

# Farklı Egzersiz Kapasite Testlerinin İnterkostal Kas Oksijenizasyonu Üzerine Etkisi

## Examining the Effect of Different Exercise Capacity Tests on Intercostal Muscle Oxygenation

Eylem ÇİNKILIÇ<sup>1</sup> , Enise SERT<sup>1</sup> , İrem ÇAYIR<sup>1</sup> , Sema Nur GÜNAYDIN<sup>1</sup> ,  
Zeynep Betül ÖZCAN<sup>2</sup> , Esra PEHLİVAN<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, İstanbul, Türkiye

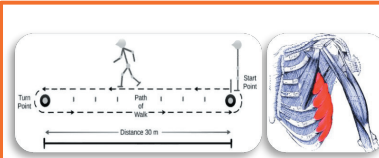
<sup>2</sup>Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Hamidiye Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon (Dr), İstanbul, Türkiye

**ORCID ID:** Eylem Çinkılıç 0009-0000-1537-9568, Enise Sert 0009-0005-8302-1302, İrem Çayır 0009-0002-8383-4686,  
Sema Nur Günaydın 0009-0006-1701-3125, Zeynep Betül Özcan 0000-0003-1788-7755, Esra Pehlivan 0000-0002-1791-5392

**Bu makaleye yapılacak atıf:** Çinkılıç E ve ark. Farklı egzersiz kapasite testlerinin interkostal kas oksijenizasyonu üzerine etkisi. Med J West Black Sea. 2025;9 (1): 52-59.

### GRAFİKSEL ÖZET

**6DYT'nin uygulama kolaylığı ve egzersiz kapasitesini göstermedeki başarısı dolayısıyla daha fazla tercih edilebilecek bir alan testi olduğu söylenebilir.**



#### Çalışmamızın amacı;

- ❖ Artan hızda mekik yürüme (AHMYT) ve altı dakika yürüme (6DYT) testleri sırasında meydana gelen interkostal kas oksijenizasyonu değişimi
- ❖ Bu değişimin hemodinamik yanıtlar üzerine etkilerini belirlemek,
- ❖ Test başarılarını karşılaştırmaktır.



- ❖ 18-35 yaş
- ❖ BKİ < 25 kg/m<sup>2</sup>
- ❖ Sağlıklı bireyler
- Katılımcılar randomize edilerek iki gruba ayrıldı.

Uygulama süresince kas oksijenizasyonunu ölçmek için yedinci interkostal boşluğa yakın kızılotesi spektroskopisi (MOXY) cihazı yerleştirildi.

- ❖ Solunum fonksiyon testi ile solunum fonksiyonları
- ❖ Modifiye Borg Skalası ile dispne
- ❖ Taşınabilir tansiyon aleti ile kan basıncı
- ❖ Parmak oksimetresi ile kalp hızı ve oksijen saturasyonu

- ❖ AHMYT ve 6DYT'nin olgular üzerindeki hemodinamik yanıtları ve yardımcı solunum kas oksijenizasyonu yanıtları veya başka bir deyişle zorlanma dereceleri benzerdir.

- ❖ Olgular 6DYT'yi daha iyi tolere edebilmekte, test süresi AHYT'ye göre 6 dk ile sınırlanmış olmasına rağmen daha uzun mesafelerde yürüyebilmekte, daha az dispne şikayeti yaşamaktadır.

Batı Karadeniz Tıp Dergisi

Eylem Çinkılıç, Enise Sert, İrem Çayır,  
Sema Nur Günaydın, Zeynep Betül Özcan,  
Esra Pehlivan

Çinkılıç E ve ark. Farklı Egzersiz Kapasite ...  
Med J West Black Sea. 2025;9(1).

## ÖZ

**Amaç:** Egzersiz kapasitesi, kardiovasküler durumdan, kas oksijenizasyonundan ve yardımcı solunum kaslarının fizyolojik özelliklerinden etkilenebilmektedir. Bu çalışmanın amacı, klinikte sık kullanılan artan hızda mekik yürüme (AHMYT) ve altı dakika yürüyüş (6DYT) testleri sırasında meydana gelen intercostal kas oksijenizasyonu değişimi ve hemodinamik yanıtlar üzerine etkilerini belirlemek, test başarılarını karşılaştırmaktır.

**Gereç ve Yöntemler:** Çalışmaya 18-35 yaş arası ve beden kütle indeksi  $<25 \text{ kg/m}^2$  olan sağlıklı bireyler dahil edildi. Katılımcılar randomize edilerek iki gruba ayrıldı. İlk gruba 6DYT, ikinci gruba ise AHMYT yapıldı. 30 dakikalık arınma süresinden sonra gruplar çaprazlanarak, ilk gruba 6DYT ve 2. gruba AHMYT uygulandı. Solunum fonksiyon testi ile solunum fonksiyonları, modifiye Borg skalası ile dispne, taşınabilir tansiyon aleti ile kan basıncı, parmak oksimetresi ile kalp hızı ve oksijen saturasyonu değerlendirildi.

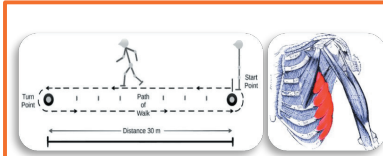
**Bulgular:** Olguların testler öncesi istirahat değerleri; kalp hızı ( $p=0,096$ ), sistolik kan basıncı ( $p=0,054$ ), diastolik kan basıncı ( $p=0,081$ ), yorgunluk seviyesi ( $p=0,058$ ), dispne seviyesi ( $p=0,067$ ),  $\text{SpO}_2$  değeri ( $p=0,089$ ) ölçüldü. Testlerin, başlangıç ve bitiş saturasyon, kalp hızı, kan basıncı yanıtları, kas oksijen saturasyonu ve total hemoglobin miktarları benzerken, AHMYT bitiş kalp hızı değeri istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte daha yüksekti ( $p=0,005$ ). Benzer biçimde bitiş dispne seviyesi ve toplam test süresi AHMYT'de daha fazla ( $p=0,000$ ), yürüme mesafesi ise 6DYT'de daha fazlaydı ( $p=0,000$ ).

**Sonuç:** 6DYT ve AHMYT testlerinin sağlıklı olgularda oluşturdukları hemodinamik yanıtlar ve kas oksijenizasyonu değişimleri benzerdir. Olgular AHMYT'de daha fazla nefes darlığı hissetmekte ve kalp hızı yanıtları daha fazla olabilmektedir. Diğer taraftan AHMYT'de daha uzun sürelerde yürümelerine rağmen, 6DYT'de daha uzun mesafelerde yürüyebilmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** Altı dakika yürüme testi, artan hızda mekik yürüme testi, intercostal kas oksijenizasyonu, kas oksijenizasyonu, MOXY

## GRAPHICAL ABSTRACT

It can be said that the 6MWT is a more preferable field test due to its ease of application and success in demonstrating exercise capacity.



## Aim of This Study;

- ❖ To evaluate the changes in intercostal muscle oxygenation occurring during the Incremental Shuttle Walk Test (ISWT) and the Six-Minute Walk Test (6MWT).
- ❖ To determine the effects of these changes on hemodynamic responses.
- ❖ To compare the success rates of these tests.



- ❖ Age: 18-35 years
- ❖ BMI  $< 25 \text{ kg/m}^2$
- ❖ Healthy individuals randomly assigned into two groups.



During the test, near-infrared spectroscopy (MOXY) was placed near the seventh intercostal space to measure muscle oxygenation.

- ❖ Pulmonary function test
- ❖ Dyspnea assessment-Modified Borg Scale
- ❖ Blood pressure sphygmomanometer
- ❖ Heart rate and oxygen saturation-pulse oximeter

- ❖ The hemodynamic responses and accessory respiratory muscle oxygenation responses to ISWT and 6MWT were similar, meaning their levels of exertion were comparable.

- ❖ Participants tolerated the 6MWT better, and despite being limited to six minutes, they could walk longer distances and experienced less dyspnea.

Medical Journal of Western Black Sea

Eylem Çinkılıç, Enise Sert, İrem Çayır, Sema Nur Günaydın, Zeynep Betül Özcan, Esra Pehlivan

Çinkılıç E et al. Examining the Effect of ... Med J West Black Sea. 2025;9(1).

## ABSTRACT

**Aim:** Exercise capacity can be affected by cardiovascular status, muscle oxygenation and physiological properties of accessory respiratory muscles. The aim of this study is to determine the effects of intercostal muscle oxygenation changes and hemodynamic responses during the increased speed shuttle walking (ISWT) and six-minute walk (6MWT) tests, which are frequently used in the clinic, and to compare the test successes.

**Material and Methods:** Healthy individuals between the ages of 18-35 and with a body mass index  $<25 \text{ kg/m}^2$  were included in the study. Participants were randomized and divided into two groups. 6MWT was performed on the first group and ISWT was performed on the second group. After the 30-minute washout period, the groups were crossed and 6MWT was applied to the first group and ISWT was applied to the second group. A near-infrared spectroscopy (MOXY) device was placed in the seventh intercostal space to measure muscle oxygenation during the application. Respiratory functions were evaluated with a pulmonary function test, dyspnea with the modified Borg scale, blood pressure with a portable sphygmomanometer, heart rate and oxygen saturation with a finger oximeter.

**Results:** Resting values of the cases before the tests; heart rate ( $p=0.096$ ), systolic blood pressure ( $p=0.054$ ), diastolic blood pressure ( $p=0.081$ ), fatigue level ( $p=0.058$ ), dyspnea level ( $p=0.067$ ), SpO<sub>2</sub> value ( $p=0.089$ ) were measured. While the initial and final saturation, heart rate, blood pressure responses, muscle oxygen saturation and total hemoglobin amounts of the tests were similar, the AHMYT final heart rate value was higher, although not statistically significant ( $p = 0.005$ ). Similarly, the end dyspnea level and total test time were higher in AHMYT ( $p=0.000$ ), and the walking distance was longer in 6MWT ( $p=0.000$ ).

**Conclusion:** The hemodynamic responses and muscle oxygenation changes produced by 6MWT and ISWT tests in healthy subjects are similar. Patients feel more shortness of breath and heart rate responses may be greater in ISWT. On the other hand, although they walk for longer periods in ISWT, they can walk longer distances in 6MWT.

**Keywords:** Intercostal muscle oxygenation, MOXY, muscle oxygenation, shuttle walk test at increased speed, six minute walk test

## GİRİŞ

Egzersiz testleri bireylerin fonksiyonel egzersiz kapasitesinin belirlenmesinde, hastalık prognozunu tahmin etmek amacıyla, klinik araştırma sonuçlarının yorumlanmasında ve tedavi yanıtının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Egzersiz testlerinin, laboratuvar ve alan testleri olarak çeşitleri mevcuttur (1).

Alan testleri kronik solunum hastalıklarında, hastaların fonksiyonel egzersiz kapasitelerinin belirlenmesi ve egzersiz performansını sınırlayan dispne, yorgunluk, desaturasyon gibi faktörlerin saptanması amacıyla sıkça kullanılan testlerdir. Az teknik ekipman gerektirmesi, uygulanması ucuz ve kolay olması nedeniyle artan hızda mekik yürüme testi (AHMYT) ve altı dakika yürüme testi (6DYT), alan testleri arasında en yaygın kullanılan testlerdir. 6DYT, fonksiyonel egzersiz kapasitesini ölçen, yapısal geçerliliği yüksek, egzersiz performansı ve fiziksel aktivite ölçekleri ile yüksek düzeyde ilişki gösteren bir testtir. Kullanım kolaylığı sağlaması açısından ve submaksimal efor gerektirdiğinden en sık tercih edilen alan testidir (2). Artan hızda mekik yürüme testinde semptom sınırlı olarak maksimal kapasite değerlendirilir, günlük yaşam aktivitelerinde maksimal yanıtın belirlenmesinde daha duyarlı ölçüm yapılmasını sağlar (3). Tepe oksijen tüketimi (Pik VO<sub>2</sub>) tayini için kullanılabilir ve Pik VO<sub>2</sub> ile korelasyonu 6DYT'ye göre daha iyidir. Ancak maksimal yüklenimli bir test olmasından dolayı, uygulanması daha zor bir yöntemdir (4).

Kas oksijenasyonu, metabolik solunumun bir sonucu olarak hedef doku içindeki oksijen akışını ifade eder ve aerobik kapasite, artan akciğer ventilasyonu, solunum hızı ile doğrudan ilişkilidir (5). Kas oksijenasyonu, kalpten ve akciğerlerden oksijenli kanın verilmesi ve lokal kas içindeki mitokondri tarafından oksijen alımıdır. Son yıllarda kasın oksijen düzeyi yakın kızılötesi spektroskopisi (Near-Infrared Spectroscopy, NIRS) adı verilen bir teknoloji ile ölçülmektedir. NIRS, ışığının dokulardan geçerken kromofor molekülleri (oksihemoglobin (O<sub>2</sub>Hb) ve deoksihemoglobin (HHb), sitokrom-c oksidaz (CCO), miyoglobin gibi) tarafından uyarıldıkları absorpsiyon miktarının ölçüldüğü bir tekniktir (6). Moxy taşınabilir bir NIRS sensördür.

Literatüre bakıldığında, AHMYT ve 6DYT karşılaştıran çalışmalar mevcuttur fakat bu çalışmalarda egzersiz performansını ve dispne gibi semptomlarla ilişkili olabilen önemli bir yardımcı solunum kası olan intercostal kasların oksijenizasyonunun değişimi incelenmemiştir. Bu çalışmada amacımız farklı egzersiz kapasitesi testlerinin intercostal kas oksijenizasyonu üzerindeki etkilerini belirlemek, değişen yardımcı solunum kası oksijenizasyonu, hemodinamik yanıtları ve egzersiz test başarısını ortaya konulmasıdır. Çalışmamız bu yönüyle özgündür ve literatüre katkı sağlayacaktır. Klinikte sık kullanılan bu egzersiz testlerinin hangisinin gerçekleştirilmesi gerektiği kararının alınabilmesi ve test başarısını etkileyen faktörlerin belirlenmesi için çalışmamızın klinik pratik bilgi sağlayacağı kanaatindeyiz.

## GEREÇ ve YÖNTEMLER

Çalışma prospektif, çapraz kontrollü klinik çalışmadır ve Ekim 2023 - Haziran 2024 tarihleri arasında Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Sağlık Bilimleri Fakültesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Bölümünde gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya yerel üniversite etik kurulu tarafından 19.01.2024 tarih ve 23\685 sayı ile etik kurul onayı alındı ve çalışma Helsinki Deklerasyonuna uygun olarak gerçekleştirildi. Katılımcılardan uygulama öncesi yazılı bilgilendirilmiş onam alındı.

### Örneklem Büyüklüğü

Çalışmanın örneklem büyüklüğü hesabı G-power Analiz programı kullanılarak yapıldı. Tip 1 hata miktarı 0.05 testin gücü 0.95 iken aralarındaki etki farkını bulabilmesi için minimum olgu sayısının 32 olması gerektiği tespit edildi (7).

Çalışmaya 18-35 yaş aralığında olan ve beden kütle indeksi <25 kg/m<sup>2</sup> olan sağlıklı bireyler dahil edildi. Sigara içicisi olan, egzersiz testlerinin yapılmasına engel olabilecek herhangi bir sistemik, ortopedik, kardiyopulmoner hastalığı olan, tanısı konulmuş herhangi bir solunumsal, vasküler ve kalp hastalığı bulunan bireyler dışlandı.

### Çalışma Yöntemi

Katılımcılar çalışmaya katılmanın riskleri ve yararları konusunda bilgilendirildi ve gönüllü onam formunu imzaladılar. Katılımcıların yaş, cinsiyet, boy, kilo, vücut kütle indeksi,

medeni durumu, alkol ve sigara kullanımları dahil olmak üzere demografik bilgileri alındı. Çalışma öncesi olgulara solunum fonksiyon testi, nefes darlığı değerlendirmesi, kan basıncı, kalp atım hızı ve saturasyon değerlendirmesi yapıldı. Olgular 6DYT ve AHMYT olmak üzere 2 gruba randomize edildi. Egzersiz testleri öncesinde değerlendirmeler yapıldıktan sonra interkostal kas üzerine MOXY cihazı yerleştirilerek, 6DYT grubu 6DYT ile, AHMYT Grubu ise AHMYT ile test edildi. En az 30 dakikalık bir arınma süresinden sonra gruplar çaprazlanarak uygulamalar diğer egzersiz testi yapılarak tekrarlandı. Arınma süresinin uzunluğu, en az 30 dk olmak üzere ve olgulara yorgunluk durumları RPE Borg skalası ile yapılan sorgulamaya göre belirlendi (8).

### Çalışma Sonuç Ölçümleri

**Solunum Fonksiyon Testi:** Solunum fonksiyon testi, (oncomed parmak tipi) masaüstü spirometri cihazı Cosmed Pony Fx (Italy) kullanılarak Amerika Toraks Derneği kılavuzuna göre gerçekleştirildi. Test katılımcılara, herhangi bir kimyasal maddenin bulunmadığı kapalı bir ortamda, oturur pozisyonda ve burun mandalı kullanılarak yapıldı. Her bir katılımcı için en az üç ölçüm yapılarak en iyi değerler çalışmaya alındı (9).

**Modifiye Borg Skalası (mBorg):** Sıklıkla efor dispne şiddetini ve istirahat dispne şiddetini değerlendirmek amacıyla kullanılan bir ölçektir. Derecelerine göre dispne şiddetini tanımlayan on maddeden oluşur. Modifiye Borg Skalasında dispne şiddetinin tanımlanıyor olması hastalar açısından daha kolay uygulanmasını sağlamaktadır (5). Olgulara egzersiz testi başlangıcında ve test bitişinde mBorg skalası gösterilerek, skala anlatıldı ve dispne seviyelerinin puanlanması istendi.

**Kan basıncı, Kalp atım hızı ve SaO<sub>2</sub> değerlendirilmesi:** Kan basıncı (mmHg), testlerin başlangıcından hemen önce ve bitişinden hemen sonra oturur pozisyonda kişinin bileğinden Omron marka tansiyon aleti ile, saturasyon (%) ve kalp atım hızı (atım/dk) ise testlerin yapıldığı süre boyunca parmak oksimetre cihazı (Oncomed parmak tipi) ile ölçüldü.

**Kas Oksijenizasyonun Değerlendirilmesi:** Kas oksijenizasyon ve total hemoglobin miktarı egzersiz testleri süresince yakın kızıl ötesi spektroskopi cihazı (MOXY, Yakın kızılötesi spektroskopi) ile ölçüldü. Cihaz, anterior aksiller çizgideki yedinci interkostal boşluktaki interkostal kasa yerleştirildi (3). Ölçüm parametreleri kas oksijen saturasyonu ve total hemoglobin miktarının ortalaması idi.

**6 Dakika Yürüme Testi:** Kapalı ortamda 30 m uzunluktaki koridorda uygulandı, altı dakikalık sürede hastanın yürüdüğü mesafe, oksijen saturasyonu, kalp hızı, dispnedeki değişim kaydedildi. Bunun için teste başlamadan önce oksijen saturasyonu, kalp hızı, tansiyon arteriyel ve Borg skalasına göre dispne düzeyi kaydedildi (10).

**Artan Hızda Mekik Yürüme Testi:** Bu test hasta teste devam edemeyene kadar sürdürülen giderek artan hızda 10

m aralıklı iki koni arasında yürünen ve iki koni arasındaki her bir 10 metrelik gidişin bir mekik olarak sayıldığı egzersiz testidir. Hastanın nefes darlığı nedeniyle teste devam edemediği, kalp hızının maksimum beklenen kalp hızının yüzde seksen beşine ulaştığı veya max test süresi olan 20 dakikalık testi tamamladığı noktaya kadar devam ettirildi (11).

### İstatistiksel Analiz

Verilerin analizi SPSS 25 paket programı kullanılarak gerçekleştirildi. Kategorik değişkenler için yüzde ve frekans değerleri; nicel değişkenler için ise medyan, minimum ve maksimum değerleri sunuldu. Verilerin normal dağılıma uygunlukları Shapiro-Wilk testi ile belirlendi. Gruplar arası karşılaştırmalarda Mann Whitney U testi kullanıldı. Araştırmada tip I hata oranı ( $\alpha$ ) 0,05 olarak kabul edildi.

### BULGULAR

Araştırmaya yaş ortalaması 21,6±4,0 yıl olan 32 kişi dahil edildi. Katılımcıların tamamı sigara ve alkol kullanmamaktaydı ve ek hastalıkları yoktu (Tablo 1).

**Tablo 1:** Olguların Demografik ve Klinik Özellikleri

| Demografik Özellikler                                           | (n=32)              |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>Yaş (yıl) Medyan (Min-Maks)</b>                              | 22,00 (19-26)       |
| <b>Vücut Kütle İndeksi (kg/m<sup>2</sup>) Medyan (Min-Maks)</b> | 23,25 (17,20-24,90) |
| <b>Cinsiyet, n (%)</b>                                          |                     |
| Kadın                                                           | 22 (68,8)           |
| Erkek                                                           | 10 (31,3)           |
| <b>Sigara içme durumu, n (%)</b>                                |                     |
| Evet                                                            | 0                   |
| Hayır                                                           | 32 (100)            |
| <b>Alkol kullanma durumu, n (%)</b>                             |                     |
| Evet                                                            | 0                   |
| Hayır                                                           | 32 (100)            |
| <b>Medeni durum, n (%)</b>                                      |                     |
| Evli                                                            | 0                   |
| Bekar                                                           | 32 (100)            |
| <b>Ek hastalık, n (%)</b>                                       |                     |
| Evet                                                            | 0                   |
| Hayır                                                           | 32 (100)            |
| <b>Solunum Fonksiyon Testi</b>                                  |                     |
| 1.Saniye Zorlu Ekspirasyon Hacmi                                | 2,87 (0,79-4,75)    |
| Zorlu Vital Kapasite                                            | 3,52 (2,40-6,71)    |
| 1.Saniye Zorlu Ekspirasyon Hacmi / Zorlu Vital Kapasite         | 77,50 (32,00-92,00) |
| <b>6 Dakika Yürüme Testi, m</b>                                 | 526 (420-670)       |
| <b>Artan Hızda Mekik Yürüme Testi, m</b>                        | 400 (200-920)       |

Katılımcılar alkol ve sigara kullanmayan bireyler arasından seçilmiştir. Katılımcıların yaş ortalaması 22, VKİ (kg/ m<sup>2</sup>) ortalama 23,25 olarak hesaplanmıştır. Çalışmaya katılan 32 kişinin 6DYT(m) ortalama değeri 526(420-670) ve AHMYT(m) ortalama değeri 400(200-920) bulunmuştur.

Olguların, testlerin başlangıç ve bitiş SpO<sub>2</sub>, kalp hızı, kan basıncı, mBorg yorgunluk skorları, kas oksijenizasyon değerleri ve total hemoglobin seviyeleri benzerdi (p>0,05). Bitiş kalp hızı değeri AHMYT'de istatistiksel olarak anlamlı ve yüksekti (p=0,005). Benzer biçimde olguların test sonu dispne skorları AHMYT'de daha yüksekti (p=0,000). 6DYT yürüme mesafesi 526,50 m iken AHMYT 400 m idi (p=0,000). 6DYT süresi medianı 6 dk iken, AHMYT süresi 7 dk idi (p=0,000) (Tablo 2).

## TARTIŞMA

Egzersiz kapasitesi ve egzersiz test başarısı pek çok faktöre bağlıdır. Solunum kaslarının fizyolojik özellikleri de egzersiz performansını etkileyebilir. Çalışmada klinikte en sık kullanılan alan testlerinden olan 6DYT ve AHMYT'de meydana gelen hemodinamik yanıtlar ve kas oksijenizasyon seviyelerinin karşılaştırılması hedeflenmiştir. Çalışmadan elde edilen verilere göre her iki testte meydana gelen hemodinamik yanıtlar ve kas oksijenizasyon seviyeleri benzerdir. AH-

MYT sırasında olgular daha fazla dispne hissedebilmekte, diğer taraftan 6 dakikadan daha uzun sürelerde testi devam edebilmektedir. Yürüme mesafeleri bakımından ise 6DYT yürüme mesafesinin, AHMYT ye göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmamızda submaksimal bir egzersiz testi olan 6DYT ve maksimal bir egzersiz testi olan AHMYT sırasında ölçülen kas oksijenizasyon düzeyi değişimlerinin benzer olduğu tespit edilmiştir. Test süresi açısından bakıldığında AHMYT'nin altı dakikadan daha fazla sürelerde devam edilmiş olmasına ve iş yükünün daha fazla olmasına rağmen kas oksijenizasyon düzeylerinin benzer olması, olguların genç ve sağlıklı olgulardan seçilmiş olmasından kaynaklanabilir.

Yakın kızılötesi spektroskopiyile triseps surae doku oksijen doygunluğu için referans değerlerini inceleyen bir çalışmada, 30 ila 79 yaş aralığındaki sağlıklı bireylere, arteriyel oklüzyon manevrası ve artan hızda mekik yürüme testi sırasında ve sonrasında doku oksijen saturasyonu değerlendirmeleri

**Tablo 2:** Altı Dakika Yürüme Testi ve Artan Hızda Mekik Yürüme Testi Parametreleri

|                                     | 6DYT                | AHMYT                 | Z      | P     |
|-------------------------------------|---------------------|-----------------------|--------|-------|
| <b>SpO<sub>2</sub> (%)</b>          |                     |                       |        |       |
| Başlangıç                           | 98 (91-99)          | 97,50 (91-99)         | -0,013 | 0,089 |
| Bitiş                               | 96,50 (83-99)       | 96,50 (85-99)         | -0,030 | 0,076 |
| <b>Kalp hızı (atım/dk)</b>          |                     |                       |        |       |
| Başlangıç                           | 94 (56-133)         | 93 (56-130)           | -0,004 | 0,096 |
| Bitiş                               | 116 (55-162)        | 138,00 (78-172)       | -1,088 | 0,005 |
| <b>Sistolik Kan Basıncı (mmHg)</b>  |                     |                       |        |       |
| Başlangıç                           | 120,50 (100-157)    | 120,00 (99-153)       | -0,059 | 0,054 |
| Bitiş                               | 128 (103-182)       | 129,00 (91,00-189,00) | -0,014 | 0,088 |
| <b>Diastolik Kan Basıncı (mmHg)</b> |                     |                       |        |       |
| Başlangıç                           | 80 (53-112)         | 80,50 (64,00-110,00)  | -0,022 | 0,081 |
| Bitiş                               | 84 (69-115)         | 83,50 (54,00-111,00)  | -0,066 | 0,050 |
| <b>mBorg Yorgunluk</b>              |                     |                       |        |       |
| Başlangıç                           | 0,00 (0-1)          | 0,00 (0-1)            | -0,055 | 0,058 |
| Bitiş                               | 0,50 (0-8)          | 1,00 (0-6)            | -0,053 | 0,059 |
| <b>mBorg Dispne</b>                 |                     |                       |        |       |
| Başlangıç                           | 0,00 (0-2)          | 0,00 (0-2)            | -0,041 | 0,067 |
| Bitiş                               | 0,00 (0-3)          | 1,00 (0-7)            | -3,052 | 0,000 |
| <b>Yürüme Mesafesi (m)</b>          | 526,50 (420-670)    | 400,00 (200-920)      | -3,026 | 0,000 |
| <b>Test süresi, dk</b>              | 6,00                | 7,00 (5-12)           | -4,383 | 0,000 |
| <b>SmO<sub>2</sub> Avaraged</b>     |                     |                       |        |       |
| Başlangıç                           | 66,00 (35,00-92,00) | 65,00 (25,00-92,00)   | -0,074 | 0,045 |
| Bitiş                               | 62,00 (12,00-94,00) | 58,00 (24,00-99,00)   | -1,034 | 0,017 |
| <b>SmO<sub>2</sub> Live</b>         |                     |                       |        |       |
| Başlangıç                           | 65,50 (35,00-92,00) | 65,50 (25,00-95,00)   | -0,035 | 0,072 |
| Bitiş                               | 62,00 (12,00-95,00) | 58,50 (24,00-99,00)   | -1,025 | 0,021 |
| <b>THB (g)</b>                      |                     |                       |        |       |
| Başlangıç                           | 12,11 (11,08-12,77) | 12,16 (11,37-12,78)   | -0,007 | 0,094 |
| Bitiş                               | 12,10 (11,09-12,74) | 12,26 (11,07-12,92)   | -0,067 | 0,050 |

**6DYT:** Altı Dakika Yürüme Testi, **AHMYT:** Artan Hızda Mekik Yürüme Testi, **SmO<sub>2</sub>:** Kas Oksijen Saturasyonu, **SpO<sub>2</sub>:** Kan Oksijen Saturasyonu, **THB:** Total Hemoglobin

yapılmıştır. Sonuç olarak ise, erkeklerde  $SpO_2$  değerlerinin daha düşük, istirahat deoksijenasyon ve reoksijenasyon (Tx-reox) oranlarının daha yüksek, ilerleyen efor sırasında ise Tx-reox daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (12). Bahsi geçen çalışmadan farklı sonuçlar elde etmiş olmamızın nedeninin bu çalışmadan farklı olarak intercostal kasların oksijenizasyonunun değerlendirilmiş olması olabilir.

Çalışmamızda kas oksijenizasyonu intercostal kaslarda yapılmıştır. Bu kas grubunun seçilmiş olmasının nedeni, başlıca yardımcı solunum kaslarından biri olması ve egzersizde bu kas grubunun aktivite seviyesinin artmasıdır (13). Yapılan bir çalışmada sekiz kürekçi de artımlı kürek egzersizi sırasında NIRS yöntemini kullanarak aynı anda vastus lateralis ve biceps brachii kaslarının oksijenizasyonundaki değişiklikler karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda kürek çekme egzersizi sırasında biceps brachii'nin vastus lateralis'ten daha düşük oksijenlenme seviyesine sahip olduğu görülmüştür (14). Deneyimli arazi koşucularında kardiyopulmoner egzersiz testi sırasında intercostal kas oksijenizasyonunun incelendiği bir çalışmada, test sırasında meydana gelen kas oksijen saturasyonu değişiminin anlamlı bulunmadığı bildirilmiştir (15). Yüksek seviye rekabet maraton koşucularında yapılan başka bir çalışmada, intercostal kasların oksijenizasyonu vastus lateralis kasının oksijenizasyonu ölçülmüştür. Sonuç olarak artan maksimal egzersiz sırasında intercostallerde dokunun oksijenlenmesinin doğrudan solunum hızı ile ilişkili olduğu ve vastus lateralis'in dokularının oksijenlenmesinde intercostallere göre daha çok deoksijenizasyona uğradığı gözlemlenmiştir. Araştırmacılar yüksek düzeyde rekabetçi maraton koşucularında, artan egzersiz sırasında m. intercostales deoksijenizasyonunun doğrudan aerobik kapasite ve artan akciğer ventilasyonu ve solunum hızı ile ilişkili olduğunu tespit etmiştir (5). Literatüre göre vücut kan dağılımının eforla değiştiği ve özellikle aktif kaslarda oksijen ve kan akımının artacağı bilinmektedir (16). Bahsi geçen çalışmalarda ise farklı sonuçlar beyan edilmektedir. Çalışmamızda olgularda yardımcı solunum kas aktivitesinde vasküler yanıt oluşturacak düzeyde bir zorlanma oluşmamış olabilir.

İnterkostal kasların oksijenizasyonunda değişiklik tespit edilmemiş olmasının nedenlerinden biri de cihazın bu kasların oksijenizasyonunu ölçmeye uygun bir cihaz olup olmadığı sorusunu akla getirebilir. Egzersiz sırasında intercostal kas oksijenizasyonunun MOXY cihazıyla ölçümünün güvenilirliğini inceleyen bir çalışmada, 15 maraton koşucusu 7 gün aralıklarla iki farklı ölçüm yapılarak değerlendirilmiştir. Bu iki ölçüm bir test-tekrar test çalışmasıdır. Taşınabilir NIRS güvenilirliği düşük yoğunluklu egzersiz sırasında (dinlenme ve VT1) iyi ve yüksek yoğunluklu egzersiz sırasında (VT2 ve maksimum) mükemmel gözlemlenmiştir. Çalışma sonucunda egzersiz sırasında artan solunum çabasının, MOXY cihazı kullanılarak yeterince kaydedilebileceğini gösterilmiştir (17). Çalışmamızda cihazın intercostal aralığa

yerleştirilmesinde ve burada sabit tutulmasında bir zorluk yaşanmamıştır.

Yapılan egzersiz alan testlerinin yürüme mesafesinde, borg dispne bitiş ve test süresi değerlerinde anlamlı farklılık gözlemlenmiştir. Olgular günlük yaşam pratiğine daha yakın tempoda gerçekleştirilen 6DYT'de daha uzun mesafelerde yürüyebilmektedir. Üstelik bunu daha kısa sürede gerçekleştirebilmektedir. Testler sırasında hemodinamik yanıtların ve kas oksijenizasyon değişimlerinin benzer olmasına rağmen, yürüme mesafesinde oluşan bu farklılığın, AHMYT'de daha fazla meydana gelen dispne algısından kaynaklanabilir. Literatürde sağlıklı kişilerde bu alan testlerinin çalışmamızdaki ölçüm parametrelerinin karşılaştırılmasına rastlamadık. Diğer taraftan çalışma sonuçlarımıza paralel olarak, yaşlı aktif erişkinlerde yapılan bir çalışmada AHMYT'nin, 6DYT yürüme mesafesi kadar sürdürülemediği bildirilmiştir (18). Bu çalışmada yürümenin biyoenerjisi karşılaştırılmış, AHMYT  $VO_2$  tepe değerlerinin, 6DYT  $VO_2$  tepe değerlerinden daha yüksek bulunmuştur (18).

Egzersiz testlerinde oksijen saturasyonu ana takip parametrelerindendir. Artan hızda mekik yürüme testi ve 6DYT'nin karşılaştırıldığı bir makalede AHMYT'den sonra  $SpO_2$ 'deki düşüşün, 6DYT'deki düşüşe göre daha fazla olduğu bildirilmiştir.  $SpO_2$ 'deki değişiklik AHMYT sonrası  $SpO_2$ 'deki değişiklik ile korele olurken 6DYT deki korelasyon zayıf bulunmuştur. Çalışmada oksijen saturasyonu %90'ın altı olan hasta sayısı her iki yürüme testinden sonra benzerdir (19). Çalışmamızdaki olguların sağlıklı genç bireylerden oluşmasına rağmen, her iki test sırasında da desaturasyon yaşanan olgular mevcuttur. Fakat egzersiz testlerindeki saturasyon seviyeleri karşılaştırılmasında bir farklılık tespit edilmemiştir. Bu durum testlerin iş yükünden bağımsız olarak altta yatan farklı klinik özelliklerin etkili olabileceğini ve benzer olgularda desaturasyonun görülmüş olabileceğini akla getirmektedir.

Çalışmamızın birtakım sınırlılıkları bulunmaktadır. Çalışma kapsamında sadece intercostal kasların kas oksijenizasyonu ölçülmüştür. Alt ekstremitte veya farklı yardımcı solunum kaslarında eş zamanlı ölçümlerin yapılmamış olması bir sınırlılıktır. Bir başka görece limitasyonumuz testlerin herhangi bir kronik hastalığı olmayan gençlerde yapılmış olmasıdır. Çalışma sonuç ölçümlerinde istatistiksel olarak anlamlı seviyelerde farklılığın tespit edilmemiş olmasının nedeni, olgularda yeterli zorlanma derecelerinin oluşmamış olması olabilir. Fakat çalışmamızın ana amacının bu iki alan testi özelinde elde edilen yanıtlara odaklanmış olduğu unutulmamalıdır.

Çalışmamızdan elde edilen verilere göre AHMYT ve 6DYT'nin olgular üzerindeki hemodinamik yanıtları ve yardımcı solunum kas oksijenizasyonu yanıtları veya başka bir deyişle zorlanma dereceleri benzerdir. Fakat olgular 6DYT'yi daha iyi tolere edebilmekte, test süresi AHYT'ye

göre 6 dk ile sınırlanmış olmasına rağmen daha uzun mesafelerde yürüyebilmekte, daha az dispne şikâyeti yaşamaktadır. Sonuç olarak bahsi geçen avantajlar göz önünde bulundurulduğunda 6DYT'nin uygulama kolaylığı ve egzersiz kapasitesini göstermedeki başarısı dolayısıyla daha fazla tercih edilebilecek bir alan testi olduğu söylenebilir.

#### Teşekkür

Çalışmamızı 'TÜBİTAK 2209-A üniversite öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı' kapsamında destekleyen TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

#### Yazar Katkı Beyanı

Tüm yazarlar çalışmanın konseptine ve tasarımına katkıda bulunmuştur. Veri küratörü: **Eylem Çinkiliç, Enise Sert, İrem Çayır, Sema Nur Günaydın**; Biçimsel Analiz: **Eylem Çinkiliç, Enise Sert, İrem Çayır, Sema Nur Günaydın**; Finansman alımı: **Eylem Çinkiliç, Enise Sert, İrem Çayır, Sema Nur Günaydın**; Araştırma: **Eylem Çinkiliç, Enise Sert, İrem Çayır, Sema Nur Günaydın**; Metodoloji: **Eylem Çinkiliç, Enise Sert, İrem Çayır, Sema Nur Günaydın, Zeynep Betül Özcan, Esra Pehlivan**; Proje yönetimi: **Eylem Çinkiliç, Enise Sert, İrem Çayır, Sema Nur Günaydın**; Kaynaklar: **Eylem Çinkiliç, Enise Sert, İrem Çayır, Sema Nur Günaydın**; Yazılım: **Eylem Çinkiliç, Enise Sert, İrem Çayır, Sema Nur Günaydın**; Denetim: **Zeynep Betül Özcan, Esra Pehlivan**; Görselleştirme: **Eylem Çinkiliç, Enise Sert, İrem Çayır, Sema Nur Günaydın**; Yazan - Orijinal Taslak: **Eylem Çinkiliç, Enise Sert, İrem Çayır, Sema Nur Günaydın**; Yazan - inceleme ve düzenleme: **Enise Sert, İrem Çayır, Sema Nur Günaydın, Zeynep Betül Özcan, Esra Pehlivan**. Tüm yazarlar son metni okudu ve onayladı.

#### Çıkar Çatışması

Makalemiz ile ilgili herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile mali çıkar çatışması yoktur ve yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

#### Finansal Destek

Bu çalışma TÜBİTAK (Proje No: 1919B012301010) tarafından finanse edilmiştir.

#### Etik Kurul Onayı

Çalışmamıza Sağlık Bilimleri Üniversitesi Hamidiye Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 19.01.2024 tarih ve 23/685 sayılı etik kurul onayı alınmıştır.

#### Hakemlik Süreci

Kör hakemlik süreci sonrasında yayınlanmaya uygun görülmüştür.

#### KAYNAKLAR

- Koyuncu O. Egzersiz Kapasitesini Etkileyebilecek Hastalığı Bulunmayan Erişkin Bireylerde 6 Dakika Yürüme Testi ve Kalp Hızı toparlanma zamanının referans değerlerinin belirlenmesi Uzmanlık Tezi, Uludağ Üniversitesi, 2020.
- Dilektaşlı A. 2019. Kardiyopulmoner Egzersiz Testleri ve Alan Testleri. Güncel Göğüs Hastalıkları Serisi, 2019; 7 (1): 26-38
- Şen E. Egzersiz Fizyolojisi ve Egzersiz Testleri. Toraks Cerrahisi Bülteni, 2017; 10: 29-36
- Ceylan E. Kardiyopulmoner egzersiz testleri. Journal of Clinical and Experimental Investigations ,2014; 5 (3): 504-509
- Contreras-Briceño F, Espinosa-Ramírez M, Moya-Gallardo E, Fuentes-Kloss R, Gabrielli L, Araneda OF, Viscor G. Intercostal Muscles Oxygenation and Breathing Pattern during Exercise in Competitive Marathon Runners. Int J Environ Res Public Health. 2021;18(16):8287.
- Steppan J, Hogue CW, Jr. Cerebral and tissue oximetry. Best Pract Res Clin Anaesthesiol, 2014;28(4):429-39.
- Espinosa-Ramírez M, Moya-Gallardo E, Araya-Román F, Riquelme-Sánchez S, Rodríguez-García G, Reid WD, Viscor G, Araneda OF, Gabrielli L, Contreras-Briceño F. Sex-Differences in the Oxygenation Levels of Intercostal and Vastus Lateralis Muscles During Incremental Exercise. Front Physiol. 2021;12:738063.
- Shaw K, Butcher S, Ko J, Zello GA, Chilibeck PD. Wearing of Cloth or Disposable Surgical Face Masks has no Effect on Vigorous Exercise Performance in Healthy Individuals. Int J Environ Res Public Health. 2020;17(21):8110.
- Miller MR, Crapo R, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, Enright P, van der Grinten CP, Gustafsson P, Jensen R, Johnson DC, MacIntyre N, McKay R, Navajas D, Pedersen OF, Pellegrino R, Viegi G, Wanger J; ATS/ERS Task Force. General considerations for lung function testing ATS/ERS Task Force: Standardisation of Lung Function Testing. Eur Respir J, 2005;26:153-61.
- Singh SJ, Puhon MA, Andrianopoulos V, Hernandez NA, Mitchell KE, Hill CJ, Lee AL, Camillo CA, Troosters T, Spruit MA, Carlin BW, Wanger J, Pepin V, Saey D, Pitta F, Kaminsky DA, McCormack MC, MacIntyre N, Culver BH, Sciurba FC, Revill SM, Delafosse V, Holland AE. An official systematic review of the European Respiratory Society/American Thoracic Society: measurement properties of field walking tests in chronic respiratory disease. Eur Respir J. 2014 Dec;44(6):1447-78.
- Singh SJ, Morgan MD, Hardman AE, Rowe C, Bardsley PA. Comparison of oxygen uptake during a conventional treadmill test and the shuttle walking test in chronic airflow limitation. Eur Respir J. 1994 Nov;7(11):2016-20.
- Faria VC, Oliveira LFL, Ferreira AP, Cunha TEO, Fernandes JSA, Pussieldi GA, Pereira DAG. Reference values for triceps surae tissue oxygen saturation by near-infrared spectroscopy. Physiol Meas. 2022;43(10).
- Egan D.F. Solunumsal tedavinin temel kuralları (çeviri ed.1.Vidinel, H.Demirağlı).Ege Üniversitesi Matbaası, İzmir, 1976.
- Zhang Z, Wang B, Gong H, Xu G, Nioka S, Chance B. Comparisons of muscle oxygenation changes between arm and leg muscles during incremental rowing exercise with near-infrared spectroscopy. J Biomed Opt. 2010;15(1):017007.
- Romero-Arenal, S Quero-Calero, C.D. Abellan-Aynes, O. Andreu-Caravaca, L. Fernandez-Calero, M. Manonelles, P. Lopez-Plaza D. Assessment of Intercostal Muscle Near-Infrared Spectroscopy for Estimating Respiratory Compensation Point in Trained Endurance Athletes. Spor 2023; 11(11), 212.
- Rowell LB, Brengelmann GL, Murray JA, Kraning KKn, Kusumi F. Human metabolic responses to hyperthermia during mild to maximal exercise. J Appl Physiol, 1969; 26:395-402.

17. Contreras-Briceño F, Espinosa-Ramirez M, Hevia G, Llambias D, Carrasco M, Cerda F, López-Fuenzalida A, García P, Gabrielli L, Viscor G. Reliability of NIRS portable device for measuring intercostal muscles oxygenation during exercise. *J Spor Bilimleri* 2019;37(23):2653-2659.
18. Leone M, Duvergé S, Kalinova É, Bui HT, Comtois AS. Comparison of bioenergetics of walking during a multistage incremental shuttle walk test and a 6-min walk test in active older adults. *Aging Clin Exp Res.* 2017;29(2):239-246.
19. Lewko A. Ambulatory oxygen therapy assessment: a comparative study of incremental shuttle and 6-minute walking tests. *Physiotherapy* 93, 2007; 261-266.

