

# DİYAFRAM PİL UYGULAMALARI VE ÖNERİLER

## DIAPHRAGMATIC BATTERY APPLICATIONS AND RECOMMENDATIONS

**Aydın Şanlı**

Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi, Göğüs Cerrahisi Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye

**e-mail:** aydin.sanli@deu.edu.tr

doi:10.5152/tcb.2013.42

### Özet

Diyaframa pil uygulaması, kronik solunum yetmezliği olan ya da mekanik ventilatöre bağlı amyotrofik lateral skleroz, santral alveoler hipoventilasyon ve spinal kord yaralanması olan hastalarda uygulanmaktadır. Bu uygulamada iki temel yol vardır. Frenik sinirin kendisi ya da diyafram kasının motor noktalarının uyarılması ile elektriksel stimülasyon uygulanır. Frenik sinirin direkt uygulaması toraks yolu ile gerçekleştirilirken, diyaframın uyarılması ise laparoskopik olarak yapılır. Bu yazıda her iki uygulama ve onlara dair avantaj ve dezavantajlar ile uygulama esasları tartışılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Diyafram, pil, pace uygulaması

### Abstract

A diaphragmatic pacemaker system is applied to patients with amyotrophic lateral sclerosis associated with chronic respiratory failure, central alveolar hypoventilation and spinal cord injury. There exist two main application principles: directly, or by the stimulation of the phrenic nerve. Electrical stimulation of the diaphragm occurs via muscle motor neurons. Direct stimulation of the phrenic nerve is performed via the thorax, while diaphragm stimulation is done laparoscopically. In this article, the advantages and disadvantages of these two principles and practices are discussed.

**Key words:** Diaphragm, battery, pacing

## GİRİŞ

Solunum sisteminin en önemli dinamik organı olan diyaframın değişik nedenlerle işlevsiz kalması sonucu oluşan kronik solunum yetmezliği (KSY) ve buna bağlı ventilatöre bağımlılık; hastayı, hekimleri ve hasta yakınlarını ilgilendiren ciddi bir klinik durumdur. Yaklaşık 70 yıldır bilim insanları bu konu ile ilgilenmişler ve elektriksel uyarı ile sinir stimülasyonu üzerine çalışmışlardır. Özellikle 1960'lı yıllardan sonra gelişen biyomedikal mühendislik bilimi sayesinde oldukça faydalı cihazlar geliştirilmiştir (1).

## TARİHÇE

1940'lı yıllarda Sarnoff ilk kez polio sekelli hastalarda kaslara elektrik vermek suretiyle çalışmalar yapmıştır. 1960'lı yıllarda ise frenik sinir stimülasyonu (FSS) araştırmaları başlamış ve radyofrekans (RF) sistemlerinin uyarı iletiminde kullanılması ile 1988 yılında Glenn tarafından RF-FSS kombinasyonlu cihazlar geliştirilmiştir. 1990'lı yıllarda gözlenen bazı çekinceler

ve amyotrofik lateral skleroz (ALS) hastalığında mevcut FSS sistemlerinin yetersiz kalması sonucu direkt olarak diyaframın uyarıldığı ve frenik siniri kullanmayan sistemler geliştirilmeye başlanmış ve Onders ve arkadaşlarınınca 2000 yılında diyafram pil stimülasyon sistemi (DPSS) kullanılmaya başlanmıştır (2).

## SOLUNUM ANATOMİSİ, FİZYOPATOLOJİSİ VE DİYAFRAM

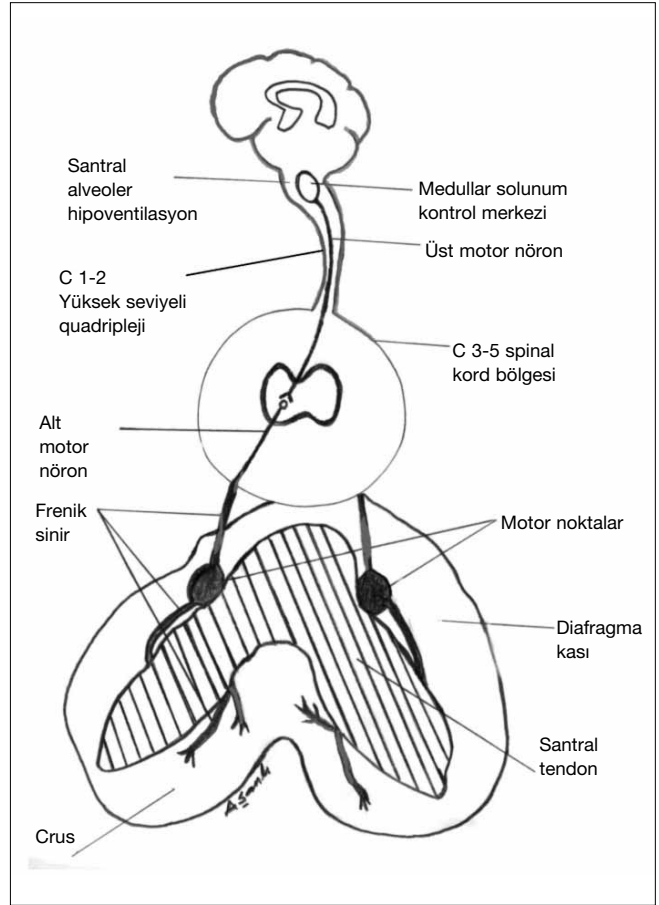
Solunum kaslarının innervasyonu ve kordinasyonu; beyindeki solunum merkezinden üst motor nöronlar yolu ile servikal ve torasik spinal kordlara, oradan da alt motor nöron olan frenik sinirle diyaframa ve yardımcı solunum kaslarına sinir iletimi sayesinde olur. Diyafragma tek başına vital kapasitenin % 65'inden sorumludur ve C3-4-5'den innerve edilir. Yardımcı solunum kasları ise skalen kaslar C3-8, pectoralis major ise C5-T 1'den innerve edilir. Diafragmada iki tür kas lifi vardır. Tip I kas lifleri düşük frekansta güçlü kasılan kas lifleridir ve sağlıklı diyafragmada bulunurlar. Tip II kas lifleri ise yüksek frekansta, zayıf kasılan liflerdir,

ALS hastalarında ve uzun süre mekanik ventilasyonda (MV) kalan hastalarda bulunur. Diyafragma yetmezliğinin en önemli sebepleri; santral alveoler hipoventilasyon (SAH), spinal kord hasarları (SCI), alt ve üst motor nöron hastalıkları ve frenik sinir yaralanmalarıdır. Böyle bir durumda pozitif basınçlı ventilatöre bağımlılık, FSS veya DPSS ile solunum işlevi yerine getirilerek yaşam sağlanabilmektedir. ALS hastalarında FSS sisteminin yetersiz kalmasının sebebi ise ALS'nin hem üst hem de alt motor nöronları tutuyor olmasıdır (Şekil 1). C3 SCI de frenik sinire ait çok sayıda lif hasar görür, hasta kendi etkili nefes alamaz, bu durumda FSS veya DPSS uygulaması kaçınılmazdır. C4-5 SCI durumunda ise frenik sinire ait az sayıda lifler hasar göreceği için kendi nefes alabilir ama solunum yetmezliği oluşabilir. Bu durumda çok detaylı bir şekilde araştırılarak pil kararı verilmelidir.

### KULLANILAN SİSTEMLER: AVANTAJ - DEZAVANTAJLAR

Pil uyarı sistemlerinde başlıca iki tür uygulama vardır. Bunlardan ilk kullanılmaya başlanan frenik sinirin servikal veya torakal yolla erişilerek direkt uyarılması, daha sonra geliştirilen sistem ise, laparoskopik yolla diyafragma muskuler yapısının; "motor mapping" denilen yöntemle, uygun bölgelerinin belirlenmesiyle uyarılmasıdır (3).

FSS sistemlerde subkutanöz RF alıcılar kullanılarak perkütan herhangi bir ekipman olmadan uyarı gerçekleştirilebilmektedir. Bu sistemin önemli bir avantajıdır. DPSS sisteminde ise perkütan 5 adet elektrot vardır. Bunun yanında frenik sinirin intakt olması zorunluluğu, frenik sinirin diseksiyonu veya elektrotların yerleştirilmesi sırasında sinir hasarı oluşma riski, sinirin iskemik nekrozu ve enfeksiyona yatkınlığın daha fazla olması gibi nedenler de dezavantajlardır. FSS frenik siniri direkt uyararak tüm diyafragmayı, yani tip I ve II liflerin tamamının kasılmaya zorlar, bu olay kasılma kuvvetinin homojenitesini bozar ve bu da bir dezavantajdır. Motor mapping denen yöntemle santral tendon bölgesinde çoklu denemelerle en aktif olan bölgelerin ve dolayısı ile ağırlıklı tip I liflerin olduğu alanların bulunarak elektrotların yerleştirilmesi ise homojen ve daha etkili bir kasılma sağlanması açısından DPSS uygulamasının avantajıdır. Ayrıca hem alt hem üst motor nöronu tutan ALS hastalarında alt motor nöron olan frenik sinirin uyarılması etkili olmayacaktır. DPSS uygulaması frenik siniri bypass'layarak direkt diyafragmayı uyarmaktadır. Bu nedenlerle DPSS daha ön plana çıkmış ve ALS hastalarında Amerikan food and drug administratiin (FDA) onayı alan tek uygulama olmuştur. Fakat perkü-



**Şekil 1.** Solunumun santral ve periferel ileti yolları ve diyafram tan çıkarılan elektrotlar ve organ yaralanma riski ise DPSS sisteminin dezavantajıdır (1-4).

Atrotech (Finlandiya, FDA+), Medimplant (Avusturya, FDA-), Avery (USA, FDA+) RF- FSS kullanılan sistemlerdir. DPSS kullanan sistemi ise sadece NeuRx (USA, FDA +) sistemidir. Avery FSS sisteminde; pulse oksimetre ve CO2 monitörizasyonu ve telefonla elektronik ve nörofizyolojik değerlendirme ve uygulama imkânı vardır. Bu cihaza önemli bir katkı sağlamaktadır. Ayrıca ülkemizde Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tıp Fakültesi Öğretim Üyesi Nörobilimci Prof. Dr. Metin Tulgar tarafından geliştirilmiş olan bir sistem (Tulgar nöroimplant sistemi- Avrupa Birliği patentli ) de mevcuttur.

### ENDİKASYONLAR VE ZAMANLAMA

SCI, SAH, ALS başlıca endikasyonlar olup, uyku apne sendromunda ve kardiyak cerrahi sonrası frenik sinir yaralanmalarında da uygulanabilir. SCI durumunda 12-18 saat sonra diyafram atrofisi oluşmaya başlanmaktadır. Bu nedenle uygun olan en kısa zamanda pil takılmalıdır (3-4).

ALS olgularında ise zamanlama konusunda tartışmalar mevcuttur.

- ALS sonucu solunum problemi olan,
- Ventilatöre bağlı olmayan ya da ventilatöre yeni bağlanmış olan,
- Ventilatöre bağlı olup, ara ara spontan olarak soluyabilen,
- Diyafragması ameliyat anında uyarıma tepki veren,
- Ameliyat işlemini kaldırabilecek olanlara uygulama yapılmalıdır. SAH durumunda da uygun olan en kısa sürede işlem gerçekleştirilmelidir.

Diyafragmanın kasılabilme yeteneği ise USG, floroskopi ve frenik sinir EMG'si ile test edilebilir (5,6).

Hipoventilasyon durumu ise;

- Force vital kapasite (FVC) 50% altında
- Maximal inspirasyon basıncı (MIP) 60 cm H<sub>2</sub>O altında
- PCO<sub>2</sub> 45 mm Hg üzerinde
- SaO<sub>2</sub> 5 dakikalık uykuda 88% altında hastalarda önerilmektedir (5).

## DİYAFRAGMA PİL UYGULAMASININ FAYDALARI

- Etkili solunum işlemi sağlar.
- Trakeostomi ve suni solunum cihazına bağlanma zamanını geciktirir.
- Uyku kalitesini artırır.
- Makinaya bağlı olunan durumlarda; makinaya olan ihtiyacı azaltır veya makinadan ayrılmasını sağlayabilir.
- Diğer ameliyatlara (apandisit, kolesistit, travma vb.) uygulanabilmesini kolaylaştırır.
- Alt lop atelektazilerine sekonder pnömoniler ve buna bağlı tedavi ve yoğun bakım masraflarının azalmasını sağlar (5,6).

## SİSTEMDE TARTIŞILACAK VE BELİRSİZ OLAN NOKTALAR

- Kronik solunum yetmezliği kriterlerinin seçiminde ve diafragmanın fonksiyonel kapasitesini ölçmede kanıtın olmayışı,
- Alt lopların mobilizasyonunun artımı ile sekresyon ve aspirasyon riski artması,
- Solunum fonksiyonları kötüye gitmeden, trakeostomi açılmadan erken tanı anında yapılacak uygulamanın, daha sağlıklı, atrofiye gitmemiş diafragmada etkili kasılmı sağlayacağı gerçeği,
- PİL uygulanan hastalarda uzun süredir beklenmiş olan sekresyonlar diafragma hareketleri ile

yumuşayıp mobilize olmakta, bu nedenle özellikle erken dönemlerde daha titiz bir bakım ve fizyoterapi programını gerektirmektedir.

**Unutulmaması gereken en önemli nokta; ALS hastalığının ileri evrelerinde, diyafragmanın hastalıktan tam olarak etkilendiği durumda, diyafragma pil uygulamasının etkili olmayacağı ve pil uygulanmış hastalarda bile ventilatöre sürekli bağımlılığın kaçınılmaz olacağıdır.**

## KONTRENDİKASYONLAR

- Oldukça ince diyafragma. DPSS için gereken diyafragma kalınlığı en az 2 mm olmalıdır.
- Belirgin olarak azalmış frenik sinir fonksiyonu. Her iki sistemde de frenik sinir intakt olmalıdır (Frenik sinir elektromyografi (EMG)'si, ultrasonografi veya floroskopi ile değerlendirilebilir).
- Operasyon anında elektriksel uyarıya kasılma cevabı vermeyen olgulara işlem uygulanmamalıdır.
- Primer kas hastalığında etkisizdir.
- Batın içi ileri derecede yapışıklık (DPSS için)
- Belirgin göğüs deformitesi (Rölatif bir kontrendikasyondur).
- 2 yaş altında DPSS önerilmemektedir (Rölatif bir kontrendikasyondur) (5).

## FSS KOMPLİKASYONLAR

- Enfeksiyon
- Frenik sinir hasarı (intraoperatif)
- Frenik sinir nekrozu
- Toraks içi yaralanma

## DPSS KOMPLİKASYONLAR

- Enfeksiyon
- Kapnotoraks (batın içi havanın toraks boşluğuna geçmesi)
- Mide, karaciğer ve intestinal sistem yaralanma veya perforasyonları (5).

## DOKUZ EYLÜL DİYAFRAGMA PİL SİSTEMİ UYGULAMA ESASLARI

DPSS uygulaması Dokuz Eylül Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Hastanesi bünyesinde; nöroloji, göğüs cerrahisi, göğüs hastalıkları, uyku birimi ve solunum fizyoterapisti uzman akademisyenlerinden oluşan "Dokuz Eylül Diyafragma PİL Sistemi Uygulama Grubu" tarafından yapılan değerlendirme sonucunda yaklaşık iki yıldır implante edilmektedir ve 34

hastaya uygulanmıştır. Uygulamalarda “Dokuz Eylül Diyafragma Pil Sistemi Kriterleri” esas alınmaktadır.

Diyafragma pil uygulaması düşünülen hastalar öncelikle bir nörolog tarafından muayene edilerek pil için değerlendirilmekte, sonra göğüs hastalıkları uzmanı değerlendirmekte, pil için uygunsa göğüs cerrahisi ekibi değerlendirmekte ve ameliyat kararı verilirse fizyoterapi ekibi devreye girerek ameliyat öncesinden pile adaptasyon eğitimlerine başlamaktadır. Yeterli pil simülasyon eğitiminden sonra laparoskopik cerrahi ve pil uygulaması konusunda eğitilmiş ve yetkilendirilmiş göğüs cerrahisi ekibi tarafından pil uygulanmaktadır.

Ameliyat sonrası ertesi gün teknik ekip tarafından ilk ayarlar yapılmakta ve DPSS konusunda eğitilmiş fizyoterapi ekibi devreye girmektedir. Bundan sonraki süreçte aylık, sonra üçer aylık kontroller yapılmakta, diyafragmanın çalışmaya başlaması ile değişebilen fonksiyonlar nedeniyle pil ayarları kontrol edilmektedir.

**Ameliyatın başarısı için en önemli faktör bu konuda deneyimli solunum fizyoterapisi ekibinin varlığıdır.**

Hasta kontrolleri; göğüs cerrahisi polikliniğinde bulunan “Diyafragma Pil Kontrol Ünitesi”nde ilgili tüm birimlerce ortak olarak yapılmaktadır. Daha sonra solunum fizyoterapisi ekibi, hastanın değişen durumuna göre yakınlarına ve hastaya gerekli eğitimleri vermektedir.

Bu olguların nakillerinde havayolu kullanılmakta olup görevli bir eleman ise bu transport organizasyonu için hava ambulans ve 112 servis ile koordinasyonu sağlamaktadır.

## DPSS İÇİN ÖNERİLER

Kliniğimizde uygulanan 34 vakadan sonra, uygulama sırasında geliştirilen farklı yöntemlerle, daha güvenilir, daha kısa süren ve daha kullanılabilir implantasyonlar yapılabileceği tespit edilmiştir.

- Klinik uygulamamızda her iki diyafragmaya implante edilen elektrotlar farklı renkte küçük klemplerle işaretlenerek soketleme aşamasında olan karışmalar engellenmiştir. Bu elektrotların farklı renklerde olması ise bu işlemi çok daha kolaylaştıracaktır.
- Alt torakal alanda perkütan çıkan 5 adet elektrot, DPSS sisteminin en büyük dezavantajıdır. FSS olduğu gibi RF bağlantılı cilt altına yerleştirilen sistemlerin kullanılması sayesinde bu sistem çok daha kullanışlı hale gelecektir.
- Elektrotların implantasyonlarının yapıldığı epigastriuma 15 mm toakar uygulandığı takdirde;

tüm elektrotlar batin içine bırakılıp tekrar çıkarılma zorunluluğu olmadan implante edilebilir.

- Elektrotların perkütan çıktığı yerin 3 cm proksimaline yapılacak olan 1 cm'lik kesiden tüm elektrotlar geçirilirse; elektrot uzunluğunu ayarlamak, sabit tutmak ve tespit etmek daha da kolaylaşacaktır.
- Hastalara yapılacak olan ilk testler, ameliyattan sonraki 1. gün yapılırsa; intraabdominal gaza bağlı olarak oluşan periton iritasyon ağrısı yanlış sonuçlar oluşmasına neden olur, bu yüzden 2. gün yapmak daha doğru sonuçlar verecektir.
- Tüm olgulara lavman yapmak olası riskleri azaltacaktır.
- Sürekli immobilizasyon nedeniyle düşük molekül ağırlıklı heparin uygulanmalıdır.
- Klinik durum nedeniyle bozulan psikosomatik denge, pile uyumu zorlaştıracığından, psikiyatri konsültasyonu uygulanmalıdır.
- DPSS uygulaması ile oluşacak sırt ağrısı önceden olgulara bildirilmeli ve preoperatif simülasyon fizyoterapisi mutlaka yapılmalıdır.
- Tüm olguların kontrolleri nöroloji, göğüs hastalıkları, göğüs cerrahisi ve fizyoterapi ekiplerince beraber yapılmalıdır.

**DPSS uygulaması çoklu bir ekip işi olup, iyi bir koordinasyon gerektirmektedir.**

## KAYNAKLAR

1. Levine S, Nguyen T, Taylor N, et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *N Engl J Med* 2008;358:1327-35 [\[CrossRef\]](#)
2. DiMarco AF, Onders RP, Ignagni A, et al. Phrenic nerve pacing via intramuscular diaphragm electrodes in tetraplegic subjects. *Chest* 2005;127:671-8 [\[CrossRef\]](#)
3. Onders RP, Elmo MJ, Ignagni AR. Diaphragm pacing stimulation system for tetraplegia in individuals injured during childhood or adolescence. *J Spinal Cord Med* 2007;30:S25-9
4. Hudson MB, Smuder AJ, Nelson WB, et al. Both high level pressure support ventilation and controlled mechanical ventilation induce diaphragm dysfunction and atrophy. *Crit Care Med* 2012;40:1254-60 [\[CrossRef\]](#)
5. Onders RP, Elmo M, Khansarinia S, et al. Complete worldwide operative experience in laparoscopic diaphragm pacing: results and differences in spinal cord injured patients and amyotrophic lateral sclerosis patients. *Surg Endosc* 2009;23:1433-40 [\[CrossRef\]](#)
6. Gonzalez-Bermejo J, Morélot-Panzini C, Salachas F, et al. Diaphragm pacing improves sleep in patients with amyotrophic lateral sclerosis. *Amyotroph Lateral Scler* 2012;13:44-54 [\[CrossRef\]](#)