

■ 김기송

■ 호서대학교 물리치료학과

## Physical Therapy for the Cardiorespiratory Fitness

Gi-Song Kim

Dept. of Physical Therapy, Hoseo University

**Purpose** The purpose of this study is to suggest that cardiorespiratory fitness should be considered for patients' rehabilitation during intervention with physical therapy. The patients with not only problems of central nervous system but also musculoskeletal disease can be suffered from lack of resonable cardiorespiratory fitness for their disabilities. Historical reviews can be obvious evidences for the treatment rationales of cardiorespiratory physical therapy. The section or academic association related with cardiorespiratory physical therapy are developing in advanced countries for their scientific researches and rational expectations. The Korean Academy of Cardiorespiratory Physical Therapy (KACPT) can be a helpful foundation for academic conference and seminar on the scope of cardiorespiratory physical therapy. The great efforts and various endeavors in members of the KACPT should be followed for the advance and positive identity among the competitive societies in rehabilitation program.

**Key words** : Cardiorespiratory fitness, Korean Academy of Cardiorespiratory Physical Therapy, Rehabilitation

## I. 서론

물리치료는 재활치료에서 환자의 근력과 기능 향상에 많은 시간과 관심을 기울여왔다. 신경학적 문제로 발생하는 경직과 손상된 균형을 환자들이 극복할 수 있도록 치료하고 있다. 물리치료는 환자들의 기능회복을 위해 저하된 근력과 운동조절 향상이 우선적으로 해결되어야 할 과제라 생각한다(Gordon, 1987). 과거 중추신경계 재활에서 근육에 가해지는 부하의 가중이 강직을 증가시킬 수도 있다는 생각으로 근력증가를 위한 저항적 반복운동을 금기시하였던 적도 있다. 그러나 Carr와 Shepherd(1982)는 환자들의 재활을 위한 “최선의 훈련(best-practice) 방법”을 찾기 위한 노력에서, 그 이론적 바탕을 운동조절이론 내의 운동과학 패러다임(movement sciences paradigm)에 두었고, 뇌졸중 환자의 운동학습(motor learning)에서 반복훈련의 중요성을 강조한 바 있다. 그러나 과거 보다 과학적인 이론으로 새롭게 시도된 운동학습 훈련에서, 과제를 반복시행하기 위해서는 그에 상응하는 심장호흡계의 적정성(resonable cardiorespiratory fitness)이 환자들로부터 요구된다는 사실을 알게 되었다(Carr와 Shepherd, 1998, 2003).

최근의 보고에서도 뇌졸중 환자의 재활 동안 적절한 수준의 훈련을 위해서는 그에 상응하는 심장호흡계의 적정성이 중요하고 이러한 점을 감안한 운동처방이 필요하다고 보고된 바 있다(Kathryn 등, 2005).

운동을 통한 재활치료를 받는 치료대상자 중 많은 사람들은 의학적 문제를 해결하는 동안 대부분의 시간에서 신체적 활동을 제한받게 된다. Kelly 등(2003)은 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구에서 연구대상자들이 초기 입원 7주 이내에 심장

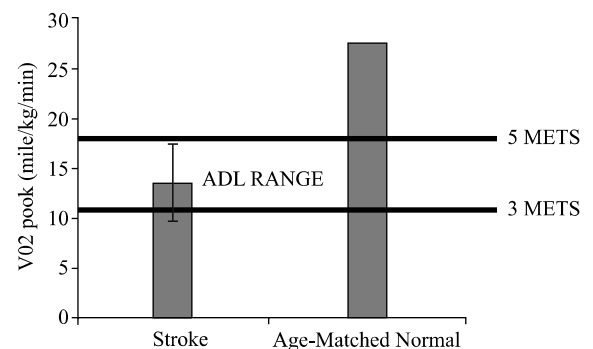


그림 1. 감소된 뇌졸중 환자의 최대산소 소비량

호흡계 적정성이 유의하게 감소되었음을 보고하였다(그림 1). 이와 관련된 연구들에서도 심장호흡계의 적합성은 뇌졸 중 후 수 개월과 수년 후에도 계속해서 감소된다는 결과가 있었다(Macko 등, 1997; Potempa 등 1995, 1996). 이러한 감소의 원인들로는 남아있는 반불완전마비에 의한 문제, 신경근 동원의 결핍, 최대심박수가 요구되는 활동의 저하 등이 하나의 원인으로 또는 병행되어 일어난 결과라 하였다(King 등, 1989; Monga 등, 1988). 뇌졸중을 포함한 신경학적 문제로 재활치료를 받는 환자들에게 실시하고 있는 물리치료와 작업치료의 운동치료 내용이 심장호흡계의 적합성을 향상시키기에는 부족하다(Mackay-Lyons와 Makrides, 2002)는 지적으로, 최근의 연구들에서는 여러 형태의 운동 중 수중운동치료가 만성뇌졸중 환자들의 심장호흡계 적합성 향상에 효과적이라고 하는 보고가 있었다(Kelly 등, 2004). 뇌졸중을 포함한 척수(신경)마비로 인한 호흡곤란과 심장호흡계의 적합성 문제로 환자들의 재활을 위한 치료적 운동 적용 전과 실시 동안 평가하고 살펴보아야 할 문제이다.

중추신경계 문제로 인해 재활훈련이 필요한 사람들뿐만 아니라 근골격계 질환으로 통증을 겪고 있는 환자들도 재활치료 영역에서 많은 수를 차지하고 있다. 요통은 물리치료를 받는 대상자들에서 가장 흔한 질환들 중 하나이다. 급성 및 만성 요통은 환자들의 일상생활에서 신체활동을 제한하게 만들고 장기간 신체활동의 저하는 깊은 호흡(deep breathing)을 할 기회를 줄어줄게 해, 깊은 호흡과 강한 호기 시에 필요로 하는 흉곽가동성(chest mobilization)과 체간근육 및 복부 심부근(abdominal deep muscle)의 근력을 감소시킨다.

만성요통환자들을 대상으로 한 최근의 연구들에서 연구대상자들은 정상인에 비해 체간의 근육 단면적이 감소되었다는 보고가 있었으며(Mannion 등 2000), 복부 심부근의 근활성도는 낮고 분당최대환기량(이병기 등, 2008)과 1초간노력성호기량 최대호기량은 적었다고 보고하였다(김기승 등, 2009). 만성요통환자들은 큰 충격이 아닌 크지 않은 충격강도에도 척추 주변의 인대와 인대 내부의 손상된 기계적수용기(mechanoreceptor)가 강한 자극을 받을 수 있다(Panjabi, 2006; Schleip 등, 2007). 또한 척추 주변의 손상된 구조들에서 발생하는 비정상적인 신호로 만들어진 부적절한 운동조절은 척추의 불안정성과 통증을 증가시켜 요통이 만성화되는 악순환을 만든다는 보고가 있었다(Panjabi, 2003). 해부학적 구조인 수동적 척추 구조(passive spinal structure)에 의해서만 저항을 받아야만 하는 중립지역(neutral zone)의 증가는 결국 통증을 느낄 수 있게 하는 범위를 증가시켜, 정상인은 통증을 느끼지 않는 정도의 충격인데 반해 만성요통환자는 작은 동요에 의해서도 통증을 느끼게 된다(Yue 등, 2007).

기침이나 재채기는 일상에서 반복되어지는 동작으로(Leung 과 Robson, 1994), 이러한 동작 시 일어나는 복강내압의 증가와 척추의 동요에 대한 부적절한 대응은 요통의 원인이 될 수 있으며 만성화시키는 문제일 수 있다(Deyo 등, 1992). 만성 호흡문제를 지닌 사람들에서 체간의 변형, 기침이나 재채기는 흔한 증상이다. 이러한 이유에서 기침이나 재채기와 같은 동작이 반복되는 만성 호흡기 질환 환자들에게서 기침이나 재채기 시 발생하는 체간의 요동을 줄여줄 수 있는 운동치료 방법에 대한 연구도 필요하다.

최근까지 보고된 연구들에서 환자들의 호흡훈련과 기도청결을 위해 사용되고 있는 물리치료적 방법들은 이완자세(relaxation positioning), 흉곽가동운동(chest mobilization), 횡격막호흡(diaphragmatic breathing), 오므린입술호흡(pursed lip breathing), 체위배출(postural drainage), 진동(vibration), 두드림(clapping percussion), 쥐어짜기(squeezing), 흔들기(shaking) 등이다. 물리치료학과 심장호흡계 관련 교과목에서 학생들이 실습하게 되고, 지금도 임상에서는 환자들에게 일반적으로 적용되고 있는 이러한 기술들에 대한 근거를 확인하기 위해선, 지금까지 임상에서 적용되어 보고된 연구들을 고찰해 볼 필요가 있다.

## II. 본 론

### 1. 호흡운동

호흡운동의 효과와 관련한 근거에서 노력성호기(forced expiration)운동을 강조하였던 최초의 보고는 MacMahon (1915)의 연구였으며 폐, 횡격막 손상을 입은 환자에게 늑골 하부의 강한 팽창감을 느낄 수 있게 코로 숨을 들이마신 후 입을 크게 벌려 천천히 그리고 강하게 복근(abdominal muscle)을 수축하는 방법으로 숨을 내쉬는 방법을 적용하였으며 호흡운동을 받은 연구대상자들은 운동 시작 후 일주일 이내에 두드러진(remarkable) 향상이 있었다고 보고하였다. 1차 세계대전 동안 흉부질환(chest cases)에 대한 많은 의학적 보고를 토대로 환자들의 의학적인 시도와 병행해서 호흡운동과 신체 운동(physical exercises)이 최대한의 회복을 위해서 필요하다고 보고되었다(MacMahon, 1919). 이러한 철학은 오늘날까지 이어지고 있으며(van der Schans, 1997), 횡격막 호흡 등을 이용한 깊은 호흡(deep breathing)은 흉곽팽창과 더불어 폐 용적(lung volume)을 증가시키고 기도에 쌓인 과다한 분비물을 제거하는데 효과적이라고 하는 근거들(Baldwin, 1994; Tucker와 Jenkins, 1996; Ward 등, 1966)로 임상적 적용을 지지하고 있다. “Glossopharyngeal breathing (GPB)”은 미국의 문

현(Collier 등, 1956; Dail, 1951)에서 언급한 바가 있으며 기도 청결을 위한 여러 가지 기술과 함께 운동을 병행하는 것이 효과적이라고 하는 스칸디나비아의 연구자들에 의한 보고가 있었다(Pryor, 1999).

체위배출에 대한 문헌고찰에서 Ewart(1901)는 “지속적인

체위방법(The continuous postural method)”에 대해서 기술한 바 있으며, 지속적인 체위배출이 효과적이나, 환자가 참을 수 없는 경우에는 하루 2, 3회 1시간씩으로 줄여서 적용하는 것도 가능하다고 추천한 바 있다. 이후 적용빈도와 회수는 처음 시작 시 하루 3회 10분씩 적용하는 강도에서 시작하여 하

표 1. 호흡재활(치료)에서 권고, 서술사항 및 근거중심 지침의 등급

권고 또는 서술사항	근거의 강도/ 권고 수준
1. 보행 운동 프로그램은 만성폐쇄성폐질환 환자의 호흡재활을 위해 적절한 치료방법이다.	1A
2. 호흡재활은 만성폐쇄성폐질환 환자의 호흡곤란을 향상시킨다.	1A
3. 호흡재활은 만성폐쇄성폐질환 환자의 건강과 관련된 삶의 질을 향상시킨다.	1A
4. 호흡재활은 만성폐쇄성폐질환 환자의 병원 입원 및 건강 요양기관의 치료중재를 감소시킨다.	2B
5. 호흡재활은 만성폐쇄성폐질환 환자의 관리에서 비용 대비 효과적이다.	2C
6. 호흡재활은 만성폐쇄성폐질환 환자의 생존 기간 연장에 영향을 미치는 점인지에 대한 근거가 충분하지 못하다.	None
7. 포괄적인 호흡재활은 만성폐쇄성폐질환 환자의 심리사회적 측면에 도움을 줄 수 있다.	2B
8A. 6~12주 동안의 호흡재활은 치료측면에서 긍정적이나 12~18주가 지나면 치료의 유용성이 점차적으로 감소한다.	1A
8B. 건강과 관련된 삶의 질에서 몇 가지 점은 유용하며 12~18주에서도 효과가 지속 된다.	1C
9. 12주 이상의 장기간 호흡재활 프로그램은 단기간의 프로그램 보다 치료의 효과가 지속된다.	2C
10. 호흡재활 후의 효과를 지속시키는 노력은 장기간 치료 결과에서 적절한 효과를 나타낸다.	2C
11. 높은 강도의 하지 운동은 낮은 강도의 운동에 비해 더 큰 신체적 효과가 있다.	1B
12. 낮은 강도와 높은 강도의 운동 모두 만성폐쇄성폐질환 환자에서 임상적 효과가 있다.	1A
13. 호흡재활 프로그램에 강화 훈련 요소의 부가는 근력 강화와 근육의 양을 증가시킨다.	1A
14. 최근의 근거는 만성폐쇄성폐질환 환자를 위한 호흡재활에서 근육의 양을 증가시키는 약물의 정기적사용을 지지하지 않는다.	2C
15. 상지를 이용한 지구력 훈련은 만성폐쇄성폐질환 환자에서 유용하며 포함되어야 하는 점이다.	1A
16. 호흡재활 프로그램에서 흡기근의 정기적사용이 필수적인 요소라는 점은 근거가 부족하다.	1B
17. 자조-관리에 대한 정보와 악화요소의 예방 및 치료에 대한 교육은 호흡재활의 필수요소이다.	1B
18. 개별 치료 방법으로서 정신사회적 치료의 효과는 근거가 불충분하다.	2C
19. 비록 근거가 부족하지만, 최근의 치료와 전문가의 견해에서 만성폐쇄성폐질환 환자의 정신사회적 중재를 포함시켜야 하는 점을 지지한다.	None
20. 운동으로 기인하는 심각한 저산소증 환자에서 산소를 보충하는 산소 재활 운동이 필요하다.	1C
21. 운동으로 발생할 수 있는 저산소증이 나타나지 않는 환자에서 높은 강도의 운동 시 보충적 산소 사용 운동은 운동 지구력을 향상시킬 수도 있다.	2C
22. 심각한 만성폐쇄성폐질환 환자에서 비침습적 환기 기기를 통한 환기 보조는 운동 수행을 적절히 향상시킬 수 있다.	2B
23. 만성폐쇄성폐질환 환자의 호흡재활에서 영양 보충제의 정규 사용에 관해서는 근거가 불충분하다.	None
24. 호흡재활은 만성폐쇄성폐질환 환자 이외의 만성 호흡기계 질환에서도 유용하다.	1B
25. 비록 근거가 불충분해더라도 만성폐쇄성폐질환 환자 이외의 만성 호흡기계 질환을 위해서는 개별적 질환에 따른 치료 전략을 수정해야 하고, 부가적인 치료가 이뤄져야 한다는 것이 최근의 치료와 전문가의 의견에서 지지된다.	None
1996년부터 2004년 사이에 발표된 20개의 연구논문의 체계적 고찰	
1A: high strength evidence and strong recommendation.	
1B: moderate strength evidence and strong recommendation.	
1C: low strength evidence and strong recommendation.	
2A: high strength evidence and weak recommendation.	
2B: moderate strength evidence and weak recommendation.	
2C: low strength evidence and weak recommendation.	

루 3회 2시간씩 점차로 증가시키고, 밤 시간 동안에도 확대하여 적용하는 방법이 효과적이라고 하는 보고(Nelson, 1934)가 있기까지 “지속적인 체위 방법”으로 적용되었다. Palmer와 Sellick(1953)은 체위 배액법과 함께 진동과 두드림을 병행하는 것이 호흡 운동만 실시하였을 때보다 수술 후 무기폐(pulmonary atelectasis)를 예방하는 데 효과적이라는 보고를 하였다. 1960년대 새로운 기술들이 적용되기 이전까지 두드림을 병행한 체위 배액법은 기도청결을 위한 절대적 표준(gold standard)으로 적용되었다(Thompson과 Thompson, 1968; David, 1991). 물리치료가 시행하는 손으로 두드림(clapping) 또는 흉부의 타진(manual chest percussion)은 혼용해서 사용되는 치료적 기술로 흉강내 압력(intrathoracic pressure)를 증가시킬 수 있으나, 이러한 압력증가와 기도 청결과의 상관관계는 불분명하다고 하였다(Flower 등, 1979). Gallon(1992)과 Thomas 등(1995)은 기계적 타진기(mechanical percussors)의 사용 시 적용부위에 대한 물리학적 판단을 언급하였지만 임상적으로 효과가 있는 것인지를 결론내리기 어렵다고 보고하였다.

## 2. 만성폐쇄성폐질환

Irwin과 Tecklin(2004)는 만성폐쇄성폐질환(chronic obstructive pulmonary disease: COPD) 환자들을 위한 호흡계 물리치료 방법으로, 객담배출을 위한 체위잡기(positioning), 손기술(manual technique), 기침기술(coughing technique), 호흡기술(breathing technique)에 대해서 자세히 보고하였다. 이 중 손기술에 대한 내용은 현재 체위배출법 시 함께 병행하며 사용하는 두드림, 진동과 더불어 늑골 탄력성(rib-springing)을 이용한 기술들을 소개하였다. 만성폐쇄성폐질환 환자의 가정에서 교육시켜야 할 호흡운동들로 최대 흡입 후 몇 초 동안 끊어서 기침하는 방법인 가쁜기침(huff coughing)과 오므린입술호흡, 아래 흉위팽창호흡(lower chest expansion) 기술들에 대한 적용 방법을 소개하였으며 이러한 기술들이 환자들의 호흡 형태의 교정과 기도청결에 도움이 된다고 하였다. 현재까지 사용되는 호흡재활과 관련된 중재에서 근거에 기초한(evidence-based) 지침(표 1)이 보고된 바 있다(Ries, 2008).

## 3. 심장호흡질환의 운동처방

최근까지 보고된 환자들의 기도청결을 포함한 호흡운동을 위한 각국의 치료기구 개발에 대한 보고(Pryor, 1999)에서, 벨기에에서 개발된 자동 배액기(autogenic drainage: AD)와 뉴질랜드에서 생산된 “active cycle of breathing techniques (ACBT)” 등이 영국의 “Royal Brompton Hospital”에서 임상적으로 적용한 후 그 효과가 입증된 바 있다. “positive expiratory pressure (PEP)”는 덴마크에서, “high pressure PEP”는 오스

트리아, “oscillating PEP”형태의 “Flutter VRP1”은 스위스, 또 다른 “oscillating PEP”형태의 “RC- Cornet”은 독일에서 개발되어 임상적 실험을 통하여 그 효과를 보고하였으며, “High-frequency chest wall oscillation (HFCWO)”은 미국에서 개발되어 임상 실험을 통하여 객담 배출을 위하여 매우 효과적인 절대적 표준이 될 수 있는 물리치료기구라 보고된 바 있으며(Langenderfer, 1998), “intrapulmonary percussive ventilation (IPV)”와 다른 기계적 장치인, “incentive spirometry (IS)”도 미국에서 개발되어 임상적으로 널리 사용되어지고 있다. 그러나 이 중 “incentive spirometry”는 효과를 입증하는 근거가 부족하지만 아직까지 사용되고 있다(Gosselink, 1999)고 하였다.

최근 국내의 문헌에서는 호흡문제를 지닌 환자들을 위한 운동강도, 종류 및 기간 등에 대한 운동처방의 마련이 필요하다고 언급하였으나(박창일 등, 2007), 일반적인 임상적용의 지침으로 8-12주에 걸쳐 1회 시행시마다 최소 20-30분씩, 일주일에 2-5회까지 운동하는 방법을 추천하였다. 미국흉부학회와 영국흉부학회에서 권하는 운동지침으로는, 하지의 지구력 및 근력 강화운동이 추천되고 있으며, 대표적인 운동으로, 걷기 트레드밀 운동, 자전거타기 등의 유산소 운동 등을 언급하였다. 운동시 운동강도의 적용은 목표심박수(target heart rate: THR)는 최대심박수(maximal heart rate: MHR)의 60~70%와 최대산소섭취량(maximal oxygen uptake)의 50% 이상으로 하는 것이 효과적이라 하였다.

신체재활(치료) 분야에서 심장호흡계의 적합성을 고려한 물리치료사들의 치료적 운동강도 적용과 관련한 지침으로는 목표심박수와 자각운동강도(Borg's rating of perceived exertion)를 참고로 하는 평가가 일반적이다. 운동치료를 통하여 환자들의 운동능력, 호흡형태 등을 개선할 수 있으며 결과적으로 삶의 질(quality of life)을 향상시킬 수 있다고 하였으나 환자들 이 지닌 호흡문제를 해결하고자 하는 측면에서 물리치료기구의 개발 및 임상적인 효용성을 입증하려는 시도는 아직까지 매우 미미한 실정이다.

## Ⅲ. 결 론

환자의 재활을 위해 평가해야 하는 점은 기능적인 문제 이외에도 많은 부분이 있다. 재활치료 대상자들 중 호흡문제로 심장호흡계 적정성에 문제가 있는 환자들을 위해선 조건에 맞는 객관적인 평가와 그에 따른 적절한 강도의 운동 적용이 필요하다. 신체적인 재조건화를 위한 운동에서 기초가 되는 심장호흡계의 적정성을 향상시키기 위해 환자들의 호흡 형태와 흉곽가

동성의 평가는 중요한 부분이다. 환자의 신체 상태와 운동 강도를 평가하기 위해서는 객관적이고 복잡한 평가가 요구될 수 있으나 호흡재활에 대한 폭넓은 이해는 간단한 방법이나 기구의 적용이 때로는 환자들의 흉곽가동성과 호흡기능을 향상시킬 수도 있다.

문헌고찰에서 살펴보았듯이 여러 국가에서는 이미 호흡재활과 관련한 물리치료장비의 개발과 연구가 활발히 진행되고 있다. 그러나 한국의 물리치료는 이러한 분야에 대한 관심과 전문성이 아직까지도 부족하다고 판단된다. 최근 시도하였던 연구과정에서 최신경향이나 제시된 근거들을 입증하기에는 물리치료사로서 20년 넘게 임상에서 환자들을 치료하면서 심장호흡계 물리치료와 관련된 업무역량, 기술 등에서 부족함을 느꼈다.

환자들의 재활치료에서 호흡재활 분야와 관련한 물리치료사와 의료진 간의 의사소통은 매우 중요하다. 재활치료를 위한 다양한 전문가들 가운데, 물리치료사는 환자들의 심장호흡계 적정성을 위해 노력해야 할 전문가이다. 현재 한국의 임상에서 시행되고 있는 호흡재활 물리치료에 대한 근거 마련과 객관적인 환자 평가를 통한 임상적 자료 수집이 심장호흡계 적정성을 위한 물리치료와 대한심장호흡물리치료학회 발전을 위해 필요하다.

## 참고문헌

1. 김기송, 이충휘, 권오윤. 만성요통환자에서 복부심부근 강화 운동이 노력성 호기 폐기능 검사 동안 최대호기유량, 1초간 노력성호기량과 요통에 미치는 효과. 한국전문물리치료학회지. 2009;16(1):10-17.
2. 박창일, 문재호 등. 재활의학: 11장. 호흡기계 질환의 재활. 한미의학. 2007;723-724.
3. 이병기, 지용석, 고일규 등. 걷기와 요부안정화운동이 만성요통 환자의 폐기능과 요부심부근에 미치는 영향. 대한임상건강증진학회지. 2008;8(3):168-177.
4. Baldwin DR, Hill AL, Peckham DG, Knox AJ. Effect of addition of exercise to chest physiotherapy on sputum expectoration and lung function in adults with cystic fibrosis. *Respir Med*. 1994;88:49-53.
5. Carr J H, Shephard R J. A motor relearning, programme for stroke. Heinemann Medical, London. 1982.
6. Carr J H, Shephard R B. Neurological rehabilitation: optimizing motor performance. Butterworth- Heinemann. Oxford. 1998.
7. Carr J H, Shephard R B. Stroke rehabilitation: guidelines for exercises and training to optimize motor skill. Butterworth-Heinemann. New York. 2003.
8. Collier CR, Dail CW, Affeldt JE. Mechanics of glossopharyngeal breathing. *J Appl Physiol*. 1956;8: 580-584.
9. Dail CW. 'Glossopharyngeal breathing' by paralyzed patients; a preliminary report. *Calif Med*. 1951;75: 217-218.
10. David A. Autogenic drainage - the German approach. In: Pryor JA, ed. *Respiratory Care*. Edinburgh. Churchill Livingstone. 1991:pp65.
11. Deyo RA, Rainille J, Kent DL. What can the history and physical examination tell us about low back pain? *JAMA*. 1992;268(6):760-765.
12. Ewart W. The treatment of bronchiectasis and of chronic bronchial affections by posture and by respiratory exercises. *Lancet* 1901;2:70-72.
13. Flower KA, Eden RI, Lomax L, Mann NM, Burgess J. New mechanical aid to physiotherapy in cystic fibrosis. *BMJ*. 1979;2:630-631.
14. Gallon A. The use of percussion. *Physiotherapy*. 1992; 78:85-89.
15. Gordon J Assumptions underlying physical therapy intervention: theoretical and historical perspectives. In: Carr J H, Shepherd R B. (eds.) *Movement science: foundations for physical therapy in rehabilitation*. Heinemann Physiotherapy. London. 1987;1-30.
16. Gosselink R, Schever K, Cops P, et al. Incentive spirometry does not enhance recovery after thoracic surgery. *Crit Care Med*. 2000;28:679-683.
17. Irwin, S., & Tecklin, J. S. *Cardiopulmonary physical therapy*. (4th ed.). St. Louis: Mosby. 2004.
18. Kathryn R, Louise A, Elizabeth E. Science-based Rehabilitation. *Theories into Practice*: ch. 7. Cardiorespiratory fitness after stroke. 2005;pp131-134.
19. Kelly J, Kilbreath S, Davis G et al. Cardiorespiratory fitness and walking ability in subacute stroke patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2003;84(12):1780-1785.
20. Kelly S, Chu, Janice J, Eng, Andrew S, Dawson, Jocelyn E, Harris, Atila Ozkaplan, Sif Gylfado'ttir. Water-based exercise for cardiovascular fitness in people with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85:870-874.

21. King M L, Guarracini M, Lennihan L et al. Adaptive exercise testing for patients with hemiparesis. *Journal of Cardiopulmonary Rehabilitation*. 1989;9:237-242.
22. Langenderfer B. Alternatives to percussion and postural drainage. A review of mucus clearance therapies: percussion and postural drainage, autogenic drainage, positive expiratory pressure, flutter valve, intrapulmonary percussive ventilation, and high-frequency chest compression with the ThAIRapy vest. *J Card Pulm Rehabil* 1998; 18: 283-289.
23. Leung AK, Robson WL. Sneezing. *J Otolaryngol* 1994;23(2):125-129.
24. Macko R F, DeSouza C A, Tretter L D et al. Treadmill aerobic exercise training reduces the energy expenditure and cardiovascular demands of hemiparetic gait in chronic stroke patients. A preliminary report. *Stroke*. 1997;28: 326-330.
25. Mackay-Lyons M J, Makrides L. Cardiovascular stress during a contemporary stroke rehabilitation program: is the intensity adequate to induce a training effect? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2002;83: 1378-1383.
26. MacMahon C. Breathing and physical exercises for use in cases of wounds in the pleura, lung and diaphragm. *Lancet* 1915;2:769-770.
27. MacMahon C. Some cases of gunshot wounds and other affections of the chest treated by breathing and physical exercises. *Lancet* 1919;i:697-699.
28. Mannion AF, Käser L, Weber E, et al. Influence of age and duration of symptoms on fibre type distribution and size of the back muscles in chronic low back pain patients. *Eur Spine J*. 2000;9(4):273-281.
29. Monga T N, Deforge D A, Williams J et al. Cardiovascular responses to acute exercise in patients with cerebrovascular accidents. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1988;69:92-98.
30. Nelson HP. Postural drainage of the lungs. *BMJ*. 1934;2:251-255.
31. Palmer KNV, Sellick BA. The prevention of postoperative pulmonary atelectasis. *Lancet*. 1953;i: 164-168.
32. Panjabi MM. Clinical spinal instability and low back pain. *J Electromyogr Kinesiol*. 2003;13(4):371-379.
33. Panjabi MM. A hypothesis of chronic back pain: Ligament subfailure injuries lead to muscle control dysfunction. *Eur Spine J*. 2006;15(5):668-676.
34. Potempa K, Lopez M, Braun L T et al. Physiological outcomes of aerobic exercise training in hemiparetic stroke patients. *Stroke*. 1995;26:101-105.
35. Potempa K, Braun LT, Tinknell T et al. Benefits of aerobic exercise after stroke. *Sports Medicine*. 1996;21:337-346.
36. Pryor J.A. Physiotherapy for airway clearance in adults. *European Respiratory Journal* 1999;14:1418-1424.
37. Ries AL. Pulmonary Rehabilitation: Summary of an Evidence-Based Guideline. *Respiratory Care*. 2008 Sep;53(9):1203-1207.
38. Schleip R, Vleeming A, Lehmann-Horn F, et al. Letter to the Editor concerning "hypothesis of chronic back pain: Ligament subfailure injuries lead to muscle control dysfunction" (M. Panjabi). *Eur Spine J*. 2007;16(10): 1733-1735.
39. Thomas J, DeHueck A, Kleiner M, Newton J, Crowe J, Mahler S. To vibrate or not to vibrate: usefulness of the mechanical vibrator for clearing bronchial secretions. *Physiotherapy*. Can. 1995;47:120-125.
40. Thompson B, Thompson HT. Forced expiration exercises in asthma and their effect on FEV1. *NZJ Physiotherapy*. 1968;3:19-21.
41. Tucker B, Jenkins S. The effect of breathing exercises with body positioning on regional lung ventilation. *Aust J Physiotherapy*. 1996; 42: 219-227.
42. Yue JJ, Timm JP, Panjabi MM, et al. Clinical application of the Panjabi neutral zone hypothesis: The Stabilimax NZ posterior lumbar dynamic stabilization system. *Neurosurg Focus*. 2007;22(1):E12.
43. van der Schans CP. Forced expiratory manoeuvres to increase transport of bronchial mucus: a mechanistic approach. *Monaldi Arch. Chest Dis*. 1997;52:367-370.
44. Ward RJ, Danziger F, Bonica JJ, Allen GD, Bowes J. An evaluation of postoperative respiratory maneuvers. *Surg, Gynecol. Obstet*. 1966; 123: 51-54.