

Kas İskelet Sistemi Hastalıklarında Fonksiyonel Kapasitenin Belirlenmesi: Kardiyopulmoner Egzersiz Testinin Temel Prensipleri

The Evaluation of Functional Capacity in Musculoskeletal Diseases: Basic Principles of Cardiopulmonary Exercise Testing

Oya Özdemir, Zafer Haşçelik*

Hacettepe Üniversitesi Kastamonu Tıp Fakültesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

*Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

ÖZET

Kardiyopulmoner egzersiz testi bireyin dinamik egzersiz sırasındaki kapasitesini değerlendiren, tanısal ve prognostik amaçlı bilgiler sağlayan girişimsel olmayan bir işlemdir. Sadece pulmoner ve kardiyovasküler sistemler değil bunun yanında kas iskelet sistemi de dahil olmak üzere egzersize karşı oluşan yanıtın bütüncül olarak değerlendirilmesine olanak sağlar. Bu yanıtın tek tek organ sistemlerinin fonksiyonunun ölçülmesiyle yeterli düzeyde belirlenmesi mümkün değildir. Yarım yüzyıldan uzun süredir, bu test kardiyovasküler veya pulmoner hastalığı olanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Fonksiyonel egzersiz testi aktivite danışmanlığı, egzersiz reçetelenmesi ya da disabilitenin belirlenmesi bakımından değerlidir. Bununla birlikte, tanı almamış egzersiz intoleransının değerlendirilmesi ve fonksiyonel kapasitenin objektif olarak belirlenmesi amacıyla geniş spektrumlu klinik uygulamalarda artarak uygulanmaktadır. Biz bu yazıda, kardiyopulmoner egzersiz testinin temel prensiplerini gözden geçirmeyi amaçladık. (*FTR Bil Der 2011;14: 99-104*)

Anahtar kelimeler: Egzersiz testi, rehabilitasyon, fonksiyonel kapasite

ABSTRACT

Cardiopulmonary exercise testing is a noninvasive procedure that provides diagnostic and prognostic information and evaluates an individual's capacity for dynamic exercise. 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. For more than a half century, it has been widely used in patients with cardiovascular or pulmonary disease. Functional exercise testing is valuable for activity counselling, exercise prescription, or disability assessment. 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. In this report, we aimed to review the basic principles of cardiopulmonary exercise testing. (*J PMR Sci 2011;14: 99-104*)

Keywords: Exercise test, rehabilitation, functional capacity

Yazışma Adresi Corresponding Author

Oya Özdemir

Hacettepe Üniversitesi Kastamonu Tıp
Fakültesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon
Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

Tel.: +90 312 309 41 42

E-posta: oyaunalozdemir@yahoo.com

Geliş Tarihi/Received: 21.06.2011

Kabul Tarihi/Accepted: 19.08.2011

Giriş

Kardiyopulmoner egzersiz testi; kontrollü egzersiz koşullarında kardiyovasküler sistem üzerinde oluşturulan zorlanmaya karşı

organizmanın verdiği fizyolojik yanıtın tanımlanmasıdır. Egzersiz testi, diagnostik veya fonksiyonel amaçlarla uygulanabilir. Kardiyoloji kliniklerinde kardiyovasküler hastalığın diagnostik ve prognostik yönden değerlendirilmesinin yanı sıra terapötik

etkinliğin değerlendirilmesi amacıyla da kullanılmaktadır (1). Uzun yıllardır koroner arter hastalığı ve kronik obstrüktif akciğer hastalığı başta olmak üzere çeşitli kardiyak ya da pulmoner hastalığı olanlarda aerobik kapasitesinin belirlenmesi ve egzersiz reçetelerinin oluşturulmasında bu testlerden sıklıkla yararlanılmıştır (2). Egzersiz testinin spesifik uygulama alanları Tablo 1'e listelenmiştir (3).

Fiziatristlerin esas ilgi alanına giren fonksiyonel egzersiz testinin amacı ise; fiziksel aktivite önerisi yapmak, egzersiz reçetelemek veya özürüllük değerlendirmek açısından kişinin egzersiz kapasitesini belirlemektir (1). Özellikle son 10 yıl içerisinde, kas iskelet sistemi hastalığı olanlarda bu amaçla

artan sayıda çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Hastaların fonksiyonel egzersiz testi ile değerlendirildiği bu hastalıklar arasında ankilozan spondilit (4,5), romatoid artrit (5-8), juvenil kronik artrit (9,10), sistemik skleroz (10,11), sistemik lupus eritematozus (12), osteoporoz (13), fibromiyalji (14,15), kronik bel ağrısı (16-19) ve osteoartrit (20) yer almaktadır.

1. Egzersiz Fizyolojisi

Kardiyovasküler performans ve aerobik egzersiz kapasitesini en iyi gösteren ölçütün 'maksimum oksijen tüketimi' (VO_2 maks) olduğu kabul edilmektedir (1). Egzersiz sırasında oksijen tüketimi (VO_2), plato çizene kadar, iş yükü artışıyla paralel olarak artar. Bu plato artan iş yüküne rağmen VO_2 'nin daha fazla artış göstermeyeceği noktayı temsil eder ve bireyin VO_2 maks (ya da aerobik kapasite) değerini gösterir. VO_2 'nin ölçümü bireyin gerçekleştirdiği fiziksel işin objektif olarak tespit edilmesinde oldukça yararlıdır. VO_2 maks'ı etkileyen başlıca faktörler arasında yaş, cinsiyet, egzersiz alışkanlıkları ve kardiyak durum yer almaktadır (21).

VO_2 maks'ın en yüksek değerleri 15-30 yaş arasında gözlenirken yaş artışıyla birlikte progresif olarak azalır. 60'lı yaşlardaki erkeklerin ortalama VO_2 maks değeri 20'li yaşlardakilerin yaklaşık 2/3'üdür. Her bir dekad artışıyla birlikte VO_2 maks değeri ortalama olarak %8-10 azalır. Erkekler ile karşılaştırıldığında daha az kas kitlesine, daha düşük hemoglobin düzeyine, kan hacmine ve atım hacmine sahip olan kadınlarda, bu faktörlere bağlı olarak VO_2 maks daha düşüktür. Fiziksel aktivite düzeyi yüksek olanlarda VO_2 maks da yüksek olur. 3 hafta süreyle mutlak yatak istirahati sonrası sağlıklı erkeklerin VO_2 maks düzeyinde %25 azalma olduğu belirlenmiştir (22).

VO_2 maks maksimum kalp debisi ile maksimum arteriyovenöz oksijen arasındaki farkın bir ürünüdür. Maksimum arteriyovenöz oksijen farkının %15-17 fizyolojik limiti vardır. Bu nedenle VO_2 maks'ın esas belirleyicisi kalp debisidir. Egzersiz sırasında artan işle birlikte kalp debisi de artış gösterir. Kalp debisi atım hacmi ile kalp hızının çarpımıyla hesaplanır. Atım hacmi, VO_2 maks'ın %40'ına ulaşıldığında çizdiği platoya kadar, eğrisel bir ilişki göstererek artar. Egzersizin erken döneminde gerçekleşen kalp debisi artışından atım hacmindeki bu artış sorumludur. Egzersizin geç döneminde ise kalp debisindeki artış esas olarak ventriküler hızdaki artışla sağlanır. Dinamik egzersiz sırasında iş yükü artışına ve oksijen tüketimine paralel olarak kalp hızı da artar. Atım hacmi belli bir düzeye kadar arttığı için VO_2 doğrudan kalp hızıyla ilişkilidir. Egzersize kalp hızı yanıtını etkileyen çeşitli faktörler bulunmaktadır. Bireyin egzersiz sırasında ulaşabileceği maksimum kalp hızını esas olarak yaş belirler. Yaşın artışıyla birlikte maksimum kalp hızı azalır. Dinamik egzersizler izometrik ve rezistans egzersizlerine göre kalp hızını daha fazla artırır. Düşük düzeyde ve sabit iş yükünde kalp hızının stabilleşmesi birkaç dakika içinde gerçekleşirken iş yükü arttıkça kalp hızının stabilleşmesi için gereken süre de progresif olarak artar. Bunların yanı sıra sinus nodu fonksiyon, kan hacmi, vücut pozisyonu, kullanılan ilaçlar, diyet (en son yediği yemekten sonra geçen süre), davranışsal faktörler (sigara kullanımı, test öncesi aktiviteler) ve çevresel faktörler (sıcaklık/ nem) de egzersiz sırasında oluşan kalp hızı yanıtını etkiler (21).

Tablo 1. Egzersiz testinin spesifik uygulamaları

Fiziksel kondisyonun değerlendirilmesi

- Bazal performansın değerlendirilmesi
- Egzersiz eğitiminin reçetelenmesi
- Egzersiz eğitimine cevabın gösterilmesi

Egzersiz intoleransının değerlendirilmesi

- Egzersiz intoleransının değerlendirilmesi
- Spesifik fizyolojik sınırlamaların teşhis edilmesi
- Özürüllük değerlendirilmesi

Hastalıkların ayırıcı tanısı

Kardiyovasküler hastalıklar

- Kardiyomyopati
- Kardiyovasküler hastalıkların solunum sistemi hastalıklarından ayrılması
- Koroner arter hastalıkları için tarama

Solunum sistemi hastalıkları

- Obstrüktif akciğer hastalığı
- Restriktif akciğer hastalığı
- Hiperventilasyon sendromu
- İnterstisyel akciğer hastalığı
- Pulmoner vasküler hastalıklar

Kas hastalıkları

- Miyaljinin myopatiden ayırımı

Psikolojik bozukluklar

- Anksiyete, temaruz, ikincil kazançlar

Diğer tedavi girişimlerinin değerlendirilmesi

Yaşam tarzı modifikasyonları

- Kilo verilmesi
- Sigaranın bırakılması

Farmakolojik uygulamalar

- Antianjinal, antihipertansif, antiaritmik ilaçlar
- Bronkodilatatörler

Cerrahi girişimler

- Preoperatif risk değerlendirmesi
- Koroner arter bypass cerrahisi
- Kapak replasmanı
- Kalp/ Akciğer transplantasyonu
- Hacim küçültücü akciğer cerrahisi

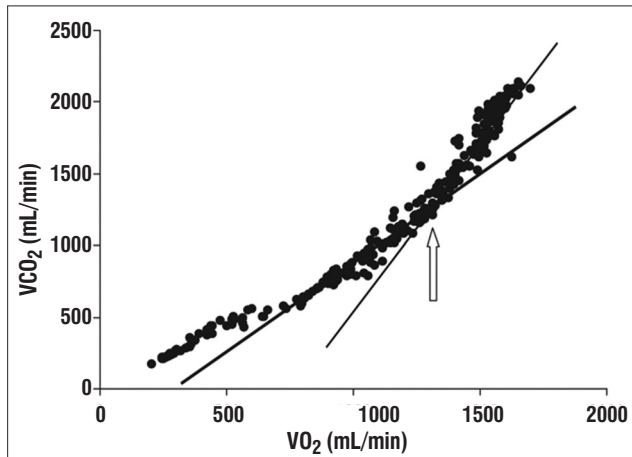
Miyokardial oksijen tüketimi (MVO_2); VO_2 'ya paralel olarak artar. Bu artış ancak koroner perfüzyonun artış göstermesiyle karşılanabilir. Koroner arterlerin rezistansının azalmasıyla koroner kan akımı beş kat artar. Eğer arterlerde obstrüksiyon varsa yeterli kan akımı sağlanamayacağı için miyokardiyal iskemi gelişebilir. Üst ekstremiteler kasları kullanılarak yapılan ya da emosyonel stres altında, soğuk havada ya da yemekten ve sigara içildikten hemen sonra yapılan egzersizler aynı VO_2 düzeyinde daha MVO_2 artışına neden olur. İzometrik komponenti olan aktiviteler de benzer şekilde daha fazla MVO_2 oluşturur. Anjinal eşik; MVO_2 'nin koroner dolaşımını sağlayabileceğinden daha fazla olmaya başladığı noktayı temsil eder. Anjinal eşikte tipik göğüs ağrısı, aritmi ve iskemik elektrokardiyografi (EKG) değişiklikleri ortaya çıkabilir (21).

Artan dinamik iş yüküyle birlikte sistolik kan basıncı artarken diastolik kan basıncı değişmez ya da ± 10 mmHg oynayabilir. Egzersiz sonrası sistolik kan basıncı yaklaşık 6 dakika içinde istirahat düzeyine gerilerken bazen birkaç saat süreyle egzersiz öncesi düzeyinden daha düşük seviyelerde seyredebilir. Eğer egzersiz aniden kesilirse venöz göllenme ve sistemik arteriyel vazodilatasyon nedeniyle hipotansiyon görülebilir (1).

Anaerobik eşik; VO_2 'de ve iş yükünde lineer artışa rağmen karbondioksit üretimindeki (VCO_2) ani artışı temsil eder. Kas dokusundaki anaerobik glikoliz ve laktat birikimi ile ilişkilidir. Sedanter sağlıklı bireylerde genellikle VO_{2max} 'ın % 50-60'ına ulaşıldığında anaerobik eşik oluşur. Anaerobik eşik sonrası yapılan egzersiz metabolik asidoza, hiperventilasyona ve iş kapasitesinde azalmaya neden olur. Anaerobik eşik 'V slope methodu' ile tespit edilir. VO_2 'ye karşılık gelen VCO_2 miktarı bir grafik üzerinde işaretlenir. Bu grafikteki değerlerin regresyon analizleriyle en düşük ve en yüksek eğime sahip iki doğru oluşturulur. Bu iki doğrunun keşişim noktasına denk gelen VO_2 değeri anaerobik eşikini temsil etmektedir (Grafik 1) (1,23).

2. Egzersiz Testine Hazırlık

Egzersiz testi öncesi hastalara testi rahat yapmalarını sağlayacak şekilde giyinmeleri, 3 saat öncesinden itibaren yemek yememeleri ve sigara içmemeleri, normal hidrasyonu



Grafik 1. V-slope metoduyla anaerobik eşik tespiti

sağlayacak şekilde su içmeleri, test günü rutinin dışında aşırı yorucu aktivitelerden kaçınmaları ve testten bir önceki gece 6-8 saat uyumaları önerilir. Egzersiz testinin yapılacağı ortamın sıcaklığı 21-23 derece olmalı, nem oranı ise %60'ı geçmemelidir. Sıcak ve nemli ortamda, kalp hızı ve miyokardial oksijen ihtiyacı orantısız artış gösterir (1,23,24). 24 derece üzerinde her bir derecelik sıcaklık artışıyla kalp hızı 1 atım/dk artarken, eğer eşlik eden nem artışı da varsa bu artış 2-4 atım/dk' ya yükselir (25). Bunun yanı sıra, ciltten ısı transferi olumsuz yönde etkilenir ve algılanan zorlanma derecesi artar, maksimum performans azalır. Soğuk hava inhalasyonu ise, atım hacmini ve kardiyak iş yükünü artırır. Termoregülatuar refleks aktive olarak vücut sıcaklığını korumak için kutanöz sistemik vazokonstriksiyona neden olur. Ayrıca, koroner arterlerde refleks vazokonstriksiyonu da tetiklenir. Tüm bunların sonucunda periferik vasküler direncin ve arteriyel kan basıncının artmasının yanı sıra koroner kan akımının da azalmasıyla semptomatik veya sessiz miyokardial iskemi ve aritmi gelişebilir (26).

Hastalar testten önce ayrıntılı bir hikaye ve fizik muayene ile egzersiz testi kontrendikasyonları açısından mutlaka değerlendirilmelidir. Egzersiz testinin kesin ve göreceli kontrendikasyonları Tablo 2'de yer almaktadır (1,22).

Tablo 2. Egzersiz testinin kontrendikasyonları

Kesin kontrendikasyonlar

- Unstabil anjina
- Kontrolsüz kardiyak aritmiler (semptomatik ya da hemodinamik yönden tehlike oluşturan)
- Ciddi semptomatik aort stenozu
- Kontrolsüz kalp yetmezliği
- Akut miyokard enfarktüsü (ilk 2 gün)
- Akut pulmoner emboli ya da pulmoner infarkt
- Akut miyokardit/perikardit/endokardit
- Akut aort diseksiyonu
- Akut enfeksiyonlar

Göreceli kontrendikasyonlar

- İstirahatte ciddi arteriyel hipertansiyon (sistolik kan basıncının 200 mmHg'nin ve/veya diastolik kan basıncının 115 mmHg'nin üzerinde olması)
- Egzersiz ile alevlenebilecek nörolojik hastalıklar ya da kas iskelet sistemi hastalıkları
- Kontrolsüz metabolik hastalıklar (Diabetes mellitus, tiroksikoz, miksödem)
- Kronik enfeksiyöz hastalıklar (hepatit, AIDS, mononükleoz)
- Sol ana koroner arter stenozu
- Orta şiddette kalp kapak hastalığı
- Elektrolit bozuklukları
- Taşırtımı ya da bradiaritmiler
- Hipertrofik kardiyomyopati
- 3.derece atrioventiküler blok
- Ventriküler anevrizma

Egzersiz testi genelde güvenli bir işlem olmasına rağmen, nadir olmakla birlikte komplikasyonlar ortaya çıkabilir (Tablo 3). Miyokard infarktüsü riskinin %0,04, ölüm riskinin ise %0,01 olduğu belirtilmektedir (27). Egzersiz sırasında oluşan kardiyak komplikasyonların insidansı kardiyovasküler hastalığı olanlarda sağlıklı bireylere oranla belirgin olarak daha yüksektir (1).

3. Egzersiz Testi Tipleri

Egzersiz testi yapılmadan önce karar verilmesi gereken en önemli husus yapılacak egzersiz tipinin belirlenmesidir. Testin sonlandırma noktasına göre testler submaksimal ve maksimal olmak üzere iki gruba ayrılır.

Submaksimal egzersiz testi: Yakın zamanda miyokard enfarktüsü geçirmiş olan hastalar ve aritmi, anormal kan basıncı yanıtı gibi yan etkiler açısından risk altında olanlar için uygundur. Amaç submaksimal iş yüküne verilen kalp hızı yanıtını saptamak ve bu sonuçları kullanarak VO_2 maks'ı tahmin etmektir. Bununla birlikte, tahminin doğruluğu çeşitli varsayımlara, özellikle kalp hızı ile yük arasındaki ilişkiye dayanmaktadır. Genellikle grafik üzerinde işaretlenerek veya her test için özgün tahmin formüllerinin kullanımıyla hesaplanır. 220-yaş ya da 208-(0,7xyaş) formülü ile hesaplanan beklenen maksimum kalp hızının %75-85'ine ulaşıldıktan sonra test sonlandırılır (1,23,28).

Maksimal Egzersiz Testi: Fonksiyonel kapasitenin belirlenmesi veya asemptomatik bireylerde koroner arter hastalığı tanısının konulması amacıyla uygulanır. Genellikle beklenen maksimum kalp hızının %85-100'üne ulaşıldığında maksimal kardiyovasküler performans test edilmiş olur. Beklenen maksimum kalp hızının değişkenliğinin yüksek (± 15) olabileceği de mutlaka akılda tutulmalıdır. Hastanın tükenme hissi oluşacak ölçüde ciddi bir efor yapması gereklidir. Hasta nefessiz kalma, bacak yorgunluğu veya göğüs ağrısı gibi semptomlar ortaya çıkıncaya kadar aralıksız olarak egzersiz yapmaya devam eder. Test sırasında maksimum eforun gösterildiğinin belirtileri; egzersiz miktarının artmasına rağmen kalp hızının artmaması, artan iş yüküne rağmen oksijen tüketiminin plato çizmesi, VCO_2/VO_2 'nun 1,15'in üzerine çıkması ve son olarak Borg skalası ile ölçülen algılanan zorlanma derecesinin 17'nin üzerinde olması şeklinde sıralanabilir (1,22).

Egzersizden hemen önce başlanarak tüm egzersiz boyunca sürekli olarak kalp hızı, arteriyel kan basıncı, arteriyel oksijen saturasyonu ve EKG değişiklikleri izlenir. Egzersiz testi sonrası en az 4 dakika süreyle monitorizasyona devam edilir, izlemin sonlandırılması için kalp hızı ve kan basıncının stabilize olması yeterlidir. Egzersiz sırasında oluşması normal kabul edilen EKG değişiklikleri; p dalgası morfolojisinde hafif/anlamsız değişiklikler, normal atımlar sırasında ve p ve T dalgalarının süperimpozisyonu, septal Q dalgasının amplitudunda artma, R dalgası amplitudunda hafif azalma, QRS dalgasının süresinde hafif kısalma, J noktasının depresyonu ve QT aralığının hızla bağlı kısalmasıdır (1,24).

Maksimal egzersiz testi yapılırken egzersiz şiddetinin artmasıyla oluşabilecek bazı anormal yanıtlar açısından da yakın monitorizasyonun önemi büyüktür. Bu durumlar ortaya çıktığında maksimal efor düzeyine ulaşılması beklenmeden

testin hemen durdurulması gereklidir. Egzersiz testini durdurma endikasyonları Tablo 4'te belirtilmiştir (1,20,21).

4. Egzersiz Testi Modaliteleri

Ergometreler laboratuvar koşullarında bireyin egzersize fizyolojik yanıtını değerlendirmenin amaçlandığı çalışmalarda,

Tablo 3. Egzersiz testi sırasında gelişebilecek komplikasyonlar

Kardiyak

- Bradikaritm-taşikaritm
- Miyokard enfarktüsü
- Konjestif kalp yetmezliği
- Hipotansiyon, senkop ve şok
- Ani ölüm (ventriküler taşikardi, fibrilasyon)

Non-kardiyak

- Kas iskelet sistemi travması
- Yumuşak doku yaralanmaları

Diğer

- Bitkinlik, başdönmesi, halsizlik, vücut ağrıları

Tablo 4. Egzersiz testini durdurma endikasyonları

Kesin

- Egzersiz yükü arttığı halde sistolik kan basıncında 10 mmHg'dan daha fazla düşüş gözlenmesi ve diğer bir iskemi bulgusunu eşlik etmesi
- Egzersiz yükü arttığı halde kalp hızının artış göstermemesi
- Kalp ritminde farkedilir değişiklikler (ısrarlı ventriküler taşikardi)
- Hastanın durmayı istemesi
- Monitorizasyon sisteminde bozukluk
- Orta- şiddetli düzeyde anjina
- Santral sinir sistemi semptomları (başdönmesi, bulantı, konfüzyon, ataksi)
- Kötu perfüzyon belirtileri (solukluk, siyanoz, soğuk ve nemli cilt)
- ST elevasyonu (≥ 1.0 mm) diagnostik Q dalgaları olmaksızın

Göreceli

- Egzersiz yükü arttığı halde sistolik kan basıncında 10 mmHg'dan daha fazla düşüş gözlenmesi, diğer bir iskemi bulgusunun eşlik etmediği
- ST veya QRS değişiklikleri (ST depresyonu ≥ 2.0 mm) veya belirgin aksiyel kayma
- İsrarlı ventriküler taşikardi dışındaki aritmiler (multifokal prematür ventriküler atımlar, supraventriküler taşikardi, AV blok, bradikaritm)
- Kan basıncında aşırı artış olması (Sistolik > 250 , Diyastolik > 115 mmHg)
- Artan göğüs ağrısı
- Yorgunluk, bacak krampları ya da kladikasyon
- Nefes darlığı

bir egzersiz uyarını yaratabilmek için kullanılan cihazlardır. Günümüzde koşu bandı ve bisiklet ergometresi en sık kullanılan egzersiz testi modaliteleridir. Alt ekstremitelerini kullanamayan hastalar için kol ergometresi de kullanılabilir. Test sırasında kullanılacak ergometre tipinin seçiminde testin amaçları ve bireyin yetenekleri göz önünde bulundurulmalıdır (1,29).

Bisiklet ergometresi koşu bandı testlerine iyi bir alternatiftir. Koşu bandı ile iyi korelasyon gösterir. Kolay taşınabilir olması ve daha az yer kaplaması avantajlı yanlarıdır. Vücut ağırlığının etkisinin daha az olması nedeniyle yürürken instabilitesi olan veya ortopedik sorunları ön planda olan hastalarda tercih edilmelidir. Ayrıca toraks ve kollar daha stabil olduğu için kan basıncı ve EKG değişiklikleri daha kolay ve iyi kalitede ölçülür. Elektronik bisiklet ergometrelerinde uygulanan iş yükünün kontrolü de oldukça kolaydır. Pedal hızına göre internal rezistans otomatik olarak ayarlanarak hedeflenen iş yükünü sağlar. Bireyin hızlı pedal çevirdiği durumlarda voltajın azalması direncin de azalmasına neden olur. Pedal frekansı azaldığında ise bunun tam tersi bir durum ortaya çıkar. Bisiklet ergometresinin dezavantajı ise hasta bisiklet çevirmeye alışık olmayabilir. Bu durum bacak yorgunluğuna ve gerçek VO_2 maks'a ulaşmadan hastanın testi sonlandırmak istemesine neden olabilir. Sonuç olarak koşu bandına göre %5-25 düşük değerler elde edilebilir (1,22).

5. Egzersiz Testi Protokolleri

A) Koşu Bandı Protokolleri

Koşu bandında yapılan egzersiz testi için çok sayıda protokol geliştirilmiştir. En sık olarak Bruce protokolü kullanılmaktadır. Her üç dakikada bir koşu bandının eğiminin ve hızının belli miktarlarda artmasıyla testin her basamağında 2-3 MET'lik (metabolik eşitlik) artış sağlanır. MET terimi herhangi bir fiziksel aktivite sırasında gerekli olan enerji ihtiyacını tanımlamak amacıyla kullanılır. 1 MET istirahat sırasındaki bazal metabolizma hızına eşit olup yaklaşık olarak 3,5 ml/kg/dk oksijen tüketimine denk gelmektedir. Oldukça kısa süren bir protokol olması en önemli avantajıdır. Bruce protokolüne göre yapılan testle egzersiz süresine göre, erkekler, kadınlar ve kalp hastaları için ayrı ayrı düzenlenmiş olan normogramlara göre kişinin fonksiyonel aerobik yetersizliği kabaca belirlenebilir. Naughton, Weber, Balke-Weber protokolleri kalp hastaları ve egzersiz kapasitesi azalmış olan diğer hasta grupları tarafından rahatlıkla tolere edilebilen testlerdir (1,21).

Submaksimal egzersiz testleri için esas modalite bisiklet ergometresi olmasına rağmen, bazı laboratuvarlarda bu amaçla koşu bandı da kullanılmaktadır (1).

B) Bisiklet Ergometresi Protokolleri

Bisiklet kullanılarak gerçekleştirilen submaksimal egzersiz testleri; kademeli artan yük testleri ve sabit yük testlerinden oluşmaktadır. Her ikisinde de testin sonunda hastaların ulaştıkları kalp hızları ve yük kullanılarak çeşitli eşitlikler ya da normogramlar aracılığıyla maksimum egzersiz kapasitesi tahmin edilir (1,20).

Bisiklet ergometresi ile de koşubandı protokollerine benzer şekilde yükün aşamalı olarak artış gösterdiği basamaklı protokoller veya rampa protokolleri kullanılarak maksimal test yapılır. Rampa protokollerinde; yük egzersiz süresince devamlı şekilde küçük miktarlarda artar. Yükün bu şekilde ince kontrolü genellikle ergometrenin voltaj sinyalinin kontrol eden programlanabilir bir mikroişlemcinin kullanımı ile sağlanır. Bu tarz bir yük artışı egzersiz testini yorumlamak için kullanılan fizyolojik değişken örneklerinin tanınmasını kolaylaştırır. 50-80 rpm pedal hızında en yüksek VO_2 maks değeri ve kalp hızı elde edilir. Kardiyopulmoner hastalığı olanlarda, yaşlılarda ya da fiziksel kondisyonu düşük olanlarda dakikada 10-15 watt artış sağlanan rampa protokollerinin kullanılması uygundur. Yapılan çalışmalarda, sekiz dakikadan kısa ya da 18 dakikadan uzun süren testlerde, 8-17 dakika arasında süren testlere göre fonksiyonel kapasitenin (VO_2 maks) daha düşük ölçüldüğü tespit edilmiştir. Bu nedenle ideal olarak test süresinin 8-12 dakika arasında olması istenir (1).

Bu protokoller ısınma ve toparlanma evreleri de içerir. Isınma egzersizleri miyokardial iskemi ve/veya ventriküler iritabiliteyi işaret eden EKG değişikliklerini ve duvar hareketi anormalliklerini azaltır. Bununla birlikte kas iskelet sistemi yaralanmalarını da azaltır. Toparlanma evresi ise egzersiz sonrası venöz dönüşü hızlandırarak hipotansiyon gelişimini önler (1,22).

Kas İskelet Sistemi Hastalıklarında Kardiyopulmoner Egzersiz Testi

Kardiyopulmoner sistem hastalıklarında olduğu gibi kas iskelet sistemi hastalıklarında da bireylerin egzersiz kapasitesini belirlemek ve buna göre egzersiz önerilerinde bulunmak amacıyla gerçekleştirilen testlerin temel özelliklerinde herhangi bir fark söz konusu değildir. Bununla birlikte, bu hastalıklar için hazırlanmış standart test protokolleri de bulunmamaktadır. Bu konudaki literatür gözden geçirildiğinde çalışmalarda bireylerin egzersiz kapasitesini belirlemek için hem maksimal hem de submaksimal egzersiz testlerinden yararlanıldığı gözlenmektedir. Bu amaçla hem koşu bandı hem de bisiklet ergometresi kullanmak mümkündür. Fakat, özellikle bacaklarda şiddetli ağrısı olan hastalarda (ör. gonartroz, ankilozan spondilit-kalça eklemi tutulumu) test modalitesi olarak bisiklet ergometresini tercih etmemek daha uygun olacaktır. Benzer şekilde, bu hastalarda da bisiklet ile gerçekleştirilen ölçümlerin koşu bandına göre daha düşük değerlere ulaşacağı mutlaka akılda tutulmalıdır. Romatoid artritli hastalarda bisiklet ergometresi ve koşubandı testinin sonuçlarının karşılaştırıldığı bir çalışmada, hastaların %60'ının koşubandı ile gerçekleştirilen test ile daha yüksek VO_2 maks değerlerine ulaştığı belirlenmiştir (8).

Ankilozan spondilit, romatoid artrit, juvenil kronik artrit, sistemik skleroz, sistemik lupus eritematozus, osteoporoz, fibromiyalji, kronik bel ağrısı ve osteoartrit gibi çok çeşitli kas iskelet sistemi hastalıklarında egzersiz kapasitesini belirlemek için yapılan çalışmalarda, ister submaksimal ister maksimal

test yapılmış olsun, elde edilmiş olan ortak sonuç; sağlıklı sedanter bireylerle karşılaştırıldığında bu hastalarda egzersiz kapasitesinin belirgin olarak düşük olduğu yönündedir (5-8, 10-16,18). Bu durumun kardiyopulmoner egzersiz testleriyle objektif olarak ortaya konması, hastalara uygulanan tedavi yaklaşımlarına önemli katkılar sağlayacaktır.

Kaynaklar

1. Thompson WR, Gordon NF, Pescatello LS. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. Philadelphia: Lipincott Williams Wilkins, 2009
2. Arena R, Sietsema KE. Cardiopulmonary exercise testing in the clinical evaluation of patients with heart and lung disease. *Circulation* 2011;123:668-80.
3. Cooper CB, Storer TW. Exercise testing and interpretation: a practical guide. Cambridge University Press, 4th edition, 2008
4. Karapolat H, Eyigor S, Zoghi M, Akkoc Y, Kirazlı Y, Keser G. Are swimming or aerobic exercise better than conventional exercise in ankylosing spondylitis patients? A randomized controlled study. *Eur J Phys Rehabil Med* 2009;45:449-57.
5. Mengshoel AM, Jokstad K, Bjerkhoel F. Associations between walking time, quadriceps muscle strength and cardiovascular capacity in patients with rheumatoid arthritis and ankylosing spondylitis. *Clin Rheumatol* 2004;23:299-305.
6. de Carvalho MR, Tebexreni AS, Salles CA, Barros Neto T, Natour J. Oxygen uptake during walking in patients with rheumatoid arthritis--a controlled study. *J Rheumatol* 2004;31:655-62.
7. Chang CL, Chiu CM, Hung SY, et al. The relationship between quality of life and aerobic fitness in patients with rheumatoid arthritis. *Clin Rheumatol* 2009;28:685-91.
8. Haglund EK, Bremander AB. Aerobic capacity in patients with rheumatoid arthritis: a comparison of two submaximal test methods. *Musculoskeletal Care* 2009;7:288-99.
9. De Backer IC, Singh-Grewal D, Helders PJ, Takken T. Can peak work rate predict peak oxygen uptake in children with juvenile idiopathic arthritis? *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2010;62:960-4.
10. van Brussel M, Lelieveld OT, van der Net J, Engelbert RH, Helders PJ, Takken T. Aerobic and anaerobic exercise capacity in children with juvenile idiopathic arthritis. *Arthritis Rheum* 2007;57:891-7.
11. Keyser RE, Rus V, Cade WT, Kalappa N, Flores RH, Handwerker BS. Evidence for aerobic insufficiency in women with systemic lupus erythematosus. *Arthritis Rheum* 2003;49:16-22.
12. de Oliveira NC, dos Santos Sabbag LM, Ueno LM, et al. Reduced exercise capacity in systemic sclerosis patients without pulmonary involvement. *Scand J Rheumatol* 2007;36:458-61.
13. Ordu Gokkaya NK, Koseoglu F, Albayrak N. Reduced aerobic capacity in patients with severe osteoporosis: a cross sectional study. *Eur J Phys Rehabil Med* 2008;44:141-7.
14. Valim V, Oliveira LM, Suda AL, et al. Peak oxygen uptake and ventilatory anaerobic threshold in fibromyalgia. *J Rheumatol* 2002;29:353-7.
15. Valkeinen H, Häkkinen A, Alen M, Hannonen P, Kukkonen-Harjula K, Häkkinen K. Physical fitness in postmenopausal women with fibromyalgia. *Int J Sports Med* 2008;29:408-13.
16. Duque I, Parra JH, Duvallet A. Maximal aerobic power in patients with chronic low back pain: a comparison with healthy subjects. *Eur Spine J* 2011;20:87-93.
17. Atalay A, Turhan N, Atalay B. Deconditioning in chronic low back pain: might there be a relationship between fitness and magnetic resonance imaging findings? *Rheumatol Int.* 2010;24. [Epub ahead of print]
18. Duque I, Parra JH, Duvallet A. Physical deconditioning in chronic low back pain. *J Rehabil Med* 2009;41:262-6.
19. Hodselmans AP, Dijkstra PU, Geertzen JH, van der Schans CP. Exercise capacity in non-specific chronic low back pain patients: a lean body mass-based Astrand bicycle test; reliability, validity and feasibility. *J Occup Rehabil* 2008;18:282-9.
20. Rydevik K, Fernandes L, Nordsletten L, Risberg MA. Functioning and disability in patients with hip osteoarthritis with mild to moderate pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 2010;40:616-24.
21. Moldover JR, Bartels MN. Cardiac rehabilitation. In: Braddom RL (ed): *Physical medicine and rehabilitation*. W.B. Saunders Company, Philadelphia, 2000:665-86
22. Fletcher GF, Balady GJ, Amsterdam EA, et al. Exercise standards for testing and training. A statement for healthcare professionals from the American Health Association. *Circulation* 2001;104:1694-740.
23. Fardy PS, Yanowitz FG. Cardiac rehabilitation, adult fitness and exercise testing. Baltimore, Williams Wilkins, 1995
24. Pina IL, Balady GJ, Hanson P, et al. Guidelines for clinical exercise testing laboratories. A statement for healthcare professionals from the Committee on Exercise and Cardiac Rehabilitation, American Heart Association. *Circulation* 1995;91:912-21.
25. Pandolf KB, Cafarelli E, Noble BJ, Metz KF. Hyperthermia: effect on exercise prescription. *Arch Phys Med Rehabil* 1975;56:524-6.
26. Kavanagh T. A cold weather 'jogging mask' for angina patients. *Can Med Assoc J* 1970;103:1290-1.
27. Shah SK. Cardiac rehabilitation. In: DeLisa JE, Gans BM, Walsh NE (eds). *Physical Medicine and Rehabilitation: Principles and Practice*. Philadelphia: Lipincott Williams Wilkins, 2005:1811-41.
28. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol* 2001;37:153-6.
29. Bölükbaşı N. Kardiyovasküler fonksiyon testleri. In: Beyazova M, Gökçe-Kutsal Y, eds. *Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon*. Güneş Kitabevi, Ankara, 2000: 627-41