

Kronik Dönem Spinal Kord Yaralanması Olan Hastalarda Lezyon Seviyesinin Pulmoner Fonksiyonlara Etkisi

The Effects of Injury Level on Pulmonary Function in the Patients with Chronic Spinal Cord Injury

Uğur DAL¹, Mustafa Erkut ÖNDER², Rıdvan ALACA², Bilge YILMAZ², Kamil YAZICIOĞLU², Haydar MÖHÜR²

¹ Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizyoloji Anabilim Dalı, Yenişehir Kampüsü, Yenişehir Mersin.

² Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Türk Silahlı Kuvvetleri Rehabilitasyon Merkezi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Anabilim Dalı, Ankara.

Özet

Amaç: Spinal kord yaralanması olan hastalarda pulmoner fonksiyonlardaki azalma önemli mortalite ve morbidite nedenidir. Diyafragma işlevinin bozulması, interkostal ve abdominal kasların yeterli işlev görememesi, inspiratuar, ekspiratuar hacimlerde azalmayla sonuçlanır. Çalışmamızda, diafragmanın innerve olduğu segmentlerin hasarlandığı kronik dönem yüksek seviye spinal kord yaralanmalı hastalarla [yüksek tetraplejik (C₃₋₅)] daha alt seviye spinal kord yaralanması olan hastaların [alçak tetraplejik (C₆₋₈) ve yüksek paraplejik (T₁₋₆)] bazı pulmoner fonksiyonlarının karşılaştırılması amaçlandı.

Yöntem: Çalışmaya rehabilitasyon ve bakım merkezine başvuran, yaralanmanın üzerinden en az 1 yıl geçmiş; 20 yüksek tetraplejik ve 22 alçak tetraplejik-yüksek paraplejik hasta alındı. Solunum fonksiyon testleri solunum laboratuvarında ATS/ERS kriterleri göz önüne alınarak yapıldı. Ölçümler sonucu elde edilen veriler PFT cihazının paket programında verilen referans değerlerin yüzdesi şeklinde alınarak hesaplamalar yapıldı ve Mann-Whitney U testi ile istatistiksel olarak değerlendirildi.

Bulgular: Bulgular, her iki yaralanma seviyesindeki grupta da zorlu vital kapasitenin (FVC), birinci saniyedeki zorlu ekspirasyon hacminin (FEV₁), tepe ekspirasyon akım hızının (PEFR) ve vital kapasitenin (VC) beklenen değerlere göre azaldığını gösteriyordu. Ölçülen solunum fonksiyon testi değişkenleri (FVC, FEV₁, PEFR, VC) yüksek tetraplejik hastalarda alçak tetraplejik-yüksek paraplejik hastalara göre istatistiksel olarak anlamlı şekilde düşüktü (p<0.05).

Sonuç: Bulgular, spinal kord yaralanmasının seviyesinin pulmoner fonksiyonları etkilediğini göstermektedir. Kronik dönemde yüksek tetraplejik hastaların pulmoner fonksiyonlarındaki azalma alçak tetraplejik-yüksek paraplejik hastalarla kıyaslandığında daha belirgindir. Spinal kord yaralanması olan hastaların yaşamsal fonksiyonlarını düzeltmek ve hayat kalitelerini artırmak için rehabilitasyon programı yapılırken bu durumun göz önüne alınması önemli olabilir.

Anahtar Sözcükler: spinal kord yaralanması, rehabilitasyon, solunum fonksiyon testleri

Abstract

Objective: Reduction in pulmonary functions in the patients with spinal cord injury is a significant cause of morbidity and mortality. Impaired or ceased diaphragm functionality results in inadequate functioning of intercostal and abdominal muscles, leading to decrease in inspiratory and expiratory volumes. In our study, it was aimed to compare some pulmonary functions of chronic stage patients with a high level spinal cord injury [high tetraplegic patients (C₃₋₅)] having lesions in the segments of the innervated diaphragm to those of low level spinal cord injury [tetraplegic (C₆₋₈)-high paraplegic (T₁₋₆)] patients.

Method: A total of 20 high tetraplegic and 22 low tetraplegic-high paraplegic patients registered at our hospital with at least 1 year old injuries were enrolled in the study. Pulmonary function tests were employed in pulmonary laboratory taking the ATS/ERS criteria into consideration. The data obtained were then calculated as percentages of the reference values given in the software of the PFT device and were evaluated statistically by using Mann-Whitney U Test

Result: The results revealed that in both groups forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume at the first second (FEV₁), peak expiratory flow rate (PEFR) and vital capacity (VC) decreased as predicted for both groups. Measured pulmonary function test parameters were (FVC, FEV₁, PEFR and VC) showed statistically low values in high tetraplegic patients in comparison to low tetraplegic-high paraplegic patients.

Conclusion: The data obtained in this study revealed that lesion level in spinal cord injury affects the pulmonary function in spinal cord injury. The reduction in pulmonary functions in the chronic stage was much more significant for high tetraplegic patients in comparison to low tetraplegic-high paraplegic patients. This factor should be taken into consideration while planning and implicating a rehabilitation program in order to correct and improve quality of life functions in the patients with spinal cord injuries.

Key Words: spinal cord injury, pulmonary function tests, rehabilitation

Mersin Univ Sağlık Bilim Derg, 2009;2(2):20-24

Geliş Tarihi : 24.07.2009

Kabul Tarihi : 22.10.2009

Yazışma Adresi:

Dr. Uğur DAL

Mersin Üniversitesi Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Mersin

Tel : 0-324-3412815-1026

Faks : 0-324-3412400

E-posta : drugurdal@gmail.com

Giriş ve Amaç

Servikal ve yüksek torakal spinal kord yaralanması bulunan hastalarda respiratuar komplikasyonlar morbidite ve mortalitenin en önemli sebepleridir (1,2,3). Lezyon seviyesinin altındaki respiratuar kasların paralizisi sonucu ortaya çıkan inspiratuar güçte azalma, vital kapasitede düşme, öksürme yeteneğinde azalma, sekresyon birikimi; pnömoni ve atelektazi gelişmesine zemin hazırlayan risk faktörleridir (4,5,6).

Ventilasyon normal şartlarda solunum kaslarının koordine hareketleri ile sağlanır. Bu fonksiyonu 3 farklı kas grubu sağlar; 1) diyafragma 2) interkostal kaslar ve aksesuar kaslar, 3) abdominal kaslar. Diyafragma dışındaki respiratuar kasların görevi, solunumun en önemli kası olan diyafragmanın etkinliğini optimize etmektir. Diyafragma normal sakin solunumun sağlanmasında primer aktif kastır (7). Ancak diyafragmanın yetersiz kaldığı durumlarda interkostal kaslar ve yardımcı aksesuar kaslar devreye girerek göğüs kafesini yukarı kaldırır ve inspirasyona yardım eder. Ekspirasyon için ise gereken yardımı abdominal kaslar sağlar (8).

Diyafragmanın motor innervasyonu frenik sinirden sağlanmaktadır. Frenik sinir C₃-C₅'ten lifler alır (2). İnterkostal kaslar göğüs kafesini kaldırır, inspirasyonu kolaylaştırır ve aynı zamanda zorlu ekspirasyonda da rol oynar. İnterkostal kaslar T₁-T₁₁ arasındaki spinal segmentlerden innerve olur (9).

Spinal kord yaralanması (SKY) olan hastalarda, diyafragma fonksiyonunun azalması ya da ortadan kalkması, interkostal ve abdominal kasların yeterli işlev görmemesi, inspiratuar ve ekspiratuar hacimlerde azalmayla sonuçlanır. Respiratuar kas fonksiyonlarının azalması aynı zamanda göğüs kafesi kompliyansının ve hareketinin azalmasına yol açar. Akciğer fonksiyonlarını gösteren birçok parametrede; zorlu vital kapasite (FVC), birinci saniyedeki zorlu ekspirasyon hacmi (FEV₁), soluk hacmi (TV) ve vital kapasitede (VC) azalma meydana gelir (10).

Komplet servikal ya da torakal spinal kord yaralanmalarında lezyon seviyesinin altındaki spinal kaslar işlevlerini yapamaz. C₃ ve üzerindeki lezyonlar tüm

inspiratuar ve ekspiratuar kasların paralizisi ile sonuçlanır. C₄ seviyesinde ana inspiratuar kas olan diyafragma fonksiyonu genellikle zayıflamıştır. Alt torakal bölgedeki lezyonlarda abdominal kasların fonksiyonu azalır ve buna bağlı olarak zorlu ekspirasyon kapasitesinde azalma meydana gelir. Üst torakal seviyedeki lezyonlar buna ek olarak interkostal kas fonksiyonlarında gerilemeye ve sonuçta inspirasyon kapasitesinde azalmaya neden olur. Daha yüksek seviyelerdeki yaralanmalar ventilasyona yardım eden aksesuar kasları da etkiler (10).

Literatürde SKY'li hastaların akut dönemdeki respiratuar fonksiyonlarına yönelik birçok araştırma yapılmış olmakla birlikte, kronik SKY'li hastalarla ilgili araştırma sayısı azdır. Bu nedenle çalışmamızda, nörolojik olarak durumu stabil hale gelen kronik SKY'li tetraplejik ve yüksek paraplejik hastalarda bazı solunum fonksiyonlarını değerlendirmeyi amaçladık.

Yöntem

Çalışmaya, Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Rehabilitasyon ve Bakım Merkezi'ne başvuran hastalardan yaralanmanın üzerinden en az 1 yıl süre geçen ve solunum fonksiyon testlerini tolere edebilecek hastalar alındı (35'i erkek 7'si kadın toplam 42 hasta). Hastaların yaş ortalaması 30±7 yıl (19-49 yıl), yaralanmanın üzerinden geçen süre (hastalık süresi) ortalaması 35±23 ay (13-96 ay) olarak hesaplandı. 13 hastanın sigara kullandığı belirlendi. SKY'nin sınıflaması American Spinal Cord Association (ASIA) klasifikasyon sistemi kullanılarak kaydedildi (11). Çalışmaya dahil edilen tüm hastalar ASIA A ya da B olarak sınıflanan tetraplejik ya da yüksek paraplejik hastalardı. ASIA sınıflamasına göre C, D ve E grubunda bulunan hastalar lezyon seviyesi altındaki respiratuar kaslarda kısmi innervasyona sahip olduklarından ve bu durumun çalışma sonuçlarını etkileyeceği düşünüldüğünden bu hastalar çalışmaya dahil edilmedi. Hastalardan sadece birinde nörolojik seviye C₃'tü, diğer hastalar C₄-T₆ arasında dağılım göstermekteydi. Hastalar lezyon seviyelerine göre iki gruba ayrıldı; diyafragmanın da innervasyonunun sağlandığı yüksek seviyeli tetraplejik (C₃₋₅) hastalar (n=20) ve alçak seviyeli tetraplejik hastalar ile yüksek seviyeli paraplejik (C₆-T₆) hastalar (n=22). Grupları karşılaştıran solunum fonksiyon testlerinden (SFT) FVC, FEV₁, FEV₁/FVC, VC ve tepe ekspirasyon akım hızı (PEFR) kullanılarak 2 grup karşılaştırıldı.

Solunum fonksiyon testleri, hastanemiz solunum laboratuvarında ATS/ERS kriterlerine göre yapıldı (12). SFT cihazı (Sensor Medics, Vmax 20C, ABD) her ölçüm öncesi ortamın nemi ve sıcaklığına göre kalibre edildi. Tüm testler bronş çaplarının diurnal ritmi göz önüne alınarak 14-16 saatleri arasında yapıldı. Zorlu vital kapasite (FVC) ve yavaş vital kapasite (SVC) manevraları hastaya uygulamalı gösterildi. FVC

manevrasındaki basamaklar; 1) üç normal tidal volüm kaydı, 2) maksimal inspirasyon, 3) zorlu maksimal ekspirasyon, 4) maksimal inspirasyondur. SVC manevrası ise yine üç normal tidal volüm kaydı, maksimal inspirasyon, yavaş maksimal ekspirasyon ve maksimal inspirasyondan oluşmaktadır. Manevralar en az üç kez tekrar ettirilerek en iyi olanı alındı. Ölçülen parametrelerden FVC, FEV₁, FEV₁/FVC ve VC parametreleri değerlendirilmeye alındı. Ölçümler sonucu elde edilen veriler bilgisayarlı SFT cihazının paket programında verilen referans değerlerin (cinsiyet, boy, vücut ağırlığı ve yaş açısından sağlıklı insanlarda beklenen değerler) yüzdesi şeklinde alınarak hesaplamalar yapıldı. SFT ölçümleri sırasında hastalar kendi tekerlekli sandalyelerinde oturur vaziyettedir. Sonuçlar SPSS 11.5 kullanılarak iki bağımsız değişkenin karşılaştırıldığı non-parametrik testlerden (gruplarda özne sayısının 30'ın altında olması ve değerlerin normal dağılması sebebi ile) Mann-Whitney U testi ile istatistiksel olarak değerlendirildi. İstatistiksel anlamlılık düzeyi için p<0.05 alındı.

Bulgular

Yüksek tetraplejik hastaların bulunduğu ilk grup, yaşları 19-49 yıl arasında değişen (ortalama 32.90±2.03 yıl)

17 erkek, 3 kadın toplam 20 hastadan, daha alt seviyeli tetraplejik ve yüksek seviyeli paraplejik hastaların bulunduğu ikinci grup ise yaşları 20-39 yıl arasında değişen (ortalama 27.64±1.28 yıl) 18 erkek 4 kadın toplam 22 hastadan oluşmaktaydı. Yaralanmadan sonra geçen ortalama hastalık süreleri, yüksek tetraplejik hastaların bulunduğu ilk grupta 33.35±4.90 ay, ikinci grupta ise 37.09±5.70 ay olarak bulundu. İlk gruptaki 20 hastadan 5'i, ikinci gruptaki 22 hastadan 8'i sigara kullanmaktaydı. Yaş, boy, vücut ağırlığı ve sigara içen hasta sayısı ve yaralanmadan sonra geçen hastalık süresi açısından gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık yoktu (p>0.05).

Yüksek tetraplejik hastaların bulunduğu grupta beklenen normal değerlere göre ortalamalar FVC %48.9, FEV₁ %51, PEFR %51.3 ve VC %49.1 olarak tespit edildi. Daha alt seviyeli tetraplejik ve yüksek seviyeli paraplejik hastaların bulunduğu ikinci grupta ise beklenen normal değerlere göre ortalamalar FVC %63.7, FEV₁ %67.7, PEFR %64.8 ve VC %65.2 idi. Her iki grupta da FVC, FEV₁, PEFR ve VC değerleri beklenen normal değerlerden düşük bulundu. FEV₁/FVC ortalaması ise ilk grupta beklenen değer %88.4'ü, ikinci grupta ise %90.8'i olup normal sınırlardaydı. SFT parametreleri açısından gruplar arasındaki farklılık Tablo 1'de ortalama ve standart sapma olarak verilmiştir.

Tablo 1. Solunum fonksiyon testi sonuçlarının gruplar arasında karşılaştırılması.

	C ₃₋₅ seviyelerinde lezyonu olan olgular (Ort ± SS) (n=20)	C ₆₋₇ seviyelerinde lezyonu olan olgular (Ort ± SS) (n=22)	P*
FVC (lt)	48.9 ± 14.2	63.7 ± 13.6	0.003
FEV ₁ (lt)	51.0 ± 13.7	67.7 ± 13.4	0.001
FEV ₁ /FVC	88.4 ± 7.1	90.8 ± 7.7	0.245
PEFR (lt/sn)	51.3 ± 21.7	64.8 ± 15.1	0.011
VC (lt)	49.1 ± 13.9	65.2 ± 15.3	0.001

FVC: zorlu vital kapasite, FEV₁: Birinci saniyedeki zorlu ekspirasyon hacmi, PEFR: Tepe ekspirasyon akım hızı, VC: Vital kapasite,* p<0.05=istatistiksel anlamlılık düzeyi.

Tartışma ve Sonuç

Servikal ve yüksek torakal spinal kord lezyonu bulunan hastalarda morbidite ve mortalitenin en önemli nedeni respiratuar komplikasyonlardır (1). Respiratuar kaslardaki zayıflık, yetersiz öksürme refleksi, sekresyon birikimi gibi birçok faktöre bağlı olarak bu hastalar atelektazi ve

pulmoner enfeksiyonlara karşı artmış risk ile karşı karşıyadır. Respiratuar komplikasyonlara bağlı olarak ortaya çıkan mortalite yaralanmadan sonraki ilk 6 aydan 1 yıla kadar uzayan bir süreçte sık görülmektedir (1,13).

Spinal kordun servikal ya da torakal yaralanmaları respiratuar kaslarda değişik oranlarda paraliziyeye neden olmaktadır. Paralizinin respiratuar fonksiyonlar üzerine

olan etkisini inceleyen araştırmalar literatürde mevcuttur. Ledsome ve Sharpe (14) akut SKY'li hastaların pulmoner fonksiyonlarını incelemiş; yaralanmadan sonraki ilk 3-5 haftada FVC'de hızlı bir düzelme olduğunu, 5. haftadan 5. aya kadar bu düzelmenin tedricen devam ettiğini belirtmişlerdir. Haas ve ark. (5) respiratuar fonksiyonlarda erken dönemde ortaya çıkan hızlı düzelmenin ilerideki dönemde daha yavaş bir şekilde devam ettiğini ve 6. aydan sonra stabil hale geldiğini rapor etmişlerdir. Bir başka çalışmada Anke ve ark.(10) yaralanma üzerinden 6-12 ay süre geçmiş olan hastalar ile yaralanma üzerinden 12 aydan fazla süre geçmiş C₅₋₆ seviyesindeki hastaları karşılaştırmış ve anlamlı bir farklılık olmadığını belirtmişlerdir. Biz de çalışmamızda yaralanmasının üzerinden en az 1 yıl geçmiş olan ve dolayısıyla respiratuar fonksiyonlarının artık sabit bir düzeyde kaldığı düşünülen, kronik dönem yüksek seviye spinal kord yaralanması olan hastalarla daha alt seviye spinal kord yaralanması olan hastaların pulmoner fonksiyonlarını karşılaştırdık.

Diyafragma, inspirasyonu sağlayan en önemli solunum kasıdır (9). Özellikle yüksek seviyeli servikal kord yaralanması bulunan hastalarda diyafragma fonksiyonunu yeterince yerine getirememektedir. Çalışma sonucunda hem yüksek tetraplejik hastaların (C₃₋₅) yer aldığı ilk grupta, hem de daha alt seviyeli tetraplejik (C₆₋₈) ve yüksek seviyeli paraplejik hastaların (T₁₋₆) yer aldığı ikinci grupta restriktif paternin göstergeleri olan FVC, FEV₁, ve VC değerleri beklenene göre düşük bulundu. Elde edilen değerler yüksek seviyeli tetraplejik hastaların daha ağır bir restriktif akciğer tablosuna sahip olduklarını göstermektedir. Her iki grupta da bu parametrelerin düşük bulunması yaralanma üzerinden uzun bir süre geçmiş olsa dahi bu hastaların solunum sistemlerine yönelik takiplerinin yapılmasının önemini ortaya koymaktadır. Bunun için hastalar taburcu olmadan önce bu konuda bilgilendirilmeli ve önerilerde bulunulmalı, evde yapacağı solunum egzersizleri öğretilmeli ve periodik kontrollere gelmesi sağlanmalıdır.

Efektif öksürme için gerekli olan kuvvet abdominal kasların kontraksiyonu ile sağlanır. Komplet servikal ya da yüksek torakal lezyonlarda abdominal kas fonksiyonunun ve diğer inspirasyon ve ekspirasyonda görevli kaslarda meydana gelen zayıflama ile birlikte öksürme kabiliyeti belirgin şekilde zarar görmüştür (15). Çalışmamızda her iki grupta da beklenene göre düşük bulunan diğer bir parametre ise öksürme etkinliğinin bir ölçütü olarak kabul edilen PEFR'di. Yeterli miktarda öksüremeyen hastaların respiratuar sistemlerinin risk altında olduğu bilinmektedir.

Komplet SKY'li hastalarda solunum fonksiyon testleri restriktif patern göstermektedir (16). Ancak SKY'yi takiben havayollarında ortaya çıkan kollapsa ek olarak mukus tıkaçları obstrüktif bir durumun da ortaya çıkmasına neden olabilir. Yüksek seviyeli SKY'li hastalarda erken dönemde akciğerlerin sempatik innervasyonundaki bozulmaya ya da inspiratuar kuvvetlerin zayıflaması sonucunda havayolu düz kaslarının yetersiz gerilmesine

bağlı olarak ortaya çıkan bronşiyal hiperreaktivite de obstrüktif paternin bir nedeni olabilir (2). Çalışmamızda obstrüktif paternin bir göstergesi olan FEV₁/FVC değerleri her iki grupta da normal sınırlardaydı. Bu sonuç kronik dönemde obstrüktif paternin ortadan kalktığını ve restriktif paternin hakim olduğunu teyid etmektedir.

Tetraplejik hastalarda solunum fonksiyon testleri beklenen değerlerle karşılaştırıldığında önemli derecede düşük bulunmaktadır (17). Akciğer hacimlerindeki bu azalmaya solunum sistemi elastik özelliğinde ve kaslarında meydana gelen ilerleyici değişiklikler yol açmaktadır (18). Spinal lezyon seviyesi ile akciğer hacimleri arasında bir ilişki bulunmaktadır (19,20). Almenoff ve ark. (21) 165 erken dönem SKY'li hasta ile yaptıkları çalışmada yaralanma seviyesi yüksekliği ile FVC, FEV₁ ve PEFR değerlerindeki düşüklük arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon olduğunu belirtmişlerdir. Linn ve ark. (2) kronik SKY'li hastalarla yaptıkları çalışmada komplet lezyonu olan yüksek tetraplejik hastalarda FVC, FEV₁ ve PEFR'de beklenen değerlere göre belirgin düşme olduğunu göstermişlerdir. Bizim çalışmamızda değerlendirdiğimiz yüksek seviyeli tetraplejik hastalarda FVC, FEV₁, PEFR ve VC değerleri daha alt seviyedeki tetraplejik ve yüksek paraplejik hastalara göre istatistiksel olarak anlamlı derecede düşük bulundu. Bu sonuçlar Almenof ve Linn'in yaptıkları çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

Spinal kord yaralanmasından sonra ortaya çıkan solunum problemleri birçok faktöre bağlıdır. Lezyonun derecesi, yaralanma sonrasında ortaya çıkan spastisite, daha önceki geçirilmiş pulmoner hastalık öyküsü, yaralanmayı takiben hastaya uygulanan solunum rehabilitasyonu ve tam bir sigara öyküsünün alındığı, daha fazla sayıda hasta içeren ve uzun dönem takipli çalışmalara ihtiyaç vardır.

Kronik yüksek seviyeli tetraplejik hastalar, solunum sistemi komplikasyonları açısından solunum fonksiyonları etkilenen diğer SKY'li hastalara göre çok daha fazla risk taşımaktadır. SKY'li hastalarda yaralanma sonrasında pulmoner fonksiyonlarda ortaya çıkan bozulma, adaptif değişiklikler sonrasında bir miktar düzelmektedir. Kronik respiratuar kas zayıflığı ve pulmoner mekaniklerde zaman içinde oluşan değişiklikler kronik hipoventilasyona ve sonuç olarak solunum sisteminde çeşitli komplikasyonlara neden olmaktadır. Elde ettiğimiz değerler yüksek seviyeli tetraplejik hastaların daha ağır bir restriktif akciğer tablosuna sahip olduklarını göstermektedir. Spinal kord yaralanmalı hastaların yaşamsal fonksiyonlarını iyileştirmek ve hayat kalitelerini arttırmak için rehabilitasyon programı yapılırken bu durumun dikkate alınması önemli olabilir.

Kaynaklar

1. Roth EJ, LU A, Primack S, Oken J, Nussham S, Berkowitz M, Powlet S. Ventilatory function in cervical and high thoracic spinal cord injury. Relationship to level of injury and tone. *Am J Phys Med Rehabil* 1997;76(4):262-7.
2. Zimmer MB, Nantwi K, Goshgarian HG. Effect of spinal cord injury on the neural regulation of respiratory function. *Exp Neurol* 2008;209:399-406.
3. Winslow C, Rozovsky J. Effect of spinal cord injury on the respiratory system. *Am J Phys Med Rehabil* 2003;82(10):803-14.
4. Linn WS, Adkins RH, Gong H, Waters RL. Pulmonary function in chronic spinal cord injury: A cross-sectional survey of 222 Southern California adult outpatients. *Arch Phys Med Rehabil* 2000;81(6):757-63.
5. Haas F, Axen K, Pineda H, Gandino D, Haas A. Temporal pulmonary function. Changes in cervical cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1985;66(33):139-44.
6. Laing IS, Peterson WP. The respiratory system in spinal cord injury. *Phys Med Rehabil Clin North Am* 2000;11(1):29-43.
7. Çavuşoğlu H, Yeğen BÇ. Tıbbi fizyoloji. 10. baskı. İstanbul, Nobel Kitabevi, 2007;471-80.
8. Winslow C, Rozovsky J. Effect of spinal cord injury on the respiratory system. *Am J Phys Med Rehabil* 2003;82(10):803-14.
9. Crane L, Klerk K, Ruhl A, Warner P, Ruhl C, Roach KE. The effect of exercise training on pulmonary function in persons with quadriplegia. *Paraplegia* 1994;32(7):435-41.
10. Anke A, Aksnes AK, Stanghelle JK, Hjeltnes N. Lung volumes in tetraplegic patients according to cervical spinal cord injury level. *Scand J Rehabil Med* 1993;25(2):73-7.
11. Maynard FM, Bracken MB, Creasey G, Ditunno JF, Donovan WH, Ducker TB, Thomas B, Ducker TB, Garber SL, Marino RJ, Stover SL, Tator CH, Waters RL, Wilberger JE, Young W. International standards for neurological and functional classification of spinal cord injury. *Spinal Cord* 1997;35:266-74.
12. ATS/ERS Task Force: Standardisation Of Lung Function Testing Standardisation Of Spirometry. *Ear Respir J* 2005;26:319-38.
13. De Vivo MJ, Black KJ, Stover SL. Causes of death during the first 12 years after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 1993;74(3):248-54.
14. Ledson JR, Sharp JM. Pulmonary function in acute cervical cord injury. *Am Rev Respir Dis* 1981;124(1):41-44.
15. Brown R, DiMarco AF, Hoit JD, Garshick E. Respiratory dysfunction and management in spinal cord injury. *Respir Care* 2006;51(8):853-68.
16. Linn WS, Spungen AM, Gong H, Adkins RH, Bauman WA, Waters RL. Forced vital capacity in two large outpatient populations with chronic spinal cord injury. *Spinal Cord* 2001;39(5):263-68.
17. 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. *Arch Phys Med Rehabil* 2000; 81(6):752-56.
18. Stepp, EL; Brown, R; Tun, CG, et al. Determinants of lung volumes in chronic spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2008;89(8):1499-1506.
19. Jain, NB; Brown, R; Tun, CG, Gagnon D, Garshick E. Determinants of forced expiratory volume in 1 second (FEV1), forced vital capacity (FVC), and FEV1/FVC in chronic spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87(10):1327-1333.
20. Baydur A, Adkins RH, Milic-Emili J. Lung mechanics in individuals with spinal cord injury: effects of injury level and posture. *J Appl Physiol* 2001;90(2):405-11.
21. Almenoff PL, Spungen AM, Lesser M, Bauman WA. Pulmonary function survey in spinal cord injury: influences of smoking and level and completeness of injury. *Lung* 1995;173(5):297-306.