

## 경피신경전기자극과 호흡근 저항운동 동시 적용이 만성 뇌졸중 환자의 호흡근 근긴장도와 폐 기능에 미치는 영향

조용훈 · 조균희<sup>1†</sup>

아벤스병원, <sup>1</sup>강동대학교 물리치료학과

### The Effect of the Resistance Respiratory Muscle Exercise with Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Respiratory Muscle Tone and Pulmonary Function of Chronic Stroke Patients

Yong-Hun Cho, PT · Kyun-Hee Cho, PT, PhD<sup>1†</sup>

Avens Hospital

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Gangdong University

Received: September 22 2021 / Revised: September 24 2021 / Accepted: November 11 2021

© 2022 J Korean Soc Phys Med

#### | Abstract |

**PURPOSE:** This study was conducted to investigate the effect of the resistance respiratory muscle exercise with transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) on the respiratory muscle tone and pulmonary function of stroke patients.

**METHODS:** Twenty stroke patients were divided into the TENS group (n = 7), placebo TENS group (n = 7), and control group (n = 6), and each intervention was performed on the three groups 5 times a week for 4 weeks. The assessment was carried out by measuring changes in the muscle tone of the

latissimus dorsi and abdominal external obliques, and pulmonary function.

**RESULTS:** In this study, the TENS group and the placebo TENS group had significant increases in the paretic side latissimus dorsi muscle tone, forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume in 1 second (FEV1), and peak expiratory flow (PEF). There was no significant difference in changes in respiratory muscle tone between the three groups. The pulmonary function was significantly different between the three groups, and it was observed from the results of the post-hoc test that FVC showed a significant increase in the TENS group and the placebo TENS group compared to the control group.

**CONCLUSION:** Through this study, it was found that the respiratory muscle resistance exercise was more effective as a method to increase respiratory muscle tone and pulmonary function in stroke patients than combined transcutaneous electrical nerve stimulation.

†Corresponding Author : Kyun-Hee Cho

ckhhot@naver.com, <http://orcid.org/0000-0002-0150-0379>

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.

**Key Words:** Muscle tone, Pulmonary function, Resistance respiratory muscle exercise, Stroke, TENS

## I. 서론

경직, 협조불능, 마비, 균형 장애에 따른 신체 활동 저하는 호흡기능 장애를 발생시킨다[1]. 뇌졸중 환자는 일회호흡양, 최대환기량, 산소섭취량, 이산화탄소 배출량이 증가하고[2], 정상인 보다 호흡압력 감소와, 복부 움직임 감소가 발생한다[3]. 특히, 뇌졸중 후 가슴우리 구축은 들숨 장애를 나타내게 되어 제한성 호흡기 질환을 일으킨다[4]. 따라서 뇌졸중 환자의 호흡 재활은 가슴우리 움직임과 호흡 주동근 및 보조근의 지구력, 근력, 움직임에 초점을 맞춰야 할 것이다[2].

가로막은 갈비뼈, 허리뼈, 복장뼈에 붙어있는 돔(dome)모양의 호흡 주동근으로 가로막 역할이 효과적으로 기능할 때 운동능력, 지구력, 호흡근육의 대사적 특성, 구조, 수행에 개선을 나타낸다[5]. 또한, 갈비뼈 움직임을 증가시키기 위해 시행된 가슴우리 확장 운동은 깊은 호흡을 통해 가로막 운동을 촉진시킬 수 있다[6]. 가로막 운동 및 가슴우리 확장 운동에 관한 연구들에서는 가로막 수축이 가슴우리 수직 직경을 증가시키고[7], 가슴우리 확장 운동은 가슴우리 운동성을 늘리는 방법으로 다루어 왔다[8]. 그 결과 뇌졸중 환자의 호흡근 근긴장도 증가[7], 호흡근 활성도 증가[9], 폐기능 증가[10], 호흡압력 증가[8] 등이 나타난다고 보고되었다.

최근 호흡기능 증진을 위한 호흡물리치료에서는 한 가지 훈련이 아닌 복합적 중재를 시행하고 있는 추세이다. Wang 등[7]은 가로막 훈련에 호흡근 테이핑 훈련을 결합하여 호흡근 근긴장도 증가와 혈색소 내 SpO<sub>2</sub>(%)가 감소하는 결과를 보고하였고, Chang 등[11]은 호흡 패턴 훈련에 기능적 전기자극을 결합하여 호흡기능 증진과 치료 중단 2주 후 추적관찰 결과에서도 호흡기능 개선이 유지되는 결과를 보고하였다. 이전 연구들에서 운동신경을 자극할 목적인 기능적전기자극 치료나 피부에 탄력테이프를 부착하여 운동과 결합한 중재방법들이 위운동신경세포 손상이 있는 환자의 호흡기능과

호흡근 근긴장도 개선에 효과적이라고 하였다[7,11]. 하지만 뇌졸중 환자의 경우 일반적으로 고유수용감각이 정상인 보다 저하를 보이며 근피로 유발 시에도 저하되기 때문에 감각 입력을 통한 중재방법이 더욱 필요하다[12]. 더하여, 테이핑 중재는 단일 작용으로 호흡근력 개선의 근거가 부족하며 부착을 제거하였을 때 그 효과를 지속시키기 어려움으로[13], 호흡운동 중 감각입력을 통한 기능회복을 알아볼 필요가 있다.

감각입력은 대뇌결질의 기술습득 및 운동수행을 재현(representation)하기 위한 과정이다[14]. 경피신경전기자극은 저주파 전류 중 하나로 직경이 큰 감각신경섬유의 자극을 고위중추로 보내 유해자극을 억제하는 통증치료 방법으로 사용되고 있다[15]. 100Hz로 적용한 경피신경전기자극이 척수뿔로부터 감마아미노부티르산을 유리한다는 가설을 통해 경피신경전기자극은 뇌졸중 환자의 경직 감소를 위한 방법으로 사용되고 있다[16]. 경직 감소 이외에도 경피신경전기자극은 운동치료와 결합하였을 때 선 자세 자세조절 보행 및 기능적 활동을 개선시켰다[17,18].

더하여, 무작위 대조군 연구가 포함된 체계적 문헌고찰 및 메타분석 연구에서 경피신경전기자극은 뇌졸중 환자의 경직 감소뿐만 아니라 보행속도 증가와 관련이 있으며, 보행과 같은 복잡한 움직임은 마비측 근육에 대한 고유감각을 개선하기 때문이라고 하였다[19]. 최근 운동치료 중재 시 경피신경전기자극을 몸통에 부착한 방법이 뇌졸중 환자 마비측 감각을 각성하여 몸통근 활성도, 몸통 조절, 몸통 균형 개선에 효과가 있음을 나타내고 있다[20,21].

몸통 수행과 호흡근력에 유의한 상관관계가 있음에도 불구하고[22] 이전연구에서는 몸통에 경피신경전기자극 후 호흡기능은 확인하지 못하였다. 본 연구는 선행연구에서의 과제-지향 훈련이나[20], 체중이동 운동과 결합하는 경피신경전기자극[21] 보다는, 가로막 저항훈련과 가슴우리 저항훈련을 결합하여 마비측 호흡근에 경피신경전기자극을 적용하고 호흡기능을 확인하고자 한다. 또한, 가로막 호흡운동 후 호흡기능 평가에서 폐기능과 호흡근 활성도[9], 호흡근 근긴장도와, 산소포화도[7]를 동시에 확인한 연구는 있지만 호흡근

근긴장도와 폐 기능에 미치는 영향을 분석한 연구는 국내외 미비한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 뇌졸중 환자에게 적용한 경피 신경전기자극과 호흡근 저항훈련이 호흡근 근긴장도에 미치는 영향을 확인하고 폐 기능 상태를 알 수 있는 폐활량 측정을 더하여 뇌졸중 후 호흡재활에 필요한 기초자료를 제공하고 이 연구를 진행하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구는 경기도 안성시에 소재한 P요양병원에 입원한 뇌졸중 환자 20명을 대상으로 진행된 연구이다. 연구를 진행하기 전 자발적으로 참여한 모든 연구 대상자에게 본 연구의 목적과 취지를 충분히 설명한 후 서면 연구 동의서를 받았다. 대상자 선정은 CT나 MRI에 의해 뇌졸중으로 진단받고 6개월 이상 된 자, 인지기능이 정상 범위에 속하는 자, 선천적인 가슴이상이나 심장 호흡기계 질환이 없는 자, 피부 질환이 없는 자를 대상으로, 도수 가로막 평가 시 한쪽 가로막 이동에 제한이 있다고 판단된 대상자(양측 갈비모서리 이동량 평가)를 선정하였고[5], 담당의사에 의해 연구 참여가 불가능하다고 판단되거나 침을 이용한 통각 검사 시 감각결손이나 이상 반응이 있는 자는 연구에서 제외하였다. 연구 대상자 모집기간 중 총 23명의 연구대상자가 모집되었고, 연구 대상자 선정에 부합하는 20명이 연구에 참여하였다. 20명의 연구 대상자의 성별, 마비측, 마비 종류에 따른 층화분석을 하였고 그 후 세 군으로 무작위 배정을 위해 온라인 사이트를 이용하여 경피신경전기자극과 호흡근 저항훈련 7명(TENS group), 가짜(placebo) 경피신경전기자극과 호흡근 저항훈련 7명(placebo TENS group), 대조군 6명(control group)으로 나누어 배치하였다.

### 2. 측정방법

#### 1) 근긴장도 측정 방법

본 연구의 중재 후 뇌졸중 환자의 긴장도를 측정하기

위해 신뢰도와 타당성이 입증된 Myoton®PRO (Myoton®PRO, MyotonAS, Estonia)를 이용하였다[23]. 뇌졸중 환자의 몸통근 활성화도 중 넓은등근[24]과 배바깥빗근[25]은 비마비측 보다 마비측에서 감소가 나타나고 넓은등근은 들숨근으로 사용되고[26], 배바깥빗근은 날숨근으로 사용되기 때문에[27] 넓은등근과 배바깥빗근을 선택하였다[10].

측정 전 불필요한 근긴장을 제거하기 위해 10분간 휴식을 취하였고 연구를 하기 위한 치료실 온도는 25℃를 유지하도록 하였다. 넓은등근 측정은 엎드린 자세에서, 배바깥빗근 측정은 바로 누운 자세에서 측정을 하였으며, 모든 측정은 안정상태에서 하였다. 측정방법은 근긴장도 장비를 바로 세워서 사전에 마커로 표시한 마비측·비마비측 근육에 각각 공진동 5회를 가하였고, 장비의 탐침기가 표식점에 벗어나는 것을 방지하고자 한 손은 장비에 다른 한손은 손목을 받쳐 손 떨림을 최소화하여 측정을 실시하였다. 총 2회 측정을 하여 평균값을 연구 데이터 값으로 하였다. 본 연구의 측정 항목인 빈도(frequency)는 근긴장도를 의미한다.

#### 2) 폐 기능 측정

중재 후 폐 기능 변화를 측정하기 위해 폐활량 측정기(Microlab spirometer ML3500 MK6, Micro direct company, UK)를 이용하였다. 대상자는 등받이가 없는 의자에 앉아 코마개를 착용하고, 일회용 마우스 피스를 입안에 착용한 후 측정 준비 자세를 취하였다. 연구자는 안정 시 3회 호흡 후 숨을 최대한 들이마시고 힘껏 내쉬 수 있도록 구두신호를 주었고 6초간 내쉬도록 요구하였다. 측정 항목은 FEV1 (forced expiratory volume in 1 second), FVC (forced vital capacity), PEF (peak expiratory flow)로 선택하였으며, 신뢰성 있는 결과를 얻기 위해 평가 전 설명 및 시범을 보인 후 1회 연습을 실시하여 측정방법을 숙지하도록 하였다. 선택한 항목 중 FVC는 최대한 들이마시고 내쉬 공기 용적이고, FEV1은 깊은 들숨 후 힘껏 내쉬 1초간의 공기 용적이다[28]. PEF는 최대 들숨에서 시작하여 최대 힘으로 날숨 할 때 이루어 낸 공기 유량이다[29]. 본 연구에선 각각 3회 측정하여 산출된 평균값을 데이터 값으로 사용하였다.

### 3. 중재방법

모든 중재는 10년차 이상의 물리치료사 1인이 실시하였다. 모든 중재는 주 5회 4주간 실시하였고 결합형 태군은 경피신경전기자극과 호흡근 저항훈련을 동시에 적용 받았다. 연구대상자는 일반적인 운동치료(매트운동, 보행운동)를 1일 30분씩 받았으며, 중재를 시작하기 전 사전 평가를 실시하였고 중재가 끝나는 날 사후 평가를 비동시적으로 진행하였다. 모든 평가는 5년차 이상의 물리치료사 2인이 실시하였고 평가자는 연구대상자가 속한 그룹을 알지 못하였다.

#### 1) 경피신경전기자극 방법

본 연구를 위해 경피신경전기자극기(Novastim CU-FS1, CU Medical Systems, Korea)를 사용하였다. 한 쌍의 전극을 마비측 넓은등근과 배바깥빗근에 부착하였다. 넓은등근 부착부위는 제 9번 등뼈의 가쪽에 위치한 근복에 부착하였고, 배바깥빗근은 겨드랑이선 앞쪽 즉, 수직선에 45° 각도를 이루고, 배꼽을 기준으로 15cm 가쪽에 위치한 지점에 부착하였다. 주파수(frequency)는 100Hz, 맥동 폭(pulse with)은 200 $\mu$ s, 강도는 가시적인 수축을 확인한 뒤 강도를 내려 수축이 사라질 정도의 크기로 하였다[21]. 전기치료 중재 시간은 30분으로 호흡근 저항 훈련과 결합하여 적용하였다. 가짜(placebo) 경피신경전기자극 방법은 동일한 부위에 전극을 부착하였고 기계 스위치만 켜 상태로 호흡근 저항훈련을 실시하였다. 대조군의 경우 일반적인 운동치료 이외에 어떠한 중재를 받지 않았고 올바른 호흡법에 관련된 교육을 받았다.

#### 2) 호흡근 저항 훈련

호흡근 저항훈련은 두 가지 운동 방법으로 구성되었다. 첫 번째 운동방법은 가로막 저항 훈련으로 대상자는 반기대어 누운 자세에서 신체를 이완한 다음, 깊은 들숨을 할 때 솟아오른 복부에 연구자 손으로 부드러운 도수 저항을 가하였다[30]. 날숨에선 복근을 수축하도록 요구하였으며, 필요하다면 날숨 시 가로막 방향으로 뻗침(stretch)을 가하였다. 가로막 운동에서 들숨 시 복장뼈에 손을 대고 가슴 움직임을 확인하였고, 날숨 시

엔 복부에 손을 대어 근수축을 확인하였다. 두 번째 운동방법인 가슴우리 저항 훈련은 대상자가 들숨을 할 때 연구자의 손으로 위쪽 가슴우리(3-5갈비뼈)나 아래쪽 가슴우리(7-9갈비뼈)부위에 부드러운 저항을 적용하였고, 날숨 시엔 빠른 뻗침(quick stretch)을 가하였다[31]. 호흡 패턴은 개인의 들숨 및 날숨 시간을 체크하여 날숨시간을 조금씩 늘리도록 교육하였다. 한 운동방법당 15분씩 적용하였고 1회 적용 시 15회, 휴식시간은 20초로 설정하였다[10].

### 4. 자료분석

본 연구의 자료분석은 SPSS 20.0을 이용하여 통계처리 하였다. 연구대상자의 일반적 특성은 카이제곱 검정(Chi-square test)과 기술통계를 이용하여 크루스칼-왈리스(Kruskal-Wallis test)방법을 통해 확인하였다. 정규성 검정은 샤피로-윌크 검정(Shapiro-Wilk test)을 통해 확인하였고 정규분포를 따르지 않아 비모수 검정을 사용하였다. 각 연구군내 중재 전후 근긴장도, 폐 기능 변화량 비교는 윌콕슨 부호 순위(Wilcoxon Signed-ranks) 검정으로 하였다. 세 군간 변화량 차이(post-pre) 비교는 크루스칼-왈리스(Kruskal-Wallis test)방법을 사용하였고 유의한 차이가 있을 경우 각 연구군을 짝으로 묶어(1-2, 2-3, 1-3) 맨 휘트니(Mann-Whitney) U 검정을 실시하였다. 모든 통계적 유의수준의  $\alpha = .05$ 이다.

## III. 연구결과

### 1. 연구대상자 일반적 특성

본 연구 대상자의 평균 나이, 평균 몸무게, 평균 키, 남녀 성별, 마비측 부위, 평균 K-MMSE점수, 평균 발병 기간 분포가 세 군간 유의한 차이가 없었으므로 동질하였다( $p>.05$ ) (Table 1).

### 2. 마비측과 비마비측 근긴장도 차이

TENS군, 가짜 TENS군, 대조군 모두 중재 전 마비측과 비마비측 근긴장도에 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). TENS군은 중재 후 근긴장도에 유의한 차이가 없었으나( $p>.05$ ), 가짜 TENS군, 대조군은 중재 후 근긴장도에

Table 1. General Characteristics of the Subjects (n = 30)

Variable	TENS Group (n = 7)	Placebo TENS Group (n = 7)	Control Group (n = 6)	$\chi^2$	p
Age (Years)	71.57 ± 5.53	68.86 ± 4.18	69.67 ± 6.02	.726	.695
Weight (kg)	66.29 ± 10.29	64.86 ± 4.18	63.50 ± 5.99	.476	.977
Height (cm)	166.86 ± 8.47	165.71 ± 8.61	167.17 ± 9.15	.046	.788
Gender (Male/Female)	6 / 1	6 / 1	4 / 1	.952	.621
Affected side (Rt/Lt)	3 / 4	5 / 2	4 / 2	1.349	.509
K-MMSE (Score)	25.29 ± 1.38	25.57 ± 1.81	25.17 ± 1.17	.038	.836
Duration (Months)	20.57 ± 4.76	21.71 ± 6.78	20.83 ± 7.62	.359	.981

Mean ± standard deviation, \*p < .05, Rt : Right, Lt : Left, K-MMSE : Korean mini-mental state examination

Table 2. Differences in Muscle tone between the Three Groups

Muscle	Vari-able	Pre-test		Z	Post-test		Z
		Paretic Side	Non-Paretic Side		Paretic Side	Non-Paretic Side	
TENS group (n = 7)							
AEO	MT	13.27 ± 1.60	14.26 ± 1.53	-2.366*	13.76 ± 1.59	14.54 ± 1.53	-1.609
LD	MT	13.17 ± 2.45	14.50 ± 3.39	-2.366*	14.04 ± 2.87	14.66 ± 3.00	-1.529
Placebo TENS group (n = 7)							
AEO	MT	11.81 ± 1.07	12.82 ± 1.06	-2.366*	12.57 ± 1.52	13.80 ± 1.29	-2.384*
LD	MT	13.66 ± 1.30	14.77 ± 1.45	-2.366*	14.99 ± 1.32	15.74 ± 1.59	-2.201*
Control group (n = 6)							
AEO	MT	12.75 ± 1.71	13.60 ± 1.78	-2.023*	13.03 ± 1.46	13.98 ± 1.54	-2.201*
LD	MT	13.85 ± 1.37	14.68 ± 1.73	-1.992*	14.30 ± 1.41	15.10 ± 1.53	-2.207*

Mean ± standard deviation, \*p < .05, AEO:Abdominal external oblique muscle LD : Latissimus dorsi muscle, MT : Muscle tone (HZ)

유의한 차이가 있었다(p < .05) (Table 2).

### 3. 중재 전과 중재 후 마비측 근긴장도 변화

TENS군과 가짜 TENS군은 중재 전후 비교에서 넓은 등근, 배바깥빗근 긴장도가 유의하게 증가하였으나(p < .05), 대조군에서 유의한 차이가 없었다(p > .05). 하지만 세 군간 근긴장도는 유의한 차이는 없었다(p > .05) (Table 3).

### 4. 중재 전과 중재 후 폐 기능 변화

TENS군과 가짜 TENS군은 중재 전후 비교에서 FEV1, FVC, PEF가 유의하게 증가하였으나(p < .05), 대조군에서 유의한 차이가 없었다(p > .05). 세 군간

FEV1과 PEF에서 유의한 차이가 없었으나, FVC에 유의한 차이가 나타나 사후검정을 실시한 결과 TENS군과 가짜 TENS군이 대조군보다 유의하게 증가하였다(p < .05) (Table 4).

## IV. 고 찰

본 연구는 뇌졸중 환자의 마비측 호흡근에 경피신경전기자극을 적용한 상태에서 호흡 운동을 실시하였을 때 호흡근 근긴장도와 폐 기능에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 진행된 연구이다. 전체 20명의 연구대상자를 경피신경전기자극과 호흡근 저항운동을 실시한 군(TENS군), 가짜 경피신경전기자극과 호흡근 저

Table 3. Changes in Muscle Tone on the Paretic Side Pre- and Post-intervention

Variable		TENS Group (n = 7)	Placebo TENS Group (n = 7)	Control Group (n = 6)	$\chi^2$	Post-hoc
Abdominal external oblique muscle tone	Pre	13.27 ± 1.60	11.81 ± 1.07	12.75 ± 1.71	.899	
	Post	13.76 ± 1.59	12.57 ± 1.52	13.03 ± 1.46		
	Mean rank	10.00	12.14	9.17		
	Z	-2.207*	-2.197*	-.734		
Latissimus dorsi muscle tone	Pre	13.17 ± 2.45	13.66 ± 1.30	13.85 ± 1.37	3.254	
	Post	14.04 ± 2.87	14.99 ± 1.32	14.30 ± 1.41		
	Mean rank	9.93	13.50	7.67		
	Z	-2.375*	-2.201*	-1.892		

Mean ± standard deviation, \*p < .05

Table 4. Changes in Pulmonary Function Pre- and Post-intervention

Variable		TENS Group (n = 7)	Placebo TENS Group (n = 7)	Control Group (n = 6)	$\chi^2$	Post-hoc
FEV1 (ℓ)	Pre	2.40 ± .50	2.05 ± .32	2.23 ± .54	1.641	
	Post	2.52 ± .54	2.18 ± .26	2.30 ± .54		
	Mean rank	11.64	11.57	7.92		
	Z	-1.992*	-2.207*	-1.590		
FVC (ℓ)	Pre	2.81 ± .56	2.68 ± .46	2.81 ± .62	6.192*	1,2>3
	Post	3.04 ± 5.36	2.93 ± .41	2.85 ± .71		
	Mean rank	13.00	12.29	5.50		
	Z	-2.201*	-2.366*	-.734		
PEF (ℓ/min)	Pre	264.14 ± 77.57	271.00 ± 71.38	286.00 ± 101.75	1.528	
	Post	334.29 ± 102.23	311.00 ± 74.87	328.33 ± 83.81		
	Mean rank	12.64	9.86	8.75		
	Z	-2.117*	-2.197*	-1.095		

Mean ± standard deviation, \*p < .05, FEV1 (forced expiratory volume in 1 second), FVC (forced vital capacity), PEF (peak expiratory flow)

항운동을 실시한 군(가짜 TENS군), 어떠한 처치를 받지 않고 호흡법에 관한 교육만 받은 대조군으로 나누어 4주간 중재를 실시하였다. 연구 결과 TENS군과 가짜 TENS군은 중재 전과 중재 후 배바깥빗근, 넓은등근 근긴장도, FEV1, FVC, PEF에 유의한 증가가 있었다.

Lee [9]는 호흡 재교육 운동을 뇌졸중 환자에게 적용한 후 마비측 위등세모근, 넓은등근, 배바깥빗근, 배속빗근, 배곧은근 활성도 증가와 FEV1, FVC, PEF에 증가를 보였고, 호흡 재교육 운동(가로막 호흡+입술오므리기 호흡)은 문턱값 들숨근 훈련 보다 날숨압력과 PEF에

더 나은 효과를 보였다[32]. Kim과 Choi [8]는 호흡재교육 운동과 가슴우리 저항운동을 비교한 결과 두 운동간 유의한 차이는 없었으나 두 중재방법 모두 가슴우리 가동범위 증가와 들숨압력에 유의한 증가를 보였다. 이 연구와 일치한 방법으로 Park [10]은 가로막 저항운동과 가슴우리 저항운동을 뇌졸중 환자에게 시행한 후 위등세모근, 넓은등근, 배바깥빗근, 배속빗근 활성도와 FEV1, FVC, PEF, 가슴우리 확장에 유의한 증가를 보고하여 본 연구결과와 유사하였다. 선행연구의 마비측 호흡근 활성도는 중재 전에 비해 중재 후 유의하게

증가되었고, 그에 따라 폐 기능이 증가되었던 결과를 통해[9,10], 본 연구의 호흡근 저항훈련 후 호흡근 근긴장도 증가와 폐 기능 증가의 결과와 유사했던 것으로 사료된다. 또한, 근긴장도 측정과 근활성도 측정의 안정 시와 수축 시 유의한 상관관계는[33]선행연구 결과와 본 연구결과를 지지해 준다.

본 연구에서 TENS군과 가짜 TENS군은 대조군 보다 FVC에 보다 유의한 증가가 있었으나 두 군간 근긴장도와 폐 기능에 유의한 차이가 없었다. Chan 등[21]은 뇌졸중 환자에게 몸통 훈련과 경피신경전기자극을 넓은 등근, 배바깥빗근에 동시 적용하여 몸통 훈련만 적용한 군과 비교하였다. 그 결과 중재 후 두 군 모두 몸통손상 척도(trunk impairment scale, TIS), 몸통 굽힘 및 펌근 최대 토크에 유의한 증가를 보였고, TENS와 몸통훈련 결합적용은 단일 몸통훈련에 비해 앞쪽 및 가쪽으로 팔 뻗은 거리에서도 유의한 증가를 보였다. 또한, 단일 몸통훈련 보다 몸통손상척도 점수에 유의한 증가를 보였는데, 몸통손상척도의 하부 척도 중 동적 균형과 몸통의 협응력에 보다 나은 개선을 보였다. 선행연구자에 따르면 마비측 넓은등근과 배바깥빗근에 경피신경전기자극을 통한 전기자극이 몸통 운동성을 대칭적으로 향상시키고, 골반과 어깨의 선택적인 운동조절을 증가시켜 나타난 결과라 하였다. 반면 본 연구에서는 TENS군과 가짜 TENS군간에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 본 연구에서 적용한 가슴우리 저항 운동은 비마비측 가슴우리 운동성을 제한하여 마비측 가슴우리 근육을 촉진할 목적으로 시행되었다. Ng와 Stokes [31]에 의하면 최대하 노력으로 편측 가슴우리 확장을 할 경우 반대측 호흡근 활성도가 편측 보다 증가된다 하였다. 반면 폐기능 증가를 위해서 근수축과 호흡에 담당하는 구조 보다는 폐 상태가 영향을 미칠 수도 있다[34]. 또한, 본 연구에서는 경피신경전기자극 중재 시 고빈도-저강도 방법을 30분 중재하였으므로 고유수용성 신경의 순응이 발생할 수 있었다. 순응을 방지하기 위한 강도 변화가 주어 지지 않은 점으로 순응이 발생한 시점부터는 이후로 전기자극에 대한 효과가 미미했던 것으로 사료된다. 그러므로 TENS로 인한 감각입력 보다는 본 연구에서 적용한 가로막 운동과 가슴우리 확장운동

이 공기의 유출입을 증가시켜 나타난 결과로 사료된다.

본 연구의 세 그룹 사이 호흡근 근긴장도 변화는 유의한 차이가 없었다. Jung 등[20]은 불안정한 지지면에 앉은 상태에서 체중 이동 훈련과 경피신경전기자극을 마비측 몸통에 적용한 후 마비측 척추기립근, 배바깥빗근 활성도, 최대 팔 뻗기, TIS에 유의한 증가를 보였고 가짜 TENS군과 대조군보다 배바깥빗근 활성도와 TIS에 유의한 증가를 보여, 세 군간 근긴장도에 차이가 없었던 본 연구결과와 상이한 차이가 있었다. 이것은 측정방식에 대한 차이로 선행연구에서는 최대 수의적 수축 시 근활성도(maximum voluntary contraction, %)를 측정하는 것이고 본 연구에서는 호흡근의 특성 상 안정 시 근긴장도를 확인한 연구였기 때문에 나타난 결과로 사료된다. Wang 등[7]은 가로막 호흡에 피부수용기를 자극하는 테이핑을 결합 적용 후 안정 시 마비측 목갈비근, 배바깥빗근 긴장도가 유의하게 증가하였고 가로막 호흡 단일 운동에선 유의한 변화가 없었으나 두 중재 방법 간 유의한 차이가 나타나지 않아, 본 연구 결과를 지지한다. 더하여 몸통 호흡운동은 뇌졸중 환자의 마비측 가로막 수축율과 두께에는 유의한 증가를 보였으나 가로막 두께 비대칭 개선에는 효과를 보이지 못했다[35]. 따라서 호흡근 저항운동은 뇌졸중 환자의 호흡근육을 개선이 가능한 중재방법이나[7,9,10], 중재 시 마비측 가슴우리를 선택적으로 움직이기 보다는 양측을 동시에 사용하여 운동하기 때문에 호흡근 근긴장도의 대칭적 회복은 어려웠던 것으로 사료된다. 또한, 폐 기능 측정은 호흡근 근긴장도 조절을 필요로 하기 보다는 최대의 힘으로 들이마시고 최대의 힘으로 내쉬는 공기의 양을 측정하는 것으로 가로막 호흡운동과 가슴우리 저항운동만으로 폐 기능 증진이 가능한 천장효과 때문에[10], TENS군과 가짜 TENS군 간 폐 기능에 차이가 나지 않았던 것으로 사료된다.

지금까지 연구결과를 통해 경피신경전기자극 결합 보다는 호흡근 저항운동 단일 적용이 뇌졸중 환자의 호흡근 근긴장도와 폐 기능 개선에 효과적인 것을 알 수 있었다. 본 연구는 적은 대상자 수를 모집했기 때문에 모든 뇌졸중 환자에게 일반화시킬 수 없다는 제한점이 있다. 또한, 호흡근 측정에 있어 호흡 주동근인 가로막 측정을 하지 못하였다. 향후 연구에서는 더 많은

대상자와 다양한 호흡근 측정을 통해 호흡 개선효과를 확인할 필요가 있겠다.

## V. 결론

본 연구는 뇌졸중 환자에게 경피신경전기자극과 호흡근 저항운동이 호흡근 근긴장도와 폐 기능에 미치는 효과를 확인하고자 실시하였다. 본 연구결과 경피신경전기자극 결합군과 가짜 경피신경전기자극 결합군 간에 근긴장도와 폐 기능의 차이가 없었다. 이러한 결과는 경피신경전기자극보다는 저항운동이 뇌졸중 환자의 근긴장도와 폐 기능에 더 효과적이라는 것을 보여주는 것이다. 따라서 뇌졸중 환자의 호흡기능 및 호흡근 근긴장도를 증가시키기 위해서 호흡근 저항운동을 우선 치료방법으로 하고, 기타 통증 치료 등 부가적인 치료가 필요할 때 경피신경전기자극을 함께 적용해보는 것이 합리적이라고 사료된다. 그러므로 뇌졸중 환자의 호흡기능 및 호흡근 근긴장도를 증가시키기 위한 방법으로 호흡운동에 경피신경전기자극을 결합하는 것은 단일 호흡운동보다 우위에 있지 않다.

## References

- [1] MacKay-Lyons MJ, Howlett J. Exercise capacity and cardiovascular adaptations to aerobic training early after stroke. *Top Stroke Rehabil.* 2005;12(1):31-44.
- [2] Narain S, Puckree T. Pulmonary function in hemiplegia. *Int J Rehabil Res.* 2002;25(1):57-9.
- [3] Teixeira-Salmela LF, Parreira VF, Britto RR, et al. Respiratory pressures and thoracoabdominal motion in community-dwelling chronic stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(10):1974-8.
- [4] Fugl-Meyer AR, Linderholm H, Wilson AJ, et al. Restrictive ventilatory dysfunction in stroke: its relation to locomotor function. *J Rehabil Med Suppl.* 1983;9: 118-24.
- [5] Bordoni B, Marelli F, Morabito B, et al. Manual evaluation of the diaphragm muscle. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis.* 2016;11:1949.
- [6] Frownfelter DL, Dean EW. Principles and practice of cardiopulmonary physical therapy. 3rd ed. Mosby Incorporated. 1996.
- [7] Wang JS, Cho KH, Park SJ, et al. The immediate effect of diaphragm taping with breathing exercise on muscle tone and stiffness of respiratory muscles and SpO<sub>2</sub> in stroke patient. *J Phys Ther Sci.* 2017;29(6):970-3.
- [8] Kim CB, Choi JD. Effects of chest expansion resistance exercise on chest expansion and maximal inspiratory pressure in patients with stroke. *J Korean Soc Phys Med.* 2015;10(1):15-21.
- [9] Lee MH. Effects of the neck stabilizing exercise combined with the respiratory reeducation exercise on breathing function in patients with stroke. Doctor's Degree. Daegu University. 2013.
- [10] Park SJ. The effects of rib cage joint mobilization and threshold inspiratory muscle training applying respiratory function and respiratory activation of stroke patients. Master's Degree. Yongin University. 2016.
- [11] Chang WN, Min WK, Lee HK, et al. The effects of assisted respiratory training using functional electrical stimulation on respiratory function in patients with tetraplegia. *J Korean Soc Neur Ther.* 2016;20(2):39-46.
- [12] Kwon OS, Lee SW, Seo DK, et al. The effects of exercise-induced fatigue on knee joint position sense in the young, elderly adults and stroke patients. *Korean Soc Phys Med.* 2013;8(4):619-25.
- [13] Zübeyir S, Nilüfer K, Burcu C, et al. The effect of kinesiology taping on respiratory muscle strength. *J Phys Ther Sci.* 2012;24(3):241-4.
- [14] Laufer Y, Elboim-Gabyzon M. Does sensory transcutaneous electrical stimulation enhance motor recovery following a stroke? A systematic review. *Neurorehabil Neural Repair.* 2011;25(9):799-809.
- [15] DeSantana JM, Walsh DM, Vance C, et al. Effectiveness of transcutaneous electrical nerve stimulation for treatment of hyperalgesia and pain. *Curr Rheumatol Rep.*



- 2008;10(6):492-9.
- [16] Maeda Y, Lisi TL, Vance CGT, et al. Release of GABA and activation of GABAA in the spinal cord mediates the effects of TENS in rats. *Brain Res.* 2007;1136(1):43-50.
- [17] Park J, Seo D, Choi W, et al. The effects of exercise with TENS on spasticity, balance, and gait in patients with chronic stroke: A randomized controlled trial. *Med Sci Monitor.* 2014;20:1890-6.
- [18] Shariffar S, Shuster JJ, Bishop MD, et al. Adding electrical stimulation during standard rehabilitation after stroke to improve motor function. A systematic review and meta-analysis. *Ann Phys Rehabil Med.* 2018;61(5):339-44.
- [19] Lin S, Sun Q, Wang H, et al. Influence of transcutaneous electrical nerve stimulation on spasticity, balance, and walking speed in stroke patients: A systematic review and meta-analysis. *J Rehabil Med.* 2018;50(1):3-7.
- [20] Jung KS, Jung JH, In TS, et al. Effects of weight-shifting exercise combined with transcutaneous electrical nerve stimulation on muscle activity and trunk control in patients with stroke. *Occup Ther Int.* 2016;23(4):436-43.
- [21] Chan BK, Ng SS, Ng GY, et al. A home-based program of transcutaneous electrical nerve stimulation and task-related trunk training improves trunk control in patients with stroke: a randomized controlled clinical trial. *Neurorehabil Neural Repair.* 2015;29(1):70-9.
- [22] Jandt SR, da Sil Caballero RM, Junior LAF, et al. Correlation between trunk control, respiratory muscle strength and spirometry in patients with stroke: an observational study. *Physiother Res Int.* 2011;16(4):218-24.
- [23] Chuang LL, Wu CY, Lin KC, et al. Reliability, validity, and responsiveness of myotonometric measurement of muscle tone, elasticity, and stiffness in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93(3):532-40.
- [24] Huai H, Liu S, Chen Y. An electrophysiologic study on sEMG of trunk rotatory muscles in stroke patients. *Chin J Rehabil Med.* 2007;22(3):230-3.
- [25] Dickstein R, Shefi S, Marcovitz E, et al. Electromyographic activity of voluntarily activated trunk flexor and extensor muscles in post-stroke hemiparetic subjects. *Clin Neurophysiol.* 2004;115(4):790-6.
- [26] Orozco-Levi M, Gea J, Monells J, et al. Activity of latissimus dorsi muscle during inspiratory threshold loads. *Eur Respir J.* 1995;8(3):441-5
- [27] Ito K, Nonaka K, Ogaya S, et al. Surface electromyography activity of the rectus abdominis, internal oblique, and external oblique muscles during forced expiration in healthy adults. *J Electromyogr Kinesiol.* 2016;28:76-81.
- [28] Miller MR, Hankinson JATS, Brusasco V, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J.* 2005;26(2):319-38.
- [29] Quanjer P, Lebowitz MD, Gregg I, et al. Peak expiratory flow: conclusions and recommendations of a working party of the european respiratory society. *Eur Respir J.* 1997;10(24):2-8.
- [30] Kigin CM. Breathing exercises for the medical patient: The art and the science. *Phys Ther.* 1990;70(11):700-6.
- [31] Ng GY, Stokes MJ. EMG recordings of the respiratory muscles during unilateral and bilateral chest expansion. *Aust J Physiother.* 1992;38(3):203-8.
- [32] 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. *Clin Rehabil.* 2010;24(3):240-50.
- [33] Leonard CT, Brown JS, Price TR, et al. Comparison of surface electromyography and myotonometric measurements during voluntary isometric contractions. *J Electromyogr Kinesiol.* 2004;14(6):709-14.
- [34] Jandt SR, Da Sil Caballero RM, Junior LAF, et al. Correlation between trunk control, respiratory muscle strength and spirometry in patients with stroke: an observational study. *Int J Physiother.* 2011;16(4):218-24.
- [35] Kim NS, Jung JH. The effects of breathing retraining on asymmetry of diaphragm thickness in stroke patients. *Korean Soc Phys Med.* 2013;8(2):263-9.