

## 주파수에 따른 신경근전기자극치료가 중증 만성폐쇄성폐질환 환자의 호흡근력, 넙다리네갈래근 활성화 및 삶의 질에 미치는 영향

강정일 · 정대근 · 박준수<sup>1†</sup>

세한대학교 물리치료학과, <sup>1</sup>해남한국병원 물리치료실

### Effects of Frequency-Dependent Neuromuscular Electrical Stimulation on The Respiratory Strength, Quadriceps Muscle Activity and Quality of Life in Patients with Severe Chronic Obstructive Pulmonary Disease

Jeong-Il Kang, PT, PhD · Dae-KeunJeong, PT, PhD · Jun-Su Park, PT, PhD<sup>1†</sup>

Department of Physical Therapy, Sehan University

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, HaenamHankook Hospital

Received: April 23, 2019 / Revised: April 25, 2019 / Accepted: July 6, 2019

© 2019 J Korean Soc Phys Med

#### | Abstract |

**PURPOSE:** To solve the problems of chronic obstructive pulmonary disease (COPD) patients complaining of muscle fatigue and having limited motor abilities, this study provided the clinical basic data for pulmonary rehabilitation by examining the effects of High-Low-Frequency Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) on the respiratory muscle strength, quadriceps muscle activity, and life quality.

**METHODS:** Samples were collected from 20 COPD patients and placed randomly in a low-frequency group (n=10) and high-frequency group (n=10). For a pretest, the respiratory muscle strength (MIP, MEP), quadriceps muscle activity (LF, VM, VL), and life quality (SGRQ) were

measured. After applying NMES to each group for 30 minutes at a time, five times a week, for four weeks, a posttest was conducted in the same way as the pretest.

**RESULTS:** Both groups showed significant differences in the respiratory muscle strength, quadriceps muscle activity, and quality of life within the groups and there were significant differences in the quadriceps muscle activity between the groups.

**CONCLUSION:** The four-weeks NMES positively influenced the respiratory muscle strength and life quality by enhancing the function of the quadriceps and exercise tolerance. In particular, high-frequency(75 Hz) NMES was more effective than low-frequency (15 Hz) NMES. This result can be an alternative means to improve the physical functions of COPD patients clinically in the future.

**Key Words:** COPD, NMES, Frequency, Quadriceps muscle, Respiratory Strength

†Corresponding Author : Jun-Su Park

ppijss8282@naver.com, <https://orcid.org/0000-0002-7869-5928>

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.

## I. 서론

만성폐쇄성폐질환(COPD: chronic obstructive pulmonary disease)은 기관지 내 만성 염증에 의한 기도와 폐 실질의 손상으로 점차 진행되는 기류제한을 특징을 가지며 적절한 치료를 받아도 의학적으로 완치가 어려운 질환으로 세계적으로 유병률과 사망률이 증가하고 있는 추세이다[1]. 주요 증상으로는 기침, 가래가 동반되며, 운동 시 호흡곤란 및 피로와 관련된 운동량이 감소되어 환자의 삶의 질을 감소시킨다[2]. 만성폐쇄성폐질환이 진행될수록 들숨근 섬유의 길이가 짧아지고 산화스트레스에 의해 들숨근 기능 장애를 일으킬 수 있으며[3], 폐의 과팽창 및 호흡근육 피로는 호흡곤란을 일으키는 요인이 될 수 있다[4]. 만성폐쇄성폐질환은 폐기능 뿐만 아니라 전신적으로 영향을 미치고, 주로 신체의 비활동의 결과로 인해 근육의 약화 및 위축이 나타나며[5], 특히 넵다리네갈래근의 약화는 만성폐쇄성폐질환 환자의 사망 위험을 증가시킨다고 하였다[6]. 이러한 만성폐쇄성폐질환 환자의 조기 사망률과 삶의 질 저하는 흡기성 근육피로와 골격근의 감소와 연관되어 있고[7], 근육기능이 저하되면 호흡근력이 약해지고 폐기능이 저하될 수 있기 때문에[8], 호흡운동 뿐만 아니라 넵다리네갈래근의 기능을 향상시키는 것도 만성폐쇄성폐질환 환자의 관리에서 중요한 치료목표로 간주된다.

넵다리네갈래근에 신경근전기자극의 적용은 운동이 힘든 중증의 만성폐쇄성폐질환 환자에게 호흡곤란을 유발하지 않는 유용한 대체 치료법으로 제안되는 치료방법이다[9]. 신경근전기자극은 근력강화와 지구

력강화, 근위축 예방을 위해 사용되고 있으며[10], 지속적으로 적용 시에는 근섬유의 산화능력을 증가시켜 근육의 유산소적 능력을 이끌어 낸다고 하였다[11]. 기능적 운동수행에 신경근전기자극이 미치는 영향은 아직 불분명하지만 이것이 건강상태의 주요 결정요인이며, 만성폐쇄성폐질환 환자의 전반적인 생존과 관련되기 때문에 이를 이해하는 것이 중요하다[12]. 현재 만성폐쇄성폐질환 환자에게 신경근전기자극을 적용하는 주파수는 15~100 Hz까지 다양한 주파수로 연구가 진행중이며, 50 Hz 를 기준으로 저빈도, 고빈도로 분류된다[13]. 이전의 연구들을 살펴보면 저빈도는 15-30Hz, 고빈도는 75-100 Hz 로 분류하여 비교하는 연구들이 많이 제시되고 있지만[14-16], 그에 대한 효과는 아직도 상반된 결과를 보이고 있다[17]. 아직까지 임상에서 만성폐쇄성폐질환 환자를 대상으로 신경근전기자극을 통한 훈련 효과가 주파수에 따라 어떠한 차이를 보이는지, 그리고 어떻게 환자들에게 일상적인 도움으로 전환되는지는 불분명하다. 따라서 본 연구는 주파수에 따른 신경근전기자극의 적용이 만성폐쇄성폐질환 환자의 폐기능과 넵다리네갈래근 활성도, 건강관련 삶의 질에 미치는 영향을 분석함으로써 만성폐쇄성폐질환의 증상 개선 여부를 타진함과 동시에 이들의 호흡재활치침에 활용될 수 있는 임상적 기초자료를 제공하기 위해 시행하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구는 2019년 1월부터 3월까지 전라남도 소재

Table 1. General Characteristics

Items	15Hz group (n=10)	75Hz group (n=10)	P
	M±SD	M±SD	
Age	73.5±5.080	71.8±4.440	.436
Height (cm)	164.77±4.570	167.2±6.080	.326
Weight (kg)	55.5±7.510	59.4±6.630	.234
Disease (years)	7.1±2.610	7.3±2.940	.874
MIP (cmH <sub>2</sub> O)	45.8±6.610	46.9±7.960	.204
MEP (cmH <sub>2</sub> O)	60±11.560	62.5±4.400	.379

한 H병원에서 입원 치료중인 60-80세 연령범위의 남성 만성폐쇄성폐질환 환자 20명을 대상으로 하였다. COPD의 진단은 Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) 지침에 따라 1초간 노력성 날숨량이 50% 미만인 중증 만성폐쇄성폐질환 진단을 받은 자로써, 12주 동안 고혈압 등 복용약물 상의 변동이 없는 자, 뇌혈관 질환, 암, 정형외과적 질환, 신경외과적 질환이 없는자, 최근 3개월 이상 규칙적인 운동을 하지 않은 자, 급진적 만성폐쇄성폐질환 증상이 없는 자로 본 연구의 목적을 이해하고 연구에 참여하기로 동의한 자를 대상으로 선정하였다.

## 2. 실험방법

### 1) 연구설계

만성폐쇄성폐질환 환자 20명을 임상 표본추출하여 저빈도 신경근전기자극을 적용한 집단 10명, 고빈도 신경근전기자극을 적용한 집단 10명씩 각각 무작위 배치하여 4주 간, 5일/주, 1회/일, 30분씩 중재 프로그램을 시행하였다. 중재 전 호흡압력계를 활용하여 호흡근력을 측정하였고, 표면 근전도로 넵다리내갈래근의 근활성도를 측정하였으며, 세인트조지 호흡기 설문(St. George's Respiratory Questionnaire, SGRQ) 평가지를 사용하여 건강관련 삶의 질 평가를 측정한 후, 4주 후에 사후검사를 사전검사와 동일하게 재측정하여 분석하였다.

### 2) 측정도구 및 방법

본 연구에 사용된 측정 도구로는 신장과 체중은 Body Mass Index HW-600 (Korea)을 사용하였고, 호흡근력은 Micro Respiratory Pressure Meter (Micro Direct Inc, USA)를 이용하여 최대 들숨압(Maximum inspiratory pressure: MIP)과 최대 날숨압(Maximum expiratory pressure: MEP)을 측정하였다. 그리고 MP-150 (Biopac System, USA)을 활용하여 넵다리곧은근, 안쪽넓은근, 가쪽넓은근의 근활성도를 측정하였으며, 건강관련 삶의 질을 측정하기 위해 세인트 호흡기 설문지(St.Go-erge's Respiratory Questionnaire, SGRQ)로 측정하였다.

#### (1) 호흡근력 측정

호흡압력계를 이용하여 앉은 자세에서 실시하였고, 측정하기 전에 피험자들에게 검사 방법을 숙지할 수 있도록 반복적인 교육을 실시하였다. 최대 들숨압(MIP)을 먼저 측정하고 충분한 휴식을 취한 후에 최대 날숨압(MEP)를 측정하였다.

최대들숨압: 피험자는 앉은 자세에서 측정 장비의 마우스피스를 공기가 새지 않도록 최대한 입술에 밀착시켜 물고 정면을 바라보고 시작 신호를 기다리게 하였다. 검사자는 피험자가 잔기량(residual volume)에 최대한 가깝게 날숨하면 코에 코마개를 부착함과 동시에 '시작' 신호를 보내고 피험자는 즉시 최대한 깊고 빠르게 2초 이상 들숨을 지속하도록 하였다.

최대 날숨압: 피험자는 앉은 자세에서 측정 장비의 마우스피스를 공기가 새지 않도록 최대한 입술에 밀착시켜 물고 정면을 바라보고 시작 신호를 기다리게 하였다. 검사자는 피험자가 총폐용량(total lung capacity)에 최대한 가깝게 들숨하면 코에 코마개를 부착함과 동시에 '시작' 신호를 보내고 피험자는 즉시 최대한 깊고 빠르게 2초 이상 날숨을 지속하도록 하였다.

#### (2) 근전도 측정

근전도 신호수집을 위한 표본추출율(sampling rate)은 1000으로 하였고, 주파수 대역 필터는 20~450 Hz로 설정하였다. 근전도 신호의 피부호장을 최소화하기 위해 대상자들의 피부에서 털을 제거하고, 알코올 솜으로 문질러 피부를 청결히 유지하였으며, 2개의 Ag/Agcl 표면 전극을 사용하여 각 근육의 근복에 근섬유와 평행한 방향으로 2 cm 간격으로 부착하였고, 측정근육은 넵다리내갈래근 중 중간넓은근을 제외하고 넵다리곧은근, 안쪽넓은근, 가쪽넓은근의 근전도 신호를 수집하였다(Fig. 1). 측정 근육들의 신호들은 실효치진폭(root mean square: RMS)으로 변환하였으며, 근전도 신호분석은 Acqknowledge 3.9.1 software program(Biopac, USA)을 사용하였다. 대상자들의 근전도 신호를 정규화(normalizing)하기 위해 먼저 환자들을 가만히 서 있는 자세를 취하게 한 후 10초간의 실효치진폭 값을 측정하였고, 이 중 시작과 끝 2초를 제외한 8초 동안의 실효치진폭 값의 평균값을

기준동작 시 실효치진폭 값으로 설정하였다. 또한 의자에 앉아 있는 상태에서 일어서기까지 동작의 시작 시점을 통일하기 위해 음성지시에 따라 자연스럽게 일어서기 동작을 수행하도록 하였고, 3번 측정 후 평균값을 산출하였으며, 이때 발생하는 동일한 근육의 실효치진폭 값을 특정동작 시 실효치진폭 값으로 설정하였다 (Fig 2). 특정동작 시 실효치진폭 값을 기준동작 시 실효치진폭 값으로 나눈 후 백분율로 하여 대상자들의 근진도를 정규화하여 %자발적 기준 수축값(%reference voluntary contraction: %RVC)을 측정하였으며, 모든 동작들은 3회 반복측정 후 평균값을 구하였고, 측정 간 2분의 휴식시간을 동일하게 적용하였다.

(3) 건강관련 삶의 질 측정

SGRQ는 만성폐쇄성폐질환 환자의 건강관련 삶의 질을 측정하기 위해 고안된 자가보고 도구이며 총 50문항의 3가지 영역으로 이루어져 있는데, 지난 한달 동안의 호흡기 증상의 빈도와 중증도를 반영하는 증상(symptom) 8문항, 호흡곤란을 유발하거나 호흡곤란에 의해 제한받는 활동 정도를 반영하는 활동력(activity) 16문항, 사회적 기능, 정서적 기능에 대한 질병의 영향, 전반적인 장애 정도를 측정하는 영향력(impact) 26문항으로 구성되어 있고, 영역별 점수와 총 점수를 각각 계산하여 0에서 100까지 점수로 표시되는데 점수가 낮을수록 호흡기 증상과 관련된 삶의 질은 좋으며 점수가 높을수록 삶의 질은 떨어진다. 측정은 1:1 직접 면담으로 시행하였으며 피검자가 직접 문항을 읽고 표기하기가 불가능할 경우 검사자가 피검자에게 각 문항을 읽어 주고 자신의 상태를 가장 잘 나타내는 항목을 고르도록 하여 검사자가 기록하였다.

3. 중재방법

1) 신경근전기자극

전기자극은 맥동주파수와 기간, 순환주기, 경사증감 시간의 변조가 가능한 2채널 Biostim NMS 2(Biostim, USA) 2대를 사용하였다. 의자에 편하게 앉은 자세에서 시행하였으며, 측정 부착부위는 넓다리곧은근, 안쪽넓

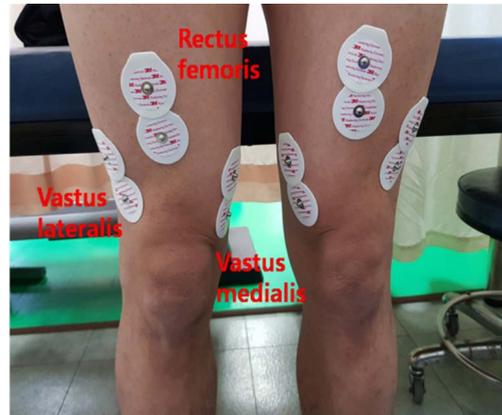


Fig. 1. Placement of electrodes

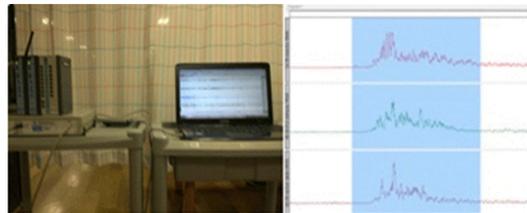


Fig. 2. Analysis of sEMG signal

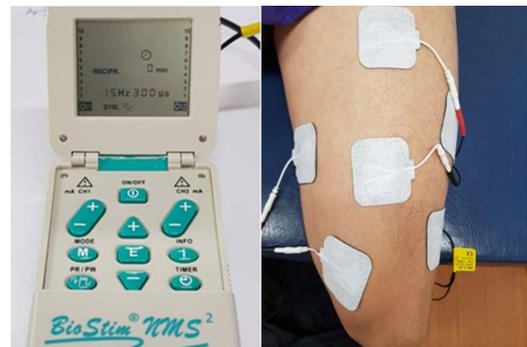


Fig. 3. Neuromuscular electrical stimulation

은근, 가쪽넓은근의 근복을 중심으로 원위부와 근위부에 각각 양극배치법(bipolar placement)을 이용하여 부착하였다(Fig. 3). 본 연구의 설계에 따라 자극주파수(stimulation frequency)를 15Hz, 75Hz 로 각각 분류하였고, 근육 수축력에 미치는 피로의 영향을 최소화하기 위해 신경근 전기자극은 대칭적 이상성 파형으로 하였고, 맥동빈도(pulse rate) 50pps, 맥동기간(pulse duration)

은 300us, 단속시간비(duty cycle)는 전기자극 10초, 단속 시간은 30초로 하였으며 1회 30분 간 적용하였다. 대상자가 참을 수 있고, 가시적인 근수축이 일어나는 최대 강도의 자극을 기록하여 중재기간 동일하게 자극하였다.

#### 4. 자료분석

본 연구의 자료처리 방법은 Window용 SPSS 17.0을 이용하여 연구대상자의 일반적 특성을 Shapiro-wilk로 정규성 검정 하였고, Levene의 등분산 검정(Levene's test)을 사용하여 동질성 검정을 하였다. 집단 내 변화 비교는 대응표본 t-검정(Paired t-test)을, 집단 간 변화 비교는 공분산분석(ANCOVA)을 하였으며, 유의수준  $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

### III. 연구결과

#### 1. 15 Hz 집단 내 변화 비교

최대 들숨압, 최대 날숨압, 넵다리곧은근, 안쪽넓은근, 가쪽넓은근의 활성화도, 건강관련 삶의 질에서 유의하게 높아지는 결과를 보였다( $p<.05$ )(Table 2).

#### 2. 75 Hz 집단 내 변화 비교

최대 들숨압, 최대 날숨압, 넵다리곧은근, 안쪽넓은근, 가쪽넓은근의 활성화도, 건강관련 삶의 질에서 유의하게 높아지는 결과를 보였다( $p<.05$ )( $p<.001$ )( $p<.05$ )(Table 3).

#### 3. 집단 간 변화 비교

넵다리곧은근, 안쪽넓은근, 가쪽넓은근의 활성화도에서 유의한 차이를 보였고( $p<.01$ )( $p<.05$ )( $p<.05$ ), 75Hz에서 높아지는 결과가 나타났다(Table 4).

### IV. 고찰

본 연구에서는 중증의 만성폐쇄성폐질환 환자의 넵다리네갈래근에 신경근전기자극을 적용함으로써 호흡근력과 넵다리네갈래근 활성화도, 건강관련 삶의 질에 미치는 영향을 알아봄으로써 신경근전기자극을 통한 훈련 효과가 주파수에 따라 어떠한 차이를 보이는지 알아보고자 다음과 같은 논의를 하고자 한다.

Eagan 등[18]은 만성폐쇄성폐질환 환자에게 신경근 전기자극 중재 후 증가된 b-endorphin level이 증가가 호흡기관의 리듬생성 구성요소에 기여하여, 호흡능력이 향상된다고 하였고, Gomes Neto 등[19]은 울혈성 심부전 환자에서 신경근전기자극 후 근력 및 운동내성의 실질적인 증가를 보였으며, Karavidas 등[20]의 연구에서는 이러한 신경근전기자극이 전신성 염증지표인 TNF-a를 감소시키고, b-endorphin level을 증가시켜 신진대사와 환기 요구가 낮은 만성폐쇄성폐질환 환자들에게 운동내성을 향상시킬 수 있다는 근거를 제시하였다. 이와 같은 선행연구들을 토대로 본 연구에서도 4주 동안의 신경근전기자극을 중재 한 후 호흡근력을 변화 비교한 결과, 주파수에 상관없이 두 집단 모두 최대

Table 2. Comparison of the Change in the 15 Hz Group

	15Hz group (n=10)		t	p'
	Pre-test (M±SD)	Post-test (M±SD)		
MIP	45.8±6.610	47.3±6.040	-2.293	.048*
MEP	60±11.560	62.8±9.760	-2.352	.043*
RF	1444.42±342.990	1501.68±305.550	-2.780	.012*
VM	1834.39±369.830	1894.34±365.120	-2.814	.011*
VL	2294.26±397.990	2372.82±331.160	-2.385	.028*
SGRQ	54.3±15.140	50.4±12.710	2.282	.048*

\*Paired t-test

\*p<.05

Table 3. Comparison of the Change in the 75 Hz Group

	75 Hz group (n=10)		t	p'
	Pre-test (M±SD)	Post-test (M±SD)		
MIP	46.9±7.960	48.7±8.390	-2.425	.038*
MEP	62.5±4.410	66.3±7.610	-2.928	.017*
RF	1382.46±242.970	1515.44±234.090	-18.140	.000**
VM	1929.25±276.320	2049.95±230.530	-6.056	.000**
VL	2379.24±332.270	2536.96±309.310	-5.755	.000**
SGRQ	56.1±13.780	48.1±7.780	3.033	.014*

'Paired t-test

\*p<.05, \*\*p<.001

Table 4. Comparison of the Change between the Groups

	15 Hz group (n=10)		75 Hz group (n=10)		F	p'
	Pre-test (M±SD)	Post-test (M±SD)	Pre-test (M±SD)	Post-test (M±SD)		
MIP	45.8±6.610	47.3±6.040	46.9±7.960	48.7±8.390	.121	.732
MEP	60±11.560	62.8±9.760	62.5±4.410	66.3±7.610	.493	.492
RF	1444.42±342.990	1501.68±305.550	1382.46±242.970	1515.44±234.090	12.785	.001**
VM	1834.39±369.830	1894.34±365.120	1929.25±276.320	2049.95±230.530	6.329	.016*
VL	2294.26±397.990	2372.82±331.160	2379.24±332.270	2536.96±309.310	6.400	.016*
SGRQ	54.3±15.140	50.4±12.710	56.1±13.780	48.1±7.780	2.427	.138

'Paired t-test

\*p<.05, \*\*p<.001

들숨압과 최대 날숨압에서 유의한 차이를 보여 선행연구를 지지하는 결과를 도출하였다. 그 이유로는 넙다리네갈래근의 신경근전기자극이 전신적으로 운동내성을 높이고, 들숨근과 날숨근에도 영향을 미쳐 호흡근력이 향상된 것으로 사료된다. 그러나 집단 간 비교에서는 유의한 차이가 나타나지 않았는데, 그 이유로는 호흡근이 아닌 넙다리네갈래근에 신경근전기자극을 중재하였기 때문에, 4주 동안의 짧은 중재기간으로 집단 간 차이를 기대하는 것은 다소 무리일 수 있다.

Chen 등[21]은 신경근전기자극이 중증 만성폐쇄성 폐질환 환자의 넙다리네갈래근의 근력과 운동기능 향상에 효과적이라고 하였고, Maddocks 등[9]의 연구에서는 1초간 노력성 날숨량이 50% 미만이고, 호흡곤란

을 가지는 중증 만성폐쇄성폐질환 환자 25명을 대상으로 넙다리네갈래근에 대한 6주 간의 신경근전기자극을 중재한 결과, 근육량과 기능을 강화시켰으므로 기능적 운동능력을 향상시켰다. 본 연구에서도 신경근전기자극 중재 후 넙다리네갈래근 활성도를 변화 비교한 결과, 두 집단 모두 넙다리네갈래근 활성도의 유의한 차이를 보여 선행연구들을 지지하였다. 집단 간 비교에서 세 근육 모두 유의한 차이를 보여 고빈도 신경근전기자극을 적용한 집단이 저빈도 신경근전기자극을 적용한 집단에 비해 넙다리네갈래근 활성도의 유의한 증가값을 보여, 신경근전기자극의 주파수가 산화 효소의 작용, 골격근 섬유의 종류와 크기를 변화시키는 변수가 될 수 있음을 알 수 있었다. 고빈도의 신경근전기자극

은 저빈도 전기자극과는 대조적으로 말초 경로 이외에도 전기적으로 유발된 감각 전도(sensory volley)를 통한 중추 동원에 의해 근육 수축을 발생시킬 수 있고[22], 근력의 향상이 자극빈도와 운동단위의 동원 수에 비례하기 때문에 주파수가 높을수록 운동단위가 많아지고 근력이 향상된다[23]. 더 높은 빈도에서는 더 높은 토크(torque)가 발생해 이것이 근력의 더욱 큰 폭의 상승으로 이어졌을 수도 있다는 의미이다[24]. Maffiuletti 등[25]은 위축된 속근섬유(fast-twitch muscle fiber)들 중 최소 일부는 고빈도의 신경근전기자극에 의해 훈련될 수 있는 반면 그렇지 않으면 고강도의 자발적 노력에 의해서만 활성화될 수 있다고 하였으며, Sillen 등[15]은 넵다리네갈래근의 근력저하를 가진 중증의 만성폐쇄성폐질환 환자 120명을 대상으로 8주 동안의 호흡재활 프로그램을 통해 저빈도 신경근전기자극, 고빈도 신경근전기자극, 근력운동의 효능을 비교한 결과, 저빈도 신경근전기자극 집단에 비해 고빈도 신경근전기자극 집단과 근력운동 집단에서 넵다리네갈래근의 유의한 근력 향상을 보여 본 연구결과를 지지하였다.

Bustamante 등[26]은 GOLD III~IV의 만성폐쇄성폐질환 환자 18명을 대상으로 넵다리네갈래근에 신경근전기자극을 8주 동안 주 3일, 15분씩 실시한 결과, 건강관련 삶의 질에서 유의한 향상을 보였고, Sillen 등[16]은 75명의 만성폐쇄성폐질환 환자들을 대상으로 8주 동안의 저빈도 신경근전기자극, 고빈도 신경근전기자극의 효능을 비교한 결과, 두 집단 모두 건강관련 삶의 질이 유의하게 향상되었으며, Vieira 등[27]의 연구에서도 11명의 만성폐쇄성폐질환 환자를 대상으로 양측 넵다리네갈래근에 8주 동안 신경근전기자극을 중재한 결과, 건강관련 삶의 질이 유의하게 향상되었다. Kang 등[28]은 만성폐쇄성폐질환 환자 20명을 대상으로 신경근전기자극을 병행한 복합호흡운동을 중재한 결과, 1초간 노력성 날숨량의 증가와 함께 건강관련 삶의 질에도 유의한 향상을 보여 신경근전기자극이 효과적임을 알 수 있었다. 본 연구에서도 신경근전기자극을 중재한 후 건강관련 삶의 질을 변화 비교한 결과, 두 집단 모두 유의한 차이가 있어 선행연구들을 지지하는 결과를 도출할 수 있었다. 그 이유는 신경근전기자극으로

인한 넵다리네갈래근의 기능향상이 일차적으로는 다리기능 증진을 통한 혈류개선과 이차적으로는 전신적인 심폐기능에도 긍정적인 영향을 미쳐 삶의 질까지 향상된 것으로 보이며, 이는 고빈도의 신경근전기자극이 폐기능 향상에 효과적이라고 보고한 Dev 등[29]의 연구와도 비슷한 결과이다. 집단 간 비교에서는 유의한 차이가 나타나지 않았는데, 그 이유로는 삶의 질의 증상점수는 최근 1년 동안 호흡기계 이상으로 기도폐쇄에 의한 발작 등, 심하게 고생했던 경험이나 불편했던 경험, 호흡기계 문제에 대한 걱정 등을 평가하는 것이므로 4주 동안의 중재만으로 통계적인 집단 간 차이를 기대하는 것은 무리일 수도 있다. 따라서 향후 건강관련 삶의 질을 목표로 하는 장기간의 연구가 필요로 할 것이다.

결론적으로 4주간의 신경근전기자극 프로그램은 넵다리네갈래근의 기능을 강화시킴으로써 중증 만성폐쇄성폐질환 환자의 운동내성을 향상시키고, 호흡근력, 건강관련 삶의 질까지 향상시켰다. 특히 고빈도의 신경근전기자극은 저빈도 신경근전기자극에 비해 더 효율적인 변화가 나타나 동화에 좀 더 유리한 방향으로 개선되어 더욱 효과적임을 알 수 있었다. 이러한 결과는 부가적인 호흡운동 프로그램을 제공할 수 있고, 현재 폐재활 프로그램에 참여할 수 없거나 꺼리는 중증 만성폐쇄성폐질환 환자들의 신체 기능의 측면을 개선하기 위한 대체 수단이 될 수도 있을 것이라고 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 연구대상자들이 1개의 의료기관 내에서 치료를 받고 있는 60-80세 만성폐쇄성폐질환 환자들로 제한하였으므로 모든 만성폐쇄성폐질환 환자에 대한 일반화에 있어서는 한계가 있다는 점과, 현재 투여하고 있는 약물에 대해서도 통제하는데 어려움이 있어 변수가 발생할 수 있다는 점, 그리고 일상생활을 통제하지 못하였기에 연구 결과에 영향을 미칠 수 있다는 점이다.

## V. 결론

본 연구는 중증 만성폐쇄성폐질환 환자 20명을 대상으로 주파수에 따른 신경근전기자극이 호흡근력, 넵다

리네갈래근 활성화 및 건강관련 삶의 질에 미치는 영향에 대해 알아보았다. 그 결과 신경근전기자극은 넵다리네갈래근의 기능을 강화시키고 운동내성을 향상시킴으로써 호흡근력, 건강관련 삶의 질에도 긍정적인 영향을 미쳤고, 특히 고빈도 신경근전기자극이 저빈도 신경근전기자극에 비해 더욱 효과적임을 알 수 있었다. 이러한 결과는 향후 임상에서 호흡운동을 하기 힘든 중증의 만성폐쇄성폐질환 환자들의 신체기능의 측면을 개선하기 위한 대체수단이 될 수 있을 것이라고 사료된다.

### Acknowledgements

본 논문은 2019년 세한대학교의 학술연구비에 의하여 지원되었다.

### References

- [1] Lozano R, Naqhavi M, Foreman K, et al. Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*. 2012;380(9859):2095-128.
- [2] Ciancio N, Sanguinetti CM, Falcone F, et al. Most Italians attending a congress on health of elderly people do not know and do not recognize respiratory diseases. *Multidiscip Respir Med*. 2016;11(1):26.
- [3] Papandrinopoulou D, Tzouda V, Tsoukalas G. Lung compliance and chronic obstructive pulmonary disease. *Pulm Med*. 2012.
- [4] O'Donnell DE, Laveneziana P. Dyspnea and activity limitation in COPD: mechanical factors. *COPD*. 2007; 4(3):225-36.
- [5] Shrikrishna D, Patel M, Tanner RJ, et al. Quadriceps wasting and physical inactivity in patients with COPD. *Eur Respir J*. 2012;40(5):1115-22.
- [6] Swallow EB, Reyes D, Hopkinson NS, et al. Quadriceps strength predicts mortality in patients with moderate to severe chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax*. 2007;62(2):115-20.
- [7] Taivassalo T, Hussain SN. Contribution of the mitochondria to locomotor muscle dysfunction in patients with COPD. *Chest*. 2016;149(5):1302-12.
- [8] Jackson AS, Shrikrishna D, Kelly JL, et al. Vitamin D and skeletal muscle strength and endurance in COPD. *Eur Respir J*. 2013;41(2):309-16.
- [9] Maddocks M, Nolan CM, Man WD, et al. Neuromuscular electrical stimulation to improve exercise capacity in patients with severe COPD: a randomised double-blind, placebo-controlled trial. *Lancet Respir Med*. 2016;4(1): 27-36.
- [10] Giavedoni S, Deans A, McCaughey P, et al. Neuromuscular electrical stimulation prevents muscle function deterioration in exacerbated COPD: a pilot study. *Respir Med*. 2012; 106(10):1429-34.
- [11] Park D, Ryu JS. Neuromuscular Electrical Stimulation for Swallowing. *Journal of the Kor Dysphagia Soc*. 2016;6(1):1-6.
- [12] Maddocks M, Gao W, Higginson IJ, et al. Neuromuscular electrical stimulation for muscle weakness in adults with advanced disease. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013;(1).
- [13] Gong H, Jiang Q, Shen D, et al. Neuromuscular electrical stimulation improves exercise capacity in adult patients with chronic lung disease: a meta-analysis of English studies. *Journal of thoracic disease*. 2018;10(12):6722.
- [14] Sillen MJ, Wouters EF, Franssen FM, et al. Oxygen uptake, ventilation, and symptoms during low-frequency versus high-frequency NMES in COPD: a pilot study. *Lung*. 2011;189(1):21-26.
- [15] Sillen MJ, Franssen FM, Delbressine JM, et al. Efficacy of lower-limb muscle training modalities in severely dyspnoeic individuals with COPD and quadriceps muscle weakness: results from the DICES trial. *Thorax*. 2014;69(6):525-31.
- [16] Sillen MJ, Franssen FM, Vaes AW, et al. Metabolic load during strength training or NMES in individuals with COPD: results from the DICES trial. *BMC Pulm*

- Med. 2014;14:146.
- [17] de Oliveira Melo M, Pompeo KD, Baroni BM, et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation and low-level laser therapy on neuromuscular parameters and health status in elderly women with knee osteoarthritis: a randomized trial. *J Rehabil Med.* 2016;48(3):293-9.
- [18] Eagan TM, Gabazza EC, D'Alessandro-Gabazza C, et al. TNF- $\alpha$  is associated with loss of lean body mass only in already cachectic COPD patients. *Respir Res.* 2012;13(1):48.
- [19] Gomes Neto M, Oliveira FA, Reis HF, et al. Effects of neuromuscular electrical stimulation on physiologic and functional measurements in patients with heart failure. *Journal Cardiopulm Rehabil Prev.* 2016;36(3):157-66.
- [20] Karavidas AI, Raisakis KG, Parissis JT, et al. Functional electrical stimulation improves endothelial function and reduces peripheral immune responses in patients with chronic heart failure. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2006;13(4):592-97.
- [21] Chen RC, Li XY, Guan LL, et al. Effectiveness of neuromuscular electrical stimulation for the rehabilitation of moderate-to-severe COPD: a meta-analysis. *Int J Chron Obstruc Pulmon Dis.* 2016;11:2965-75.
- [22] Collins DF. Central contributions to contractions evoked by tetanic neuromuscular electrical stimulation. *Exerc Sport Sci Rev.* 2007;35(3):102-9.
- [23] Sbruzzi G, Schaan BD, Pimentel GL, et al. Effects of low frequency functional electrical stimulation with 15 and 50 Hz on muscle strength in heart failure patients. *Disabil Rehabil.* 2011;33(6):486-93.
- [24] Gregory CM, Dixon W, Bickel CS. Impact of varying pulse frequency and duration on muscle torque production and fatigue. *Muscle Nerve.* 2007;35(4):504-9.
- [25] Maffiuletti NA. Physiological and methodological considerations for the use of neuromuscular electrical stimulation. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110(2):223-34.
- [26] Bustamante V, López de Santa María E, Gorostiza A, et al. Muscle training with repetitive magnetic stimulation of the quadriceps in severe COPD patients. *Respir Med.* 2010;104(2):237-45.
- [27] Vieira PJ, Chiappa AM, Cipriano G Jr, et al. Neuromuscular electrical stimulation improves clinical and physiological function in COPD patients. *Respir Med.* 2014;108(4):609-20.
- [28] Kang JI, Park JS, Jeong DG. The Effect of Neuromuscular Electrical Stimulation on Pulmonary Function, Gait Ability, and Quality of Life in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *The Journal of Korean Physical Therapy.* 2018;30(4):129-34.
- [29] Dev K, Singh S, Bernard S, et al. Effect of high frequency (HF) neuro muscular electrical stimulation of lower limb muscles on pulmonary functions among COPD subjects. 2018.