnior, A. d. O., Donzeli, M. A., Shimano, S. G. N., Oliveira, N. M. L. d., Ruas, G., ve Bertencello, D. (2018). Effects of high-intensity inspiratory muscle training in rugby players. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 24(03), 216-219. <https://doi.org/10.1590/1517-869220182403166216>
39. Özdal, M., ve Bostanci, Ö. (2018). Influence of inspiratory muscle warm-up on aerobic performance during incremental exercise. *Isokinetics and Exercise Science*, 26(3), 167-173. <https://doi.org/10.3233/IES-172188>
40. Özdal, M., Bostanci, Ö., Dağlioğlu, Ö., Ağaoğlu, S. A., ve Kabadayi, M. (2016). Effect of respiratory warm-up on anaerobic power. *Journal of Physical Therapy Science*, 28(7), 2097-2098. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.2097>
41. Ozmen, T., Gunes, G. Y., Ucar, I., Dogan, H., ve 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. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06283-6>
42. Pereira, R. N., Abreu, M. F. R., Gonçalves, C. B., Corrêa, W. F. S., Mizuhira, D. R., ve Moreno, M. A. (2016). Respiratory muscle strength and aerobic performance of wheelchair basketball players. *Motriz: Revista de Educação Física*, 22(3), 124-132. <https://doi.org/10.1590/S1980-6574201600030002>
43. Pessoa, I. M. S., Parreira, V. F., Fregonezi, G. A., Sheel, A. W., Chung, F., ve Reid, W. D. (2014). Reference values for maximal inspiratory pressure: a systematic review. *Canadian respiratory journal*, 21(1), 43-50. <https://doi.org/10.1155/2014/982374>
44. Saryal, S., ve Ulubay, G. (2022). *Solunum Fonksiyon Teknisyeninin Özellikleri* (Vol. 37). Toraks Kitapları.
45. Stickland, M. K., Petersen, S. R., ve Bouffard, M. (2003). Prediction of maximal aerobic power from the 20-m multi-stage shuttle run test. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(2), 272-282. <https://doi.org/10.1139/h03-021>

46. Stone, M. H., Moir, G., Glaister, M., ve Sanders, R. (2002). How much strength is necessary? *Physical Therapy in Sport*, 3(2), 88-96. <https://doi.org/10.1054/ptsp.2001.0102>
47. Sugiura, H., Ohta, K., Minatani, S., Tanoue, H., Kokubo, A., Kanada, Y., ve Sako, S. (2009). Relationship between respiratory muscle strength and exercise tolerance. *Journal of Physical Therapy Science*, 21(4), 393-397. <https://doi.org/10.1589/jpts.21.393>
48. Syabbalo, N. (1998). Assessment of respiratory muscle function and strength. *Postgraduate medical journal*, 74(870), 208-215. <https://doi.org/10.1136/pgmj.74.870.208>
49. Tenório, L. H. S., Nunes, R. P., Santos, A. C., Câmara-Neto, J. B., Lima, A. M. J., de França, E. E. T., ve do Socorro Brasileiro-Santos, M. (2012). Lung function, respiratory muscle strength and endurance, and quality of life in the morbidly obese. *ConScientiae Saúde*, 11(4), 635-641. <https://doi.org/10.5585/conssaude.v11n4.3786>
50. Ulubay, G. (2017). Solunum kas fizyolojisi ve kas gücü ölçümü. *Bulletin of Thoracic Surgery/Toraks Cerrahisi Bülteni*, 10(1), 37-46. <https://doi.org/10.5578/tcb.2017.006>
51. Volianitis, S., McConnell, A. K., Koutedakis, Y., McNaughton, L. R., Backx, K., ve Jones, D. A. (2001). Inspiratory muscle training improves rowing performance. *Physical Fitness and Performance*, 803-809.
52. Williams, J. S., Wongsathikun, J., Boon, S. M., ve Acevedo, E. O. (2002). Inspiratory muscle training fails to improve endurance capacity in athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(7), 1194-1198. <https://doi.org/10.1097/00005768-200207000-00022>