

PEDİATRİK KARDİYAK CERRAHİLERDE PULMONER REHABİLİTASYON

PULMONARY REHABILITATION IN PEDIATRIC CARDIAC SURGERY

Meral Boşnak Güçlü, Burcu Camcioğlu

Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü, Ankara, Türkiye

e-mail: bosnakmeral@gazi.edu.tr

DOI:10.5152/tcb.2015.042

Özet

Kardiyak cerrahi geçiren konjenital kalp hastalığı olan pediatrik vakalarda pulmoner, nörolojik, nörogelişimsel, ortopedik ve fonksiyonelliği kısıtlayan diğer komorbiditeler sık görülür. Kardiyak cerrahi geçiren 4625 pediatrik vakanın %42,9'u solunum problemleri sebebiyle yoğun bakımlara yatmaktadır. Azalmış egzersiz kapasitesi konjenital kalp hastalığı olanlarda ölüm ve/veya hastaneye yatışlara sebep olan bağımsız bir etkidir. Kardiyak ve pulmoner rehabilitasyon programları yetişkin kalp hastalarında sıklıkla uygulanmaktadır ve çok sayıda yararlı etkilerinden dolayı rehberlerde sıklıkla önerilmektedir. Kardiyopulmoner rehabilitasyonun oksijen tüketimi ve egzersiz kapasitesini arttırmasına ek olarak, mortalite, morbidite ve sağlık harcamalarını azalttığı ve yaşam kalitesini de iyileştirdiği araştırmalarca gösterilmiştir. Bu sebeple yoğun bakımlara yatan pediatrik hastalarda kardiyopulmoner rehabilitasyon uygulamaları sağ kalım, mortalite ve morbititenin azaltılması açısından önemlidir ve ülkemizde de giderek önem kazanmaktadır. Kardiyak cerrahi geçiren çocuğa uygulanacak kardiyopulmoner rehabilitasyon; pozisyonlama, mobilizasyon, havayolu temizleme teknikleri, non-invaziv mekanik ventilasyon, ventilatörden ayırma, egzersiz, elektrik stimülasyonu ve solunum kas eğitimi uygulamalarını içermektedir.

Anahtar kelimeler: Pulmoner rehabilitasyon, pediatrik kardiyak cerrahi, egzersiz

Abstract

Pulmonary, neurological, neurodevelopmental, orthopedic, and other comorbidities that restrict functionality are frequently observed in pediatric patients who undergo cardiac surgery for congenital heart disease. Of the 4265 pediatric patients who underwent cardiac surgery, 42.9% of the patients were admitted to intensive care units because of respiratory problems. Decreased exercise capacity in patients with congenital heart disease is an independent factor that causes hospitalization and/or mortality. Cardiac and pulmonary rehabilitation programs for adults have been widely applied in cardiac patients and are often recommended in guidelines because of their beneficial effects. Studies showed that in addition to increasing oxygen consumption and exercise capacity, cardiopulmonary rehabilitation also reduces mortality, morbidity, and healthcare costs and improves quality of life. Therefore, in pediatric hospitalized patients in intensive care units, cardiopulmonary rehabilitation is important for their survival and reduction of mortality and morbidity and is also becoming increasingly important in our country. Cardiopulmonary rehabilitation includes positioning, mobilization, airway clearance techniques, non-invasive mechanical ventilation, weaning, exercise, electrical stimulation, and respiratory muscle training in children who underwent cardiac surgery.

Keywords: Pulmonary rehabilitation, pediatric cardiac surgery, exercise

GİRİŞ

Konjenital kalp hastalığı insidansı her 1000 canlı doğumda 4-8'dir (1). Son yıllarda, medikal bilgi, cerrahi tekniklerin ve teknolojinin gelişmesi konjenital kalp hastalığı olan çocuklarda sağkalımı arttırmasına rağmen kalıcı kardiyovasküler defekti olan bu çocuklarda yaşam süresi kısa ve kalitesi de halen kötüdür (2-4).

Hayatta kalan konjenital kalp hastalarında pulmoner, nörolojik, nörogelişimsel, ortopedik ve fonksiyonelliği kısıtlayan diğer komorbiditeler sık sık görülür (5-8).

Fiziksel yetersizliklere ek olarak, konjenital kalp hastalığı olan çocuklarda ailelerin, eğitimcilerin ve sağlık profesyonellerinin aşırı korumacı tavrı çocukları hareketsizliğe ve dolayısıyla egzersiz toleransının azalmasına sebep olur (9, 10). Bu etkenler konjenital kalp has-

taliği olan çocukların uzun dönemde sağlık ve yaşam kalitelerinde olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Bilindiği gibi fiziksel inaktivite yetişkinlerde ateroskleroz, kardiyovasküler hastalık ve diyabetes mellitusun bağımsız risk etkenidir (11).

Azalmış egzersiz kapasitesi fallot tetralojisi, ana damarların transpozisyonu, pulmoner hipertansiyon ve fontan fizyolojisi gibi konjenital kalp hastalığı olanlarda ölüm ve/veya hastaneye yatışlara sebep olan bağımsız bir etkidir (12-16). Bu gibi karmaşık konjenital kalp hastalığı olan hastaların en uygun tedavisi medikal tedavilere ek olarak hastaların kardiyak fonksiyonlarını ve yaşam kalitesini arttıran kardiyak rehabilitasyon uygulamalarını içerir (17).

Kardiyak ve pulmoner rehabilitasyon programları yetişkin kalp hastalarında sıklıkla uygulanmıştır ve çok sayıda yararlı etkilerinden dolayı rehberlerde sıklıkla önerilmektedir. Kardiyopulmoner rehabilitasyonun oksijen tüketimini ve egzersiz kapasitesini arttırmasına ek olarak, mortalite, morbidite ve sağlık harcamalarını azalttığı ve yaşam kalitesini iyileştirdiği araştırmalarca gösterilmiştir. Bunlara ek olarak hipertansiyon, hiperlipidemi, obezite gibi kardiyovasküler risk faktörlerinin azalmasına sebep olur (18-21).

Kardiyak hastalığı olan yetişkinlerin ne yazık ki sadece %10'u egzersiz eğitimi ve/veya kardiyopulmoner rehabilitasyon alabilmektedir. Çocuklarda ise bu oran daha düşüktür.

Sık yapılan pediatrik kardiyak cerrahi girişimler

Palyatif girişimler

- 1) Pulmoner arter bantlama
- 2) Modifiye Blalock-Taussig shunt
- 3) Septositomi

Düzeltilme ameliyatları: kapalı girişimler

- 1) Patent duktus arteriozus
- 2) Aort koarktasyonu
- 3) Vasküler halka

Düzeltilme ameliyatları: açık girişimler

- 1) Atriyal septal defekt
- 2) Ventriküler septal defekt
- 3) Atrioventriküler septal defekt
- 4) Fallot tetralojisi
- 5) Pulmoner atrezi
- 6) Büyük arterlerin transpozisyonu
- 7) Pulmoner venoz anastomoz anormallikleri

Kardiyak kapak anormallikleri

- 1) Aortik stenoz
- 2) Pulmoner stenoz

- 3) Triküspit kapak anormalliği
- 4) Mitral kapak anormalliği
- 5) Hipoplastik sol kalp sendromu

Kalp transplantasyonu cerrahileri

Pulmoner rehabilitasyon "Semptomatik günlük yaşam aktivitelerinde kısıtlanması olan kronik akciğer hastalarında uygulanan kapsamlı, kanıta dayalı ve interdisipliner tedavi yaklaşımlarıdır. Pulmoner rehabilitasyon hastalığın sistemik etkilerini kontrol altına almak veya azaltmak hedeflenerek semptomların azaltılması, fonksiyonel kapasitenin artırılması ve sağlık harcamalarını azaltmak için dizayn edilir. Bireylere özgü değerlendirme ve tedavi içerir." Pulmoner rehabilitasyon kavramındaki bu bakış kardiyak cerrahi geçiren ve yoğun bakımda yatan çocuk ve yetişkinlerde pulmoner rehabilitasyon uygulamalarını gündeme getirmiştir.

Yapılan bir çalışmada kardiyak cerrahi geçiren 4265 pediatrik vakanın %42,9'u solunum problemlerinden dolayı yoğun bakımlara yatırılmaktadır (22). Bu sebeple yoğun bakımlarda yatan pediatrik hastalarda pulmoner rehabilitasyon uygulamaları sağ kalım, mortalite ve morbititenin azaltılması açısından önemlidir ve ülkemizde de giderek önem kazanmaktadır.

Yoğun bakımda rehabilitasyon hastanın bireysel ihtiyaçlarına göre değişir, basit uygulamalardan mekanik ventilasyondan ayırma gibi çok detaylı bilgi ve deneyim gerektiren uygulamaları içerebilir. Yoğun bakım ünitelerinde rehabilitasyon yaklaşımları, fizyolojik ve/veya klinik sonuç ölçümleri ile hasta bireyin en iyi günlük fonksiyonel ve yaşam kalitesi düzeyine ulaştırılmasını hedefler. Yoğun bakımda tedavi yaklaşımları fizyolojik prensiplere dayanır ve bu konuda özel bilgi birikimine sahip doktor, hemşire, fizyoterapist, solunum, konuşma ve yutma terapisti, diyetisyen, psikolog ve sosyal hizmet uzmanından oluşan çok disiplinli ekip tarafından hastanın bireysel ihtiyaçlarına yönelik uygulanır (23).

Pediatrik kardiyak cerrahilerde pulmoner ve kardiyak rehabilitasyon

- 1) Preoperatif dönemde
- 2) Postoperatif dönemde yoğun bakımda
- 3) Taburculuk sonrası takip döneminde uygulanmalıdır.

Fizyoterapistler pulmoner ve kardiyak rehabilitasyon uygulamalarına başlamadan önce kardiyak cerrahi hakkında bilgi sahibi olmalıdır;

- Cerrahinin tipi
- Cerrahi girişimler
- Cerrahi sırasında uygulanan anestezi

- Kullanılan kas gevşetici ilaçlar veya nöromusküler blokaj varlığı
- Ek oksijen desteği ve nemlendirme
- Cerrahinin süresi ve cerrahinin gerektirdiği özel bir statik vücut pozisyonu varlığı
- İnsizyon yeri ve büyüklüğü
- Cerrahi sırasında kullanılan özel teknikler/yöntemler
- Cerrahi sırasında kullanılan özel splintler ve fiksasyon cihazları
- Damar yollarının varlığı ve yeri
- Monitorizasyon
- Göğüs tüpü varlığı ve yerleşimi
- Kateterler
- Perioperatif anksiyete, rahatsızlık ve ağrı
- Perioperatif sıvı takviyesi
- Perioperatif kan ve plazma transfüzyonu (24)

Yoğun bakımda yatan çocuğun değerlendirmesi şu başlıkları içerir;

- Çocuğun hemodinamik durumu,
- Önceki fonksiyonel düzeyi,
- Mental durum (Bilinç açık/kapalı/sedasyon altında),
- Kardiyak durum (Kalp hızı, kan basıncı, ritm, ejeksiyon fraksiyonu, ilaçlar),
- Pulmoner durum (Ventilatör ayarları, FiO₂, arteryal kan gazı, akciğer filmi, ayırma prosedürü),
- Nörolojik durum
- Kas-iskelet sistemi (Normal eklem hareketi limitasyonu, gövde, bacak kontrolü, kas kuvvet ve enduransı),
- Renal durum (akut böbrek hasarı, diyaliz),
- Çoklu organ yetmezliği (prognoz, hemodinamik stabilite, sepsis, ensefalopati, nöropati, gangren, kontraktürler) belirlenmelidir.

Yoğun bakımlarda hasta güvenliği önceliklidir rehabilitasyon uygulamaları öncesi, sırasında ve sonrasında hastanın güvenliğinin sağlanması için her türlü önlemin alınması gereklidir. Yapılacak rehabilitasyon uygulamaları öncesi, sırasında ve sonrasında endotrakeal tüpün ve/veya trakeostominin varlığı, intravenöz hatlar, beslenme tüpleri, telemetre, kan basıncı, oksimetre, hastanın ambulasyon kapasitesi, oksijen desteği, mekanik ventilatör ayarları (ventilasyon modu, oksijen kullanımı (FiO₂), PEEP, solunum frekansı, saturasyon, tidal volüm, ventilatör alarmları) hemodinamik yanıtlar, gerekli ise intrakranial basınç ve serebral perfüzyon basıncı izlenmelidir.

Spontan soluyan ve/veya mekanik ventilatöre bağlı hastalarda, yoğun bakım ünitelerinde erken dönemden itibaren başlanan rehabilitasyon uygulamaları ile

oksijenasyonda iyileşme, akciğer volümü, sekresyonların atılımında ve yaşam kalitesinde artma, hastaların mekanik ventilatörde kalma süresi, ventilatöre bağlı gelişen pnömoni insidansı ve tekrar hastaneye yatış sayısında azalma olması amaçlanır.

Kardiyak cerrahi geçiren çocuğa yoğun bakımda uygulanacak fizyoterapi ve rehabilitasyon uygulamaları;

- Pozisyonlama
- Mobilizasyon
- Havayolu temizleme teknikleri
- Non-invaziv mekanik ventilasyon
- Ventilatörden ayırma
- Egzersiz
- Elektrik stimülasyonu
- Solunum kas eğitimi gibi uygulamaları içermektedir (25-27).

Pozisyonlama

Ventilasyon, perfüzyon ve ventilasyon/perfüzyon oranı birincil olarak yerçekiminden dolayıyla toraksın pozisyonundan etkilenir. Bu sebeple hastalar uygun şekilde pozisyonlanarak oksijenizasyon ve sekresyonların atılımı artırılır, solunum ve kalbin iş yükü azaltılır. Bu sebeple hastanın uyanık olduğu her iki saatte bir sağa-sola döndürülmesi, pozisyonlama ve erken mobilizasyon akciğer hacmini koruma ve arttırmaya yönelik öncelikli yaklaşımlardandır. Yüksek sırt üstü yatış pozisyonları özellikle mekanik ventilatörden ayrılması düşünülen hastalarda akciğer hacmini artırır ve solunum işini azaltır (28-30).

Sırtüstü en az 30° dik destekli pozisyon, gastroözofageal reflüsü olan, mekanik ventilasyon uygulanan hastalarda mide içeriğinin akciğerlere aspirasyonunu engeller. Ayrıca intrakranial basıncı yüksek olan hastalarda sırtüstü ve baş aşağı pozisyonlar basıncı artırdığından dik pozisyonlar tercih edilmelidir (31, 32).

Yüzükoyun pozisyonlama; ventilasyon-perfüzyon uyumu, ödemin dağılımı hastalarda fonksiyonel rezidual kapasitede artışı sağlar. Akut solunum yetmezliği veya ARDS olan hastalarda yüzükoyun pozisyonlama ile oksijenasyonda %57-92 oranında artma gösterilmiştir (33). Tek taraflı akciğer hastalığında etkilenmiş taraf üstte kalacak şekilde yan yatırıldığında ventilasyon perfüzyon oranında artma ve akciğer fonksiyonlarında gelişme kaydedilmiştir (31, 32). Hastalar pozisyonlanırken insizyon yerine dikkat edilmelidir median sternotomi yapılan hastalar yan yatırılmamalı, hastalar cerrahi insizyonun üzerine yatırılmamalıdır. Hastalarda göğüs tüpü takılı ise tüpün girişi gövdenin altında veya üst kısmında kalacak şekilde yan yatışta pozisyonlan-

mamalıdır. Bu hastalar yüksek sırtüstü yatış pozisyonunda pozisyonlanmalıdır.

Mobilizasyon

Yoğun bakımda yatan çocuk hastaları immobilizasyonun olumsuz etkilerinden korumak için en erken dönemde mobilize edilmelidir.

Erken mobilizasyon şu aşamaları içerir;

- Başın 30° elevasyonu
- Hastanın düzenli olarak sağa sola çevrilmesi
- Pasif veya aktif eklem hareketleri
- Etkilenen akciğer alanının havalanması için yüksek oturmuş yan yatışta pozisyonlanması
- Ters trendelenburg pozisyonuna gelme
- Yerçekimine karşı aktif hareketler
- Yatak içi oturma pozisyonuna gelme
- Yatak kenarında ayaklar sarkıtılarak oturma
- Ambulasyon

Normal “fizyolojik” vücut pozisyonunun sağlanması için fizyoterapistler hastayı en erken dönemde dik pozisyona getirmeli ve hareketli kılmalıdır. Yoğun bakımda yapılan mobilizasyon ve egzersiz eğitimi oksijenin dokulara taşınmasını ve aerobik kapasitenin artmasına sebep olur, bu nedenle uygun olan her hastaya uygulanmalıdır.

Mobilizasyondan önce fizyoterapistler hastayı değerlendirilerek mobilizasyonun uygun olup olmadığına veya en uygun mobilizasyon şeklinin ne olduğuna karar verir. Mobilizasyonun kontraendikasyonları;

• PaO₂/FiO₂ <250

• Pozitif ekspiratuar sonu basınç ≥10 cm H₂O

• O₂ saturasyonu <%90

• Solunum frekansı <10, >30 soluk/dakika

• Akut kardiyak aritmi veya myokard enfarktüsü

• Ortalama arterial basınç <55 veya >140 mmHg

• Sistolik kan basıncı <90 veya >180 mmHg

• Artmış vazopressor ihtiyacı (5 mcg/kg/dk'den fazla ise)

• Kooperasyon problemi olan hastalar

• İletişim kurulamayacak kadar sedasyon altında olan hastalar

• Ateş >38 derece

• Kan glikoz seviyesi 3,5-20 mmol/L

• Ağrı, yorgunluk, nefes darlığı şikâyetleri kabul edilebilir düzeyde olmalı

• Başka nörolojik komplikasyon varlığı

• Ortopedik kontrendikasyon varlığı

• Derin ven trombozu veya pulmoner tromboemboli varsa stabil olmalı (34).

Havayolu temizleme teknikleri

- Solunum egzersizleri
- Postür al drenaj
- Manuel teknikler (perküsyon, vibrasyon ve shaker)



Şekil 1. Flutter



Şekil 2. Shaker



Şekil 3. R-C Cornet



Şekil 4. Acapella



Şekil 5. PEP Maskesi

- Aktif solunum teknikleri döngüsü
- Otojenik drenaj
- Balgam çıkarmaya yardımcı cihazlar: Flutter® (Şekil 1), Shaker® (Şekil 2), R-C Cornet® (Şekil 3), Acapella® (Şekil 4), PEP maskesi® (Şekil 5), Threshold PEP® (Şekil 6) gibi cihazlar ile balgam temizliği yapılabilir.
- Yüksek frekanslı göğüs duvarı ossilasyonu (VEST) (Şekil 7)
- İntrapulmoner perküsyon ventilasyonu
- Noninvaziv ventilasyon
- Mekanik insüflasyon - eksüflasyon (öksürük makinesi)
- Egzersiz

Yoğun bakımda yatan ve kardiyak cerrahi geçiren pediatrik vakalarda anestezi, ağrı, yapay havayolu varlığı, havayolu kompresyonu, obstrüksiyon, solunum kas zayıflığı ve öksürme yeteneğinin bozulduğu tüm durumlarda siliyar aktivite bozulur. Bu sorunlar mukus viskozitesi ve miktarını artırır. Mukus birikimi bakteriler ve diğer organizmaların tuzaklanmasına, alevlenme, enfeksiyon ve inflamasyon neden olur (35).

Aşırı sekresyon pulmoner fonksiyonlarda azalmaya ve mortalite ve morbiditede artışa neden olur. Hava yolu klirensinin iyileşmesi hastalarda medikal tedavi ve rehabilitasyonun önemli amaçlarından biridir. Farmakolojik uygulamalar ve fizyoterapi mukus reolojisini değiştirir, siliyar aktiviteyi artırır ve mukus atılımını artırır (36).

Hava yolu temizleme teknikleri ventilatörden ayrılma başarısını artıran yöntemlerdendir. Havayolu nemlendirilmesi ve sekresyonların atılımı yoğun bakım ünitelerinde çalışan fizyoterapistlerin öncelikli hedeflerindedir. Hava yolu temizleme tekniklerinin ana amaçları alveoler ventilasyon ve kapiller kan akımı arasındaki uyumu artırarak hava yollarındaki sekresyonun atılımını sağlamaktır (37).



Şekil 6. Threshold PEP

Bu amaçla akut ve kronik sekresyon sorunlarında havayolu temizliğini sağlamak için bebek, erişkin ve çocuk hastalarda seçilerek uygulanmaktadır. Klinikte uygulanan hava yolu temizleme teknikleri aşağıda verilmiştir (35, 36, 38, 39).

Solunum egzersizleri

Torakal ekspansiyon egzersizleri havayolunda akış sağlayarak balgam temizlenmesine yardımcı olur.

Postüral drenaj ve manuel teknikler

Sekresyonların temizlenmesinde bilinen en klasik yöntem postüral drenaj ile birlikte, perküsyon, vibrasyon ve shaking uygulamalarıdır. Postüral drenaj, yerçekiminin yardım ettiği pozisyonlara akciğer segmentlerinin yerleştirilmesidir. Böylece balgamın arkasında hava akışını artırarak sekresyonların santral havayollarına taşınması ve atılımı sağlanır. Postüral drenaj 12 farklı pozisyonda (45 derece dik pozisyon, sırtüstü, yüzükoyun ve lateral pozisyonlar) uygulanabilir. Genellikle

olumlu gelişme elde edebilmek için her bir postüral drenaj pozisyonunda en az 3-5 dakika uygulanmalıdır. Yoğun bakım ünitesinde yatan hastalarda olası risklerden korunmak için sıklıkla modifiye drenaj (yüksek yan yatış, yüksek oturuş) pozisyonları tercih edilir. Postüral drenaj genellikle sekresyon atılımını kolaylaştıran perküsyon, vibrasyon ve shaking gibi manevralar ile birlikte kullanılır. Perküsyon, vibrasyon ve shaking gibi manuel manevralar sekresyonların santral hava yollarına mobilize edilmesini sağlar (35, 36, 38-40).

Manuel veya mekanik perküsyon ve vibrasyon; göğüs duvarına eksternal kuvvet uygulanması intraplevral basınç değişikliğine neden olur. Ossilatuar kuvvetlerin torakal kafes ve akciğer dokusuna geçerek havayolu duvarından sekresyonun çözülmesi sağlanır. Ossilasyonların santral havayollarında bronkoskopi sırasında gözlenmesine rağmen hava ve akciğer parankimi tarafından kuvvetlerin absorpsiyonu küçük ve orta havayollarına geçişini önlemektedir. Bu durum postüral drenaj, öksürük ve solunum eğitimine göğüs perküsyonu ve vibrasyonun eklenmesini açıklamaktadır (41).

Aktif solunum teknikleri döngüsü

Solunum kontrolü, torakal ekspansiyon egzersizleri ve zorlu ekspirasyon tekniğinden oluşur. Solunum kontrolü havayolu obstrüksiyonu ve yorgunluğun gelişmesini önler. Torakal ekspansiyon egzersizlerinde hastalardan tam akciğer volümünde inspirasyon yapması istenir. Bu teknik kollateral ventilasyon kanallarının kullanımı ile sekresyonla tıkanmış küçük hava yollarına hava girişini sağlar. İnspirasyon sırasında genişleyen alveoller komşu alveollere baskı oluşturur. Böylece kollabe olmuş ventilatuar ünitelerin tekrar ekspansiyonu sağlanır. Bu etki derin inspirasyonla daha fazla artar.

Zorlu ekspirasyon tekniğinin etkinliği eşit basınç noktası prensibine dayanır. Eşit basınç noktası bronş içi basıncın peribronşiyal basınca eşit olduğu noktadır. Ekspirasyon sırasında eşit basınç noktası ağızda başlar ve periferde lobar ve segmental düzeye doğru hareket eder. Eşit basınç noktasının aşağı kısmında dinamik kompresyon havayolu kollapsı oluşur. Çünkü bronş içi basınç intraplevral basınçdan daha düşüktür, hava akışı artar ve daha türbülant hale gelir. Böylece sekresyon mobilize edilir.

Klinik pratikte zorlu ekspirasyon tekniği farklı boyutlarda olan havayollarının temizlenmesi için farklı akciğer hacimlerinde başlatılabilir. Düşük akciğer volümlerinde nefes alınca eşit basınç noktası akciğerlerin alt kısmına, yüksek volümlerde nefes alınca akciğerlerin üst kısmına hareket eder. Düşük akciğer volümlerinde huffing yapılması periferdeki sekresyonun hareketini sağlar. Büyük akciğer hacimlerinde yapılan huff ile

proksimal havayolundan sekresyon hareketini sağlar (35, 36, 42). Aktif solunum teknikleri döngüsü esnek özelliktedir ve bireye uygun ayarlanabilir. 2 yaşından büyük çocuklarda yardımcı ve yarımsız uygulanabilir. Postüral drenaj pozisyonları ile birlikte kullanılabilir.

Otojenik drenaj

Otojenik drenaj farklı akciğer hacimlerinde yapılan solunum egzersizi ile ekspirasyonda mukus atılımını sağlar. Bu tekniğin amacı ekspire edilen hava akım hızını artırmak ve peribronşiyal basıncı düşük tutmaktır. Farklı akciğer volümlerinde ekspirasyon sırasında eşit basınç noktası oluşturmaktan kaçınarak ekspiratuar akışı kontrol etmeyi hedefler. Tedavi sırasında düşük akciğer volümlerinde tidal volümü solunumu korunur. Orta ve yüksek akciğer volümlerinde sekresyonun lokalizasyonuna bağlıdır. Özellikle havayolu hiperreaktivitesi olan hastalarda yararlıdır. Bu teknik ileri derecede kooperasyon ve hastanın kendi vücudunu algılamasını gerektirdiğinden her hasta için uygun olmayabilir (43, 44).

Otojenik drenaj ve aktif solunum teknikleri döngüsünün stabil KOAH'lı hastalarda etkinliğini karşılaştıran bir çalışmada, her iki tekniğinde solunum fonksiyonlarında benzer şekilde gelişmeye yol açtığını ve sekresyon atılımını artırdığı gösterilmiştir. Bir diğer çalışmada postural drenaj ve perküsyonla karşılaştırıldığında otojenik drenaj hastalar tarafından daha kolay tolere edilmekte ve oksijen saturasyonunda daha az düşme sağlamaktadır (45). Aktif solunum teknikleri döngüsü, otojenik drenaj hastanın kendi kendine bağımsız olarak yapabileceği tekniklerdir ve hastanın tedaviye katılımını artırmaktadır.

Balgam çıkarmaya yardımcı cihazlar

Flutter® (Şekil 1), Shaker® (Şekil 2), R-C Cornet® (Şekil 3), Acapella® (Şekil 4), PEP maskesi® (Şekil 5), Threshold PEP® (Şekil 6) gibi cihazlar ile balgam temizliği yapılabilir. Bu cihazları kullanabilmek için hastanın kooperasyonu gereklidir.

Pozitif ekspiratuar basınç (PEP) terapisi ve ossilatuar PEP

Pozitif ekspiratuar basınç terapisi havayolu kollapsını önleyerek ve kollateral ventilasyonu artırmayı amaçlar. Böylece mukus atılımı artar, fizyolojik prensibi kollateral ventilasyona dayanır. Düşük basınçlı PEP terapisi, yüksek basınçlı PEP, ossilatuar PEP terapisi diye 3 ayrılır. Sağlıklı kişilerde kollateral kanallar boyunca akışa direnç iletici havayolları içindeki dirence bağlıdır. Hastalıklarda, iletici havayollarında hava akışına direnç sekresyon birikimi, havayolu kollapsı nedeni ile artar. Akış olduğunda kollateral kanallar



Şekil 7. Yüksek frekanslı göğüs duvarı ossilasyonu (VEST)

içindeki direnç azalır. Klinik uygulamada PEP inspirasyon sırasında kollateral kanallar ile daha fazla hava girişi sağlar. Bu balgam plağının arkasında basınç farkının gelişmesine neden olur. Sekresyon santral havayoluna doğru hareket eder. Hava yolu içindeki pozitif basınç kollapsa bağlı kompresyonu önler, ekspirasyon sırasında havayolunun desteklenmesini ve distal havayoluna sekresyon hareketini sağlar. Düşük basınçlı PEP terapisinde tidal volüme düşük rezistör ile 10-20 cmH₂O'luk basınç kullanılır. Yüksek basınçlı PEP ile 40-100 cmH₂O'luk basınç verilir. Yüksek basınçlı PEP terapisinde zorlu ekspirasyon manevrası sırasında hasta havayolunun desteklenmesini ve kollateral kanallar boyunca hava akışını zorlu vital kapasiteden daha büyük ekspirasyon volümleri ile sağlar. Bu teknik instabil havayolu hastalığı olan çocuklarda yararlıdır ancak belirgin hasta eforu gerektirir (46-49).

Uzun süreli rastgellenmiş kontrollü bir çalışmada PEP ile birlikte zorlu ekspirasyon tekniği solunum egzersizi ve zorlu ekspirasyon tekniği ile karşılaştırılmıştır. PEP grubunda 4-12 ay sonra balgam üretimi, öksürük ve alevlenme sıklığında azalma olmuştur. Rastgellenmiş kontrollü başka bir çalışmada akut solunum yetmezliği nedeni ile noninvaziv mekanik ventilasyon alan hastalara PEP uygulanmıştır. Günlük PEP uygulanan noninvaziv mekanik ventilasyon gereksinimini kontrol grubuna göre 2 gün azaltmıştır.

Yeni aletlerde pozitif havayolu basıncı ile birlikte ekspirasyon sırasında ossilasyon sağlanmaktadır. Flutter® (Şekil 1), Cornet® (Şekil 3) veya Acapella® (Şekil 4) gibi aletler ile ekspirasyon sırasında pozitif ekspiratuar basınç ossilasyonları uygulaması ile sekresyon atılımının artırılması amaçlanır.

Yüksek frekanslı göğüs duvarı ossilasyonu (VEST) (Şekil 7)

Kooperasyon kurulamayan hastalarda güvenle uygulanabilir. Hastada aktif kanama var ise kontraendikedir. Göğüs duvarına 5-20 Hz'lik bir kompresyon

uygular fakat fizyolojik olarak balgam en etkin 13 Hz'de uygulama yapılırken çıkarıldığı gösterilmiştir. Bu kompresyon kuvveti içi hava ile dolabilen bir yelek ile sağlanır ve bu yelek borular ile hava-atım jeneratörüne bağlanır. Temel mekanizması; hava yollarındaki hava akışını normalden 16 kat arttırarak balgam atılımını sağlar. Hastanın ihtiyacı ve toleransına göre uygulama süresi ve sayısı belirlenir. Bağımsız olarak kullanılması avantajdır ancak oldukça pahalı bir sistemdir. Mental retarde hastalarda iyi bir seçenek olabilir. Yüksek frekanslı göğüs duvarı ossilasyonu tekrarlı öksürük benzeri kopma kuvveti ile sekresyon viskozitesini azaltarak hava akış hızını arttırır. Tedavi 30 dakika süresince değişik ossilasyon frekanslarında yapılır. İhtiyaca bağlı olarak günde 1-6 seans tedavi yapılır (50). Cerrahi uygulamalardan 6-8 saat sonra kullanılmaya başlanabilir, fakat toraks duvarına yapılan basınç insizyon yerlerini sıkıştırılmamalıdır.

Intrapulmoner perküsif ventilasyon

İnhalasyon tedavisi ve toraks içinde perküsyon uygulaması ile etkisini göstermektedir. Dakikada 100-225 Hz'lik frekansla solunum yollarında küçük basınç patlamaları ile havayolu temizliğini sağlar. Tedavinin süresi hasta ve fizyoterapiste göre belirlenir. Perküsif siklusunda sabit pozitif basınç korunur. Aerosol dağılımı pnömatik nebulizer ile birlikte uygulanabilir. Toplam tedavi süresi 20 dakikadır. Alet ateletaziye azaltmak için geliştirilmiştir. Sekresyonların atılımı ve mobilizasyonu yüksek frekanslı pufar uygulanarak mukusun kopartılması sağlanır. İki karşılaştırmalı çalışmada intrapulmoner perküsif ventilasyon standart aerosol terapisi ve postural drenaj ile birlikte kısa süreli pulmoner fonksiyonlarda artma sağlamış ve balgam atılımını arttırmıştır. Tedavi kolaylıkla uygulanabilir, stabil hastalar tarafından kolay tolere edilir (40, 41).

Mekanik insuflasyon-exsufflasyon

Öksürüğün inspirasyon fazında inhale edilen volümü artırarak daha etkin öksürmeyi hedefleyen aletlerle yapılır. Normalde öksürüğün iyi yapılmış inspirasyon fazı, ekspiratuar kasların uzunluk gerilim ilişkisini en uygun hale getirir ve akciğerin elastik gerilim basıncını arttırır. Solunum kas zayıflığı olan hastaların büyük akciğer volümlerini başarmadaki yetersizliği öksürüğü etkisiz kılar. Kontrolsüz çalışmalar ile kas zayıflığı olan hastalarda öksürme öncesi inhale edilen volüm arttırılarak pozitif havayolu basıncı ile ekspiratuar akış hızının %80 arttırabildiği gösterilmiştir (51).

Özellikle kortikosteroid ilaç kullanan hastalarda solunum ve periferik kas zayıflığı görülür hastanın öksürük kuvveti azalır. Öksürük "öksürük makinası"

ile fasilite edilebilir. Öksürük makinası insuflasyon ile akciğerlerde pozitif basınç oluşturur, exsufflasyon ile negatif basınç oluşturur. Basınçlar arasındaki ani geçiş öksürüğü taklit eder. Hastada aktif kanama var ise kontrendikedir. Hastanın öksürük kuvveti peak ekspiratuar flow (PEF) metre ile ölçülür. Öksürük kuvveti 160L/dk'dan az ise öksürük makinasının kullanımı endikedir (52).

Manuel hiperinflasyon-Ventilatuar hiperinflasyon

Entübe hastalarda sekresyonların temizlenmesi ve ateletazilerin önlenmesinde etkili bir yöntemdir. Alveollerin katılımı, akciğer kompliansı, oksijenasyonu artırır ve ventilatörle ilişkili pnömoni insidansını azaltır. Uygulamada manuel resüsitatör bag kullanılarak yavaş ve derin bir inspirasyonun ardından inspirasyon sonu nefes tutma ve onu izleyen hızlı ekspirasyon yapılır. Manuel hiperinflasyon dikkatli uygulanmadığında barotravma ve hemodinamik sorunlara neden olabilir. Manuel hiperinflasyon eğitilmiş fizyoterapistler tarafından yapıldığında güvenli bir uygulama olarak kabul edilebilir. Ventilatuar hiperinflasyon manuel hiperinflasyonun alternatifi olarak düşünülebilir. Ventilatör kullanılarak uygulanan hiperinflasyon PEEP'in koruyucu özelliğinden dolayı ventilatöre bağlı akciğer hasarını önler ve fizyoterapist tarafından manuel bag ile yapılan uygulamada dağılan büyük tidal volümün olası risklerinden korunulur (26, 53).

Aspirasyon

Yapay havayolu olan hastalarda hava yolu temizliğini sağlar. Aspirasyon sırasında ve öncesinde oksijen düzeyinin artırılması olası riskleri azaltır. Açık ve kapalı olmak üzere iki tip aspirasyon sistemi vardır. Kapalı devre aspirasyon sistemi ile hastanın ventilatörden ayrılması gerekmediğinden hipoksemi gelişme riski azalır. Kapalı devre aspirasyon sisteminin ventilatörle ilişkili pnömoni insidansı, mekanik ventilatörde ve yoğun bakım ünitesinde kalma süresini azaltmadığı bunun yanı sıra daha pahalı olduğu belirlenmiştir. Kapalı devre aspirasyon sisteminin basınç destekli ventilasyon sırasında açık devre sistemine göre daha az etkili bulunması açık devre aspirasyon sisteminin daha çok tercih edilmesini vurgulamaktadır (37, 54).

Mekanik ventilasyondan ayrılma (weaning):

Farklı çalışmalar ile ayrılma periyodundaki en iyi ventilasyon tekniği tanımlanmıştır. Pressure support ventilasyon ve T borusu en sık kullanılan ayrılma yöntemleridir. Terapist tarafından yapılan ayrılma protokolleri ile ilgili konsensüsler vardır. Terapist tarafından yapılan protokoller: hastanın başlangıç değerlendirmeye

si, ventilasyon durumu ve hasta-ventilatör uyumunu içerir bu değerlendirmeler rutin olarak her gün ve her ventilatör ayar değişiminde yapılır. Terapist tarafından yapılan ayrılma protokollerinin hastaların yoğun bakım ünitesinde ve mekanik ventilatörde kalma sürelerini azaltmada daha başarılı bulunmuştur.

Noninvasiv ventilasyonda mekanik ventilasyondan ayrılma işlemini kolaylaştırır ve yoğun bakım harcamalarını azaltır ve ekstübasyon sonrası risklerin azaltılmasında önemlidir. Ayrılma döneminde solunum kas zayıflığı ayrılma işlemini uzatabilir. Bu dönemde yapılan inspiratuar kas eğitimi de ayrılmayı kolaylaştırır (55, 56).

Mekanik ventilasyona bağlı hastaların uygun şartlar sağlanır sağlanmaz en erken dönemde mekanik ventilatörden ayrılması gerekmektedir. Bu aşamada fizyoterapistlerin görevleri:

- Hastanın rehabilitasyon potansiyelinin değerlendirilmesi
- Havayolu temizliğinin sağlanması
- Solunumun tekrar öğretilmesi
- Solunum kas eğitimi
- Erken ambulasyon sağlanarak akciğerlerin havalanması
- Öksürüğün fasilasyonu
- Hastanın ekstübasyona hazır olup olmadığının değerlendirilmesi (temiz akciğerler, etkili öksürük varlığı, havayolu reflekslerinin varlığı, kooperasyon)
- En erken dönemde endotrakeal ekstübasyondan non-invazif mekanik ventilasyona geçişin sağlanması
- Ara ara mekanik ventilatörden ayırarak istemli nefes alıp vermenin sağlanması ve fasilasyonu
- Mekanik ventilasyondan ayrılma güçlüğü olabilecek hastaların tespiti ve uygun değerlendirmeler sonucu uygun rehabilitasyon tekniklerinin uygulanması ve sonuçların takibi (24).

Noninvaziv mekanik ventilasyon

Maske kullanılarak, üst havayolundanventilatör desteği sağlanır. Noninvazif mekanik ventilasyon (NIV) inspiratuar kas kuvvetini, oksijen saturasyonunu, küçük hava yolu fonksiyonlarını iyileştirir ve nefes darlığı algılamasını azaltır. NIV sırasında aktif solunum teknikleri döngüsü uygulanabilir ve egzersiz sırasında da NIV'dan yararlanır (57).

Egzersiz testleri ve eğitimi

Yürüme testleri

Konjenital kalp hastalığı olan pediatriklerde fonksiyonel egzersiz kapasitesi altı dakika yürüme testi kul-

lanılarak değerlendirilmektedir. Genellikle 5 yaşından büyük çocuklarda tercih edilmektedir. Çocuğun test prosedürüne uyum sağlayabilmesi gerekmektedir. Altı dakika yürüme mesafesi kullanılarak maksimal oksijen tüketimi tahmin edilebilmektedir (58).

Basamak testleri

Üç dakika basamak testi pediatrik hastaların submaksimal egzersiz kapasitesini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Test sırasında kalp hızı, oksijen saturasyonu ve dispne takip edilmelidir (59).

Maksimal egzersiz testleri

Semptomla limitli, ilerleyici bisiklet ergometresinde veya koşu bandında kardiyopulmoner egzersiz testi, egzersiz kapasitesini değerlendirmek için kullanılmaktadır. Test sırasında elektrokardiyografik monitorizasyon mutlaka yapılmalıdır. Kardiyopulmoner egzersiz test sistemi kullanılarak breath by breath gaz analizörü ile ölçülen oksijen tüketimi egzersiz kapasitesinin ve kardiyopulmoner fonksiyonların yorumlanmasında kesin bilgiler sağlamaktadır (60, 61).

Egzersiz eğitimi

Kardiyak cerrahi geçiren pediatrik olgularda egzersiz kapasitesi azalmaktadır. Düşük egzersiz kapasitesi rezidüel hemodinamik defektlerden kaynaklanmaktadır. Cerrahi sonrasında fiziksel aktivitelere katılımının engellenmesi nedeniyle egzersiz intoleransı ve fiziksel kondüsyondaki azalma artış göstermektedir (62).

Egzersiz eğitimi konjenital kardiyak hastalığı olan bireylerde güvenli ve yararlıdır. Egzersiz eğitimi sonrasında maksimal oksijen tüketimin ve fiziksel aktivite seviyesinin arttığı, somatik şikayetlerin azaldığı gösterilmiştir (63).

Kardiyak rehabilitasyon programı egzersiz eğitimini mutlaka içermelidir. Egzersiz eğitimi en az 12 hafta, haftada 2-3 seans olmalıdır. Seanslar minimum 40 dk. olmalıdır. Programlar aerobik ve dirençli egzersiz ve esneklik eğitimi, hasta eğitimi ve psikolojik desteği içermelidir. Aerobik egzersizin şiddeti kalp hızı ya da anaerobik eşik kullanılarak belirlenmelidir (64). Endurans eğitimi orta şiddette daha geniş kas gruplarını içeren ve daha uzun süreli eğitimlerdir. Kuvvet eğitimi ise daha küçük kas gruplarını içeren daha kısa süreli egzersizlerdir. Dirençli eğitim üç set halinde 8 tekrarlı ve bir maksimum tekrarın %70'inde haftada üç kez yapılmalıdır. Opocher ve ark. (61) çalışmalarında aerobik egzersizin şiddetini maksimal oksijen tüketiminin %50-70'i olarak belirlemişlerdir (61).

Kardiyak cerrahiye takiben uygun kardiyak rehabilitasyon programına 24-48 saat içerisinde başlamalıdır (65).

Rhodes ve ark. (62) Yaptıkları çalışmada egzersiz eğitimine alınmaması gereken olguları aşağıdaki gibi özetlemişlerdir:

- Hayatı tehdit eden ve internal defibrilatörle düzilemeyen aritmiler
- Ventriküllerin ciddi ve orta disfonksiyonu (EF <%40)
- Pulmoner arter hipertansiyonu >40 mmHg
- Akut inflamatuvar kardiyak hastalık
- Ciddi koroner arter hastalığı (stenoz, myokardiyal iskemi, vb..)
- Kontrol edilemeyen kalp yetmezliği (son bir ay içinde hastaneye yatışı ve intravenöz medikasyonu gerektiren durumlar)
- İstirahat oksijen saturasyonu <%90
- Aortik stenoz; istirahat tepe sistolik gradianti >50 mmHg
- Pulmonik stenoz; istirahat tepe sistolik gradianti >50 mmHg
- Ciddi sistemik atrioventriküler kapak kaçağı
- Sistemik hipertansiyon
- Akut böbrek hastalığı
- Akut hepatit

Rhodes ve ark.'ları (62) kardiyak cerrahiye takiben 6 hafta sonra, hastalar haftada 2 seans/12 hafta kardiyak rehabilitasyon programına dahil edilmişlerdir. Hastalar evde de 2 seans yapılması için cesaretlendirilmişlerdir. Program 5-10 germe egzersizi, 45 dakika aerobik ve dirençli egzersizleri ve 5-10 dakika soğuma egzersizlerini içermektedir. Aerobik egzersizler aerobik dans, aerobik step, kalistenik egzersizler, ip atlama aktivitelerini içermektedir. Dirençli egzersizler hafif serbest ağırlıklarla (~1,5-2,5 kg), elastik bant ve tüplerle yapılan egzersizleri içermektedir. 12 haftalık kardiyak rehabilitasyon programı sonunda bireylerin egzersiz performansı artmıştır. Bu iyileşme atım hacmi ve oksijen tüketimin artmasıyla ilişkili bulunmuştur (62).

Singh ve ark.'ları (66) aynı programı uyguladıkları konjenital kardiyak hastalığı olan çocuklarda kardiyak rehabilitasyonu takiben kalp hızı toparlanmasının iyileştiğini göstermişlerdir (66).

Brassard ve ark.'ları (67) çalışmalarında kardiyak cerrahi sonrasında uygulanan kardiyak rehabilitasyonun iskelet kas fonksiyonuna etkisini göstermişlerdir. Aerobik ve dirençli egzersizleri içeren 8 haftalık program haftada 3 kez uygulanmıştır. Aerobik egzersiz eğitimi bisiklet ergometresinde maksimal oksijen tüketiminin %50-80'inde 20-30 dk yapılmıştır. Dirençli egzersiz eğitiminde elastik bantlar kullanılmış ve 12-15 tekrarlı olmak üzere 2 set halinde eğitime başlanmıştır (67).

KAYNAKLAR

1. Hoffman JL, Kaplan S. The incidence of congenital heart disease. *J Am Coll Cardiol* 2002;39:1890-900. [\[CrossRef\]](#)
2. Canobbio MM. Health care issues facing adolescents with congenital heart disease. *J Pediatr Nurs* 2001;16:363-70. [\[CrossRef\]](#)
3. Casey FA, Sykes DH, Craig BG, et al. Behavioral adjustment of children with surgically palliated complex congenital heart disease. *J Pediatr Psychol* 1996;21:335-52. [\[CrossRef\]](#)
4. Reybrouck T, Rogers R, Weymans M, et al. Serial cardiorespiratory exercise testing in patients with congenital heart disease. *Eur J Pediatr* 1995;154:801-6. [\[CrossRef\]](#)
5. Cooper DS, Jacobs JP, Chai PJ, et al. Pulmonary complications associated with the treatment of patients with congenital cardiac disease: consensus definitions from the multi-societal database committee for pediatric and congenital heart disease. *Cardiol Young*. 2008;18:215-21. [\[CrossRef\]](#)
6. Bird GL, Jeffries HE, Licht DJ, et al. Neurological complications associated with the treatment of patients with congenital cardiac disease: consensus definitions from the multi-societal database committee for pediatric and congenital heart disease. *Cardiol Young* 2008;18:234-9. [\[CrossRef\]](#)
7. Limperopoulos C, Majnemer A, Shevell MI, et al. Functional limitations in young children with congenital heart defects after cardiac surgery. *Pediatrics* 2001;108:1325-31. [\[CrossRef\]](#)
8. Imms C. Occupational performance challenges for children with congenital heart disease: a literature review. *Can J Occup Ther* 2004;71:161-72. [\[CrossRef\]](#)
9. Linde LM. Psychiatric aspects of congenital heart disease. *Psychiatr Clin North Am* 1982;5:399-406.
10. Casey FA, Stewart M, McCusker CG, et al. Examination of the physical and psychosocial determinants of health behaviour in 4-5-year-old children with congenital cardiac disease. *Cardiol Young* 2010;20:532-7. [\[CrossRef\]](#)
11. Thijssen DH, Maiorana AJ, O'Driscoll G, et al. Impact of inactivity and exercise on the vasculature in humans. *Eur J Appl Physiol* 2010;108:845-75. [\[CrossRef\]](#)
12. Fernandes SM, McElhinney DB, Khairy P, et al. Serial cardiopulmonary exercise testing in patients with previous Fontan surgery. *Pediatr Cardiol* 2010;31:175-80. [\[CrossRef\]](#)
13. Giardini A, Specchia S, Tacy TA, et al. Usefulness of cardiopulmonary exercise to predict long-term prognosis in adults with repaired tetralogy of Fallot. *Am J Cardiol* 2007;99:1462-67. [\[CrossRef\]](#)
14. Giardini A, Hager A, Lammers AE, et al. Ventilatory efficiency and aerobic capacity predict event-free survival in adults with atrial repair for complete transposition of the great arteries. *J Am Coll Cardiol* 2009;53:1548-55. [\[CrossRef\]](#)
15. Arena R, Lavie CJ, Milani RV, et al. Cardiopulmonary exercise testing in patients with pulmonary arterial hypertension: an evidence-based review. *J Heart Lung Transplant* 2010;29:159-73. [\[CrossRef\]](#)
16. Rhodes J, Tikkanen UA, Jenkins KJ. Exercise testing and training in children with congenital heart disease. *Circulation* 2010;122:1957-67. [\[CrossRef\]](#)

17. Somarriba G, Extein J, Miller TL. Exercise rehabilitation in pediatric cardiomyopathy. *Prog Pediatr Cardiol* 2008;25:91-102. [\[CrossRef\]](#)
18. Lawler PR, Fillion KB, Eisenberg MJ. Efficacy of exercise-based cardiac rehabilitation post-myocardial infarction: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am Heart J* 2011;162:571-84 [\[CrossRef\]](#)
19. Heran BS, Chen JM, Ebrahim S, et al. Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease. *Cochrane Database Syst Rev* 2011;CD001800.
20. Leon AS, Franklin BA, Costa F, et al. Cardiac rehabilitation and secondary prevention of coronary heart disease: an American Heart Association scientific statement from the Council on Clinical Cardiology (Subcommittee on Exercise, Cardiac Rehabilitation, and Prevention) and the Council on Nutrition, Physical Activity, and Metabolism (Subcommittee on Physical Activity), in collaboration with the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Circulation* 2005;111:369-76. [\[CrossRef\]](#)
21. Piepoli MF, Conraads V, Corra U, et al. Exercise training in heart failure: from theory to practice. A consensus document of the Heart Failure Association and the European Association for Cardiovascular Prevention and Rehabilitation. *Eur J Heart Fail* 2011;13:347-57. [\[CrossRef\]](#)
22. Bastero-Miñón P, Russell JL, Humpl T. Frequency, characteristics, and outcomes of pediatric patients readmitted to the cardiac critical care unit. *Intensive Care Med* 2012;38:1352-7. [\[CrossRef\]](#)
23. Spruit MA, Singh SJ, Garvey C, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med* 2013;188:e13-64. [\[CrossRef\]](#)
24. Pryor JA, Prasad SA. *Physiotherapy for respiratory and cardiac problems: adults and paediatrics*. 4th ed. USA: Churchill Livingstone Elsevier Limited;2008.
25. Schonhofer B. Choice of ventilator types, modes and settings for long term ventilation. *Respir Care Clinics* 2002;8:419-49. [\[CrossRef\]](#)
26. Denehy L, Berney S. Physiotherapy in the intensive care unit. *Physical Therapy Reviews* 2006;11:49-57. [\[CrossRef\]](#)
27. Hanekom SD, Faure MS, Coetze A. Outcomes research in the ICU: An aiding in defining the role of physiotherapy. *Physiotherapy Theory and Practice* 2007;23:125-35. [\[CrossRef\]](#)
28. Clauss RH. Effects of changing body position upon improved ventilation-perfusion relationships. *Circulation* 1968;37:214-7. [\[CrossRef\]](#)
29. West JB. Ventilation and perfusion relationships. *Am Rev Respir Dis* 1977;116:919-43.
30. West JB. *Respiratory physiology- the Essentials*, 8th edn. Williams and Wilkins: Baltimore. 2004.
31. Fink JB. Positioning versus postural drainage. *Respir Care* 2002;47:769-77.
32. Jolliet P, Bulpa P, Chevrolet JC. Effects on the prone position on gas exchange and hemodynamics in severe acute respiratory distress syndrome. *Crit Care Med* 1998;26:1977-85. [\[CrossRef\]](#)
33. Traver GA, Tyler ML, Hudson LD, et al. Continuous oscillation: outcome in critically ill patients. *J Crit Care* 1995;10:97-103. [\[CrossRef\]](#)
34. Vollman KM. Introduction to progressive mobility. *Crit Care Nurse* 2010;30:3-5. [\[CrossRef\]](#)
35. Goodfellow LT, Jones M. Bronchial Hygiene therapy *Am J Nurs* 2002;102:37-43. [\[CrossRef\]](#)
36. Gosselink R. Physiotherapy in respiratory disease. *Breathe* 2006;31-9.
37. Hess D. The evidence for secretion clearance techniques. *Respir Care* 2001;46:1276-93.
38. Bradley JM, Moran FM, Elborn JS. Evidence for physical therapies in cystic fibrosis: An overview of five Cochrane systematic reviews. *Respir Med* 2006;100:191-201. [\[CrossRef\]](#)
39. Mccool FD, Rosen MJ. Non-pharmacologic airway clearance therapies ACCP evidence- based clinical practice guidelines. *Chest* 2006;129:250-9. [\[CrossRef\]](#)
40. Gallon A. Evaluation of chest percussion in the treatment of patients with copious sputum production. *Respir Med* 1991;85:45-51. [\[CrossRef\]](#)
41. van der Schans CP, Piers DA, Postma DS. Effect of manual percussion on tracheobronchial clearance in patients with chronic obstruction and exercise tracheobronchial-secretion. *Thorax* 1986;41:448-52. [\[CrossRef\]](#)
42. Rogers D, Doull IJM. Physiological principles of airway clearance techniques used in the physiotherapy management of cystic fibrosis. *Current pediatrics* 2005;15:233-8. [\[CrossRef\]](#)
43. Cystic Fibrosis Trust wccu. Clinical guidelines for the Physiotherapy Management of Cystic Fibrosis: www.cftrust.org.uk; Updated 2002. Accessed February 16, 2015.
44. Giles DR, Wagener JS, Accurso FJ, et al. Short-term effects of postural drainage with clapping versus autogenic drainage on oxygen saturation and sputum recovery in patients with cystic fibrosis. *Chest* 1995;108:952-4. [\[CrossRef\]](#)
45. Savci S, Inal-Ince D, Arıkan H. A comparison of autogenic drainage and the active cycle of breathing techniques in patients with chronic obstructive pulmonary diseases. *J Cardiopulm Rehabil* 2000;20:37-43. [\[CrossRef\]](#)
46. Fink JB. Positive pressure techniques for airway clearance. *Respir Care* 2002;47:786-96.
47. Darbee JC, Ohtake PJ, Grant BJ, et al. Physiologic evidence for the efficacy of positive expiratory pressure as an airway clearance technique in patients with cystic fibrosis. *Phys Ther* 2004;84:524-37.
48. Christensen EF, Nedergaard T, Dahl R. Long-term treatment of chronic bronchitis with expiratory pressure mask and chest physiotherapy. *Chest* 1990;97:645-50. [\[CrossRef\]](#)
49. Savcı S, Binli M, İnal-İnce D ve ark. Kistik fibrozisli hastalarda eşik pozitif ekspiratuvar basınç tedavisinin etkinliği. *Fizyoter Rehabil* 2005;16:67-73.
50. Chatburn RL. High-frequency assisted airway clearance. *Respir Care* 2007;52:1224-35.
51. Boitano LJ. Management of airway clearance in neuromuscular disease. *Resp Care* 2006;51:913-22.
52. Chatwin M, Simonds AK. The addition of mechanical insufflation/exsufflation shortens airway-clearance sessions in neuromuscular patients with chest infection. *Respir Care* 2009;54:1473-9.

53. Hodgson C, Carroll S, Denehy L. A survey of manual hyperinflation in Australian hospitals. *Aust J Physiother* 1999;5:185-93. [\[CrossRef\]](#)
54. Lindgren S, Almgren B, Hogman M, et al. Effectiveness and side effects of closed and open suctioning an experimental evaluation. *Intensive Care Med* 2004;30:1630-7. [\[CrossRef\]](#)
55. Ely EW, Baker AM, Dunagan DP, et al. Effect of the duration of mechanical ventilation of identifying patients capable of breathing spontaneously. *N Engl J Med* 1996;335:1864-69. [\[CrossRef\]](#)
56. Nava S, Gregoret C, Fanfulla F, et al. Noninvasive ventilation to prevent respiratory failure after extubation in high risk patients. *Crit Care Med* 2005;33:2464-70. [\[CrossRef\]](#)
57. Inal-Ince D, Savci S, Topeli A, et al. Active cycle of breathing techniques in noninvasive ventilation for acute hypercapnic respiratory failure. *Aust J Physiother* 2004;50:67-73. [\[CrossRef\]](#)
58. Moalla W, Gauthier R, Maingourd Y, et al. Six-minute walking test to assess exercise tolerance and cardiorespiratory responses during training program in children with congenital heart disease. *Int J Sports Med* 2005;26:756-62. [\[CrossRef\]](#)
59. Narang I, Pike S, Rosenthal M, et al. Three-minutes tep test to assess exercise capacity in children with cystic fibrosis with mild lung disease. *Pediatr Pulmonol* 2003;35:108-13. [\[CrossRef\]](#)
60. Rhodes J, Curran TJ, Camil L, et al. Sustained effects of cardiac rehabilitation in children with serious congenital heart disease. *Pediatrics* 2006;118:e586-93. [\[CrossRef\]](#)
61. Opocher F, Varnier M, Sanders SP, et al. Effects of aerobic exercise training in children after Fontan operation. *Am J Cardiol* 2005;95:150-2. [\[CrossRef\]](#)
62. Rhodes J, Curran TJ, Camil L, et al. Impact of cardiac rehabilitation on the exercise functions of children with serious congenital heart disease. *Pediatrics* 2005;116:1339-45. [\[CrossRef\]](#)
63. Miller TL, Horgan S, and Lipshultz SE. Exercise rehabilitation of pediatric patients with cardiovascular disease. *Progress in Pediatric Cardiology* 2005;20:27-37. [\[CrossRef\]](#)
64. Tikkanen AU, Oyaga AR, Riaño OA, et al. Pediatric cardiac rehabilitation in congenital heart disease: a systematic review. *Cardiol Young* 2012;22:241-50. [\[CrossRef\]](#)
65. Nikolic D, Petronic I, Cirovic D, et al. Rehabilitation protocols in children with corrected congenital heart defects due to presence of pulmonary complications. *Bratisl Lek Listy* 2008;109:483-5.
66. Singh TP, Curran TJ, Rhodes J. Cardiac rehabilitation improves heart rate recovery following peak exercise in children with repaired congenital heart disease. *Pediatr Cardiol* 2007;28:269-76. [\[CrossRef\]](#)
67. Brassard P, Poirier P, Martin J, et al. Impact of exercise training on muscle function and ergoreflex in Fontan patients: a pilot study. *Int J Cardiol* 2006;107:85-94. [\[CrossRef\]](#)