

Diyafragma Paralizisi ve Diyafragma Uyarımı (Pacing)

DIAPHRAGMATIC PARALYSIS AND PACING: REVIEW

Dr. Sedat GÜRKÖK,^a Dr. Onur GENÇ^a

^aGöğüs Cerrahisi AD, GATA, ANKARA

Özet

C3-4-5 servikal motor nöronlardan köken alan frenik sinir tarafından inerve edilen diyafragma en önemli solunum kasıdır. Diyafragma paralizisi her iki tarafı tutabildiği gibi tek taraflı da olabilir.

Tek taraflı diyafragma paralizisi olan hastalar genellikle asemptomatiktir ve tedavi gerektirmez. Altta yatan akciğer hastalığından veya eksersizden bağımsız dispnesi olan hastalarda diyafragma plikasyonu uygulanabilir.

İki taraflı paralizide tedavi etiyoloji ve paralizinin ağırlığına bağlıdır. Frenik sinirin elektriksel stimülasyon ile diyafragma uyarımı solunum yetmezliğinin belirli formlarında tedavi seçeneği olabilir. Bu işlem implante edilmiş bir elektrot, alıcı ve eksternal bir transmitter ile uygulanmaktadır. Diyafragma uyarımı için temel endikasyonlar, yüksek servikal spinal kord yaralanması bulunan ventilatör bağımlı hastalar ve santral alveoler hipoventilasyonu olan hasta grubudur.

Bu makalede, diyafragma paralizisi olan hastalar incelenerek tedavi seçenekleri gözden geçirilmiştir. Diyafragma uyarımı için aday olan hastalar ve cerrahi işlemin uygulanışı anlatılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Diyafragma paralizi, elektriksel stimülasyon

Türkiye Klinikleri J Med Sci 2005, 25:111-117

Abstract

One of the most essential respiratory muscles is the diaphragm, which is innervated by cervical motor neurons C3-4-5 via the phrenic nerve. Diaphragmatic paralysis can involve either the entire diaphragm (bilateral) or only one leaflet (unilateral).

Most patients with unilateral diaphragmatic paralysis are asymptomatic and do not require treatment. Diaphragmatic plication can be considered in patients with dyspnea disproportionate to the degree of physical activity or severity of lung disease.

Treatment depends on the etiology and severity of paralysis in bilateral paralysis. Diaphragmatic pacing by electrical stimulation of the phrenic nerve facilitates treatment of selected forms of respiratory failure. This procedure involves the placement of an electrode and a receiver with an external transmitter. Indications for diaphragmatic pacing are ventilator-dependent patients with high cervical cord injury, and those with central alveolar hypoventilation.

We review examples of such patients with diaphragmatic paralysis and discuss treatment options. We outline the prerequisites for diaphragm pacing and procedures of surgical implantation.

Key Words: Diaphragmatic paralysis, electrical stimulation

Diyafragma anatomik olarak göğüs ve batin boşluklarını ayıran ve fizyolojik olarak da solunum mekaniğinde çok önemli rolü olan bir organdır. Frenik sinir C3-4-5 sinir köklerinden köken alır ve aynı taraf diyafragmanın inervasyonunu sağlar.¹

Erişkinlerde tek taraflı diyafragma paralizisi genellikle, solunum sıkıntısına yol açmamaktadır.

Klinik olarak, göğüs ağrısı ve non-produktif öksürükten yakınırılsa da ciddi bir solunum sıkıntısı görülmez. Hasta yarı oturur pozisyonda ya da paralize olmuş hemidiyafragma altta kalacak şekilde yan yattığında rahat uyuyabilir. Çift taraflı diyafragma paralizisinde bile yetişkinler yardımcı solunum kaslarının sayesinde bu durumu tolere edebilirler, ancak yatar pozisyonda veya egzersiz anında vital kapasitede belirgin bir azalma ile klinik belirtiler ortaya çıkar.¹⁻³

Etiyoloji

Diyafragma paralizisi tek taraflı ya da çift taraflı olabilir. Bebeklerde görülen tek taraflı diyafragma paralizisinin en sık nedeni kalp ameli-

Geliş Tarihi/Received: 27.05.2004

Kabul Tarihi/Accepted: 13.10.2004

Yazışma Adresi/Correspondence: Dr. Sedat GÜRKÖK

GATA Göğüs Cerrahisi AD
06018, Etlik, ANKARA
sgurkok@gata.edu.tr

Copyright © 2005 by Türkiye Klinikleri

Tablo 1. Diyafragma paralizisi etiyolojisi.

Diyafragma Paralizi Nedenleri	
Tek taraflı diyafragma paralizisi nedenleri	Çift taraflı diyafragma paralizisi nedenleri
1. Kardiyak cerrahi girişimler	1. Sinire tümör basısı
2. Sinire tümör basısı	2. Frenik sinir komşuluğundaki lezyonlar
3. Frenik sinir komşuluğundaki lezyonlar	a. Pnömoni
a. Pnömoni	b. Plörezi
b. Plörezi	c. Aort anevrizması
c. Aort anevrizması	d. Substernal guatr
d. Substernal guatr	e. Ampiyem
e. Ampiyem	f. Mezotelyoma
f. Mezotelyoma	3. Torasik veya servikal spinal cerrahi
4. Travma	4. Künt toraks travması
5. Servikal spondilozis	5. Multibl skleroz
6. Herpes Zoster	6. Periferik nöropati
7. DM	7. Muskuler distrofi
8. Vaskülit	8. Miyopati
9. Nörofibromatozis	9. Servikal spondilozis
10. Viral enfeksiyonlar	10. Herpes Zoster
11. İdiyopatik	11. DM
12. İyatrojenik	12. Vaskülit
	13. Nörofibromatozis
	14. Viral enfeksiyonlar
	15. İdiyopatik

DM: Diabetes mellitus.

yatları sırasında frenik sinir zedelenmesidir. Stone ve ark. tek taraflı diyafragma paralizisi insidansını %0.3 olarak bildirirken, Watanabe ve ark. kalp ameliyatı sonrası çift taraflı diyafragma paralizisi olan bir olguyu bildirmişlerdir.^{4,5} Diğer etiyolojik nedenler, doğum travması ve mediastinal cerrahidir. Erişkinlerde de etiyolojide ilk sırayı kardiyak girişimler (özellikle ezilmiş buz parçaları ile topikal hipotermi yapılan olgular) almaktadır.¹ Dajee ve ark. yaptıkları bir çalışmada kardiyak girişimler sonrası frenik sinir paralizisi gelişme oranını %9.6 olarak bildirmişlerdir.⁶ Primer akciğer kanseri, invaziv timoma, malign germ hücreli timoma ve non Hodgkin lenfoma nedeniyle frenik sinir invazyonu paralizinin diğer sık görülen nedenleri arasında sayılabilir.¹ Bununla birlikte, servikal ve torasik cerrahi girişimler, mediyastinotomi, juguler veya subklaviyen venöz kateter uygulaması gibi iyatrojenik nedenler, medulla spinalisin yüksek servikal yaralanması ve viral enfeksiyonlar frenik sinir paralizisine yol açabilmektedir.^{1-3,7} Hassoun ve Celli, 36 yaşındaki bir olguda frenik sinir köklerinin nörofibromlarla tutulması nedeniyle çift taraflı diyafragma paralizisi

geliştiğini bildirmişlerdir.⁸ De Vito radyoterapi sonrası diyafragma paralizisi gelişen bir olgu bildirmiştir.⁹ Yetişkinlerde viral enfeksiyona bağlı tek taraflı veya çift taraflı diyafragma paralizisi görülebilir.^{10,11} Tek taraflı ve çift taraflı frenik sinir paralizisine neden olan faktörler Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tanı

C3-4-5 sinir köklerinden çıkan ve diyafragmanın inervasyonunu sağlayan frenik sinir normal solunumda diyafragma hareketlerinin koordinasyonunu sağlar. Frenik sinirde oluşan hasar veya iletim bozukluğu (diğer nedenlere bağlı) sonucu diyafragma uyarılamaz ve normal solunumdaki hareketini yapamaz. Bu durumda paralizisi olan hemidiyafragmanın paradoksal hareketi gözlemlenir.

Yetişkinler tek taraflı veya çift taraflı diyafragma paralizisini tolere edebilirken bebekler ve küçük çocuklar tek taraflı paralizide bile mekanik ventilasyon desteği gerektiren ciddi solunum sıkıntısı yaşayabilirler.¹⁻³

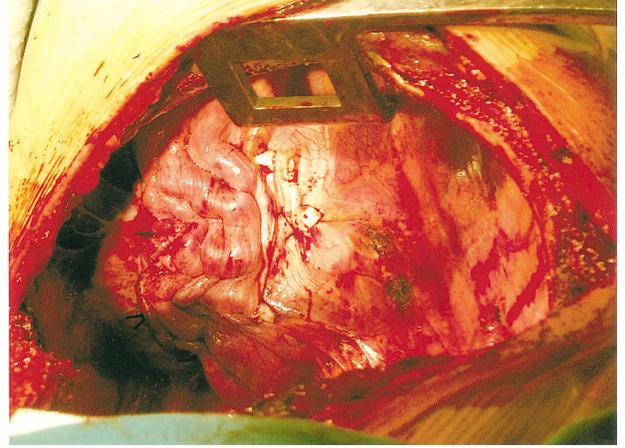
Tek taraflı paralizili bebek ve çocukların fizik muayenesinde; alt kostalarda paradoksal solunum hareketi, paralizi olan tarafın üste gelecek şekilde yatırıldığında, karın üst bölümü ve subkostal alanda paradoksal hareket geliştiği gözlemlenebilir.^{12,13} Diyafragma paralizi şüphesi bulunan hastalara ilk yapılması gereken basit test, direk ve yan akciğer grafisidir. Akciğer grafisinde, bir taraf hemidiyafragmanın yukarı seviyeli olması, aynı tarafta bazal atelektazilerin varlığı, tanıyı güçlendirir. Paralizi tanısını koyabilmek için en iyi test floroskopi ile diyafragmanın paradoksal hareketinin gözlenmesidir. Paralitik diyafragmadaki bu paradoksal hareket koklama testi ile belirlenir.

Moorty ve ark. mekanik ventilasyon desteği gereken hastalarda frenik sinirin elektrofizyolojik olarak araştırılmasının ve diyafragma paralizisinin ortaya konması gerekliliğini bildirmiştir.¹⁴ Tek taraflı diyafragma paralizisi tanısında diyafragmatik EMG testi yardımcı olabilir. Bu test için özofageal elektrotlar kullanılır, ancak çift taraflı paralizide güvenilirliği düşüktür. Ayakta ve yatar pozisyonda ölçülen solunum fonksiyon testi, arteriyel kan gazı ölçümü gibi testler gelişen fizyopatolojik durum hakkında bilgi verir.

Ayrırcı tanıda ilk akla gelmesi gereken patoloji diyafragmatik hernilerdir. Ayrırcı tanıda toraks bilgisayarlı tomografisi, baryumlu özofagus mide grafileri kullanılabilir.

Tedavi

Tek taraflı veya çift taraflı diyafragma paralizisi erişkinlerde asemptomatik olabilir, ancak bebek ve küçük çocuklarda solunum desteği gerekebilecek ciddi solunum sıkıntısı oluşturabilir. Özellikle çift taraflı diyafragma paralizisi olan bebekler mekanik ventilasyon desteği olmadan yaşamlarını sürdüremezler. Bebek ve küçük çocuklarda ilk tedavi, devamlı pozitif hava yolu basınçlı mekanik ventilasyondur. Hastaya paralitik taraf altta kalacak şekilde pozisyon verilmelidir. Mekanik ventilasyon uygulamasının 2 haftadan fazla sürmesi gerekiyorsa diyafragmatik plikasyon uygulaması gerekli olabilir.¹⁵ Diyafragma plikasyonunun amacı, paralitik hemidiyafragmanın paradoksal hareketini engellemek (inspirasyon sırasında hareketli mediasten



Resim 1. Diyafragma plikasyonu uygulaması.

karşıya kaymasına yol açan) ve aynı taraf toraks boşluğunda kompliyans oluşturmaktır.

Tek taraflı diyafragma paralizisinde erişkinlerde ve 2 yaş üzeri çocuklarda çoğunlukla konservatif tedavi tercih edilir. Graham ve ark. Diyafragma plikasyonu uygulanan 17 hasta üzerinde yaptıkları çalışmada uzun dönem takiplerinde akciğer fonksiyonlarında objektif düzelme gördüklerini bildirmişlerdir.¹⁶ Simansky ve ark. diyafragmatik plikasyon uyguladıkları bebekler ve erişkinler üzerinde yaptıkları karşılaştırmalı çalışmalarında; mekanik ventilasyon gerektiren bebek hastalarda plikasyonun etkili olduğunu ve hastaları uzamış mekanik ventilasyonun getireceği ciddi komplikasyonlardan koruduğunu iddia etmişlerdir.¹⁷

Biz kendi kliniğimizde bu tür hastalarda transtorasik diyafragma plikasyonu uyguluyoruz. Bizim tekniğimizde diyafragma kas tabakasını gerginleştirmek amacıyla medialden laterale, posteriorndan anteriora olacak şekilde pledgitlerle desteklenmiş nonabsorbabl 4 veya 5 adet U sütür kullanılmaktadır (Resim 1). Hastaların yakınmalarındaki düzelmenin yanı sıra preoperatif ve postoperatif dispne skorlarının ve solunum fonksiyonlarının karşılaştırılmasında %10 ile 40 arasında objektif bir iyileşme saptanmıştır.

Travma sonrası veya operasyon sırasında tek taraflı frenik sinir kesilmesinde direk tamir denebilir. Brouillette ve ark. kesilmiş bir frenik siniri

başarı ile onardıkları, fakat mediastinal lezyonun çıkartılması sırasında bilateral frenik sinir kesisi olan bir hastada sinir grefti interpozisyonunda başarılı olamadıklarını bildirmiştir.¹⁸

Klinik tablonun daha ağır olduğu çift taraflı diyafragma paralizisi tedavisinde uzun süreli mekanik solunum desteği veya pacing gibi daha ileri tedavi seçenekleri gündeme gelmektedir.

Diyafragma Pacing

Diyafragmanın kasılmasını sağlamak ve paradoksal hareketi ortadan kaldırmak için frenik sinirin elektrik uyarımı ilk kez 1777 yılında Carvello tarafından ileri sürülmüştür. Carvello kardiyopulmoner canlandırmada frenik sinir uyarımının faydalı olacağını belirtmiştir.¹ 1818 yılında Üre bir idam mahkumunda infazdan hemen sonra frenik sinirin elektriksel uyarımının yapılabileceğini göstermiştir. Duchenne ve Boulogne 1849'da kolera salgınında görülen asfiksilerde kardiyopulmoner canlandırmada diyafragma pacing kullanmışlardır. Sanroff 1948 yılında solunum yetmezliği olan hastalarda bu yöntemi kullanmıştır. Glenn ve ark. 1972'de kuadriplejik bir hastada pacing uygulamışlardır. Pacing 1980'li yıllarda önceleri düşük frekanslı, sonraki yıllarda yüksek frekanslı olarak uygulanmıştır. Günümüzde diyafragma pacing ile solunum desteği sağlanan ve halen hayatta bulunan 1000 civarında hasta olduğu bildirilmektedir.¹⁻³

Endikasyonlar

Diyafragmatik pacing uygulaması için iki temel endikasyon bulunmaktadır. Santral alveoler hipoventilasyon ve medulla spinalisin yüksek servikal düzeyde yaralanması diyafragmatik pacing uygulaması için kesin endikasyonlardır.¹ Bunun yanında ender olarak hipoksik kronik obstrüktif akciğer hastalığının son evresinde ve inatçı hıçkırıkta da pacing uygulanabilir.¹⁹

Travmatik ve iyatrojenik yaralanmalar, tümörler, nörojenik sendromlar gibi frenik sinirde fonksiyon bozukluğunun olduğu ya da myastenia gravis, kas distrofileri, akciğer parankiminin primer hastalıkları ve obstrüktif uyku apne sendromları gibi solunum kaslarının işlevsel bo-

zukluklarının bulunduğu durumlarda diyafragmatik pacing uygulamasının faydası yoktur.

Santral uyku apnesi ile obstrüktif uyku apnesi çok sık karıştırılan ve terminolojide hata yapılan iki ayrı kavramdır. Obstrüktif uyku apnesinde inspirasyon esnasında üst solunum yollarında varolan obstrüksiyon ventilasyona engel olur. Bu tabloda solunum mekanikleri ve solunum kaslarının aktivitesi normaldir. Obstrüktif apnenin nedeni farinks tümörleri, farinksin anormal morfolojisi, uyku esnasında farinks kaslarının aşırı gevşemesi ya da şişmanlık olabilir. Obstrüktif uyku apnesinde diyafragma pacing uygulamasının yeri yoktur.^{1,7}

Santral uyku apnesinde solunum mekanikleri ve solunum kas aktivitesinde yetmezlik vardır. Bunun sebebi enfeksiyon, travma veya iyatrojenik yaralanmalar olabilir. Solunum kontrol merkezi olan medulla oblongatada solunum feedback mekanizması olan hipoksi ve hiperkarbiye yanıt azalmıştır. Medullada bulunan hipoksiye ve hiperkarbiye duyarlı kemoreseptörlerin değişik nedenlere bağlı olarak duyarlılığını yitirmeleri sonucu ventilasyon kontrolü bozulur. Hastaların çoğu uyanık oldukları gündüz saatlerinde solunum işini yardımcı solunum kasları ve vücut pozisyonunu ayarlayarak tolere ederler. Gün içinde istemli solunuma katılım giderek azalır, hipoksi ve hiperkarbiye yanıt eşiği yükselir, ancak uyanık durumda istemli kompensasyon mekanizması devreye girer. Uyku dönemlerinde bu kompensasyon mekanizmaları ortadan kaybolacağı için uyku apnesi gözlenir. Dolayısıyla santral hipoventilasyon terimi uyku apnesini daha iyi tanımlamaktadır. Bu hastalarda zaman içinde hipoksik vazokonstriksiyon nedeni ile pulmoner hipertansiyon gelişir ve sağ kalp yetmezliği ile sonuçlanır. Santral alveoler hipoventilasyonun karakteristik özelliği, gün boyu hafif hiperkarbi, geceleri şiddetli hipoventilasyondur. Diyafragmatik pacing için en ideal klinik tablo budur.^{1-3,7}

Frenik sinir motor nöronlarının bulunduğu C3-4-5 düzeyinin altında meydana gelen spinal kord yaralanmaları kuadriplejiye yol açsa da solunumu bozmaz. Frenik sinirin motor nöronları hasara uğradığında diyafragmanın kasılması için gerekli motor ileti sekteye uğrar ve solunum mekaniği bozulur. C3

seviyesinin üzerinde olan spinal kord yaralanmalarında frenik sinir motor iletişi zarar görmez ancak solunum kontrol merkezinden medulla spinalise giden yolu bozarak solunumu olumsuz yönde etkiler veya solunum tamamen durur.¹

Genel olarak yüksek seviyeli kuadriplejide his kusuru olmayıp sadece deltoid adalesinin klavikuler parçası altında motor fonksiyon kaybı mevcuttur. Yüksek seviyeli kuadriplejiler motorlu araç kazaları, ateşli silah yaralanmaları ve düşme sonucu veya ender olarak iyatrojenik yaralanmalarda görülür.¹ Bu nedenlerin yanı sıra gelişim anomalileri, vasküler anomaliler ve tansvers myelitte de kuadripleji görülebilir. Yüksek kuadriplejili hastalarda diyafragma paralizisi varsa ve frenik sinir sağlam ise diyafragma pacing yararlı olur.^{1,7}

Hasta Seçimi

Diyafragmatik pacing uygulamasında uygun hasta seçimi çok önemlidir ve dikkat edilecek konular şunlardır.

1. Frenik sinir: Sağlıklı ve etkin bir pacing için en önemli basamak budur. Shaw ve ark. frenik sinirin iletimini değerlendirmek için EMG yöntemini önermişlerdir.²⁰ Bu yöntemde frenik sinirin boyun bölgesinde geçiş trasesine uygun bir yerden elektrot ile akım vererek diyaframadaki kasılma saptanır. Sonuçta kullanılan yöntem pacing tekniği ile hemen hemen aynı mantıkta olduğu için, pacing öncesi uygulanması gereken en önemli testtir. Diyafragmada meydana gelecek kasılma floroskopi ile daha rahat tespit edilebilir. Bu yöntemin yanında Similowski ve ark. frenik sinir ileti zamanının servikal manyetik uyarı ile değerlendirilebildiğini belirtmişlerdir.²¹

2. Diyafragma kası: Solunum mekaniğinin temel kası olan diyafragma solunum işinin %60-70'ini üstlenen önemli bir organdır. Pacing uygulamasındaki temel özellik diyafragmada uygun kasılmalar oluşturmak ve solunumu dengelemektir. Diyafragmada primer kas hastalığı veya anatomik bir bozukluk varlığında pacing uygulansa bile sağlıklı bir kasılma oluşturulamaz ve solunuma katkısı olmaz. Bunun için diyafragma kasının normal olması gereklidir.

3. Hava yolu: Üst solunum yolları açık olmalıdır. Trakeal aspirasyon için gerekirse kalıcı trakeotomi açılmalıdır.

4. Akciğer kapasitesi: Pacing uygulandığında normal ventilasyon ve perfüzyon sağlayacak akciğer dokusunun varlığı gereklidir. Akciğerde olan restriktif veya obstrüktif bozukluklarda hipoksi ve hiperkarbide düzelme görülmez. Akciğer kapasitesi normal veya normale yakın olmalıdır. Göğüs şekil bozuklukları olmamalıdır. Akciğer kapasitesini anlamak için solunum fonksiyon testi yapılmalıdır. Daha ileri tetkik olarak ventilasyon sintigrafisi yapılabilir.

5. Eğitim ve psikolojik destek: Pacing uygulaması uzun ve zahmetli bir süreç gerektirir. Hastanın yöneme ve cihaza uyumu çok önemlidir. Hastanın bakımından birinci öncelikle sorumlu olacak ailesi veya eşinin de eğitimden geçmesi gereklidir. Uygulama sırasında ve devamında gelişebilecek komplikasyonlar hakkında bilgi verilmeli ve hasta psikolojik olarak hazırlanmalıdır. Hastaya cihaz hakkında bilgi verilmeli ve uyumu sağlanmalıdır.

Pacing Uygulaması

Diyafragmatik pacing, frenik sinirlerin elektriksel uyarımlar verilerek solunum yardımı sağlamak amacı ile diyafragmada kontraksiyonlar oluşturulmasıdır. Diyafragmada etkili kasılma sağlayabilmek için ardi ardına uyarılar gereklidir. Aralıklı uyarılar uzun dönemde histolojik ve biyokimyasal değişikliklere yol açar. Diyafragmanın vasküler beslenmesi ve mitokondriyal kapasite artar. Bu değişiklikler kas liflerinin glikolitik durumdan oksidatif duruma geçmelerine neden olur.¹⁻³

Pacing uygulaması iki farklı teknikte uygulanabilir. Radyofrekans yöntemi ve direk uyarım yöntemidir. Direk uyarım yönteminde pacing cihazı vücut içerisine implante edilir. Bu yöntemin dezavantajı cihazın tamamen vücut içinde olması, parametrelerin bir kez ayarlanması ve ikinci müdahale şansı olmamasıdır. Ayrıca pilin ömrü sınırlıdır. Radyofrekans yönteminde cihazın ana ünitesi ve pil vücut dışında olduğu için parametrelere müdahale edilebildiği gibi pilin değiştirilme şansı

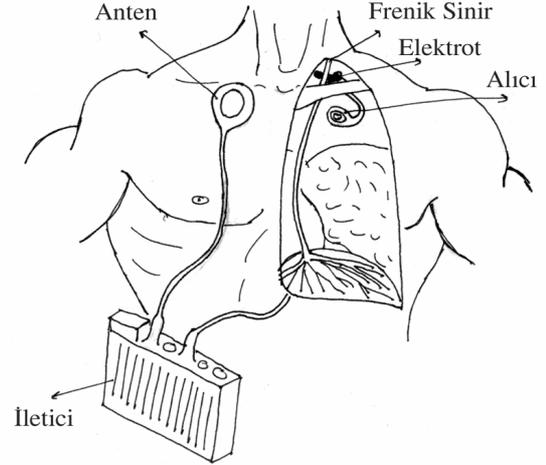
vardır. En sık kullanılan yöntem radyofrekans yöntemidir.^{1-3,7}

Bu yöntemde kullanılan cihaz; elektrot, alıcı, anten ve iletici ünitelerinden oluşur. Elektrot ve alıcı vücut içinde anten ve iletici vücut dışındadır.

Teknik

Operasyonda esas olan elektrodun doğru ve uygun yerleştirilmesidir. Frenik sinire ulaşmak için sternokleidomastoid kası medial kenarı boyunca cilt insizyonu uygulanır ve juguler ven etrafında sinir izole edilir aynı işlem ikinci interkostal aralık parasternal alandan yapılan insizyonla da yapılabilir. Frenik sinir izole edildikten sonra sinirin altından elektrot geçirilir ve sinire zarar verilmeden tespiti yapılır. Alıcı göğüs ön duvarında cilt altına açılan bir cep içine yerleştirilir. Alıcının ve elektrotların oynamaması gereklidir. İletiyi alıcıya iletecek olan anten cilt üzerine alıcıyı direk görecektir şekilde cilt üzerine tespit edilmelidir. Cilt kapatılmadan önce tüm sistem fonksiyonlarının çalışıp çalışmadığı hasta uyandırılmadan denenmelidir. Diyafragma uyarımı için kullanılan iletici jeneratör masa modeli radyo büyüklüğünde olabildiği gibi walkman büyüklüğünde taşınabilir özellikte olabilir. Diyafragmatik pacing tek taraflı yapılabildiği gibi çift taraflıda yapılabilir. Çift taraflı uygulama aynı seansla yapılabildiği gibi 2 hafta ara ile ayrı seanslarda da yapılabilir (Şekil 1).

İnspirasyon süresi 1.3 sn, uyarı aralığı 150 msn, olarak ayarlanır. Solunum hızı her hasta için ayrı belirlenir. Yetişkinlerde çift taraflı uyarım için dk.da 6-10 soluk yeterlidir. Tek taraflı uyarım dk.da 12-14 soluk gibi daha yüksek hızları gerektirir. Santral alveoler hipoventilasyonlu olgularda tek taraflı uyarı yeterli olabilir ancak çift taraflı düşük frekanslı pacing uygulanması gerektiğini önerenler vardır.¹ Pacing uygulamadan önce diyafragmada atrofi gelişmiş olduğundan atrofinin giderilebilmesi ve aralıklı ardışık uyarana yanıt verebilmesi zaman alacaktır. Bu adaptasyon süresi uzun olabilir. Hastanın toleransına bağlı olarak uyarı periyodları 7-14 günde bir değiştirilir. Diyafragmada yorgunluk gelişmesini önlemek ve



Şekil 1. Diyafragma pacing uygulaması.

daha uzun uyarı periyodu sağlamak için aralıklı ardışık uyarı sıklığı giderek azaltılır. Solunum sayısı da yeterli ventilasyon sağlanabilecek sayıya indirilir. Oturur pozisyonda yeterli solunumun devam ettirilmesi için kuadriplejik hastalara rahat bir karın desteği yapılır ve solunum sayısı dk.da bir kez olmak üzere artırılır.¹

Avantajları

Diyafragma pacing uygulamasının avantajları şunlardır.

1. Hasta ventilatörden kurtulabilir. Kuadriplejik hastalarda mobilizasyonu arttırmaktadır.
2. Santral alveoler hipoventilasyon olan hastalar pacing uygulaması sonrası normal yaşamını sürdürebilir.
3. Pacing uygulamasında trakeotomi tüpü trakea butonu ile değiştirilir, böylece normal konuşma mümkün olur.
4. Uzun dönem entübasyon ve trakeotomi komplikasyonlarından korunma sağlar.
5. Mekanik ventilatöre bağlı ciddi komplikasyonlardan kaçınılır.
6. Mekanik ventilasyondan farklı olarak fizyolojik negatif basınçlı ventilasyon olanağı sağlanabilmektedir.
7. Mekanik ventilatöre göre daha uzun yaşam süresi sağlanabilmektedir.

Sonuçlar

Glenn ve ark. diyafragma pacing uyguladıkları 477 olgunun 165'inde başarılı takip uyguladıklarını, olguların %47'sinde tam, %35'inde kısmi başarı sağladıklarını, %17'sinde ise başarısız olduklarını, bu olguların %27'sinde sürekli, %61'inde ise kısmi uyaran uyguladıklarını belirtmişlerdir.²²

Garrido-Garcia ve ark. kronik solunum yetmezliği nedeni ile diyafragmatik pacing uyguladıkları 22 olgudan sadece ikisinde başarısız olduklarını bildirmişlerdir.²³ Krieger ve Krieger aşağı motor nöronları hasara uğramış altı hastada 4. interkostal sinir ile frenik sinir arasında anastomoz yaparak pacing uygulamışlar ve başarılı olduklarını bildirmişlerdir.²⁴

KAYNAKLAR

- Shields TW. Diaphragmatic function, diaphragmatic paralysis and evantration of the diaphragm. In: Shields TW, Lo Cicero III J, Ponn RB, eds. *General Thoracic Surgery*. 4th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 1994. p.607-27.
- Demircan S. Diafragma uyarımı. In: Ökten İ, Güngör A, eds. *Göğüs Cerrahisi*. Ankara: Sim Matbaacılık; 2003. p.783-8.
- Yüksel M, Kalaycı G. Diyafragma. In: Yüksel M, Kalaycı G, eds. *Göğüs Cerrahisi*. İstanbul: Bilmedya; 2001. p.747-71.
- Stone KS, Brown JW, Canal DF, King H. Long-term fate of the diaphragm surgically plicated during infancy and early childhood. *Ann Thorac Surg* 1987;44(1):62-5.
- Watanabe Y, Kumon K, Yahagi N, Imanaka H, Takeuchi M. A case of central sleep-apnea syndrome accompanied by bilateral paralysis of the diaphragma after pediatric cardiac surgery. *Masui* 1998;47(6):714-9.
- Dajee A, Pellegrini J, Cooper G, Karlson K. Phrenic nerve palsy after topical cardiac hypothermia. *Int Surg* 1983;68:345-8.
- Garcia-Morato J, De Vito EL. Diaphragmatic pacing in neuromuscular respiratory failure. *Clin Pulm Med* 2004;11:25-32.
- Hassoun PM, Celli BR. Bilateral diaphragm paralysis secondary to central von Recklinghausen's disease. *Chest* 2000;117:1196-200.
- De Vito EL, Quadrelli SA, Montiel GC, Roncoroni AJ. Bilateral diaphragmatic paralysis after mediastinal radiotherapy. *Respiration* 1996;63:187-90.
- Camfferman F, Bogaard JM, Van der Meche FG, Hilvering C. Idiopathic bilateral diaphragmatic paralysis. *Eur J Respir Dis* 1985;67:65-71.
- Celli BR, Rassulo J, Corral R. Ventilatory muscle dysfunction in patients with bilateral idiopathic diaphragmatic paralysis: Reversal by intermittent external negative pressure ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1987;136:1276-8.
- Hagan R, Bryan AC, Bryan MH, Gulston G. Neonatal chest wall afferents and regulation of respiration. *J Appl Physiol* 1977;42:362-7.
- Robotham JL. A physiological approach to hemidiaphragm paralysis. *Crit Care Med* 1979;7:563-6.
- Moorthy SS, Markand ON, Mahomed Y, Brown JW. Electrophysiologic evaluation of phrenic nerves in severe respiratory insufficiency requiring mechanical ventilation. *Chest* 1985;88:211-4.
- Shoemaker R, Palmer G, Brown JW, King H. Aggressive treatment of acquired phrenic nerve paralysis in infants and small children. *Ann Thorac Surg* 1981;32:250-9.
- Graham DR, Kaplan D, Evans CC, Hind CR, Donnelly RJ. Diaphragmatic plication for unilateral diaphragmatic paralysis: A 10 year experience. *Ann Thorac Surg* 1990;49:248-51.
- Simansky DA, Paley M, Refaely Y, Yellin A. Diaphragm plication following phrenic nerve injury: A comparison of paediatric and adult patients. *Thorax* 2002;57(7):613-6.
- Brouillette RT, Hahn YS, Noah ZL, Ilbawi MN, Wessel HU. Successful reinnervation of the diaphragm after phrenic nerve transection. *J Pediatr Surg* 1986;21:63-5.
- Glenn WW, Gee JB, Schachter EN. Diaphragm pacing. Application to a patient with chronic obstructive pulmonary disease. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1978;75:273-81.
- Shaw RK, Glenn WW, Hogan JF, Phelps ML. Electrophysiological evaluation of phrenic nerve function in candidates for diaphragm pacing. *J Neurosurg* 1980;53:345-54.
- Similowski T, Mehiri S, Duguet A, Attali V, Straus C, Derenne JP. Comparison of magnetic and electrical phrenic nerve stimulation in assessment of phrenic nerve conduction time. *J Appl Physiol* 1997;82:1190-9.
- Glenn WW, Brouillette RT, Dentz B, et al. Fundamental considerations in pacing of the diaphragm for chronic ventilatory insufficiency: A multicenter study. *Pacing Clin Electrophysiol* 1988;11:2121-7.
- Garrido-Garcia H, Mazaira-Alvarez J, Martin-Escribano P, et al. Treatment of chronic ventilatory failure using a diaphragmatic pacemaker. *Spinal Cord* 1998;36:31-4.
- Krieger LM, Krieger AJ. The intercostal to phrenic nerve transfer: An effective means of reanimating the diaphragm in patients with high cervical spine injury. *Plast Reconstr Surg* 2000;105:1255-61.