

척추 안정화 운동과 등뼈 가동성 운동이 만성 허리 통증 환자의 호흡 기능에 미치는 영향

박선자¹ · 김영미^{2*} · 한지원³

¹울산과학대학교 물리치료과 교수, ^{2*}안동과학대학교 물리치료과 교수, ³JM 연구소 소장

The Effect of the Core Stabilization Exercise and Thoracic Manipulation on the Respiratory Function of Chronic Low Back Pain Patients

Park Sunja, PT, Ph.D¹ · Kim Youngmi, PT, Ph.D^{2*} · Han Jiwon, PT, Ph.D³

¹*Dept. of Physical Therapy, Ulsan College, Professor*

^{2*}*Dept. of Physical Therapy, Andong Science College, Professor*

³*JM Laboratory, Director*

Abstract

Purpose : The aim of this study was to investigate the change of the respiratory function of chronic low back pain patients after the thoracic manipulation and the trunk stability exercise on chronic low back pain patients.

Methods : For this study, the group of the experiment was consisted of 44 patients suffering from the low back pain chronically. The participants were divided into two groups: the control group, which was assigned for core stabilization exercise (CSE), and the experimental group, which was randomly assigned for core stabilization exercise after thoracic manipulation (CSE+TM). Both groups carried out each assigned treatment on three times a week for 8 weeks. To study the change related to measurement variable from each test groups before and after intervention, paired t-test was performed. Further, the statistics for an intergroup comparison was analyzed by covariance analysis, ANCOVA.

The measurement was conducted by the respiratory function, the respiratory function was measured by forced vital capacity (FVC) and forced expiratory volume in one second (FEV₁).

Results : As a result, forced vital capacity (FVC) and forced expiratory volume in one second (FEV₁) showed significant differences not only by each groups but also between those groups before and after the test.

Conclusion : In conclusion, both experiments, the core stabilization exercise and the core stabilization exercise conducted after thoracic manipulation, on chronic low back pain patients resulted in the significant level of difference in the respiratory function. This result indicates that the thoracic manipulation is an efficient treatment for improving the respiratory function for chronic low back pain patients.

Key Words : core stabilization exercise, low back pain, respiratory function, thoracic manipulation

*교신저자 : 김영미, h1015m@naver.com

논문접수일 : 2020년 5월 19일 | 수정일 : 2020년 7월 14일 | 게재승인일 : 2020년 7월 31일

I. 서론

만성 허리통증 환자는 3개월 이상 오래 지속되는 허리통증으로 정의된다. 오랜 시간 동안 앉은 자세로 있거나 불량한 자세(bad posture)를 가진 허리통증 환자들은 척추뒤틀림증(kyphosis)이나 등뼈 운동성 감소를 보이고, 이에 대한 보상작용으로 허리뼈에 비정상적인 움직임 증가와 과사용을 하게 되어 척추돌기기간관절에 불안정성이 발생되고 결과적으로 허리통증이 유발된다(McConell, 2013; Moodie 등, 2011; Sutbeyaz 등, 2010). 만성 허리통증 환자의 기능적 움직임 제한은 척추 주위 조직의 역학적 변화를 가져와 통증 유발을 억제하기 위한 자세조정이 이루어지며 이러한 변화들은 척추 주위 관절의 움직임을 제한하게 되어 자세와 운동패턴의 변화를 유발하게 된다(Cao & Pickar, 2011; Goo & Kim, 2014).

Kim 등(2017)은 기능부전이 있는 척추에 대한 개선방법으로 가동범위를 증가시키고, 통증 감소를 위해 척추도수치료를 적합한 치료방법 중의 하나라고 제안하였다. 임상에서 만성 허리통증 환자의 치료적 접근은 등뼈 운동성 감소를 회복하여 상대적으로 허리뼈의 정상적인 움직임 회복을 일으킨다고 하였고, 목뼈와 허리뼈에 직접적으로 적용한 도수치료보다 등뼈 가동성 운동이 부작용이 적다고 보고하였다. 또한, 등뼈 가동성 운동이 가슴우리의 펌프 기능 장애로 인한 비효율적 환기 문제를 해결해 준다고 하였고, 가슴우리의 가동성과 환기 증진을 위한 등뼈 가동성 운동이 전통적 호흡 물리치료 중에서 매우 중요한 기법이라고 하였다(Neumann, 2016; Pryor & Prasad, 2013).

척추 안정화 근육과 호흡에 동원되는 근육은 동일하다. 호흡은 몸통 근육을 활성화시켜 몸통을 안정화 시키는 기능적 방법으로 사용되므로 척추 안정화 운동을 실시하여 깊은 영역에서 척추 분절을 조절하는 근육들의 활동 증가와 함께 얇은 영역에서 작용하는 큰 근육들과 조화로운 근육 동원을 위한 운동 조절이 이루어진다고 하였다(Ferreira 등, 2010; Neumann, 2016). 동시수축 능력, 근력의 증가는 복부 내압 증가, 몸통의 안정성을 만들어 일상생활의 역학적 스트레스를 줄이고 일상생활 수행 능력 증진으로 순행성 통증 행동 침해를 예방한다

고 하였으며 허리통증과 호흡 장애는 밀접한 관계가 있다고 하였다(Ki, 2013; Lee 등, 2013). Son(2015)은 허리통증 환자들의 척추 안정화가 약화되는 것을 관찰하고 허리통증 환자들의 호흡과 관련된 몸의 균형을 측정하였다.

호흡은 자세의 안정성과 척추의 안정화에 중요한 역할을 하여 좋은 자세를 유지하는데 도움이 된다고 하였다(Obayashi 등, 2012; Tarnanen 등, 2012). 따라서 Ishida 등(2012)은 정상적인 호흡을 위해서는 안정적인 자세와 척추를 갖추어야 한다고 보고 하였다. 이러한 호흡에 능력에 대한 기능 검사 중 폐활량 측정법은 가장 쉽고 경제적인 기기를 사용하여 시행할 수 있는 검사법으로, 실제 폐 기능 검사 중 가장 많이 이용된다(Anton & Ratarasarn, 2016). 폐 기능 검사는 들숨 또는 날숨 때 대기로부터 허파파리까지 공기가 들어오고 나가는 환기 기능을 공기의 유량(flow)과 용적(volume)으로 정확히 측정하고자 하는 검사 방법이다(Gojanovic 등, 2012).

Lima 등(2011)의 연구에서 정상인을 대상으로 목과 몸통근육의 가동기법을 적용한 후 폐 기능을 분석한 결과 1초간 노력성호기량과 최대 호기속도의 유의한 증가를 보였다고 하였고, Barnes(1997)의 연구에서는 등뼈 가동성 호흡운동이 가슴우리의 높은 긴장도로 인해 제한되었던 근막의 혈류량을 증가시키고 손상 받은 호흡기계의 고유수용성 감각기전을 회복시켜 등뼈 가동성을 증진시켰다고 하였다. 이처럼 호흡은 척추의 안정화와 자세에 중요한 역할을 하며 만성 허리통증과 밀접한 연관이 있으나 이에 대한 연구가 부족한 실정이다. 따라서 등뼈 가동성 운동과 척추 안정화 운동을 적용하여 만성 허리통증 환자의 호흡기능에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 2017년 7월부터 9월까지 울산 G병원에서 만성 허리통증으로 진단받은 외래 환자로 본 연구의 취

지를 이해하고 연구 참여에 동의한 44명을 대상으로 실시하였다. 연구 대상자의 선정을 위해 등뼈 가동술 시행 시 등뼈의 움직임에 대한 평가 기준으로 Gonnella 등 (1982)이 처음 개발한 PIVM(passive intervertebral motion)를 이용하였다. 0은 운동성이 거의 없는 척추 분절 융합된 상태, 6은 관절 불안정한 상태로 0~2는 과소 움직임, 4~6은 과대움직임을 근거로 하였다. 연구 대상자의 선정 기준은 3개월 이상의 만성 허리통증 환자, 등뼈 수동 척추 사이 운동성 검사(thoracic passive intervertebral motion; PIVM)에서 수동 생리학적 척추 사이 운동성(passive physiological intervertebral motion; PPIVM) 검사 시 척추분절의 움직임이 PIVM 등급체계에서 1, 2 등급에 만족하는 자, 수동 부수적 척추 사이 운동성(passive accessory intervertebral motion; PAIVM) 검사 시 PIVM 등급체계에서 1, 2 등급의 움직임과 압력에 대한 통증 반응성 수준이 중증도 또는 낮음을 나타내는 자, PPIVM 검사 후 가시끝인대와 가시사이인대에 압통과 뻣뻣함을 나타난 자, 연구자의 지시하는 내용을 이해하고 자발적

으로 참여 할 수 있는 환자로 하였고, 호흡기계에 병리적인 문제 진단을 받은 자, 염증성 척추 환자와 척추 기형 환자는 배제하였다. 실험 전 모든 대상자들에게 실험의 목적 및 내용을 충분히 설명한 후에 실험을 실시하였고, 대구대학교 기관생명윤리위원회의 승인(승인번호 1040621-201707-HR-026-02)을 거쳐 진행하였다.

2. 실험방법

1) 연구절차

본 연구에 선정된 44명에 대한 사전검사는 척추 안정화 운동과 등뼈 가동술 시작 전에 실시하였으며, 실험군(22명)은 등뼈 가동성 운동 20분을 실시한 후 척추 안정화 운동을 1시간 동안 실시하였고, 대조군(22명)은 척추 안정화 운동을 1시간 동안 실시하였다.

호흡기능과 척추몸통의 유연성은 중재 전과 8주 중재 후에 각각 측정하였다. 두 그룹 모두 주 3회 8주간 운동을 실시하였다.

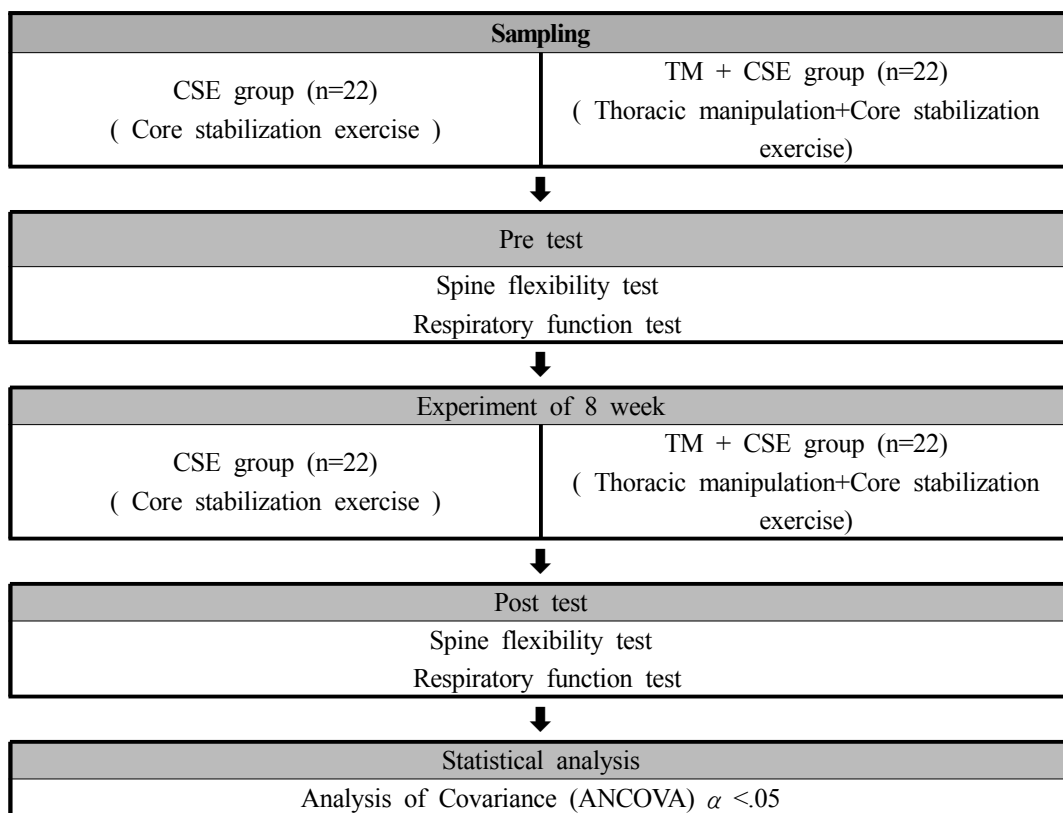


Fig 1. Study process

2) 측정방법

(1) 호흡기능 측정

호흡기능 측정은 폐활량 측정기(Pony FX, COSMED Inc., Italy)를 사용하였다. 정확한 폐활량을 측정하기 위해 검사 대상자가 이해할 수 있도록 충분한 설명을 하고 시범을 보여준 다음 엉덩관절을 90 ° 굽혀 의자에 앉은 자세에서 폐활량계를 사용하여 측정하였다. 폐활량 측정은 3회 실시하여 검사치 중에서 가장 큰 수치와 그 다음 큰 수치 사이의 차이가 5 % 이내 또는 200 ml 이내가 되도록 하여 가장 큰 수치를 택하여 서술하며 노력성 호기량과 1초간 노력성 호기량을 측정하여 비교 하였다(Seo, 2012). 측정도구의 신뢰도 검사에서 검사자 간 신뢰도는 r=.88, 검사자 내 신뢰도는 r=.90으로 나타났다(Fig 1).



Fig 2. Diagnostic spirometer

(2) 척추 측각도 기기(Spinal mouse)

시상면과 이마면 척추 분절의 운동 각도와 유연성을 측정하기 위해 척추운동 분석기인 spinal mouse(Idiag, Swiss)를 사용하였다. 측정은 환자가 편하게 선 자세에서 목뼈 7번에서 시작하여 엉치뼈 3번까지 가시돌기 측면을 긁어내리는 방법으로 1차 실시하고 몸통을 완전히 굽힘 시킨 상태에서 똑같은 방법으로 2차 측정을 하여 두 측정 데이터의 운동 전·후의 비교를 통해 척추의 유연성을 조사하였다. 척추 측각도 기기(Spinal mouse, Swiss)는 높은 신뢰도 계수 R = .96와 함께 기능적 방사선 촬영법과 비교연구에서도 강한 양의 상관관계를 보였다(Livanelioglu 등, 2016).

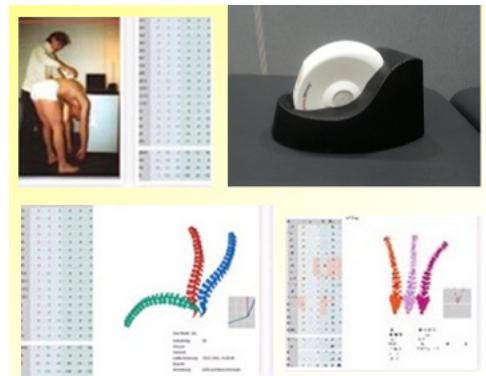


Fig 3. Spinal mouse

3) 증재방법

(1) 척추 안정화 운동


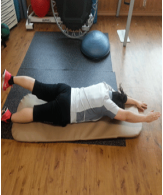









운동 프로그램은 외부저항이 없는 깊은 근육 수축을 시작으로 하여 외부저항을 통한 등척성 운동에서 동적 운동으로 변화하며 몸통에서 팔·다리로, 비체중부하에서 체중부하 자세로 지지면을 변화하는 순서로 적용하였다. 운동 프로그램은 준비운동(warm-up), 본 운동(main-training), 정리운동(cool-down)의 3단계로 실시하였다.

준비운동은 15분 정도의 가벼운 자전거 타기나 트레드밀(treadmill) 걷기를 실시 후 깊은 근육 수축 운동을 실시하였다. 깊은 근육 수축 운동으로 환자는 바로 누운 상태에서 무릎을 90 ° 굽히고 허리 만곡부에 생체자기 제어측정기(Stabilizer pressure bio-feedback, Chattanooga, USA)를 두고 압력을 약 40 mmHg의 압력까지 팽창시킨다. 압력은 똑같거나 약간 감소된 상태로 머물러야 하며 배가로근과 허리뒀갈래근을 수축 시 일정한 압력을 유지하여야 한다. 10초 수축 10초 이완을 10회 반복하여 실시하였다.

본 운동은 각 단계별로 최대 근력의 70 % 강도로 산정하여 12회 반복횟수와 총 3회로 45분간 실시하였다. 정적 안정성, 동적 안정성 근력운동으로 엎드린 자세, 옆으로 누운 자세, 앉은 자세, 선 자세에서 상하지 움직임을 이용하여 실시하였다(Queiroz 등, 2010).

정리 운동은 넙다리곧은근, 넙다리두갈래근, 장딴지근에 대하여 각 30초씩 3회 스트레칭을 실시하였다 (Table 1).

Table 1. Spine stabilization exercise program

| | | | |
|------------------|--|--|--|
| <p>Warm up</p> |  | <p>1) treadmill 15 minutes 2) lumbar stabilizer : 10 second contraction, 10 second relaxation, 10 times repetition</p> | |
| <p>Main</p> |  <p>① Prone arm-leg cross</p> |  <p>② Side G-medius</p> |  <p>③ Elypso</p> |
| |  <p>① One leg sit-up</p> |  <p>② Pulley shoulder extension</p> |  <p>③ Butterfly</p> |
| |  <p>① Pull down</p> |  <p>② Leg press</p> |  <p>③ Crunch</p> |
| <p>Cool down</p> |  <p>Stretch for rectus femoris, biceps femoris, and soleus muscles three times each for 30 seconds</p> | | |

(2) 등뼈 가동성 운동(thoracic manipulation)

Kaltenborn-Evjenth식 평행 직선 가동성 운동(translatoris spine manipulation)을 실시하였다. 먼저 스파이날 마우스(spinal mouse)로 움직임에 제한이 있는 관절을 검사하고 도수 관절검사(joint play test)를 통해 관절 움직임이 작은 관절(hypo mobility)을 확인하였다. 환자

는 도수치료용 침대에 양팔을 교차하여 반대편 어깨를 잡도록 한 후 엉덩관절과 무릎관절을 굽히고 바로 누운 자세를 취하도록 하였다. 치료사는 치료하고자 하는 등뼈 분절을 열린 위치(resting position)에 놓고 환자의 오른쪽에서 환자를 바라보고 선 다음, 오른손으로 치료하고자 하는 등뼈 분절 아래에 고정을 하고 왼손으로 환자

의 팔을 고정하였다. 치료사는 오른손으로 가쪽 굽힘을 하고 엄지손가락과 둘째손가락은 펴고 나머지 손가락은 굽혀서 환자 등뼈 가시돌기가 손의 중앙에 오도록 고정한다. 그런 다음 관절의 움직임을 확인하고 치료사는 환자의 치료하고자 하는 관절에 첫 번째 멈춤 지점(first stop)을 느낀 후 움직임 폭은 짧고 빠른 속도로 평행 직선 가동성 운동을 실시하였다. 디스크 면에 대한 평행 직선 가동성 운동은 힘의 방향이 환자의 머리쪽 방향으로 실시하고 척추 관절면에 대한 평행 직선 가동성은 좀 더 뒤쪽 방향으로 실시하였다(Fig 4).



Fig 4. Thoracic manipulation

3. 자료분석

본 연구의 통계처리는 연구의 목적을 위해 수집된 자료를 IBM SPSS Statistics 20.0 KO (IBM, IL, USA) 통계 프로그램을 이용하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계로 분석하였으며, 그룹 내 중재 전·후 차이 검증을 위하여 대응표본 t 검정을 실시하였고, 그룹 간 비교는 공분산 분석(ANCOVA)을 실시하였다. 유의수준 α 는 0.05로 설정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 대상자의 일반적 특성

실험군과 대조군의 일반적 특성은 Table 2와 같다. 각 그룹별 연령, 신장, 체중 등에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었고, 두 집단 간 일반적 특성에 대한 사전 동질성이 확인되었다($p>0.05$).

Table 2. General characteristics of subjects

| Category | TM+CSE (n=22) | CSE (n=22) | p |
|--------------|---------------|-------------|------|
| Gender (M/F) | 12/10 | 12/10 | |
| Age (yr) | 41.09±8.94 | 39.68±9.38 | 0.88 |
| Height (cm) | 167.23±8.49 | 167.64±9.30 | 0.72 |
| Weight (kg) | 63.45±13.18 | 64.86±13.07 | 0.60 |

TM+CSE; thoracic manipulation+core stabilization exercise, CSE; core stabilization exercise, M/F; male/female

2. 최대 노력성 날숨량(forced vital capacity; FVC) 비교

그룹별 전·후 FVC 변화는 두 그룹 모두 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). 최대 노력성 날숨량의 두 집단 간 비교에서 실험 전 값을 공변량으로 처리하여 공분산 분석한 결과 FVC는 두 그룹 간 유의한 차이를 보였다($p<0.05$)(Table 3).

3. 1초간 최대 노력성 날숨량(forced expiratory volume at one second; FEV₁) 비교

그룹별 전·후 FEV₁ 변화는 두 그룹 모두 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). 1초간 노력성 날숨량의 두 집단 간 비교에서 실험 전 값을 공변량하여 공분산 분석한 결과 FEV₁는 두 그룹 간 유의한 차이를 보였다($p<0.05$)(Table 3).

Table 3. Comparison of the variables within the group and between the groups

| Group | TM+CSE (n=22) | | CSE (n=22) | | F | p |
|------------------|-------------------|-----------|-------------------|-----------|-------|-------------------|
| | pre-test | post-test | pre-test | post-test | | |
| FVC | 3.17±0.87 | 4.41±1.02 | 3.01±1.03 | 3.4±1.01 | 17.88 | 0.00 [†] |
| <i>p</i> | 0.00 [*] | | 0.02 [*] | | | |
| FEV ₁ | 1.46±0.87 | 2.9±0.99 | 1.54±0.67 | 2.18±0.85 | 9.157 | 0.00 [†] |
| <i>p</i> | 0.00 [*] | | 0.02 [*] | | | |

TM+CSE; thoracic manipulation+core stabilization exercise, CSE; core stabilization exercise, FVC; forced vital capacity, FEV₁; forced expiratory volume in one second, *; Significantly different between pre and post, †; significant difference compared with the control group

IV. 고찰

허리통증 환자는 임상 초기에 불안정성이 있는 관절로 인해 통증이 발생하여 적절한 자세를 유지하지 못하고 수동적으로 기대거나 반복적으로 자세를 바꾸게 되고, 시간이 지나면서 전반적인 신체기능 장애에 따른 움직임의 감소와 심폐를 포함한 근지구력의 감소를 가져오게 된다고 하였다(Colby & Kisner, 2012).

허리통증 환자들을 대상으로 한 안정화 운동이 허리통증 환자의 몸통 안정화 근력과 함께 호흡 기능에 향상이 있고 근육 활동성 증진과 허리 통증 감소에 유의한 효과가 있었다고 한다(Goo & Kim, 2014; Ki, 2013). 즉 어떠한 몸통 근육도 하나의 독립된 근 활동으로 변화되는 과제를 수행할 수 없으며, 결국 호흡과 몸통조절은 긴밀한 연관 속에서 작용되어 진다(Han, 2017). 만성 허리통증 환자에게 척추 안정화 운동과 등뼈 가동성 운동은 임상적으로 널리 쓰이는 치료방법이다. 따라서 본 연구에서는 척추 안정화 운동과 등뼈 가동성 운동을 병행한 척추 안정화 운동이 만성요통 환자의 호흡기능에 미치는 영향을 알아보고 보다 효과적인 치료접근법에 대해 논의 하고자 하였다.

본 연구에서 호흡기능으로 측정한 FVC와 FEV₁는 각 그룹의 전·후 비교에서 실험군과 대조군 모두 유의한 차이를 보였고, 그룹 간 비교에서도 유의한 차이가 나타났는데 대조군 보다 실험군에서 FVC와 FEV₁의 유의한 증가를 보였다. 이러한 결과는 척추 안정화 운동만 실시한

것 보다 등뼈 가동성 운동과 병행한 척추 안정화 운동이 등뼈 움직임 및 주변 이웃관절의 움직임을 개선하고 몸통 주요 호흡근육과 호흡 보조근육을 개선하여 호흡 향상에 도움을 줄 수 있었고 척추 안정성을 증가시키는데 보다 효과적이라고 사료된다(Roth 등, 2010; Tarnanen 등, 2012).

Kim 등(2013)은 건강한 성인에게 등뼈 가동성 운동을 실시한 결과 FVC와 FEV₁의 증가를 보였다고 하였고, Oh(2014)은 4주간 안정화 운동을 시행 후 FVC에 유의한 증가를 나타내었는데, 일반적인 척추 안정화 운동으로도 노력성 폐활량에 유의한 변화가 가능하다고 하였다. 또한 깊은 근육 훈련방법을 적용한 연구에서 호흡패턴의 변화를 보였다고 하였고, 깊은 근육 강화운동으로 FEV₁와 최대호기속도(PEF)을 증가시켜 허파 기능 향상에 관여하였다고 하였다(Jung 등, 2014; Spruit 등, 2013). Nam 등(2015)은 허리 안정화 운동과 몸통 스트레칭을 적용한 실험에서 FVC가 유의하게 증가하였다고 하였다. 또한 정상인과 만성허리통증 환자를 대상으로 허리통증 환자군을 걷기 운동군(WP)과 걷기+허리안정화운동군(CP)으로 나누어 10주간 프로그램을 적용한 연구에서 허리통증 환자가 정상인에 비해 허파기능 변인 중 FEV₁, MVV 및 FVC는 낮게 나타났고 CP집단이 WP집단에 비해 배가근의 근지구력이 높게 나타나 허리 안정화운동이 근수축능력 및 허파기능에 적지 않은 영향을 미친다고 할 수 있다고 하였다(Lee 등, 2008).

이에, 본 연구는 선행 연구에서 척추 안정화 운동의 효과에 대해 입증한 연구는 많았으나 등뼈 가동성 운동

의 효과에 대한 연구가 부족하다고 사료되어 실시하였고, 등뼈 가동성 운동을 병행한 척추 안정화 운동 그룹이 척추 안정화 운동만 적용한 그룹보다 유의한 차이를 보인 것으로 보아 향후 임상적으로 등뼈 가동성 운동을 병행한 척추 안정화 운동이 만성 허리통증 환자의 운동 방법에 활용도를 높일 수 있을 것으로 사료된다. 그렇지만, 본 연구의 결과를 뒷받침할 만한 선행연구의 부족과 몇 가지 제한점으로 인해 만성 허리통증 환자에게 등뼈 가동성 운동을 병행한 척추 안정화 운동을 실시한 경우와 척추 안정화 운동만을 실시하였을 경우 두 그룹 모두 호흡의 기능 향상을 가지고 온다고 사료된다.

본 연구의 제한점으로 첫째, 대상자의 수가 적어 모든 만성 허리통증 환자에 대한 일반화에는 한계가 있다. 둘째, 생활습관(좌식생활 여부, 직업, 취미생활) 등에 따른 차이가 있을 수 있다. 따라서 추후 연구에서는 연구의 일반화를 위해 보다 많은 대상자의 선정과 연구 후 지속적인 추가 정보를 토대로 후속 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

결론적으로 만성 허리통증 환자에게 등뼈 가동성 운동을 병행한 척추 안정화 운동을 실시한 경우와 척추 안정화 운동만을 실시하였을 경우 두 그룹 모두 호흡의 기능 향상을 가지고 온다고 사료된다. 만성 허리통증 환자 들의 척추 움직임의 기능적 제한이 호흡 기능에 제한을 가져 올 수 있어 등뼈 가동술과 척추 안정화 운동을 병행한 프로그램이 만성 허리통증 환자의 호흡 기능에도 임상적으로 긍정적 의미를 갖는 것으로 사료된다.

참고문헌

Andreea A, Kavita R(2016). Pulmonary function testing and role of pulmonary rehabilitation in the elderly population with pulmonary diseases. *Current Geriatrics Reports*, 5(2), 117-123. <https://doi.org/10.1007/s13670-016-0164-y>.

Barnes MF(1997). The basic science of myofascial release: morphologic change in connective tissue. *J Bodyw Mov Ther*, 1(4), 231-238. [https://doi.org/10.1016/S1360-8592\(97\)80051-4](https://doi.org/10.1016/S1360-8592(97)80051-4).

Cao DY, Pickar JG(2011). Lengthening but not shortening history of paraspinal muscle spindles in the low back alters their dynamic sensitivity. *J Neurophysiol*, 105(1), 434-441. <https://doi.org/10.1152/jn.00498.2010>.

Colby LA, Kisner C(2012). *Therapeutic exercise : foundations and techniques*. 6th ed, Philadelphia, Davis Company, pp.108-121.

Ferreira PH, Ferreira ML, Maher CG, et al(2010). Changes in recruitment of transversus abdominis correlate with disability in people with chronic low back pain. *Br J Sports Med*, 44(16), 1166-1172. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2009.061515>.

Gojanovic B, Rusterholz C, Gremion G(2012). Respiratory muscle training enhances maximal minute ventilation and forced vital capacity in adolescent athletes. *JSAM*, 15(1), S226. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.11.548>.

Gonnella C, Paris SV, Kutner M(1982). Reliability in evaluating passive intervertebral motion. *Phys Ther*, 62(4), 436-444. <https://doi.org/10.1093/ptj/62.4.436>.

Goo BO, Kim KH(2014). A comparison of lateral abdominal muscle activation during maximum expiration in chronic low back pain patients and healthy asymptomatic subjects. *PNF & Mov*, 12(1), 39-43.

Han JW(2017). The effects of elastic-band resistance exercises on the respiratory functions and muscle thicknesses of female seniors. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.

Ishida H, Hirose R, Watanabe S(2012). Comparison of changes in the contraction of the lateral abdominal muscles between the abdominal drawing-in maneuver and breathe held at the maximum expiratory level. *Man Ther*, 17(5), 427-431. <https://doi.org/10.1016/j.math.2012.04.006>.

Jung JH, Shim JM, Kwon HY, et al(2014). Effects of

- abdominal stimulation during inspiratory muscle training on respiratory function of chronic stroke patients. *J Phys Ther Sci*, 26(1), 73-76. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.73>.
- Ki C(2013). Effects of forced breathing exercise on the trunk functions of chronic low back pain patients. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim YJ, Ham JH, Cho HR, et al(2013). The effects of chiropractic spinal manipulation on lung capacity. *JACM*, 4, 101-112.
- Kim K, Lee KS, Choi SJ, et al(2017). Effects of manual therapy on pain and function of patients with chronic low back pain. *J Kor Phys Ther*, 29(2), 85-90. <https://doi.org/10.18857/jkpt.2017.29.2.85>.
- Lee BG, Ji YS, Ko LG, et al(2008). Effects of combined exercises of walking and lumbar stabilization on pulmonary function and lumbar deep muscles of patients with chronic low back pain. *Korean Journal of Health Promotion*, 8(3), 168-177.
- Lee JY, Jung JH, Chung EJ, et al(2013). The effect of feedback breathing exercise and treadmill exercise on chest length and pulmonary function of the middle-aged. *JSER*, 52(3), 319-333.
- Lima ISA, de Moura Filho OF, Cunha FVM, et al(2011). Chest and neck mobilization effects on spirometric responses in healthy subjects. *J Manipulative Physiol Ther*, 34(9), 622-626. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2011.08.004>.
- Livanelioglu A, Kaya F, Nabiyev V, et al(2016). The validity and reliability of "Spinal Mouse" assessment of spinal curvatures in the frontal plane in pediatric adolescent idiopathic thoraco-lumbar curves. *Eur Spine J*, 25(2), 476-482. <https://doi.org/10.1007/s00586-015-3945-7>.
- McConnell A(2013). Respiratory muscle training. theory and practice. 1st ed, London, Churchill Livingstone Elsevier, pp.10-221.
- Moodie L, Reeve J, Elkins M(2011). Inspiratory muscle training increases inspiratory muscle strength in patients weaning from mechanical ventilation : a systemic review. *J Physiother*, 57(4), 213-221. [https://doi.org/10.1016/S1836-9553\(11\)70051-0](https://doi.org/10.1016/S1836-9553(11)70051-0).
- Nam H, Jo Y, Kang B, et al(2015). A study on the effect of trunk stabilization program on body balance, lung capacity, muscular activity of healthy adults. *J Korean Soc Integrative Med*, 3(4), 43-51. <https://doi.org/10.15268/ksim.2015.3.4.043>.
- Neumann DA(2016). Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation. 3rd ed, London, Mosby Elsevier, pp.437-460.
- Obayashi H, Urabe Y, Yamanaka Y, et al(2012). Effects of respiratory-muscle exercise on spinal curvature. *J Sport Rehabil*, 21(1), 63-68. <https://doi.org/10.1123/jsr.21.1.63>.
- Oh DS(2014). The effects of lumbar stabilization exercise on the pulmonary function in patients stroke. Graduate school of Yong-in University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Pryor JA, Prasad SA(2013). Physiotherapy for respiratory and cardiac problems: Adults and paediatrics. 4th ed, Philadelphia, Elsevier Limited, pp.321-452.
- Queiroz BC, Cagliari MF, Amorim CF, et al(2010). Muscle activation during four Pilates core stability exercises in quadruped position. *Arch Phys Med Rehabil*, 91(1), 86-92. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2009.09.016>.
- Roth EJ, Stenson KW, Powley S, et al(2010). Expiratory muscle training in spinal cord injury: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 91(6), 857-861. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2010.02.012>.
- Seo KC(2012). The effect of pulmonary function and respiratory muscle activity in the stroke patients after complex. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Son HH(2015). The effects of stabilization exercise with abdominal breath on balance and Oswestry disability index for low back pain patients. *J Korean Soc Phys Med*, 10(1), 107-113. <https://doi.org/10.13066/kspm.2015.10.1.107>.

Spruit MA, Singh SJ, Garvey C(2013). An official american thoracic society/european respiratory society statement: key concepts and advances in pulmonary rehabilitation. *Am J Respir Crit Care Med*, 188(8), 13-64. <https://doi.org/10.1164/rccm.201309-1634ST>.

Sutbeyaz ST, Koseoglu F, Inan L, et al(2010). Respiratory muscle training improves cardiopulmonary function and exercise tolerance in subjects with subacute stroke : a

randomized controlled trial. *Clin Rehabil*, 24(3), 240-250. <https://doi.org/10.1177/0269215509358932>.

Tarnanen SP, Siekkinen KM, Hakkinen AH, et al(2012). Core muscle activation during dynamic upper limb exercises in women. *J Strength Cond Res*, 26(12), 3217-3224. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318248ad54>.