

척수손상 환자의 자세 변화 후 시간경과와 복대사용이 폐기능에 미치는 영향

이재호

연세의료원 재활병원 물리치료팀

박창일, 전중선

연세대학교 의과대학 재활의학과

Abstract

A Study on the Effect of Time Lapse After Position Change and Abdominal Band on Pulmonary Function in the Cervical Cord Injuries

Lee Jae-ho, M.P.H., R.P.T., O.T.R.

Dept. of Physical Therapy, Yonsei Rehabilitation Hospital,
Yonsei University Medical Center

Park Chang-il, M.D., Ph.D.

Chon Joong-sun, M.D., Ph.D.

Dept. of Rehabilitation Medicine, Yonsei University College of Medicine

The objective of this study was to identify pulmonary functional variations in relation to postural changes, lapse after changing position, and the use of abdominal band in the cervical cord injured. The subjects of this study were 19 quadriplegic patients who had been admitted to the department of the Rehabilitation Hospital, College of Medicine, Yonsei University, from April, 1997 through May 3, 1997. A spiro analyzer was used to measure pulmonary function in supine, standing, time after changing position, and recording to the position, application method, and tightness of the abdominal band. The data were analyzed by the repeated measure one-way ANOVA, and Wilcoxon signed rank test.

The findings were as follows:

1. All phase of the patients' pulmonary function improved significantly in supine posture in contrast to standing (vital capacity by 0.46 ℓ and expiratory reserve volume by 0.09 ℓ).
2. The longer the time lapsed from supine posture to standing, the patient's expiratory reserve volume, maximum ventilation volume, vital capacity, and forced expiratory volume increased.
3. When the patient lay in supine position, the maximum ventilation volume, vital capacity, and the forced vital capacity increased then the center line of the abdominal band was placed along iliac crest; on the other hand, when the patient was standing, placing the bottom line of the abdominal band along iliac crest increased the maximum ventilation volume, vital capacity, and forced expiratory volume.
4. In placing the abdominal band in the patients, leaving space between the top and bottom lines of the band helped increased in maximum ventilation volume, vital capacity, and forced vital capacity for patient in supine as well as in standing.
5. When placing the abdominal band to patients in supine posture, reducing the length of the band by 2.5% along the patient's waist line increased the patients' vital capacity, while reducing the length by 10% to patients in standing increased the maximum ventilation volume.

The abdominal band should be placed in such a way that the bottom part of the band should be more tightly fastened while leaving enough room for a hand to be placed in between the body and the band for the top part of the hand. It should also be noted that in a supine position, the bottom line of the band should be placed along the iliac crest, while in standing, the center line should be placed along the iliac crest. The length of the band should also be reduced by 2.5% of the waist line in supine position, and in standing, the length should be reduced by 10%. It should also be noted that the pulmonary function of the patients should be measured at least 10 minutes after one position change.

Key Words: Spinal cord injury; Abdominal corset; Pulmonary function.

I . 서론

산업의 발달과 교통량의 증가 및 각종 스포츠의 대중화로 날로 사고가 증가하고 있으며 이에 따른 척수손상의 발생률도 증가하고 있다. 현재 우리 나라는 다른 OECD 가입 국

가들과 주요 사망 원인을 비교해 볼 때 교통사고로 인한 사망률은 인구 10만명 당 33.6명으로 OECD 가입 국가 중에서 1위를 기록하고 있다. 특히 연령별 사인 순위에서 30대의 운수사고가 1위를 차지하고 있으며(통계청, 1996), 도종욱 등(1979)과 이강목(1980)의 보

고에 의하면 척수손상의 원인 중 교통사고에 의한 경우가 39%와 27.5%로 주요한 원인이 되고 있어 더욱 심각하다고 하겠다.

척수손상으로 인하여 야기되는 문제점들로 는 신경학적 문제, 척추의 손상, 성 문제, 기능 회복 문제, 합병증, 호흡기계 문제, 사회적 재활 등이 있다(서울의과대학 재활의학교실, 1990). 이 가운데 호흡기계 합병증은 Edward (1987)와 Walker 등(1989)의 보고에 의하면 척수손상 환자에서 약 40~67.9% 정도의 이 환율을 나타내고 특히 만성 경수손상 환자의 사망 원인 중 가장 많은 원인을 차지한다고 하였다. 만성 외상성 척수손상자 42명을 대상으로 한 우리 나라의 이현숙과 박영옥(1994)의 보고에서도 사망 원인 중 가장 많았던 질환은 호흡기계 질환과 신장요로계 질환으로 38.1%이었으며, 사지마비자에서는 호흡기계 질환이 45.5%, 하지마비자에서는 신장요로계 질환이 22.6%로 가장 많았다. 또한 응급 후송 의료체계 구축과 척수손상자에 대한 조기 치료의 발전으로 척수손상자의 수명이 연장되어 척수손상 후 발생하는 합병증의 양상에도 변화를 가져오게 되었다. 1970년 중반까지는 척수손상자의 주요 사망 원인이 신부전과 요로계 합병증이었으나 적극적인 치료의 결과로 신장요로계 질환으로 인한 사망률은 감소되고 심혈관계 질환과 호흡계 질환이 상대적으로 신장요로계 합병증을 능가하게 되어 척수손상자의 주된 사망 원인이 되고 있다(이현숙과 박영옥, 1994; DeVio 등, 1992).

경수손상으로 인한 사지마비자에서 손상 부위 이하의 신경마비로 인한 운동 능력의 상실과 주 호흡근인 늑간근과 복근의 기능 상실로 인해 호흡은 유일한 호흡근인 횡격막의 수축과 이완에 의하여 이루어진다. 따라서 내적 요인인 폐질환 자체보다는 흉곽기능 장애에 의한 호흡부전으로(이상운과 이강목, 1988) 제한성 환기장애(restrictive type)가 나타나서 폐활량, 흡기예비량 및 호기예비량 등의 폐용량이 감소되며, 1회 호흡량의 감소와 함께 빈 호흡이 나타난다(Derenne 등, 1978; Maloney,

1979). 또한 복부 근육의 마비로 기침과 기도 분비물의 제거가 효과적으로 이루어지지 않아 폐렴이나 무기폐 등의 합병증이 더 많이 발생하게 된다(편성범 등, 1994; Shaffer 등, 1981; Walker 등, 1989).

따라서 척수손상 환자의 호흡기 합병증에 의한 사망률을 감소시키기 위해서는 호흡 기능의 평가와 특징을 조기에 정확하게 파악하여 적절한 치료를 시행하여야 한다. 현재 폐기능 평가에는 폐기능 검사(pulmonary function test)와 동맥혈 가스검사가 유용한 검사이며, 여러 학자들에 의하여 척수손상 후의 폐기능 검사 및 동맥혈 가스검사의 임상적 중요성이 강조되고 있다(Allen 등, 1985; Ledsome과 Sharp, 1981). 폐기능 검사는 폐기능을 양적으로 평가함으로써 폐질환의 진단에 이용하는 일련의 임상검사로, 폐질환을 몇 개의 병리적 유형으로 나누어 어느 유형의 폐질환 혹은 어느 유형의 폐증후군에 속하는지를 진단할 수 있다(김우겸, 1995). 1846년 Hutchinsion이 정상인을 대상으로 폐기능을 보고한 이후 끊임없는 연구와 발전을 거듭함으로써 오늘날에는 폐용적, 폐환기 기능, 폐확산 기능 및 폐의 역학적 기능까지도 측정할 수 있게 되었다(전이리, 1979). 폐기능 검사는 폐활량(vital capacity), 호흡용적(tidal volume), 흡기용량(inspiratory capacity), 호기에비용적(expiratory reserve volume)을 측정하는 폐용적 검사와 환자가 최대한으로 숨을 들이 마신 후 최대한의 속도로 모든 숨을 내뿜는 강제폐활량(forced vital capacity) 검사, 강제폐활량의 첫 1초간 및 중간의 호기량을 뜻하는 일초강제호기량(forced expiratory volume in 1 sec)과 강제호기유속(forced expiratory flow, FE_{F25-70%}) 등이 있다(박창일 등, 1990). 정적 폐용적과 폐용량 중 전폐용량과 기능적 잔류용량 및 잔류용적은 가스 회석법이나 전신 용적 맥파계(body plethysmograph)로 측정할 수 있으며, 이들을 제외한 나머지는 단순 폐활량계로 측정할 수 있다.

척수손상 환자에 있어 복대나 복부의 지지

는 기립성저혈압을 개선하거나 호흡 기능을 향상시킬 목적으로 사용한다(Goldman 등, 1986). 또한 자세를 유지시켜 주는 근육을 지지해 줌으로써 이들 근육의 산소 소비량을 감소시켜 주고 에너지의 소비를 줄여 줄 수 있다(Hass 등, 1965). Maloney(1979)는 사지마비 환자들은 폐기능 검사에서 호흡용적을 제외한 모든 폐기능이 감소하나 누운 자세와 복대를 착용한 앉은 자세에서 폐활량과 흡기용적, 호흡용적이 유의하게 증가한다고 하였다. 또한 Hass 등(1965)과 Stone과 Keltz(1963)는 앉은 자세에서 복대를 착용하지 않은 경우에는 폐활량, 호기예비용적, 흡기용적이 정상에 비하여 66%로 감소하였으며, 복대를 착용한 경우에는 누운 자세와 앉은 자세에서 이들 측정치가 증가한다고 하였다. 국내에서도 척수손상 환자들을 대상으로 자세 변화, 복대 사용 여부와 길이 등이 폐기능에 미치는 영향에 관한 보고가 있었다(이상운과 이강목, 1988; 박창일 등, 1990; 정한영 등, 1993).

척수손상 환자들을 대상으로 한 이전의 연구들은 자세 변화 후 적응 시간을 두지 않고 폐기능 검사를 시행하였으며, 복대의 효과에 관한 연구에서도 사용 방법이나 위치 등의 요인이 폐기능에 미치는 영향에 관한 연구는 없었다. 또한 임상에서 호흡기능 향상을 위해 복대를 사용하지만 정확한 지침이 없고 환자나 치료사의 경험에 의해 착용하고 있는 실정이다.

본 연구는 경수손상 환자의 자세 변화와 자세 변화 후의 시간 경과, 복대의 착용 위치, 복대의 착용 방법, 복대의 압축정도 등이 폐기능에 미치는 효과를 알아봄으로써 앞으로 척수손상 환자의 호흡치료 과정에 필요한 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자 및 연구기간

본 연구의 대상은 경수손상으로 인하여 사

지마비로 진단 받고 연세의료원 재활병원에 입원하여 재활치료를 받고 있는 척수손상 환자 19명을 대상으로 하였다.

본 연구의 참가에 동의한 환자의 조건은 다음과 같다.

- 1) 척수손상으로 인하여 사지마비나 하지마비가 된 환자
- 2) 과거에 만성 심장질환 및 호흡기 질환을 앓은 적이 없었던 환자
- 3) 최근 6개월 이내에 급성 심장질환 및 호흡기 질환을 앓은 적이 없었던 환자
- 4) 신경 근육질환 또는 척추의 관절염 등 폐기능에 영향을 미칠 질환이 없는 환자
- 5) 기타 다른 신체 활동에 지장을 주는 기능 장애가 없는 환자
- 6) 연구자가 지시하는 말을 이해하고 연구에 충분히 협조할 수 있는 환자
- 7) 연구에 자발적으로 참여하는 환자

본 연구는 1997년 4월 1일부터 4월 10일까지 위의 기준 조건에 합당한 3명을 대상으로 예비 연구를 실시한 후, 1997년 4월 15일부터 5월 3일까지 연구 대상자 전원에 대해 연구를 시행하였다.

2. 용어의 정의

호흡 기능을 알아보기 위하여 폐기능 검사를 Fukuda Sangyo회사의 spiroanalyzer ST-250을 사용하여 다음의 항목을 평가하였다.

- 1) 호기예비용적(expiratory reserve volume: ERV) - 안정시 호기가 끝난 후 더 내릴 수 있는 공기의 양이다.
- 2) 최대호흡용량(maximum ventilation volume: MVV) - 1분당 숨 쉴 수 있는 최대의 공기 용적으로 최대수의환기량(maximum voluntary ventilation: MVV)이라고도 한다.
- 3) 폐활량(vital capacity: VC) - 최대한 공기를 들이 마신 후 최대한 배출시킬 수 있는 공기의 양으로 흡기예비량에 1회환기량과 호기예비량을 합한 양이다.
- 4) 강제폐활량(forced vital capacity: FVC)

- 폐활량을 최대의 노력하에 실시하는 것이다.
- 5) 일초강제호기량(forced expiratory volume in 1 sec: FEV₁) - 강제폐활량 측정시 첫 1초 동안에 호기된 가스의 용적이다.

3. 실험방법

검사 순서에 의한 영향을 배제하기 위하여 10장의 누운 자세, 10장의 서 있는 자세가 쓰여진 20장의 표를 골고루 섞은 후 모든 대상자들에게 한 장씩 뽑게하여 측정할 자세를 선정하였다. 그리고 같은 방법으로 복대의 착용 위치와 방법, 복대의 길이를 표기한 표를 뽑게 하였다.

누운 자세는 전동식 경사침대(electrical tilt table)를 이용하여 기울기를 0° 로, 선 자세는 대상자들이 불안감을 느끼지 않도록 45° 로 하였다. 머리에는 베개를 베지 않도록 하고 측정시에는 고개를 들지 않도록 하였다. 선 자세는 경사침대에 발목, 무릎, 그리고 대퇴부위에만 고정띠로 감아 주고 일반적으로 사용하는 가슴이나 골반에 대한 고정은 하지 않아 흉곽 팽창과 복벽의 움직임을 방해하지 않도록 하였다.

복대의 착용 위치에 따른 효과를 알아보기 위해 복대의 아래 부분을 대상자 허리둘레의 2.5%만큼 감소시켜 조이고 윗 부분을 손이 들어갈 정도로 여유를 둔 상태에서 위치만 달리하였다. 복대의 착용 위치1은 벨트의 중심선이 장골능에 위치하게 하였고 위치2는 복대의 아래 선이 장골능에, 위치3은 복대의 아래 선이 배꼽에서 5cm 위에 위치하게 하였다. 복대의 착용 방법에 따른 폐기능 검사는 복대의 착용 위치를 위치2로 고정하고 방법1은 복대의 아래 부분을 대상자의 허리둘레 2.5%만큼 감소시켜 조이고 윗 부분은 손이 들어갈 정도로 여유를 두었다. 방법2는 윗 부분과 아래 부분을 동일하게 대상자의 허리둘레 2.5%만큼 감소시켜 착용하게 하였다. 복대의 압축 정도는 착용 위치와 방법을 위치2와 방법1로 고정하고 복대의 압축 정도만을 연구

대상자 허리둘레의 2.5%(정도1)와 10.0%(정도2)만큼 감소시켜 복부에 압력을 가한 후, 같은 방법으로 폐기능을 3회 측정하여 최대치를 선택하였다. 허리둘레는 각 측정자세에서 배꼽을 중심으로 허리둘레를 측정하였으며 복대는 18 cm×100 cm의 신축성이 있는 재질로 만들어진 것을 가지고 실험하였으며, 복대의 특성에 따른 영향을 배제하기 위하여 각 측정마다 동일한 것을 사용하였다.

폐기능 검사는 시간 경과에 따른 비교를 제외하고는 각 자세를 취할 때 대상자가 그 자세에 대해 안정감을 느끼고 규칙적인 호흡을 할 수 있도록 5분간의 적응 기간을 두었으며, 측정값의 선택은 3회 측정 후 최대값을 선택하였고 1회 측정시 마다 1분간의 휴식기간을 두었다. 그러나 시간 경과에 따른 폐기능 검사는 직후, 5분, 10분 후에 실시하였으며 1회씩 측정하여 값을 선택하였다. 모든 측정은 식후 2시간 이상 경과 후 실시하였으며, 흡연자는 실험전 흡연이 폐기능에 미칠 영향을 배제하기 위하여 검사 2시간 전부터 흡연을 하지 못하게 하였다. 그리고 측정을 시작하기 전에 대상자들에게 폐활량 측정기의 사용법 및 주의 사항과 복식호흡을 교육시킨 후 충분한 안정 자세를 취하게 하였다.

대상자의 키는 선 자세에서 줄자를 이용하여 측정하였으며, 몸무게는 5-200kg 범위의 전기식 지시 저울(CAS)을 이용하여 대상자를 의자차에 앉힌 상태에서 측정하고 의자차의 무게를 측정하여 그 차이를 기록하였다.

마비 정도는 Frankel의 분류로 A군은 완전손상으로, B군에서 E군은 불완전손상으로 분류하였다.

5. 분석방법

자료의 분석은 수집된 자료를 부호화 한 후, SAS/PC+를 이용하여 통계 처리하였으며, 분석 방법은 다음과 같다. 첫째, 연구 대상자의 일반적인 특성은 백분율, 평균, 표준편차를 이용하였다. 둘째, 자세 변화와 복대의 착용 방법, 압축 정도에 따른 폐기능의 차이를

비교하기 위하여 윌콕슨 부호순위 검정(Wilcoxon signed rank test)을 사용하였다. 셋째, 시간 경과에 따른 폐기능의 변화와 복대의 착용의 위치 변화에 대한 폐기능의 차이를 비교하기 위해서는 반복 측정된 1요인 분산 분석(repeated measure one-way ANOVA)을 사용하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

가. 연구대상자의 성별, 연령, 신장 및 체중 분포

중 남자가 17명(89.5%)이었고, 여자가 2명(10.5%)으로 남자가 많았다. 연령 분포는 최저 19세, 최고 60세이며, 20대가 6명(31.5%), 30대가 8명(42.1%)으로 가장 많았고 평균 연령은 33.7세였다. 신장은 최저 158 cm, 최고 180 cm이며 170-179 cm군이 15명(79.0%)으로 가장 많이 분포하였고, 평균 신장은 172.9 cm 이었다. 체중은 최저 47 kg으로부터 최고 87 kg까지 분포하였고, 50-59 kg군이 5명(26.3%), 60-69 kg군이 9명으로 전체의 47.4%이었으며, 평균 체중은 61.9 kg이었다.

연구 대상자의 특성으로 성별, 연령, 신장, 체중을 조사하였다(표 1). 연구대상자 19명

표 1. 연구대상자의 성별, 연령, 신장 및 체중 분포

일반적 특성	대상자수(명)	백분율
성별		
남자	17	89.5
여자	2	10.5
연령		
19세 이하	1	5.3
20-29세	6	31.5
30-39세	8	42.1
40-49세	2	10.5
50-59세	1	5.3
60세 이상	1	5.3
신장		
169 cm 이하	2	10.5
170-179 cm	15	79.0
180-189 cm	2	10.5
체중		
49 kg 이하	2	10.5
50-59 kg	5	26.3
60-69 kg	9	47.4
70-79 kg	2	10.5
80 kg 이상	1	5.3
계	19	100.0

나. 연구대상자의 손상 원인, 마비 정도 및 병력기간

연구대상자의 손상 원인, 마비 정도 및 검사까지의 병력기간을 조사하였다(표 2). 연구대상자 19명의 손상 원인을 보면 교통사고로 인한 손상이 10명(52.7%)으로 가장 많았으며, 추락사고로 인한 손상이 5명(26.3%), 산업 재

해로 인한 손상이 2명(10.5%), 스포츠 손상으로 인한 손상이 2명(10.5%)이었다. 마비 정도는 완전마비자가 10명(52.6%), 불완전마비자가 9명(47.4%)이었다. 또한 손상 후 폐기능 검사를 실시하기까지의 기간은 3개월에서 20개월까지로 3-6개월이 6명(31.5%)으로 가장 많았고, 7-9개월과 10-12개월이 각각 4명(42.2%), 평균은 8.8개월이었다.

표 2. 연구대상자의 손상 원인, 마비 정도 및 병력기간

일반적인 특성	대상자수(명)	백분율
손상원인		
교통사고	10	52.7
추락사고	5	26.3
산업재해	2	10.5
스포츠 손상	2	10.5
마비정도		
완전마비	10	52.6
불완전마비	9	47.4
병력기간		
3- 6개월	6	31.5
7- 9개월	4	21.1
10-12개월	4	21.1
13개월 이상	5	26.3
계	19	100.0

2. 자세에 따른 폐기능의 변화

연구 대상자들의 누운 자세와 선 자세간의 폐기능 변화를 보기 위하여 윌콕슨 부호순위 검정(Wilcoxon signed rank test)을 실시한 결과는 표 3과 같다.

누운 자세와 비교할 때 선 자세에서 최대

호흡용량이 4.02 l/분, 폐활량이 0.46 l, 강제 폐활량이 0.48 l, 일초강제호기량이 0.6 l 감소하였으며, 최대호흡용량을 제외하고는 모두 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 호기에 비용적은 선 자세에서 0.09 l 증가하였으나 통계학적으로 유의한 변화는 아니었다.

표 3. 자세 변화에 따른 폐기능의 변화

폐 기능	누운자세 (평균±표준편차)	선자세 (평균±표준편차)	t-값
호기예비용적(ℓ)	0.35 ± 0.20	0.44 ± 0.30	-1.99
최대호흡용량(ℓ/분)	39.85 ± 11.53	35.83 ± 15.20	1.38
폐 활 량(ℓ)	2.43 ± 0.60	1.97 ± 0.59	4.87*
강제폐활량(ℓ)	2.36 ± 0.68	1.88 ± 0.68	4.47*
일초강제호기량(ℓ)	2.32 ± 1.56	1.72 ± 0.54	1.68*

* p<0.01

3. 자세 변화 후의 시간 경과에 따른 폐기능의 변화

연구대상자들을 누운 자세에서 선 자세로 변화시킨 후 변화 직후, 5분 후, 10분 후 등의 시간 경과에 따라 폐기능의 변화를 보기 위하여 반복 측정된 1요인 분산분석을 실시한 결과는 표4와 같다.

시간이 경과할수록 모든 폐기능 지표들이 증가하여 호기예비용적은 자세 변화 직후 0.27 ℓ에서 5분 후 측정하였을 때에는 0.40 ℓ,

10분 후에는 0.44 ℓ로 증가하였다. 폐활량은 자세 변화 직후 1.77 ℓ에서 5분 후 측정하였을 때에는 1.84 ℓ, 10분 후에는 1.97 ℓ로 증가하였다. 최대호흡용량은 변화 직후와 10분 경과 후간에 10.42 ℓ, 강제폐활량 0.15 ℓ, 일초강제호기량 0.17 ℓ가 증가하였다.

변화 직후를 기준으로 하여 시간 경과(5분 후, 10분 후)에 따라 통계학적으로 유의한 차이를 보인 폐기능 지표는 호기예비용적, 최대호흡용량, 폐활량, 일초강제호기량 등이었다.

표 4. 자세 변화 후의 시간 경과에 따른 폐기능의 변화

	폐기능	F-값	Prob.
	평균±표준편차		
호기예비용적(ℓ)		5.09	0.01
직후	0.27 ± 0.17		
5분 경과	0.40 ± 0.27		
10분 경과	0.44 ± 0.30		
최대호흡용량(ℓ/분)		11.70	0.00
직후	25.41 ± 7.82		
5분 경과	32.15 ± 13.89		
10분 경과	35.83 ± 15.20		

폐활량(ℓ)		13.79	0.00
직후	1.77 ± 0.57		
5분 경과	1.84 ± 0.58		
10분 경과	1.97 ± 0.59		
강제폐활량(ℓ)		3.28	0.07
직후	1.73 ± 0.61		
5분 경과	1.72 ± 0.65		
10분 경과	1.88 ± 0.68		
일초강제호기량(ℓ)		7.63	0.00
직후	1.55 ± 0.50		
5분 경과	1.64 ± 0.53		
10분 경과	1.72 ± 0.54		

4. 복대의 착용 위치에 따른 폐기능의 변화

가. 누운 자세

누운 자세에서 복대의 착용 위치를 복대의 중심선이 장골능에 위치하게 한 위치1과 복대의 아래 선이 장골능에 위치하게 한 위치2, 복대의 아래 선이 배꼽 5cm 위에 위치하게 한 위치3간의 폐기능을 비교하기 위하여 반복 측정된 1요인 분산분석을 실시한 결과는

표 5와 같다.

누운 자세에서는 복대의 아래 선을 장골능에 위치하게 한 위치2의 경우가 모든 폐기능 지표들이 가장 높았다. 복대의 위치1을 기준으로 하여 위치2와 위치3간의 유의한 차이가 있는 폐기능 지표는 최대호흡용량, 폐활량, 강제폐활량 등이었다.

표 5. 누운 자세에서 복대의 착용 위치에 따른 폐기능의 변화

	폐기능	F-값	Prob.
	평균 ± 표준편차		
호기에비용적(ℓ)		2.00	0.16
위치1	0.35 ± 0.15		
위치2	0.45 ± 0.30		
위치3	0.34 ± 0.20		
최대호흡용량(ℓ/분)		11.17	0.00
위치1	40.08 ± 11.12		
위치2	42.31 ± 12.75		
위치3	36.73 ± 10.94		

폐활량(ℓ)		28.42	0.00
위치1	2.41 ± 0.64		
위치2	2.50 ± 0.65		
위치3	2.32 ± 0.65		
강제폐활량(ℓ)		4.89	0.02
위치1	2.34 ± 0.75		
위치2	2.49 ± 0.63		
위치3	2.20 ± 0.75		
일초강제호기량(ℓ)		2.73	0.09
위치1	2.08 ± 0.55		
위치2	2.15 ± 0.58		
위치3	2.05 ± 0.59		

위치1: 복대의 중심선이 장골능
 위치2: 복대의 아래 선이 장골능
 위치3: 복대의 아래 선이 배꼽 5 cm 위

나. 선 자세

선 자세에서는 모든 폐기능 지표가 복대의 중심선이 장골능에 위치하게 한 경우(위치1)가 가장 높았다. 복대의 위치1을 기준으로 하

여 위치2와 위치3간의 통계학적으로 유의한 차이가 있는 폐기능 지표는 최대호흡용량, 폐활량과 일초강제호기량 등 이었다(표 6).

표 6. 선 자세에서 복대의 착용 위치에 따른 폐기능의 변화

	폐기능	F-값	Prob.
	평균±표준편차		
호기에비용적(ℓ)		3.15	0.06
위치1	0.34 ± 0.24		
위치2	0.25 ± 0.22		
위치3	0.28 ± 0.23		
최대호흡용량(ℓ/분)		18.83	0.00
위치1	32.83 ± 11.24		
위치2	30.38 ± 10.97		
위치3	28.48 ± 9.72		
폐활량(ℓ)		10.08	0.00
위치1	1.82 ± 0.54		
위치2	1.78 ± 0.57		
위치3	1.62 ± 0.54		

강제폐활량(ℓ)

위치1	1.77 ± 0.56	1.15	0.30
위치2	1.65 ± 0.48		
위치3	1.67 ± 0.53		

일초강제호기량(ℓ)

위치1	1.60 ± 0.54	5.86	0.01
위치2	1.60 ± 0.51		
위치3	1.51 ± 0.47		

위치1: 복대의 중심선이 장골능
위치2: 복대의 아래 선이 장골능
위치3: 복대의 아래 선이 배꼽 5 cm 위

5. 복대의 착용 방법에 따른 폐기능의 변화

가. 누운자세

복대의 윗 선과 아래 선을 일치시킨 경우(방법1)와 불일치하게 한 경우(방법2)간의 폐기능 변화를 보기 위하여 윌콕슨 부호순위검정(Wilcoxon signed rank test)을 실시한 결과는 표 7과 같다.

복대의 착용 방법을 손이 하나 들어갈 정도로 여유를 둔 경우(방법2)가 방법1과 비교하였을 때 호기예비용적은 0.11 ℓ, 최대호흡용량은 4.35 ℓ/분, 폐활량은 0.08 ℓ, 강제폐활량은 0.08 ℓ, 일초강제호기량은 0.05 ℓ가 증가하였다. 이 중 최대호흡용량, 폐활량, 강제폐활량 등이 통계학적으로 유의한 차이가 있었다.

표 7. 누운 자세에서 복대의 착용 방법에 따른 폐기능 변화

폐기능	방법1 (평균 ± 표준편차)	방법2 (평균 ± 표준편차)	t-값
호기예비용적(ℓ)	0.34 ± 0.16	0.45 ± 0.30	-1.87
최대호흡용량(ℓ/분)	37.96 ± 9.98	42.31 ± 12.75	-2.41*
폐활량(ℓ)	2.42 ± 0.61	2.50 ± 0.65	-2.24*
강제폐활량(ℓ)	2.41 ± 0.65	2.49 ± 0.63	-2.44*
일초강제호기량(ℓ)	2.10 ± 0.59	2.15 ± 0.58	-1.77

* p < 0.05

방법1: 복대의 윗 선과 아래 선이 일치
방법2: 복대의 윗 선과 아래 선이 불일치

나. 선자세

선 자세에서는 복대의 아래 선과 윗 선을 불일치 시킨 방법2의 경우에서 최대호흡용량 4.29 l/분, 폐활량이 0.06 l, 강제폐활량 0.59 l, 일초강제호기량이 0.47 l 증가하였으며

폐활량, 강제폐활량, 일초강제호기량은 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(표 8). 호기 예비용적은 감소하였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다.

표 8. 선 자세에서 복대의 착용 방법에 따른 폐기능의 변화

폐기능	방법1 (평균±표준편차)	방법2 (평균±표준편차)	t-값
호기예비용적(l)	0.28±0.23	0.25±0.22	0.88
최대호흡용량(l/분)	26.09±7.35	30.38±10.97	-1.86
폐활량(l)	1.72±0.58	1.78±0.57	-2.12 [†]
강제폐활량(l)	1.06±0.53	1.65±0.48	-3.56*
일초강제호기량(l)	1.13±0.53	1.60±0.51	-2.53 [†]

[†] p<0.05

방법1: 복대의 윗 선과 아래 선이 일치

방법2: 복대의 윗 선과 아래 선이 불일치

6. 복대의 압축 정도에 따른 폐기능의 변화

가. 누운자세

누운 자세에서 복대의 압축 정도를 연구 대상자 허리둘레의 2.5%(정도1)만큼 감소시켜 착용한 경우와 10.0%(정도2)만큼 감소시켜 착용한 경우간의 폐기능 변화를 보기 위

하여 윌콕슨 부호순위 검정을 실시한 결과는 표 9와 같다.

복대의 압축 정도를 연구 대상자 허리둘레의 2.5%만큼 감소시켜 착용한 경우에서 폐기능 지표들이 증가하는 경향이 있으며, 이 중 강제폐활량이 유의하게 증가하였다.

표 9. 누운 자세에서의 복대의 압축 정도에 따른 폐기능의 변화

폐기능	정도1 (평균±표준편차)	정도2 (평균±표준편차)	t-값
호기예비용적(l)	0.45± 0.30	0.34± 0.27	1.33
최대호흡용량(l/분)	42.31±12.75	37.98± 9.80	2.21
폐활량(l)	2.50± 0.65	2.43± 0.67	1.67
강제폐활량(l)	2.49± 0.63	2.40± 0.67	2.18 [†]
일초강제호기량(l)	2.15± 0.58	2.04± 0.67	1.81

[†] p<0.05

정도1: 복대의 압축 정도를 허리둘레의 2.5%로 감소시켜 착용

정도2: 복대의 압축 정도를 허리둘레의 10.0%로 감소시켜 착용

나. 선자세
선 자세에서는 복대의 압축 정도를 허리둘레의 10.0%(정도2)만큼 감소시켜 착용하게

하였을 때 최대호흡용량이 통계학적으로 유의하게 증가하였다(표 10).

표 10. 선 자세에서 복대의 압축 정도에 따른 폐기능의 변화

폐기능	정도1 (평균±표준편차)	정도2 (평균±표준편차)	t-값
호기예비용적(ℓ)	0.25± 0.22	0.29± 0.20	-1.29
최대호흡용량(ℓ/분)	30.38±10.97	34.52±12.82	-3.78*
폐활량(ℓ)	1.78± 0.57	1.79± 0.55	-0.30
강제폐활량(ℓ)	1.65± 0.48	1.75± 0.57	-1.01
일초강제호기량(ℓ)	1.60± 0.51	1.60± 0.55	-0.14

p<0.05
정도1: 복대의 압축 정도를 허리둘레의 2.5%로 감소시켜 착용
정도2: 복대의 압축 정도를 허리둘레의 10.0%로 감소시켜 착용

IV. 고찰

폐환기(pulmonary ventilation)는 흉곽의 용적 변화에 따라 공기가 폐의 내외로 이동하는 것으로 폐환기 규모는 폐용적에 따라 달라지므로 임상에서는 각 용적을 폐기능 검사의 기본으로 정량하고 있다(김광우, 1993; 김광희 등, 1992; 김우겸, 1995; Zadai, 1992). 이와 같은 폐용적은 정상인에서도 성, 신장, 체위, 연령, 병변 등의 여러 가지의 요인에 의하여 변화하게 된다(강두희, 1988). Allen 등(1985)은 정상인의 경우 선 자세와 누운 자세 간의 폐활량은 선 자세에서 7.5% 증가하며, Cotes(1979)는 앉은 자세에서는 선 자세보다 7.0% 감소하는 것으로 보고하였다. 또한 Wade와 Gibson(1951)은 45° 머리를 낮춘 자세는 누운 자세보다 9.0% 감소한다고 하였다. 이러한 현상을 Colville 등(1956)은 중력으로 인해 복강압이 증가하여 복강내 장기들이 횡격막을 머리 쪽으로 압박하기 때문이라고 하였고, 강두희(1988)와 Jacqueline(1982)는 정맥 환류량의 증가 등으로 폐혈관에 울혈이 와서 상대

적으로 폐용적이 감소하기 때문이라고 하였다.

척수손상 환자들은 정상인과 반대 현상을 보여 폐활량이 선 자세보다 앉은 자세, 앉은 자세보다 누운 자세에서 의미있게 증가한다(정한영 등, 1993). 이는 복근이 마비된 경수손상 환자들이 서게 되면 복강내의 장기들이 밑으로 내려오게 되어 배가 앞으로 튀어나오며 횡격막은 복강 쪽으로 내려가기 때문이다. 또한 흡기시에 횡격막이 늑골의 하부보다도 밑에 있게 되고 이때 횡격막이 수축을 하면 늑골의 밑부분이 안쪽으로 당겨지고 흉곽하부의 좌우 직경이 줄어들어 폐용적이 감소하게 된다(이충휘 등, 1993). 따라서 폐활량이 약 45%가 줄어들게 되는데 이러한 현상을 예방하기 위해서 복대를 착용하게 된다(Goldman 등, 1986).

Maloney 등(1979)은 앉은 자세에서 복대를 착용하게 되면 폐활량, 흡기용적, 호흡용적이 유의하게 증가한다고 하였으며, 이상운과 이강목(1988)도 복대를 착용하지 않은 상태에서는 폐활량이 2.33ℓ였으나 복대를 착용하게

되면 2.47 l로 증가된 것으로 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 복대를 착용한 경우, 적응시간 10분 후와 비교하였을 때에는 모든 폐기능 지표들이 감소하였으나 변화 직후와 비교하였을 때에는 반대 현상을 보여 모든 폐기능 지표들이 증가하였다. 이러한 현상을 보인 이유는 측정 순서에 의한 효과(testing order effect)로 Townsend(1984)는 정상인을 대상으로 하여 앉은 자세와 선 자세간의 강제폐활량과 강제호기량을 측정한 결과 측정 순서에 의한 차이가 있는 것으로 보고하였다. 또한 이상운과 이강목(1988)은 자세를 변화시키지 않고 앉은 자세에서 복대 착용 전과 후를 비교하였다. 본 연구에서도 연구 대상자들을 선 자세에서 폐기능 검사를 먼저 시행한 집단에서 복대의 착용 전과 후를 비교하였을 때에는 모든 폐기능 지표들이 증가하였다. 그러나 두 집단간에 폐활량에 영향을 주는 체중과 신장, 마비 정도에는 유의한 차이가 없었으며, 횡격막의 위치에 영향을 줄 수 있는 복부의 비만 정도(Chen 등, 1990; Donna, 1978)에도 차이가 없었다. 둘째로는 신경손상에 의해 측정 시간이 증가할수록 횡격막이 피로를 나타내고 중력에 의해 횡격막이 더 아래에 위치하게 되어 폐기능이 감소한 것으로 생각된다.

복대에 관한 지금까지의 연구는 복대를 한 위치에 고정시킨 상태에서 연구가 이루어졌다. Goldman 등(1986)은 복대의 위치를 장골능에서 하부 늑골까지로 고정하였으며, Maloney(1979)는 치골에서 검상돌기, 이상운과 이강목(1988)의 연구에서도 10번째 늑골에서 치골 결합 상부까지로 고정된 상태에서 연구를 진행하였다. 이러한 이유는 이충휘 등(1993)에 의하면 폐활량이 감소하는 현상을 예방하기 위하여 복대나 복부 지지대를 사용하는 경우에는 복대가 흉곽 하부의 움직임에 제한하지 않아야 하며, 위치는 10번째 늑골 아래 부분에서 장골능까지 지지해 주어야 한다고 하였기 때문이다. 본 연구에서는 복대의 위치를 변화시켜 복대의 아래 선과 중심선을 장골능

에 둔 경우와 아래 선을 배꼽 5cm 위에 둔 경우로 측정하였다. 그 결과 누운 자세에서는 복대의 아래 선을 장골능에 둔 경우가 폐기능 지표들이 증가하였고, 흉곽 하부의 움직임에 영향을 준(복대의 아래 선을 배꼽 5cm 위에 둔 경우) 경우에는 선 자세와 누운 자세에서 모든 폐기능 지표들이 감소하여 위의 이론과 일치하였다. 그러나 선 자세에서는 복대의 중심선을 장골능에 둔 경우에서 폐기능 지표들이 증가하였다. 이는 흉곽하부의 움직임을 보다 덜 방해하면서 복강내압을 상승시켰기 때문인 것 같다.

착용 방법을 이충휘 등(1993)은 아래 부분을 더 세게 조이고 윗 부분을 손바닥이 들어갈 정도로 여유를 두어야 한다고 하였다. 본 연구에서도 여유를 둔 경우가 누운 자세에서는 폐활량이 0.08 l 증가하였으며, 선 자세에서는 0.07 l 증가하였으며 통계학적으로 유의하였다. 또한 복대의 압축 정도에 따른 폐용량에 변화에 대하여 이상운과 이강목(1988)은 복대의 압축 정도를 허리둘레의 2.5%로 감소시켜 착용한 경우가 복대를 착용하지 않은 경우와 비교하여 폐활량, 예측치 폐활량백분율, 흡기예비용적, 강제폐활량이 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 그리고 복대의 압축 정도를 허리둘레 2.5%, 5.0%, 7.5%, 10.0% 감소시킨 상태로 착용시킨 후 폐용량의 변화에 대하여 조사한 결과 상호간에 통계학적으로 유의하지 않았다고 보고하였다. 본 연구에서는 누운 자세에서 2.5%로 감소시킨 경우가 모든 폐기능 지표들이 증가하였으며, 선 자세에서는 10.0%로 감소시킨 경우가 폐기능 지표들이 증가하였다. 이러한 차이를 보인 이유는 이상운과 이강목(1988)의 연구는 의자차에 앉은 상태에서 측정하였기 때문에 대퇴부와 복부의 내용물이 서로 압력을 주어 복대의 효과를 발휘했기 때문이라고 생각하며, 본 연구에서는 선 자세에서 이러한 작용이 없어 길이를 연구 대상자의 허리둘레 10.0%로 감소한 경우에서 폐기능 지표들이 증가된 것으로 여겨진다. 또한 누운 자세에서 2.5%로 감

소한 경우가 폐기능 지표들이 증가한 것은 압축 정도가 흡기에 영향을 주었던 것으로 생각된다.

송지영 등(1996)은 정상인을 대상으로 자세 변화에 따른 폐량의 변화를 보기 위한 연구에서 대상자가 변화한 자세에 대해 안정감을 느끼고 규칙적인 호흡을 할 수 있는 5분간의 적응기간을 두었으며, DeTroyer(1983)도 4~5분의 적응기간을 두었다. 척수손상 환자들을 대상으로 한 본 연구에서는 자세 변화 후의 적응기간을 직후와 5분 10분으로 하여 측정 한 결과 폐활량이 직후가 1.77 l, 5분 경과시에는 1.84 l, 10분 경과 후에는 1.97 l이었으며 변화 직후를 기준으로 하여 유의한 차이가 있었다.

본 연구는 한 병원에 있는 환자들을 대상으로 대조군을 선정하여 비교하지 않았고, 결과 분석에 있어 폐기능에 영향을 줄 수 있는 일반적인 특성을 고려하지 않아 일반화하기는 어렵다. 호흡 기능 증진을 목적으로 복대를 착용하게 할 때의 착용 방법은 아래 부분을 더 세게 조이고 윗 부분을 손이 들어갈 정도로 여유를 둔 방법, 착용 위치는 누운 자세에서는 복대의 아래 선을 장골능에 두고 선 자세에서는 중심선을 장골능에 두어야 할 것이다. 그리고 압축 정도는 누운 자세에서는 허리둘레 2.5%, 선 자세에서는 10.0%로 감소시켜 착용하도록 해야 하며, 폐기능 검사를 시행함에 있어서는 적응기간을 두고 측정해야 한다는 것을 보여준다. 앞으로 복대의 사용에 따른 폐기능의 변화를 알아보기 위한 연구에서는 혈중 가스검사 등과 같은 다른 변수를 사용한 연구가 필요할 것이며, 가스교환과 운반능력에 관한 평가도 이루어져야 할 것이다. 또한 측정 순서에 따른 복대의 폐기능 증진의 효과와 일상생활에서의 복대의 착용이 호흡의 효율에 미치는 영향에 대한 연구도 시행되어야 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 경수손상 환자들의 자세 변화 후의 시간 경과와 복대의 사용 방법, 위치, 압축 정도가 폐기능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 spiroanalyzer (model ST-250, Fukuda Sangyo)와 복대를 사용하여 1997년 4월 1일부터 같은 해 5월 3일까지 연세의료원 재활병원에 입원하여 치료를 받고 있는 척수손상 환자 19명을 대상으로 연구하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 선 자세보다 누운 자세에서 폐활량이 0.46 l, 호기예비용적 0.09 l, 강제폐활량 0.6 l로 유의하게 증가하였다.
2. 누운 자세에서 선 자세로 변화 후 시간이 경과할수록 호기예비용적, 최대호흡용량, 폐활량, 일초강제호기량이 유의하게 증가하였다.
3. 복대의 착용 위치는 누운 자세에서 복대의 중심선을 장골능에 위치하게 한 경우가 최대호흡용량, 폐활량, 강제폐활량이 유의하게 증가하였으며, 선 자세에서는 복대의 아래 선을 장골능에 위치하게 한 경우가 최대호흡용량, 폐활량, 일초강제호기량이 유의하게 증가하였다.
4. 복대의 착용 방법은 복대의 윗 선과 아래 선간에 차이를 둔 방법이 누운 자세에서 최대호흡용량, 폐활량, 강제폐활량이 유의하게 증가하였으며, 선 자세에도 차이를 둔 방법이 폐활량, 강제폐활량, 일초강제호기량이 유의하게 증가하였다.
5. 복대의 압축 정도를 대상자 허리둘레의 2.5%와 10.0%만큼 감소시킨 상태로 측정 한 결과 누운 자세에서 2.5%만큼 감소시킨 경우가 강제폐활량이 유의하게 증가하였으며, 선 자세에서는 10.0%만큼 감소시킨 경우가 최대호흡용량이 유의하게 증가하였다.

이상의 결과에서 자세 변화, 변화 후의 시간 경과에 따라 폐기능 지표들이 차이가 있었고 복대의 착용 방법과 위치, 압축 정도에 따라서도 차이가 있었다. 그러므로 임상에서 폐기능 측정시 자세 변화 후 최소한 10분 이상은 경과하여야 한다. 복대의 착용 방법은 아래 부분을 더 세게 조이고 윗 부분을 손이 들어갈 정도로 여유를 둔 방법, 착용 위치는 누운 자세에서는 복대의 아래 선을 장골능에 두고 선 자세에서는 중심선을 장골능에 두어야 할 것이다. 그리고 압축 정도는 누운 자세에서는 허리둘레 2.5%, 선 자세에서는 10.0%로 감소시켜 착용하도록 해야 경수손상 환자들의 호흡기능을 향상시킬 수 있을 것이다. 그러나 본 연구는 특정 대학병원의 환자들을 대상으로 하여 일반화하기는 어려우며, 향후 척수손상 환자들의 일상생활에서 복대 사용이 호흡 기능에 미치는 영향에 관한 연구가 필요하다.

인용문헌

- 강두희. 생리학. 개정 4판. 신광출판사, 1988.
- 김광우. 임상호흡요법. 의학출판사, 1993;12-78.
- 김광희, 남성남, 여남희 등. 운동생리학. 태근문화사, 1992;267-294.
- 김우겸. 호흡생리학. 생명의 이치, 1995;148-165.
- 도종욱, 김영수, 손건. 척수손상 113예와 임상적 고찰. 중앙의학, 1979;36:249-254.
- 박창일, 박은숙, 김철 등. 척수손상 환자의 호흡기능 평가. 대한재활의학회지 1990;14(1):19-26.
- 서울대학교 의과대학 재활의학교실. 재활의학. 1990; 255-268.
- 송지영, 심현보, 구애련 등. 자세에 따른 폐활량의 변화. 한국전문물리치료학회지. 1996;3(1):40-47.
- 이강목. 한국에 있어서의 척수장애자 실태조사. 대한의학협회지. 1980;23(9):799-806.
- 이상운, 이강목. 경수 및 상부 흉수손상자의 자세 변화와 복대사용이 호흡에 미치는 영향에 관한 연구. 대한재활의학회지. 1988;12(2):258-269.
- 이충휘, 권혁철. 고급물리치료 I. 현문사. 1993;121-136.
- 이현숙, 박영옥. 척수 손상자의 사망원인과 생존기간에 대한 조사 연구. 대한재활의학회지. 1994;18:570-575.
- 전이리. 정상 한국인 흡연자 및 비흡연자에 있어서의 폐기능 성적에 관한 비교. 연세대학교 대학원 석사학위 논문. 1979.
- 정한영, 권희규, 김세주 등. 경수손상 환자의 자세 변화에 따른 폐기능에 관한 연구. 대한 재활의학회지. 1993;17(1):62-69.
- 통계청. 1995년 사망원인통계연보. 1996.
- 편성범, 권희규, 김경희. 경수손상 환자에서 호흡운동치료에 의한 폐기능 증진에 관한 연구. 대한재활의학회지. 1994;18(2):302-309.
- Allen SM, Hunt B, Green M. Fall in vital capacity with posture. Br J Dis Chest. 1985;79:267-271.
- Chen CF, Lein IN, Wu MC. Respiratory function in patients with spinal cord injuries. Paraplegia. 1990;28:81-86.
- Cotes JE. Lung function: Assesment and application in medicine. 4th ed. Oxford Blackwell Scientific. 1979:74.
- Colville P, Shugg C, Ferris BG. Effects of body tilting on respiratory mechanics. J Appl Physiol. 1956;9:19-24.
- Derenne JP, Macklem PT, Roussos C. The respiratory muscles: Mechanics, control, and pathophysiology. Am Rev Resp Dis. 1978;118:581-597.
- DeTroyer A. Mechanical action of the abdominal muscles. Bulletin of European Physiotherapy and Respiration. 1983;19:575.
- DeVio MJ, Stover SL, Black KJ. Prognostic factor for twelve-year survived following spinal cord injury. Arch Phys Med Rehabil. 1992;73:248-254.

- Donna LF. Chest physical therapy and pulmonary rehabilitation: An interdisciplinary approach. 2nd ed. Year Book Medical Publishers Inc. 1978;3-34.
- Edward CR. Respiratory aspect of spinal cord injury management. *Paraplegia*. 1987;25:262-266.
- Goldman JM, Rose LS, Williams SJ, et al. Effect of abdominal binder on breathing in tetraplegic patients. *Thorax*. 1986;41:940-945.
- Hass A, Lowman EW, Beergofsky EH. Impairment of respiration after spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehabil*. 1965;46:399-405.
- Jacqueline FW. *Comprehensive Respiratory Care*. 3rd ed. The C.V. Mosby Company 1982:65.
- Ledsome JR, Sharp JM. Pulmonary function in acute cervical cord injury. *Am Rev Respir Dis*. 1981;124:41-44.
- Maloney PF. Pulmonary function in quadriplegia: Effects of a corset. *Arch Phys Med Rehabil*. 1979;60:261-265.
- Shaffer TH, Wolfson MR, Bhutani VK. Respiratory muscle function, assesment and training. *Phys Ther*. 1981;61(12):1710-1723.
- Stone JD, Keltz H. The effect of respiratory muscle dysfunction on pulmonary function: Studies in patients with spinal cord injuries. *Am Rev Respir Dis*. 1963;88:621-629.
- Townsend MC. Spirometric forced expiratory volumes measured in the standing versus the sitting posture. *Am Rev Respir Dis*. 1984;130:123-124.
- Wade OL, Gibson JC. The effects of posture on diaphragmatic movement and vital capacity in normal subjects with a note on spirometry as an aid in determining radiological chest volumes. *Thorax*. 1951;6:103-126.
- Walker J, Cooney M, Norton S. Improved pulmonary function in chronic quadriplegics after pulmonary therapy and arm ergometry. *Paraplegia*. 1989;27:278-283.
- Zadai CC. *Pulmonary Management in Physical Therapy*. Churchill Livingstone Inc. 1992:1-36.