

# Kardiyopulmoner Rehabilitasyonda Egzersizin Önemi ve Fizyolojik Etkileri

## The Importance and Physiological Effects of Exercise in Cardiopulmonary Rehabilitation

Koray Aydemir

GATA Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye

### ÖZET

Egzersiz, rehabilitasyon tıbbının terapötik yaklaşımının temelini oluşturur. Kardiyopulmoner ve kardiyovasküler sistemlerin etkin olarak fonksiyon göstermesi oksijenin atmosferden vücut dokularına taşınması ve karbondioksitin atılımı için gereklidir. Geniş kas kitleleri ile yapılan egzersizler kardiyopulmoner sisteme ait organlarda önemli değişikliklere neden olur. Aerobik egzersiz programları vücudun oksijen taşıma ve kullanma yeteneğini artırır. Bu makalede özellikle aerobik egzersizlerin sağladığı olumlu fizyolojik değişiklikler ve bu değişikliklerin morbiditeye etkisinin anlatılması amaçlanmıştır. (*FTR Bil Der 2010;13 Özel Sayı:27-32*)

**Anahtar kelimeler:** Kardiyovasküler sistem, aerobik egzersiz, rehabilitasyon, morbidite

### ABSTRACT

Exercise is a cornerstone of therapeutic armamentarium in rehabilitation medicine. Efficient functioning of the cardiopulmonary and cardiovascular systems is essential for the transport of oxygen from the atmosphere to the body tissues and removing carbondioxide. Exercise with large muscle groups results in significant changes in cardiopulmonary system besides other body systems as well. Aerobic exercise programs increase the ability of the body to transport and use oxygen. In this article it is aimed to define the favorable physiological changes due to aerobic exercises and the effect of these changes on morbidity. (*J PMR Sci 2010;13 Suppl:27-32*)

**Keywords:** Cardiovascular system, aerobic exercise, rehabilitation, morbidity

### Yazışma Adresi Corresponding Author

Dr. Koray Aydemir  
Gülhane Askeri Tıp  
Akademisi Komutanlığı  
Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon  
Anabilim Dalı Başkanlığı,  
06018, Etilik, Keçiören,  
Ankara, Türkiye  
Tel.: +90 312 304 46 02  
Gsm: +90 533 565 21 01  
E-posta: koraydemir@yahoo.com

**Geliş Tarihi/Received:** 02.11.2010  
**Kabul Tarihi/Accepted:** 04.12.2010

### Giriş

Kardiyopulmoner sistemin etkin ve uyumlu fonksiyon göstermesi vücut dokularına oksijenin sağlanması ve karbondioksitin uzaklaştırılması için gereklidir. Kalp, akciğerler ve kan damarları vücut organlarının değişen metabolik gereksinimlerine hızla cevap vermek zorundadır.

Kardiyopulmoner rehabilitasyon (KR), çeşitli kalp ve akciğer hastalıkları olan hastalarda mümkün olan en iyi fiziksel fonksiyonu elde etmeyi amaçlayan bir tıbbi programdır. Rehabilitasyon tıbbının diğer branşlarında olduğu gibi, KR da esas olarak

egzersiz programlarından oluşur. Ağırlıklı olarak aerobik egzersizlerden oluşan KR egzersizleri kardiyovasküler sistemi güçlendirmeyi ve fonksiyonunu artırmayı amaçlar (1). Etkin bir KR egzersiz programı birçok klinik parametrede iyileşme, yaşam kalitesinde artma ve mortalitede azalma sağlanmaktadır (2).

### Egzersiz Fizyolojisi

İskelet kasları yavaş (Tip 1) ve hızlı (Tip 2) kasılan liflerden oluşur. Tip 2 lifler hızlı bir şekilde enerji sağlayabilirler fakat çabuk yorulurlar. Motor nöronları büyüktür, sarkoplazmik

retikulum gelişmiştir, bu sayede daha çok kas lifini uyarma ve daha büyük güç oluşturma yeteneğine sahiptirler. Tip 1 lifler ise yavaş kasılmalarına ve düşük güç üretebilmelerine karşın aerobik özelliklerinden dolayı dayanıklılık yeteneğine sahiptirler. Endurans egzersizleri yapanlarda Tip 1 lifler yoğunlukta iken, kısa süreli ve büyük kuvvetin harcandığı aktiviteleri yapanlarda Tip 2 lifleri yoğunluktadır (3,4).

Vücutta enerji olarak kullanılan ATP üretimi 3 yolla sağlanır: ATP-fosfokreatinin sistemi, glikolitik sistem ve oksidatif (aerobik) sistem. Egzersizin başlangıcında kas hücresine oksijen temini ve aerobik yolla enerji üretimi için yeterli zaman yoktur. Bu nedenle enerji ATP-fosfokreatinin ve glikolitik sistemler ile elde edilir (3,4).

Ani ve şiddetli aktivitelerde kaslar enerji kaynağı olarak 3-15 saniye süre boyunca ATP ve fosfokreatinin depolarını kullanırlar, bu süreçte laktik asit oluşmaz. Egzersizin devamında glikolitik ve aerobik sistemler devreye girer. Birkaç dakika süren yoğun egzersizde devreye giren glikolitik sistem nedeniyle kan laktik asit düzeyi istirahat düzeyininin 20-25 katına çıkar. Laktik asiti tamponlamak için sodyum bikarbonat kullanılır (3-5).

Enerji kaynaklarının azalması, metabolik yıkım ürünlerinin birikmesi ve pH'nın düşmesi sonucu yorgunluk ortaya çıkarak, fosfofruktokinaz enzim aktivasyonunun azalması sonucu glikolitik yol ile enerji üretimi azalır (4,5).

Egzersiz süresinin uzaması ile enerji kaynağını sağlamak için devreye aerobik sistemler girer. Aerobik, "oksijen ile" anlamına gelmekte ve vücudun metabolik ve enerji üretim sürecinde oksijenin kullanımını ifade etmektedir. Maksimum enerji üretimi için oksijen gereklidir. Mitokondri içine pirüvat transportu oksijene bağımlıdır. Anaerobik metabolizmada pirüvat üretimi oksijen gerektirmez. Pirüvat, laktat dehidrojenaz ile laktik asiti oluşturur. Laktik asit birikimi ile yorgunluk, kas ağrıları ve solunum stimülasyonu ortaya çıkar. Laktik asitin yıkımı iki yolla gerçekleşir. Birisi sodyum bikarbonat ile tampon edilerek su ve karbondioksit indirgenmesi, diğeri ise karaciğere taşınması ile glikoza dönüştürülmesidir (4-6).

Glikojen Krebs siklusunda oksijen ile reaksiyona girerek glikoza yıkılır, bu işlemin sonucunda serbest enerji, karbondioksit ve su açığa çıkar. Bu karbonhidratların ortamda bulunmadığı durumlarda daha yavaş ve daha verimsiz işleyen yağ metabolizması süreci başlatılır. Metabolik enerji kaynağını esasen karbonhidratlar ve yağlar oluşturmakta iken, aşırı egzersiz ve açlık diyetinde kaynak olarak protein ve amino asitler kullanılmaktadır (4,6).

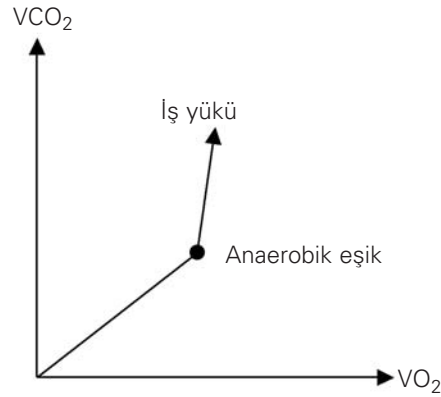
Egzersize karşı kardiyak yanıt değerlendirilirken öncelikle egzersiz yoğunluğunun ifade edildiği, oksijen tüketimi ( $VO_2$ ) ve maksimum oksijen tüketimi ( $VO_{2max}$ ) tanımlamalarını anlamak önemlidir.  $VO_2$  egzersizin herhangi bir anında tüketilen oksijen hacmidir. Sağlıklı bir erişkin (70 kg, erkek) dinlenme esnasında, yani metabolizma bazal seviyede çalışırken vücut ağırlığının her kilogramı için dakikada yaklaşık 3,5 ml oksijen tüketmektedir. Bu tüketim düzeyinin birimi 1 metabolik eşdeğer (1 MET) olarak adlandırılır. Fiziksel aktiviteler yoğunluklarına göre farklı MET değerlerine sahiptir. Eg-

zersiz esnasında oksijen sağlayan fizyolojik sistemlerin oksijen tüketimini karşılayamadığı nokta anaerobik eşik olarak adlandırılır. Egzersiz sürecinde ilerleyici bir artış gösteren  $VO_2$  değerleri, ilerleyen dönemlerde sabit bir düzeye ulaşır.  $VO_2$ 'de daha fazla artış görülmezken, karbondioksit üretiminde ( $VCO_2$ ) artış meydana gelir (Şekil 1) (6-8).

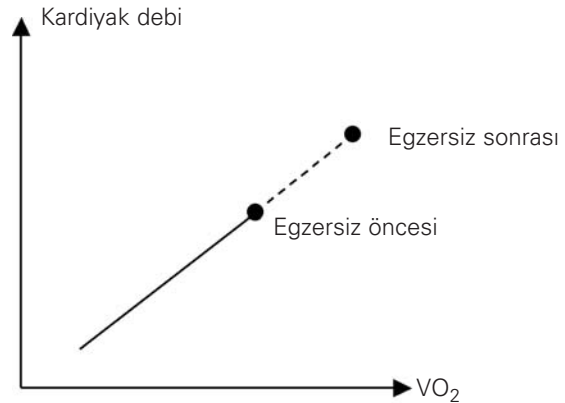
Kardiyovasküler sistemde kalp atım sayısı, atım hacmi, kardiyak debi, kan basıncında artış ve kan kompozisyonunda değişiklikler meydana gelir. İş yükündeki artışa paralel olarak kalp atım sayısı artar. İş yükündeki artışa rağmen kalp atım sayısı artık değişmiyorsa, maksimum kalp atım sayısı olarak isimlendirilir ve tahmini değeri "220-hasta yaşı" formülü ile hesaplanabilir (5,7).

Kardiyak debiyi, kalp hızı ve atım hacmi belirler. Egzersiz esnasında kardiyak debideki artış erken dönemde artmış atım hacmi, geç dönemde ise kalp hızındaki artış sayesinde. Kardiyak debi ile oksijen tüketimi arasında lineer bir ilişki vardır (Şekil 2) (5,7,9).

Atım hacmi de egzersizin şiddetine paralel olarak artar. Maksimum egzersiz kapasitesinin %40-60'ı civarına ulaşıldığında da daha fazla artmayıp bir plato çizer (5).



**Şekil 1. Metabolik gaz analizinde egzersiz esnasında oksijen tüketimi ve karbondioksit üretimi çizelgesi. İş yükündeki artışın fizyolojik oksijen gereksinim seviyesini geçtiği nokta anaerobik eşik gösterir**



**Şekil 2. Egzersiz eğitimi öncesi ve sonrasında oksijen tüketimi ve kardiyak debi ilişkisi**

Oksijen tüketimi Fick denklemi ile hesaplanabilir:

$$VO_2 = \text{Kardiyak output ( nabız sayısı} \times \text{arterio-venöz oksijen farkı)}$$

Arterio-venöz oksijen farkı, kasın kullanılacak oksijeni kan dolaşımından çekme kabiliyetini gösterir ve pulmoner, hematopoetik, vasküler ve kas sistemlerinin fonksiyonelliğinden etkilenir (10).

Antrene bireylerde periferik kan akımının dağılımı farklılık arz eder. Çalışan kaslarda oksijen etkin şekilde kullanıldığı için daha az kan göllenir. Total periferik dirençte daha az artışa, kalp için son yükte (afterload) ve sistolik kan basıncında azalmaya neden olur. Sporcularda kalbin iç hacminde ve kas kitlesinde artış görülür bu sayede kalbin pompalama gücü artar, istirahat kan basıncı değerlerinde 10 mmHg civarında bir düşüş gözlemlenir (5,11).

Egzersizin endokrin sistem üzerine de etkileri mevcuttur. Egzersize yanıt olarak; katekolaminler (adrenalin ve noradrenalin), growth hormon, adrenokortikotropik hormon, kortizol, tiroid stimulan hormon, tiroksin, testosteron, östrojen, glukagon, renin-angiotensin-aldosteron ve prostaglandin hormon düzeylerinde artış olur (12).

Egzersiz esnasında sempatik aktivitedeki artış ve metabolik yıkım ürünlerinin birikimi kaslarda vazodilatasyona neden olur. Egzersiz esnasında artan katekolaminler vücut genelinde vazokonstriksiyona neden olurken, kalp ve iskelet kaslarında vazodilatasyona neden olarak kan dolaşımını, dolayısıyla sistolik kan basıncını artırır. Kanın periferde göllenmesi sonucu egzersizde diastolik kan basıncında yükselme beklenmez (13).

Egzersiz-solunum ilişkisi 3 fazdan oluşur. Birinci fazda serebral korteks ve aktive olan kaslardan kaynaklanan uyarıların solunum merkezine iletilmesi sonucu solunum sayısı artar. İkinci faz egzersizden 20 saniye sonra başlar, 1. fazdaki uyarılara medulla oblongata kaynaklı solunum uyarısı eklenir. Üçüncü fazda ise kemoreseptörler ve termal değişiklikler solunuma etki eder (14).

Egzersizle minimum düzeyde vital kapasite artışı, rezidüel hacim azalması gözlemlenir. Pulmoner dakika ventilasyon hacmindeki artış oksijen alımını, hemoglobin satürasyonunu ve karbondioksit eliminasyonunu artırır. Aynı zamanda periferik vasküler direnç azalır ve aktif kaslarda lokal vazodilatasyonun sonucu olarak kan akımı artar. Kan splenik ve renal yataklardan aktif kaslara yönelir. Kas içerisindeki kapillerler açılarak kasın oksijenizasyonunu ve beslenmesini artırır (5).

## Aerobik Egzersizler

Aerobik egzersiz programları vücudun maksimum oksijeni taşıma ve kullanma potansiyelini ( $VO_{2max}$ ) geliştirmeyi amaçlar (15). Aerobik egzersiz, kuvvet eğitimi veya kısa mesafe koşunun en belirgin örnekleri olduğu anaerobik egzersiz ile zıtlık göstermektedir. Her iki tip egzersiz tipi kas kontraksiyonlarının süresi ve yoğunluğunun yanı sıra enerji oluşumu bakımından farklıdır (16). Aerobik egzersizler ile kas içi mitokondri, miyogloblin, oksidatif enzim miktarları ve Tip 1 lif alanı artar, dolayısıyla vücudun  $VO_{2max}$  kapasitesi artar (5,17).

Böylesi programlar sağlıklı bireyler için haftada en az üç defa 30-60 dakika süreyle, maksimum kalp hızının %60-70'ini sağlayacak şekilde koşma, yüzme, bisiklet sürme, kürek çekme gibi geniş kas gruplarının kullanıldığı aktivitelerle gerçekleştirilir. Egzersizin yoğunluğu  $VO_{2max}$ 'in %50-80'ini geçmemelidir. Aerobik egzersizler genellikle uzun bir zaman sürecinde orta yoğunlukta yapılır. Örneğin, orta hızda uzun mesafe koşuları bir aerobik egzersiz iken, kısa mesafe sprint koşusu değildir. Sürekli hareket ile, tekli tenis oynamak aerobik aktivite olarak kabul edilmekte iken, kısa aktivite patlamaları ile iki kişilik tenis oynamak aerobik olmayabilir (16,18).

Düzenli aerobik egzersiz yapmanın bilinen yararları Tablo 1'de özetlenmiştir (18).

Koroner arter hastalığı fizyopatolojisinde dislipideminin rolü kanıtlanmıştır. Aerobik egzersizler beden kitle indeksinde, kas gücünde, lipid ve apolipoprotein seviyelerinde düzeltilmeler sağlamaktadır (19). Kan lipidlerinden; trigliserid, total kolesterol, LDL ve VLDL seviyelerinde azalma, HDL seviyesinde artışa neden olur. Ayrıca arter duvarlarını koruyucu etkisi olan apolipoprotein-A1 seviyesinde artış, ateroskleroz oluşumunu kolaylaştırıcı etkisi olan apolipoprotein-B seviyesinde azalma sağlamaktadır (20). Obez bireylerde yağ oksidasyonunu artırmak için en verimli egzersiz tipi aerobik egzersizlerdir (21).

Tip 2 diyabetin ortak fizyopatolojik özelliği, hücrelerde insüline karşı direnç gelişimidir. Aerobik egzersizler ile kas kitlesi artar, kaslara kan akımı artar, yağ dokusunda insülin reseptör yoğunluğunu artar ve karaciğerde insülin duyarlılığının artması sonucu kan şekeri düşer. İnsüline karşı duyarlılığı hücre membranında glukoz taşıyıcı moleküllerin yer değiştirmesini uyularak artırır, bu sayede metabolik sendrom, diyabet, obezite ve koroner arter hastalığı gibi hastalıkları önleyici etkisi ortaya çıkar (22).

Aerobik egzersizler psikolojik ve mental bozukluklara karşı minimal yan etki ile ucuz, erişilebilir ve etkili bir tedavi potansiyeline sahiptir. İyilik duygu durumunda, öz-saygıda artış, depresyon, anksiyete, mental stres semptomlarında azalmanın yanısıra tütün ve uyuşturucu madde bağımlılığını azaltıcı etkileri bildirilmiştir (23-25). Santral dopamin konsantrasyonunu artırarak dopamin bağlayıcı proteinlerde yapısal değişiklikler oluşturarak, dopaminerjik sistem üzerine etki eden bağımlılık yapıcı maddelere karşı duyarlılığı azaltırlar (26).

**Tablo 1: Aerobik egzersizlerin yararları**

- Solunum kaslarının güçlendirilmesi, inspiryum ve ekspiryumun kolaylaştırılması,
- Kalp kası hacminin büyütülmesi güçlendirilmesi, pompalama etkinliğini artırmak ve aerobik kondisyon olarak da bilinen istihaf kalp hızını azaltmak,
- Vücut kaslarının güçlendirilmesi,
- Kan dolaşımının iyileştirilmesi ve kan basıncının azaltılması,
- Eritrosit ve hemoglobin sayısını artırarak oksijen taşınmasını kolaylaştırmak,
- Stresin azaltılması, depresyon insidansının azaltılması ve ruh sağlığının iyileştirilmesi,
- Diyabet ve osteoporoz riskini azaltmak.

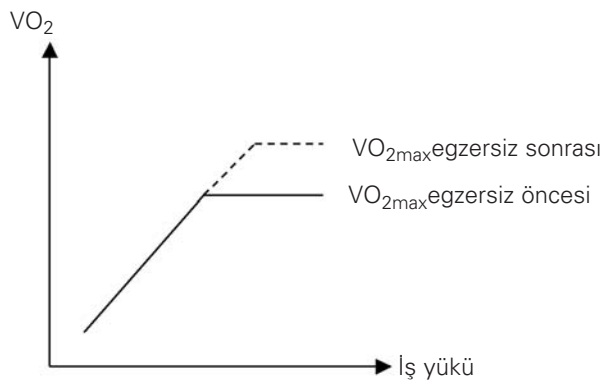
Beynin daha çok yönetim fonksiyonları ile ilgili olan prefrontal ve parietal bölümlerinin aerobik egzersizden daha çok etkilendiği, bu bölgelerde gri madde hacminde artış olduğu gösterilmiştir (27). Aerobik egzersizler depresyonun multidisipliner tedavi kılavuzlarında etkin bir tedavi yöntemi olarak yer almaktadır. Depresyon semptomlarını azaltmanın yanı sıra eşlik edebilecek somatik hastalıkları da önlediği bildirilmiştir (28).

Aerobik egzersizlerin uyku kalitesi ve hijyenini artırdığı bildirilmiştir (29). Bir derleme çalışmasında aerobik egzersizlerin fibromyalji sendromunda fiziksel fonksiyon ve fibromyalji semptomları üzerinde etkili olduğu, kuvvetlendirme egzersizlerinin ise fibromyaljinin bazı semptomlarda kısmen iyileşme sağlayabildiği bildirilmiştir (30).

“Aerobik kapasite” terimi, kalp, akciğerler ve kasların kullanması için maksimum oksijen sağlama ve kullanma yeteneğini ifade eder. Özellikle yoğun egzersiz sırasında belirli bir süre boyunca vücudun kullanabileceği maksimum oksijen miktarı olarak tanımlanır (8). Maksimum aerobik kapasiteyi ölçmek için örneğin bir koşu bandı üzerinde yavaş bir yürüyüşten tükenmişliğe kadar kademeli olarak artırılan egzersiz düzeylerinde gerçekleştirilen “ $VO_{2max}$  testi” uygulanabilir. Oksijen tüketimini ölçmek için birey respirometreye bağlanır ve sabit bir süre boyunca hız aşamalı olarak artırılır. Kardiyorespiratuvar dayanıklılık düzeyi ne kadar yüksek ölçülürse, çalışan kaslara o kadar fazla oksijenin taşındığı ve kullanıldığı, bireyin egzersiz yapabilme seviyesinin o kadar yüksek olduğu anlamına gelir. Fonksiyonel kapasite kabaca egzersiz düzeyine ait MET değeri ile de hesaplanabilir (8). Kardiyopulmoner ve nöromusküler sistemler aerobik egzersizler için yeterli fonksiyona sahipse, iskelet kasları da egzersize adapte olabilir (31).

Aerobik egzersiz esnasında iskelet kaslarının artan metabolizması nedeniyle  $VO_2$  artmaktadır. Verilen sabit submaksimum iş yükü altında  $VO_2$  artarak sabit bir seviyeye ulaşır, daha fazla iş yapılması seviyeyi yükseltmez. İş yüklerine karşı çizilen sonuç tepede kısa horizontal bir platodur ki,  $VO_{2max}$  olarak tanımlanır (Şekil 3) (7).

Aerobik eğitimle  $VO_{2max}$  artar fakat istirahat ve submaksimum iş esnasındaki  $VO_2$  değişmez (32). Özellikle rehabili-



Şekil 3. Aerobik egzersiz eğitimi öncesi ve sonrasında iş yükü ile oksijen tüketimi arasındaki ilişki

tasyon hastaları hiçbir zaman  $VO_{2max}$  düzeylerine kadar egzersiz yapamazlar, yapılan her submaksimum aktivite kalp hızı, sistolik kan basıncı ve miyokardiyal oksijen tüketiminde de küçük bir artış oluşturur.

Aerobik egzersiz programları egzersize karşı kardiyak yanıtı da modifiye ederler. Egzersize yanıt olarak kardiyak değişiklikler; istirahat, submaksimum egzersiz ve maksimum egzersiz esnasında farklı olabilir. Rehabilitasyonla elde edilen en bariz değişiklikler submaksimum iş yükü esnasında oluşanlardır (33).

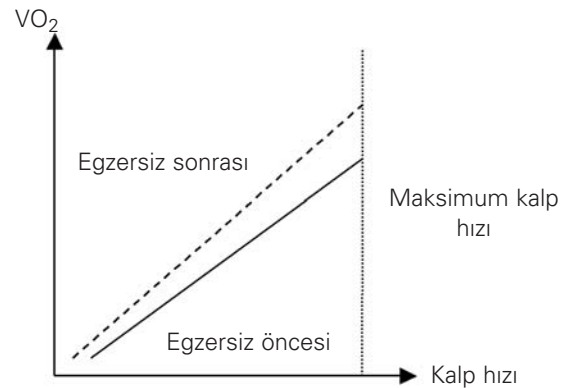
Egzersiz eğitimi istirahat ve submaksimum işlerde bradikardiye, kalp hızı değişkenliğinde artışa neden olmakta, fakat maksimum kalp hızı değişmemektedir (Şekil 4) (34). Aerobik kondisyon ile ortaya çıkan bu bradikardi, vagal tonusdaki artış sonucu sempatik tonusta azalmaya ve miyokardiyal  $VO_2$ 'de azalmaya neden olur (35). Ayrıca aerobik egzersizler ile vasküler endotelden nitrik oksit salınımı artar, koroner vazodilatasyona yol açar, bu da miyokard perfüzyonunu artırarak mortalitenin azalmasını sağlar (36).

Aerobik egzersiz eğitimi sonrasında kalp atım hacmi egzersizin tüm safhalarında ve istirahatte yükselir (Şekil 5) (5).

### Kardiyopulmoner Rehabilitasyon için Egzersiz

Aerobik egzersiz programlarında egzersize bağlı olarak oluşan kardiyopulmoner yanıt değişiklikleri kardiyak ve pulmoner hastalığı olan hastaların rehabilitasyon programlarını planlamak için kullanılabilir. Bu tür programlar koroner dolaşım, akciğer hacmi veya gaz alışverişinde belirgin değişiklik yapmasa da hastaların iş kapasitesini artırabilir (7,37). Hasta için bir egzersiz programı oluşturmadan önce, klinisyen hasta için uygun egzersiz yoğunluğunu ve miktarı ve belirlemek için egzersiz stres testi yapılmalıdır (38).

Miyokard enfarktüsü sonrası kardiyak rehabilitasyon kardiyak bakım ünitesinde başlamalıdır. Komplike olmayan vakalarda amaç takip eden günler içinde hastayı yatak istirahati konumundan merdiven çıkabilir hale getirmektir (39). Taburculuk sonrası 6-8 hafta sürecek olan egzersiz yoğunluğunun aynı fakat sürenin giderek artırıldığı konvalesan dönem



Şekil 4. Aerobik egzersiz eğitimi öncesi ve sonrasında iş yükü ile oksijen tüketimi arasındaki ilişki

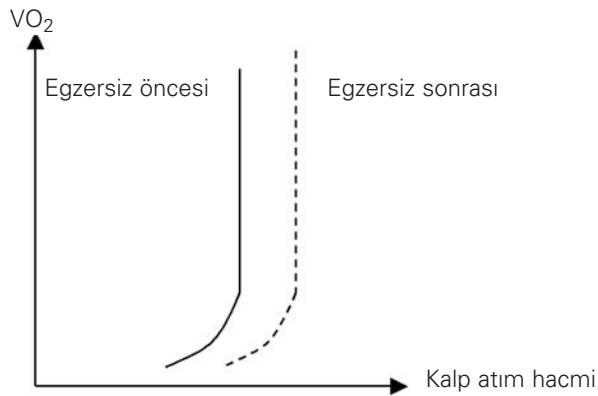
takip eder. Bir sonraki faz ise aerobik egzersizleri içerir. Kardiyak hasta için egzersizin önemi miyokardiyal oksijen tüketimi ve periferik adaptasyonlardaki değişiklikler üzerine kurulmuştur (11). Kardiyak aritmiler anaerobik koşullarda oluşmaya eğilimlidir, bu nedenle kardiyak hastalarda egzersiz seviyesi anaerobik eşik altında tutulmalıdır (6).

Pulmoner kökenli hastalıkların rehabilitasyonu da benzer bir mantığa dayanmaktadır. Ventilasyondaki iyileşmeye ilave olarak, hasta mobilizasyonundaki iyileşmelere bağlı olarak submaksimum aktivitelerde oksijen tüketiminde azalma fark edilecektir (40). Özet olarak aerobik eğitim, akciğerin hacmi, akım oranı veya arteryel kan gazlarında belirgin bir değişiklik olmaksızın egzersiz kapasitesinde artışa neden olur (6).

Kronik akciğer hastalığı olan hastaların egzersiz toleransında bir düşme vardır. Egzersiz eğitimi pulmoner rehabilitasyonun ana bileşenidir. Randomize kontrollü çalışmalarda kronik obstrüktif akciğer hastalarınca tamamlanan pulmoner rehabilitasyon programı sonrası egzersiz toleransında artış olduğu gösterilmiştir (41).

Kardiyopulmoner egzersiz reçetesinin; yoğunluk, süre, frekans, tip (aralıklı veya sürekli), yöntem (yürüme, pedal çevirme, vb.) ve progresyon bileşenleri olmalıdır. Pulmoner rehabilitasyon programı; endurans, esneklik, denge, ekstremite kuvvetlendirme-germe egzersizleri, inspiratuvar kas eğitimi ile ev egzersiz programını içermelidir. Programlar 6-8 hafta süreyle, haftada 3-5 gün, günde en az 30 dakika sürdürülmelidir (31). Ankilozan spondilit, pektus ekskavatum, obezite, torakoplasti sekeli ve Parkinson gibi göğüs duvarını ve solunum fonksiyonunu olumsuz etkileyen, pek çok hastalıkta solunum egzersizleri solunum fonksiyonunu iyileştirmeye yardımcıdır (42).

Egzersize yanıt olarak biyokimyasal değişiklikler 10. gün civarında gözlenirken kardiyovasküler ve muskuloskeletal değişiklikler egzersizin yoğunluğuna bağlı olarak 6-10. haftalarda ortaya çıkar. Bir egzersiz programı tamamlandığında egzersizin olumlu etkilerinin kaybolmaması için hastalar ev veya grupta egzersiz programları ile desteklenmelidir (43). Aerobik egzersizlerle kazanılan bu olumlu değişiklikler, egzersizlere verilen 2-3 haftalık ara ile kaybedilebilir (6).



Şekil 5. Aerobik egzersiz eğitimi öncesi ve sonrasında iş yükü ile oksijen tüketimi arasındaki ilişki

## Sonuç

KR uygulamalarını etkin şekilde yapabilmek için egzersiz fizyolojisi kadar kardiyovasküler ve solunum sistemlerinin anatomi ve fizyopatolojileri hakkında da temel bilgilere sahip olmak gerekmektedir (31). KR'nun en önemli bileşenini egzersiz eğitimi oluşturmaktadır. Aerobik egzersizler kardiyovasküler sorunlar nedeniyle mortaliteyi azaltmakta, yaşam kalitesini artırmaktadır.

## Kaynaklar

1. Pashkow P. Outcomes in cardiopulmonary rehabilitation. *Phys Ther* 1996;76:643-56.
2. Ades PA, Green NM, Coello CE. Effects of exercise and cardiac rehabilitation on cardiovascular outcomes. *Cardiol Clin* 2003;21:435-48.
3. Pitman MI, Peterson L. Biomechanics of skeletal muscle. In: Nordin M, Frankel VH, editors. *Basic Biomechanics of Musculoskeletal System*. Philadelphia: Lippincott Company 2001:148-71.
4. Lieberman JS, Pugliese GN, Strauss NE. Skeletal muscle: structure, chemistry, and function. In: Gonzales EG, Myers SJ, editors. *Downey and Darling's Physiological Basis of Rehabilitation Medicine*. USA: Butterworth-Heinemann, 2001:67-80.
5. Gledhill A, Mulligan C, Saffery G et al. Sport and exercise physiology. In: Adams M. editor. *BTEC National Sport and Exercise Sciences*. Oxford: Harcourt Education Limited 2007:44-67.
6. Whiteson JH. Cardiac rehabilitation. In: Braddom RL. editor. *Physical Medicine and Rehabilitation*. 3rd ed. China: Saunders Elsevier 2007:709-39.
7. Moldover JR, Stein J, Krug PG. Cardiopulmonary physiology. In: Gonzales EG, Myers SJ, editors. *Downey and Darling's Physiological Basis of Rehabilitation Medicine*. USA: Butterworth-Heinemann, 2001:169-89.
8. Balady GJ, Arena R, Sietsema K et al. Clinician's guide to cardiopulmonary exercise testing in adults: a scientific statement from the American Heart Association. *Circulation* 2010;122:191-225.
9. Flamm SD, Taki J, Moore R et al. Redistribution of regional and organ blood volume and effect on cardiac function in relation to upright exercise intensity in healthy human subjects. *Circulation* 1990;18:1550-9.
10. Levine BD. VO2max: what do we know, and what do we still need to know? *J Physiol* 2008;586:25-34.
11. Frontera WR, Moldover JR, Borg-Stein J et al. Exercise. In: Gonzales EG, Myers SJ, editors. *Downey and Darling's Physiological Basis of Rehabilitation Medicine*. USA: Butterworth-Heinemann 2001:379-96.
12. Kraemer WJ. Endocrine responses to resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1988;20:152-7.
13. Shepherd JT. Circulation to skeletal muscle. In: Shepherd JT, Abboud FM, editors. *Handbook of Physiology, section 2, The Cardiovascular System, vol. III, Peripheral Circulation and Organ Blood Flow*. USA: American Physiological Society, 1983:319-70.
14. Braman SS. The regulation of normal lung function. *Allergy Proc* 1995;16:223-6.
15. Saltin B, Blomqvist G, Mitchell JH, Johnson RL Jr, Wildenthal K, Chapman CB. Response to exercise after bed rest and after training. *Circulation* 1968;38:1-78.
16. Knuttgen HG. Strength training and aerobic exercise: comparison and contrast. *J Strength Cond Res* 2007;21:973-8.
17. Henriksson J. Effects of physical training on the metabolism of skeletal muscle. *Diabetes Care* 1992;15:1701-11.

18. Siddiqui NI, Nessa A, Hossain MA. Regular physical exercise: way to healthy life. *Mymensingh Med J* 2010;19:154-8.
19. Niebauer J, Hambrecht R, Velich T et al. Attenuated progression of coronary artery disease after 6 years of multifactorial risk intervention: role of physical exercise. *Circulation* 1997;21:2534-41.
20. Tokmakidis SP, Volaklis KA. Training and detraining effects of a combined-strength and aerobic exercise program on blood lipids in patients with coronary artery disease. *J Cardiopulm Rehabil* 2003;23:193-200.
21. Torrance GM, Hooper MD, Reeder BA. Trends in overweight and obesity among adults in Canada (1970-1992): evidence from national surveys using measured height and weight. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2002;26:797-804.
22. Kraus WE, Slentz CA. Exercise training, lipid regulation, and insulin action: a tangled web of cause and effect. *Obesity* 2009;17:21-6.
23. Waade NR. Exercise improves self-esteem in children and young people. *Aust J Physiother* 2004;50:117.
24. Norris R, Carroll D, Cochrane R. The effects of aerobic and anaerobic training on fitness, blood pressure, and psychological stress and well-being. *J Psychosom Res* 1990;34:367-75.
25. Veale D, Le Fevre K, Pantelis C, de Souza V, Mann A, Sargeant A. Aerobic exercise in the adjunctive treatment of depression: a randomized controlled trial. *J R Soc Med* 1992;85:541-4.
26. Smith MA, Schmidt KT, Iordanou JC, Mustroph ML. Aerobic exercise decreases the positive-reinforcing effects of cocaine. *Drug Alcohol Depend* 2008;98:129-35.
27. Colcombe SJ, Erickson KI, Raz N et al. Aerobic fitness reduces brain tissue loss in aging humans. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2003;58:176-80.
28. Stammen R, Spijker J. Physical training to treat depression. *Tijdschr Psychiatr* 2009;51:821-30.
29. Reid KJ, Baron KG, Lu B, Naylor E, Wolfe L, Zee PC. Aerobic exercise improves self-reported sleep and quality of life in older adults with insomnia. *Sleep Med* 2010;11:934-40.
30. Busch AJ, Schachter CL, Overend TJ, Peloso PM, Barber KA. Exercise for fibromyalgia: a systematic review. *J Rheumatol* 2008;35:1130-44.
31. Alba A, Chan L. Pulmonary rehabilitation. In: Braddom RL. editor. *Physical Medicine and Rehabilitation*. China: Saunders Elsevier 2007:739-51.
32. Duey WJ, O'Brien WL, Crutchfield AB, Brown LA, Williford HN, Sharff-Olson M. Effects of exercise training on aerobic fitness in African-American females. *Ethn Dis* 1998;8:306-11.
33. Laughlin MH. Cardiovascular response to exercise. *Adv Physiol Educ* 1999;22:244-59.
34. Schuit AJ, vanAmelsvoort LG, Verheij TC et al. Exercise training and heart rate variability in older people. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:816-21.
35. Winder WW, Hagberg JM, Hickson RC, Ehsani AA, McLane JA. Time course of sympathoadrenal adaptation to endurance exercise training in man. *J Appl Physiol* 1978;45:370-4.
36. Bolli R. Cardioprotective function of inducible nitric oxide synthase and role of nitric oxide in myocardial ischemia and preconditioning: an overview of a decade of research. *J Mol Cell Cardiol* 2001;33:1897-918.
37. Bartels MN, Whiteson JH, Alba AS, Kim H. Cardiopulmonary rehabilitation and cancer rehabilitation. I. Cardiac rehabilitation review. *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87:46-56.
38. Mezzani A, Agostoni P, Cohen-Solal A et al. Standards for the use of cardiopulmonary exercise testing for the functional evaluation of cardiac patients: a report from the Exercise Physiology Section of the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil* 2009;16:249-67.
39. Wenger NK. The physiologic basis for early ambulation after myocardial infarction. *Cardiovasc Clin* 1978;9:107-15.
40. Paez PN, Phillipson EA, Masangkay M, Sproule BJ. The physiologic basis of training patients with emphysema. *Am Rev Respir Dis* 1967;95:944-53.
41. Kortianou EA, Nasis IG, Spetsioti ST, Daskalakis AM, Vogiatzis I. Effectiveness of interval exercise training in patients with COPD. *Cardiopulm Phys Ther J* 2010;21:12-9.
42. Casaburi R. Principles of exercise training. *Chest* 1992;101:263-7.
43. Spruit MA, Troosters T, Trappenburg JC, Decramer M, Gosselink R. Exercise training during rehabilitation of patients with COPD: current perspective. *Patient Educ Couns* 2004;52:243-8.