

흉곽 확장 저항운동이 뇌졸중 환자의 폐기능 및 보행에 미치는 영향; 사례연구

대한심장호흡물리치료학회지 제1권 제1호

■ 김창범¹, 김미선¹, 최종덕²

■ ¹대전대학교 대학원 물리치료학과, ²대전대학교 자연과학대학 물리치료학과

Chest Expansion Resistance Exercise Improves Pulmonary Function and Gait Function in Chronic Stroke Patient

Chang-Beom Kim¹, Mi-Sun Kim¹, Jong-Duk Choi²

¹Department of Physical Therapy, Graduated School, Daejeon University

²Department of Physical Therapy, College of Natural Science, Daejeon University

Purpose To examine the effects of chest expansion resistance exercise (CERE) applied to chronic stroke patients on their pulmonary functions, chest expansion, and functional gait ability. **Method** Three chronic stroke patients without any respiration-related rehabilitation program experience (2 men and 1 women) was performed chest expansion resistance exercise (CERE). **Study design** A case study design was used. **Result** Each participant was subject to a pulmonary function test, chest expansion test, 10-meter timed walking test (10MTWT), and 6-minute walking test (6MWT) prior to and after the exercise. Each participant forced vital capacity (FVC), force expiratory volume at one second (FEV₁), peak expiratory floe (PEF), maximal voluntary ventilation (MVV), chest expansion, 10MTWT and 6MWT increased after the intervention. **Conclusion** The results of application of CERE to chronic stroke patients demonstrated the importance of respiratory exercise in an approach to stroke rehabilitation treatment intervention and the need to add respiratory exercise to a rehabilitation intervention program.

Key words Chest expansion, Pulmonary function, Stroke

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

뇌졸중은 뇌혈관의 경색 또는 출혈로 인해 혈류 공급의 문제로 뇌손상이 초래되고 이로 인해 다양한 신경학적 증상이 나타나는 질환이다(Shaw, 1987). 뇌졸중 환자는 신체의 여러 부위의 마비 등 운동기능과 감각기능 장애가 동반된 복합적 문제로 인하여 신체적 활동에 심각한 제약을 받게 된다(Kolb와 Gibb, 2007; Sharp 와 Brouwer, 1997).

뇌졸중의 운동조절 능력의 감소는 신체적 활동의 감소로 이어지며 침상 생활과 운동 수행 경험의 감소로 심혈관계의 기능을 저하시키는 이차적 문제를 유발한다(Andrews와 Bohannon, 2006). 또한 흉곽확장 감소와 호흡근 약화로 인하여 폐기능이 저하된다. 뇌졸중 이후 횡격막을 포함한 호흡 근육의 마비로 흉곽의 충분한 팽창에 문제가 발생하고, 이러한 상태가 지속

될수록 흉곽 조직이 단축되고, 근육이 섬유화 되어 흉곽확장 정도가 감소될 수 있다(Frownfelter와 Dean, 2006). 더욱이 호흡근육의 약화로 인한 상태가 지속 될수록 기침기능과 객담 제거 능력이 저하되고 기도 내 분비물이 축적되고 폐의 탄성도 역시 감소하여 폐렴, 무기폐 등 여러 가지 호흡기계 합병증을 일으킬 수 있다고 하였다(Fugl-Mayer 등, 1983; Kim과 Seo, 2010). 이러한 문제점들로 인하여 신체적 활동의 제한과 움직임 저하 등 이차적 호흡기능 문제가 발생할 수 있으며, 이에 따른 호흡기능의 약화는 신체적 활동 정도를 제약하고, 신체적 활동의 제한은 다시 호흡기능을 더욱 약화시키는 악순환을 만들게 된다고 하였다(Kisner와 Colby, 2002; Agnarsson 등, 1999).

뇌졸중 환자들에게서 호흡기능의 저하는 흔히 관찰될 수 있다. 편마비 환자에게 있어서 흉곽확장과 관련된 호흡근 약화는 피로를 유발하거나, 강도 높은 과제 수행에 있어서 호흡근란을 가져올 수 있으며(Lanini 등, 2003; Macko 등, 1997),

교신저자: 최종덕

주소: 300-761 대전광역시 동구 대학로 62 응용과학관 2410호, 전화: 82-42-280-2293, E-mail: choidew@dju.kr

지구력을 요하는 유산소 운동 시 피로감을 쉽게 느낄 수 있다 (Estenne 등, 1993). 이는 곧 지역사회 복귀 이후 보행 능력과 더불어 일상생활 동작 수행에 문제를 가져올 수 있다(Reid와 Samrai, 1995).

일반적인 뇌졸중 재활프로그램은 신체의 기능적 회복의 목적으로 인해 심호흡계의 기능증진에는 효과적이지 않다 (Mackay-Lyons과 Makrides, 2002; Kelly 등, 2003). 따라서 뇌졸중 환자의 보행과 같은 기능적 활동 향상에 있어서 호흡관련 중재를 통합시킨 재활프로그램이 효과적일 것이다 (Skinner, 2005; Courbon 등, 2006). 뇌졸중 이후 호흡기능이 저하된 환자에게 고강도의 호흡근 근력 운동을 시행한 결과 호흡근의 근력과 지구력이 증가로 인해 호흡기능의 향상을 기대할 수 있었고(McCool과 Tzelepis, 1995), 약화된 호흡근에 적용되어진 근력 운동과 유산소 운동은 호흡근의 근력과 폐기능을 증가시켰다(Riolo와 Fisher, 2003; Carr와 Jones, 2003). 신체 전체를 사용하는 지구력 훈련은 심폐 지구력을 향상 시켜서 전체적인 운동 수행능력을 향상 시키지만, 호흡근의 근력과 지구력만을 비교해 본 결과 직접적인 호흡근 촉진 운동이 더 효과적이라고 하였다(Boutelliet, 1998, Macko 등, 2005).

이처럼 최근 연구들의 결과에 의하면 뇌졸중으로 인한 신경계 손상 환자들의 호흡기능 저하는 일반화 되어있으며, 다른 폐 질환 환자와 더불어 뇌졸중으로 인한 폐기능 손상 환자에도 일상생활을 수행함에 있어서 독립적인 호흡 운동 중재의 제공이 필요하다(Lee 등, 2009).

뇌졸중 환자에게 호흡기능은 신체 활동과 일상생활로의 복귀에 있어서 중요한 부분을 차지하고 있다. 하지만 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 호흡기능 촉진운동 중재를 기능적 재활 중재 이전에 선제적으로 제공함으로써 호흡과 근지구력에 미치는 효과에 관한 연구는 부족하다.

따라서 본 연구의 목적은 만성 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 재활훈련 과정 중 호흡 촉진 운동인 흉곽확장 저항운동을 선제적으로 시행하였을 때 호흡기능의 변화와 흉곽확장, 근지구력을 필요로 하는 기능적 보행을 통하여 그 효과를 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 뇌졸중으로 인한 편마비 환자 중 본 연구 참여에 동의한 자로 3명(남:2, 여:1)의 환자를 대상으로 하였다. 모든 대상자들은 독립보행이 가능하지만 피로를 빨리 느꼈다.

연구 대상자의 선정 기준은 연구에 대한 설명이나 내용의

표 1. 연구대상자의 일반적 특성

특징	성별	나이 (세)	체중 (kg)	신장 (cm)	발병기간 (개월)
대상자1	남	62	75	172	24
대상자2	남	58	73	168	28
대상자3	여	52	63	162	34

이해가 가능한 인지능력이 있는 자(한국형 정신상태 검사 24점 이상)(박중환과 권용철, 1989), 독립적으로 10m, 6분 이상 보행이 가능한 자, 호흡관련 재활치료의 경험이 없는 자로 하였다. 장기간 스테로이드제를 복용한 자, 흥벽 활동에 영향을 줄 수 있는 호흡문제를 가진 자, 심근경색이 있거나 국소 빈혈이 있는 자, 심장 질환, 폐 감염이 있는 자는 실험에서 제외 하였다. 모든 대상자들에게 본 연구에 대해 충분히 설명하였으며, 실험 참여에 동의한 후 연구를 실시하였다. 연구 대상자의 일반적 특성은 다음과 같다(표 1).

2. 중재 방법

본 연구에서는 대상자들에게 고유 수용성 신경근 촉진법 (Proprioceptive Neuromuscular Facilitation; PNF) 개념을 바탕으로 흉곽확장 저항운동을 실시하였다. 환자는 손상측을 위쪽으로 하여 옆으로 누운 자세를 취하며, 치료사는 하부 늑골의 정점 부위에서 늑골을 따라 양손을 비스듬하게 위치한다. 치료사는 환자가 숨을 완전히 내신 상태에서 빠른 신장을 이용한 흡기를 10분간 교육한다. 환자가 이 과정을 충분히 이해하면 치료사는 전 가동범위에 걸쳐 저항에 대한 반응이 나타날 수 있으나 움직임은 억제하지 않을 정도의 저항을 환자의 꼬리뼈 쪽과 중간선 방향으로 적용한다(Alder 등, 2008). 흉곽확장 저항운동은 1일 20분씩 주 5회, 총 6주간 시행하였다.

3. 평가 도구 및 방법

본 연구에서는 폐기능, 흉곽확장, 10m 보행 능력 검사, 6분 보행 능력 검사를 흉곽확장 저항운동 중재 전·후에 측정하여 비교하였다.

1) 폐기능 검사(pulmonary function)

폐활량계를 이용하여 노력성 폐활량(forced vital capacity, FVC), 1초간 노력성호기량(force expiratory volume at one second, FEV₁), 최대 호기속도(peak expiratory flow, PEF), 최대 환기량(maximal voluntary ventilation, MVV)을 측정하였다. 사용된 폐활량계는 미국 흉부 협회(American Thoracic

Society)에서 인정하고, 임상에서의 사용 안정성이 확보되어 있는 폐활량 측정기(EasyOne model 2001, diagnostic spirometer, USA)를 사용하였다(Pérez-Padilla 등, 2006). 모든 측정은 의자에 앉은 자세에서 시행하였다.

2) 흉곽확장 검사(Chest expansion test)

줄자를 사용하여 하부 흉곽확장(lower chest expansion)을 측정하였으며, 모든 측정은 바로 선 자세에서 시행하였다. 펜으로 10번째 흉추 극돌기와 검상돌기를 표시하고, 표시된 두 점을 줄자를 이용하여 지면과 평행하게 연결하여 호기 측정 후 흡기 동안 팽창 정도를 측정하였다(Bockenbauer 등, 2007). 남성 대상자는 상의 탈의 후 남자 치료사가 측정하였으며, 여성 대상자는 흰색 면 티만을 입은 상태에서 면 티 위에 동일한 위치를 펜으로 표시하고 표시된 두 점을 줄자를 이용하여 여자 치료사가 측정 하였다. 측정자내 신뢰도는 $r=0.99$ 이다(Bockenbauer 등, 2007).

3) 10m 보행 능력 검사(10-meter timed walking test)

10m를 이동하는데 소요되는 시간을 측정하는 10m 보행 능력 검사를 사용하였다(Hunt 등, 1981). 검사 방법은 보행의 시작과 끝의 가속과 감속구간에 대한 오차를 줄이고자 총 14m를 걷게 하였고, 보행의 시작 부분 2m와 끝 부분 2m를 제외한 10m의 시간을 측정 하였으며, 이를 3번 반복한 측정값의 평균값으로 분석하였다(Dean 등, 2000). 10m 보행 능력 검사는 환자의 보행 능력의 회복과 보행 능력의 정도를 볼 수 있는 도구이며 측정자내 신뢰도($r=0.89\sim 1.00$)가 높은 측정방법이다(Dobkin, 2006). 10m 보행 능력 검사의 측정값이 증가할수록 환자의 보행 능력이 저하되어 있음을 의미한다.

4) 6분 보행 능력 검사(6-minute walking test)

6분 동안 이동한 거리를 측정하는 6분 보행 능력 검사를 사용하였다(Cahalin 등, 1996). 6분 걷기 검사는 실내 공간에 트랙을 그리고 1m 간격으로 테이프를 이용하여 표시하였으며, 측정자는 6분이 지나면 벨이 울리도록 조작되어진 초시계를 대상자가 보행을 시작함과 동시에 작동시키고, 6분이 지난 후 벨이 울리면 1m 간격으로 표시되어진 테이프를 계산하여 거리를 측정하였다. 6분 보행 능력 검사는 뇌졸중 환자의 근지구력과 기능적 보행능력을 평가할 수 있는 높은 신뢰도(급간상관계수[intraclass correlation coefficient, ICC]=0.94)를 가진 평가 방법이다(Liu 등, 2008). 6분 보행능력 검사의 측정값이 증가할수록 환자의 보행능력이 양호한 것임을 의미한다.

Ⅲ. 연구결과

6주간의 흉곽확장 저항운동을 실시한 결과는 다음과 같다.

모든 대상자는 폐기능과 흉곽 확장이 중재 전·후 증가하였다. 또한 10m 보행 능력이 향상되었고, 6분 보행 능력 또한 향상을 보였다.

Ⅳ. 논 의

본 연구는 만성 뇌졸중 환자의 기능적 재활 중재 이전에 호흡 촉진 운동인 흉곽확장 저항운동 시행하였을 때 호흡기능과 근지구력의 효과를 알아보려고 시행하였다. 호흡기능을 알아보기 위해 폐기능 검사와 흉곽확장 검사를 시행하였고, 보행 속도

표 2. 대상자1의 중재 전·후 비교

대상자1	pre	post
FVC(L)	2.32	2.74
FEV1(L)	2.32	2.69
PEF(L)	8.53	4.48
MVV(L)	21.2	87.2
chest EXP.(cm)	107-109	108-112
10m walk(sec)	21	19.7
6 min walk(m)	167	195

FVC: forse vital capacity
 FEV₁: force expiratory volume at one second
 PEF: peak expiratory flow
 MVV: maximal voluntary ventilation
 chest EXP.: chest expansion test

표 3. 대상자2의 중재 전·후 비교

대상자2	pre	post
FVC(L)	2.21	2.62
FEV1(L)	2.2	2.72
PEF(L)	6.08	5.88
MVV(L)	77	84.7
chest EXP.(cm)	91-93	89-94
10m walk(sec)	22.4	19.6
6 min walk(m)	176	193

FVC: forse vital capacity
 FEV₁: force expiratory volume at one second
 PEF: peak expiratory flow
 MVV: maximal voluntary ventilation
 chest EXP.: chest expansion test

표 4. 대상자3의 중재 전·후 비교

대상자3	pre	post
FVC(L)	1.24	2.04
FEV1(L)	1.24	2.04
PEF(L)	1.63	3.45
MVV(L)	43.4	71.4
chest EXP.(cm)	96-98	94-99
10m walk(sec)	90	81.4
6 min walk(m)	37	45

FVC: forse vital capacity
 FEV₁: force expiratory volume at one second
 PEF: peak expiratory flow
 MVV: maximal voluntary ventilation
 chest EXP.: chest expansion test

측정을 위한 10m 보행 능력 검사와 보행 지구력 측정을 위한 6분 보행 능력 검사를 시행하였다.

뇌졸중 편마비 환자들은 폐활량, 노력성 폐활량, 최대 흡기량과 최대 호기량의 감소가 나타나고(Roth와 Noll., 1994), 준 최대부하 운동 시 비슷한 연령의 건강한 사람에 비하여 심혈관계의 기능과 호흡근의 근력이 현저한 저하를 보인다(Potempa 등, 1995). 이는 뇌졸중으로 인한 호흡근의 마비와 약화 발생으로 인해 흉곽확장에 저하가 발생하며, 시간이 경과할수록 호흡근의 섬유화가 진행되어 폐로의 공기 유입에 문제가 생기기 때문이다(Frownfelter와 Dean, 2006). 또한 마비측 흉곽의 움직임의 감소와 호흡 중 비대칭적인 환기로 인하여 마비측의 능동적 환기 능력이 저하되었다고 하였다(Lanini 등, 2003).

호흡의 효율성과 기능의 변화는 흉벽 움직임 손상과 비대칭, 근육 마비 정도를 반영하므로, 심폐기능이 저하되어있는 환자가 기능을 회복하기 위해서는 흉벽 확장과 환기, 폐 용량과 용적을 유지하기 위한 중재가 필요하다(Frownfelter와 Dean, 2006). 뇌졸중 환자들의 약화된 호흡을 근력 강화 목적으로 운동 수행 시 신체 전체를 사용하여 근지구력을 제공하는 것 보다 직접적인 호흡근 근력강화 운동이 더 효과적이라고 하였으며(Boutelliet, 1998; Macko 등, 2005), 이 때 보상 작용을 최대한 억제하여야 한다고 하였다(Riolo와 Fisher, 2003; Carr와 Jones, 2003).

뇌졸중 환자의 폐기능 향상으로 인한 흉곽의 움직임 증진, 호흡근육의 강화 및 지구력 증진에 있어서 PNF를 통한 흉곽 저항운동 및 횡격막 저항운동이 도움이 된다(Kim 등, 2000). 치료사의 도수를 이용한 외부적 저항과 환자의 능동적 근수축으로 구성된 테크닉인 PNF 호흡 운동은 흡기근의 회복과 흉곽의 움직임에 유의한 증가를 보였다고 하였고, 테크닉을 적용

할 때 환자의 자세는 앉은 자세, 바로 누운 자세, 옆으로 누운 자세 중 옆으로 누운 자세에서 가장 효과가 좋다고 하였다(Nitz와 Burke, 2002).

본 연구에서 흉곽확장 저항운동 중재의 전·후를 비교한 결과 세 대상자 모두 노력성 폐활량과 1초간 노력성 호기량, 최대 호기속도, 최대 환기량이 증가하였고, 흉곽 확장 또한 증가하였다. 이는 뇌졸중 환자를 대상으로 PNF 흉곽 저항 운동후 흉곽확장 능력이 유의하게 증가하였던 연구와 동일한 결과를 보였다(Kim 등, 2000). Kim 등(2000)은 뇌졸중 환자에게 고유 수용성 신경근 촉진법을 이용한 흉곽 저항 운동을 4주간 시행한 결과 폐활량, 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량에 유의한 변화를 보였다고 하였다.

호흡기능 저하는 뇌졸중 환자에게 있어서 중요한 문제이며, 만성 뇌졸중 환자의 여러 손상 중에서 심호흡계 능력 저하는 신체장애 가운데 중요한 부분을 차지하고, 재활치료 이 후 지역사회로 복귀함에 있어 보행 이동 능력의 저하와 함께 중요한 요소로 작용할 것이다(Hermann과 Bassetti, 2009; Goldie 등, 1996). 뇌졸중 환자에게 있어서 보행 능력은 기능회복을 반영하는 중요한 척도이고, 독립적 보행 능력의 향상은 뇌졸중 재활치료의 가장 중요한 목표 중 하나이다(Na 등, 2008; Patterson 등, 2007). Outermans 등(2010)은 뇌졸중 환자의 폐기능은 보행에 있어서 매우 중요한 영향을 미치며, 폐기능에 영향을 줄 수 있는 고강도 중재행위의 제공이 필요하다고 제안하였다. 심폐기능이 저하된 뇌졸중 환자에게 시행된 호흡운동은 호흡기능 증진 뿐 아니라, 호흡 관련 위험 인자의 감소와 보행 기능 증진, 지역사회 복귀 후 독립적인 생활 수행 능력 향상 등의 효과가 있다(Katz-Leurer 등, 2003).

본 연구에서는 기능적 걷기 검사 중 보행 속도를 측정하는 10m 보행 능력 검사에서 대상자들의 능력 향상이 나타났다. 또한 보행 지구력을 측정하는 6분 걷기 검사에서도 능력 향상이 나타났다. 6분 보행 능력 검사는 높은 신뢰도를 보이는 보행 근지구력 평가이므로(Liu 등, 2008), 6분 보행 능력 평가의 변화는 흉곽확장 저항운동이 뇌졸중 환자의 보행 지구력에 긍정적인 영향을 주었다고 해석할 수 있다.

본 연구는 비교 대상자 수가 적고, 연령이 50~60대의 고령의 뇌졸중 환자를 대상으로 시행하여 중재 결과 해석에 있어서 제한이 있다. 따라서 앞으로의 연구에서는 보다 많은 대상자와 연령대의 뇌졸중 환자를 대상으로 폐기능과 흉곽확장, 기능적 보행 증진을 위한 흉곽확장 저항운동이 연구되어야 할 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 3명의 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 흉곽확장 저항운동이 폐기능, 흉곽확장, 보행 지구력에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 연구 결과 만성 뇌졸중 환자에게 흉곽확장 저항운동의 효과로 폐기능의 변화를 비교해본 결과 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량, 최대 호기 속도, 최대 환기량 및 흉곽확장이 증가하는 결과를 보였다. 또한 10m 보행과 6분 보행 능력 검사에서도 증가하는 결과를 보였다. 따라서 본 연구는 뇌졸중 재활 치료 중재 접근에 있어서 호흡 촉진 운동인 흉곽확장 저항운동을 선제적으로 시행하였을 때 폐기능과 기능적 속도 및 보행 지구력에서 변화를 보였으며, 이러한 결과는 재활 치료 중재 프로그램에 호흡 운동의 추가적 적용을 우선적으로 고려해야 한다는 근거로 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 박종한, 권용철. 노인용 한국판 Mini-Mental State Examination(MMSE-K)의 표준화 연구. 신경정신의학회지. 1989;28(1):125-135.
2. Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF in Practice: An Illustrated Guide. Berlin, Springer-Verlag. 2008;285-287.
3. Agnarsson U, Thorgeirsson G, Sigvaldason H, et al. Effects of leisure-time physical activity and ventilatory function on risk for stroke in men: the Reykjavik Study. Ann Intern Med. 1999;130:987-990.
4. Andrews AW, Bohannon RW. Distribution of muscle strength impairments following stroke. Clin Rehabil. 2000;14:79-87.
5. Bockenbauer SE, Chen H, Julliard KN, et al. Measuring Thoracic Excursion: reliability of the Cloth Tape Measure Technique. JAm Osteopath Assoc. 2007;107:191-196.
6. Boutellier U. Respiratory muscle fitness and exercise endurance in healthy humans. Med Sci Sports Exerc. 1998;30(7):1169-1172.
7. Cahalin LP, Mathier MA, Semigran MJ, et al. The 6-minute walk test predict peak oxygen uptake and survival in patients with advanced heart failure. Chest. 1996;110:325-332.
8. Carr M, Jones J. Physiological effects of exercise on stroke survivors. Top Stroke Rehabil. 2003;9(4):57-64.
9. Courbon A, Calmels P, Roche F, et al. Relationship between maximal exercise capacity and walking capacity in adult hemiplegic stroke patients. Am J Phys Med Rehabil. 2006;85:436-442.
10. Dean CM, Richards CL, Malouin F. Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: a randomized, controlled pilot trial. Arch Phys Med Rehabil. 2000;81:409-417.
11. Dobkin BH. Short-distance walking speed and timed walking distance: redundant measures for clinical trial?. Neurology. 2006;66:584-586.
12. Estenne M, Gevenois P, Kinnear W, et al. Lung volume restriction in patients with chronic respiratory muscle weakness: the role of microatelectasis. Thorax. 1993;48:698-710.
13. Frownfelter D, Dean E. Cardiovascular and pulmonary physical therapy: evidence and practice. Philadelphia, Mosby. 2006;701-709.
14. Fugl-Meyer AR, Linderholm H, Wilson AF. Restrictive ventilatory dysfunction in stroke: its relation to locomotor function. Scand J Rehabil Med Suppl. 1983;9:118-124.
15. Goldie PA, Matyas TA, Evans OM. Deficit and change in gait velocity during rehabilitation after stroke. Arch Phys Med Rehabil. 1996;77:1074-1082.
16. Hermann DM, Bassetti CL. Sleep-related breathing and sleep-wake disturbances in ischemic stroke. Neurology. 2009;73:1313-1322.
17. Hunt SM, Mackenna SP, Williams J. Reliability of a population survey tool for measuring perceived health problems: a study of patients with osteoarthritis. J Epidemiol Community Health. 1981;35:297-300.
18. Katz-Leurer M, Shochina M, Carmeli E, et al. The influence of early aerobic training on the functional capacity in patients with cerebrovascular accident at the subacute stage. Arch Phys Med Rehabil. 2003;84(11):1609-1614.
19. Kelly JO, Kilbreath SL, Davis GM, et al. Cardiorespiratory fitness and walking ability in subacute stroke patients. Arch Phys Med Rehabil. 2003;84(12):1780-1785.
20. Kim JH, Hong WS, Bae SS. The Effect of Chest Physical Therapy on Improvement of Pulmonary Function in the Patients with Stroke. J Kor Soc Phys Ther. 2000;12(2):133-144.
21. Kim K, Seo KC. The effect of pulmonary function and chest length in the stroke patients after feedback breathing exercise among position changes. Journal of Special Education & Rehabilitation Science. 2010;49(3):57-74.
22. Kisner C, Colby LA. Therapeutic exercise: Foundation

- and techniques. Philadelphia, F.A. Davis Co. 2002;149-155.
23. Kolb B, Gibb R. Brain plasticity and recovery from early cortical injury. *Dev Psychobiol.* 2007;49:107-118.
 24. Lanini B, Bianchi R, Romagnoli I, et al. Chest wall kinematics in patients with hemiplegia. *Am J Respir Crit Care Med.* 2003;168:109-113.
 25. Lee JH, Kwon YJ, Kim K. The Effect of Chest Expansion and Pulmonary Function of Stroke Patients after Breathing Exercise. *J Kor Soc Phys Ther.* 2009;21(3):25-32.
 26. Liu J, Drutz C, Kumar R, et al. Use of the six-minute walk test poststroke: is there a practice effect?. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89(9):1686-92.
 27. MacKay-Lyons MJ, Makrides L. Exercise capacity early after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83:1697-1702.
 28. Macko RF, DeSouza CA, Tretter LD, 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(2):326-330.
 29. Macko RF, Ivey FM, Forrester LW, et al. Treadmill exercise rehabilitation improves ambulatory function and cardiovascular fitness in patients with chronic stroke: a randomized, controlled trial. *Stroke.* 2005;36(10):2206-2211.
 30. McCool FD, Tzelepis GE. Inspiratory muscle training in the patient with neuromuscular disease. *Phys Ther.* 1995;75(11):1006-1014.
 31. Ng MF, Tong RK, Li LS. A pilot study of randomized clinical controlled trial of gait training in subacute stroke patients with partial body-weight support electromechanical gait trainer and functional electrical stimulation: six-month follow-up. *Stroke.* 2008;39(1):154-160.
 32. Nitz J, Burke B. A study of the facilitation of respiration in myotonic dystrophy. *Physiother Res Int.* 2002;7:228-238.
 33. Outermans JC, van Peppen RP, Wittink Hetal. Effects of a high-intensity task-oriented training on gait performance early after stroke: a pilot study. *Clin Rehabil.* 2010;24:979-987.
 34. Patterson SL, Forrester LW, Rodgers MM, et al. Determinants of walking function after stroke: differences by deficit severity. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(1):115-119.
 35. Pérez-Padilla R, Vázquez-García JC, Márquez MN, et al. The long-term stability of portable spirometers used in a multinational study of the prevalence of chronic obstructive pulmonary disease. *Respir Care.* 2006;51:1167-1171.
 36. Potempa K, Lopez M, Braun LT, et al. Physiological outcomes of aerobic exercise training in hemiparetic stroke patients. *Stroke.* 1995;26:101-105.
 37. Reid WD, Samrai B. Respiratory muscle training for patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Phys Ther.* 1995;75:996-1005.
 38. Riolo L, Fisher K. Is there evidence that strength training could help improve muscle function and other outcomes without reinforcing abnormal movement patterns or increasing reflex activity in a man who has had a stroke?. *Phys Ther.* 2003;83(9):844-851.
 39. Roth EJ, Noll SF. Stroke rehabilitation. 2. Comorbidities and complications. *Arch Phys Med Rehabil.* 1994;75(5S):42-46.
 40. Shaw GL. Airway obstruction due to bilateral vocal cord paralysis as a complication of stroke. *South Med J.* 1987;80(11):1432-1433.
 41. Sharp SA, Brouwer BJ. Isokinetic strength training of the hemiparetic knee: effects on function and spasticity. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997;78(11):1231-1236.
 42. Skinner JS. Exercise testing & exercise prescription for special cases: theoretical basis & clinical application. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins. 2005;318-321.