

Original Article

Open Access

## 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련이 뇌졸중 환자의 폐기능과 최대흡기압력 및 보행지구력에 미치는 영향

백운창 · 김창범<sup>†</sup>

고려정형외과 물리치료실, 대한고유수용성신경근촉진법학회 서울경기남부회

The Effects of Inspiratory Muscle Training with Chest Expansion on Pulmonary Function, Maximal Inspiratory Pressure, and Gait in Individuals with Stroke

Woon-Chang Back · Chang-Beom Kim<sup>†</sup>

*Department of Physical Therapy, Korea orthopedic clinic*

*<sup>1</sup>Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association in South Seoul Gyeonggi*

Received: November 9, 2018 / Revised: November 26, 2018 / Accepted: November 26, 2018

© 2018 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

### | Abstract |

**Purpose:** The purpose of this study was to evaluate and compare the effects of inspiratory muscle training with chest expansion exercises on pulmonary function, maximal inspiratory pressure, and gait in individuals with stroke.

**Methods:** The participants in this study included 36 stroke patients. These patients were randomly divided into three groups: an inspiratory muscle training (IMT) with chest expansion (CE) group (n=12), an IMT group (n=12), and a control group (n=12). Participants in the IMT with CE group underwent IMT and CE exercises 5 times per week for 30 minutes over 4 weeks, whereas those in the CE group and the control group received IMT and conventional physical therapy, respectively, for the same duration. The investigator measured the patients' pulmonary function, maximal inspiratory pressure, and gait endurance.

**Results:** After the intervention, the change values for the forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in one second (FEV1), peak expiratory flow (PEF), maximal inspiratory pressure (MIP), and six-minute walk test (6MWT) in the IMT with CE group and the control group were significantly greater than those of the control group ( $p<0.05$ ). Similarly, after the intervention, the change values of the FVC, FEV1, PEF, MIP, and 6MWT in the IMT with CE group were significantly greater than those in the IMT group ( $p<0.05$ ).

**Conclusion:** These findings suggest that IMT with CE could be used to increase pulmonary function, maximal inspiratory pressure, and gait endurance in stroke patients.

**Key Words:** Chest expansion, Inspiratory muscle training, Stroke

<sup>†</sup>Corresponding Author : Chang-Beom Kim (pnfboom@gmail.com)

## I. 서론

뇌졸중은 의학기술의 발달로 인해 생존률이 높아지고 있으나(Xing et al., 2018), 발병 후 많은 환자들이 장애로 인하여 독립적인 생활을 하는데 어려움을 겪게 된다(Duncan et al., 2002). 뇌졸중이 발생하면 감각 손상, 인지 장애, 운동 장애, 언어 장애, 시각 장애, 연하 장애 등이 발생하며(Mercier et al., 2001), 그 중 운동 장애로 인한 지구력감소와 심폐기능 저하 등이 나타나게 된다(Frownfelter & Dean, 2012). 심폐기능의 저하는 뇌졸중 환자의 생명 유지와 신체적 기능 수준 및 삶의 질 향상에 중요한 영향을 미치기 때문에, 심폐기능을 측정 및 평가하여 뇌졸중 환자의 예후 판단과 치료적 중재에 활용해야 한다(Skinner, 2005).

뇌졸중 환자는 호흡근의 근력과 지구력의 약화가 두드러진다. 특히, 환측의 가로막, 갈비사이근과 배근육에 부분적 또는 전체적인 약화가 나타나게 된다(Lanini et al., 2003). 환측의 불용성 움직임과 견측의 과도한 움직임이 지속되면 흉곽의 비대칭적 자세와 움직임 감소가 나타나게 되고, 가로막의 수축 또한 감소되어 여러 가지 호흡 합병증이 유발될 수 있다(Park et al., 2017). 뇌졸중 환자의 흡기근의 근력은 동일 연령대의 정상인에 비해 절반가량으로 감소되어 있고(Harraf et al., 2008), 호흡근의 위상성, 긴장성 패턴의 변화로 호흡근의 약화, 호흡 패턴 변화와 폐 용량의 감소 등이 나타나게 된다(Lanini et al., 2003). 이러한 호흡근의 근력 저하는 심혈관 질환의 위험 요소로 작용하며, 뇌졸중 재발의 위험도를 증가시킨다(Van der Palen et al., 2004). 또한 중추신경계의 직접적인 손상과 자세정렬의 변화, 근긴장도 증가, 지속적인 비정상적 움직임 등의 간접적인 이유로 인하여 환측의 흉곽가동범위가 감소한다(Cohen, 1994). 흡기와 호기 시 폐의 확장과 수축은 흉곽의 용적에 영향을 받으며, 흉곽의 용적은 뼈대근의 움직임과 연부조직의 탄력성, 호흡근의 근력에 의하여 결정된다(Fishman & System, 1991). 이러한 이유로 호흡근의 약화는 폐기능의 저하로 이어지게 된다.

뇌졸중 환자의 호흡기능 저하는 폐에서 원활한 가스교환이 이루어지지 못하여 발생하게 되는데, 그로 인하여 보행과 같은 유산소 운동 시 쉽게 피로감을 느낄 수 있고(Lanini et al., 2003), 환자의 근피로도 증가로 인한 지구력 감소 및 호흡 곤란을 호소하게 되며, 일상생활동작 수행에도 어려움을 겪게 된다(Annoni et al., 1990). 따라서 Sutbeyaz 등(2010)은 뇌졸중 환자의 호흡기능을 위한 움직임 제한, 감각 인지 저하, 의사소통, 심폐기능의 평가와 함께 호흡근훈련이 이루어져야 한다고 하였다.

호흡기능의 향상을 위한 호흡운동은 호흡근의 근력과 지구력 강화를 목적으로 하며, 이는 최대흡기압력과 최대호기압력으로 측정한다. 흡기의 주된 근육은 가로막과 바깥늑골사이근으로 이 근육들이 수축할 때 흉강의 용량이 증가하고 폐도 확장되게 된다(Reid et al., 2004). 흡기근훈련은 뇌졸중 환자의 호흡기능, 심폐능력, 일상생활동작, 삶의 질 향상, 호흡곤란 완화, 지구력 증진 등에 효과적이고 안전한 훈련방법으로(Dall'Ago et al., 2006; Xiao et al., 2012), 심장질환자 및 만성 폐쇄성 폐질환 환자 등의 호흡 기능을 증진시키기 위해 사용되어 왔다.

Yoo와 Pyun (2018)은 흡기근력이 약화된 환자를 대상으로 흡기근훈련을 실시한 결과 흡기근력과 운동지구력의 증가를 보고하였으며, Britto 등(2011)은 뇌졸중 환자들을 대상으로 흡기근훈련 후 호흡근의 기능, 심폐기능과 보행 능력 향상에 도움이 된다고 하였다. Sutbeyaz 등(2010)은 뇌졸중 환자들을 대상으로 40%~60%의 최대흡기압력으로 흡기근훈련을 실시한 결과, 폐기능, 호흡곤란, 삶의 질에서 호흡재교육훈련군, 대조군과 비교하여 더 효과적이라고 하였다. Shoemaker 등(2009)은 흡기근훈련이 만성폐쇄성 폐질환자의 호흡곤란 완화와 운동지구력 증가에 도움이 된다고 하였다. Reid와 Samrai (1995)는 호흡기능은 개인의 운동 능력에 따라 심장과 폐가 적절히 반응하는 것으로, 이를 증가시키기 위해서는 근력의 증가가 동반되어야 하는데, 호흡근의 근력은 호흡근훈련을 통해 향상시킬 수 있다고 하였다. Sezer 등(2004)은 뇌졸중 환자의

호흡기능과 보행이 상관관계가 있으며 호흡기능이 저하되면 보행능력도 저하된다고 하였다.

흡기근훈련과 더불어 호흡기능에 문제가 있는 환자들을 대상으로 흉곽확장운동이 이용되어 왔으며, 호흡기능이 감소된 환자들에게 폐와 흉곽의 확장은 호흡기능 증진에 매우 효과적이다(Nishino et al., 2012). 흉곽확장운동의 목적은 흉곽의 움직임 증가와 호흡근의 기능 증진에 있으며(Elis et al., 2017), 뇌졸중 환자의 호흡기능에 관한 연구에서, 흉곽확장운동은 매우 효과적인 변화를 보였다고 하였다(Kim & Choi, 2015).

하지만 기존의 연구에서는 호흡기능의 향상을 위한 흉곽확장운동과 흡기근훈련이 폐질환자, 척수손상 및 기타 신경계 질환자를 대상으로 진행되었으며, 뇌졸중 환자를 대상으로 자세의 변화와 타월을 이용한 흉곽확장운동과 흡기근훈련을 병행한 효과를 증명하기 위한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련이 뇌졸중 환자의 폐기능, 최대흡기압력 및 보행에 미치는 효과에 대해 알아보고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 경기도 소재의 재활병원에 입원 중인 뇌졸중 환자 36명을 선정하여 무작위로 세 집단으로 분류하였다.

연구 대상자의 선정조건은 한국형 간이정신상태 검사(MMSE-K)점수가 24점 이상인 자, 최대흡기압력이 정상치(기대치)의 90% 이하인 자(Britto et al., 2011), 노력성 폐활량과 1초간 노력성 호기량이 정상치의 80% 이하인 자, 독립적인 앉기와 6분 이상 보행이 가능한 자(보조도구 이용포함), 선천적 흉곽의 변형이나 갈비뼈 골절 등의 손상이 없는 자(Hill et al., 2010), 입술 오므리기가 가능한 자(Teixeira-Salmela et al.,

1999)를 대상으로 하였다.

이 중에서 폐 기능의 제한이나 신경학적, 정형학적 문제를 가지고 있는 자(Frownfelter & Dean, 2012), 연구에 영향을 끼칠만한 약물을 복용하고 있는 자, 최근 1년 이내에 본 연구와 유사한 연구에 참여한 경험이 있는 자는 연구 대상자에서 제외하였다.

본 연구는 실험을 이해하고, 예상 효과와 부작용에 대한 충분한 설명을 들은 후 연구 참여에 대한 동의서에 서명한 환자와 보호자가 동행한 대상으로 하였으며, 삼육대학교 생명의학연구윤리심의위원회(institutional review board, IRB)의 승인을 받아 시행되었다.

### 2. 측정 방법 및 도구

#### 1) 폐기능

환자의 폐 기능을 검사하기 위해 폐활량계(Spirometer, Hand-held Spirobank G USB, Italy)를 사용하여 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량, 최대호기량을 측정하였다(Ward et al., 2010). 이 장비는  $\pm 3\%$ 의 용량(volume) 정확도와  $\pm 5\%$ 의 흐름(flow) 정확도를 갖췄다.

측정 전 환자에게 검사의 목적과 방법에 대해 충분한 설명을 하였으며, 환자는 등받이가 없는 의자에 엉덩이와 몸통이 90도 각도를 이룬 자세로 앉아서 코마개를 한 후 폐 기능을 측정하였다. 실험 전·후 각 3회씩 측정된 값으로 그 차이가 10% 이하일 때 그 중 최대값을 통계자료로 이용하였다(Sutbeyaz et al., 2010).

#### 2) 최대흡기압력

환자가 숨을 들이쉴 때 생기는 최대의 음압을 나타낸 것으로, cmH<sub>2</sub>O의 단위로 나타내며 압력계(manometer, NIF Meter, MODEL 1505-120, VacuMed, USA)를 이용하여 최대흡기압력을 측정하였다(Banzatto et al., 2010). 이 장비는  $\pm 120$ cmH<sub>2</sub>O 범위의 측정이 가능하며,  $\pm 6\%$ 의 정확도를 갖췄다. 측정 전 환자에게 검사의 목적과 방법에 대해 충분한 설명을 하였으며, 환자는 등받이

가 없는 의자에 엉덩이와 몸통이 90도 각도를 이룬 자세로 앉아서 코마개를 한 후 최대흡기압력을 측정하였다. 측정값은 최소 1초간 최대흡기를 유지한 값으로 실험 전·후 각 3회씩 측정하였으며, 값의 차이가 10% 이하일 때 그 중 최대값을 통계자료로 이용하였다(Lanini et al., 2003; Britto et al., 2011).

### 3) 보행 지구력

보행 지구력을 검사하기 위하여 6분 걷기(6 minute walk test, 6MWT)를 시행하였으며, 실험 전·후 각 1회씩 측정하였다.

측정은 환자에게 둘레 50m 길이의 타원형 트랙을 걷도록 하였다. 트랙 바닥에는 1m 간격으로 빨간색 테이프를 붙여 놓았으며, 환자는 치료사의 신호를 시작으로 트랙을 걷기 시작하였고, 환자 본인이 원하는 속도로 걷게 하였다. 환자의 안전을 위해 치료사가 뒤 따라 걸으며 스톱워치로 시간을 확인하였다. 환자는 1분, 3분, 5분에 각각 시간의 경과를 인지할 수 있도록 하였다. 또한 환자가 원할 시 멈추거나 휴식을 취할 수 있도록 하였으며, 준비가 되면 다시 걷도록 하였다. 이 검사는 높은 신뢰도(ICC=0.91)를 가진다(Daly et al., 2007; Guyatt et al., 1985).

### 3. 실험 절차

모든 연구 대상자는 실험 전과 4주간의 실험 후 폐 기능 검사, 최대흡기압력 검사, 보행 지구력 검사 등을 평가하였다. 연구 대상자는 초기 자발적인 참여 의사를 밝힌 36명을 연구 대상으로 선정하였다. 선정된 대상자들은 실험 절차에 관한 자세한 설명을 듣고 연구 참여 동의서를 작성하였으며, 제비뽑기를 이용하여 무작위로 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련군(n=12), 흡기근훈련군(n=12), 대조군(n=12)으로 분류하였다. 본 연구는 단일 맹검법을 이용하여 각 환자의 그룹에 대해 알지 못하는 임상경력 5년 이상의 치료사가 평가와 분석, 그리고 각 훈련을 진행하였다. 여러

명의 중재자로 인한 효과의 차이를 최소화하기 위해 실험 전 2회, 실험 중 2회 총 4회의 교육을 통하여 물리치료를 시행하였으며, 교육의 내용은 일반적 물리치료를 정해진 틀에 맞춰 올바르게 수행하도록 하는 절차와 주의사항 등이었다.

흉곽확장을 병행한 흡기근훈련군과 흡기근훈련군, 대조군 모두 주 5회 4주간 총 20회 실시하였다.

연구 진행 중 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련군에서 2명(참여율 부족 2명), 흡기근훈련군에서 2명(참여율 부족 2명), 대조군에서 1명(참여율 부족 1명)이 프로그램 참여율이 80% 이하로 전체 대상자 36명 중 탈락자 5명을 제외한 총 31명이 최종 평가에 참여하였다.

#### 1) 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련

흉곽확장을 병행한 흡기근훈련군은 흉곽확장운동과 흡기근훈련기(Inspiratory Muscle Trainer, HS730EU, NJ, USA)를 이용한 흡기근훈련을 1일 30분, 주5회, 4주간 실시하였다. 흡기근훈련을 위해 흡기근훈련기를 사용하였다. 이 장비는 투명한 관에 표시된 눈금으로 저항 강도가 표시되며, 흡기시 조절된 저항값 이상으로 흡입해야 공기가 들어온다. 단위는 cmH2O로 마우스피스를 제거한 후 스프링을 조작하여 저항을 올리거나 낮출 수 있다(Reid & Samrai, 1995).

대상자는 공기의 손실을 최소화하기 위해 코마개를 한 후 30분간 흡기근훈련을 실시하였다. 실험 첫째 주에 최대흡기압력의 30%강도로 훈련을 시작하였으며, 매주 10%씩 흡기저항 강도를 증가시켜, 실험 넷째 주에는 최대흡기압력의 60% 강도로 훈련하도록 하였다(Sutbeyaz et al., 2010). 흡기근훈련과 동시에 바로 누운 자세, 옆으로 누운 자세, 앉은 자세를 취하며, 베개 또는 타월과 상지의 움직임을 이용해 흉곽의 확장이 최대로 일어나게 하며 훈련을 시행하였다. 각 자세별로 10분씩 총 30분간 적용하였다. 이때 8회가 1세트로 2분간 2세트 흡기근훈련 후 30초간 휴식을 취하도록 하였다(Leclarungrayub et al., 2009; Shoemaker et al., 2009). 원활한 실험 진행을 위하여 운동방법은 치료사의 총

분한 설명과 시범을 통해 실험 전 환자가 이해할 수 있도록 하였다.

(1) 바로 누운 자세에서의 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련

바로 누운 자세에서는 흉추에 수직 방향으로 타월을 위치시켰다. 이 자세는 수직 방향의 타월과 중력에 의한 상지의 하향으로 인하여 흉곽 앞쪽의 움직임이 증가된 자세이다. 환자의 상태가 허락하는 범위 안에서 흡기 시 상지를 굽힘, 벌림, 바깥돌림하며 머리 위로 올리고, 시선은 손끝을 향하도록 하였다. 호기 시에는 상지를 펴, 모음, 안쪽돌림하며 시선은 손끝을 향하도록 하였다(Frownfelter & Dean, 2012).

(2) 옆으로 누운 자세에서의 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련

옆으로 누운 자세에서는 비마비측이 바닥으로 오게 하였으며, 마비측의 흉곽이 확장될 수 있도록 비마비측 바닥(8~10번 갈비뼈 부위)에 수건이나 베개를 위치시켰다. 수건의 높이는 대상자의 골반과 어깨가 바닥에서 떨어지지 않는 정도로, 개인에 따라 다르게 적용하였다. 이 자세는 대상자 개인의 상태에 맞는 자극을 제공하기 위함이다. 환자의 상태가 허락하는 범위 안에서 흡기 시 상지를 굽힘, 벌림, 바깥돌림하며 머리 위로 올리고, 시선은 손끝을 향하도록 하였다. 호기 시에는 상지를 펴, 모음, 안쪽돌림하며 시선은 손끝을 향하도록 하였다(Frownfelter & Dean, 2012).

(3) 앉은 자세에서의 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련

앉은 자세에서는 등받이가 없는 의자에 앉아서 양손을 깎지 낀 상태로 머리 뒤에 위치시킨 후, 흡기 시 상체를 펴, 가깝굽힘, 돌림하도록 하였으며, 시선은 상체의 움직임 방향을 향하도록 하였다. 호기 시에는 상체를 굽히며 흡기 시와 반대 방향으로 가깝굽힘과 돌림을 하도록 하였으며, 시선은 상체의 움직임 방향을 향하도록 하였다. 환자가 스스로 자세를 취하거나 팔을 움직이기 힘들 때에는 치료사의 도움을 허

용하였다(Frownfelter & Dean, 2012).

2) 흡기근훈련

흡기근훈련군은 흡기근훈련기를 이용한 흡기근훈련을 1일 30분, 주5회, 4주간 실시하였다. 이때 8회가 1세트로 2분간 2세트 흡기근훈련 후 30초간 휴식을 취하도록 하였다.

흉곽확장을 병행한 흡기근훈련군과 동일하게 바로 누운 자세, 옆으로 누운 자세, 앉은 자세를 취하며 공기의 손실을 최소화하기 위해 훈련 30분간 코마개를 한 후 흡기근훈련을 실시하였다. 실험 첫째 주에 최대흡기압력의 30% 강도로 흡기근훈련을 시작하여 매주 10%씩 강도를 증가시키며 실험 넷째 주에는 최대흡기압력의 60% 강도로 훈련하였다. 단, 베개나 타월을 사용하지 않았으며, 흉곽의 확장이 일어나지 않도록 하였다.

3) 일반적 물리치료

대조군은 관절가동범위 운동, 신장운동으로 구성된 일반적인 물리치료를 30분간 적용하였다. 일반적 물리치료는 4주간 주 5회 30분씩 시행하였다. 단, 흡기근육의 강화와 흉곽의 확장에 영향을 줄 수 있는 근력 강화훈련과 신장운동은 실시하지 않았다.

4. 자료 분석

본 연구의 모든 작업과 통계는 SPSS ver. 18.0을 사용하였다. 연구 대상자의 일반적인 특성은 기술통계를 이용하여 평균과 표준편차를 표시하였고 정규성 검정을 위하여 샤피로-윌크 검정을 실시하였다.

대상자는 카이제곱 검정과 일원배치 분산분석으로 일반적 특성과 종속변수에 대한 실험 전 동질성 검정을 실시하였다. 각 군에서 치료 전·후의 변화를 비교하기 위하여 대응표본 t-검정을 실시하였고, 폐 기능과 최대흡기압력 및 6분 보행검사에서 세 군의 증재 전·

Table 1. General Characteristics of study subjects

(N=31)

	IMT with CEa (n=10)	IMTb (n=20)	control (n=11)	F/ $\chi^2$
Gender (M/F)	4 / 6	8 / 2	8 / 3	1.96
Age (years)	61.90±10.24	58.10±14.58	58.82±15.27	0.02
Height (cm)	160.70±9.98	162.80±9.60	165.64±6.57	0.26
Weight (kg)	66.20±10.84	59.90±10.19	64.18±11.23	1.36
6MWTc	89.90±52.87	91.80±37.13	117.18±66.62	0.56

Values=mean±SD

aInspiratory muscle training with chest expansion group

bInspiratory muscle training group

c6 minute walk test

Table 2. Comparison of the FVCa between IMTCEb, IMTc, control group

(N=31)

		IMTCE (n=10)	IMT (n=10)	control (n=11)	F
FVC (L)	Pre-test	1.72±0.57	1.81±0.93	2.19±1.10	
	Post-test	2.38±0.64	2.16±0.98	2.25±1.13	
	Difference	0.65±0.28† ‡	0.35±0.24†	0.06±0.15	15.20*
	t	7.40*	4.50*	1.37	

Values=mean±SD

aForced vital capacity

bInspiratory muscle training with chest expansion group

cInspiratory muscle training group

† Significantly improved than control group

‡ Significantly improved than inspiratory muscle training group

\*p&lt;0.05

후 변화량을 일원배치 분산분석 방법으로 검정하였으며, 사후검정은 Scheffe 방법을 사용하였다. 본 연구에서 통계학적 유의수준은 0.05로 하였다.

### III. 연구 결과

#### 1. 연구 대상자의 일반적인 특성

흉곽확장을 병행한 흡기근훈련군, 흡기근훈련군 그리고 대조군은 일반적 특성에서 세 군 모두 동질하였으며, 연구대상자의 일반적인 특성은 다음과 같다 (Table 1).

#### 2. 폐 기능의 변화

흉곽확장을 병행한 흡기근훈련군(전·후차, 0.65)과 흡기근훈련군(전·후차, 0.35)은 대조군(전·후차, 0.06)보다 노력성 폐활량의 전·후차에서 유의하게 향상되었고(p<0.05), 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련군이 흡기근훈련군보다 노력성 폐활량의 전·후차에서 유의하게 향상되었다(p<0.05)(Table 2). 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련군(전·후차, 0.57)과 흡기근훈련군(전·후차, 0.31)이 대조군(전·후차, 0.02)보다 1초간 노력성 호기용적의 전·후차에서 유의하게 향상되었고(p<0.05), 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련군이 흡기근훈련군보다 1초간 노력성 호기용적의 전·후차에서 유의하게 향상되었다(p<0.05)(Table 3). 흉곽확장을 병행한 흡기

Table 3. Comparison of the FEV1a between IMTCEb, IMTc, control group (N=31)

	IMTCE (n=10)	IMT (n=10)	control (n=11)	F	
FEV1 (L)	Pre-test	1.49±0.48	1.65±0.89	1.95±1.13	16.11*
	Post-test	2.06±0.57	1.96±0.86	1.97±1.01	
	Difference	0.57±0.25† ‡	0.31±0.17†	0.02±0.2	
	t	6.97*	5.55*	0.31	

Values=mean±SD

aForced expiratory volume in one second

bInspiratory muscle training with chest expansion group

cInspiratory muscle training group

† Significantly improved than control group

‡ Significantly improved than inspiratory muscle training group

\*p<0.05

Table 4. Comparison of the PEFa between IMTCEb, IMTc, control group (N=31)

	IMTCE (n=10)	IMT (n=10)	control (n=11)	F	
PEF (L)	Pre-test	3.41±1.84	3.81±2.39	3.73±1.97	14.85*
	Post-test	4.19±1.85	4.23±2.26	3.78±1.78	
	Difference	0.77±0.29† ‡	0.41±0.27†	0.04±0.31	
	t	8.38*	5.55*	0.50	

Values=mean±SD

aPeak expiratory flow

bInspiratory muscle training with chest expansion group

cInspiratory muscle training group

† Significantly improved than control group

‡ Significantly improved than inspiratory muscle training group

\*p<0.05

근훈련군(전·후차, 0.77)과 흡기근훈련군(전·후차, 0.41)이 대조군(전·후차, 0.04)보다 최대호기량의 전·후차에서 유의하게 향상되었고(p<0.05), 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련군이 흡기근훈련군보다 최대호기량의 전·후차에서 유의하게 향상되었다(p<0.05)(Table 4).

### 3. 최대흡기압력 및 보행 지구력의 변화

흉곽확장을 병행한 흡기근훈련군(전·후차, 13.10)과 흡기근훈련군(전·후차, 7.50)이 대조군(전·후차, 1.36)보다 최대흡기압력의 전·후차에서 유의하게 향상되었고(p<0.05), 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련군이 흡기근훈련군보다 최대흡기압력의 전·후차에서 유의하게 향상되었다(p<0.05)(Table 5). 흉곽확장을 병

행한 흡기근훈련군(전·후차, 15.60)과 흡기근훈련군(전·후차, 10.70)이 대조군(전·후차, 1.54)보다 6분 보행검사의 전·후차에서 유의하게 향상되었고(p<0.05), 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련군이 흡기근훈련군보다 6분 보행검사의 전·후차에서 유의하게 향상되었다(p<0.05)(Table 6).

## IV. 고찰

본 연구는 뇌졸중 환자의 폐 기능, 최대흡기압력 및 보행 지구력에 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련과 흡기근훈련, 일반적인 물리치료가 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

Table 5. Comparison of the MIPa between IMTCEb, IMTc, control group (N=31)

		IMTCE (n=10)	IMT (n=10)	control (n=11)	F
MIP (cmH <sub>2</sub> O)	Pre-test	48.60±12.32	51.5±17.19	50.82±14.67	
	Post-test	61.70±16.26	59.00±17.36	52.18±14.42	
	Difference	13.10±6.80† ‡	7.50±2.67†	1.36±2.83	18.82*
	t	6.09*	8.86*	1.59	

Values=mean±SD

amaximal inspiratory pressure

bInspiratory muscle training with chest expansion group

cInspiratory muscle training group

† Significantly improved than control group

‡ Significantly improved than inspiratory muscle training group

\*p&lt;0.05

Table 6. Comparison of the 6MWTa between IMTCEb, IMTc, control group (N=31)

		IMTCE (n=10)	IMT (n=10)	control (n=11)	F (p)
6MWT (m)	Pre-test	91.90±51.12	91.80±37.13	109.73±56.78	
	Post-test	107.50±51.81	102.50±36.08	111.27±56.17	
	Difference	15.60±4.03† ‡	10.700±4.42†	1.54±3.53	26.85*
	t (p)	12.23*	7.65*	1.45	

Values=mean±SD

a6 minute walk test

bInspiratory muscle training with chest expansion group

cInspiratory muscle training group

† Significantly improved than control group

‡ Significantly improved than inspiratory muscle training group

\*p&lt;0.05

흡기의 주된 근육인 가로막과 갈비사이근은 대뇌 운동피질의 양측성 지배를 받고 있어, 편측성 걸질척 수로의 손상 시 큰 영향을 받지 않는다고 알려져 있다 (Sutbeyaz et al., 2010). 그러나 많은 편마비 환자들에게서 폐용량의 감소와 호흡근의 약화를 보이게 된다 (Teixeira-Salmela et al., 1999). 또한 편측의 근력약화로 인한 흉곽의 불안정성 증가와 비활동적 생활방식은 비마비측 근육의 효율성을 떨어뜨리게 된다. Lanini 등(2003)은 환자가 의식적인 깊은 호흡 시 마비측 흉곽의 움직임이 감소한다고 하였으며, De Troyer 등(1981)은 의식적인 깊은 호흡 시 마비측의 근 활성도가 현저히 감소한다고 하였다. 이에 따라, 본 연구에서는 흡기 근훈련 시 바로 누운 자세, 옆으로 누운 자세를 취하며,

베개나 타월을 이용해 비마비측 흉곽의 움직임을 억제하여 마비측 흉곽의 움직임을 유도하였다. Sutbeyaz 등(2010)은 뇌졸중 환자들을 대상으로 흡기근훈련과 호흡재교육의 차이를 비교하기 위한 연구에서 흡기근 훈련군에서 노력성 폐활량과 1초간 노력성 호기량의 유의한 향상이 있었다고 보고하였으며, Britto 등(2011)은 뇌졸중 환자를 대상으로 가정기반 흡기근훈련 후 실험군에서 폐 기능과 최대흡기압력의 증가를 보고하였다.

흉곽확장운동은 흉벽의 움직임과 순환을 증가시키는 흉부 물리치료 방법 중 하나로, 흉곽확장의 방법에는 몸통 비틀기, 뒤로 젖히기, 옆으로 숙이기, 돌림 등이 있다(Elis et al., 2017). 이러한 움직임은 갈비사이



근의 길이를 늘여 흉곽의 유연성과 호흡근의 기능을 향상시키며, 강한 호흡근의 수축이 일어나게 하고 폐활량 증진, 호흡조절에 도움이 된다(Catarina et al., 2018; Frownfelter & Dean, 2012). 흉곽확장운동은 폐의 순환과 가스교환에 매우 효과적이며, 뇌졸중 환자뿐만 아니라 만성폐쇄성 폐질환자, 천식환자와 척수손상 환자들에게도 다양하게 적용할 수 있다(Yoo, 2017). 본 연구의 흉곽확장운동은 선행 연구에 바탕을 두고 시행하였으며, 고강도의 흡기근훈련이 저강도의 흡기근훈련보다 흡기근의 근력과 지구력에 강화에 효과적이라는 Hill 등(2006)의 연구와 80% 이상의 고강도 훈련은 호흡근의 피로와 손상을 가져올 수 있다는 연구 결과에 따라 흡기근훈련은 30%~60%의 최대흡기압력을 이용하였으며(Beckerman et al., 2005; Larson et al., 1999; Sutbeyaz et al., 2010), 압력 조절 밸브가 있는 관으로 구성된 흡기근훈련기를 이용하였다(Reid & Samrai, 1995).

환자는 30분의 훈련 기간 동안 15~20회/분의 주기로 호흡하는 것을 원칙으로 하였으며, 호흡곤란을 방지하기 위하여 환자의 요구가 있을 때에는 환자 본인의 숨쉬기 패턴을 허용하였다(Dall'Ago et al., 2006). 또한, 훈련 중 본인 스스로 보그척도를 확인하여 각각 인지도 12~14(약간 힘들다)의 강도를 초과하지 않도록 하였다(Dall'Ago et al., 2006; Hill et al., 2010). 보그척도는 6(전혀 힘들지 않음)~20(최대로 힘들)으로 나뉘며, 호흡곤란 및 가슴통증 등을 진단하는데 쓰인다. 각각 인지도 12~14는 120~140회/분의 심박수와 같은 의미로 해석된다(Scherr et al., 2013). Sezer 등(2004)은 6~8주 보다 운동 프로그램의 기간이 짧아지면 적은 효과가 나타난다고 주장하였다. 하지만 본 연구에서는 4주간의 운동 프로그램으로 폐기능, 최대흡기압력 및 보행 지구력에서 유의한 향상을 보였다. 이는 운동 단위의 동원이 증가되어 신경감각 적응(neurosensory adaptation)이 최대로 일어나는 시기는 훈련 시작 초기 4주로 그 이후에는 환자들이 훈련프로그램에 대한 민감도가 떨어지게 되므로 4주간의 훈련으로도 호흡기능의 향상될 수 있다고 주장한 Eastwood

등(1998)의 연구 결과로 뒷받침 될 수 있다.

본 연구에서 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련을 4주간 적용한 후에 폐 기능검사에서 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량, 최대호기량, 최대흡기압력 및 6분 보행검사의 변화를 연구하였다. 그 결과 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련군과 흡기근훈련군이 대조군보다 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량, 최대호기량, 최대흡기압력 및 6분 보행검사에서 유의한 향상을 보였다. Britto 등(2011)과 Sutbeyaz 등(2010)은 뇌졸중 환자를 대상으로한 흡기근훈련의 결과 폐 기능과 최대흡기압력에서 유의한 향상을 나타냈다고 보고하였다. 또한 Sezer 등(2004)은 뇌졸중 환자의 폐기능이 감소되면 보행능력도 감소되며, 호흡기능과 보행지구력의 상관관계를 밝혔다. Kramer 등(1995)은 호흡근은 다른 뼈대근들과 마찬가지로 저항의 강도를 조절하여 근력을 강화시킬 수 있다고 하였다. 따라서 본 연구에서도 선행연구들과 마찬가지로 흡기근훈련이 뇌졸중 환자의 폐기능과 최대흡기압력 및 보행능력을 향상시킨다는 결과를 확인하였다. 그 이유는 흡기근훈련을 통해 흡기의 주된 근육인 횡격막과 갈비사이근의 강화가 폐기능과 최대흡기압력을 향상시키고(Kaneko et al., 2010) 폐기능의 향상이 보행 지구력에도 영향을 미침으로서 나타난 결과로 생각된다(Katz-Leurer et al., 2003).

흉곽확장을 병행한 흡기근훈련군이 흡기근훈련군보다 노력성 폐활량, 1초간 노력성 호기량, 최대호기량, 최대흡기압력 및 6분 보행검사에서 유의한 향상을 보였다. 뇌졸중 환자의 호흡기능 감소는 주로 발병 후 6개월부터 일어나며, 호흡기능 감소 원인은 다양하지만 흉곽의 가동범위 감소가 주요한 원인 중 하나이다(Przedborski et al., 1988). 또한 흉곽의 가동범위 감소는 폐의 탄력성에 제한을 일으킴으로서 호흡기능 감소를 초래하게 된다(Fugl-Meyer et al., 1983). 이처럼 흉곽의 가동범위는 호흡에 매우 중요한 부분을 차지하며, 흉곽의 가동범위 감소는 호흡기능에 부정적인 영향을 미치게 된다. 본 연구에서 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련군이 흡기근훈련군만 시행한 군과 비교하

여 호흡기능의 증가를 보인 이유 역시 흉곽이 가동성 증진을 위한 중재가 포함되었으며, 흉곽의 가동성 증진이 긍정적인 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. Kim과 Choi (2015)는 흉곽확장저항운동이 호흡재훈련군과 비교하여 호흡기능 증진에 더 큰 변화를 확인하였다고 보고하였으며, 뇌졸중 환자의 호흡기능 증진을 위해 흉곽확장과 관련된 중재가 필요하다고 하였다. 이러한 결과는 본 연구의 결과와 유사하며, 본 연구의 결과를 지지해 줄 것으로 생각된다.

흉곽확장을 병행한 흡기근훈련군에서 최대호기량의 증가를 보였다. 최대호기량은 대상자의 노력 의존성이므로 최대호기량의 증가는 근력강화와 기침능력의 향상으로 볼 수 있으며, 호기근력의 향상은 호흡기 감염을 감소시키는 효과가 있다(Sutbeyaz et al., 2010). 또한, 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련군에서 6분 보행검사의 증가를 보였다. Hsiao 등(2003)과 Weiner 등(2003)은 흡기근의 기능 향상과 6분 보행검사의 거리 증가는 상관관계가 있다고 보고 하였다. 뇌졸중 환자의 보행 지구력 증가를 위해서는 심폐기능의 향상이 이루어져야 하며, 호흡기능 증진을 위한 직접적인 중재가 이루어지지 않는 일반적인 물리치료는 호흡기능 증진에 충분하지 않다(Kelly et al., 2003).

뇌졸중 환자들은 주로 좌식생활을 하기 때문에 환자 본인의 호흡기능 손상에 대하여 정확하게 알기 어렵다. 호흡근의 기능은 운동지구력과 심폐기능에 중요한 역할을 하는데 뇌졸중 환자들은 움직임 제한, 감각 손상과 의사소통의 문제로 인하여 호흡기능을 평가하는데도 어려움을 겪게 된다(Sutbeyaz et al., 2010).

본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련과 흡기근훈련이 폐 기능, 최대흡기압력 및 보행에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 그 결과 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련이 흡기근훈련군과 일반적 물리치료를 적용한 대조군에 비해 폐기능, 최대흡기압력 및 보행능력 향상에 더 큰 변화를 보이는 것을 확인하였다.

본 연구의 제한점으로는 환자의 수가 적어 이를 일반화시키는데 한계가 있을 것으로 보이며, 추적 관

찰이 이루어지지 못해 장기적인 효과를 판단할 수 없다. 앞으로의 연구에서는 더 많은 대상자에게 장기적인 효과를 확인할 수 있는 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## V. 결론

본 연구는 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련이 뇌졸중 환자의 폐 기능, 최대흡기압력 및 보행 지구력에 미치는 영향을 알아보았다. 그 결과 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련이 단순한 흡기근훈련이나 일반적 물리치료보다 뇌졸중 환자의 폐 기능, 최대흡기압력 및 보행 지구력에 효과가 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 뇌졸중 환자의 중재 시 폐 기능, 최대흡기압력 및 보행 지구력을 향상시키기 위한 재활 프로그램으로 흉곽확장을 병행한 흡기근훈련을 적용하는 것이 효과적일 것으로 사료된다.

## Reference

- Annoni JM, Ackermann D, Kesselring J. Respiratory function in chronic hemiplegia. *International Disability Studies*. 1990;12(2):78-80.
- Beckerman M, Magadle R, Weiner M, et al. The effects of 1 year of specific inspiratory muscle training in patients with COPD. *Chest Journal*. 2005;128(5):3177-3182.
- Britto RR, Rezende NR, Marinho KC, et al. Inspiratory muscular training in chronic stroke survivors: a randomized controlled trial. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2011;92(2):184-190.
- Catarina R, Shirley LC, Caio M, et al. Respiratory muscles stretching acutely increases expansion in hemiparetic chest wall. *Respiratory Physiology & Neurobiology*. 2018;254(3):16-22.
- Cohen E, Mier A, Heywood P, et al. Diaphragmatic movement

- in hemiplegic patients measured by ultrasonography. *Thorax*. 1994;49(9):890-895.
- Dall'Ago P, Chiappa GR, Guths H, et al. Inspiratory muscle training in patients with heart failure and inspiratory muscle weakness. *Journal of the American College of Cardiology*. 2006;47(4):757-763.
- Daly JJ, Sng K, Roenigk K, et al. Intra-limb coordination deficit in stroke survivors and response to treatment. *Gait & posture*. 2007;25(3):412-418.
- De Troyer A, Zegers De Belyl D, Thirion M. Function of respiratory muscles in acute hemiplegia. *The American review of respiratory disease*. 1981;123(6):631-632.
- Duncan PW, Horner RD, Reker DM, et al. Adherence to postacute rehabilitation guidelines is associated with functional recovery in stroke. *Stroke*. 2002;33(1):167-177.
- Eastwood PR, Hillman DR, Morton AR, et al. The effects of learning on the ventilatory responses to inspiratory threshold loading. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 1998;158(4):1190-1196.
- Elis EA, Vanessa R, Illia NDF, et al. Effects of positive expiratory pressure on chest wall volumes in subjects with stroke compared to healthy controls: a case-control study. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2017;21(6):416-424.
- Fishman, RS, Systrom DM. Preoperative cardiopulmonary exercise testing: determining the limit to exercise and predicting outcome after thoracotomy. *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*. 1991;5(6):614-626.
- Frownfelter D, Dean E. Cardiovascular and pulmonary physical therapy-evidence and practice, 5th ed. Philadelphia. Mosby. 2012.
- Fugl-Meyer AR, Linderholm H, Wilson AF. Restrictive ventilatory dysfunction in stroke: its relation to locomotor function. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*. 1983;9(1):118-24
- Guyatt GH, Sullivan MJ, Thompson PJ, et al. The 6-minute walk: a new measure of exercise capacity in patients with chronic heart failure. *Canadian Medical Association Journal*. 1985;132(8):919-923.
- Harraf F, Ward K, Man W, et al. Transcranial magnetic stimulation study of expiratory muscle weakness in acute ischemic stroke. *Neurology*. 2008;71(24):2000-2007.
- Hill K, Jenkins SC, Philippe DL, et al. High-intensity inspiratory muscle training in COPD. *European Respiratory Journal*. 2006;27(6):1119-1128.
- Hill K, Cecins NM, Eastwood PR, et al. Inspiratory muscle training for patients with chronic obstructive pulmonary disease: a practical guide for clinicians. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2010;91(9):1466-1470.
- Hsiao SF, Wu YT, Wu HD, et al. Comparison of effectiveness of pressure threshold and targeted resistance devices for inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Journal Formosan Medical Association*. 2003;102(4):240-245.
- Kaneko H, Otsuka M, Kawashima Y, et al. The effect of upper chest wall restriction on diaphragmatic function. *Journal of Physical Therapy Science*. 2010;22(4):375-80.
- 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. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2003;84(11):1609-1614.
- Kelly JO, Kilbreath SL, Davis GM, et al. Cardiorespiratory fitness and walking ability in subacute stroke patients. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2003;84(12):1780-1785.
- Kim CB, Choi JD. Effects of chest expansion resistance exercise on chest expansion and maximal inspiratory pressure in patients with stroke. *Journal of The Korean Society*

- of *Physical Medicine*. 2015;10(1):15-21.
- Kraemer WJ, Fleck SJ, Evans WJ. Strength and power training: physiological mechanisms of adaptation. *Exercise and sport sciences reviews*. 1995;24(1):363-397.
- Lanini B, Bianchi R, Romagnoli I, et al. Chest wall kinematics in patients with hemiplegia. *American journal of respiratory and critical care medicine*. 2003;168(1):109-113.
- Larson JL, Covey MK, Berry J, et al. Discontinuous incremental threshold loading test. Measurement of respiratory muscle endurance in patients with COPD. *Chest Journal*. 1999;115:60-67.
- Leelarungrayub D, Pothongsunon P, Yankai, A, et al. Acute clinical benefits of chest wall-stretching exercise on expired tidal volume, dyspnea and chest expansion in a patient with chronic obstructive pulmonary disease: a single case study. *Journal of Bodywork & Movement Therapies*. 2009;13(4):338-343.
- Mercier L, Audet T, Hebert R, et al. Impact of motor, cognitive, and perceptual disorders on ability to perform activities of daily living after stroke. *Stroke*. 2001;32(11):2602-2608.
- Nishino T, Ishikawa T, Nozaki-Taguchi N, et al. Lung/chest expansion contributes to generation of pleasantness associated with dyspnoea relief. *Respiratory Physiology & Neurobiology*. 2012;184(1):27-34.
- Park SJ, Lee JH, Min KO. Comparison of the effects of core stabilization and chest mobilization exercises on lung function and chest wall expansion in stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*. 2017;29(7):1144-1147.
- Przedborski S, Brunko E, Hubert M, et al. The effect of acute hemiplegia on intercostal muscle activity. *Neurology*. 1988;38(12):1882-4.
- Reid WD, Samral B. Respiratory muscle training for patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Physical Therapy*. 1995;75(11):996-1005.
- Reid WD, Geddes EL, Brooks D, et al. Inspiratory muscle training in chronic obstructive pulmonary disease. Special series on skeletal muscle training. *Physiotherapy Canada*. 2004;56:128-142.
- Scherr J, Wolfarth B, Christle JW, et al. Associations between Borg's rating of perceived exertion and physiological measures of exercise intensity. *European journal of applied physiology*. 2013;113(1):147-155.
- Sezer N, Kutay Ordu N, Tomruk Sutheyaz S, et al. Cardiopulmonary and metabolic responses to maximum exercise and aerobic capacity in hemiplegic patients. *Functional neurology*. 2004;19(4):233-238.
- Shoemaker MI, Donker S, LaPoe A. Inspiratory muscle training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: the state of the evidence. *Cardiopulmonary Physical Therapy Journal*. 2009;20(3):5-15.
- Skinner JS. Exercise testing & exercise prescription for special cases: theoretical basis & clinical application, 3rd ed. Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins. 2005
- Sutbeyaz ST, Koseoglu F, Inan L, et al. Respiratory muscle training improves cardiopulmonary function and exercise tolerance in subjects with subacute stroke: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. 2010;24(3):240-250.
- Teixeira-Salmela LF, Olney SJ, Nadeau S, et al. Muscle strengthening and physical conditioning to reduce impairment and disability in chronic stroke survivors. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 1999;80(10):1211-1218.
- Van der Palen J, Rea TD, Manolio TA, et al. Respiratory muscle strength and the risk of incident cardiovascular events. *Thorax*. 2004;59(12):1063-1067.
- Ward K, Seymour J, Steier J, et al. Acute ischaemic hemispheric stroke is associated with impairment of reflex in addition to voluntary cough. *European Respiratory Journal*. 2010;36(6):1383-1390.
- Weiner P, Magadle R, Beckerman M, et al. Comparison of

- specific expiratory, inspiratory, and combined muscle training programs in COPD. *Chest Journal*. 2003; 124(4):1357-1364.
- Xiao Y, Luo M, Wang J, et al. Inspiratory muscle training for the recovery of function after stroke. *The Cochrane Library*. 2012;5:1-27.
- Xing Y, Yang SD, Dong F, et al. The beneficial role of early exercise training following stroke and possible mechanisms. *Life Sciences*. 2018;198(1):32-37.
- Yoo HJ, Pyun SB. Efficacy of bedside respiratory muscle training in patients with stroke: a randomized controlled trial. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2018;97(10):691-697.
- Yoo WG. Effects of combined chest expansion and breathing exercises in a patient with sternal pain. *Journal of Physical Therapy Science*. 2017;29(9):1706-1707.