

Kardiyopulmoner egzersiz testleri

Cardiopulmonary exercise testing

Erkan Ceylan

ÖZET

Kardiyopulmoner egzersiz testi (KPET), bireyin dinamik egzersiz sırasındaki kapasitesini değerlendiren, tanısasal ve prognostik amaçlı bilgiler sağlayan girişimsel olmayan bir işlemdir. KPET kontrollü metabolik şartlar altında yapılan egzersizin solunum sistemi, kardiyovasküler sistem ve selüler cevabının araştırılması esasına dayanır. Sadece pulmoner ve kardiyovasküler sistemler değil bunun yanında kas iskelet sistemi de dahil olmak üzere egzersize karşı oluşan yanıtın bütüncül olarak değerlendirilmesine olanak sağlar. Bununla birlikte, tanı almamış egzersiz intoleransının değerlendirilmesi ve fonksiyonel kapasitenin objektif olarak belirlenmesi amacıyla geniş spektrumlu klinik uygulamalarda artarak uygulanmaktadır. Geniş bir donanım ve eğitilmiş elemanlar eşliğinde yapılabilen KPET klinikte farklı konuları aydınlatmak amacıyla kullanılmaktadır. Çeşitli hastalıkların tanısında ve takibinde giderek önemi artan tetkiklerden birisidir.

Anahtar kelimeler: Kardiyopulmoner egzersiz testleri, dinamik hiperinflasyon, tanı, fonksiyonel kapasite

GİRİŞ

Kardiyopulmoner egzersiz testleri (KPET) bireyin egzersiz sırasındaki kapasitesini değerlendiren, tanısasal ve prognostik amaçlı bilgiler veren bir testtir. KPET ile organizmanın metabolik durumu, kardiyak, pulmoner, nöromüsküler sistemlerin fonksiyonel kapasitelerinin değerlendirmesi ve egzersize karşı oluşan yanıtların birlikte değerlendirmesi sağlanarak farklı patolojilerin aydınlatılabilmesi söz konusudur [1,2]. KPET ayrıca operasyon öncesi değerlendirme, hastalık morbidite ve mortalite tahmininde, klinik seyir ve tedavi yanıtını değerlendirme ama-

ABSTRACT

Cardiopulmonary exercise testing (CPET) is a noninvasive procedure that provides diagnostic and prognostic information and evaluates an individual's capacity for dynamic exercise. CPET is an investigation of the respiratory, cardiovascular and cellular response to the exercise that can be done under controlled metabolic conditions. It provides assessment of the integrative exercise responses involving not only the pulmonary and cardiovascular systems but also skeletal muscle system, which are not adequately reflected through the measurement of individual organ system function. Furthermore, it is being performed increasingly in a wide spectrum of clinical applications for evaluation of undiagnosed exercise intolerance or for objective determination of functional capacity. CPET with extensive hardware and educated staffs can be used for the diagnosis of different types of clinical problems. Additionally, the increasing number of applications for which CPET is currently employed, attests to the growing recognition of its importance in medicine. *J Clin Exp Invest 2014; 5 (3): 504-509*

Key words: Cardiopulmonary exercise testing, dynamic hyperinflation, diagnosis, functional capacity

cıyla da kullanılmaktadır [3,4]. Teknik olarak farklı donanım gerektiren KPET ile klinikte birçok hastalığın tanısı konulabilmektedir. Hangi testin seçileceği hastanın klinik semptomlarına göre belirlenir. Örneğin; egzersiz dispnesi tanımlayan bir hastada egzersiz provokasyonu, nedeni açıklanamayan efor dispnesi içinde KPET planlanması uygun olacaktır. Tedavi etkinliğini değerlendirmek için KOAH'lı bir olguda 6 dakika yürüme testi (6DYT) kullanılabilir. Tablo 1'de Egzersiz test tipleri ve özellikleri gösterilmiştir.

Egzersiz testleri, performans egzersiz testleri ile klinik egzersiz testleri olmak üzere ikiye ayrılır. Klinik egzersiz testleri tanıya yardımcı olma, ope-

rasyon öncesi değerlendirme, risk tayini, klinik takip ve tedavi yanıtı ile maluliyeti değerlendirme gibi amaçlar için kullanılır [5].

KPET donanımı çok basitten komplike aletlere kadar değişebilmektedir. "Rampa testleri" ve düz yolda yürümeye dayalı teknik donanım gerektirmeyen "koridor testleri" ya da daha ciddi laboratuvar

donanım gerektiren "bisiklet, yürüme bandı ve kol ergospirometrik testleri" olarak iki grupta tanımlanabilir [6]. Günümüzde göğüs hastalıklarında merdiven çıkma testi, mekik testi, altı dakika yürüme testi, egzersizle oluşan bronkospazm testi ve kardiyopulmoner egzersiz testi kullanılmaktadır.

Tablo 1. Egzersiz testi tipleri ve özellikleri

Yöntem	Teknik donanım	Yoğunluk	Değerlendirme	Standardizasyon	Tekrar edilebilirlik	Maliyet
Merdiven Çıkma	0	Mak/mak	Postop risk, FK	0	0	0
6DYT	+	Submak/mak	FK	++	++	+
Shuttle test	++	Maksimal	FK	+++	++	+
Egzersiz provokasyon	+++	Submaksimal	Bronş hiperreaktivitesi	++	++	++
Kardiyak stres test	+++	Submaksimal	İskemi, aritmi	+++	+++	+++
KPET	++++	Maksimal	FK, multi sistem değerlendirme	++	+++	++++

6DYT: 6 dakika yürüme testi, KPET: Kardiyopulmoner egzersiz testleri, FK: Fonksiyonel kapasite

RAMPA TESTLERİ

Merdiven çıkma testi

Klinik egzersiz testlerinin en basit ve ekonomik olanıdır. Operasyon sonrası komplikasyon olasılığını değerlendirmek amacıyla pratik olması nedeniyle kullanılmaktadır [7].

Kullanım alanları; toraks yada üst abdomen cerrahisi olgularında operasyon sonrası komplikasyon riskini değerlendirmede kullanılır. Merdiven çıkma testinin standart bir uygulaması yoktur. Hastada baş dönmesi, yorgunluk, göğüs ağrısı veya nefes almada güçlük oluşuncaya kadar merdiven çıkması istenir. Yapılan çalışmalarda iki kat merdiven çıkamayan olgularda operasyon sonrası komplikasyon gelişme riski çıkabilenlere göre belirgin fazladır. Test sırasında oksihemoglobin satürasyonu, dispne seviyesi ve kalp hızı ölçümleri yapılabilir.

KOAH'lı hastalarda merdiven çıkma testi sonuçları ile bisiklet ergometresinde ölçülen maksimal oksijen tüketimi arasında yüksek korelasyon ($r = 0,7$) olduğu bildirilmiştir [8].

Olgularda test süresince ortaya çıkan iş gücü ve VO_2 max değerleri aşağıdaki formüller ile hesaplanır [9-12].

$İş (W) = Basamak\ yüksekliği\ (cm) \times Basamak\ sayısı/dk \times Vücut\ ağırlığı\ (kg) \times 0,1635$

$$VO_2max\ (ml/dk) = (5,8 \times Vücut\ ağırlığı\ (kg)) + 151 + (10,1 \times W)$$

İki aşamalı test

İskemik kalp hastalığına bağlı dispne tanısında nadiren kullanılır. Hastanın belirli eğimdeki rampa üzerinde inip çıkması esasına dayanır. Kardiyak monitörizasyonun yapılmaması, iş gücünün bilinmeyişi, kardiyopulmoner ölçümlerin yapılamaması testin uygulanmasını sınırlandıran durumlardır. Günümüzde iskemik kalp hastalığına bağlı dispne tetkikinde KPET kullanılmaktadır.

KORİDOR TESTLERİ

Koridor testleri hastaların yürüyüş mesafesine göre tedavi yanıtının değerlendirilmesi, yürüyüş sırasında desaturasyon varlığının ve oksijen ihtiyacının belirlenmesi ve preoperatif mortalite ve prognoz değerlendirmesinde kullanılabilir. Koridor testleri ile maksimum kalp hızına ulaşılması zor olduğundan ve metabolik analizler yapılamaz. Bu nedenle koridor testleri kardiyopulmoner kısıtlanmanın nedenini belirleyemez.

Mekik testi (Shuttle walk test)

Progresif olarak yürüme hızının artırıldığı bir koridor testidir ve iki tipi vardır.

1. Yürüme hızının giderek arttığı mekik yürüme testi

2. Hızın sabit olduğu dayanıklılık mekik yürüme testi.

Yürüme hızının giderek arttığı mekik yürüme testi sesli uyararla her dakikada yürüme hızının giderek artırılması esasına dayanmaktadır ve pik oksijen tüketiminin belirlenmesi için yapılan bir testtir. Test birbirine 10 metre uzaklıkta iki nokta arasında gidiş-geliş turu şeklinde yapılır. Giderek hız kazanan bu mekik turlarında hastanın dayanabildiği en son turda metre ya da tur sayısı olarak sonuç belirtilir [13]. Yürüme hızı 0,5 m/sn ile başlar ve her saniye hız 0,17 m artar. On iki düzey vardır. Testi sonlandırma ölçütü yorgunluğun veya semptomların gözlenmesidir. Bu test, tepe oksijen tüketimi (Pik VO_2) tayini için kullanılabilir ve korelasyonu 6DYT'ye göre daha iyidir [14]. Ancak uygulanması daha zor bir yöntemdir. Test sırasında EKG monitörizasyonu mümkün olmadığı için kardiyak yan etkiler takip edilememektedir.

Dayanıklılık mekik yürüme testinde ise hız sabittir. İki dakikalık ısınma periyodunun ardından hastaların 10 metrelik mesafeyi yürümeleri istenir. Sabit hız, yürüme hızının giderek arttığı mekik testinde belirlenen VO_2 max'ın %85'ine göre ayarlanır. Toplam yürüme zamanı kaydedilir [15]. Pulmoner rehabilitasyon programları sonrası değerlendirme de daha kullanışlı bir testtir.

6 Dakika Yürüme Testi

Göğüs hastalıklarında kolayca uygulanabildiğinden en yaygın kullanılan egzersiz testidir. 6DYT, akciğer hastalığı olan kişilerde fonksiyonel kapasitenin ölçümünde, tıbbi uygulamaların, pulmoner rehabilitasyona cevabın, hastalığın seyrinin değerlendirilmesinde ve pulmoner sorunun neden olduğu maluliyeti değerlendirmede kullanılmaktadır [12,14,16-19]. Egzersiz toleransının ve fonksiyonel kapasitenin doğru şekilde hesaplanmasına olanak sağlar. Test sırasında solunum kısıtlılığı ortaya çıkarsa da, hastaların yürüme hızlarını azaltarak testi tamamlayabilmeleri avantajdır [19]. Standart protokolü 30 metrelik kesintisiz bir koridorda veya açık alanda uygulanır. Her 3 metreye işaret konur. Rahat bir kıyafet ve ayakkabı giyen hastaya, test sırasında standart talimatlar verilir ve sözlü cesaretlendirme yapılır. Test öncesinde ve sonrasında kalp hızı, kan basıncı, Borg cetveli ile dispne seviyesi ve oksihemoglobin saturasyonu belirlenebilir. Aynı gün içinde birer saat dinlenme arası bırakılarak 6DYT'nin üç kez tekrarlanması önerilir; en fazla yürüme mesafe-

si dikkate alınır [19]. 6DYT'nin tekrarlanabilirliği ve diğer fonksiyonel kapasite ölçümleriyle korelasyonu iyidir. Bu yüzden daha karmaşık olan kardiyopulmoner egzersiz testinin uygulanmadığı durumlarda 6DYT'den yararlanılabilir. Bu uygulama hastaların aşına oldukları bir egzersiz modelinde test yapmalarına olanak sağlar. 6DYT kullanım alanları Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. 6 Dakika yürüme testi kullanım alanları

Tedavi yanıtını değerlendirme
- Medikal: Kalp ve akciğer hastalıkları
- Cerrahi: Transplantasyon, rezeksiyon, hacim küçültme
- Fizyoterapi
Morbidite ve mortalite tayini
- Konjestif kalp yetmezliği
- Primer pulmoner hipertansiyon
- Kronik obstrüktif akciğer hastalığı
Fonksiyonel kapasiteyi değerlendirmek
- Kalp hastalığı
- Akciğer hastalığı
- Periferik damar hastalığı
- Kistik fibrozis
- Normal olgular

Egzersiz ile indüklenen bronkospazm (EİB) testi

Egzersize bağlı artmış ventilasyon, bronşlarda ısı ve su kaybı yaparak bronkokonstriksiyonu tetikler. Egzersiz sonrası 5-10 dakikada gelişen hırıltılı solunum, nefes darlığı, öksürük ve performansda azalma gözlenmesi ve semptomların 30-40 dakika içinde azalma anamnezi sonrası egzersiz intoleransını araştırmak için EİB testi uygulanır. Hava yolu aşırı duyarlılığı ve açıklanamayan dispnelerde endikasyonu vardır. Özellikle obez çocuklarda EİB tanısı çocukların egzersizlere katılımı açısından önemlidir[20]. Egzersizle oluşan bronkospazmın ortaya konulması için ventilasyonu FEV1'in yaklaşık 20 katına artıran genellikle 6-8 dakikalık yoğun bir egzersiz gerekir [21]. Bu egzersizden sonra kişi aralıklı olarak birçok defa (örneğin 1,3,5,7,10,15,20. veya 30. dakikalarda) FEV1 manevrası yapar. Farklı kıstaslar bulunmakla birlikte, genellikle dakikalık ısınma ve ardından 6dk ağır egzersizi takiben istirahat ve egzersizin 5,15, 30. dakikalarında spirometrik ölçümler yapılır. FEV1 yada FVC de %15lik değişimlerde pozitif kabul edilir. Kişi son 3 saat içinde

EİB geçirmemiş ve testten önce etki süresine bağlı olarak 6-24 saat bronkodilatatör almamış olmalıdır. Test gününde kafein, antihistaminikler ve steroidler kullanılmamalıdır. Test sırasında oksihemoglobin saturasyonu izlenebilir. Oda sıcaklığı 20-25°C, nem %50 civarında olmalıdır [6]. Yapılan çalışmalarda metakolin duyarlılık testi bronş aşırı duyarlılığını değerlendirmede daha üstün olduğu gösterilmiştir [22].

KARDİYAK STRES TEST-EVRELENDİRİLMİŞ EGZERSİZ TESTİ

Miyokard iskemi varlığını göstermek amacı ile yürüme bandında, çeşitli protokoller uyarak, giderek artan is yükü sonucunda gelişecek iskemik EKG değişiklikleri, ventriküler aritmiler, hasta yakınmaları değerlendirilir.

KARDİYOPULMONER EGZERSİZ TESTLERİ (KPET)

Kronik akciğer veya kalp hastalığı olan kişilerde istirahat sırasındaki FEV1, DLCO, ejiyasyon fraksiyonu gibi fizyolojik verilerden egzersiz intoleransı güvenli bir şekilde hesaplanamamaktadır [23]. KPET egzersiz toleransının mekanizmalarını ve intoleransın nedenlerini araştırmada günümüzde altın standart olarak kullanılır [24]. KPET rehabilitasyon ve egzersiz programlarının hazırlanmasında, cerrahi öncesi ile sonrası değerlendirmede kullanılır. KPET'in amacı egzersize katılan organlara belirli bir miktar stres uygulamaktır. Bu nedenle test sırasında büyük kas gruplarının, özellikle alt ekstremite kaslarının kullanıldığı egzersizler tercih edilir [25]. İki tür egzersiz protokolü uygulanır. Şiddeti giderek artan test protokolünde genellikle sabit pedal hızı (60 rpm önerilir) kullanılır. Pedal hızı 40 rpm'nin altına düştüğünde test sonlandırılır. Başlangıç yükü ve artışlar, egzersiz 10-12 dakika devam ettirilebilecek şekilde hastanın özelliklerine göre belirlenir. Sabit yük uygulanan egzersiz testinde hastadan dayanabildiği kadar egzersiz yapması istenir ve süre kaydedilir. Tedavi öncesindeki ve sonrasındaki egzersiz zamanları arasındaki fark dikkate alınır. Protokol seçimi hastanın fonksiyonel kapasitesine ve testin amacına göre yapılır. Bu amaçla koşu bandı veya bisiklet ergometresi kullanılabilir. Koşu bandının avantajı yürüme/koşma modelinin alışıldık olması ve bisiklet ergometresine göre daha fazla kas grubunu çalıştırmasıdır. Basitliğinden dolayı Bruce veya Balke protokolleri tercih edilebilir. Koşu bandında ölçülen maksimum oksijen kullanım değeri (VO₂max) bisik-

let ergometresinde ölçülenden %5-10 daha fazladır [25]. Bisiklet ergometresi daha ucuzdur ve daha az yer kaplar. Ayrıca kan basıncı ve EKG ölçümlerinin daha rahat yapılabilmesi gibi avantajları da vardır. Hastalar istedikleri zaman durabileceklerini bildikleri için ve düşme riski olmadığından kendilerini daha güvende hissederler. KPET sırasında VO₂ ve VCO₂ değerleri, kalp hızı ve sistemik arteriyel basınç ölçülür. Test boyunca EKG'nin ve oksijen saturasyonunun takip edilmesi önerilir. Egzersiz testi sırasında hastanın egzersiz hakkındaki algılarını ve dispne, göğüs ağrısı, yorgunluk gibi belirtileri değerlendirmek ve hastanın teste devam edemeyeceği noktayı belirlemek önemlidir. Akciğer hastalığı olan bireylerde pulmoner gaz değişiminin uygun şekilde değerlendirilebilmesi için arteriyel solunum kan gazlarının da ölçülmesi gerekebilir. Hastalar istedikleri zaman durabileceklerini bildikleri için ve düşme riski olmadığından kendilerini daha güvende hissederler. KPET sırasında VO₂ ve VCO₂ değerleri, kalp hızı ve sistemik arteriyel basınç ölçülür. Test boyunca EKG'nin ve oksijen saturasyonunun takip edilmesi önerilir. Egzersiz testi sırasında hastanın egzersiz hakkındaki algılarını ve dispne, göğüs ağrısı, yorgunluk gibi belirtileri değerlendirmek ve hastanın teste devam edemeyeceği noktayı belirlemek önemlidir. Akciğer hastalığı olan bireylerde pulmoner gaz değişiminin uygun şekilde değerlendirilebilmesi için arteriyel kan gazlarının da ölçülmesi gerekebilir [26,27].

Yürüme bandı ile yapılan testlerde hastaya uygulanan iş, istirahat ve ısınma döneminden sonra giderek hız ve eğimin artırılması ile yapılır. Hastanın uyumuna ve kooperasyonuna göre seçilebilecek çeşitli hız ve eğim derecelerinde yürüme bandı protokolleri uygulanır. Yürüme bandı, bisiklet ergometresine göre laboratuarda daha büyük bir alana ihtiyaç göstermektedir. Hastaların testin durdurulması sırasında harekete bağlı olarak denge ile ilgili sorunu olabilir ya da test sırasında bisiklet ergometrisinden farklı olarak hastanın düşme riski söz konusu olabilir. Yürüme bandı ile iş yükünü birimlendirmek zordur çünkü iş yükü uygulanması eğim ve hız olmak üzere iki farklı parametre ile yapılmaktadır. Bisiklet ergometresinde ise yine istirahat ve ısınma döneminden sonra pedallara watt cinsinden giderek artan direnç, mekanik ya da daha uygun olanı elektronik olarak uygulanmakta ve hastanın maksimum egzersiz performansına ulaşması sağlanmaya çalışılmaktadır. Bisiklet ergometresi ile uygulanacak iş yükü olgunun boy, kilo, cinsiyet, istirahattaki tahmini oksijen tüketimini göz önünde bulunduran standart bir formülle hesaplanır. Genel olarak solunum sis-

temi hastalığı olan olgularda giderek artan iş yükü protokolleri ve endurans testleri için daha uygun olması, iş yükünün hesaplanabilmesi gibi nedenlerle bisiklet ergometrisi tercih edilmektedir. Bu grup hastalarda yürüme bandı tercih olarak ikinci sırada yer almaktadır. Her iki yöntem sırasında da (VO_2 , VCO_2 ,

HR, VE, IC, TV, Ti, Te, Ti/Ttot, 12 derivasyon EKG) solunumla ilgili ve kardiyak parametreler monitörize edilebilmekte ve kayıt yapılabilmektedir [1,2,28]. Yürüme bandı ve bisiklet ergometrisinin avantaj ve dezavantajları Tablo 3 de verilmiştir.

Tablo 3. Yürüme bandı ve bisiklet ergometrisinin avantaj ve dezavantajları

Yürüme bandı	Bisiklet
Daha bilindik bir test.	Yürüyüş ve koşmaya oranla daha az bilinir.
Eğim ve hız artar.	Watt cinsinden iş yükü artar.
Maks. egzersize daha çabuk ulaşır.	Egzersiz paterninde değişiklik azdır.
Daha fazla kas grubu kullanılır.	Daha az kas grubu kullanılır.
Artefakt daha çok.	Artefakt daha az.
İş yükü hesaplanamaz.	İş yükü hesaplanabilir.
Hasta için daha uygun	Rampa protokolleri ve endurans testler için daha uygun.
VO_2 max %5-10 daha yüksektir.	Ventilasyon ve laktat üretimi hafifçe daha yüksek.
	Daha ucuzdur, daha az yer kaplar
	Kan basıncı ve EKG ölçümlerinin daha rahat yapılır.

Tablo 4. Kardiyopulmoner egzersiz testlerinin kontrendikasyonları

Mutlak
Akut miyokard enfarktüsü (ilk 3-5 gün)
Kararsız anjina
Semptomatik ve hemodinamik bozulmaya neden olan aritmiler
Aktif endokardit
Akut miyokardit veya perikardit
Semptomatik ileri dereceli aort stenozu
Kontrol altına alınamayan kalp yetmezliği
Akut pulmoner emboli, pulmoner enfarkt
Egzersiz performansını etkileyebilen veya egzersizle agreve olabilen enfeksiyon, böbrek yetmezliği, tirotoksikoz gibi klinik tablolar
Göreceli
Sol ana koroner arter daralması
Kalp kapaklarında orta derecede daralma
Elektrolit bozuklukları
Ağır arteriyel hipertansiyon (SKB>200mmHg, DKB>120mmHg)
Belirgin pulmoner hipertansiyon
Takiaritmi veya bradiaritmi
Hipertrofik kardiyomiyopati
Kooperasyonu etkileyebilecek mental bozulma
İleri dereceli artriyoventriküler blok
Derin ven trombozu

SKB: Sistolik kan basıncı, DKB: Diyastolik kan basıncı

KOL ERGOMETRİSİ

Alt ekstremitenin hareket ettiremediği durumlarda kullanılan bir protokoldür. Paraplejik hastalarda kullanılabılır. Kardiyopulmoner sistem fonksiyonlarını tam olarak yansıtamazlar. Bu test başka cihaza ge-

rek olmadan bisiklet ergometrisi masa üzerine yerleştirilerek yapılabilir.

KPET bireyin egzersiz sırasındaki kapasitesini değerlendiren, tanısal ve prognostik amaçlı bilgiler veren çok değerli bir test olmakla birlikte bu testlerin

kontrendikasyonları ve gereğinde testleri sonlandırma kriterleri bulunmaktadır (Tablo 4).

Kardiyopulmoner egzersiz testleri, maksimum egzersiz sırasında oksijen tüketimi, karbondioksit üretimi, dakika ventilasyonu ve diğer ventilatuar parametreleri ölçerken, 12 derivasyonlu EKG, kan basıncı, kalp hızı ve O₂ satürasyonunun monitörize edilmesine imkan veren testlerdir. Bu nedenle KPET, vücuttaki pulmoner, kardiyovasküler, hematopoetik, nörofizyolojik ve kas-iskelet sistemlerinin egzersiz sırasında değerlendirilebilmesini sağlar. KPET egzersiz kısıtlanması ve egzersize bağlı belirtiler ile fonksiyonel kapasite ve yetmezliğin değerlendirilmesinde önemli bir tanısal yöntemdir.

KAYNAKLAR

1. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, et al. Principles of Exercise Testing and Interpretation. 3rd ed. Baltimore: A Wolters Kluwer Comp, 1999:10-56.
2. Ulubay G, Eyüboğlu FÖ. Kardiyopulmoner egzersiz testleri. *Tüberküloz ve Toraks Dergisi* 2006;54:90-98
3. Gursel G. Egzersiz Testleri: Klinik anıdaki yeri ve hasta takibindeki önemi. *Solunum* 2: 175-192, 2000.
4. Ross RM, Beck KC, Casaburi R, et al. ATS/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing *Am J Respir Crit Care Med*. 2003;167:1451.
5. Cooper CB, Storer TW. Exercise testing and interpretation: Practical guide. Cambridge: 2003. (Egzersiz testleri ve yorumu: Pratik yaklaşım. Kayserilioğlu A, Çavuşoğlu H, çeviri editörleri, Yüce yayınları; İstanbul, 2003).
6. Weisman IM, Zeballos RJ. Clinical exercise testing. 1st ed., USA 2002.
7. Girish M, Trayner E Jr, Dammann O, et al. Symptom-limited stair climbing as a predictor of postoperative cardiopulmonary complication after high-risk surgery. *Chest* 2001;120:1147-1150.
8. Pollock M, Roa J, Benditt J, et al. Estimation of ventilatory reserve by stair climbing: A study in patients with chronic airflow obstruction. *Chest* 1993;104:1378-1383.
9. 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;102:1774-1779.
10. Davis JA, Whipp BJ, Lamarra N. Effect of ramp slope on measurement of aerobic parameters from the ramp exercise test. *Med Sci Sports Exerc* 1982;14:339-343.
11. Porszasz J, Casaburi R, Somfay A, et al. A treadmill ramp protocol using simultaneous changes in speed and grade. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:1596-603.
12. ATS Statement: Guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:111-117.
13. Singh SJ, Morgan MDL, Hardman AE, et al. Comparison of oxygen uptake during a conventional treadmill test and the shuttle walking test in chronic airflow limitation. *Eur Respir J* 1994;7:2016-2020.
14. American Thoracic Society. Guidelines for six minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med* 2002;166:111-117.
15. Revill 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;54:213-222.
16. Chang JA, Curtis JR, Patrick DL, et al. Assessment of health related quality of life in patients with interstitial lung disease. *Chest* 1999;116:1175-1182.
17. Okudan N, Gök M, Gökbel H, et al. Single dose of tiotropium improves the 6-minute walk distance. *Lung* 2006;184:201-204.
18. De Torres JP, Pinto-Plata V, Ingenito E, et al. Power of outcome measurements to detect clinically significant changes in pulmonary rehabilitation of patients with COPD. *Chest* 2002;121;1092-1098.
19. Enright PL, Sherrill DL. Reference equations for the six-minute walk in healthy adults. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;158:1384-1387.
20. Gökbel H, Ataş Ş. Exercise induced bronchospasm in nonasthmatic obese and nonobese boys. *J Sports Med Physical Fitness* 1999;39:361-364.
21. Gökbel H, Ataş Ş. Egzersizle oluşan bronkospazm. *Genel Tıp Dergisi* 1997;7:111-115.
22. Rodman JR, Haverkamp HC, Gordon SM, et al. Cardiovascular and respiratory system responses and limitations to exercise. In: Weissman IM, Zeballos RJ (eds). *Clinical Exercise Testing*. Basel: Karger AG, 2002:1-29.
23. Palange P, Ward SA, Carlsen KH, et al. Recommendations on the use of exercise testing in clinical practice. *Eur Respir J* 2007;29:185-209
24. Ferrazza AM, Martolini D, Valli G, et al. Cardiopulmonary exercise testing in the functional and prognostic evaluation of patients with pulmonary diseases. *Respiration* 2009;77:3-17.
25. Albouaini K, Egred M, Alahmar A, et al. Cardiopulmonary exercise testing and its application. *Postgrad Med J* 2007;83:675-682.
26. Akkoca O, Eris Gulbay B, et al. The importance of exercise testing for the functional assessment of lung resection candidates. *Tüberk Toraks* 2004;52:307-314.
27. Older PO, Hall AC. The role of cardiopulmonary exercise testing for preoperative evaluation of the elderly. In: Wasserman K (ed). *Exercise Gas Exchange in Heart Disease*. Armonk, NY: Futura Publishing Company, 1996:287-297.
28. ATS/ACCP Statement on Cardiopulmonary Exercise Testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2003;167:211-277.