

EGZERSİZ FİZYOLOJİSİ VE EGZERSİZ TESTLERİ

EXERCISE PHYSIOLOGY AND EXERCISE TESTS

Elif Şen

Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

e-mail: drelifsen@gmail.com

DOI: 10.5578/tcb.2017.005

Özet

Egzersiz sırasında iskelet kaslarının metabolik ihtiyacının karşılanması için ventilasyon, kardiyak output, pulmoner ve sistemik kan akımının oksijenlenmeyi sağlayacak ve asit-baz dengesini koruyacak şekilde değişimi ve birbiriyle uyumlu yanıtı gerekmektedir. Egzersiz testleri kronik akciğer hastalıklarında fonksiyonel egzersiz kapasitesinin belirlenmesinde, prognozu tahmin etmek amacıyla, klinik araştırma sonuçlarının yorumlanmasında ve tedavi yanıtının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Kardiyopulmoner egzersiz testi ve alan testleri (artan hızda mekik yürüme testi, endürans mekik yürüme testi ve altı dakika yürüme testi) bu amaçla uygulanan testlerdir. Bunlar içinde en sık kullanılan altı dakika yürüme testidir. Akciğer kanserinde rezeksiyon cerrahisi yapılacak hastalarda preoperatif değerlendirmede kullanılması önerilen egzersiz testleri; merdiven tırmanma testi, artan hızda mekik yürüme testi ve kardiyopulmoner egzersiz testidir. Predikte postoperatif (ppo) FEV₁ ve/veya ppo DL_{CO} < %30 ise veya merdiven tırmanma testi < 22 m veya artan hızda mekik yürüme testi < 400 m olan hastalarda kardiyopulmoner egzersiz testi yapılmalıdır. Pik VO₂ < 10 mL/kg/dk veya %35 ise mortalite riski yüksektir. Eğer Pik VO₂ > 20 mL/kg/dk veya %75 ise anatomik rezeksiyon düşük risklidir. Altı dakika yürüme testinin bu amaçlı kullanımına ait verilerin yeterli olmaması nedeniyle standart olarak kullanımına dair bir öneri yapılması mümkün değildir.

Anahtar kelimeler: Egzersiz testleri, akciğer rezeksiyonu, merdiven tırmanma testi, artan hızda mekik yürüme testi, altı dakika yürüme testi, kardiyopulmoner egzersiz testi

Abstract

During exercise, metabolic demand of skeletal muscles need to be required by the changes of ventilation, cardiac output, pulmonary and systemic circulation in order to provide oxygenation and to prevent the acid-base status of the body. Exercise tests are used to determine the functional exercise capacity, predict the prognosis, evaluate the clinical study results and assess the treatment response in chronic lung diseases. Cardiopulmonary exercise testing and field tests (incremental shuttle walking test, endurance shuttle walking test, six minute walking test) are currently used. Among them, the most common used exercise test is the six minute walking test. Stair climbing test, incremental shuttle walking test and cardiopulmonary exercise testing are recommended to assess the lung cancer patients who are candidates for lung resection. A cardiopulmonary exercise test is indicated when the postoperative predicted (ppo) FEV₁ or ppo DL_{CO} (or both) are < 30% or when the performance of the stair-climbing test or the shuttle walk test is not satisfactory. A peak oxygen consumption (VO₂ peak) < 10 mL/kg/min or 35% predicted indicates a high risk of mortality and long-term disability for major anatomic resection. Conversely, a VO₂ peak > 20 mL/kg/min or 75% predicted indicates a low risk. Six minute walking test can not be recommended as a standart exercise testing tool since there is a lack of data in the preoperative assessment for lung resection.

Keywords: Exercise tests, lung resection, stair climbing test, incremental shuttle walking test, cardiopulmonary exercise testing

GİRİŞ

Egzersiz sırasında ventilasyon, kardiyak output, sistemik ve pulmoner kan akımının birbirleriyle uyumlu etkileşimleri sonucunda; iskelet kaslarının metabolik ihtiyacının karşılanması gerekir. İskelet kaslarının metabolizma hızı ağır egzersiz sırasında istirahatate göre yaklaşık 50 kat artış gösterir (1).

Sağlıklı kişilerde egzersiz sırasında artan hücrel oksijen ihtiyacını sağlamak için gereken oksijen transportunu karşılayabilecek şekilde, ventilasyon ve kardiyak output artar. Egzersizde dakika ventilasyonu (VE) solunum sayısı artışıyla birlikte lineer bir biçimde artış gösterir. Yaklaşık olarak 10 kat artar. Ventilasyonun pulmoner kan akımına göre daha fazla

artması sonucunda toplam alveoler ventilasyon/kan akımı oranı (VA/Q) artış gösterir. Orta dereceli egzersizde, VA/Q dağılımı değişmez ancak toplam VA/Q oranı arttığı için hem ortalama ventilasyon hem de ortalama perfüzyon dağılımı artar. Bunun sonucu olarak, akciğerlerin oksijen ve karbondioksit değişimindeki etkinliği egzersizde artış gösterir. Mikst venöz PO₂ egzersiz sırasında belirgin olarak düşer. Bunun nedeni ise VO₂'nin kardiyak outputa göre daha fazla artmasıdır. Arteriyel PO₂ düzeyleri genellikle normal kalır. Arteriyel PCO₂ düzeyi, kanda yüksek laktat düzeyleri asidoz oluşturana kadar stabil kalır. Alveolo-arteriyeler oksijen gradiyenti, egzersiz düzeyi arttıkça progresif olarak yükselir ve maksimal egzersiz düzeyinde (pik VO₂) 20 mmHg'a çıkar. Elit atletlerde ise bu değer 40 mmHg'ı bulabilir. Gradyentteki artış, ağır egzersiz sırasında gelişen gaz değişimindeki yetersizliği yansıtır. Bu artış bir miktar ventilasyon/perfüzyon dengesizliğine ama daha çok alveolo-kapiller difüzyon kısıtlanmasına bağlıdır. Bazı deneysel çalışmalarda, elit atletlerde ağır egzersizde sublinik pulmoner ödem geliştiğinin gösterilmesi gaz değişimindeki bozulmayı açıklayabilir (2).

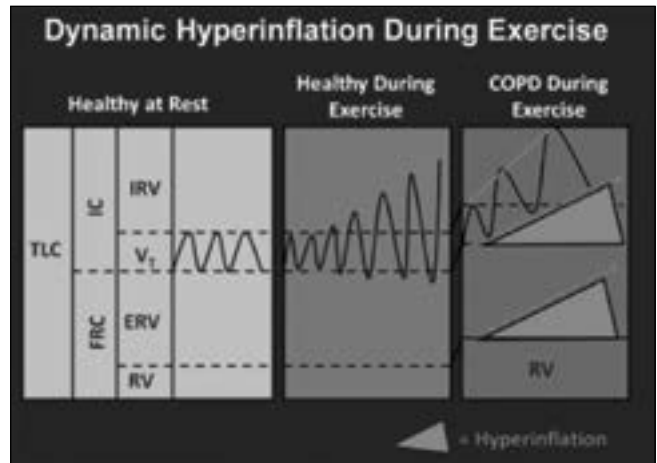
Sağlıklı kişilerde kardiyak output egzersizde oksijen alımıyla lineer bir artış gösterir. Atım hacmi ve kalp atım sayısının artması VO₂'yi yükseltir. Pik egzersizde kardiyak output (QT) beş kat artar ve 25 L/dk olur. Egzersiz sırasında VO₂ max'ı sınırlayan faktör kardiyak outputtur (3). Sistolik pulmoner basınç egzersizde artar, ancak pulmoner vasküler yatakta yetersiz perfüzyon alanlarının vasküler sisteme katılmalarıyla pulmoner vasküler direnç düşer. Sistemik dolaşımda sistolik basınç artar ama diyastolik basınç değişmez (2).

KRONİK AKCİĞER HASTALIKLARINDA EGZERSİZ

Akcığer hastalıklarında egzersiz yanıtı değişir. Kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOAH)'nda, istirahatte dakika ventilasyonu yüksektir. Egzersiz sırasında tidal volüm (VT) düşer ve solunum sayısı artar. Sağlıklı kişilere göre KOAH'lı hastalarda, solunum işine bağlı oksijen tüketimi artmıştır. Solunum mekaniklerindeki bozulma nedeniyle daha fazla efor harcarlar. Pik egzersizde VT, vital kapasiteye bağlıdır. Egzersizde dakika hacmini artırmak için ekspirasyon sonu akciğer hacmi artarak daha yüksek maksimum ekspiratuvar akım hızları oluşmasına izin verir. Bu durum dinamik hiperinflasyona yol açar. Dakika hacmini artıran ikinci neden ise inspiratuvar akım hızlarında artış olmasıdır. Böylece inspirasyon zamanı kısalmış ve ekspirasyon zamanı uzamıştır. KOAH'ta egzersizi sınırlayan başlıca faktör dinamik hiperinflasyon oluşmasıdır. Şekil 1'de sağlıklı kişilerde egzersizde akciğer hacimlerindeki değişiklik ile KOAH'lı hastalarda egzersiz sırasında ortaya çıkan dinamik hiperinflasyondaki farklar görülmektedir (4). KOAH'ta ventilasyon/perfüzyon dengesinin egzersiz sırasında değişmediği gösterilmiştir. Egzersiz sırasında arteriyel PCO₂'de hafif bir artış ve PaO₂'de hafif bir düşme görülür. Difüzyon kapasitesinde belirgin bir bozulma (< %50) yok-

sa KOAH'lı hastalarda egzersizde PaO₂ azalmaz. KOAH'ta yüksek yoğunlukta egzersiz sırasında interkostal kasların kan akımının kısıtlanması, kuadriceps kan akımının artması ve kardiyak outputta plato oluşması kasların enerji ihtiyacının karşılanmasında kardiyovasküler sistemin yetersizliğini göstermektedir. Kardiyak outputun yeterince artırılmamasına yol açan başka bir neden ise dinamik hiperinflasyona bağlı olarak toraksta ve abdomende basıncın artması, abdominal ekspiratuvar kaslardaki aktivitenin artışı olarak görünmektedir (2,4). Ayrıca, akciğer hastalığı olan kişilerde pulmoner vasküler yatakta oluşan değişiklikler klinik olarak kalp yetmezliği ortaya çıkmadan önce vardır. Pulmoner hipertansiyon istirahatte olmasa bile egzersiz sırasında çoğunlukla görülür. Sağlıklı kişilerin aksine egzersizde pulmoner vasküler direnç sabit kalır veya artış gösterir. Vasküler yapılarda destrüksiyon sonucunda ve hipoksik vazokonstrüksiyona bağlı olarak akciğer hastalığında sağ ventrikül hipertrofisi ve yetmezliği gelişir. Klinik olarak *cor pulmonale* tablosu ortaya çıkar. Pik egzersizde oksijen sunumu azalır. KOAH'ta toplam ventilasyon ve kardiyak output birbiriyle uyumlu olsa bile, egzersiz sırasında ventilasyonun artırılmasındaki yetersizlik oksijen transportunu etkileyen başlıca faktördür. Ağır KOAH'lı hastalarda, egzersiz sırasında plevral basınçtaki ciddi dalgalanmalar, sol ventrikül fonksiyonlarını etkileyerek pik kardiyak output ve egzersiz toleransının bozulmasına yol açabilir (2).

İnterstisyel akciğer hastalığı ve pulmoner vasküler hastalıkta, istirahatte dakika ventilasyonu yüksektir. Bu hastalarda egzersizde dinamik hiperinflasyon oluşmaz ve ekspirasyon sonu akciğer hacmi değişmez. İnterstisyel akciğer hastalığında, elastik geri çekim basıncının artması nedeniyle inspiratuvar kas aktivitesi artar ve sonuç olarak solunum işine bağlı oksijen tüketimi de bu hastalarda yüksektir. Bu hasta grubunda egzersiz sırasında arteriyel PCO₂ değişmez ama PaO₂ düşer. Egzersiz kısıtlanmasına yol açan temel değişken



Şekil 1. Sağlıklı kişilerde egzersizde akciğer hacimlerindeki değişiklik ile KOAH'lı hastalarda egzersiz sırasında ortaya çıkan dinamik hiperinflasyondaki farklar (4).

de arteriyel hipoksemi düzeyidir. VO_2 artışına rağmen alveoler ventilasyon artışının yetersiz kalması, difüzyon kapasitesindeki kısıtlanma egzersizde ortaya çıkan hipoksemiden sorumlu mekanizmalardır. İnterstisyel akciğer hastalığı olanlarda, kardiyak output ve ventilasyon birbiriyle uyumludur. Pulmoner vasküler hastalıklarda ise pik egzersizde kardiyak output düşüktür. İstirahat sırasında pulmoner arter basıncı yüksek olan bu hasta grubunda egzersizde pulmoner arter basıncı daha da artar (2).

Egzersiz kısıtlanmasında klinik olarak efor dispnesi, göğüs ağrısı, yorgunluk gibi belirtiler ortaya çıkar. Bu yakınmalar kardiyovasküler, pulmoner ve sistemik hastalıkların belirtisi olabilir. Egzersiz kapasitesinde azalmaya yol açan en sık iki neden konjestif kalp yetmezliği ve KOAH'tır. Ancak obezite, nöromusküler hastalıklar, anemi gibi diğer nedenler de göz önünde bulundurulmalıdır. Egzersiz sırasında kardiyopulmoner sistemin değerlendirilmesi, ventilasyon, gaz değişimi, kardiyovasküler fonksiyonların belirlenmesine yönelik egzersiz testleri kullanılmaktadır (5).

Egzersiz testi ile;

1. Egzersizde artan iş yüküne karşı ortaya çıkan ventilasyon yetersizliği,
2. Egzersizde artan iş yüküne karşı ortaya çıkan kardiyovasküler kısıtlanma,
3. Kondisyonsuzluk düzeyi,
4. Kişinin tolere edebildiği iş yükü ve günlük egzersiz düzeyi,
5. Rehabilitasyon planlanan hastalarda öncesinde durum değerlendirmesi ve rehabilitasyon programlarının oluşturulması,
6. Egzersizde oluşan oksijen desatürasyonu ve egzersiz sırasında gerekli olan oksijen destek tedavisi düzeyleri,
7. Torakotomi sonrası postoperatif komplikasyon olasılığı değerlendirilir (6).

Kardiyopulmoner egzersiz testi (KPET) uygulamasında bisiklet ergometresi ve koşu bandı (treadmill) cihazları tercih edilmektedir. EKG artefaktının az olması, güvenilirliği, kademeli artan iş yükü uygulamaya imkan vermesi bakımından daha çok bisiklet ergometresi kullanılır. Test sırasında kan basıncı, oksijen satürasyonu, kalp hızı monitörize edilir (7).

KPET için temelde iki farklı kategori bulunur. Bunu belirleyen testin uygulama protokolüdür. Buna göre; kademeli artan yük testleri ve sabit yük testleri (dayanıklılık testleri) olarak iki grupta toplayabiliriz.

Kademeli artan yük testi ile artan egzersiz düzeyine göre oluşan sistemik yanıt değerlendirilir. Ulaşılan maksimum ventilasyon, kalp hızı belirlenir. Bir-altı dakika arayla iş yükü artırılır (incremental protokol) veya iş yükü sürekli olarak artar

(rampa protokolü). Önce üç dakikalık bazal veri kaydından sonra, üç dakika ısınma ve her bir dakikada artan iş yükü bisiklet ergometresinde pedal veya motorize treadmillde uygulanır. Oksijen uptake, CO_2 outputu, ventilasyon, kalp hızı gibi kardiyopulmoner değişkenler kaydedilir. Akciğer hastalığı olan kişilerde gaz değişiminin değerlendirilmesi için PaO_2 , $PaCO_2$, A-a PO_2 ölçümü yapılması gerekir. Bunun için radyal arter veya brakial artere kateter yerleştirilir (6,7).

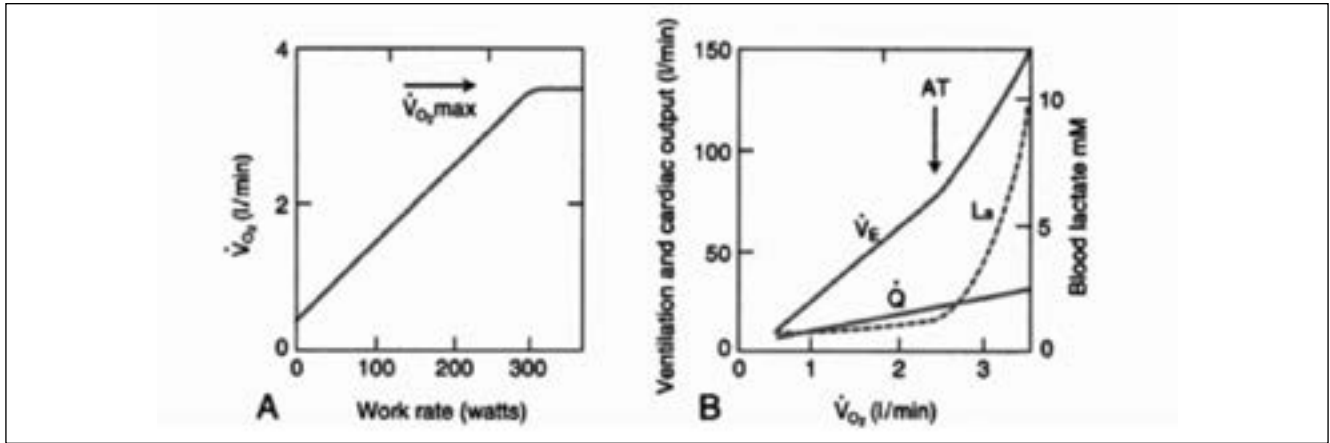
Sabit yük testlerinde ise bilinen iş yüküne karşı oluşan yanıt ve bunu belirleyen kardiyopulmoner fonksiyonlar değerlendirilir. Bu protokol ile bronkodilatör, vazodilatör, rehabilitasyon gibi çeşitli tedavilerin etkinliği de değerlendirilebilir.

Bisiklet ergometresi iş yükünü hasta pedala çevirirken giderek artırır. Oksijen tüketimi (VO_2) iş yükü 0 iken istirahatte ölçülür. Kişi ekshalasyon yaparken oksijen ve karbondioksit konsantrasyonlarının ölçümüyle yapılır. Daha sonra yukarıda anlatıldığı gibi iş yükü giderek artırılır. Artan iş yükü ile lineer olarak VO_2 artar. VO_2 'nin iş yükü artsa da plato yaptığı noktaya ise VO_2 max'tır. Burdan sonra iş yükünün artması halinde enerji anaerobik glukolizle oksijen kullanmaksızın sağlanır (7).

Egzersiz testi sırasında, dakikada ekspire edilen gaz volümü olan total ventilasyon (VE), VO_2 ile lineer olarak artar. Dakika ventilasyonu bir noktadan sonra daha hızlı artış gösterir, işte bu nokta anaerobik eşiktir. Kan laktat konsantrasyonu bu noktadan sonra belirgin olarak artış gösterir. Sportif kişilerde anaerobik eşik yüksektir. Sedanter bireylerde ise daha düşüktür. Kardiyak output ise daha zor ölçülen bir parametredir. Tekrar soluma yöntemiyle asetilen gibi eriyebilen bir gazın uptake hızı ölçülerek hesaplanır. Egzersizde VO_2 300 mL/dk'dan 3500 mL/dk'ya, toplam ventilasyon 10 L/dk'dan 150 L/dk'ya yükselir. Kardiyak output ise daha az artar. 5 L/dk'dan 25 L/dk'ya çıkar. Metabolik hızdaki bu hızlı değişiklik ventilasyon, difüzyon, oksijenin kanda taşınması ve mitokondrilere ulaşmasıyla mümkündür (8). Şekil 2'de KPET'te sağlıklı kişilerde ölçülen VO_2 max, total ventilasyon ve kardiyak output arasındaki ilişki gösterilmektedir (8). Dolayısıyla kompleks ve birleşik egzersiz yanıtı her bir bileşenin etkin olarak gerçekleşmesiyle ortaya çıkmaktadır. KPET ise bu yanıtın bozulduğu hallerde sorunun nereden kaynaklandığını anlamamızı sağlayan altın standart testtir.

Egzersiz Testi İçin Kontrendikasyonlar (6)

- Son 1 ay içinde miyokard infarktüsü geçirmiş olmak
- Anstabil angina pectoris
- İkinci veya üçüncü derece kalp bloğu olması
- Hızlı ventriküler veya atriyal aritmiler
- Ortopedik engel
- Ciddi aort darlığı
- Konjestif kalp yetmezliği
- Kontrolsüz hipertansiyon
- Kısıtlayıcı nörolojik hastalık olması
- Dissekan aort anevrizması



Şekil 2. Kardiyopulmoner egzersiz testinde sağlıklı kişilerde ölçülen $\dot{V}O_2$ max, total ventilasyon ve kardiyak output arasındaki ilişki (8).

- Ciddi pulmoner hipertansiyon
- Tromboflebit veya intrakardiyak trombus
- Yakın zaman öncesinde pulmoner emboli
- Akut perikardit
- Oda havasında $PaO_2 < 40$ mmHg olması
- $PaCO_2 > 70$ mmHg

Alan Testleri

Egzersiz testleri arasında laboratuvarında yapılan KPET'in yanı sıra alan testleri de yer almaktadır. Bu testler yürüyüşe dayalı egzersiz testleridir. Genel olarak bu testler submaksimal egzersiz testi olarak kullanılır. Bunlar arasında en sık uygulanan altı dakika yürüme testidir. Diğer yürüme testleri ise artan hızda mekik yürüme testi ve endürans mekik yürüme testidir (9).

Altı dakika yürüme testi: Altı dakikalık sürede hastanın yürüdüğü mesafe KOAH, interstisyel fibrozis, pulmoner arteriyel hipertansiyon gibi kronik akciğer hastalığı olan kişilerde egzersiz kapasitesi ve tedavi yanıtının değerlendirilmesinde kullanılan bir egzersiz testidir.

Kapalı ortamda 30 m uzunluktaki koridorda uygulanır, altı dakikalık sürede hastanın yürüdüğü mesafe, oksijen satürasyonu, kalp hızı, dispnedeki değişim kaydedilir. Bunun için teste başlamadan önce oksijen satürasyonu, kalp hızı, tansiyon arteriyel ve Borg skalasına göre dispne düzeyi kaydedilir. Aynı parametreler testin bitiminde tekrar ölçülür. Bu testin özelliği kişinin kendi hızında yürümesine, gerektiğinde durması ve oksijen kullanımına izin verilmesidir. Uygulaması kolay, iyi tolere edilebilen bir egzersiz testidir. Hastanın performansı cesaretlendirmeye yönelik cümlelerden etkilendiği için standardize edebilmek amacıyla bir dakika arayla ATS Rehberi'ndeki önerilere dayalı olarak cesaretlendirici ifadeler kullanılmalıdır (10). Ayrıca testin ilk uygulamasından sonra öğrenme etkisinin ikinci testte artış oluşturması göz önünde bulundurularak deneme testi yapılması önerilmektedir. Sağlıklı kişiler 400-700 m arasındaki mesafeleri altı dakikada

yürürebilir. KOAH altı dakika yürüme mesafesinin < 350 m olmasının mortalite artışıyla ilişkili olduğu gösterilmiştir. KPET ile karşılaştırıldığında kademeli artan yük testlerine göre altı dakika yürüme testinde pik yanıtların ilk üç dakikada çıktığı ve daha sonra stabil kaldığı gösterilmiştir (11).

Artan hızda mekik yürüme testi: Bu test 12 dakika süresince 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 %85'ine ulaştığı veya 12 dakikalık testi tamamladığı noktaya kadar devam ettirilir. Bu testte asıl ölçülen yürünen mesafedir. Tamamlanan mekik sayısına göre hesaplanır (12). Sağlıklı kişilerde 40-49 yaş arasında 824 m, 50-59 yaş arasında 788 m, 60-69 yaş arasında 699 m, ≥ 70 yaş olanlarda ise 633 m yürüme mesafesine ulaşılabilir (13).

Bu test giderek artan "kademeli artan yük testi" benzeridir. Semptom sınırlı olarak maksimal kapasitenin değerlendirildiği bir testtir. Artan hızda mekik yürüme testi ile KPET'in arasında iyi bir korelasyon bulunmaktadır. KOAH'lı hastalarda yapılan çalışmada iki test arasında süre, kalp hızı, solunum sayısı, pik $\dot{V}O_2$ ve dakika ventilasyonu yanıtlarının benzer olduğu gösterilmiştir (12,14).

Artan hızda mekik yürüme testi günlük yaşam aktivitelerindeki maksimal yanıtın belirlenmesinde bisiklet ergometresi ile yapılan ölçüme göre daha duyarlı görülmektedir. Yürüme testleri için hastanın algılayabildiği minimum değişiklik (*minimal clinically important difference*) değerleri farklı tedavilerin etkilerinin karşılaştırılmasında kullanılmaktadır. Artan hızda mekik yürüme testi için ise 48 m olarak bulunmuştur (15,16).

Artan hızda mekik yürüme testi akciğer kanserinde rezeksiyon cerrahisi öncesinde değerlendirmede kullanılabilir. 400 m'den uzun mesafe yürüeyenlerde, $\dot{V}O_2$ max değerinin ≥ 15 mL/kg/dk olduğu gösterilmiştir (17).

Endürans mekik yürüme testi: Bu testte 10 m aralıklı koniler arasında sabit hızda yürünür. Seçilen hız kişinin artan hızda mekik yürüme testinde ölçülen maksimum kapasitesinin %85'idir. O nedenle bu test öncesinde hastaya artan hızda mekik yürüme testi yapılması gerekir. Test 20 dakika sonlandırılır. Günlük yaşam aktivitelerinde submaksimal egzersiz kapasitesinin belirlenmesine yönelik geliştirilen bir testtir. Yürüyüş hızı işitilebilir sinyallerle dışarıdan yönlendirilerek bireysel farklılığın ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Bu testte yürüyüş süresi, kalp hızı, oksijen saturasyonu ve dispne düzeyi ölçülür (9,18).

Yukarıda ayrıntılı olarak anlatılan egzersiz testleri kronik akciğer hastalıklarında fonksiyonel egzersiz kapasitesinin belirlenmesinde, prognozu tahmin etmek amacıyla, klinik araştırma sonuçlarının yorumlanmasında ve tedavi yanıtının değerlendirilmesinde kullanılmaktadır (19). Bu testler içinde en sık kullanılan altı dakika yürüme testidir. Avrupa Solunum Derneği ve Amerikan Solunum Derneği tarafından hazırlanan kronik solunum hastalıklarında alan testleri hakkındaki sistematik derlemede (19); altı dakika yürüme testinin bu hasta grubunda egzersiz kapasitesinin ölçümünde geçerli ve güvenilir bir yöntem olduğu belirlenmiştir. Bu testte öğrenme etkisine bağlı olarak tekrarlanan testlerde ortalama 26 m artış görülebilmektedir. KOAH'lı hastalarda FEV₁ ile altı dakika yürüme mesafesi arasında az-orta derecede bir ilişki bulunduğu belirlenmiştir. Hastalık ağırlığı arttıkça aralarındaki ilişki güçlenmektedir. Semptomlar ve yaşam kalitesi ile altı dakika yürüme mesafesi arasında benzer şekilde az-orta düzeyde bir korelasyon olduğu görülmektedir. KOAH'ta altı dakika yürüme mesafesi ile mortalite arasında güçlü negatif korelasyon olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde interstisyel akciğer hastalığı ve pulmoner hipertansiyonu olan hastalarda da altı dakika yürüme mesafesi ile mortalite arasındaki ilişki anlamlıdır. Yürüme mesafesi kıaldıkça mortalite riski artış göstermektedir. Altı dakika yürüme testi referans denklemleri sağlıklı kişilerde oluşturulmuş birçok çalışma bulunmaktadır. Altı dakika yürüme mesafesi yaş, cinsiyet ve boy ile ilişkilidir. Yayınlanmış çalışmalara göre kronik akciğer hastalıkları için altı dakika yürüme mesafesinde minimum klinik anlamlı değişim 30 m'dir. Altı dakika yürüme mesafesinin KOAH, interstisyel akciğer hastalığı, pulmoner arteriyel hipertansiyonda tedavi yanıtlarının değerlendirilmesinde yanıtın bir göstergesi olduğu farklı çalışmalarda gösterilmiştir. Altı dakika yürüme mesafesinin en fazla kullanıldığı alan rehabilitasyona yanıtın değerlendirilmesidir. Artan hızda mekik yürüme testi de KOAH'ta geçerli ve güvenilir bir egzersiz testidir. Daha önce belirtildiği gibi artan hızda mekik yürüme testinde ölçülen mesafe ile KPET'te ölçülen VO₂ max arasında güçlü bir korelasyon olduğu gösterilmiştir. Bu testin KOAH'lı hastalarda sağkalım ve hastaneye tekrar yatış riskini belirlemede etkin olduğu, mortalite riskinin < 170 m olması halinde arttığı bulunmuştur (20). Ayrıca artan hızda mekik yürüme testinin

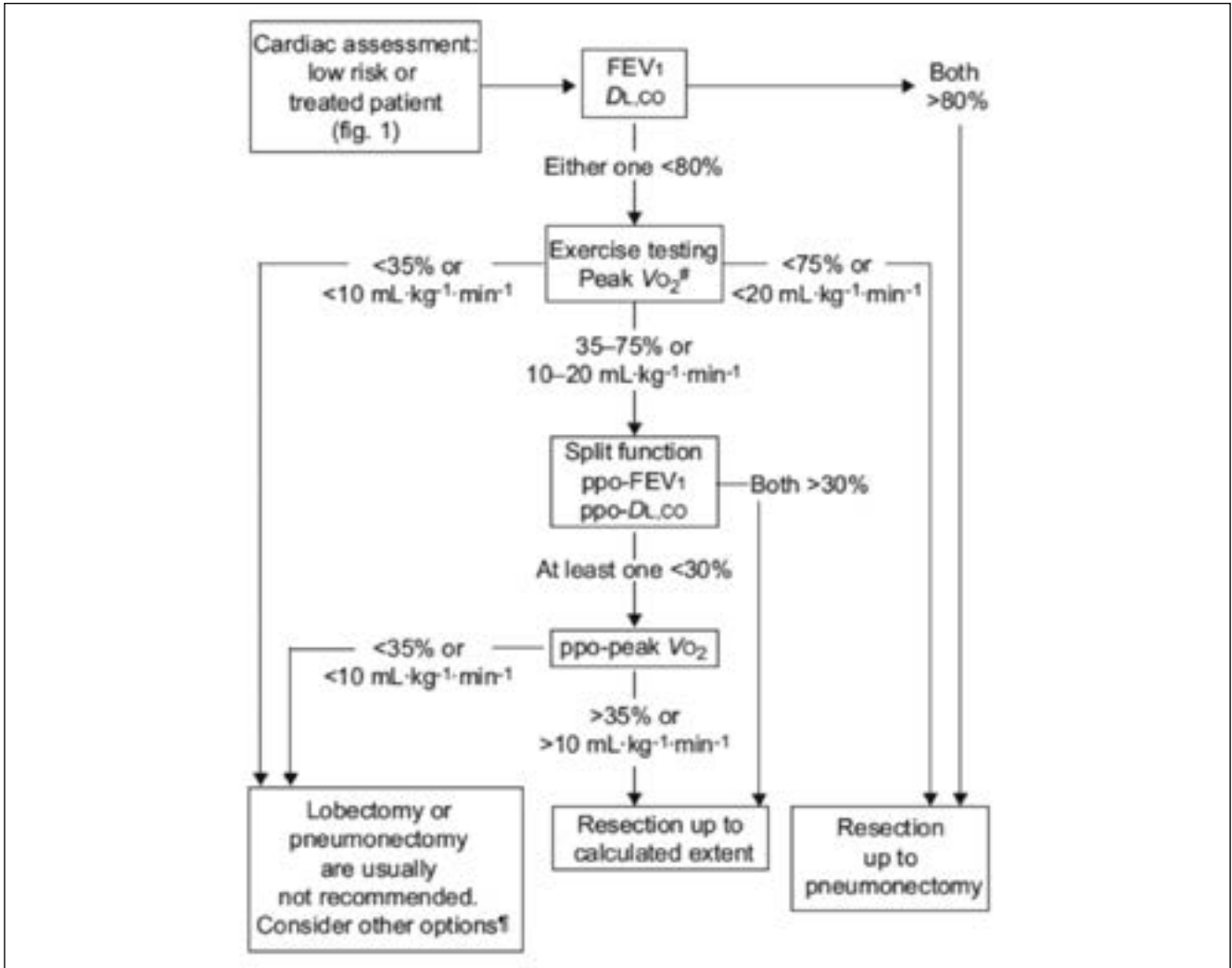
tedavi yanıtı değerlendirilmesinde de kullanılabileceğine dair rehabilitasyon sonrasında artış olduğunu bildiren çalışmalar literatürde yer almaktadır (21,22). Endürans mekik yürüme testinin sonucu diğer endürans (dayanıklılık) testlerinde olduğu gibi saniye cinsinden ifade edilmektedir. Bronkodilatör tedaviye yanıt için 65 sn veya 85 m değişim minimal klinik anlamlı olarak bildirilmiş olmakla birlikte geçerliliği kesin değildir (19).

Akciğer Kanseri Rezeksiyon Cerrahisi İçin Preoperatif Değerlendirmede Egzersiz Testlerinin Yeri

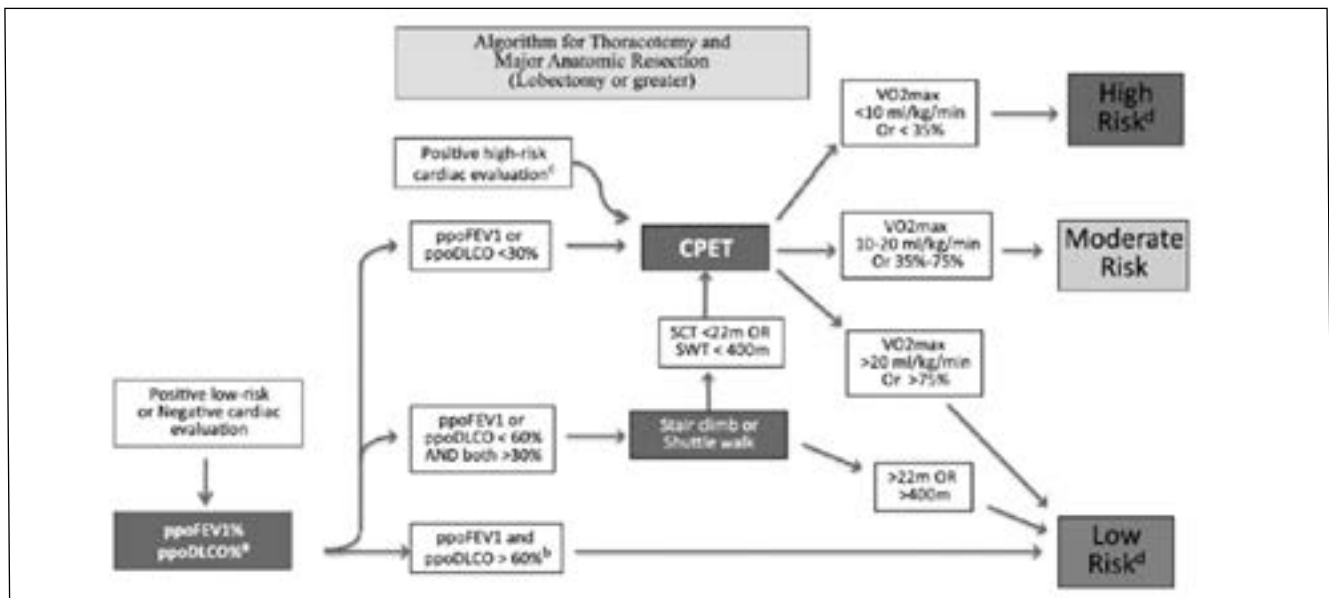
Kısaca hatırlayacak olursak egzersiz sırasında iskelet kaslarının metabolik ihtiyacının karşılanması için ventilasyon, kardiyak output, pulmoner ve sistemik kan akımının oksijenlenmeyi sağlayacak ve asit-baz dengesini koruyacak şekilde değişimi ve birbiriyle uyumlu yanıtı gerekmektedir. Akciğer kanseri olan hastalarda, egzersiz kısıtlanması, kanserin etkilerinin yanı sıra beraberinde bulunan kardiyopulmoner hastalıkların da bir sonucu olabilir. Kansere ilişkili anemi, kas atrofi, hastalarda oksijen içeriğini ve kullanımını etkileyebilir. Ventilasyon ve gaz değişimi beraberinde bulunan KOAH, interstisyel fibrozis gibi akciğer hastalıklarına bağlı olarak bozulmuş olabilir. Kalp hastalığı olan hastalarda iske mi, *remodeling* bağlı ventrikül yetmezliği kardiyak outputu etkiler (23).

Akciğer rezeksiyonu öncesinde yukarıda aktarılan temel egzersiz yanıtının oluşumunu etkileyen faktörler nedeniyle, kardiyopulmoner rezervin değerlendirilmesi gerekebilir. Rezeksiyon öncesinde preoperatif değerlendirmede; merdiven tırmanma testi ve artan hızda mekik yürüme testi cerrahi aday olan hastalarda ilk basamak değerlendirmede kullanılabilir. Mekik yürüme testi < 400 m, merdiven tırmanma mesafesi < 22 m olması halinde KPET yapılması uygundur. Amerikan Göğüs Hastalıkları Uzmanlık Derneği (ACCP) preoperatif değerlendirme önerilerine bakıldığında; eğer predikte postoperatif (ppo) %FEV₁ ve ppo %DL_{CO}, her ikisi de > %60 ise anatomik rezeksiyon düşük riskli olarak kabul edilmektedir. Ancak ppo %FEV₁ ve ppo %DL_{CO} değerleri %30-60 arasında ise o zaman merdiven tırmanma testi > 22 m veya mekik yürüme testi > 400 m ise anatomik rezeksiyon düşük riskli kabul edilir. Ancak ppo %FEV₁ ve/veya ppo %DL_{CO} < %30 ise, merdiven tırmanma testi < 22 m veya mekik yürüme testi < 400 m ise o zaman KPET yapılması önerilmektedir. Pk VO₂ < 10 mL/kg/dk veya %35 ise mortalite riski yüksektir. Eğer pik VO₂ > 20 mL/kg/dk veya %75 ise düşük risklidir (24,25).

Bu konuda izlenecek yaklaşım için Avrupa Solunum Derneği ve Avrupa Göğüs Cerrahisi Derneği'nin 2009 yılında önerdiği algoritma Şekil 3'te görülmektedir (26). ACCP'nin 2013 yılında yayınladığı akciğer kanseri rezeksiyon cerrahisi öncesinde hastaların değerlendirmesi için yaptığı önerilere dair algoritma ise Şekil 4'te verilmektedir (24).



Şekil 3. ERS/ESTS preoperatif değerlendirme algoritması (26).



Şekil 4. ACCP akciğer kanseri rezeksiyon cerrahisi öncesinde preoperatif değerlendirme algoritması (24).

Altı dakika yürüme testinin rezeksiyon öncesi değerlendirilmedeki yerine dair rehberlerde bugüne kadar bir öneri yer almamıştır. On iki dakika yürüme testi ile postoperatif pulmoner komplikasyonlar arasında bir ilişki olmadığını bildiren çalışmalar literatürde yer almıştır (27,28). Altı dakika yürüme mesafesi < 300 m olan hastalarda cerrahi sonrasında 90 günlük sağkalım ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (29). Altı dakika yürüme mesafesi < 500 m olması postoperatif komplikasyonları öngörmede etkili bir eşik değer olarak saptanmıştır (30). Altı dakika yürüme testinin rezeksiyon öncesi değerlendirmede kullanılabilirliği hakkında verilerin yeterli olmaması nedeniyle kesin bir öneri yapılamaz. Ancak altı dakika yürüme mesafesi < 300-500 m ise postoperatif pulmoner komplikasyon riskinin arttığı dikkate alınabilir. Rezeksiyon cerrahisi öncesinde, altı dakika yürüme mesafesi < 300-500 m'nin altında olan hastalarda postoperatif riskin belirlenmesi için KPET yapılması uygun bir yaklaşım olabilir.

Sonuç olarak, akciğer kanserinde rezeksiyon cerrahisi yapılacak hastalarda preoperatif değerlendirmede kullanılması önerilen egzersiz testleri; merdiven tırmanma testi, artan hızda mekik yürüme testi ve KPET'tir. ppo FEV₁ ve/veya ppo DL_{CO} < %30 ise veya merdiven tırmanma testi < 22 m veya artan hızda mekik yürüme testi < 400 m olan hastalarda KPET yapılmalıdır. Pik VO₂ < 10 mL/kg/dk veya %35 ise mortalite riski yüksektir. Eğer Pik VO₂ > 20 mL/kg/dk veya %75 ise anatomik rezeksiyon düşük risklidir. Altı dakika yürüme testinin bu amaçlı kullanımına ait verilerin yeterli olmaması nedeniyle standart yaklaşımda kullanımına dair bir öneri yapılması mümkün değildir.

KAYNAKLAR

1. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, et al. Physiology of exercise. Principles of Exercise Testing and Interpretation: Including Pathophysiology and Clinical Applications. 5th ed. Wolters Kluwer Lippincott Williams & Wilkins, 2011.
2. Roca J, Burgos F. Exercise testing. In: Spiro SG, Silvestri GA, Agusti A (eds). Clinical Respiratory Medicine. 4th ed. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2012:143-53.
3. Poole DC, Gaesser GA. Response of ventilatory and lactate thresholds to continuous and interval training. J Appl Physiol 1985;58:1115-21. [\[CrossRef\]](#)
4. O'Donnell DE, Revill SM, Webb KA. Dynamic hyperinflation and exercise intolerance in chronic obstructive pulmonary disease. Am J Respir Crit Care Med 2001;164:770-7. [\[CrossRef\]](#)
5. Sevinç C. Kardiyopulmoner egzersiz testlerinin kullanım alanları ve temel parametreler. Saryal S, Ulubay G (editörler). Solunum Fonksiyon Testleri. Toraks Kitapları Sayı: 16. 2012:329-35.
6. Mottram C. Cardiopulmonary exercise testing. In: Ruppel GL (ed). Manual of Pulmonary Function Testing. 9th ed. Mosby Elsevier, 2009:185-237.
7. Coşkun F. Kardiyopulmoner egzersiz testlerinde metodoloji. Saryal S, Ulubay G (editörler). Solunum Fonksiyon Testleri. Toraks Kitapları Sayı: 16. 2012:356-62.
8. West JB. Normal Physiology: Exercise. In: Pulmonary Physiology and Pathophysiology, An Integrated, Case-Based Approach. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins 2001:1-15.
9. Ergün P. Alan testleri. Saryal S, Ulubay G (editörler). Solunum Fonksiyon Testleri. Toraks Kitapları Sayı: 16. 2012:376-83.
10. ATS statement: guidelines for the six minute walk test. Am Respir Crit Care Med 2002;166:111-7. [\[CrossRef\]](#)
11. Fotheringham I, Meakin G, Punekar YS, et al. Comparison of laboratory-and filed based exercise tests for COPD: a systematic review. Int J of Chron Obstruct Pulmon Dis 2015;10:625-43. [\[CrossRef\]](#)
12. Parreira VF, Janaudis-Ferreira T, Evans RA, et al. Measurement properties of the incremental shuttle walk test: a systematic review. Chest 2014;145:1357-69. [\[CrossRef\]](#)
13. Harrison SL, Greening NJ, Houchen-Wolloff L, et al. Age-specific normal values for the incremental shuttle walk test in a healthy British population. J Cardiopulm Rehabil Prev 2013;33:309-13. [\[CrossRef\]](#)
14. Palange P, Forte S, Onoratti P, et al. Ventilatory and metabolic adaptations to walking and cycling in patients with COPD. J Appl Physiol 2000;88:1715-20. [\[CrossRef\]](#)
15. Singh SJ, Jones PW, Evans R, Morgan MDL. Minimum clinically important improvement for the incremental shuttle walking test. Thorax 2008;63:775-7. [\[CrossRef\]](#)
16. Jones PW, Beeh KM, Chapman KR, et al. Minimal clinically important differences in pharmacological trials. Am J Respir Crit Care Med 2014;189:250-5. [\[CrossRef\]](#)
17. Win T, Jackson A, Groves AM, et al. Comparison of shuttle walk with measured peak oxygen consumption in patients with operable lung cancer. Thorax 2006;61:57-60. [\[CrossRef\]](#)
18. Revill SM, Morgan MD, 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. [\[CrossRef\]](#)
19. Singh SJ, Puhan MA, Andrianopoulos V, et al. 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;44:1447-78. [\[CrossRef\]](#)
20. Ringbaek T, Martinez G, Brøndum 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. [\[CrossRef\]](#)
21. Puhan MA, Scharplatz M, Troosters T, et al. Respiratory rehabilitation after acute exacerbation of COPD may reduce risk for readmission and mortality-a systematic review. Respir Res 2005;6:54. [\[CrossRef\]](#)
22. Puhan MA, Gimeno-Santos E, Scharplatz M, et al. Pulmonary rehabilitation following exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. Cochrane Database Syst Rev 2011;10:CD005305. [\[CrossRef\]](#)
23. Duc HA, Mazzone PJ, Ries AL, et al. The utility of exercise testing in patients with lung cancer. J Thor Oncol 2016;11:1397-410. [\[CrossRef\]](#)
24. Brunelli A, Kim AW, Berger KI, et al. Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: Diagnosis and management of lung cancer. Chest 2013;143(Suppl 5):e166S-90S. [\[CrossRef\]](#)
25. Brunelli A, Xiume F, Refai M, et al. Peak oxygen consumption measured during stair climbing test in lung resection candidates. Respiration 2010;80:207-11. [\[CrossRef\]](#)

26. Salati M, Brunelli A. Preoperative assessment of patients for lung cancer surgery. *Curr Opin Pulm Med* 2012;18:289-94. [\[CrossRef\]](#)
27. Bagg LR. The 12-min walking distance; its use in the preoperative assessment of patients with bronchial carcinoma before lung resection. *Respiration* 1984;46:342-5. [\[CrossRef\]](#)
28. Markos J, Mullan BP, Hillman DR, et al. Preoperative assessment as a predictor of mortality and morbidity after lung resection. *Am Rev Respir Dis* 1989;139:902-10. [\[CrossRef\]](#)
29. Holden DA, Rice TW, Stelmach K, et al. Exercise testing, 6-min walk, and stair climb in the evaluation of patients at high risk for pulmonary resection. *Chest* 1992;102:1774-9. [\[CrossRef\]](#)
30. Marjanski T, Wnuk D, Bosakowski D, et al. Patients who do not reach a distance of 500 m during the 6-min walk test have an increased risk of postoperative complications and prolonged hospital stay after lobectomy. *Eur J Cardiothorac Surg* 2015;47:e213-9. [\[CrossRef\]](#)