

압력 생체되먹임 기구를 이용한 케겔 운동이 최대 수의적 환기량과 배 근육 두께에 미치는 사전 연구

이경순 · 박강희 · 박한규[‡]

동주대학교 물리치료과 교수

A Preliminary Study of the Effect of Kegel Exercise Using a Pressure Biofeedback Unit on Maximum Voluntary Ventilation and Abdominal Muscle Thickness

Kyung-Soon Lee, PT, Ph.D · Kang-Hui Park, PT, Ph.D · Han-Kyu Park, PT, Ph.D[‡]

Dept. of Physical Therapy, Dongju College, Professor

Abstract

Purpose : Kegel exercises reported that it is effective in managing stress-related or complex urinary incontinence through contraction and relaxation of the pelvic floor muscles. In many previous studies, it was confirmed that Kegel exercise is involved in respiration as well as urinary system diseases. However, there is a lack of research on the effect of pelvic setting when performing Kegel exercises. Therefore, this study was conducted to investigate the effect on maximum voluntary ventilation (MVV) and abdominal muscle thickness through Kegel exercise after lumbar-pelvic motor control using pressure biofeedback unit (PBU).

Methods : The subjects of this study were 10 healthy female students in their 20s. Subjects measured MVV with a spirometer. In hooklying, external oblique, internal oblique, and transverse abdominis of the dominant hand were measured using ultrasound. The measured value was an average of three times. After one week of intervention, measurements were made in the same manner. Before Kegel exercise, pelvic setting training was performed using PBU. In hooklying, PBU was placed in the waist and set to 40 mmHg, and it was adjusted to 60 mmHg through pelvic muscle contraction. For Kegel exercise, the pelvis was first set using PBU, and then the pelvic floor muscles were contracted for 8 seconds and relaxed for 8 seconds, 10 times, 1 set, and 3 sets.

Results : In MVV, a significant difference was confirmed after exercise than before exercise ($p<.05$). There was also a significant difference in abdominal muscle thickness before and after exercise ($p<.05$).

Conclusion : Based on the results of this study, Kegel exercise using PBU had an effect on MVV and abdominal muscle thickness. However, since this study was conducted without a control group as a preliminary study, additional research should be conducted to supplement this.

Key Words : abdominal muscle, Kegel exercise, maximum voluntary ventilation, pressure biofeedback unit

[‡]교신저자 : 박한규, phk8947@naver.com

제출일 : 2021년 12월 20일 | 수정일 : 2022년 1월 11일 | 게재승인일 : 2022년 2월 4일

I. 서론

골반 바닥 근육(pelvic floor muscle)을 강화하는 케겔 운동은 1948년 아놀드 케겔(Arnold Kegel)에 의하여 처음으로 기술되었고 방광 탈출증(cystocele), 직장 탈출증(rectocele), 골반 장기 탈출(genital organ prolapse) 그리고 요실금에 아주 좋은 운동이라고 하였다(Ashton-Miller & DeLancey, 2007; Kegel, 1948). 골반 바닥 근육은 골반 바닥 부위를 이루고 생식기 및 내장기를 감싸며 수축시 배 안쪽으로 생식기 및 내장기를 들어 올려 요실금과 같은 비뇨기계 질환에 탁월하다(Bo & Sherburn, 2005). 골반 바닥 근육은 골반 장기들을 조절할 뿐 아니라 배 주위 근육들과 협력 수축하여 호흡에도 영향을 준다(Park, 2020). 배 내압이 증가하는 다양한 일상생활 활동은 배의 특수한 구조인 뱃물(seroperitoneum)에 의하여 위로는 가로막, 앞으로는 배 근육들, 뒤로는 척추 주위 근육들 그리고 밑으로는 골반 바닥 근육에 압력을 전달하여 협력 수축이 발생하여 최종적으로는 호흡 보조 역할을 한다(Gordon & Reed, 2020; Siff 등, 2020).

Park(2014)은 건강한 여학생을 대상으로 골반 바닥 근육의 동시 수축을 통한 호흡시 발생하는 가로막의 움직임을 확인한 결과 골반 바닥 근육을 수축한 상태에서 호흡시 약 4 cm 정도 가로막의 움직임이 줄었으며 이것은 호흡 시 발생하는 가로막의 움직임을 통하여 증가하는 배 내압에 의한 골반 바닥 근육의 짝 움직임(couple motion)이 발생한다는 것을 증명한다(Talasz 등, 2010). 케겔 운동 자세에 따른 폐활량과 배 근육 두께를 확인한 선행 연구에서는 앉은 자세에서 실시한 케겔 운동에서 최대 수의적 환기량이 가장 높았으며, 무릎을 90° 굽힌 누운 자세에서 배속빋근과 배가로근에서 두께가 가장 두껍게 나타났다(Park, 2020). 시각적 되먹임을 통한 골반 바닥 근육의 수축은 배속빋근과 배가로근의 두께에 유의한 차이를 확인하였다(Kim 등, 2014). 계단 운동과 케겔 복합 운동군에서 계단 운동군보다 최대 수의적 환기량에서 유의한 차이가 나타났다(Park & Park, 2021). 20대 여학생 19명을 대상으로 역동적 환기 동안 골반 바닥 근육의 동시 수축을 통한 호흡시 목빋근, 배곧은근, 배바깥근 그리고 배속빋근과 배가로근의 활성도와 최

대 수의적 환기량에서 유의한 차이가 나타났다(Park 등, 2015). Szczygiel 등(2018)은 골반 바닥 근육의 수축은 중심 근육의 활성화도 및 두께를 증가시켜 호흡뿐 아니라 골반과 허리 주위 근육을 자극하고 팔과 다리의 움직임을 위한 몸의 안정성을 위하여 중요하다고 하였다.

허리-골반의 운동 조절(lumbopelvic motor control)은 척추 시스템의 안정성을 위하여 중요한 역할을 한다(Borghuis 등 2008). 팔다리의 움직임과 결합하여 중심 근육의 수축은 허리-골반의 조절을 촉진하고 몸의 먼쪽 분절뿐 아니라 예측 가능하거나 또는 그렇지 않은 동요(perturbations)에 의해 발생하는 힘에 반응한다(Leonard 등, 2015). 정적 또는 동적인 허리-골반의 운동 조절은 중립 위치에 대한 허리의 기능적 및 구조적인 통합(integrity)을 유지하기 위하여 중요하다(Panjabi, 1992). 허리-골반의 운동 조절을 평가하고 임상에서 진단의 목적으로 압력 생체되먹임 기구를 많이 사용한다(Solana-Tramunt 등, 2019). 선행 연구에서 만성 또는 비특이적인 허리 통증을 경험한 대상자들의 중심 근육 상태를 평가하기 위한 방법으로 압력 생체되먹임 기구를 이용하였다(Lima 등, 2012a; Lima 등, 2012b). 또한 척추 안정화 운동시 선택적인 배가로근과 못갈래근의 활성을 위하여 초음파나 표면 근전도 사용 이외 임상에서는 저렴하며 안전한 압력 생체되먹임 기구를 활용하여 특정한 동작시 변화하는 압력 게이지를 모니터링하여 심부 근육들의 활성화를 이끌어낸다(da Silva 등, 2017; Li 등, 2020). Hodges와 Richardson(1996)은 압력 생체되먹임 기구와 근전도 사이 적절한 연관성을 보고하였으며 Lima 등(2012a), Jung 등(2014)은 만성 허리 통증 환자 및 건강한 사람을 대상으로 배가로근 활성을 측정할 때 검사자 내 그리고 검사자 간 재현성을 확인하였다. 하지만 기존 케겔 운동 즉 골반 바닥 근육 수축 운동은 표준적으로 편안한 자세에서 골반의 움직임과 골반 주위 근육의 수축 없이 자연스럽게 이루어졌고 다양한 일상생활에서 이루어질 수 있는 장점이 있다고 하였는데(Deffieux 등, 2015), 일상생활 활동 시 이루어지는 다양한 자세는 내외부의 압력 변화에 대하여 구조적 및 기능적으로 많은 준비가 필요하다. 선행 연구들은 허리-골반의 운동 조절뿐 아니라 초음파 및 표면 근전도와 같이 배 심부 근육의 선택적 활성화에 주로 사용되는 압력 생체되먹임 기

구를 이용하여 허리-골반의 운동 조절을 통한 케겔 운동에 적용하여 폐활량과 배 근육의 두께를 확인한 연구는 부족하였다.

따라서 본 연구는 사전 연구의 의미로 일반적인 케겔 운동 전에 대상자들에게 압력 생체피드백 기구를 이용한 허리-골반의 운동 조절 교육을 실시한 후 압력 생체피드백 기구를 이용한 케겔 운동이 최대 수의적 환기량과 배 근육 두께에 미치는 영향을 알아보기 위하여 진행하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 연구의 목적과 방법에 대하여 설명을 듣고 자발적으로 동의한 부산 D 대학교에 재학 중인 20대 여학생 10명을 대상으로 진행하였다. 대상자의 선정 기준은 평소에 운동을 하지 않으며 금연하고 심호흡계와 신경근육계에 문제가 없는 자들로 선정하였다. 본 연구는 헬싱키 선언에 의한 연구윤리를 준수하였으며 2021년 5월 24일부터 28일까지 1주간 진행하였다. 대상자 10명의 일반적인 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristics of subjects (n=10)

Variable	Value
Age (year)	23.00±3.20 ^a
Height (cm)	164.11±5.51
Weight (kg)	54.33±6.65

^aMean±SD

2. 연구 방법

1) 최대 수의적 환기량

본 연구에서 폐활량의 변인인 최대 수의적 환기량을 측정하기 위하여 디지털 폐활량기(Pony FX, COSMED Inc, Italia)를 이용하였다(Fig 1). 최대 수의적 환기량은 역동적인 폐 기능을 평가할 수 있는 변수로 최대한 빨리

들이마시고 최대한 빨리 내시는 호흡을 1분에 90~110회 비율로 12초간 유지하는 방법으로 기관지 공기의 흐름과 호흡근들의 근력, 폐의 환기 능력을 직접 및 간접적으로 측정할 수 있다(Park, 2020). 본 연구를 진행하기 전에 대상자들은 의자에 편안하게 앉은 자세에서 코마개로 코를 막고 폐활량 측정기의 입마개를 반 정도 입술로 물게 하였다. 연구자의 시작 신호에 따라 12초간 최대한 빨리 들이마시고 최대한 빨리 내시는 호흡을 하도록 지시하였으며 본 측정 전에 충분한 설명과 연습을 실시하였다. 측정 중에 발생할 수 있는 몸통의 대상작용에 대해서 설명하였으며 주의하도록 하였다. 본 연구의 대상자들은 건강한 여학생들로 최대 수의적 환기량은 Park(2020)의 연구 방법을 수정하여 1회 측정 후 30초간의 휴식을 제공하였으며 3회 측정하여 평균값을 결과값으로 채택하였다. 압력 생체피드백 기구를 이용한 케겔 운동 1주 후 같은 방법으로 재측정하였다.



Fig 1. Maximum voluntary ventilation

2) 배 근육 두께

본 연구에서 배바깥빗근, 배속빗근 그리고 배가로근을 측정하기 위하여 초음파 영상 진단기(Terason 3000, Apple, USA)를 사용하였다(Fig 2). 배 근육 두께 측정 자세는 우세측 오른쪽을 기준으로 하였으며 무릎을 90° 굽힌 바로 누운 자세에서 오른쪽 겨드랑이 선과 엉덩뼈 능선과 만나는 선과 배꼽을 잇는 중간 부위에 초음파 탐촉자를 위치하여 배가로근과 근육막이 분리되는 경계 부분을 초음파 영상으로 확인하여 각 근육의 중심 방향을 확인한 뒤 결과값으로 산출하였다. 배 근육 두께는 측정 자세에서 코로 숨을 들이마시고 입으로 4초간 내설

때 영상을 저장하였다. 3회 측정하여 평균값을 채택하였으며 각 측정마다 30초의 휴식 시간을 제공하였다(Gu, 2016; Han, 2017; Park, 2020). 결과값은 Image J 프로그램을 이용하여 측정된 초음파 영상에서 배가로근과 근육막이 분리되는 경계 지점에서 1.5 cm 떨어진 지점을 기준으로 각각 3번씩 측정하여 평균값을 낸 후 결과값의

최종 평균값을 결과값으로 채택하였다(Park, 2020). 압력 생체피드백 기구를 이용한 케겔 운동 1주 후 같은 방법으로 재측정하였다. 최대 수의적 환기량과 배 근육 두께 측정 순서는 학습 효과를 배제하기 위하여 무작위로 측정하였다.

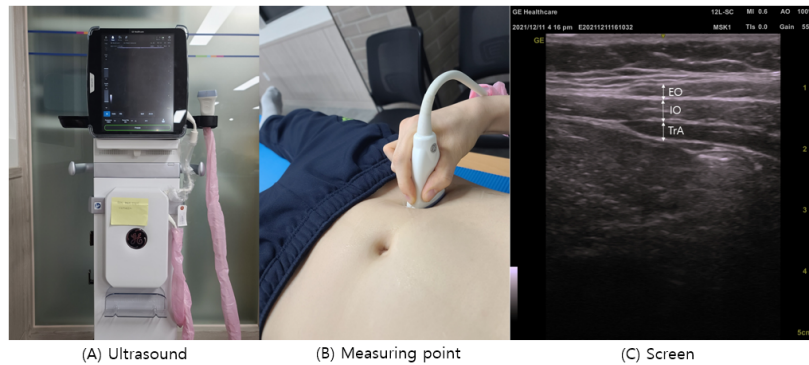


Fig 2. Abdominal muscle thickness

3) 운동 방법

본 연구의 중재 방법은 케겔 운동시 허리부위에 압력 생체피드백 기구(Stabilizer®, Chattanooga Group, Inc., Hixson, TN, USA)를 위치하여 압력을 40 mmHg로 세팅한 상태에서 대상자들에게 배 할로잉을 통한 압력 게이지를 60 mmHg로 상승시킬 수 있는 선행적 골반 움직임의 조절과 몸통 심부 근육의 수축을 충분한 연습을 실시한 후에 케겔 운동을 적용하였다(Bac 등, 2019)(Fig 3). 케겔 운동을 실시할 때 압력 생체피드백 기구를 이용하여 대상자가 골반의 선행적 조절 및 몸통 심부 근육의 수축을 압력 게이지를 통한 피드백하면서 케겔 운동을 실시할

수 있도록 하였다. 압력 생체피드백 기구는 검사자 간 신뢰도가 .60~.95이며 허리-골반 운동 조절을 평가하는데 신뢰성 높고 비침습적이며 통증 유발이 없는 장비이다(Lima 등, 2012b). 케겔 운동은 Park(2014)의 선행 연구에서 적용한 운동 방법을 수정하여 적용하였다. 첫째 대상자들은 방광을 비운 후 편안하게 바로 누운 자세에서 무릎을 90° 굽힘하였다. 둘째 회음부에 집중하며 괄약근을 수축하라고 하였으며 골반의 조절되지 않는 움직임이나 호흡이 멈추지 않도록 지시하였다. 케겔 운동은 8초 수축, 8초 이완을 1회로 10회, 1세트로 하여 총 3세트를 진행하였고 총 운동 시간 4분, 이완 시간 4분을 적

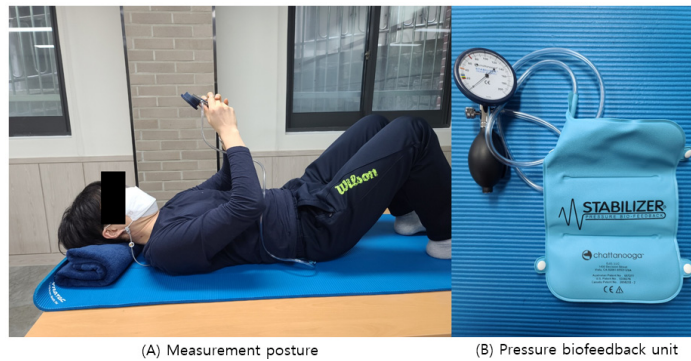


Fig 3. Kegels exercise

용하였다. 각 세트마다 1분의 휴식 시간 총 3분을 제공하였다. 본 연구의 중재에 포함된 시간은 11분으로 1주간 주 5회 진행하였다.

3. 자료분석

측정된 결과값에 대한 통계처리를 위하여 SPSS 22.0(SPSS Inc., Chicago IL, USA)을 이용하였다. 샤피로 윌크(Shapiro Wilk test)를 통해 정규성 검정을 확인하였다($p>.05$). 대응표본 t-검정(paired t-test)을 이용하여 압력 생체피드백 기구를 이용한 케겔 운동 전과 후의 폐활량

과 배 근육 두께 비교를 실시하였다. 연구에 사용된 자료의 통계학적 유의수준 α 는 .05로 설정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 최대 수의적 환기량 비교

압력 생체피드백 기구를 이용한 케겔 운동 전과 후에 서 최대 수의적 환기량에 유의한 차이가 나타났다($p<.05$)(Table 2).

Table 2. Comparison of pre and post Kegel exercise outcome measures of maximum voluntary ventilation (unit: l)

	Pre	Post	t	p
MVV ^a	98.14±12.09 ^b	111.63±16.41	-3.78	.004

^aMaximum voluntary ventilation, ^bMean±SD

2. 배 근육 두께 비교

압력 생체피드백 기구를 이용한 케겔 운동 전과 후에

서 배바깥빗근, 배속빗근 그리고 배가로근의 두께에 유의한 차이가 나타났다($p<.05$)(Table 3).

Table 3. Comparison of pre and post Kegel exercise outcome measures of abdominal muscle thickness (unit: mm)

	Pre	Post	t	p
External oblique	2.20±.96 ^a	2.65±.94	-4.05	.003
Internal oblique	6.86±1.93	8.09±2.20	-3.26	.010
Transversus abdominis	3.82±1.18	4.17±1.20	-3.29	.009

^aMean±SD

Ⅳ. 고 찰

본 사전 연구는 1주일간 10명의 여대생을 대상으로 허리-골반의 운동 조절을 통한 척추의 안정성을 가져오는 압력 생체피드백 기구를 이용한 케겔 운동이 최대 수의적 환기량과 배 근육 두께에 미치는 영향을 알아보기 위

하여 진행하였다.

압력 생체피드백 기구를 이용한 허리-골반의 운동 조절을 통한 케겔 운동 후에 최대 수의적 환기량과 배 근육 두께에서 유의한 차이가 나타났다($p<.05$). Talasz 등 (2010)은 출산 경험이 없는 40명의 건강한 젊은 여자를 대상으로 근 수축 정도를 파악하는 옥스퍼드 분류 스케일(Oxford grade scale)을 이용하여 골반 바닥 근육의 수

축 정도에 따른 폐활량을 확인한 결과 골반 바닥 근육의 적당한(good or grade 4) 또는 강한(strong or grade 5) 수축시에 노력성 날숨 흐름과 상관관계가 있다고 하였다. 그리고 적당한 또는 강한 골반 바닥 근육의 수축시에 강력한 기침이 나타났음을 확인하였다. 강력한 날숨 호흡 패턴을 실시하는 동안 배 근육의 수축은 보다 빠르게 그리고 보다 효율적인 날숨을 만드는데 중요한 역할을 한다. 게다가 배 근육들은 수축하며 배 안쪽으로 움직여 배안 내압(intra abdominal pressure)을 증가시켜 가로막을 위쪽으로 밀어내는 힘을 가한다(American Thoracic Society & European Respiratory Society, 2002; Pellegrino 등, 2005). 이때 증가하는 배안 내압은 골반 바닥 근육과 깊은 앞 가쪽 배 근육 특히 배가로근과 배속빗근의 상호 수축의 기능적인 결과를 이끌어낸다고 하였다(Bo, 2004; Laycock, 2008). 이런 이유로 배 근육들의 강력한 수축은 동시적인 골반 바닥 근육의 반응으로 크게 나타난다(Sapsford & Hodges, 2001). 결과적으로 골반 바닥 근육의 수축은 배 근육들의 협력 수축과 함께 증가하는 배안 내압의 증가로 가로막에 영향을 주어 최대 수의적 환기량에 영향을 미친 것으로 생각된다.

케겔 운동 즉 골반 바닥 근육의 수축이 배 근육의 두께 및 활성화 또는 폐활량에 영향을 미치는 선행 연구에서는 Park과 Han(2015)은 20명의 여대생을 대상으로 골반 바닥 근육을 수축하고 폐활량과 가로막의 움직임 확인한 결과 1초간 노력성 날숨 용량과 최대 수의적 환기량에서 유의한 차이를 확인하였다. 4주간 주 3회 20대 여학생 30명을 대상으로 골반 바닥 근육 수축 운동을 통하여 폐활량 변인인 노력성 폐활량과 최대 수의적 환기량의 유의한 차이를 확인하였다(Han & Ha, 2015). 특히 최대 수의적 환기량은 안정상태에서 나타나는 종합적인 폐기능을 확인하는 지표로 호흡근의 근력 및 지구력을 간접적으로 평가할 수 있는 지표이다(Park, 2014). 선행 연구에서 골반 바닥 근육 수축 후 증가한 최대 수의적 환기량의 증가는 날숨근의 작용근인 배 근육들의 증가가 나타났다고 생각할 수 있다. 역동적 환기 동안 골반 바닥 근육의 동시 수축은 폐활량 평가 시 목빗근과 배 근육들의 근 활성도를 증가시켰다(Park 등, 2015). 시각적 되먹임을 통한 골반 바닥 근육의 수축시 배 근육들의 수축 두께를 확인한 결과 골반 바닥 근육의 수축과 배

드로잉 그리고 골반 바닥 근육 시각적 되먹임 수축과 배드로잉이 배가로근에서 유의한 두께 차이를 확인하였다(Kim 등, 2014). 여대생을 대상으로 실시한 두 가지 자세에서 실시한 골반 바닥 근육의 수축시 나타나는 최대 수의적 환기량과 배 근육 두께를 확인한 결과 앉은 자세와 바로 누운 자세에서 최대 수의 환기량의 증가를 확인하였으며 배바깥빗근, 배속빗근 그리고 배가로근의 두께도 함께 증가한 것을 확인하였다(Park, 2020). 골반 바닥 근육의 수축은 배 근육들과 협력 수축하여 배안 내압을 증가시켜 가로막에 영향을 주어 폐활량과 자세 조절뿐만 아니라 호흡근에 사용되는 근육의 활성화 및 두께의 증가가 나타난 것으로 생각된다. 나아가 신경메카니즘적으로 배내 압력을 조절하는 배가로근, 골반 바닥 근육 그리고 가로막 등이 공동 수축(synkinetic)하여 허리-골반 영역의 안정성을 제공하기 때문이다(Frank 등, 2013). 압력 생체되먹임 기구를 이용한 배 중심 근육 수축 방법들과 역동적 신경근 안정화 3가지 조건에서 가로막의 움직임을 확인한 결과 역동적 신경근 안정화(dynamic neuromuscular stabilization)에서 배 할로잉(abdominal drawing-in maneuver)과 배 브레이싱(abdominal bracing)보다 가로막의 움직임에 유의한 차이가 나타났으며 배 근육 두께는 역동적 신경근 안정화와 배 할로잉이 배 브레이싱 보다 두껍게 나타났다(Lee 등, 2021). 특히 역동적 신경근 안정화에서 가로막은 배안 내압을 조절하는 배 깊은 근육과 함께 동시 수축하여 척추의 안정성을 제공하는 가장 중요한 근육이며 결과적으로 역동적인 척추의 안정성을 제공하기 때문이다(Comerford & Mottram, 2001).

본 연구 결과도 골반 바닥 근육의 직접적인 수축은 증가하는 배안 내압에 의하여 간접적으로 가로막의 훈련을 시킨 결과로 최대 수의적 환기량에 유의한 차이가 나타났으며 해부학적으로 골반 바닥 근육의 독립적인 수축이 아닌 상호협력적인 수축의 결과로 배 근육 두께에 유의한 차이가 나타난 것으로 생각한다. 또한 케겔 운동을 통해 수축하는 골반 바닥 근육은 가로막과 깊은 배주위 근육들과 함께 수축하고 압력 생체되먹임 기구를 이용한 허리-골반의 선행적 안정성을 이끌어내는 중심 근육들의 선행적 수축은 케겔 운동의 효과를 극대화하기에 유리하다고 생각한다.

하지만 본 연구는 허리-골반의 선행적 안정성을 제공하는 압력 생체피드백 기구를 이용한 케겔 운동이 폐활량과 배 근육 두께의 변화를 확인한 사전 연구이기에 중재 기간이 짧았고 대조군이 없다는 제한점이 존재한다. 또한 본 연구의 결과값이 운동 전과 후로 단순히 서술되어 본 연구 결과를 일반화하기 어렵다. 따라서 본 연구의 방법과 결과를 바탕으로 중재 기간의 중장기 적용, 대조군의 비교 그리고 대상자 연령층의 다양화를 통한 추가적인 연구가 이루어져야 하겠다.

V. 결 론

압력 생체피드백 기구를 이용한 허리-골반의 선행적 안정성을 통한 케겔 운동을 10명의 건강한 여대생들에게 1주간 실시하여 최대 수의적 환기량과 배 근육 두께의 유의한 차이를 확인하였다. 하지만 본 연구는 사전 연구의 의미로 대조군과의 비교가 없으며 중재 기간이 짧고 대상자 수가 적어 본 연구의 결과를 일반화하기 어렵다. 따라서 본 연구의 제한점을 수정 및 보완하여 추가적인 연구가 이루어져야 하겠다.

참고문헌

- American Thoracic Society, European Respiratory Society(2002). ATS/ERS statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med*, 166(4), 518-624. <https://doi.org/10.1164/rccm.166.4.518>.
- Ashton-Miller JA, DeLancey JOL(2007). Functional anatomy of the female pelvic floor. *Ann N Y Acad Sci*, 1101, 266-296. <https://doi.org/10.1196/annals.1389.034>.
- Bae WS, Park HK, Lee GC(2019). Effects of straight leg lifts and double leg lowering exercise on abdominal muscle activity, back pain, and flexibility in patients with chronic low back pain in their 50s. *J Korean Soc Integr Med*, 7(3), 61-69. <https://doi.org/10.15268/ksim.2019.7.3.061>.
- Bo K(2004). Pelvic floor muscle training is effective in treatment of female stress urinary incontinence, but how does it work?. *Int Urogynecol J Pelvic Floor Dysfunct*, 15(2), 76-84. <https://doi.org/10.1007/s00192-004-1125-0>.
- Bo K, Sherburn M(2005). Evaluation of female pelvic-floor muscle function and strength. *Phys Ther*, 85(3), 269-282.
- Borghuis J, Hof AL, Lemmink KA(2008). The importance of sensory-motor control in providing core stability: implications for measurement and training. *Sports Med*, 38(11), 893-916. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838110-00002>.
- Comerford MJ, Mottram SL(2001). Movement and stability dysfunction—contemporary developments. *Man Ther*, 6(1), 15-26. <https://doi.org/10.1054/math.2000.0388>.
- da Silva AP, Dos Santos RPM, Coertjens PC, et al(2017). Clinimetric properties of the pressure biofeedback unit method for estimating respiratory pressures. *Physiother Theory Pract*, 33(4), 345-351. <https://doi.org/10.1080/09593985.2017.1289577>.
- Deffieux X, Vieillefosse S, Billecocq S, et al(2015). Postpartum pelvic floor muscle training and abdominal rehabilitation: Guidelines. *J Gynecol Obstet Biol Reprod (Paris)*, 44(10), 1141-1146. <https://doi.org/10.1016/j.jgyn.2015.09.023>.
- Frank C, Kobesova A, Kolar P(2013). Dynamic neuromuscular stabilization & sports rehabilitation. *Int J Sports Phys Ther*, 8(1), 62-73.
- Gordon KE, Reed O(2020). The role of the pelvic floor in respiration: a multidisciplinary literature review. *J Voice*, 34(2), 243-249. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.09.024>.
- Gu YM(2016). The effects of maximum expiration and drawing-in on healthy adults' trunk muscle activity and thickness and trunk and pelvic movements. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Han DW, Ha MS(2015). Effect of pelvic floor muscle exercises on pulmonary function. *J Phys Ther Sci*,

- 27(10), 3233-3235. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.3233>.
- 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.
- Hodges P, Richardson C, Jull G(1996). Evaluation of the relationship between laboratory and clinical tests of transversus abdominis function. *Physiother Res Int*, 1(1), 30-40. <https://doi.org/10.1002/pri.45>.
- Jung DE, Kim K, Lee SK(2014). Comparison of muscle activities using a pressure biofeedback unit during abdominal muscle training performed by normal adults in the standing and supine positions. *J Phys Ther Sci*, 26(2), 191-193. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.191>.
- Kegel AH(1948). Progressive resistance exercise in the functional restoration of the perineal muscles. *Am J Obstet Gynecol*, 56(2), 238-248. [https://doi.org/10.1016/0002-9378\(48\)90266-x](https://doi.org/10.1016/0002-9378(48)90266-x).
- Kim JH, Cho SH, Jang JH(2014). The effects of precise contraction of the pelvic floor muscle using visual feedback on the stabilization of the lumbar region. *J Phys Ther Sci*, 26(4), 605-607. <https://doi.org/10.1589/jpts.26.605>.
- Laycock J(2008). Concept of neuromuscular rehabilitation and pelvic floor muscle training. Stanton SL (eds) *Pelvic floor reeducation*, Springer, London, pp.179-180.
- Lee JJ, Kim DH, Shin YK, et al(2021). Comparison of core stabilization techniques on ultrasound imaging of the diaphragm, and core muscle thickness and external abdominal oblique muscle electromyography activity. *J Back Musculoskelet Rehabil*, Printed Online. <https://doi.org/10.3233/BMR-210051>.
- Leonard JH, Paungmali A, Sitalertpisan P, et al(2015). Changes in transversus abdominis muscle thickness after lumbo-pelvic core stabilization training among chronic low back pain individuals. *La Clinica terapeutica*, 166(5), 312-316. <https://doi.org/10.7417/T.2015.1884>.
- Li X, Lo WLA, Lu SW, et al(2020). Trunk muscle activity during pressure feedback monitoring among individuals with and without chronic low back pain. *BMC Musculoskelet Disord*, 21(1), 569. <https://doi.org/10.1186/s12891-020-03565-y>.
- Lima PO, de Oliveira RR, de Moura Filho AG, et al(2012a). Reproducibility of the pressure biofeedback unit in measuring transversus abdominis muscle activity in patients with chronic nonspecific low back pain. *J Bodyw Mov Ther*, 16(2), 251-257. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2011.06.003>.
- Lima PO, Oliveira RR, Moura Filho AG, et al(2012b). Concurrent validity of the pressure biofeedback unit and surface electromyography in measuring transversus abdominis muscle activity in patients with chronic nonspecific low back pain. *Rev Brasileira Fisioterapia*, 16(5), 389-395. <https://doi.org/10.1590/s1413-35552012005000038>.
- Panjabi MM(1992). The stabilizing system of the spine. Part II. neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Disord*, 5(4), 390-396. <https://doi.org/10.1097/00002517-199212000-00002>.
- Park HK(2014). Effects of pelvic floor muscle contraction on pulmonary function and diaphragm activity. Graduate school of Silla University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Park HK(2020). The Influences of Kegel exercise in two postures on vital capacity and abdominal muscle thickness. *J Korean Soc Integr Med*, 8(4), 39-47. <https://doi.org/10.15268/ksim.2020.8.4.039>.
- Park HK, Han DW(2015). The effect of the correlation between the contraction of the pelvic floor muscles and diaphragmatic motion during breathing. *J Phys Ther Sci*, 27(7), 2113-2115. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.2113>.
- Park HK, Hwang BH, Kim YS(2015). The impact of the pelvic floor muscles on dynamic ventilation maneuvers. *J Phys Ther Sci*, 27(10), 3155-3157. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.3155>.
- Park KH, Park HK(2021). A comparative study of the effects of stair exercise and Kegel combined exercise on the maximum voluntary ventilation and limits of

- stability. *J Korean Soc Integrative Med*, 9(3), 69-78. <https://doi.org/10.15268/ksim.2021.9.3.69>.
- Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, et al(2005). Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J*, 26(5), 948-968. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00035205>.
- Sapsford RR, Hodges PW(2001). Contraction of the pelvic floor muscles during abdominal maneuvers. *Arch Phys Med Rehabil*, 82(8), 1081-1088. <https://doi.org/10.1053/apmr.2001.24297>.
- Siff LN, Hill AJ, Walters SJ, et al(2020). The effect of commonly performed exercises on the levator hiatus area and the length and strength of pelvic floor muscles in postpartum women. *Female Pelvic Med Reconstr Surg*, 26(1), 61-66. <https://doi.org/10.1097/spv.0000000000000590>.
- Solana-Tramunt M, Ortegón A, Morales J, et al(2019). Diagnostic accuracy of lumbopelvic motor control tests using pressure biofeedback unit in professional swimmers: A cross-sectional study. *J Orthop*, 16(6), 590-595. <https://doi.org/10.1016/j.jor.2019.06.002>.
- Szczygieł E, Blaut J, Zielonka-Pycka K, et al(2018). The impact of deep muscle training on the quality of posture and breathing. *J Mot Behav*, 50(2), 219-227. <https://doi.org/10.1080/00222895.2017.1327413>.
- Talasz H, Kofler M, Kalchschmid E, et al(2010). Breathing with the pelvic floor? correlation of pelvic floor muscle function and expiratory flows in healthy young nulliparous women. *Int Urogynecol J*, 21(4), 475-481. <https://doi.org/10.1007/s00192-009-1060-1>.