



I Diyafragma Pil Uygulamaları

I Aydın ŞANLI

aydin.sanli@deu.edu.tr

I Giriş:

Solunum sisteminin en önemli dinamik organı olan diyafragmanın 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].

Tarihçe:

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 diyafragmanın uyarıldığı ve frenik siniri kullanmayan sistemler geliştirilmeye başlanmış ve Onders ve arkadaşlarınca 2000 yılında diyafragma pil stimülasyon sistemi [DPSS] kullanılmaya başlanmıştır [2].

Solunum Anatomisi, Fizyopatolojisi ve Diyafragma:

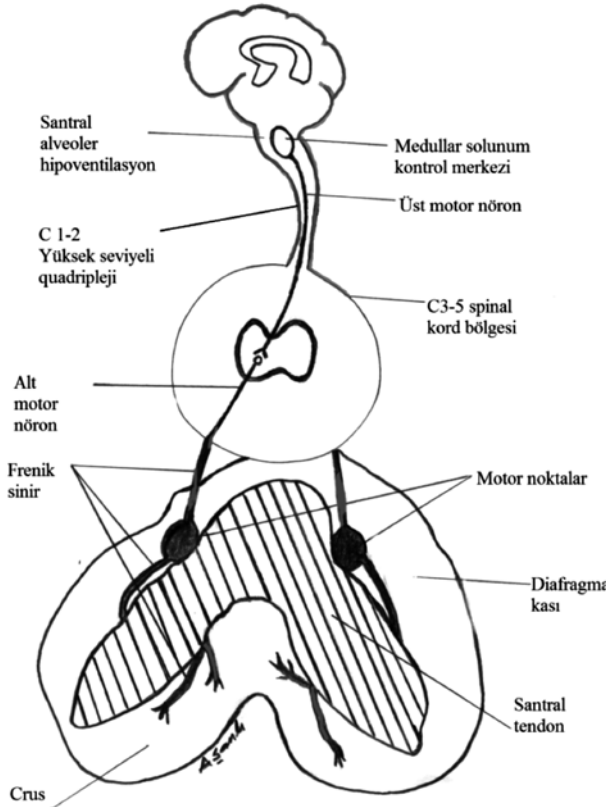
Solunum kaslarının innervasyonu ve kordinasyonu; beyindeki solunum merkezinden üst motor nöronlar yolu ile servikal ve torasik spinal kordlara, oradan da alt motor nöron olan frenik sinirle diyafragma ve yardımcı solunum kaslarına sinir iletimi sayesinde olur. Diyafragma tek başına vital kapasitenin %65'inden sorumludur ve C 3-4-5 den innerve edilir. Yardımcı solunum kasları ise skalen kaslar C 3-8, pectoralis major ise C 5-T 1 den innerve edilir. Diyafragmada iki tür kas lifi vardır. Tip I kas lifleri düşük frekansta güçlü kasılan kas lifleridir ve sağlıklı diyafr

ragmada bulunurlar. Tip II kas lifleri ise yüksek frekansta, zayıf kasılan liflerdir, ALS hastalarında ve uzun süre mekanik ventilasyonda [MV] kalan hastalarda bulunur. Yapılan hayvan deneylerinde uzun süre MV desteğinin diyafragma kas liflerinde atrofi oluşturduğu, oksidatif stress biyo belirteçlerini ve proteolytic aktiviteyi artırdığı bulunmuştur [4].

Kullanılan Sistemler 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 perkutan herhangi bir ekipman olmadan uyarı gerçekleştirilebilmektedir. Bu sistemin önemli bir avantajıdır. DPSS sisteminde ise perkutan 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 dezavantajlarıdır. FSS frenik siniri direkt uyararak tüm diyafragmayı, yani tip I ve II liflerin tamamının kasıl-



maya 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 sağlaması 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 diafragma'yı uyarmaktadır. Bu nedenlerle DPSS daha ön plana çıkmış ve ALS hastalarında FDA onayı alan tek uygulama olmuştur. Fakat perkütan çıkan elektrotlar ve organ yaralanma riski ise DPSS sisteminin dezavantajıdır [1-4].

Atrotech [Finlandiya, FDA+], Medimplant [Avusturya, FDA-], Avery [USA, FDA+] RF- FSS kullanan sistemlerdir. DPSS kullanan sistemi ise sadece NeuRx [USA, FDA+] sistemidir. Avery FSS sisteminde; pulse oksimetre ve CO2 monitorizasyonu ve telefonla elektronik ve nörofizyolojik değerlendirme ve uygulama imkânı vardır. Bu cihaza önemli bir katkı sağlamaktadır. Ayrıca ülkemizde Yeditepe Üniversitesi'nde nörolog Prof. Dr. Metin Tulgar tarafından geliştirilmekte olan bir sistem de mevcuttur.

Endikasyonlar

Diyafragma yetmezliğinin en önemli sebepleri; santral alveoler hipoventilasyon [SAH], spinal kord hasarları [SCI], ALS (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

Amyotrofik lateral skleroz (ALS) hastalığında solunum yetmezliği, temel olarak solunum kaslarının zayıflığı ile ilişkilidir. Özellikle ins-

piratuar kas zayıflığı, ALS'de solunum yetmezliği ve solunumsal semptomların primer sebebi olarak tanımlanmaktadır [1]. 2-6/100.000 de bir görülür, %10 hastalık genetik nedenlidir, bunda yarısı ailevi geçişlidir. Ülkemizde kesin veri olmamakla birlikte 6000-8000 hasta bulunmaktadır. Eski yıllarda hastaların %90'ı tanı konulduktan 2-4 yıl sonra hastalar kaybedilirken, günümüzde bu süre 5-7 yıla uzamıştır.

- ALS'de solunumsal semptomlar hastalığın ilerleyen döneminde iskelet ve bulbar kas tutulumu gerçekleştiğinde ortaya çıkmaktadır. Ancak bazı ALS hastalarında frenik motor nöron tutulumu nedeniyle hastalığın başlangıç döneminde bile solunum yetmezliği görülebilmektedir. Solunum yetmezliği, ALS hastalığında hastalığın progresyonunu etkileyen en önemli mortalite ve morbidite faktörüdür [2].
- Solunum kaslarının etkilenmesiyle öksürme fonksiyonunu etkin gerçekleştiremeyen hastalarda toplum kökenli pnömoniler, aspirasyon pnömonileri ve hastaların kısa bir süre içinde mekanik ventilatöre (MV) bağlanmaları nedeniyle özellikle alt lob lokalizasyonlu ventilatör ile ilişkili pnömoniler sık görülmektedir. Solunum yetmezliğine eşlik eden bu tablolar, ALS hastalarının uzun süre hastaneye hatta yoğun bakım ünitesine (YBÜ) yatışlarına, zaten azalmış olan fonksiyonel düzeylerinin sekonder etkenler nedeniyle daha fazla bozulmasına, diğer taraftan sağlık harcamalarının artmasına neden olmaktadır [3]. Yaşam süresinin önemli bir göstergesi olan solunum kas zayıflığı ve progressif kötüleşmesi bu hastalarda solunum yetmezliğine yol açmakta ve hastaların yaşam kalitesini büyük ölçüde azaltmaktadır [4].

ALS hastalarında FSS sisteminin yetersiz kalmasının sebebi ise ALS nin

hem üst hem de alt motor nöronları tutuyor olmasıdır.

Spinal Kord Hasarı

Ülkemizde başlıca trafik kazaları ve silahlı yaralanmalar nedeniyle spinal kord yaralanması (SKY) sık karşılaşılan bir durumdur. C4 ve üstü seviyesi, solunumsal fonksiyonların maksimum etkilenmesi nedeniyle hastaların yaşam süresi oldukça düşüktür. Solunum yetmezliği ve komplikasyonlar nedeniyle bu hastalar tamamen trakeostomi ile mekanik ventilatör (MV) desteği alarak yaşamak zorundadırlar. MV desteğinin, SKY'lı hastalarda en sık ölüm nedeni olan MV ile ilişkili pnömonilere, atelektazilere, barotravmaya, diyafragma ve trakeal yaralanmalara, enfeksiyonlar gibi potansiyel komplikasyonlara ve bunlarla ilgili olarak hastaların hastaneye yatış sıklığına ve yüksek sağlık maliyetine neden olduğu tespit edilmiştir [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.

SCI, SAH, ALS başlıca endikasyonlar olup, uyku apne sendromunda ve kardiyak cerrahi sonrası frenik sinir yaralanmalarında da uygulanabilir.

Santral Alveoler Hipoventilasyon

SAH göğüs duvarı deformitesi, nöromusküler hastalık veya akciğer patolojisi olmaksızın gelişen, hipoksemi ve hiperkapni tablosu ile seyreden, hiperkapniye karşı gerekli santral solunum yanıtının bozulduğu klinik bir antitedir. Bu tablo primer olabilir, santral sinir sistemi 'ni etkileyen bir hastalığa bağlı olarak da karşımıza çıkabilir ya da idiyopatik oluşabilir (1). Bu tablo primer olarak beyin sapı ve pons lezyonlarının

da görülebileceği gibi; uzun süreli aminofilin, doksapram, medroksiprogesteron, almitrin, yüksek doz oksijen, asetazolamid kullanımına bağlı gelişebilir [1, 3].

Apnenin yol açtığı santral solunum yetmeliğinde tedavinin amacı etyolojiyi ortadan kaldırmak ve bozulmuş solunum fonksiyonlarının normale döndürmektir. Bu nedenle, tedavi öncelikle etkene yönelik olmalıdır. Eğer neden santral apne ise alveoler ventilasyon artırılmaya çalışılmalı, bunun için hasta ventilatöre bağlanmalıdır.

DPSS kullanımı sonrası elde edilen dramatik klinik düzelme oldukça etkileyicidir. Bu hastalarda postoperatif ilk günden itibaren MV'den ayrılmanın gerçekleşmesi tamamen MV "e bağımlı bir hastanın kısa bir eğitim sonrası evde rahatlıkla bakılabilen bir hastaya dönüşebildiğini göstermesi açısından oldukça umut vaat edicidir.

Zamanlama:

SCI durumunda 12-18 saat sonra diyafragma atrofisi oluşmaya başlamaktadır. Bu nedenle uygun olan en kısa zamanda pil takılmalıdır [3, 4]. Herhangi bir nedenle solunumun tetiklenmemesi durumunda bu olaya neden olabilecek etiyolojiler araştırılmalıdır. Tüm tetiklere rağmen neden bulunamaz ise olgu SAH kabul edilmeli ve pil uygulaması hemen yapılmalıdır.

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 solunum alarak soluyabilen,
- Ameliyat işlemini kaldırabilecek durumda olan,
- Diyafragma ameliyat anında uyarıma tepki veren hastalara uygulanır.

Diafragmanın kasılabilme yeteneği ise USG, floroskopi ve frenik sinir EMG si ile test edilebilir [5, 6].

Hipoventilasyon durumu ise;

- FVC 50% altında
- MIP 60 cm H₂O altında
- PCO₂ 45 mm Hg üzerinde
- SaO₂ 5 dakikalık uykuda %88 altında olan hastalara önerilmektedir [5].

Operasyon:

Tüm operasyonlar laparoskopik cerrahi yolu ile uygulanmaktadır. Operasyon öncesi kas gevşetici ajan kullanmadan İV propofol veya pentotal ile standart endotrakeal entübasyon uygulanır. Anestezi idamesi %1-3 sevoflurane ve sürekli infüzyon şeklinde remifentanil hidroklorür ile sağlanır ve insizyon öncesi tüm hastalara antibiotik uygulanır.

Supin pozisyonda göbek üstü laparoskopik kesi ile batına girilerek tüm batin yapışıklıklar ve varsa perkütan endoskopik gastrotomi [PEG] lokalizasyonu açısından gözlenir. Daha sonra yanlara yerleştirilen trokarlar yardımı ile ligamentum falciparum kesilerek diafragmalar serbestlenir. Diyafragmanın elektriksel uyarılara yanıt veren motor nokta bölgeleri tespit edilerek işaretlenir [Motor Haritalama]. Epigastriuma yerleştirilen trokar yoluyla her iki diafragmaya ikiye adet elektrot implante edilir. Implante edilen elektrotlar cilt altı tüneli ile sağ hipokondriumdan çıkarılır. Bir elektrot ise batin yüzeyinden geçirilerek anot hattı oluşturulur. Beş adet elektrot bir soket yardımı ile sisteme konnekte edilir. Anestezi altındaki apne yapılar DPSS ile tidal volüm kazancı ölçülerek sistem test edilir. Postoperatif analjezi amacıyla morfin kullanılmaktadır.

PEG'e bağlı yapışıklıklar nedeniyle laparotomiye geçiş, batin içi organ perforasyonları, kapnotoraks [batin havasının diyafragma yolu ile göğüs

boşluğuna geçmesi] ameliyat esnasında gözlenen başlıca komplikasyonlardır.

Diyafragma Pil Uygulamasının Faydaları:

- Etkili solunum işlemi sağlar.
- koku alma duyusunu, konuşma fonksiyonunu geliştirir
- Trakeostomi ve suni solunum cihazına bağlanma zamanını geciktirir.
- Uyku kalitesini artırır. uyku verimliliği artar, uyanma indeksi azalır, uykudan sonra uyanma süresi kısalmır, uykusuzluk azalır ve REM uykusu esnasındaki apne ve hipopnelerin azaldığı görülmüştür
- Makinaya bağlı olunan durumlarda; makinaya olan ihtiyacı azaltır veya makineden ayrılmasını sağlayabilir.
- Diğer ameliyatlarda [apandisit, kolesistit, travma vb.] uygulanabilmesini kolaylaştırır.
- Alt lop atelektazilerine sekonder pnömoniler ve buna bağlı tedavi ve yoğun bakım masraflarının azalmasını sağlar [5, 6].
- MV bağlantısı ve hareket korkusu nedeniyle düşünülmemesine rağmen taburculuk döneminde tekerlekli sandalyeye uyumunun sağlanması, hastanın kolaylıkla transferini sağlamak, moralinin artması ve sosyal fonksiyonunu geliştirmesi açısından önemli olacaktır.

DPSS uygulaması ile CPAP-BPAP kullanımından daha çok faydalanılmıştır.

Bunun nedeni DPSS'in farklı şekilde çalışmasıdır. DPSS sistemi diyafragma kaslarının yorulmaya karşı direncini koruyarak diyafragma kondisyonunu sağlarken, non invaziv ventilasyon yardımcı solunum kaslarının dinlenmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca DPSS cihazı hiçbir

şekilde cep telefonlarından ve MR çekilmesinden etkilenmemektedir [5, 6].

Sistemde Tartışılacak Noktalar:

- Kronik solunum yetmezliği kriterlerinin seçiminde ve diafragmanın fonksiyonel kapasitesini ölçmede kanıtın olmayışı,
- Alt loplara mobilizasyonunun artımı ile sekresyon ve aspirasyon riski artması,
- Solunum fonksiyonları kötüye gitmeden, trakeostomi açılmadan erken tanı anında yapılacak uygulamanın, daha sağlıklı, atrofiye gitmemiş diafragma etkili kasılması sağlayacağı gerçeği,
- Pil uygulanan hastalarda uzun süredir beklemiş olan sekresyonlar diafragma hareketleri ile yumuşayıp mobilize olmakta, bu nedenle özellikle erken dönemlerde daha titiz bir bakım ve fizyoterapi programını gerektirmektedir.

Unutulmaması gereken önemli nokta; ALS hastalığının ileri evrelerinde, diyafragma hastalıktan tam olarak etkilendiği durumda, diyafragma pil uygulamasının etkili olmayacağı ve pil uygulanmış hastalarda bile ventilatöre sürekli bağımlılığın kaçınılmaz olacaktır. Bu gerçek hasta ve yakınları ile özellikle paylaşılmalıdır. Zira hastalar bu uygulama ile hastalığın tedavi olacağı hissine kapılmaktadır ve böyle bir beklenti içinde olmaktadır.

Kontrendikasyonlar:

- 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 EMG si, USG 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 komplikasyonlar:

- Enfeksiyon
- Frenik sinir hasarı [intraoperatif]
- Frenik sinir nekrozu
- Toraks içi yaralanma

DPSS Komplikasyonlar:

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

Dokuz Eylül Diyafragma Pil Sistemi Uygulama Esasları:

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 Pil Sistemi Uygulama Grubu" tarafından yapılan değerlendirme sonucunda yaklaşık iki yıldır implante edilmektedir ve 48 hastaya uygulanmıştır. Bu hastalardan 36 tanesi ALS, 4 tanesi SCI, 3 tanesi SAH, 1 tanesi ise frenik sinir yaralanmasıdır. Uygulamalarda "Dokuz Eylül Diyafragma Pil Sistemi Kriterleri" esas alınmaktadır. Bu amaçla tarafımızdan "ALS hastalarında diyafragma pil sistemi uygulama klavuzu" hazırlanmıştır.

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 simulasyon eğitiminden sonra laparoskopik cerrahi ve pil uygulaması konusunda eğitilmiş ve yetkilendirilmiş göğüs cerrahisi ekibi tarafından pil uygulanmaktadır.

Ameliyat sonrası ikinci gün teknik ekip tarafından ilk ayarlar yapılmakta ve DPSS konusunda eğitilmiş fizyoterapi ekibi devreye girmektedir. Bundan sonraki süreçte aylık, sonra üçer aylık kontroller yapılmakta, diyafragma çalışmaya başlaması ile değişebilen fonksiyonlar nedeniyle pil ayarları kontrol edilmektedir. Ameliyatın başarısı için en önemli faktör bu konuda deneyimli solunum fizyoterapisti ekibinin varlığıdır.

Hasta kontrolleri; göğüs cerrahisi polikliniğinde bulunan "Diyafragma Pil Kontrol Ünitesi" nde ilgili tüm birimlerce ortak olarak yapılmaktadır. Daha sonra solunum fizyoterapisti 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 servisi ile koordinasyonu sağlamaktadır.

DPSS İçin Öneriler:

Kliniğimizde uygulanan 39 ALS, 4 SCI, 4 SAH, 1 frenik sinir paralizisi nden oluşan 48 vakadan sonra, uygulama sırasında geliştirilen farklı yöntemlerle, daha güvenilir, daha kısa süren ve daha kullanılabilir implantasyonlar yapılabileceği tespit edilmiştir.

- 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.

- Klinik uygulamamızda her iki diyafragma implante edilen elektrotlar farklı renkte küçük klemplerle işaretlenerek soketleme aşamasında olan karışmalar engellenmiştir. Bu elektrotların farklı renklerde olması ise bu işlemi çok daha kolaylaştıracaktır.
- Hastalara yapılacak olan ilk testler, ameliyattan sonraki 1. gün yapılır; 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 ekipleince beraber yapılmalıdır [7].
- Uygun hasta grubunda trakeostomi hastalara da uygulanabilir [7].

Edindiğimiz en önemli klinik gözlem ise; FEV1 değerinin %50'nin altına gelmeden, (bazı kaynaklarda da belirtildiği üzere) %45 ila %75 arasında iken bu işlemi uygulamak klinik olarak daha anlamlı sonuçlar ortaya çıkaracaktır. Bu konuyla ilgili veri bankamız oluşmuş olup, sonuçlarımızı yayımlayacağız.

Kaynaklar

1. Levine S, Nguyen T, Taylor N, Friscia ME, Budak MT, Rothenberg P, et al. Rapid disuse atrophy of diaphragm fibers in mechanically ventilated humans. *N Engl J Med* 2008;27;358:1327-35.
2. DiMarco AF, Onders RP, Ignagni A, Kowalski KE, Mortimer JT. Phrenic nerve pacing via intramuscular diaphragm electrodes in tetraplegic subjects. *Chest* 2005;127:671-8.

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, Bruells CS, Levine S, Power SK. Both high level pressure support ventilation and controlled mechanical ventilation induce diaphragm dysfunction and atrophy. *Crit Care Med* 2012;40:1254-60.
5. Onders RP, Elmo M, Khansarinia S, Bowman B, Yee J, Road J, et al. Complete worldwide operative experience in aparoscopic diaphragm pacing: results and differences in spinal cord injured patients and amyotrophic lateral sclerosis patients. *Surg Endosc* 2009;23:1433-40.
6. Gonzalez-Bermejo J, Morélot-Panzini C, Salachas F, Redolfi S, Stratus C, Becquemin MH, et al. Diaphragm pacing improves sleep in patients with amyotrophic lateral sclerosis. *Amyotroph Lateral Scler* 2012;13: 44-54.
7. I. Sengun, A. Sanlı, Y. Bulbul et al. Results Of Diaphragm Pacing Application in Amyotrophic Lateral Sclerosis Patients. *First Turkish Experience. Journal of Neurological Sciences*. 2013; 30 (2) : 305-313.

Aydın ŞANLI - Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Cerrahisi AD.

Yılın Düeti

