



TFD Nörolojik Fizyoterapi Grubu Bülteni

Cilt/Vol:4
Sayı/Issue:11
Kasım/
November 2018
www.norofzt.org

Spinal Kord Yaralanmalarında Pulmoner Komplikasyonlar ve Pulmoner Rehabilitasyon

Dr. Fzt. Rüstem MUSTAFAOĞLU¹

¹İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümü ,
Nörolojik Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, rustem.mustafaoglu@istanbul.edu.tr

GİRİŞ

Spinal kord yaralanmalı (SKY), bireylerde erken ve geç dönemde başta gelen morbidite ve mortalite nedeni pulmoner sistem komplikasyonlarıdır (1). Solunum komplikasyonları SKY sonrası en sık yaşam boyu morbidite nedeni olarak devam etmektedir. Tüm SKY'li bireylerin %54'ü 16-30 yaş arasında ve tüm yaralanmaların %75'i 45 yaş ve altında meydana gelmektedir (2). Solunumsal komplikasyonlar, SKY'nin akut döneminde morbidite ve mortalitenin ana sebebidir ve insidansı %36 ile %83 arasında değişmektedir. Akut SKY olan hastaların yaklaşık 2/3'ünde mekanik ventilasyon gerektirecek atelektazi, pnömoni ve solunum yetmezliği gibi yaşamı tehdit eden komplikasyonlar gelişmektedir (3). Akut dönemde hastanede kalış sırasındaki solunum komplikasyonlarının sayısı, hastanede yatış süresini ve maliyetini önemli ölçüde belirlemektedir. Mekanik ventilasyon kullanımı, pnömoni gelişimi, cerrahi gereksinim ve trakeostomi kullanımı hastane maliyetlerinin yaklaşık %60'ını oluşturmakta ve lezyon seviyesinin hastane maliyetleri için belirleyici bir unsur olabileceği düşünülmektedir (4). Solunum fonksiyon bozukluğunun derecesi, nörolojik hasarın kapsamı ve seviyesine bağlı olup, yüksek servikal ve torasik lezyonu olan bireylerin daha yüksek risk taşıdığı bilinmektedir. Servikal yaralanmalarda, özellikle C1-C4 lezyonu olanlar, mekanik ventilasyona bağımlı olarak yaşam sürdürme eğilimi içinde olmaktadır (5). SKY sonrası hastalarda atelektazi (%36,4), pnömoni (%31,4) ve solunum yetmezliği (%22,6) en sık görülen komplikasyonlardır (3). Solunum yetmezliği yaralanmadan 4,5 gün sonra meydana gelmekte, bunu 6,6 gün ile pulmoner ödem ve 6,9 gün ile pnemo-hemotoraks takip etmektedir. Solunum yetmezliği yaklaşık olarak 5 hafta sürmektedir. Pnömoni ve atelektazinin tetraplejik hastalarda görülme sıklığı %45, paraplejilerde ise %36'dır (6). Farklı solunum komplikasyonlarının insidansı, lezyon seviyesine göre değişmektedir. C1-C4 seviye lezyonu olanlarda, pnömoni en sık görülen komplikasyon olup hastaların %63'den fazlasında görülürken, bunu solunum yetmezliği (%40) ve atelektazi (%40) takip etmektedir. C5-C8 seviye lezyonu olanlarda en sık görülen komplikasyon atelektazidir (%34), bunu pnömoni

(%28) ve solunum yetmezliği (%23) izlemektedir. T1-T12 yaralanması olan bireylerin %65'inde atelettazi gelişmektedir (7). Derin solunum yetersizliği, etkisiz öksürük ve mukus hipersekresyonu, yetersiz mukus klirensi ile sonuçlanmaktadır. Bu faktörlerin tamamı, aşırı mukus birikimine, atelettazi, pnömoni ve solunum yetmezliği prevalansında artışa katkıda bulunmaktadır. SKY'de pulmoner komplikasyonlara yol açan solunum fonksiyon bozukluğu 1) Vital kapasite bozukluğu (solunum kaslarının kuvvetinde azalma ve yorgunluk, inspiratuar kapasitede azalma ve atelettazi), 2) sekresyonların birikimi (sekresyon üretiminde artış, yetersiz öksürük) ve otonomik disfonksiyon (artmış sekresyon, bronkospazm ve pulmoner ödem) ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (6). Bunlara ek olarak SKY, maksimum statik solunum basınçlarında ve akciğer hacimlerinde azalmaya neden olmaktadır (8).

SOLUNUM ANATOMİSİ, FİZYOLOJİSİ VE SPİNAL KORD YARALANMALI HASTALARDA PATOFİZYOLOJİSİ

Anatomisi

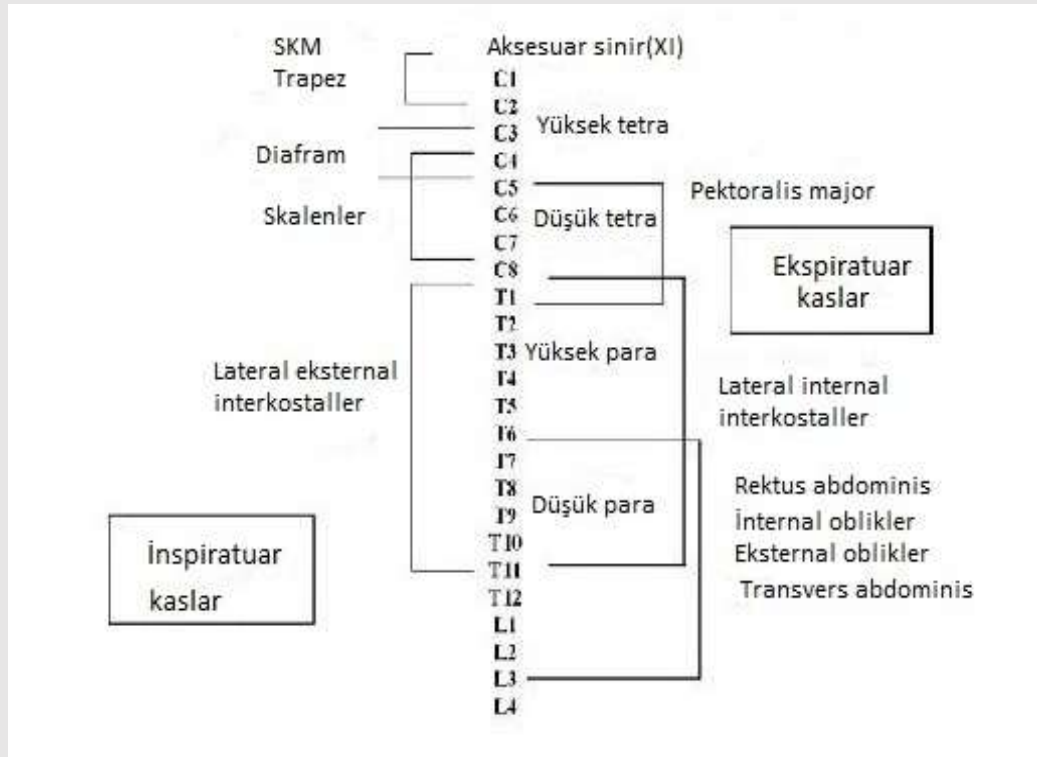
Solunum kasları diyafram, interkostal, yardımcı kaslar ve abdominal kaslardır. İspirasyon süreci, diyaframın ve göğüs kafesinin genişlemesine izin veren eksternal interkostal kasların kasılmasını gerektirmektedir. Akciğerlerin yüksek seviyelerde ventile olması için yardımcı kaslar bu süreçte ek destek sağlarlar. Ekspirasyon büyük ölçüde pasiftir, ancak abdominal duvarındaki kasların kuvvetli kasılmasıyla zorlu ekspirasyon sağlanabilmektedir (9).İspirasyona katkıda bulunan ana kaslar diyafram, eksternal interkostal kaslar ve skalen, sternokleidomastoid (SKM), trapezius ve pektoralis gibi yardımcı kaslardır. Diyafram, normal nefes alma sırasında tidal volümün %65'ini sağlayan, inspirasyon için en önemli kastır (10). Diyafram, servikal kökleri C3'ten C5'e kadar olan frenik sinir tarafından innerve edilir. İnterkostal kaslar, göğüs kafesini genişleten kostaları yükselterek inspirasyona yardımcı olur ve T1-T11'e kadar olan segmental spinal sinirler tarafından innerve edilirler. İspirasyon sırasında göğüs kafesinin üst kostalarını yükseltebilen yardımcı solunum kaslarından skalen kasları C4-C8'den kaynaklanan segmental sinirler tarafından innerve edilir. SKM ve trapezius kasları C1-C4 sinir kökleri ve aksesuar sinirinden innervasyon alırlar. Lezyon seviyesine ve tam kesi olup olmadığına bağlı olarak, skalen, SKM, trapezius ve pektoralis majör kaslarının fonksiyonları korunabilir (6). İnternal interkostaller bir miktar katkıda bulunsada, ana ekspiratuar kaslar rektus abdominis, transversus abdominis, internal ve eksternal oblik ve pektoralis major kaslarıdır. Ekspirasyon normalde pasiftir, ancak abdominal kaslar, dakika ventilasyonu arttığında ve sekresyonları temizlemek için etkili bir öksürük gerekli olduğu durumlarda istemli kontraksiyonlarla itici kuvvet oluşturabilmektedirler. Tam kesi tetraplejili bireylerde abdominal kas fonksiyonu yoktur. Abdominal kaslarda tonus kaybı olduğundan gevşektirler ve zorlu ekspirasyon için gerekli kuvveti üretemezler (11). Eksirasyonda görev alan rektus abdominis (T6-T12), transversus abdominis (T2-L1), internal ve eksternal oblik kaslar (T6-L1) ve pektoralis major kası (C5-T1) segmental sinirler tarafından innerve edilmektedirler (Şekil-1).

Fizyolojisi

Diafram kası: Sağlıklı bireylerde diyaframın kontraksiyonu, abdominal içeriğin kompansatuvar deplasmanı ile torasik volümde artışa neden olarak negatif intratorasik basıncı

arttırır. İspirasyon sırasında diyafram kaudal olarak hareket ederek, dayanak noktası olarak hareket eden abdominal içeriğin üzerine basar ve göğüs kafesinin alt kostalarına kuvvet uygulayarak laterale genişlemelerine neden olur. Servikal lezyonlarda skalen ve interkostal kas fonksiyonlarının olmaması, elektriksel olarak uyarılmış diyaframın kontraksiyonu ile negatif pleural basınç oluşturulduğunda, inspirasyon sırasında üst göğüs kafesinin içe doğru hareket etmesine neden olur. Tetraplejik hastalarda üst göğüs kafesinin bu paradoksal hareketi, inspiratuar çabanın etkinliğini azaltır (10).

İnterkostal kaslar: İnterkostal kasların paralizi, göğüs kafesi boyunca inspiratuar kuvvetlerin zayıf bir şekilde iletilmesine ve dağıtılmasına sebep olarak göğüs kafesinin hareketliliğinin azalmasına neden olmaktadır. Ayrıca, inerleyen dönemde interkostal kaslarında gelişen spastisitenin göğüs duvarı sertliğine neden olduğu saptanmıştır (12).



Şekil-1: Solunum kasları

Skalen kasları: Paralizi durumunda üst ve orta göğüs kafesinin paradoksal hareketine neden olmaktadır. Hem SKM hem de trapez kasları, tetraplejik bireylerde solunumun önemli kaslarıdır. SKM'nin kontraksiyonu, baş trapez kaslarının üst lifleri tarafından sabit tutulduğunda üst göğüs kafesini yükseltmektedir. Mekanik ventilatöre veya diyafram piline bağımlı olan kişilerde, bu kasların izole kasılması, üst göğsün antero-posterior çapını belirgin şekilde artırırken transvers çapında çok az değişikliğe neden olmaktadır. Bu kaslar inspirasyon sırasında "Tulumba kolu" hareketini andıracak şekilde hareket ortaya çıkararak sternumun yükselmesini ve öne doğru hareket etmesini sağlar böylece toraksın anterior-posterior çaplarını genişletirler (12). Diyafram fonksiyonunun yokluğunda bu kasların kontraksiyonu, abdominal bölgenin anteroposterior çapındaki paradoksal bir azalmaya ve hem

abdomen hem de alt göğüs kafesinin transvers çaplarında da azlamaya neden olmaktadır. Ekspresyon ve öksürük sırasında pektoralis kasında EMG aktivitesi olduğu bildirilmiştir (13).

Abdominal kaslar: Sakin ve sessiz ekspirasyon, torasik veya abdominal kas kontraksiyonunun yokluğunda meydana gelen pasif bir süreçtir. Ancak, dakika ventilasyonu arttıkça, abdominal kaslar ekspirasyon sırasında kontraksiyon sağlayarak torasik boşalmayı kolaylaştırmak için göğüs kafesini kaudale çekerler. Abdominal kaslarının kontraksiyonu, etkili bir öksürük için gerekli olan dışa itici gücün geliştirilmesinde de önemlidir (14).

Patofizyoloji

Spinal kord yaralanması ile ilişkili solunum bozukluğunun derecesi, spinal lezyon seviyesine bağlıdır. Genel olarak, fonksiyonel bozulma, lezyon seviyesi daha fazla kraniyelde olduğu durumlarda daha da kötüleşmektedir. Buna ek olarak, lezyonun altında (Amerikan Spinal Injury Association (ASIA) skoru A) olarak sınıflandırılan motor veya duyu fonksiyonunun yokluğu olarak tanımlanan tam kesilerde, tam olmayan (ASIA, B–D) kesilere göre daha fazla fonksiyonel bozulma görülmektedir (15). Frenik sinir (C3, 4 ve 5) seviyesinin üzerindeki lezyonlarda, hem inspiratuar kaslarda hem de ekspiratuar kaslarda paraliziyeye neden olur, bireyler mekanik ventilasyon veya frenik sinir stimülasyonuna bağımlı hale gelirler. Daha aşağı lezyon seviyelerinde ise mekanik ventilasyon yardımı olmadan nefes alma olasılığı artmaktadır (16). Tetraplejik bireylerde SKM, trapez, platisma, mylohyoid ve sternohyoid gibi boyun kaslarının senkronize kontraksiyonu, sternumu kranyele doğru çekmeye ve üst göğüs kafesini genişletmeye çalışır, ancak bu durum alt tarafta lateral duvarların paradoksal içe doğru yer değiştirmesiyle sonuçlanır. Tersine, izole diyafram kontraksiyonu genellikle alt göğüs kafesinin genişlemesine ve üst göğüs kafesinin içe çökmesine neden olmaktadır. SKY’li bireylerde, muhtemel göğüs kafesi sertliğinin gelişmesi, servikal bölge yardımcı kaslarının kuvvetinin artması ve çeşitli göğüs kafesi elemanlarının daha iyi bir şekilde birlikte hareket etmesi nedeniyle göğüs kafesi paradoksu yaralanma sonrası zamanla azalır. Göğüs kafesi sertliğinde artış, bireylerin derin solunum yapamaması gibi kronik yetersizlik ve interkostal kaslarda spastisitede artış nedeniyle göğüs kafesi eklemlerinde ankiloza neden olmaktadır (17). Göğüs kafesi eklemlerinde gelişen bu ankiloza bağlı olarak, göğüs duvarı, akciğer ve göğüs kafesi kompliansı azalır ve diyafram-abdomen kompliansı artar. Abdominal duvar kompliansındaki artış, göğüs kafesinin alt kostalarına etki ederek genişlemesine sebep olan sürükleyici kuvvetleri azaltarak anormal ventilasyon dağılımına neden olur. SKY’li bireylerde göğüs duvarı, akciğer ve abdominal komplianstaki değişiklikler, solunum iş yükünde artışla ilişkili olup, dinlenme oksijen alımının düşük olmasına ve solunum kas yorgunluğuna katkıda bulunmaktadır (3). Solunum sistemindeki bu değişiklikler yetersiz ventilasyona neden olmaktadır. Bu yetersizlik, solunum kaslarının yorgunluğuna, özellikle de pnömoni veya solunum yolları tıkanıklığında olduğu gibi, kaslara ek yük bindirmektedir (3). Komplianstaki değişiklikler, göğüs duvarı distorsiyonu ve C2 altındaki nörolojik olarak tam lezonlar inspiratuar ve ekspiratuar kaslardaki etkilenim nedeniyle, vital kapasitede (VC) beklenen değerlere göre %20-50 azalma meydana getirir, ventilasyonda yetersizlik ve öksürük fonksiyonu anlamlı derecede bozulmaktadır. Uzun süreli yardımcı ventilasyon ihtiyacı olanlar için ilave konuşma sorunu da ortaya çıkabilmektedir. İnterkostal kasların paralizisi, inspirasyon sırasında, negatif intratorasik basınç kostaların paradoksal içe

depresyonuna neden olacak şekilde stabil olmayan bir göğüs duvarı oluşturur (18). Bu mekanik dengesizlik ve dezavantaj, hastalarda daha az etkili ventilasyon, artan solunum işi ve distal hava yollarında kollaps ve mikroatelektaziye neden olur (19). SKY'li bireylerde görülen diğer önemli problemlerden biri havayolu sekresyonlarının birikimidir. Akciğerlerde havayolu sekresyonlarının birikimi, etkilenmiş öksürüğe sekonder artmış sekresyon üretimi veya azalmış havayolu temizliği ile ilişkilidir. Bu dönemde solunum desteği için entübasyon ve ventilasyona gereksinim duyulur (20). Servikal ya da yüksek torasik lezyonu olan hastalarda etkili öksürme yeteneği ciddi şekilde bozulur. Abdominal ve internal interkostaller kaslarında innervasyon kaybı olan hastalar zorlu ekspirasyon yapma yeteneğini kaybederler (21). Ekspiratuar kas paralizisinin ana fizyolojik sonucu bozulmuş öksürüktür. Öksürük refleksi, servikal ve üst torasik lezyonlarda korunmasına rağmen, yeterince öksürememe, ekspiratuar kasların zayıflığından kaynaklanır, bu da sekresyonların birikmesine neden olmaktadır (17).

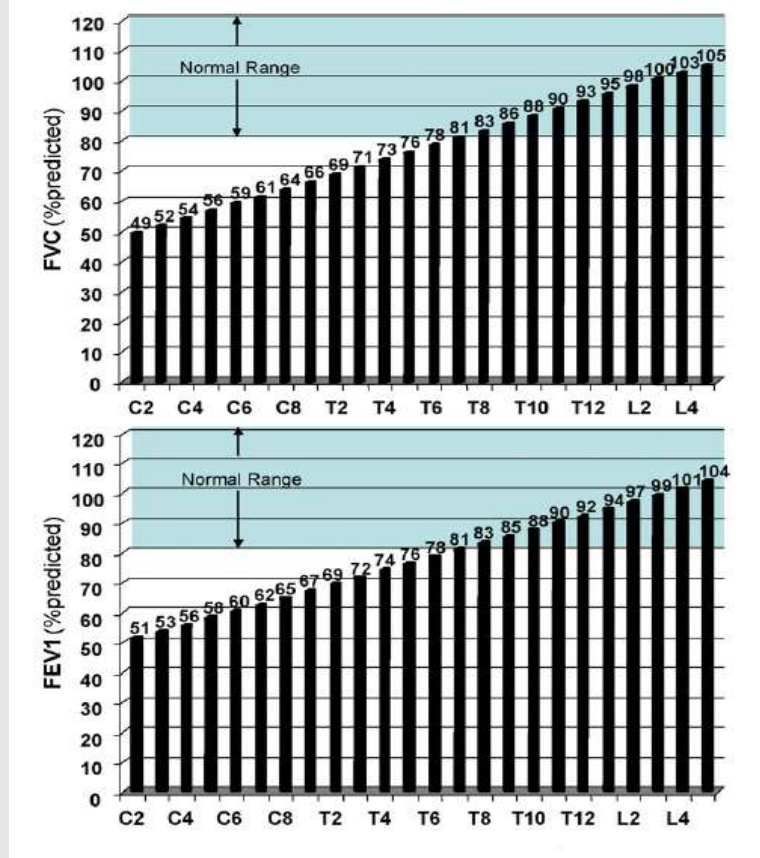
PULMONER KOMPLİKASYONLAR

Genel olarak, pulmoner komplikasyonların sıklığı, solunum bozukluğunun derecesine ve lezyon seviyesinin yüksekliğine paralel olarak artmaktadır. Son on yılda sağkalımdaki iyileşmelere paralel olarak, solunumsal komplikasyonların sıklığı azalma eğilimi göstermektedir. En sık görülen pulmoner komplikasyonlar aşağıda belirtilmiştir.

Solunum fonksiyon parametrelerinde bozulma

Akciğer fonksiyon parametreleri en düşük değer, SKY'den hemen sonra meydana gelir ve yaralanmadan sonraki ilk yıl içinde belirgin şekilde artar. Düşük seviye tetraplejik (C6 – C8) hastalarda, beklenen FVC (%FVC) yüzdesi, lezyon seviyesi kaudale indikçe, vertebral seviye başına %9 oranında artmaktadır. Torasik ve lomber lezyonl seviyeleri için ise kaudale doğru düşen her bir omurga için %FVC değerini %1 arttırır. Linn ve ark. (22) çalışmasından uyarlanmış olan spinal kord yaralanma seviyelerini beklenen %FVC ve %FEV1 değerleriyle korelasyonu Şekil-2'de verilmiştir. Yaralanmanın tipi de %FVC'yi etkilemektedir. Yüksek lezyon seviyeli ve tam kesi lezyonu olmayan (ASIA B ile D) kişilerde, %FVC, tam kesi lezyona (ASIA A) sahip olanlardan yaklaşık %16 daha yüksek olduğu bildirilmiştir (10, 22). Tetraplejik ve yüksek seviyeli paraplejik hastalarda spirometrik ve akciğer hacim çalışmaları, vital kapasite (VC), FEV1, maksimal orta-ekspiratuar akış (MMEF), tepe ekspiratuar akım (PEF), total akciğer kapasitesi (TLC), maksimum istemli ventilasyon (MVV), ekspiratuar rezervi hacmi (ERV) ve inspiratuar kapasite (IC) önemli azalma, rezidüel volümde (RV) belirgin bir artış ve fonksiyonel rezidüel kapasite (FRC) de az veya hiç değişiklik olmayan nöromüsküler zayıflığa bağlı olarak restriktif disfonksiyon geliştiği bildirilmiştir (22). Tetraplejik hastalarda tidal volüm (Vt), dakika ventilasyon (Ve) ve ortalama inspiratuar akımın (tidal hacim/inspiratuar süre: Vt/Ti) azaldığını saptanmıştır (22). Pulmoner fonksiyon parametreleri, ölçüldükleri vücut pozisyonuna göre değişmektedir. SKY'li bireylerde, sağlıklı bireylerin aksine FVC ve FEV1 değerleri oturma pozisyonuna göre sırtüstü pozisyonda anlamlı olarak daha yüksek çıkmaktadır (17). Tetraplejik hastalar supin pozisyonda dik duruş pozisyonu kıyasla daha iyi pulmoner mekaniklere sahip olduğuna dikkat edilmelidir. Supin pozisyonunda vital kapasitedeki artış, yer çekiminin abdominal

içeriğe etkisi ve rezidüel hacimde eşzamanlı azalma ile ilişkilidir (23). Oturma pozisyonunda abdominal içeriğin, abdominal duvar kas tonusu azalması ile daha az desteklenmesi ve öne doğru düşmesi, bel çevresinin artmasına ve diyaframın yerçekimi ile birlikte daha aşağıya düşmesine neden olur. Sağlıklı olgularda, sırtüstü pozisyonda FVC değerleri düşük çıkarken tetraplejik bireylerde bu değerler artmaktadır (8).



Şekil-2: Spinal kord yaralanma seviyelerine göre beklenen %FVC ve %FEV1 değerleriyle korelasyonu (Linn etal.2001 çalışmasından uyarlanmıştır).

Solunum kas kuvvetinde azalma

Genel inspiratuar ve ekspiratuar kas gücünün belirteci olarak kabul edilen maksimum ağız statik solunum basınçlar; maksimum inspiratuar basınç (MİP) ve maksimum ekspiratuar basınç (MEP) değerleri tetraplejik bireylerde sağlıklı bireylere göre önemli derecede azalmaktadır. SKY'li hastaların ekspiratuar kas fonksiyonları daha fazla etkilendiğinden MEP değerleri MİP değerlerinden daha fazla azalmaktadır (17, 24). Statik ağız basınçlarının, tam motor lezyonları olan kişilerde yaralanma seviyesi ile ilişkili olduğu, ancak tam kesi lezyonu olmayanlarda ilişkili olmadığı bildirilmiştir (25).

Dispne

Efora ağırlı nefes darlığı prevelansının yüksek lezyon seviyeli bireylerde daha fazla olduğu varsayılmaktadır. Bununla birlikte, bazı yüksek seviyeli hastalarda efora bağlı nefes darlığı olmayabilmektedir, çünkü tetraplejik bireylerde nefes darlığı algısı anormal olabilmektedir. Grandas ve ark. (26), SKY'li bireylerde konuşma, yemek yeme, giyinme, soyunma ve dışarıya

çıkma gibi günlük yaşam aktiviteleri sırasında dispne düzeyini değerlendirdiği çalışmasında, katılımcıların %23,5'nde günlük yaşam aktiviteleri sırasında sıklıkla dispne yaşadıklarını bildirmiştir. Bu hastaların %17,7'si birkaç dakikadan fazla konuştuğunda bile nefes darlığı yaşadıklarını belirtmişlerdir. Diğer hastalarda, konuşma sırasında dispne hissinin nadir olduğu ve dispne prevalansının aktiviteyle değiştiği görülmüştür (%3,4-14,3). Yüksek lezyon seviyeli kişilerde artmış nefes darlığının mekanizması net değildir. Sağlıklı kişilerde belli bir efor sırasında, en az egzersiz kapasitesine sahip olan kişiler en fazla nefes darlığı sergilemektedirler. Buradan yola çıkarak SKY'li bireylerde nefes darlığının lezyon seviyesiyle ilişkili olduğu sonucuna varılabilir, çünkü daha yüksek lezyon seviyeli hastalarda kas paralizisi, sınırlı strok hacmi ve egzersize kronotropik yanıtlar egzersiz kapasitesini sınırlıdır. Ayrıca, sempatik sinir sistemi üzerinde supraspinal kontrol kaybı, düşük plazma hacmi ve periferik venöz göllenme kardiyak ön yükü azaltarak egzersiz kapasitesini düşürerek efor dispnesine neden olduğu düşünülmektedir (27).

Atelektazi

Atelektazi SKY'li hastalarda en sık görülen solunumsal komplikasyondur. Servikal ve torasik lezyonlu bireylerin %37'sinde atelektazi görüldüğü bildirilmiştir. Atelektazi akut SKY'li hastalarda pnömoniye ve solunum yetmezliğine yol açabilmektedir (10). Akciğerde havasızlık durumu olan atelektazi, klinik veya radyografik olarak teşhis edilmektedir. Atelektazi, solunum kaslarının zayıf olması, abdominal içeriğin diaframa doğru bası yapması, bronşiyal sekresyonların birikmesi ve zayıf öksürük akciğerlerin genişlemesinde yetersizliğe sekonder olarak ortaya çıkmaktadır. SKY'li bireylerde alveollerin azalan genişleme kabiliyeti, sürfaktan salgılamasında önemli bir azalmaya yol açarak atelektazi gelişimine katkıda bulunmaktadır.

Aşırı sekresyon

Yüksek seviyeli lezyonlarda aşırı bronşiyal mukus sekresyonu yaralanmadan 1 saat sonra ortaya çıkabilmektedir. Aşırı sekresyon akut tetraplejili hastaların yaklaşık %40'ında görüldüğü bildirilmiştir. Sekresyonları hem miktarı hem de kimyasal içerikleri anormaldir, ancak bu anormallik sonraki aylarda normale dönme eğilimindedir. Bu durum bronşiyal mukus bezi salgılarının nöronal etkisini düşündürmektedir. Aşırı mukus sekresyonunun, yaralanmadan sonra sempatik kontrol ve vagal aktivitenin yitilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. SKY sonrası parasempatik dengesizliğin bir sonucu olarak, bronş spazmı, artmış vasküler tıkanıklık ve azalmış mukosilyer aktivite görülmektedir (28). Hastalarda hava yolu silialarının hareket hızının da adrenerjik innervasyondan etkilendiği bildirilmiştir (11). Etkisiz öksürük ve bronkospazmlar ile artan sekresyonlar, ilk 5 gün boyunca yaygın olarak görülen mukus tıkaçlarına yol açmaktadır.

Öksürük

Abdomen anterolateral duvarının kasları ve ekspiratuar interkostaller de dahil olmak üzere major ekspiratuar kasların fonksiyonlarındaki kayba bağlı olarak tetraplejik ve yüksek lezyon seviyeli paraplejik hastalarda öksürük etkinliği azalmaktadır. Pektoralis major kasının klaviküler parçası tarafından modüle edilen öksürük, pasif bir süreçten ziyade aktiftir ve kas kasılması, tetraplejili olguların önemli bir kısmında ekspiratuar çabalar sırasında dinamik

hava yolu basısına neden olur. SKY'li hastalarda abdominal ve internal interkostal kaslarda innervasyon kaybı zorlu ekspirasyon yapma yeteneğini kaybetmektedir (29). Etkisiz öksürük ile düşük ekspiratuar basınçlar sıklıkla SKY'de mukus tıkanması ve atelektaziye neden olmaktadır (30).

Pulmoner ödem

Pulmoner ödem, SKY'li hastaların tedavi sürecinin yönetimini komplike hale getiren diğer bir durumdur. Pulmoner ödem, artmış akciğer suyu durumu olarak tanımlanmaktadır. Hastanın derin nefes almadaki yetersizliği nedeniyle fizik muayeneye duyarsız olabilir. Pulmoner ödemin etiyojileri akut respiratuar distres sendromu (ARDS), kardiyojenik, sıvı yüklenmesi, enfeksiyon veya doğrudan travma olduğu düşünülmektedir. Pulmoner ödem akut tetraplejili hastaların %50'sinde görülmektedir (31).

Pnömoni

Pnömoni, akciğer dokusunun iltihaplanması olarak tanımlanır ve genellikle altta yatan bir enfeksiyon vardır (31). Pnömoni insidansı, mekanik ventilasyona maruz kalanlarda entübe geçen her gün için %1 ila %3 oranında artma riski taşımaktadır.

Solunum yetmezliği

SKY sonrası akut solunum yetmezliğin nedeni, atelektazi, pnömoni ve sekresyon birikimine bağlı ventilasyon/perfüzyon uyumsuzluğundan kaynaklanan hipoksemi veya solunum kas güçsüzlüğünden kaynaklanan hiperkarbi sonucu gelişmektedir. Akut solunum yetmezliği riski, lezyon seviyesiyle ilişkilidir (10). Solunum yetmezliği, oda havasında $PCO_2 > 50$ mmHg ve/veya $PaO_2 \leq 50$ mmHg olarak tanımlanır. C1-C4 yaralanmalı hastaların %40'ında, C5-C8 yaralanmalı hastaların %23'ünde ve torasik seviye lezyonların %9,9'unda solunum yetmezliği görüldüğü bildirilmiştir (31). Yaklaşmakta olan solunum yetmezliğinin belirtileri arasında taşipne, ilerleyici desatürasyon ve vital kapasitede azalma sayılabilir. Pulmoner komplikasyonlar arasında solunum yetmezliği en uzun süreye sahiptir ve ortalama 35,9 gün sürmektedir.

Bronkospazm

Akut servikal lezyonlarda görülen otonomik değişiklikler nedeniyle astım öyküsü olmayan bireylerde bile bronkospazm rutin olarak görülmektedir. Bu hastalarda bronkospazma karşı bronkodilatör kullanımı gerektirir. Bronkodilatör tedavisi gören tetraplejik hastaların FVC değerlerinin %41-50 oranında anlamlı olarak iyileştiği saptanmıştır.

Obstrüktif uyku apnesi

SKY sonrası en önemli uyku ile ilişkili solunum problemi obstrüktif uyku apnesidir (OSA). Uyku apnesi SKY hastalarının %15-60'ında görülür. Servikal lezyonların doğrudan bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır ve ilk yılda hastaların %83'de görülmektedir (32). Olası nedenleri ise solunum ve faringeal dilatör kasları arasındaki zayıf koordinasyonu, azalmış akciğer hacimleri ile ilişkili olarak azalmış faringeal kesit alanı ve orofarengeal duvarın mukozal ve damar duvarlarının korunmamış parasempatik stimülasyonu ile muhtemelen kalınlaşması

olduğu düşünülmektedir (17). Gürültülü horlama, uyku bozukluğu, apne, gece nefesin kesilmesi, boğulma, gündüz uyuklama ve yorgunluk en önemli belirtileridir.

SOLUNUM DEĞERLENDİRMESİ

Spinal kord yaralanmalı hastaların değerlendirilmesi, lezyon seviyesini mümkün olduğunca doğru tespit etmek için kapsamlı hasta hikayesini, nörolojik ve fiziksel değerlendirmeleri içermelidir. Hastanın yaşı, kilosu, cinsiyeti, eğitim durumu gibi demografik bilgilerinin yanısıra, yaralanma öncesi solunumla ilgili hastalık varlığı, ilaç kullanımı, sigara içme öyküsü sorgulanmalıdır. Nörolojik yaralanma seviyesinin bilinmesi hastanın olası solunum fonksiyon bozukluğunun belirlenmesinde yardımcı olacaktır. Fiziksel değerlendirme, hastanın yüz ifadesi, burun kanatlarının hareketi (hastada solunum yetmezliğinin ve yardımcı solunum kaslarının kullandığını belirtisi), solunum frekansı, solunum derinliği, solunum tipi, inspirasyon/ekspirasyon oranı ve paradoksal solunum durumu gözlemlenip not edilmelidir. Palpasyonla hastanın göğüs kafesi deformateleri (sternum, kostaların durumu), lezyon seviyesine bağlı olarak etkilenen solunum kaslarında tonus kaybı veya spastisite durumu değerlendirilmeli. Hasta sakın solunum sırasında göğüs duvarına eller yerleştirilerek ventilasyon simetrisi değerlendirilmelidir. Asimetrik göğüs hareketleri atelektazi veya pnömotoraksi düşündürmektedir. Göğüs çevre ölçümü hasta nötral, inspirasyon ve ekspirasyon sırasında değerlendirilerek göğüs duvarı mobilitesi hakkında bilgi edinilmelidir (Şekil-3). Ayrıca, hastanın vital kapasitesi uygun şekilde belirlenmelidir. Vital kapasite, ilk birkaç gün boyunca sık izlenmelidir. C5-C6 seviye lezyonu olan bireylerde, ilk hafta içinde vital kapasitede %30-%50 oranında azalma olabileceği ileri sürülmüştür (11). Öksürüğün değerlendirilmesi, bireyin öksürmesini isteyerek subjektif olarak veya pik-flow metre kullanılarak tepe öksürük akışı değerlendirilmelidir. Solunum sesleri (ral, ronkus, wheezing) değerlendirilir. Arterial kan gazı analizleri de SKY'li hastalarda önemlidir (30). Arterial kan gazı analizi pulmoner disfonksiyonun genel etkisini değerlendirmek için sık kullanılmaktadır. Arteriyel oksijen parsiyel basıncı (PaO₂) atelektazinin değerlendirilmesi için daha duyarlı bir araç olarak kabul edilmektedir. Arteriyel karbondioksit parsiyel basıncı (PaCO₂) ventilasyon anormalliklerini değerlendirmek için kullanılır. Sürekli izleme gerektiğinde, pulse oksimetre kullanımı tercih edilebilir. Hastanın solunum fonksiyonları spirometre ölçümü ile solunum kas kuvveti ise maksimum inspiratuar basınç (MIP), maksimum ekspiratuar basınç (MEP) veya sniff nazal inspiratuar basınç ile değerlendirilerek kaydedilmelidir.

SOLUNUM SİSTEMİ KOMPLİKASYONLARINDA PULMONER REHABİLİTASYON

Solunum sistemi komplikasyonları SKY'da yaygın ve iyi bilinen bir problem olmakla birlikte, yönetimi hakkında çok az bilgi vardır, mevcut uygulamalar esas olarak klinik deneyim ve uzman görüşlerine dayanmaktadır. SKY tedavisinde deneyimli profesyonellerle multidisipliner yaklaşımlar hastaların solunum komplikasyonları geliştirme riskini azaltmaktadır. SKY'de erken dönemde sekresyonların ve atelektazinin yönetimi hastaların sonuçlarını iyileştirdiği belirtilmişti (33). Erken dönemde rehabilitasyonun amacı, akciğerlerin ekspansiyonunu sağlamak ve sekresyonların temizlenmesidir. SKY'li hastalarda sekresyonları

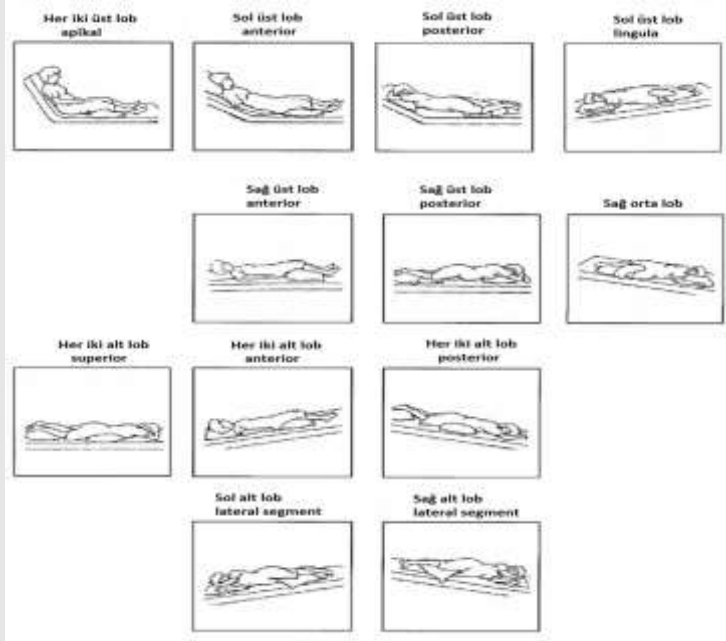
azaltmak ve atılımını sağlamak, ventilasyonu artırmak için yaygın olarak kullanılan teknikler, postüral drenaj, perküsyon, vibrasyon, glossofaringeal solunum, diafragmatik solunum, segmental solunum, öksürük teknikleri ve aspirasyonu gibi yaklaşımları içermektedir. Sekresyonları mobilize eden müdahalelerin, mukus tıkaçlarının gelişimini, atelektazi, pnömoni ve solunum yetmezliğini önlemek için gereklidir ve yaralanmadan hemen sonra başlatılmalıdır. Ayrıca, ventilasyonu artırmak için solunum kaslarının eğitimi, noninvazif pozitif hava basıncı desteği ve yüksek tidal volüm mekanik ventilasyon yöntemlerinden de destek alınmaktadır.



Şekil-3: Göğüs çevre ölçümü

1. Postural Drenaj

Postural drenaj yerçekiminin yardım edeceği şekilde hastayı özel pozisyonlara yerleştirerek akciğerlerin etkilenmiş loblarını sekresyonlardan temizleme tekniğidir (Şekil-4). Hasta immobil ise sekresyonları mobilize etmek için postural drenaj ve pasif pozisyonlama teknikleri ile yerçekimini kullanarak sekresyonların mobilizasyonunun fasilite edilmesi hedeflenir. Bu tekniğin amacı, sekresyonları akciğerlerin en periferel bölgelerinden ana hava yoluna taşımak ve taşınmış olan bu sekresyonlar öksürük veya diğer aspirasyon yöntemleri kullanılarak çıkarılmasına destek sağlamaktır. Hastanın etkilenen akciğer alanı üstte kalacak şekilde pozisyonlanması, yer çekiminin drenaja yardımcı olmasını sağlar. Her pozisyon (Trendelenburg, sırtüstü, yüzüstü, sol ve sağ tarafa yatma) toleransa bağlı olarak en az 5 ila 10 dakika tutulmalıdır. Hastanın durumuna göre günde 2-6 defa (koyu sekresyon), tüm akciğer temizlemek isteniyorsa 30-45 dakikayı geçmemesine özen gösterilmelidir. Postural drenaj sonrası yoğun solunum egzersizleri uygulanmalıdır (34).



Şekil-4: Postür al drenaj pozisyonları

2. Perküsyon ve Vibrasyon

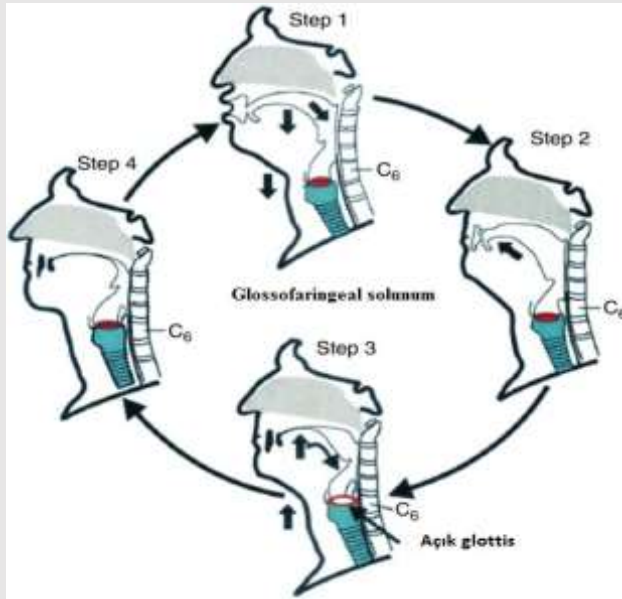
Perküsyon ve vibrasyon, göğüs duvarına oluşturdukları enerji dalgası ile hava yollarındaki sekresyonların temizlenmesine katkı sağladığı düşünülen özel tekniklerdir (Şekil-5). Perküsyon, akciğerin etkilenmiş bölgesinde göğüs duvarı üzerine kubbe şekli verilmiş elle ritmik olarak “clapping” uygulanmasıdır. Her akciğer segmenti üzerine 1-2 dakika boyunca uygulanır. Vibrasyon ise aynı bölgeye ekspirasyon fazı sırasında elle vibrasyon, shaking ya da kompresyon uygulanmasıdır. Vibrasyon, hasta derin bir nefes aldıktan sonra ekspirasyon fazı sırasında hastanın göğüs kafesi üzerinde iki el üst üste konularak enerji dalgaları yaratarak etkilenen bölgeden sekresyonların mobilize edilmesi hedeflenir. Bu teknikler postural drenaj ile birleştirilebilir. Kardiyovasküler sistemin instabilitesi, pnömotoraks, pulmoner emboli, belirgin plevral efüzyon, stabil olmayan omurga, kafa içi basınç artışı, akut hemoptizi, kırık kaburgalar, göğüs yanıkları ve yaralar bu tekniklerin uygulanması için kontrendike durumlardır. Perküsyonda sürekli aynı noktaya vurulmamalı, büyük kemikler, vertebralar ve 11-12. kostalara perküsyon yapılmamalıdır (35).



Şekil-5: Perküsyon ve vibrasyon uygulaması

3. Glossofaringeal solunum

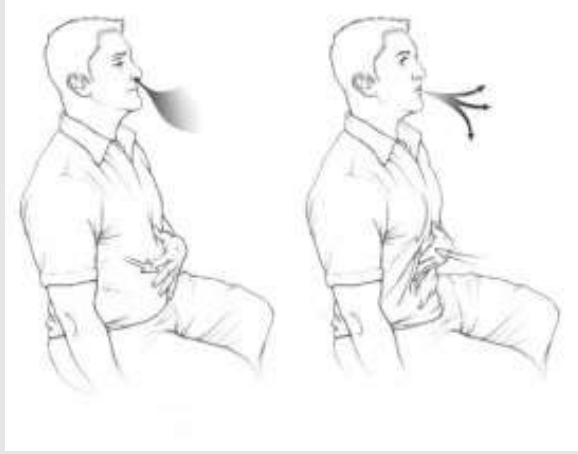
Glossofaringeal solunum, solunum kasları zayıf veya paralitik olan kişilerde uygulanan önemli solunum şeklidir (Şekil-6) (36). Yüksek seviyeli SKY'li kişilerde poliomyelit gibi vital kapasitesi düşük etkili öksürmesi olmayan hastalarda akciğer hacimlerini arttırmak ve sekresyonların temizlenmesine yardımcı olmak için sıklıkla kullanılmaktadır. İspirasyon sırasında dudaklar, ağız, dil, yumuşak damak, farinx ve larynx havayı pompalar. Larynx havayı thorax içinde tutacak bir kapak gibi çalışır. Her bir nefes genellikle 6-9 yutkunmadan ve 40–200 ml hava içermektedir. Glossofaringeal solunumda ekspirasyon pasif gerçekleşir. Ventilatör desteği alanlarda vital kapasiteyi 1000 mL ye kadar artırdığı bildirilmiştir (37). Yutma problemi olan kronik nöromusküler hastalıklar, primer akciğer hastalıkları ve hava yolu obstrüksiyonu gibi durumlarda ise kontraendikedir



Şekil-6: Glossofaringeal solunum

4. Diafragmatik solunum

Diyafragma inspirasyon sırasında en fazla rol oynayan kasıdır. Eğer yardımcı solunum kasları solunumda daha fazla rol alıyorsa bu durumda tedavinin amacı hastanın diyafragmatik solunumunu arttırmaktır. Diafragmatik solunumda amaç inspirasyon sırasında diyaframanın etkin olarak aşağı inmesi, ekspirasyon sırasında ise yukarı çıkmasıdır. Uygulama sırasında hasta rahat ve yerçekiminin diaframa yardımcı olacağı yarı yatar pozisyonda pozisyonlanmalıdır. Omuz ve boyun bölgesindeki kasları gevşek olmalıdır. Fizyoterapist bir elini hastanın göğsünün üzerine diğer elini de abdomene yerleştirir. Hasta yavaşça burundan nefes alır. Hasta inspirasyon yaptığı sırada hava akciğerlere doldukça fizyoterapistin abdomendeki elini yukarı doğru yükselmesi gerekir. Göğüs üzerinde yerleşmiş olan elin altında fazla hareket olmaması gerekir. Hasta ekspirasyon yaparken abdominal bölgedeki elin içeri doğru hareketi sağlanır. İspirasyon yaparken abdominal bölgeye uygulanan basınç azaltılır (Şekil-7). Bunu 3-4 kez tekrar etmeli, hiperventilasyon yapmaması için dikkatli olunmalıdır (6).



Şekil-7: Diafragmatik solunum

5. Segmental solunum

Lokalize solunum egzersizleri olarak da bilinir. Havanın direkt olarak daha önceden planlanan göğüs duvarının belli bölgeleri uygulanan basınçla oluşan proprioseptif uyarandan yararlanılarak o bölgelerin daha iyi genişlemesi veya havalanması sağlanır (Şekil-8). SKY'li hastalarda atelettazi, pnömoni gibi durumlarda akciğerlerin belli bazı bölgelerinde hipoventilasyonun ortaya çıktığı bilinmektedir. Apikal ekspansiyon, lateral kotal ekspansiyon, posterior basal ekspansiyon ve sağ orta lob veya lingula ekspansiyonu gibi segmentlere ayrılarak uygulanmakta. Segmental solunum uygulamasında amaç, dispneyi kontrol etmek, alveolar ventilasyonu ve oksijenasyonu arttırmaktır. Ayrıca, göğüs duvarı mobilitesinin gelişmesi, sekresyon birikimini önlemede, paradoksal solunumu azaltmada faydalı olduğu düşünülmektedir. Uygulama sırasında hastadan derin bir inspirasyon ve takibinde sakın bir eksprasyon yapması istenir. Egzersiz birkaç kez tekrarlandıktan sonra hastanın hiperventile olmaması ve baş dönmesi olmasın diye çalışmaya ara verilip hastadan gevşemesi istenir (37).



Şekil-8: Segmental solunum

6. İnsentif Spirometre

İnsentif spirometre, hastayı görsel veya işitsel geribildirim yolu ile istemli derin nefes almaya yönlendiren bir araçtır (Şekil-9). Uygulamadaki amaç, derin soluk alarak akciğerleri şişirmek, sekresyonları hareketlendirmek, öksürme refleksini uyarmak ve solunum kaslarını güçlendirmektir. Fonksiyonel rezidüel kapasiteden başlanarak, ideal olarak total akciğer kapasitesine ulaşılan kadar yapılan, yavaş, uzun ve derin bir inspirasyonun ardından, 3-5

saniye süre ile nefes tutulmasından oluşur (38). Uygulama sırasında yardımcı solunum kaslarının kullanımından kaçınılmalı ve ekspirasyon, solunum egzersizlerinde olduğu gibi, pasif olmalıdır. Akut respiratuar alkaloz gelişiminin önlenmesi amacıyla manevralar arasında en az 30 saniye ile bir dakika dinlenilmesi gerekir. Sağlıklı bireyler genellikle saatte ortalama altı kez derin nefes aldıklarından, insentif spirometre uygulamasının (hastanın uyanık olduğu) her saat başı en az 5-10 defa tekrarlanması önerilir (39). İnsentif spirometre kullanımının SKY'li hastalarda inspiratuar kapasitenin azalması ve ekspiratuar basınç ve akışlarda azalma sonucu sekresyonların tutulumuna bağlı olarak pulmoner komplikasyonların gelişmesinin önlenmesinde ve azaltılmasının önemli role sahiptir. Ayrıca, nöromusküler koordinasyonu gelişmesine katkıda bulunarak, hastaların bilinçli olarak daha derin ve daha yavaş nefes almalarını sağlamaktadır(38).



Şekil-9: İnsentif Spirometre

7. Yardımlı Öksürme Teknikleri

Spinal kord yaralanmalı bireylerde bozulmuş öksürük fonksiyonu, solunum yolu enfeksiyonu veya trakeostomi tüpünün varlığından kaynaklanan sekresyonların birikimine yol açar. Solunum kas zayıflığı olan böyle hastalarda sekresyonlarla başa çıkmak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir (3). Yardımlı öksürme teknikleri bunlardan biridir ve burada amaç etkili öksürük gücü oluşturmaya yardımcı olmaktır. Genellikle postural drenaj, IPPB ve “insufflasyon-eksufflasyon” ile kullanılır. Başarılı bir öksürük elde etmek için hızlı ve güçlü bir ekspirasyonun ardından büyük bir inspiratuar çaba göstermek gerekmektedir. Ekspiratuar kas zayıflığı olan hastalarda manuel yardımcı öksürme ve mekanik “insufflasyon-eksufflasyon” kullanılması gerekebilir.

7.1. Manuel Yardımlı Öksürme

Manuel yardımcı öksürme, zorlu ekspirasyon sırasında torakal kafese veya epigastrik bölgeye eksternal manual basınç uygulanmasıdır (Şekil-10). Ekspirasyon akımının hızı artırılarak sekresyonların trakeaya hareketinin sağlanması amaçlanır. Bu manevra, normal öksürüğü taklit etmeye çalışır, akciğerlerin en alt bölgelerindeki sekresyonları hareket ettirmeye yardımcı olur. Tekniği uygulayan fizyoterapist, elin hastanın göğüs kafesinin altına, xiphoid çıkıntı ile göbek arasına koyar, hastanın istemli ekspirasyonu veya öksürmesi ile yukarı ve içe doğru basınç uygulanır. Dışarıdan uygulanan bu sıkıştırma kuvveti, paralize olmuş internal interkostal ve abdominal kasların görevini görür. Etkinliğini artırmak için uygulamadan önce, sekresyonları inceltmek için nebulize edilmiş salin uygulanması önemlidir. Stabil olmayan

omurga, internal abdominal komplikasyonlar, kaburga kırıkları ve vena kava filtresi olan olgularda uygulanması kontrendikedir (3, 34).



Şekil-10: Manuel yardımcı öksürme

7.2. Mekanik Yardımlı Öksürme (İnsufflasyon-Eksufflasyon)

Mekanik yardımcı öksürme “insufflasyon-eksufflasyon”, pozitif basıncın ardından negatif basınç uygulanarak öksürüğün taklit edilmesi amacıyla geliştirilmiş bir cihazdır. SKY sonrası ekspiratuar kas zayıflığı gelişen hastalarda sekresyonların temizlenmesinde etkin bir yöntemdir. Bu işlem, mekanik bir cihaz (Cough-Assist) kullanılarak hava yoluna (insufflasyon) pozitif basınç uygulanarak, bu pozitif basıncın hemen ardından negatif basınca (eksufflasyon) dönüştürülmesiyle başlatılır (Şekil-11). Kısa sürede (<0.02 s) bu ani basınç değişimi, akciğerde birikmiş olan sekresyonları dışarıya çekebilecek kadar güçlü bir hava akımı oluşturur. Her bir seans 6–8 döngüden (1 döngü genellikle 2 saniyelik insufflasyon ve 3 saniyelik eksufflasyondan oluşur), yaklaşık ± 40 cm H₂O basınçla gerçekleşir, 10 L/s'lik bir ekspiratuar akış oluşturur. Hastalarda hiperventilasyonu önlemek için 5–10 dakika dinlenme arası verilmelidir. ± 30 cmH₂O'den düşük basınçlar sekresyonları çıkartmada etkisizdir (40). 40–60 cmH₂O'luk basınçlardaki insufflasyonun hemen ardından -40 ile -60 cmH₂O'luk eksufflasyon basıncı en etkilidir ve en sık tercih edilir. Çoğu SKY'li hasta, üst solunum yolları veya geniş çaplı erişkin trakeostomisi veya translarengeal tüpler yoluyla insufflasyon ve eksufflasyon için 35 ila 45 cm H₂O basınç kullanmaktadır. Mekanik yardımcı öksürme, trakeotomi, yüz maskesi veya ağızlıkla uygulanabilir ve manuel yardımcı öksürmeden daha etkilidir, derin endotrakeal aspirasyon ihtiyacını azaltır akciğerler için daha az rahatsız edici ve hasta için daha rahat bir uygulamadır (41). Kontrendike olduğu durumlar ise barotravma öyküsü ve pulmoner bül varlığıdır (34).



Şekil-11: Mekanik Yardımlı Öksürme (İnsufflasyon-Eksufflasyon)

8. Solunum Kas Eğitimi

Spinal kord yaralanması sonrası kişilerde solunum kaslarının fonksiyonlarında bozukluk ve solunum komplikasyonları geliştirme riskinin artması solunum kas eğitimi endikasyonu olarak kabul edilmektedir (42). Göğüs duvarı ve pulmoner kompliansta azalma, zayıflamış solunum kaslarında mekanik yüklenmeyi artırır. Yüklenme ve solunum kas kapasitesi arasındaki dengesizlik sonucu, öksürme yeteneğinde azalma görülmektedir. İspiratuar kas zayıflığı solunum kaslarının kuvvet oluşturma kapasitesinde bozulma olarak, inspiratuar kas yorgunluğu ise yükleme ile kas aktivitesi sonrası kasların hız ve kuvvet oluşturma kapasitesinde kayıp olarak ifade edilir. Solunum kas eğitimi genellikle inspiratuar kas eğitimi olarak uygulanmakta ve SKY tarafından etkilenmeyen (veya kısmen etkilenmiş) solunum kaslarının dayanıklılığını ve direncini artırmak için inspirasyon sırasında direncin kullanılması içermektedir. İspiratuar kas eğitimi amacıyla, en yaygın olarak kullanılan yöntem olan inspiratuar eşik yüklemesi, ilk olarak Nickerson ve Keens (43) tarafından tanımlanmıştır. Nickerson ve Keens tarafından tanımlanan bu prensipler göz önüne alınarak aynı amaçla kullanılmak üzere inspirasyona direnç sağlayan yaylı valflere sahip, küçük, taşınabilen ve evde kolaylıkla uygulanabilen eşik yüklemeli inspiratuar kas eğitimi aleti geliştirilmiştir (Şekil-12). Kuvvetlendirme eğitimi kapalı glottise karşı maksimal inspiratuar eforun tekrarlı yapılmasını gerektirir. Maksimal inspiratuar akış hızını arttırmak için inspiratuar eğitim, maksimal inspiratuar eforun tekrarlanmasıyla sağlanır. Hem MİP hem de maksimal inspiratuar akış hızı arttırmak için inspiratuar kas eğitimi ise, ortadan şiddetliye basınç veya akış yüklemeli eksternal dirence karşı inhalasyon yapılmasını gerektirmektedir. Tipik bir inspiratuar kas eğitimi programı, hastanın günde 2-3 defa 15–30 dakika boyunca ek bir inspiratuar basınç üretmesini gerektirecek şekilde planlanmaktadır (44). Uygulama sırasında aşırı basınçların solunum kas yorgunluğuna ve hiperkapniye neden olabilmesine rağmen, uygulanacak optimal inspiratuar basınçlar henüz bilinmemektedir. Solunum kas eğitiminin, tetraplejik hastalarda eğitim süresi boyunca solunum kas kuvveti, fonksiyonu ve dayanıklılığını önemli ölçüde artırdığı bildirmiştir. Bununla birlikte, vital kapasite, MIP, MEP, maksimum istemli ventilasyon ve inspirasyon kapasitesini geliştirdiği sonucuna

varılmıştır (45). Sistematik derlemeden solunum kas eğitiminin ekspiratuar kas kuvveti, vital kapasite ve rezidüel hacmi iyileştirme eğiliminde olduğu, inspiratuar kas gücü, solunum kas dayanıklılığı, yaşam kalitesi, egzersiz performansı ve solunumsal komplikasyonlar üzerindeki etkilerle ilgili sonuçlara varmak için yeterli kanıtı mevcut olmadığı bildirilmiştir (46). Her ne kadar fizyolojik açıdan yetersiz kanıtlar olsa da, en azından ventilatör kesme aşamasında solunum kas eğitiminden destek alınması ek yarar sağlayacaktır. Solunum kas eğitimine hasta spontan solunum sürelerini tolere edebildiğinde başlanmalıdır. Başlangıçta, direnç günde iki kez maksimum 1 dakika süreyle 7–10 cmH₂O'ya ayarlanmalıdır. İnspiratuar kuvvet geliştikçe direnç, sıklık ve süre kademeli olarak artırılmalıdır (34). Solunum kas güçsüzlüğü ve solunum yetersizliği, tetraplejiklerin solunum kaslarının yorulmasına yol açmasına neden olur, ancak önemli eğitim çabaları performansı artırabilir.



Şekil-12: İnspiratuar kas eğitimi cihazı

9. Noninvazif Mekanik Ventilasyon (NIMV)

Son yıllarda, akut durumlar haricinde, solunum desteğinin kesilmesi durumunda ve gece uzun süreli oksijen desteği gerektirdiği hipoventilasyonlu SKY'li hastalarda NIMV kullanımı önerilmiştir. NIMV kullanmak için, hasta koopere olmalı ve tıbbi olarak stabil olmalıdır (47). Genellikle bu tip destek, ekspirasyon ve/veya inspirasyon sırasında hava yolunda pozitif basınç sağlamak için kullanılır. Hastalar kullanım rahatlığı, yutma ve konuşmaya izin vermesi gibi nedenlerden dolayı NIMV'yi tercih etmekte. Trakea tahrişine neden olmadığı için sekresyonlarda azalma, daha az hastaneye yatış ve daha düşük bakım maliyeti diğer avantajlarıdır. Çeşitli tiplerde pozitif basınç desteği vardır, ancak SKY'li hastalarda en yaygın kullanılanlar sürekli pozitif hava yolu basıncı (CPAP), iki seviyeli pozitif basınç (BIPAP) ve aralıklı pozitif basınçlı solunumdur (IPPB). Sürekli pozitif hava yolu basıncı (CPAP), hava yoluna inspirasyon ve ekspirasyon boyunca pozitif basınç uygulanmasıdır. Hastanın inspiratuar eforundan bağımsızdır. Atelektazinin tedavisinde, spontan solunumu olan hastalara maske aracılığıyla aralıklı (periyodik) olarak uygulanır. CPAP uygulamasının vital kapasite ve fonksiyonel rezidüel kapasiteyi arttırdığı saptanmıştır (48). Tetraplejik kişilerde OSA için CPAP'a ihtiyaç duyulmaktadır, ancak üst ekstremit motor disfonksiyonu, maskelerin takılıp-çıkarılması için bakıcı desteği önemli gereksinimlerdir. Yapılan çalışmada, iki seviyeli pozitif basınç (BiPAP) uygulamasının hastaların akciğer ventilasyonuna katkı sağladığı ve atelektazinin tedavisinde etkin olduğu saptanmıştır (49). Aralıklı pozitif basınç

solunumu (IPPB), spontan solunumu olan hastalarda kullanılan inspiratuar pozitif basınç uygulanmasıdır. IPPB'nin inspiratuar fazı, alveoler basıncı artırır; ekspirasyon sırasında hava yolu basıncı atmosfer basıncına geri döner. IPPB, diğer uygulamalara cevap vermeyen kesin tanısı konmuş atelettazinin tedavisi amacıyla kullanılır (50)(Şekil-13).



Şekil-13: Aralıklı pozitif basınç solunumu (IPPB)

10. Aspirasyon

Endotrakeal tüp veya trakeostomi yolundan büyük hava yollarındaki sekresyonların uzaklaştırılması ve öksürmenin stimüle edilmesi amacıyla kullanılır (Şekil-14). Orofarengeal, kan, mukus veya gastrik içeriği gibi oluşan sekresyonların aspiratör yardımıyla emerek ve geri çekerek temizlenme olayına aspire etmek denir. Solunum seslerinde düzelme olması, ventilatör ayarlarının normal değerlerine dönmesi, arteryel kan gazı veya oksijen saturasyonunda düzelme olması ve sekresyonların çıkarılması, aspirasyonun etkin şekilde yapıldığını gösterir (51). Aspirasyon uygulaması, entübe olmayan hastalarda nadiren kullanılır. Nazotrakeal aspirasyon, etkin öksürme becerisi olmayan ve sekresyon birikimi sorunu olan hastalarda, öksürüğün stimüle edilmesi amacıyla diğer yöntemler başarısız olduğunda yapılan bir uygulamadır. Aspirasyon, sekresyonların yönetimi ve optimal ventilasyon için çok önemlidir, ancak komplikasyon geliştirme riski olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. SKY'da aspirasyon ile görülen olası komplikasyonlar, hipoksi, hipotansiyon, enfeksiyon, trakeal mukoza hasarı, vagal sinir uyarımı, hasta kaygısı ve artmış bronşiyal mukoza üretimidir.



Şekil-14: Aspirasyon

11. Abdominal korse

SKY'li hastalarda elastik abdominal korseler, postural hipotansiyon etkisini en aza indirmek ve solunuma yardımcı olması için kullanılır. Abdominal korseler abdominal kompliansı azaltır, toraks ve abdomen boyunca basınç aktarımını restore ederek dik duruşta diyaframın daha normal bir dinlenme pozisyonunda konumlanmasını sağlar. Sağlıklı bireylerde, abdominal korseler diyaframın hareketliliğini engellediği için toplam akciğer kapasitesini azaltır. Tetraplejik hastalarda ise abdominal korse, toplam akciğer kapasitesinde ve göğüs kafesi boyutlarında bir artışa neden olmaktadır. Abdominal korse kullanımının SKY'li bireylerde tidal hacmi %16 artırmakta, inspirasyon sırasında hem anteroposterior hem de lateral göğüs kafesi hareketliliğinde artışa neden olmaktadır. Abdominal korseler, karın duvarını destekleyerek, abdominal içeriğin yukarı doğru kaymasına olanak sağlar. Karın bağlayıcılar ayrıca akciğerin daha düşük fonksiyonel rezidüel kapasitede çalışmasına izin verir. Akciğer hacimlerini optimize eder ve abdominal kompliansı azaltarak, diyafram performansını arttıran SKY'li hastalarda solunum çabası hissini azaltır (52). Wadsworth ve ark. (53), bir abdominal korsenin sadece vital kapasiteyi, FEV1'i, pik ekspiratuar akışı ve MIP'i iyileştirmekle kalmayıp, ayrıca hastanın sesle ilgili fonksiyonlarını sürdürebileceği süreyi de arttırdığını bildirmiştir (Şekil-15).



Şekil-15: Abdominal korse

12. Diafram Pil Uygulamaları

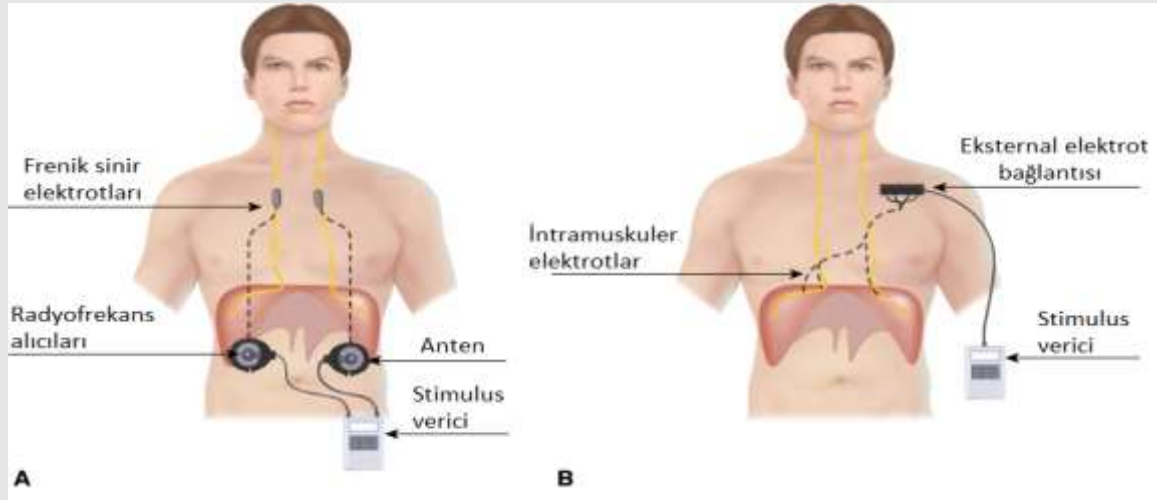
1940'lı yıllarda Sarnoff ilk kez polio sekelli hastalarda kaslara elektrik vermek suretiyle çalışmalar yapmıştır. 1960'lı yıllarda ise frenik sinir stimülasyonu (FSS) araştırmaları başlamış ve radyofrekans (RF) sistemlerinin uyarı iletiminde kullanılması ile 1988 yılında Glenn tarafından RF-FSS kombinasyonlu cihazlar geliştirilmiştir. 1990'lı yıllarda gözlenen bazı çekinceler ve amyotrofik lateral skleroz hastalığında mevcut FSS sistemlerinin yetersiz kalması sonucu direkt olarak diyaframın uyarıldığı ve frenik siniri kullanmayan sistemler geliştirilmeye başlanmıştır ve Onders ve ark. 2000 yılında diyafram pil stimülasyon sistemi kullanılmaya başlanmıştır (54). Pil uyarı sistemlerinde iki tür uygulama vardır. İlki frenik sinirin servikal veya torakal yolla erişilerek direkt uyarılması, ikincisi ise, laparoskopik yolla diyafragma kas yapısının; “motor mapping” yöntemle, uygun bölgelerinin belirlenmesiyle uyarılmasıdır (55).

12.1. Frenik sinir pil uygulaması

Frenik sinirin stimülasyonu, boyun ve göğüs bölgesinden frenik sinirin doğrudan elektriksel stimülasyon yoluyla diyafragma kasılmalarını tetiklenmesi hedeflenir (56). Bu teknikte sağlam frenik sinirlere cerrahi olarak implante edilen elektrotlarla elektrik stimülasyonu verilir ve diyaframın kasılması sağlanır. Geleneksel bilateral frenik-sinir pil uygulaması ventilatör bağımlı tetraplejik hastaları mekanik ventilasyondan kurtarmaktadır. Mekanik ventilasyonla karşılaştırıldığında, frenik sinir pil uygulaması, hastaya daha iyi mobilite, daha iyi konfor düzeyi ve daha düşük sağlık maliyetleri sunar. Bazı hastalar için, frenik sinir pil uygulaması ventilatöre tam zamanlı bir alternatif sunacak ve trakeostomi artık gerekli olmayacaktır, ancak bazı hastalara da, ventilatör ve trakeostomi gece veya gündüz saatlerce gerekli olabilir (29). Pil uygulaması ile solunumun günlük süresi, ertesi gün beklentisi dikkate alınarak diyafragmatik kasın fizyolojik iyileşmesini desteklemek için gece ventilatör desteği ile 16 ile 24 saat arasında olmalıdır (34). Force vital kapasite (FVC) 50% altında, MİP 60 cm H₂O altında, santral hipoventilasyon ve yüksek tetraplejili hastalarda başarıyla uygulanır. Frenik sinir pil uygulamasının major komplikasyonları; keskin göğüs ağrısı, nefes darlığı, enfeksiyon ve toraks içi yaralanmalardır. Dezavantajlar arasında torakotomi, frenik sinirde cerrahi hasar riski ve implante edilen cihazın başarısızlığı gibi majör cerrahi gereksinim olabilir (57).

12.2. Diyafram Pil Stimülasyon Sistemi

Yeni teknikler, SKY'da inspiratuar kas fonksiyonunu restore etmede önem kazanmıştır. Son yıllarda tetraplejik hastalarda laparoskopik cerrahi ile kas içi elektrotların doğrudan diyaframa yerleştirilmesiyle, frenik sinir stimülasyonunun daha az invaziv bir şekilde sağlanabileceğini göstermiştir (58). Diafram pil uygulaması son yıllarda daha yaygın hale gelmiştir çünkü tedavi maliyetlerini ve frenik sinir yaralanması riskini azaltmaktadır. SKY hastalarında kullanılan diafram pil uygulaması, hastanın mekanik ventilasyon desteği olmadan aktif olarak nefes almasına yardımcı olur. Frenik sinir pil uygulaması, 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. Diafram pil uygulamasında kullanılan motor mapping 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 avantaj sağlamaktadır. Enfeksiyon, batın içi havanın toraks boşluğuna geçmesi, mide, karaciğer ve intestinal sistem yaralanması diafram pil uygulamasında görülen en önemli komplikasyonlardır. Diyafragmatik enduransı arttırmak, hastaya, aileye ve bakıcıya cihazın işleyişini ve cihazı kullanmayı öğrenmeleri için ameliyat sonrası kapsamlı eğitim verilmesi gerekmektedir. Hastanın cihaza alışma periyodu, özellikle hasta daha önce büyük tidal hacimlerle havalandırıldıysa, başlangıçta dispne algısı pil kullanımını komplike hale getirebilmektedir (58) (Şekil-16).



Şekil-16: Diafram pil uygulamaları (A: Frenik Sinir Pil Uygulaması, B: Diyafram Pil Stimülasyon Sistemi)

SONUÇ

Spinal kord yaralanması sonrası solunumsal komplikasyonlar oldukça yaygındır ve ciddiyeti lezyon seviyesiyle ilişkilidir. Solunum komplikasyonları SKY'de majör morbidite ve mortalite nedenidir. Hastaların solunum fonksiyonları ilk 5 gün içinde hızla bozulabilir ve 3 ila 4 gün içinde entübasyona ihtiyaç duyabilirler. Yoğun pulmoner rehabilitasyon yaralanmadan hemen sonra başlanır. SKY hastalarında solunum fonksiyon bozukluğunun konservatif tedavisi, çeşitli fizyoterapi teknikleri ile sekresyonların giderilmesine, solunum egzersizleri ve noninvazif pozitif hava basıncı desteği ile ventilasyonun artırılmasına yardımcı olunur. Solunum kas eğitimi ile hastaların inspiratuar ve ekspiratuar kas kuvveti ve VC'de gelişme hedeflenir. Hem akut hem de kronik durumlarda postural drenaj ve öksürük teknikler sekresyonların temizlenmesinde yetersiz olduğu görüldüğünde, mekanik insufflasyon-eksufflasyon ve aspirasyon dahil olmak üzere, sekresyonları temizlemek için çeşitli uygulamalardan destek alınmaktadır. Son yıllarda uygulanan diafram pili uygulamaları ile hastaların mekanik ventilasyondan kurtarılması ve öksürüğün iyileştirilmesinde umut vaat edici gelişmeler görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Hagen EM, Lie SA, Rekand T, Gilhus NE, Gronning M. Mortality after traumatic spinal cord injury: 50 years of follow-up. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 2010;81(4):368-73.
2. Zimmer MB, Nantwi K, Goshgarian HG. Effect of spinal cord injury on the respiratory system: basic research and current clinical treatment options. *J Spinal Cord Med*. 2007;30(4):319-30.
3. Brown R, DiMarco AF, Hoit JD, Garshick E. Respiratory dysfunction and management in spinal cord injury. *Respiratory care*. 2006;51(8):853-70.
4. Winslow C, Bode RK, Felton D, Chen D, Meyer Jr PR. Impact of respiratory complications on length of stay and hospital costs in acute cervical spine injury. *Chest*. 2002;121(5):1548-54.
5. Devivo M. Epidemiology of traumatic spinal cord injury: trends and future implications. *Spinal cord*. 2012;50(5): 365-372.

6. Berly M, Shem K. Respiratory management during the first five days after spinal cord injury. *J Spinal Cord Med.* 2007;30(4):309-18.
7. Lemons VR, Wagner JF. Respiratory complications after cervical spinal cord injury. *Spine.* 1994;19(20):2315-20.
8. Baydur A, Adkins RH, Milic-Emili J. Lung mechanics in individuals with spinal cord injury: effects of injury level and posture. *Journal of Applied Physiology.* 2001;90(2):405-11.
9. de Paleville DGT, McKay WB, Folz RJ, Ovechkin AV. Respiratory motor control disrupted by spinal cord injury: mechanisms, evaluation, and restoration. *Translational stroke research.* 2011;2(4):463-73.
10. Winslow C, Rozovsky J. Effect of spinal cord injury on the respiratory system. *American journal of physical medicine & rehabilitation.* 2003;82(10):803-14.
11. Slack RS, Shucart W. Respiratory dysfunction associated with traumatic injury to the central nervous system. *Clinics in chest medicine.* 1994;15(4):739-49.
12. De Troyer A, Estenne M, Vincken W. Rib cage motion and muscle use in high tetraplegics. *American Review of Respiratory Disease.* 1986;133(6):1115-1119.
13. Estenne M, De Troyer A. Cough in tetraplegic subjects: an active process. *Annals of internal medicine.* 1990;112(1):22-28.
14. Gorini M, Corrado A, Aito S, Ginanni R, Vilella G, Lucchesi G, et al. Ventilatory and respiratory muscle responses to hypercapnia in patients with paraplegia. *American journal of respiratory and critical care medicine.* 2000;162(1):203-208.
15. Ditunno J, Little J, Tessler A, Burns A. Spinal shock revisited: a four-phase model. *Spinal cord.* 2004;42(7):383-395.
16. Goldman J, Rose L, Morgan M, Denison D. Measurement of abdominal wall compliance in normal subjects and tetraplegic patients. *Thorax.* 1986;41(7):513-518.
17. Schilero GJ, Spungen AM, Bauman WA, Radulovic M, Lesser M. Pulmonary function and spinal cord injury. *Respiratory physiology & neurobiology.* 2009;166(3):129-141.
18. Menter RR, Bach J, Brown D, Gutteridge G, Watt J. A review of the respiratory management of a patient with high level tetraplegia. *Spinal cord.* 1997;35:805-808.
19. Fishburn M, Marino R, Ditunno JJ. Atelectasis and pneumonia in acute spinal cord injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation.* 1990;71(3):197-200.
20. Claxton AR, Wong DT, Chung F, Fehlings MG. Predictors of hospital mortality and mechanical ventilation in patients with cervical spinal cord injury. *Canadian journal of Anaesthesia.* 1998;45(2):144-9.
21. Roth EJ, Lu A, Primack S, Oken J, Nussbaum S, Berkowitz M, et al. Ventilatory Function In Cervical And High Thoracic Spinal Cord Injury: Relationship to Level of Injury and Tone. *American journal of physical medicine & rehabilitation.* 1997;76(4):262-7.
22. Linn W, Spungen A, Gong Jr H, Adkins R, Bauman A, Waters R. Forced vital capacity in two large outpatient populations with chronic spinal cord injury. *Spinal Cord.* 2001;39(5):263.
23. Estenne M, De Troyer A. Mechanism of the Postural Dependence of Vital Capacity in Tetraplegic Subjects. *American Review of Respiratory Disease.* 1987;135(2):367-71.
24. Gounden P. Static respiratory pressures in patients with post-traumatic tetraplegia. *Spinal cord.* 1997;35(1):43-7.
25. Mateus S, Beraldo P, Horan T. Maximal static mouth respiratory pressure in spinal cord injured patients: correlation with motor level. *Spinal Cord.* 2007;45(8):569-75.
26. Grandas NF, Jain NB, Denckla JB, Brown R, Tun CG, Gallagher ME, et al. Dyspnea during daily activities in chronic spinal cord injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation.* 2005;86(8):1631-1635.
27. Manning HL, Shea SA, Schwartzstein RM, Lansing RW, Brown R, Banzett RB. Reduced tidal volume increases 'air hunger' at fixed PCO₂ in ventilated quadriplegics. *Respiration physiology.* 1992;90(1):19-30.
28. Bhaskar KR, Brown R, O'sullivan DD, Melia S, Duggan M, Reid L, et al. Bronchial mucus hypersecretion in acute quadriplegia: macromolecular yields and glycoconjugate composition. *American Review of Respiratory Disease.* 1991;143(3):640-648.
29. Berlowitz DJ, Wadsworth B, Ross J. Respiratory problems and management in people with spinal cord injury. *Breathe.* 2016;12(4):328-340.

30. Slonimski M, Aguilera EJ. Atelectasis and mucus plugging in spinal cord injury: case report and therapeutic approaches. *The journal of spinal cord medicine*. 2001;24(4):284-288.
31. Jackson AB, Groomes TE. Incidence of respiratory complications following spinal cord injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1994;75(3):270-275.
32. Castriotta RJ, Wilde MC, Sahay S. Sleep disorders in spinal cord injury. *Sleep Medicine Clinics*. 2012;7(4):643-53.
33. Wallbom A, Naran B, Thomas E. Acute ventilator management and weaning in individuals with high tetraplegia. *Topics in Spinal Cord Injury Rehabilitation*. 2004;10(3):1-7.
34. Galeiras Vázquez R, Rascado Sedes P, Mourelo Fariña M, Montoto Marqués A, Ferreiro Velasco ME. Respiratory management in the patient with spinal cord injury. *BioMed Research International*. 2013;2013:168757.
35. Marsolais E, Boninger M, McCormick P, Love L, Mackelprang R, Dalsey W, et al. Respiratory management following spinal cord injury: a clinical practice guideline for health-care professionals. *Journal Of Spinal Cord Medicine*. 2005;28(3):259-93.
36. Nygren-Bonnier M, Wahman K, Lindholm P, Markström A, Westgren N, Klefbeck B. Glossopharyngeal pistoning for lung insufflation in patients with cervical spinal cord injury. *Spinal cord*. 2009;47(5):418-22.
37. Pryor J. Physiotherapy for airway clearance in adults. *European Respiratory Journal*. 1999;14(6):1418-24.
38. Joshi M, Mathur N. Pulmonary functions and effect of incentive spirometry during acute and post acute period in tetraplegia. *IJPMR*. 2002;13:28-34.
39. Winser SJ, George J, Stanley P, Tharion G. A comparison study of two breathing exercise techniques in tetraplegics. *Health*. 2009;1(02):88-92.
40. Gómez-Merino E, Sancho J, Marín J, Servera E, Blasco ML, Belda FJ, et al. Mechanical insufflation-exsufflation: pressure, volume, and flow relationships and the adequacy of the manufacturer's guidelines. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2002;81(8):579-83.
41. Pillastrini P, Bordini S, Bazzocchi G, Belloni G, Menarini M. Study of the effectiveness of bronchial clearance in subjects with upper spinal cord injuries: examination of a rehabilitation programme involving mechanical insufflation and exsufflation. *Spinal cord*. 2006;44(10):614-6.
42. Liaw M-Y, Lin M-C, Cheng P-T, Wong M-KA, Tang F-T. Resistive inspiratory muscle training: its effectiveness in patients with acute complete cervical cord injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2000;81(6):752-6.
43. Nickerson BG, Keens TG. Measuring ventilatory muscle endurance in humans as sustainable inspiratory pressure. *Journal of Applied Physiology*. 1982;52(3):768-72.
44. Harvey L. *Management of Spinal Cord Injuries E-Book: A Guide for Physiotherapists*: Elsevier Health Sciences; 2008.
45. Tamplin J, Berlowitz DJ. A systematic review and meta-analysis of the effects of respiratory muscle training on pulmonary function in tetraplegia. *Spinal Cord*. 2014;52(3):175-80.
46. Van Houtte S, Vanlandewijck Y, Gosselink R. Respiratory muscle training in persons with spinal cord injury: a systematic review. *Respiratory medicine*. 2006;100(11):1886-1895.
47. Tromans A, Mecci M, Barrett F, Ward T, Grundy D. The use of the BiPAP® biphasic positive airway pressure system in acute spinal cord injury. *Spinal cord*. 1998;36(7):481-484.
48. Fink JB. Positive pressure techniques for airway clearance. *Respiratory care*. 2002;47(7):786-96.
49. Tromans AM, Mecci M, Barrett FH, Ward TA, Grundy DJ. The use of the BiPAP biphasic positive airway pressure system in acute spinal cord injury. *Spinal Cord*. 1998;36(7):481-484.
50. Sorenson H, Shelledy D. AARC clinical practice guideline. Intermittent positive pressure breathing--2003 revision & update. *Respiratory care*. 2003;48(5):540-546.
51. Lewis RM. Airway clearance techniques for the patient with an artificial airway. *Respiratory care*. 2002;47(7):808-817.
52. Hart N, Laffont I, de La Sota AP, Lejaille M, Macadou G, Polkey MI, et al. Respiratory effects of combined truncal and abdominal support in patients with spinal cord injury. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2005;86(7):1447-1451.

53. Wadsworth BM, Haines TP, Cornwell PL, Rodwell LT, Paratz JD. Abdominal binder improves lung volumes and voice in people with tetraplegic spinal cord injury. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2012;93(12):2189-2197.
54. DiMarco AF, Onders RP, Ignagni A, Kowalski KE, Mortimer JT. Phrenic nerve pacing via intramuscular diaphragm electrodes in tetraplegic subjects. Chest. 2005;127(2):671-678.
55. Onders R, Jo Elmo M, Ignagni A. Diaphragm pacing stimulation system for tetraplegia in individuals injured during childhood or adolescence. The journal of spinal cord medicine. 2007;30(sup1):S25-S9.
56. Glenn WW, Hogan JF, Loke JS, Ciesielski TE, Phelps ML, Rowedder R. Ventilatory support by pacing of the conditioned diaphragm in quadriplegia. New England Journal of Medicine. 1984;310(18):1150-1155.
57. Gay PC. Counterpoint: Should phrenic nerve stimulation be the treatment of choice for spinal cord injury? No. Chest. 2013;143(5):1203-1206.
58. Jarosz R, Littlepage M, Creasey G, McKenna S. Functional electrical stimulation in spinal cord injury respiratory care. Topics in spinal cord injury rehabilitation. 2012;18(4):315-321.

TFD NÖROLOJİK FİZİYOTERAPİ GRUBU

adına

Dr. Fzt. Rüstem MUSTAFAOĞLU

tarafından hazırlanmıştır.

www.norofzt.org