

Kardiyopulmoner Egzersiz Testleri ve Alan Testleri

Cardiopulmonary Exercise Tests and Field Tests

Dr. Aslı GÖREK DİLEKTAŞLI

Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Bursa

ÖZET

Kronik solunum hastalığı bulunan bireylerde, egzersiz sırasında artan kardiyorespiratuar ve kas sistemleri üzerinde artan talep karşılanamadığı için sıklıkla, egzersiz intoleransı ve efor dispnesi gelişmektedir. Egzersiz testleri hem tanıda hem de gerçekleştirilen tedaviye cevabın değerlendirilmesinde kullanılan çok amaçlı testlerdir. Egzersiz kapasitesi basit alan testleri ile değerlendirilebileceği gibi, daha komplike kardiyopulmoner egzersiz testleri ile de değerlendirilebilir. Tüm egzersiz testleri, standart öneriler doğrultusunda gerçekleştirildiğinde güvenlidir.

Anahtar Kelimeler: Kardiyopulmoner egzersiz testi, mekik yürüme testi, altı-dakika yürüme testi.

ABSTRACT

Patients with chronic lung disease frequently experience exercise intolerance and exertional dyspnea as a result of an imbalance between the load on cardiorespiratory and muscle system and their capacity to accomplish the task. Exercise tests have become a versatile tool for diagnosis and evaluation of response to interventions such as exercise training. Exercise capacity can be assessed by relatively simple field tests and sophisticated cardiopulmonary exercise tests. All exercise tests are safe when performed according to recommended precautions.

Key Words: Cardiopulmonary exercise testing, shuttle walking test, six-minute walking test.

Yazışma Adresi / Address for Correspondence

Doç. Dr. Aslı GÖREK DİLEKTAŞLI
Bursa Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Bursa
e-posta: asligorekd@gmail.com
DOI: 10.5152/gghs.2019.003

Kronik solunum hastalığı bulunan bireyler, mevcut hastalığa bağlı etkilenim nedeniyle, efor/egzersiz sırasında artan kardiyorespiratuar talep ve kas metabolik aktivitesini karşılayamadıkları için genellikle egzersiz intoleransı gelişmektedir. Egzersiz sırasında iskelet kasının ihtiyacı olan enerji, hem aerobik (solunum sırasında alınan O₂ ve vücutta bulunan depolar) hem de anaerobik (kreatin-fosfat depolarının yıkımı ve laktat ile H⁺ oluşumu) depolardan karşılanmaktadır. Sağlıklı bireylerde, maksimal egzersizin sonlandırılmasına yol açan nedenler, iskelet kas yorgunluğu ve/veya maksimum O₂ transport kapasitesini aşan O₂ gereksinimine bağlı nefes darlığı gelişimidir. Solunum hastalığı bulunan bireylerde de egzersize verilen fizyolojik cevap, genel olarak sağlıklı bireylere benzerdir. Egzersiz sırasında artan iş yükü ile O₂ alımı, CO₂ üretimi, ventilasyon cevabı ve kardiyak debi artar. Ancak mevcut solunum hastalığının şiddetine göre, egzersiz sırasında bu parametrelerin erişebildiği pik düzey giderek azalır⁽¹⁾.

Egzersiz limitasyonu, ventilatuar yetmezlik, dispne algısındaki değişim, farklı kardiyopulmoner etmenler, iskelet ve solunum kas disfonksiyonu ve hastalığın sistemik etkileri gibi farklı nedenlerle gelişebilir. Bu nedenle, pulmoner rehabilitasyon adayının, program sırasında fiziksel performansında artış sağlayabilecek programın yapılandırılabilmesi için, egzersiz kapasitesini olumsuz yönde etkileyen başlıca nedenlerin anlaşılması gerekmektedir⁽¹⁾.

Gerek alan testleri, gerekse kardiyopulmoner egzersiz testleri solunum hastalığının yol açtığı patofizyolojik sürecin ve hastalığa bağlı etkilenimin çok boyutlu değerlendirilmesi için gereklidir. İstirahatte ölçülen solunum testleri ve kardiyak parametreler, egzersiz kapasitesini öngörmekte yetersiz kalmaktadır⁽²⁾.

Egzersiz kapasitesi, alan testleri yardımıyla veya kardiyopulmoner egzersiz testleri ile değerlendirilebilir. Kardiyopulmoner egzersiz testleri, alan testlerine göre daha kapsamlı değerlendirme imkanı vermektedir. Özellikle de egzersiz kısıtlanmasına yol açan faktörün objektif olarak saptanmasını (solunum işi, kardiyak/dolaşım bileşeni veya iskelet kası bileşeni gibi) sağlarlar. Ayrıca, egzersiz testlerinin hem hastalık progresyonunun izlenmesi, hem de tedavi cevabının değerlendirilmesinde kullanımı ve ölçülmesi önerilen sonlanım noktaları ile ilgili giderek artan sayıda bilimsel veri mevcuttur⁽³⁾.

Kardiyopulmoner Egzersiz Testleri

Egzersiz cevabına katkı sunan tüm sistemleri (pulmoner, kardiyovasküler, hematopoetik, nöropsikolojik ve iskelet kas fonksiyonları) kapsamlı değerlendirme imkânı verir. KPET, özellikle nefes darlığını ve dinamik hiperinflasyonu azaltmaya yönelik yaklaşımların (pulmoner rehabilitasyon, noninvaziv mekanik ventilasyon, volüme azaltıcı cerrahi, bronkodilatörler gibi) uygulandığı KOAH'lı hastaların monitörisasyonunda özellikle faydalıdır⁽¹⁻³⁾.

Pulmoner rehabilitasyon uygulamalarının en temel bileşeni olan egzersiz eğitimi öncesinde uygulanan kardiyopulmoner egzersiz, optimal egzersiz eğitiminin hangi yoğunlukta uygulanması gerektiğinin yanı sıra, egzersizin güvenilirliği hakkında bilgi vermektedir. Egzersiz eğitimi sonrasında da fizyolojik kazanımların objektif olarak değerlendirilmesi için testler tekrarlanmalıdır⁽⁴⁾.

Test endikasyonları Tablo 1'de, kontrendikasyonları ise Tablo 2'de yer almaktadır. Rölatif kontrendikasyonların varlığında, potansiyel yarar, zarar dengesi düşünülerek hasta bazında karar verilmesi önerilmektedir. Günümüzde tüm egzersiz testleri, önerilen standartlarda uygulandığında "güvenli" olarak kabul edilmektedir. Herhangi bir egzersiz testinin bir diğerinden daha güvenli olduğunu söylemek de mümkün değildir⁽³⁾. KPET ile iki farklı tipte egzersiz uygulanabilir⁽²⁾:

1. Treadmill ile yürüyüş,
2. Bisiklet ergometrisi.

İki farklı tipte egzersizin de farklı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır, Tablo 3 Treadmill ile yürüyüş uygulanması, hastaların günlük aktivitelerine daha yakın bir egzersiz tipi olduğu için genellikle daha kolay uygulanabilmektedir. Ancak treadmill ile uygulanan iş yükünü net olarak ölçmek mümkün olmayabilir. Treadmillin hızı, eğimi ile uygulanan iş yükünün metabolik karşılığı olan VO₂ arasındaki ilişki net olarak ölçülememekte, tahmin edilmektedir. Bu ilişki, bireyin vücut ağırlığı ve uyguladığı ritim gibi faktörlerden de etkilenmektedir⁽⁵⁾. Bir diğer yandan, bisiklet ergometrisinde ölçümler, bireyin vücut ağırlığından etkilenmemektedir, bu nedenle iş yükü ve VO₂ arasındaki ilişki daha sağlıklı bir şekilde değerlendirilebilmektedir⁽²⁾. Bisiklet ergometrisinde, treadmill göre daha az desatürasyon gelişmektedir⁽⁶⁾.

Tablo 1. KPET Endikasyonları.**Egzersiz toleransının değerlendirilmesi**

- Fonksiyonel kapasitenin belirlenmesi
- Egzersizde kısıtlanmaya yol açan faktörler ve patofizyolojik mekanizmaların belirlenmesi

Nedeni bilinmeyen egzersiz intoleransının değerlendirilmesi

- Kardiyak ve pulmoner nedenlerin ayırt edilmesi
- İstirahatte yapılan ölçümlerle uyumsuz semptomların değerlendirilmesi
- Dispne etyolojisinin araştırılması

Kardiyovasküler hastalıkların kapsamlı değerlendirilmesi

- Kalp yetmezliği
- Kardiyak transplantasyon için hasta seçimi
- Kardiyak rehabilitasyonda egzersiz reçetelendirilmesi ve egzersiz eğitimi sonrası tedavi cevabının takibi

Solunum hastalıklarının kapsamlı değerlendirilmesi

- KOAH
- İntersitisyel akciğer hastalıkları
- Pulmoner vasküler hastalıklar
- Kistik fibrozis
- Egzersiz-ilişkili bronkospazm

Özel klinik durumlar

- Preoperatif değerlendirme
- Pulmoner rehabilitasyon öncesi egzersiz kapasitesinin değerlendirilmesi ve egzersiz reçetelendirilmesi
- Maluliyet değerlendirme
- Akciğer, kalp-akciğer nakli öncesi değerlendirme

Egzersiz Test Protokolleri

1. Artan iş yükü testleri,
2. Sabit iş yükü testleri olarak iki grupta uygulanabilir⁽⁷⁾.

Artan İş Yükü Testleri

Artan iş yükü testlerinde, test edilen bireyin tolere edebileceği maksimum iş yükü seviyesine erişilmesi hedeflenir. İş yükü arttıkça, VE, VO₂ ve VCO₂'de artar. Artan iş yükü protokolü ile gerçekleştirilen standart bir testte, üç dakikalık istirahat, üç dakikalık yüksüz pedal çevirme/ısınma fazlarını takip eden her bir dakikada belirli bir oranda artan iş yükünün uygulandığı egzersiz fazı bulunmaktadır. Egzersiz fazı, kişi semptomlar nedeniyle testi devam ettiremeye kadar veya test hekim tarafından sonlandırılana

kadar sürdürülür. Test başında, kişinin yaklaşık 10 dakikalık bir egzersiz fazı sürdürebileceği bir iş yükü artış miktarı (5-25 Watt/dakika) belirlenmelidir. Egzersiz fazı 8-12 dakika süren egzersiz testlerinin yararlı tanısal bilgi verdiği kabul edilmektedir⁽⁷⁸⁾. Egzersiz fazını yine yüksüz ve daha yavaş frekansta pedal çevirmeyi izleyen, üç dakikalık bir soğuma fazı takip eder ve test sonlandırılır. KPET, treadmill ile gerçekleştirilecekse de benzer şekilde artan iş yükü protokolleri tanımlanmıştır^(9,10).

Sabit İş Yükü Testleri

Sabit iş yükü testlerinde ise istirahat ve ısınma fazlarını, orta şiddette bir iş yükü ile gerçekleştirilen bir egzersiz fazı takip eder. Kişinin, sabit iş yükünü tolere edebildiği süre, yani egzersiz fazının süresi, endurans zamanı olarak adlandırılır. Özellikle tedavi (bronkodilatör, pulmoner rehabilitasyon, cerrahi vb.) cevabının değerlendirilmesi amacıyla kullanılması önerilen egzersiz test protokolüdür^(11,12). Endurans zamanı, uygulanan tedaviye en duyarlı egzersiz testi parametresidir⁽¹³⁾. Bir sabit iş yükü testinde, iş yükü test öncesinde yapılan artan iş yükü testinde elde edilen maksimal iş yükünün %50-70'i olarak ayarlanmalıdır.

KPET sırasında ölçülen parametreler Tablo 4'te belirtilmiştir. Genel olarak ölçülen parametreler iş yükü, gaz değişim parametreleri; VO₂: Oksijen alımı, VCO₂: Karbondiyoksit atılımı, VE: Dakika ventilasyonu, elektrokardiyografi monitorizasyonu, kan basıncı ve pulse oksimetri ile ölçülen oksijen saturasyonudur⁽²⁾. Kan gazı örneklenildiğinde, gaz değişimi hakkında daha detaylı bilgi edinilmekte, ventilasyon perfüzyon dengesizliği ve ölü boşluk solunumu (VD/VT) ölçülebilmektedir. Ayrıca, egzersiz testleri sırasında inspiratuar kapasite ölçülerek dinamik hiperinflasyon gelişimi de değerlendirilebilir. Genellikle, solunumsal hastalığı olan bireyler, fizyolojik üst limitlerine ulaşmadan semptomlar nedeniyle egzersiz testini sonlandırmak durumunda kalırlar⁽¹⁴⁾. Bu nedenle, test sırasında dispne, bacak yorgunluğu gibi semptomların standart ölçeklerle takip edilmesi gereklidir. Vizüel Analog Skalası, Borg Skalası bu amaçla kullanılabilir^(15,16).

Artan iş yükü protokollü KPET'lerinde ölçülmesi hedeflenen birincil parametreler; PikVO₂ Pik iş yükü (WR), laktat eşiği (anaerobik eşik) ve VE-VCO₂'dir. Tüm bu parametreler için beklene değerler tanımlanmıştır. Sabit iş yükü KPET'lerinde ise ölçülmesi hedeflenen birincil parametreler; endurans zamanı

Tablo 2. KPET kontrendikasyonları.

Mutlak kontrendikasyonlar	Rölatif kontrendikasyonlar
Yeni geçirilmiş akut miyokard infarktüsü (üç-beş gün)	Sol ana koroner stenozu veya ekivalanı
Unstabil anjina pektoris	Orta derecede kardiyak kapak darlığı hastalığı
Semptomatik ve hemodinamik instabiliteye yol açan kontrolsüz aritmiler	Ağır hipertansiyon (sistolik KB >200 mmHg, sistolik KB > 120 mmHg)
Akut endokardit, myokardit, perikardit	Elektrolit dengesizliği
Semptomatik ağır aort stenozu	Ağır pulmoner hipertansiyon
Akut kalp yetmezliği	Aritmiler
Akut pulmoner tromboemboli	Hipertrofik kardiyomiyopati
İnfeksiyon, böbrek yetmezliği gibi egzersizi etkileyebilen veya egzersizle kötüleşen akut hastalık varlığı	Ağır atrioventriküler blok
	Alt ekstremitelerin trombotik hastalığı
	Kooperasyon yetersizliği

Tablo 3. Bisiklet ergometri ile treadmill karşılaştırılması.

	Bisiklet ergometrisi	Treadmill
VO ₂ max	Daha az	Daha fazla
Ses ve artefaktlar	Daha az	Daha fazla
Kan gazı örneklenmesi	Daha kolay	Daha zor
Güvenilirlik	Düşme riski daha az	Düşme riski daha yüksek
Egzersize katılan kas kütlesi	Daha az	Daha fazla
Hipoksi gelişme olasılığı	Daha az	Daha fazla

(tlim), izozaman inspiratuar kapasite ile dispne, bacak yorgunluğu gibi semptomların şiddetidir⁽³⁾.

PikVO₂ test edilen bireyin aerobik kapasitesini yansıtan altın-standart parametredir^(2,3). Tekrar edilebilir bir ölçümdür. Öğrenme etkisi tanımlanmamıştır, bu nedenle güvenilir tek testten elde edilen ölçüm yeterlidir. PikVO₂, pek çok kronik solunum hastalığında sağkalım için mükemmel bir belirleyicidir. Pulmoner arteriyel hipertansiyon hastalarında, hastalık şiddetini öngörebilir⁽¹⁷⁾. KOAH'da, GOLD'a göre tanımlanan spirometrik KOAH evreleri ile koreledir⁽¹⁸⁾. Kişinin günlük aktivitelerini gerçekleştirebilmesi için yeterli bir aerobik kapasiteye sahip olması gereklidir ve PikVO₂ günlük yaşam aktiviteleri ile iyi korelasyon göstermektedir⁽¹⁹⁾. PikVO₂ için minimal klinik anlamlılık değeri ile ilgili mevcut bilgiler kısıtlıdır. NETT çalışmasında, PikVO₂ için mi-

nimal klinik anlamlılık değeri 0.04 ± 0.01 L/dakika olarak tanımlanmıştır⁽²⁰⁾. Pulmoner arteriyel hipertansiyonda ise, PikVO₂ hasta yönetiminde tedaviyi yönlendirici bir parametre olarak kabul edilmekte olup; PikVO₂ < 10 mL/dakika/kg değerinin altı kötü prognostik belirteç olarak kabul edilmektedir⁽²¹⁾.

KOAH'da, artan iş yükü protokolüyle gerçekleştirilen KPET'de pikVO₂ değerinde %11'lik, pik WR'de ise ortalama 6.8 watt artışın; sabit iş yükü protokolüyle gerçekleştirilen KPET'de ise endurans zamanında 105 saniyelik artış pulmoner rehabilitasyon cevaplılığı olarak kabul edilmesi önerilmektedir⁽³⁾.

Kardiyopulmoner egzersiz test sonucunun değerlendirilmesi için, genel olarak egzersizde kısıtlanmaya yol açan patofizyolojik süreçler ve farklı hastalıklarda gözlenebilen spesifik egzersiz cevabı paternleri (Tablo 5) hakkında bilgi sahibi olunması

Tablo 4. Kardiyopulmoner egzersiz testlerinde ölçülebilen invaziv ve noninvaziv parametreler.

Parametreler	Noninvaziv	İnvaziv (Arter kan Gazları)
Eksternal iş yükü	WR	
Metabolik gaz değişimi	VO ₂ , VCO ₂ , AT	Laktat
Kardiyovasküler	fc, EKG, KB, O ₂ sunumu	
Solunumsal	VE, VT, fR	
Pulmoner gaz değişimi	SaO ₂ , VE/VCO ₂ , VE/VO ₂ , PETO ₂ , PETCO ₂	PaO ₂ , SaO ₂ , P(A-a)O ₂ , VD/VT
Asit-Baz dengesi		pH, PaCO ₂ , standart HCO ₃ -
Semptomlar	Dispne, yorgunluk, göğüs ağrısı	

WR: İş yükü, VO₂: Oksijen uptake, VCO₂: Karbondioksit atılımı, AT: Anaerobik eşik, fc: Kardiyak frekans, KB: Kan basıncı, VE: Dakika ventilasyonu, VT: Tidal volüm, fR: Solunum frekansı, SaO₂: Puls oksimetri ile ölçülen arteriyel oksijen saturasyonu, PETO₂: End tidal, O₂ basıncı, PETCO₂: End-tidal, CO₂ basıncı, P(A-a)O₂: Alveolo-arteriyel oksijen gradiyenti, VD/VT: Fizyolojik ölü boşluk/ tidal volüm oranı, PaCO₂: Arteriyel, CO₂ basıncı, PaO₂: Arteriyel, O₂ basıncı.

Tablo 5. Farklı durumlarda KPET bulguları.

	DPAH	KY	KOAH	PVH	Obezite	Kondüsyonsuzluk
Pik VO₂	↓	↓	↓	↓	N	↓
AT	↓/N	↓	N/↓	↓	N	N/↓
HR	↓/N	Değişken/N	↓/N	N/hafif ↓	N/hafif ↓	N/hafif ↓
O₂ pulse	↓	↓	↓/(N)	↓	N	↓
BR	↓	N/↓	↓	N	N/↑	N
VE/VCO₂ (AT'de)	N	↑	↓	↑	N	N
VD/VT	N/↑	↑	↑	↑	V	N
PaO₂	↓	N	Değişken	↓	N/↑	N
SpO₂	↓	N	Değişken	↓	N	N

VO₂: Oksijen uptake; AT: Anaerobik eşik; HR: Kalp hızı, O₂ pulse: VO₂/HR; BR: Solunum rezervi; VE: Dakika ventilasyonu; VCO₂: Karbondioksit atılımı, VT: Tidal volüm; VD/VT: Ölü boşluk solunumu; PaO₂: Arteriyel O₂ basıncı; SpO₂: Puls oksimetri ile ölçülen arteriyel oksijen saturasyonu.

gereklidir. Egzersiz kısıtlanmasına yol açan nedenin saptanması için sistematik bir akış şeması ile değerlendirme yapılması önerilmektedir⁽²⁾. Önerilen akış şemalarının tümü PikVO₂ ve AT değerlerinin normal olup olmadığının değerlendirilmesi ile başlamaktadır. Daha sonra solunum rezervi (BR), kalp hızı (HR) ve VO₂, ventilasyon, perfüzyon, VO₂ ve iş yükü (WR) değerlendirilerek ayırıcı tanı yapılmaktadır⁽²⁾. Burada sık görülen pulmoner hastalıklardaki egzersiz testi bulguları kısaca özetlenecek olup, daha detaylı değerlendirme için refere edilen kaynakların değerlendirilmesi gereklidir.

Güvenilirlik

Uygun bir şekilde ve gözetimle gerçekleştirilen kardiyopulmoner egzersiz testlerinde advers olaylar nadir görülür. Kardiyopulmoner egzersiz testlerinin güvenilirliğini değerlendiren en geniş çalışmada, kardiyovasküler hastalığı bulunan, 196'sı pulmoner arteriyel hipertansiyon olgusu olan toplam 5060 yüksek riskli hastada KPET gerçekleştirilmiş, advers olay sıklığı %0.16 bildirilmiş ve mortalite gözlenmemiştir⁽²²⁾.

Sık Görülen Pulmoner Hastalıklardaki Egzersiz Testi Bulguları

KOAH

KOAH'lı hastalarda egzersize değişken yanıt örnekleri görülebilir. Bu hastalarda saptanan egzersiz kısıtlanmasında pek çok bileşen birlikte rol almaktadır. Bu bileşenler;

1. Solunum sistem mekaniklerinde bozulma ve solunum kas disfonksiyonu nedeniyle ventilatuar bileşende kısıtlanma,
2. Metabolik ve gaz değişim anormallikleri,
3. Periferik kas disfonksiyonu,
4. Kardiyak problemler,
5. Fiziksel zorlanma ile ortaya çıkan semptomlara intolerans, bacak ağrısı,
6. Bu bağımsız bileşenlerin farklı kombinasyonlarıdır.

Her hastada hastalığın farklı evrelerinde farklı bileşenler birlikte rol alabilir ve farklı bileşenlerin egzersiz kısıtlanmasına olan katkısı baskın hale geçebilir^(23,24). KOAH'ta V/Q bozukluğuna ikincil olarak ölü boşluk ventilasyonu artar, PaO₂ ve pH düşer, hücre içi asidoz oluşur, solunum uyarılır, solunum ihtiyacı artar ve dispne ile beraber egzersiz kısıtlanması ortaya çıkar. Solunum işinin artması, havayolu obstrüksiyonun da artmasına neden olarak egzersizde kısıtlanma meydana getirir. KOAH'ta egzersizin kısıtlanmasına neden olan diğer bir mekanizma ise dinamik hiperinflasyon yani end ekspiratuar akciğer hacminin (EELV) artması sonucunda inspi-ratuvar kapasitenin (IC) azalmasıdır⁽²⁵⁾.

Orta-ağır KOAH'lı hastalarda solunum frekansı artar ve sağlıklı olgularla karşılaştırıldığında aynı dakika ventilasyonundaki (VE) tidal volüm (VT) azalır, dinamik hiperinflasyon nedeniyle EELV'de artış IC'de azalma ile sonuçlanır⁽²⁶⁾. Dinamik hiperinflasyon nedeniyle gelişen bozuk VT ve IC nedeniyle solunum işi artar ve dispne gelişir.

KOAH'da artan ölü boşluk solunumu ve anormal VD/VT (fizyolojik ölü boşluk/tidal volüm) sonucunda submaksimal dakika ventilasyonunda artış ve karbondioksit ventilatuar ekivalanında (VE/VCO₂) artış saptanır. Egzersizde gelişen metabolik asidoza azalmış ventilasyon cevabına bağlı alveoler ventilasyonda azalma sonucunda PaCO₂ düzeyi yükselir veya normal kalır. Egzersiz sırasında gelişebilen hiperkapni ve VA (alveoler ventilasyon)/Q

(perfüzyon) dengesizliğinin, dinamik hiperinflasyon nedeniyle solunumdaki mekanik kısıtlanmaya bağlı olduğu ileri sürülmektedir⁽²⁷⁾.

Diffüz Parenkimal Akciğer Hastalıkları

Diffüz parenkimal akciğer hastalıklarında (DPAH) egzersiz testleri, istirahatte solunum fonksiyon testlerine yansımaya gaz değişim kusurunun saptanmasında faydalıdır. DPAH egzersize karşı bazı ortak yanıt şekilleri gösteren geniş ve heterojen bir hastalık grubudur. Süregelen inflamasyon sonucu gelişen parankimal hasar sonucunda elastik recoil azalmış ve solunum işi artmıştır. Bu egzersiz kısıtlanmasına yol açmaktadır. Kapiller yatakta gelişen hasara bağlı damar yatağında direnç artar, sol ventrikül dolumu azalır. Böylece azalan kardiyak işlev de egzersiz kısıtlanmasına yol açar. Bir diğer yandan inflamasyon nedeniyle havayollarındaki kemo ve mekanoreseptörlerin uyarılması sonucunda VT'ü arttırmak amacıyla solunum sayısı artmıştır. Ek olarak, aerobik kapasite azalır ve P (A-a) O₂ artar^(28,29).

Egzersiz testleri, DPAH'larının tanısında ve prognozunda saptanmasında kullanılmaktadır.

Pulmoner Vasküler Hastalık

Pulmoner vasküler hastalıklarda (pulmoner hipertansiyon, primer pulmoner hipertansiyon, pulmoner vaskülit, pulmoner emboli, kronik tromboembolik hastalık vb.) egzersiz önemli derecede kısıtlanmaktadır. Kardiovasküler kısıtlanma genellikle pulmoner vasküler tutulumun derecesi, alta yatan pulmoner vasküler patolojinin tipi, hastalığın süresi, kardiyak rezerv ile ilişkili olup, artan pulmoner vasküler direnç ve sağ ventrikül ardyüküne yanıt olarak kardiyak debide yeterli artış sağlanamamaktadır⁽³⁰⁾. Genellikle, pik iş yükü ve pikVO₂ düşük saptanır⁽³¹⁾. HR-VO₂ eğrisi sola yer değiştirir ve submaksimal HR beklenenden daha yüksek düzeylere ulaşır. PikO₂ pulse düşük saptanır.

Kronik pulmoner vasküler hastalıklarda maksimal oksijen tüketimi (VO₂max) hastalığın şiddeti ve fonksiyonel vasküler yatak ile korele bir parametre olup, yüksek pulmoner vasküler direnç ve düşük kardiyak indeksli hastalarda daha düşüktür. Primer pulmoner hipertansiyonlu hastalarda PikVO₂'deki düşüş kardiyak debi ve fonksiyonel kapasitedeki düşüşü yansıtmaktadır. Ancak primer pulmoner hipertansiyonlu hastalarda senkop, aritmi ve/veya akut sağ kalp yetmezliği varlığında KPET yapılması ciddi mortalite riskine sahip olduğundan uygulanmamalıdır⁽³²⁾.

ALAN TESTLERİ

Alan testleri kronik solunum hastalıklarında, hastaların fonksiyonel egzersiz kapasitelerinin belirlenmesi ve egzersiz performansını sınırlayan dispne, yorgunluk, desatürasyon gibi faktörlerin saptanması amacıyla sıkça kullanılan testlerdir. Az teknik ekipman gerektirmesi, uygulanması ucuz ve kolay olan bu testlerden altı dakikayürüme testi (6DYT) ve mekik yürüme testleri ise alan testleri arasında en yaygın kullanılan testlerdir⁽³³⁾.

Altı Dakika Yürüme Testi

Altı dakika yürüme testi, hastaların kendi adımlama hızlarında yürüdükleri bir yürüme kapasitesi testidir. Hastalar altı dakika süre içerisinde düz bir koridorda yürüyebildikleri kadar çok yürümeli, test sırasında standardize komutlar ve cesaretlendirme cümleleri kullanılmalıdır. 6DYT, fonksiyonel egzersiz kapasitesini ölçen, yapısal geçerliliği yüksek, egzersiz performansı ve fiziksel aktivite ölçekleri ile yüksek düzeyde ilişki gösteren bir testtir. Başlıca kullanım alanları:

1. Fonksiyonel egzersiz performansının değerlendirilmesi,
2. Kardiyak veya solunum hastalığı olan olgularda fonksiyonel durumun değerlendirilmesi,
3. Tedavi etkinliğinin değerlendirilmesi ve tabibi,
4. Prognoz tayini,
5. Pulmoner rehabilitasyon programlarında uygulanacak egzersiz yoğunluğunun belirlenmesidir.

Testin primer sonlanım noktası, hastanın altı dakika boyunca yürüdüğü toplam mesafe olan, altı dakika yürüme mesafesidir (6DYM). 6DYM ise, kronik solunum hastalığı bulunan bireylerin değerlendirilmesinde geçerliliği gösterilmiş bir parametredir. 6DYM, testin uygulanışı sırasındaki değişikliklere oldukça duyarlı bir parametredir. Bu nedenle tanımlanan teknik standartlara uyulması oldukça önemlidir. Test sırasında destek oksijen tedavisinin uygulanması, oksijen cihazının test sırasında transportu ve taşınmasının nasıl yapıldığı, tekerlekli destek, baston gibi yardımcı yürüme cihazlarının kullanılıp kullanılmaması, testin farklı parkurlarda (dış ortam/iç ortam, düz parkur/sirküler parkur, değişen (20/30/40 metrelik) parkur uzunluğu vb.) uygulanması 6DYM sonucunu anlamlı düzeyde etkileyebilir, bazı durumlarda bu etki klinik anlamlılık düzeyinin de aşılmasına neden olabilir. 2014 yılında Avrupa Solunum Derneği ve Amerikan Toraks Der-

neği yayınladıkları Teknik Standartlar Raporunda test metodunu ve uyumun önemini detayla vurgulamakta olup, testin uygulanışında bu standartların takip edilmesi gerekli olup, bu derlemede de bu güncel standartlara yer verilmiştir^(33,34). Özellikle aynı hastanın takibinde kullanılacak tekrarlayan ölçümler yapıldığında, bir önceki testin uygulanış standartlarının tekrarlanması önerilmektedir (aynı düzeyde oksijen desteği sağlanması, aynı parkurda testin tekrarlanması, oksijen desteğinin aynı şekilde taşınması gibi).

Altı Dakika Yürüme Testi Uygulaması

Hastaların kendi adımlama hızlarında yürüdükleri bir fonksiyonel yürüme kapasitesi testidir. Hastalar altı dakika süre içerisinde düz bir koridorda yürüyebildikleri kadar uzağa yürür. Standardize komutlar ve cesaretlendirme cümleleri kullanılır (Tablo 6,7). Primer sonlanım noktası: Altı dakika yürüme mesafesidir.

6DYT sırasında destaurasyon gelişmesi, düşük fizik aktivite, daha hızlı FEV₁ kaybı ile ve kötü prognozla ilişkilidir^(35,36). Egzersiz desatürasyonu gelişimini göstermede, bisiklet ergometrisinden daha duyarlı bir testtir⁽³⁷⁾. Test süresinde pulse oksimetri ile oksijen saturasyonunun takibi ve en düşük SpO₂ değerinin kaydedilmesi önerilmektedir. Güncel literatür verileri, 6DYT'nin, SpO₂ değeri %80'in altına düşüne kadar devam ettirilebileceğini ve testin bu koşullarda uygulandığında güvenilirliğinin oldukça yüksek olduğunu göstermekte ve günümüzde testin bu standartlarda uygulanması önerilmektedir⁽³⁴⁾.

Tablo 6. Altı dakika yürüme testi için standart yönergeler.

- Bu testin amacı altı dakika boyunca yürüyebildiğiniz kadar çok yol yürümenizdir. Altı dakika süresince bu parkurda, işaretler arasında gidebildiğiniz kadar çok yürüyeceksiniz.
- Altı dakika boyunca geçen her bir dakikayı size bildireceğim ve altıncı dakikada olduğunuz yerde durmanızı isteyeceğim. Altı dakika uzun bir süre, bu nedenle yorulacaksınız. Gerek duyduğunuzda yavaşlayabilirsiniz, durabilirsiniz, ancak lütfen mümkün olan en kısa sürede tekrar yürümeye başlayın.
- Unutmayın, hedefiniz altı dakika boyunca yürüyebildiğiniz kadar çok yol yürümenizdir, fakat koşmayın
- Sorunuz var mı?

Klinik Anlamlılık Düzeyi ve Referans Değerler

6DYM, KOAH, interstisyel akciğer hastalıkları ve pulmoner arteriyel hipertansiyon gibi hasta gruplarında yapılan tedaviye duyarlı bir parametredir⁽³⁴⁾. Egzersiz eğitimine yanıt, farmakoterapiye göre daha belirgindir. 6DYM için daha önce pek çok minimal klinik anlamlılık düzeyi tanımlanmış olsa da, günümüzde kronik solunum hastalarının değerlendirilmesinde, 6DYM'de 30 m (25-33 m)'lik artışın klinik düzeyde anlamlı iyileşmeyi yansıttığı kabul edilmektedir.

6DYM'nin değerlendirilmesi için pek çok referans denklem tanımlanmıştır. Ancak farklı denklemlerle değerlendirildiğinde hesaplanan beklenen değerler oldukça büyük farklılık göstermektedir⁽³⁸⁾. Testlerin yapılış uygulamalarındaki farklılık nedeniyle bu büyük varyasyonun oluştuğu düşünülmektedir. Bu nedenle test edilen popülasyonu en iyi temsil eden referans değerlerin seçilmesi ve kullanılması önerilmektedir⁽³³⁾.

Öğrenme Etkisi, Güvenilirlik ve Geçerlilik

İki veya daha fazla test uygulandığında öğrenme etkisi ile daha uzun yürüme mesafeleri kaydedilmiştir (26.3 m)⁽³⁴⁾. Bu durum özellikle 6DYT tedavi yanıtını değerlendirmek üzere kullanıldığı durumlarda

önem kazanmaktadır. Bu nedenle, iki test yapılması ve en iyi olan test sonucunun dikkate alınması önerilmektedir. Üç testten sonra bu etki kaybolmakta, 6DYM değişmemektedir. Aynı hastada takip için kullanıldığında, yakın zamanda yapılan bir 6DYT varsa, tek ölçüm yeterli olabilir⁽³³⁾.

6DYM, kronik akciğer hastalıkları içinde değerlendirildiğinde oldukça yüksek intra-klass korelasyon ($r=0.7-0.9$) göstermektedir, bu nedenle bu hastaların takibinde ve değerlendirilmesinde güvenilir bir ölçüm olarak kabul edilmektedir. 6DYM, KPET ile ölçülen pik VO_2 ($r=0.4-0.8$) ve pik WR ($r=0.5-0.9$) ile orta -yüksek düzeyde korelasyon göstermektedir⁽³³⁾.

Advers (İstenmeyen) Olaylar

6DYT sırasında bildirilen komplikasyonlar oksijen desatürasyonu, göğüs ağrısı ve taşikardidir⁽³³⁾.

Artan Hızda ve Endurans Mekik Yürüme Testleri

Artan hızda mekik yürüme testi, eksternal ritimli artan iş yükü testidir. Test sırasında, hastanın standart sözel uyarılarla ritimlendirilerek, her düzeyde yürüme hızının giderek arttığı maksimal bir egzersiz testidir. Test, hasta teste devam edemeyene kadar sürdürülür. Maksimum test süresi 20 dakikadır. AHMYT, test performansını etkileyebilecek teknik, cesaretlendirme gibi faktörlerin sınırlandırılması amaçlanarak 6DYT'ne alternatif olarak geliştirilmiştir. Kardiyopulmoner egzersiz kapasitesini değerlendiren güvenilir bir test olup, KPET ile benzer fizyolojik yanıt oluşturur^(39, 40). AHMYT'de tamamlanan mekik sayısı ve toplam yürüme mesafesi testin primer sonlanım noktasıdır. Düşük yürüme mesafesi (< 170 m), KOAH'da düşük sağkalımla ve yeniden hastane başvurusuyla ilişkili bulunmuştur^(41, 42).

Artan Hızda ve Endurans Mekik Yürüme Testleri Uygulaması

6DYT'nden farklı olarak, mekik testleri sabit bir parkurda gerçekleştirilir. Sözel uyarılar, standardize ses kayıtlarıdır. Test sırasında oksijen desteği verilecekse, oksijen kaynağının hasta veya test asistanı tarafından taşınması test sonucuna etki eden bir parametre olduğu saptanmıştır⁽⁴³⁾. Bu nedenle bu gibi değişkenlerin kaydedilerek, aynı hastanın tekrarlayan değerlendirmelerinde hep aynı yöntemle desteğin sağlanması sağlıklı bir değerlendirme yapılabilmesi için önemlidir. Düz bir zeminde birbirine uzaklığı 9 m olan iki işaret konisi kullanılır. Konilerin etrafından dönme mesafesi 50 cm kabul edilerek parkur 10 metre olarak hesaplanır (Şekil 1)⁽³³⁾.

Tablo 7. Altı dakika yürüme testi için standart yönergeler.

1. dakika	İyi gidiyorsunuz. Beş dakikanız daha var.
2. dakika	Gayet iyi gidiyorsunuz, aynen devam edin. Dört dakikanız daha var.
3. dakika	İyi gidiyorsunuz. Yolu yarladınız.
4. dakika	Gayet iyi gidiyorsunuz, aynen devam edin. Sadece iki dakikanız kaldı.
5. dakika	İyi gidiyorsunuz. Sadece bir dakikanız kaldı.
6. dakika	Lütfen olduğunuz yerde durunuz.
Hasta test sırasında durduysa, $SpO_2 \geq \%85$ oldu ise her 30 saniyede bir	Lütfen yürümeye başlayabildiğiniz zaman yürümeye devam edin.

AHMYT'de, test sırasında yürüme hızı iştirilebilen sinyaller doğrultusunda yönlendirilir. Sinyaller her dakika 0.17 m/saniye daha hızlıdır. Test, yürüme hızının giderek arttığı toplam 12 düzeyden oluşur. Test sırasında hastanın semptomatik olması; sinyal çaldığında ulaşması gereken işaret noktasına 0.5 metreden uzak olması durumunda test sonlandırılır.

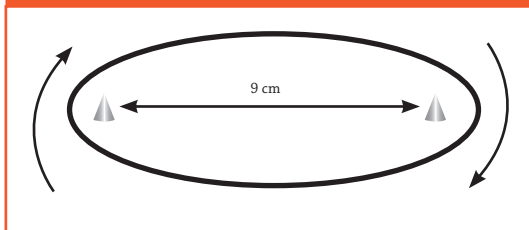
EMYT, AHMYT ile hesaplanan beklenen pik VO_2 'nin %70-85'ine denk gelen iş yükü düzeyinde gerçekleştirilir. Daha yavaş hızda yürünen iki dakikalık ısınma fazından sonra teste başlanır. Kişinin teste devam edemeyecek kadar nefes darlığı veya yorgunluk hissetmesi; testin 20 dakikaya ulaşması durumunda test sonlandırılır. Primer sonlanım noktası, saniye olarak kaydedilen yürüyüş süresidir.

AHMYT, iki kez uygulandığında öğrenme etkisinin (9-25 m) olduğu izlenmiştir⁽³⁴⁾. Özellikle izlem parametresi olarak kullanıldığında bu anlamlı bir değişiklik olarak değerlendirilebilir. Bu nedenle, iki test yapılması ve en iyi olan test sonucunun kaydedilmesi gerekmektedir⁽³³⁾.

AHMYT'nin güvenilirliği hakkında, KOAH hastaları için test-tekrar testi yürüme mesafesi karşılaştırıldığında belirgin farklılık saptanmamış olup (intra-class correlation coefficient: 0.88-0.89; %95CI: 0.83-0.92), KOAH dışında kronik akciğer hastalıklarında yeterli değerlendirme henüz yapılmamıştır. AHMYT'de, KPET ile elde edilen egzersiz yanıtını sağlayan bir alan testi geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu nedenle geçerliliğinin gösterilmesi için testin validasyonu KPET ve AHMYT ile ölçülen VO_2 ile yapılmış ve iş yükü korelasyonu ($r= 0.75-0.88$) ölçülerek değerlendirilmiş olup, iki testle elde edilen sonuçlar arasında anlamlı farklılık gözlenmemiştir. Ancak AHMYT'de VCO_2 , VE ve solunum ekivalanları KPET ölçümlerine göre daha düşük saptanmaktadır. Ayrıca, KOAH hastalarında AHMYM, solunum fonksiyon testleri ve fiziksel aktivite ile korele olduğu saptanmıştır⁽³⁴⁾.

Endurans Mekik Yürüme Testi (EMYT), AHMYT ile

Şekil 1. Mekik yürüme testlerinin uygulanacağı parkur.



hesaplanan beklenen pik VO_2 'nin %70-85'ine denk gelen iş yükü düzeyinde, sabit hızda gerçekleştirilir. Sabit iş yükü testi olarak değerlendirilir, bu nedenle de primer sonlanım parametresi, endurans zamanıdır. Endurans mekik yürüme testinde saptanan, düşük endurans zamanının KOAH'da önemli sonlanım noktaları ile ilişkisi henüz tam olarak tanımlanamamıştır. EMYT için öğrenme etkisi bulunmamaktadır, bu nedenle iki test yapılmasına gerek yoktur. EMYT ile bildirilen advers olay bulunmamaktadır. Desatürasyon, 6DYT'ne göre daha fazla gözlemlendiği bildirilmektedir⁽³⁴⁾.

Endurans mekik yürüme testinde kaydedilen endurans zamanı, KOAH'da verilen tedaviye (hem bronkodilatörler, hem de pulmoner rehabilitasyona) duyarlı değişkendir^(44, 45). Özellikle endurans zamanı KOAH'da egzersiz eğitimine en duyarlı değişkendir. AHMYT'inde ölçülen yürüme mesafesinde 47.5 m'lik artışın klinik olarak anlamlı düzelmeyi gösterdiği kabul edilmektedir⁽⁴⁶⁾. Bronkodilatör tedavi sonrası endurans mekik yürüme testinde ölçülen endurans zamanı için ise 65-85 saniyenin klinik olarak anlamlı düzelmeyi gösterdiği kabul edilmektedir⁽⁴⁷⁾.

Alan Testlerine Hazırlık

Ekipman

Testin gerçekleştirilmesi için gerekli ekipman şöyledir:

- En az bir sandalye: test parkurunun sonuna yerleştirilmelidir.
- Dispne ve yorgunluğun değerlendirilmesi için validasyonu yapılmış bir ölçek
- Sfingomanometre
- Pulse oksimetre
- Kronometre
- Daha önceden ölçüm yapılmış parkurda, mesafe ölçümünü kolaylaştırmak için belirli aralıklarla yerleştirilen işaretler
- Oksijen ve telefon (acil durumlar için)
- Acil planı
- Taşınabilir oksijen sistemi
- Test sırasında elde edilen verilerin kaydedileceği formlar.

Ortam ve Personel

Test, sakin bir alanda uygun test parkuru oluşturularak uygulanmalıdır. Seçilen alan bir fizyoterapi odası veya özellikle egzersiz testlerinin gerçekleştirildiği bir ünite olabilir. Ortam uygun sıcaklık ve havalandırmaya sahip olmalıdır. Ayrıca, acil du-

rumlar için uygun bir alanda konumlandırılmalı, acil durumda gerekebilecek tüm malzeme ve ilaçlar ulaşılabilir bir noktada olmalı. Özellikle oksijen desteği, sublingual (dil altı) nitrogliserin ve salbutamol acil çantasında bulunmalıdır. Yine acil durumlarda kullanılmak üzere bir telefon bulunmalıdır. Testi yapan personelin temel yaşam desteği için sertifikası olmalı, test süresince doktorun alanda bulunması gerekliliğine testi isteyen hekim karar vermelidir.

Hastanın Değerlendirilmesi

Alan testleri tıpkı kardiyopulmoner egzersiz testlerinde olduğu gibi pik VO_2 ve pik kalp hızına ulaşabilen testlerdir. Bu nedenle maksimal egzersiz testleri öncesi sorgulanan hastalık ve risk faktörlerinin gözden geçirilmesi gerekmektedir. Stabil angina pektoris varlığı 6DYT için bir kontrendikasyon değildir. Tablo 8,9'da kesin ve rölatif kontrendikasyonlar gösterilmiştir. Ancak hastaların testi, anti-anjinal ilaçlarını kullandıktan sonra gerçekleştirmesi ve kurtarıcı nitrat desteğinin el altında bulundurulması önerilmektedir. Eşlik eden hastalıklar ve hastanın kullanmakta olduğu ilaçlar test öncesi sorgulanmalı ve kaydedilmelidir.

Hastanın hazırlanması

Test sırasında rahat kıyafet ve uygun ayakkabı giyilmelidir. Hastanın günlük hayatında kullandığı yürümeye yardımcı elemanları varsa, test sırasında da kullanılmalıdır. Testten iki saat önce ağır egzersizden kaçınılmalı, hastalar günlük ilaçlarını kullanmaya devam etmelidir. Test öncesi ısınma egzersizlerine izin verilmez. Hasta test öncesi 15 dakika istirahat etmelidir. Öğrenme etkisi tanımlandığından test öncesinde, testin kısa bir versiyonu uygulanmamalıdır. Solunum

Tablo 8. Alan testleri için kesin kontrendikasyonlar.

Akut MI (üç-beş gün)	Akut pulmoner emboli
Unstabil angina	Alt ekstremitelerde derin ven trombozu
Kontrolsüz aritmi	Kontrolsüz astım
Senkop	Pulmoner ödem
Aktif endokardit	İstirahatte oda havası satürasyonu \leq %85
Akut myokardit/perikardit	Akut solunum yetmezliği
Semptomatik ciddi aort darlığı	Kooperasyonu kısıtlayan mental durum
	Dissekan anevrizma şüphesi

Tablo 9. Alan testleri için rölatif kontrendikasyonlar.

Sol ana koroner arter stenozu veya eşdeğeri
Orta derece stenotik valvuler kalp hastalığı
İstirahatte kontrolsüz hipertansiyon Sistolik KB $>$ 200 mmHg, diastolik KB $>$ 120 mmHg
2. veya 3. derece AV blok
Taşiaritmi veya bradiaritmi
Hipertrofik kardiyomyopati
Ciddi pulmoner hipertansiyon
İleri gebelik haftası veya riskli gebelik
Elektrolit imbalansı
Yürümeyi engelleyen ortopedik durumlar

fonksiyon testleri yapılacak ise alan testlerinden önce yapılır, böylece egzersizin solunum fonksiyonları üzerine etkisi bertaraf edilmiş olacaktır⁽³³⁾.

Oksijen kullanımı

Test sırasındaki en düşük SpO_2 hastalık şiddeti için önemli bir belirteçdir. Test sırasındaki en düşük SpO_2 ile test sonu SpO_2 farklı olabilir. Bu nedenle test boyunca oksijen satürasyonunun monitörizasyonu ve en düşük SpO_2 'nin kaydedilmesi USOT kullanan hastalara test süresince oksijen desteği verilmelidir. Birden fazla test ve karşılaştırma planlanıyor ise her test için aynı düzeyde oksijen desteği sağlanmalıdır. Oksijen kaynağının türü ve oksijen ihtiyacında artış geliştiği durumlar test sonucunda belirtilmelidir. Oksijen desteği kullanılacaksa mümkünse hastanın taşıyabileceği kaynaklar kullanılmalı, hasta taşıyamıyor ise personel tarafından test yürüme hızını etkilemeyecek şekilde, personel hastanın arkasından yürüyerek oksijen desteği sağlanmalıdır. Test sırasında hastanın ihtiyaç duyacağı oksijen düzeyi bilinmiyorsa, öncelikle bir test gerçekleştirilerek titrasyonla optimum oksijen düzeyi belirlenmeli, sonra belirlenen düzeydeki oksijen desteği ile bir test daha gerçekleştirilerek 6DYT meşafesi ölçülmeli ve kaydedilmelidir⁽³³⁾.

Kullanmakta Olduğu İlaçların

Kullanımı/Devamı

Hasta sürekli kullanmakta olduğu ilaçlara devam eder. Tedavinin türü, dozu, kullanım şekli ve test öncesi kullanım saati kaydedilmelidir. KOAH hastalarında bronkodilatör kullanımı sonrasında dispne-

nin azaldığı gösterilmiş olmakla beraber, küçük bir farklılık yaratan bu durumun klinik önemi gösterilememiştir⁽³³⁾.

Ölçümler

Test öncesinde hasta başlangıç noktasına yakın bir noktada bulunan sandalyede dinlenir. Bu sırada test için kesin veya rölatif kontrendikasyon olup olmadığı değerlendirilir⁽³³⁾.

İstirahat sırasında aşağıdaki ölçümler gerçekleştirilir:

- Oksijen satürasyonu ve nabız (pulse oksimetre ile)
- Başlangıç dispne ve yorgunluk durumu (Borg skalası ile)
- Kan basıncı
- Test başlamadan hemen önce:
- Belirtilen standart test yönergeleri hastaya okunur.
- Hasta, test başlangıç noktasında bekler. Hasta yürümeye başladığı anda kronometre süre ölçmek üzere başlatılır. Pulse oksimetre uygun şekilde yerleştirilir.

Test süresince:

- Oksijen satürasyonu ve kalp hızının test süresince monitorizasyonu ve en düşük SpO₂'nin kaydı önerilir. Bu sırada, hastanın yürüme hızına etki etmemeye (hastanın arkasında kalarak) özen gösterilmelidir. Ölçüm probunun uygun yerleştiği ve doğru ölçüm yaptığından emin olunmalıdır. Aşağıdaki durumların varlığında testin erken sonlandırılması gerekmektedir.
- Oksijen satürasyonunun %80'in altına düşmesi. Oksijen satürasyonu %85'in üstüne çıktığında teste tekrar başlanabilir
- Göğüs ağrısı
- Şiddetli dispne
- Bacak krampı
- Sendeleme
- Terleme
- Solgun görünüm

Test bitiminde:

- Süratle oksijen satürasyonu ve nabız kaydedilir.
- Hastadan dispne ve yorgunluğunu Borg skalasına göre belirtmesi istenir
- Testin (erken) sonlandırılmasının nedeni sorgulanır.

Test tekrarı: Aynı gün içinde testin tekrarlanması gereken durumlarda, iki test arasında en az 30 dakika süre olmalıdır. İkinci test öncesinde hastanın satürasyon ve nabız değerleri bazal değerlerine dönmüş olmalıdır⁽³³⁾.

Kalite kontrol: Pulse oksimetrenin çalışması kontrol edilir. Parkurun uygun ölçülüp işaretlendiği kontrol edilir. Düzenli kayıt tutulması önerilir. Tes-ti uygulayan kişilerin bu teknik standartlara hakim olması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Bianchi L, Roca J. Pathophysiology of exercise and exercise assessment. In: Pulmonary Rehabilitation. Donner CF, Ambrosino N, Goldstein RS (Eds). Hodder Education, NY, p.112-24.
2. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, et al. Principles of Exercise Testing and Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Applications, 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1999; 15.
3. Puente-Maestu L, Palange P, Casaburi R, et al. Use of exercise testing in the evaluation of interventional efficacy: an official ERS statement. Eur Respir J 2016; 47: 429-460
4. Spruit MA, Singh SJ, Garvey C, et al. An official ATS/ERS statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. Am J Respir Crit Care Med 2013; 188: 13-64.
5. Committee on exercise testing. ACC/AHA guidelines for exercise testing: a report of the American College of Cardiology/American Heart association Task Force on Practice Guidelines. J Am coll Cardiol 1997 1997; 30: 260-311.
6. Hsia D, Casaburi R, Pradhan A, et al. Physiological responses to linear treadmill and cycle ergometer exercise in COPD. Eur Respir J 2009; 34: 605-15.
7. American Thoracic Society/American College of Chest Physicians. ATS/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing. Am J Respir Crit Care Med 2003; 167: 211-77.
8. Buchfuhrer MJ, Hansen JE, Robinson TE, et al. Optimizing the exercise protocol for cardiopulmonary assessment. J Appl Physiol 1983; 55: 1558-64.
9. Nagle FJ, Balke B, Naughton JP. Gradational step tests for assessing work capacity. J Appl Physiol 1965; 20: 745-8.
10. Porszasz J, Casaburi R, Somfay A, et al. A treadmill ramp protocol using simultaneous changes in speed and grade. Med Sci Sports Exerc 2003; 35: 1560-96.
11. Casaburi R, Porszasz J. Constant work rate exercise testing: a tricky measure of exercise tolerance. COPD 2009; 6: 317-9.

12. Van der Vaart H, Murgatroyd SR, rossiter HB, et al. Selecting constant work rate tests for endurance testing in COPD. *COPD* 2014; 11: 267-76.
13. Casaburi R, Porszasz J, Burns MR, et al. Physiologic benefits of exercise training in rehabilitation of patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 155: 1541-51.
14. Jones NL, Killian KJ. Exercise limitation in health and disease. *N Engl J Med* 2000; 343: 632-41.
15. Gift AG. Visual analogue scales. *Nurs Res* 1989; 38: 286-8.
16. Borg GA. Psychophysical bases of perceived exertion. *Med Sci Sports Exerc* 1982; 14: 377-81.
17. Deboeck G, Scoditti C, Huez S, et al. Exercise testing to predict outcome in idiopathic versus associated pulmonary arterial hypertension. *Eur Respir J* 2012; 40: 1410-9.
18. Thirapatarapong W, Armstrong HF, Thomashow BM, et al. Differences in gas exchange between severities of chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Physiol Neurobiol* 2013; 186: 81-6.
19. Zwerink M, van der Palen J, van der Valk P, et al. Relationship between daily physical activity and exercise capacity in patients with COPD. *Respir Med* 2013; 107: 242-8.
20. Puhan MA, Chandra D, Mosenifar Z, et al. The minimal important difference of exercise tests in severe COPD. *Eur Respir J* 2011; 37: 784-90.
21. McLaughlin VV, Gaine SP, Howard LS, et al. Treatment goals of pulmonary hypertension. *J Am Coll Cardiol* 2013; 62: Suppl. 25, D73-D81.
22. Skalski J, Allison TG, Miller TD. The safety of cardiopulmonary exercise testing in a population with high-risk cardiovascular diseases. *Circulation* 2012; 126: 2465-72.
23. Berry MJ, Adair NE, Rejeski WJ. Use of peak oxygen consumption in predicting physical function and quality of life in COPD patients. *Chest* 2006; 129: 1516-22.
24. O'Donnell DE. Exercise limitation and clinical exercise testing in chronic obstructive pulmonary disease. IN: Weisman IM, Zeballos RJ (eds): *Clinical Exercise Testing*. Progress in Respiratory Research. Basel, Karger, 2002, vol 32, p. 138-58.
25. Ulubay G, Görek A, Savaş S, et al. Evaluation of dynamic hyperinflation parameters and exercise capacity at maximal exercise in patients with COPD. *Tuberk Toraks* 2005; 53: 340-6.
26. Yan S, Kaminski D, Sliwinski P. Reliability of inspiratory capacity for estimating end-expiratory lung volume changes during exercise in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1997; 156: 55-9.
27. O'Donnell DE, D'Arsigney C, Fitzpatrick M, et al. Exercise hypercapnia in advanced chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med* 2002; 166: 663-8.
28. Ulubay G, Eyüboğlu FÖ. Cardiopulmonary exercise testing. *Tüberküloz ve Toraks Dergisi* 2006; 54(1): 90-98.
29. Marciniuk DD, Gallagher CG. Clinical exercise testing in interstitial lung disease. *Clin Chest Med* 1994; 15: 287-303.
30. Jones S, Elliott PM, Sharma S, et al. Cardiopulmonary responses to exercise in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Heart* 1998; 80: 60-67
31. D'Alonzo GE, Gianotti LA, Pohil RL, et al. Comparison of progressive exercise performance on normal subjects and patients with primary pulmonary hypertension. *Chest* 1987; 92: 57-62.
32. Rubin LJ. Primary pulmonary hypertension. *Chest* 1993; 104: 236-250.
33. Holland A, Spruit MA, Troosters T et al. An official European Respiratory Society/ American Thoracic Society technical standard: field walking tests in chronic respiratory disease. *Eur Respir J* 2014; 44(6): 1428-46.
34. Singh SJ, Puhan MA, Andrianopoulos V, et al. An official systematic review of the ERS/ATS: measurement properties of field walking tests in chronic respiratory disease 2014; 44: 1447-78.
35. van Gestel AJ, Clarenbach CF, Stowhas AC, et al. Prevalence and prediction of exercise-induced oxygen desaturation in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respiration* 2012; 84: 353-9.
36. Casanova C, Cote C, Marin JM, et al. Distance and oxygen desaturation during the 6-min walk test as predictors of long-term mortality in patients with COPD. *Chest* 2008; 134: 746-52.
37. Poulain M, Durand F, Palomba B, et al. 6-minute walk testing is more sensitive than maximal incremental cycle testing for detecting oxygen desaturation in patients with COPD. *Chest* 2003; 123: 1401-7.
38. Andrianopoulos V, Holland AE, Singh SJ, et al. Six-minute walk distance in patients with chronic obstructive pulmonary disease: Which reference equations should we use? *Chron Respir Dis* 2015; 12: 111-9.
39. Singh SJ, Morgan MDL, Hardman AE, et al. Comparison of oxygen uptake during a conventional treadmill test and shuttle walking test. *Eur Respir J* 1994; 7: 2016-20.
40. Reville SM, Morgan MDL, Singh SJ, et al. The endurance shuttle walk: a new field test for the assessment of endurance capacity in chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1999; 54: 213-22.

41. Emtner MI, Arnardottir HR, Hallin R, et al. Walking distance is a predictor of exacerbations in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Med* 2007; 101: 1037-40.
42. Ringbaek T, Martinez G, Brondum E, et al. Shuttle walking test as predictor of survival in chronic obstructive pulmonary disease patients enrolled in a rehabilitation program. *J Cardiopulm Rehabil Prev* 2010; 30: 409-14.
43. Sandland CJ, Morgan MD, Singh SJ. Detecting oxygen desaturation in patients with COPD: incremental versus endurance shuttle walking. *Respir Med* 2008; 102: 1148-1152 2008.
44. Walking versus cycling. *Am J Respir Crit Care Med* 2005; 172: 1517-1522.
45. The endurance shuttle walking test: a responsive measure in pulmonary rehabilitation fort COPD. *Chron Respir Dis* 2006; 3: 3-9.
46. Singh SJ, Jones PW, Evans R, et al. Minimum clinically important improvement fort he incremental shuttle walking test. *Thorax* 2008; 63: 775-7.
47. Pepin V, Laviolette L, Brouillard C, et al. Significance of changes in endurance shuttle walking performance. *Thorax* 2011; 66: 115-20.