

## 호흡운동을 병행한 몸통 근력운동과 심부 안정화 운동이 배근육 두께와 호흡에 미치는 영향

김현수<sup>1</sup> · 이건철<sup>1\*</sup> · 추연기<sup>2</sup>

<sup>1</sup>경남정보대학교 물리치료과 교수, 구포성심병원 재활치료팀 팀장

### Effect of Trunk Strength Exercise and Deep Stabilization Exercise Combined with Breathing Exercise on Abdominal Muscle Thickness and Respiration

Kim Hyeonsu, PT, Ph.D<sup>1</sup> · Lee Keoncheol, PT, Ph.D<sup>1\*</sup> · Choo Yeonki, PT, Ph.D<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>*Dept. of Physical Therapy, Kyungnam College of Information & Technology, Professor*

<sup>2</sup>*Dept. of Rehabilitation Therapy, Guposungshim Hospital, Manager*

#### Abstract

**Purpose** : The purpose of this study is to compare the effects on abdominal muscle thickness and breathing by applying trunk strength exercise and deep stabilization exercise along with breathing exercise, which is the main respiratory muscle during breathing, to present an efficient exercise method with diaphragm breathing.

**Methods** : This study was performed on normal 6 females and 14 males subjects. They were divided into 2 groups which trunk strength exercise and deep stabilization exercise group. The trunk strength exercise group (TSE) attended prone press-up, crunch and pelvic tiling. The deep stabilization exercise group (DSE) attended abdominal drawing, horizontal side-support and bridging exercise. Breathing exercise was performed for each set break time for 1 minute.

**Results** : First, in the comparison of the change in the thickness of the abdominal muscle between the trunk strength training group and the deep stabilization group before and after exercise, there was a statistically significant difference in the comparison of transverse abdominis (TrA), rectus femoris (RF), external oblique (EO), internal oblique (IO) ( $p < .05$ ). However, there was no significant difference in any comparison between groups ( $p > .05$ ). Second, in the comparison of changes in respiratory function between the trunk strength exercise group and the deep stabilization exercise group before and after exercise, there were statistically significant differences in the exerted forced vital capacity (FVC), forced expiratory volume at one second (FEV<sub>1</sub>), peak expiratory flow (PEF) in the comparison before and after the experiment ( $p < .05$ ). However, there was no significant difference in any comparison between groups ( $p > .05$ ).

**Conclusion** : As a result of this study, it can be said that both trunk strength exercises and deep stabilization exercises along with diaphragm breathing are exercises that strengthen deep and superficial muscles, and have a positive effect on breathing function as well as muscle strength. However, it is not known which exercise was more effective, and because it was combined with breathing exercise, the interference effect appeared.

**Key words** : abdominal muscle thickness, breathing exercise, deep stabilization exercise, respiration, trunk strength exercise

\*교신저자 : 이건철, kitpt2002@nate.com

논문접수일 : 2020년 8월 21일 | 수정일 : 2020년 9월 1일 | 게재승인일 : 2020년 9월 11일

## I. 서론

호흡이란 들숨과 날숨으로 이뤄진 신체의 가스교환 작용으로 들숨은 가로막이 능동적 수축에 의해 아래로 당겨져 산소를 마시고, 날숨은 허파와 가슴벽의 탄성 복원력과 가로막의 수동적 이완으로 산소와 교환된 이산화탄소를 내뿜는 자연스럽고 무의식적인 작용이다(Lee, 2018).

호흡의 주 작용근은 가로막으로 돔 모양의 근육힘줄(musculotendinous) 구조물로서 들숨 시 가로막이 수축하면 가슴 안이 아래로 넓어지며 허파는 팽창하게 되며, 가로막의 기능 이상 시 호흡 보조 근육을 이용한 호흡을 하게 된다(Harper 등, 2013). 또한, 가로막은 몸통근육인 동시에 호흡근육으로 배벽을 형성하는 4개의 배근육들인 배곧은근, 배바깥빗근, 배속빗근, 배가로근과 함께 배안의 내압을 증가시키면서 동시에 몸통의 안정성을 제공하는 기능이 있다(Nam 등, 2015).

몸통의 근육은 일상에서 사용하는 동작 시 연속적이며 지속적으로 사용되는 표재근육과 척추나 몸통의 움직임에 안정성을 부여하는 역할을 하는 심부근육으로 이루어져 있으며(Richardson과 Jull, 1992), 몸통의 주변 안정화를 유지하는데 요구되는 근육조절을 몸통 안정화라고 한다(Akuthota & Nadler, 2004).

심부 안정근인 못갈래근, 배가로근, 배속빗근과 표재 안정근인 척추세움근, 배곧은근, 배바깥빗근 등의 허리근육은 허리분절의 안정과 표재 안정근 강화 및 협응수축이 필요하며(McGill 등, 2003), 몸통과 척추의 안정성은 몸통근육들의 동시활성(co-activation)과 능동적 동시수축(co-contraction)이 불안정한 척추를 유지하는데 필요하다 하였고(Stevens 등, 2006).

몸통 안정화 근육들의 효과로는 호흡을 주도하는 주요 근육이며, 자세의 안정화와 신체의 균형을 유지하는 생역학적 효과, 가스교환을 통한 항상성을 유지하는 생화학적 효과, 스트레스, 불안, 우울에 영향을 미치는 정신사회학적 효과를 들 수 있다(Chai tow, 2004; Perri, 2007). 또한 자세의 안정성과 척추의 안정화에 중요한 역할을 하여 좋은 자세를 유지시키는데도 도움이 된다고 하였다(Obayashi 등, 2012).

그러나 호흡근육들 중 들숨과 날숨 시 주 호흡근인 가로막의 기능에 대한 중요성은 잘 알려져 있으나 호흡에 관여하는 배근육에 대한 중요성은 간과되고 있다고 할 수 있다(Kim, 2016). 몸통의 굽힘과 회전을 돕는 배곧은근, 배속빗근, 배바깥빗근으로 구성된 배근육들은 호흡에도 중요한 역할을 하는데, 이 근육들은 안정시의 호흡에는 큰 활성을 보이지 않으나 노력성 날숨을 할 때 하부 갈비뼈를 압박하고 상체를 구부려 가로막을 위로 올리며 강력한 날숨을 유발한다(Kendall 등, 2005). 모든 배근육들이 호흡기전에 중요한 역할을 하지만 특히 배가로근, 배속빗근의 동원은 호흡이 요구되는 상황에서 복부내압의 조절에 가장 관련 있다고 하였고, 들숨부하 상태에서 보다 날숨부하 상태에서 더 큰 활성을 보인다고 했다(Montes 등, 2016).

호흡운동은 몸통의 근육을 활성화시키고 신체분절의 운동량을 증가시키며 신체뼈대의 바른 정렬을 유지, 허리근육을 강화를 하게 되어 결국 호흡 양상과 자세조절은 밀접한 연관 속에서 작용되어짐을 알 수 있다(Hodges 등, 2005; Lee, 2008).

선행연구에서 몸통의 표재근육과 심부근육 강화를 위한 근력운동과 안정화운동에 관련된 연구(Kim 등, 2005; Kook 등, 2013)와 같이 허리통증과 관련된 연구들이 많고 호흡과 관련된 연구는 부족하다.

따라서 본 연구에서는 호흡 시 주 호흡근육인 가로막을 이용한 호흡운동과 함께 몸통 근력운동과 심부 안정화운동을 적용하여 배근육 두께와 호흡에 미치는 영향을 비교하여 효율적인 운동방법을 제시하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구는 부산의 K대학교에 재학 중인 20대 남자 14명, 여자 6명으로 선천적이나 후천적인 근육뼈대계 질환을 가지지 않은 자, 호흡기능에 문제가 없는 자, 본 연구의 운동 이외의 개인적 운동을 실시하지 않는 자를 대상으로 몸통 근력운동군, 심부 안정화운동군으로 임의표본

추출하여 나누고 4주간 실시하였다. 모든 연구 대상자는 실험 전에 연구의 목적과 실험 방법에 대해서 구체적인 설명을 듣고 실험에 동의하였고 연구 참여 동의서에 서

명하였다. 연구대상자의 일반적인 특성은 다음과 같다 (Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects

(n=20)

Variable	TSE	DSE
Gender (male/female)	7/3	7/3
Age (year)	21.30±1.94 <sup>a</sup>	21.00±2.16
Height (cm)	170.70±8.76	166.70±6.75
Weight (kg)	71.9±16.39	65.20±14.45

<sup>a</sup>Mean±standard deviations, TSE; trunk strength exercise, DSE; deep stabilization exercise

## 2. 측정도구 및 방법

### 1) 초음파 측정

실험 대상자의 배근육 두께를 측정하기 위한 도구로는 진단용 초음파 측정기구(My Lab one world, Esaote, Italy)를 이용하여 배곧은근, 배가로근, 배바깥빗근, 배속빗근을 측정하였다(Fig 1). 배근육의 두께를 측정하기 위해 모니터의 중간에 놓여있는 투명한 중심선(수직선)을 이용하여 근육 두께 측정 선을 표준화하였다(Whittaker, 2013). 초음파 영상의 기준선으로부터 사이 간격을 0.5 cm로 가지는 총 세 개의 선을 긋고 세 개의 선으로부터 얻어진 수치로 근육의 평균 두께를 사용하였다. 두께의 수치화는 초음파 진단기의 자체 프로그램을 이용하였으며, 근육의 두께는 mm 단위로 나타내었다. 측정의 신뢰성을 높이기 위해 각 근육 측정을 세 번 실시하여 평균값을 사용하였다(Reeve & Diliey, 2009).

### 2) 폐활량 측정

호흡기능을 검사하기 위한 측정도구인 폐활량 측정기(Pony FX, Cosmed, Italy)를 이용하여 평상시와 같이 3회 이상 호흡한 후 가능한 최대로 공기를 들이마신 후 최대한 빠르고 세게 공기를 불어 내신 후 노력성폐활량(forced vital capacity; FVC), 1초간 노력성 날숨량(forced expiratory volume at one second; FEV1), 최대날숨속도(peak expiratory flow; PEF)를 측정하였다(Fig 2). 측정 자

세는 의자에 편안하게 앉은 자세에서 코마개를 이용하여 입으로만 호흡하도록 지시한 다음 측정하였다. American Thoracic Society(2002)의 지침에 따라 3회 이상 검사하여 기술적으로 재현성과 효용이 있는 방법으로 검사가 수행될 때까지 반복하여 가장 큰 측정값을 사용하였다.



Fig 1. Ultrasound



Fig 2. Spirometer

## 3. 운동방법

본 연구에서는 가로막 호흡을 병행한 몸통 근력운동과 심부 안정화운동을 실시하였다. 대상자들은 몸통 근력운동군과 심부 안정화운동군으로 나누어 예비 실험을 통하여 수정 및 보완하여 운동 시 올바른 자세에 대해 교육 후 실시하였다. 4주간 주 3회 50분간 실시하였고,

운동 전 10분 준비운동, 운동 후 10분 정리운동을 실시하였다. 가로막 호흡은 운동 세트 별 쉬는 시간 1분 동안 실시하였다.

1) 몸통 근력운동

몸통 근력운동은 William의 굽힘운동과 Mckenzie의 펌

운동을 토대로 하여 선행연구에서 사용된 운동방법들 중 몸통근력 향상에 효과적으로 보고된 엎드려 가슴들기, 위배운동, 골반 기울임 운동(Kim 등, 1997; Kim 등, 2005; Jung 등, 2008)을 10회 수축을 1세트로 하고 총 10세트를 30분간 실시했다(Table 2).

Table 2. Trunk strength exercise program

Exercise	Method	Intensity (sec * set)	Time (min)
Warm-up	Stretching		10
Main	Prone press-up	10 * 10	30
	Crunch	10 * 10	
	Pelvic tiling	10 * 10	
Cool-down	Stretching		10

2) 심부 안정화운동

심부 안정화운동은 선행연구에서 배가로근과 배속빚근과 같은 심부근육의 수축 효과가 있다는 복부 드로잉-

인, 사이드 플랭크 운동, 교각운동(Deydre, 2005; Kong 등, 2016; Richardson과 Jull, 1992)을 10회 수축을 1세트로 하고 총 10세트를 30분간 실시했다(Table 3).

Table 3. Deep stabilization exercise program

Exercise	Method	Intensity (sec * set)	Time (min)
Warm-up	Stretching		10
Main	Abdominal drawing	10 * 10	30
	Horizontal side-support	10 * 10	
	Bridging exercise	10 * 10	
Cool-down	Stretching		10

3) 호흡운동

자가 가로막 호흡으로 하며 대상자의 손을 배곧은근에 올려놓고 어깨를 이완시킨 상태에서 가슴 위쪽 부위를 움직이지 않고, 단지 복부만이 부풀어 오르게 천천히 깊이 숨을 쉬도록 유도한다. 숨을 들이쉴 때는 코를 통하여 이루어지면서 배가 나오도록 하고 내쉴 때는 입술 오므리기 호흡 방법을 적용하여 입술을 반쯤 연 상태에서 입으로 숨을 내쉬면서 배가 들어가도록 호흡을 유도한다. 6초를 호흡 주기로 하여 각 운동 세트 휴식시간에

1분간 실시하였다(Lee, 2015).

4. 자료 분석

본 연구의 통계적 분석은 SPSS version 24.0 프로그램을 사용하여 집단 간 평균과 표준편차를 분석하였다. 몸통 근력운동군과 심부 안정화운동군으로 나누어 배근육 두께와 호흡에 미치는 영향을 비교하기 위해 운동 전·후 비교를 위해 대응표본 t검정과 그룹 간 비교를 위해 독립표본 t검정을 사용하였다. 통계학적으로 유의성을 검증하기 위한 유의수준  $\alpha = .05$ 로 하였다.

### Ⅲ. 연구결과

#### 1. 두 그룹의 운동 전·후 배근육 두께 변화 비교

운동 전·후 몸통 근력운동군과 심부 안정화운동군의

배근육 두께 변화 비교에서는 배가로근, 배곧은근, 배속 빗근, 배바깥빗근 모두 실험 전·후 비교에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 하지만 그룹 간 비교에서는 모두 유의한 차이가 없었다( $p > .05$ )(Table 4).

Table 4. Comparison of the change of abdominal muscle thickness pre and post exercise in two groups(unit: mm)

		TSE	DSE	t	p
TrA	Pre	3.20±0.45	3.23±0.43	.04	.96
	Post	3.42±0.44	4.44±0.70	1.23	.23
	t	-2.77	-3.05		
	p	.000	.002		
RA	Pre	10.97±1.35	10.80±1.54	-.08	.93
	Post	13.12±1.69	12.71±1.72	-1.16	.86
	t	-4.16	-1.77		
	p	.000	.007		
EO	Pre	5.92±0.82	6.53±0.85	-.09	.92
	Post	7.87±1.12	7.24±1.09	-.92	.36
	t	-2.83	-1.35		
	p	.007	.000		
IO	Pre	8.81±1.22	10.14±1.50	1.51	.14
	Post	8.98±1.21	11.25±1.92	1.62	.12
	t	-0.34	-1.36		
	p	.000	.000		

TSE; trunk strength exercise, DSE; deep stabilization exercise, TrA; transverse abdominis, RA; rectus femoris, EO; external oblique, IO; internal oblique

#### 3. 두 그룹의 운동 전·후 호흡 기능 변화 비교

운동 전·후 몸통 근력운동군과 심부 안정화운동군의 호흡 기능 변화 비교에서는 노력성 폐활량, 1초간 노력

성남숨량, 최대남숨속도 모두 실험 전·후 비교에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 하지만 그룹 간 비교에서는 모두 유의한 차이가 없었다( $p > .05$ )(Table 5).

Table 5. Comparison of changes in respiratory function pre and post exercise in two groups (unit: ℓ)

		TSE	DSE	t	p
FVC	Pre	4.40±0.90	4.38±0.93	.02	.97
	Post	4.82±1.04	4.64±1.11	.37	.71
	t	-3.82	-2.02		
	p	.000	.000		
FEV <sub>1</sub>	Pre	3.77±0.75	3.80±0.77	-.09	.92
	Post	4.12±0.95	4.15±0.81	-.06	.94
	t	-3.12	-3.70		
	p	.000	.000		
PEF	Pre	8.16±2.29	8.15±2.41	.00	.99
	Post	8.60±2.35	8.28±2.35	.29	.76
	t	-2.30	-0.51		
	p	.000	.000		

TSE; trunk strength exercise, DSE; deep stabilization exercise, FVC; forced vital capacity, FEV<sub>1</sub>; forced expiratory volume at one second, PEF; peak expiratory flow

#### IV. 고 찰

본 연구는 20대의 건강한 성인 20명을 대상으로 호흡운동과 함께 몸통 근력운동과 심부 안정화운동을 실시한 후 배근육의 두께와 호흡에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

본 연구의 결과 호흡운동을 병행한 몸통 근력운동과 심부 안정화운동에서 배근육 두께는 운동 전보다 운동 후에 배가로근, 배곧은근, 배속빚근, 배바깥근 모두 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 이는 본 연구에 적용한 몸통 근력운동과 심부 안정화운동이 배근육의 두께변화에 효과적이라는 선행연구 결과와 일치하였다.

몸통 근력운동은 William의 굽힘 운동과 McKenzie의 펌 운동을 기반으로 복근 및 허리 주변근육들에 대해 등척성 및 등장성 운동을 이용하여 척추를 보호한다(Kim, 1998). 엎드려 가슴들기는 굽은 자세를 교정해주고 척추세움근을 강화시켜주는 효과가 있으며, 위배운동은 척추세움근 대신 위배를 자극해 실시하는 운동으로 허리의 힘을 배제하면서 복근의 근력을 최대한 활용하게 하여 주위 협응근의 개입을 줄임으로써 효과를 더 높일 수 있다고 한다. 골반 기울임 운동은 골반교정이나 엉치영명관절, 후관절, 척추디스크에 관절가동을 일으켜 허리의 동적 안정성을 만들어 주고, 배곧은근과 배바깥근을 강화시켜준다고 하였다(Kim 등, 1997; Kim 등, 2005; Jung 등, 2008).

또한 심부 안정화운동은 선행연구에서 효과가 확인된 복부 드로잉-인, 사이드 플랭크 운동, 교각운동을 사용하였는데(Deydre, 2005; Kong 등, 2016; Richardson과 Jull, 1992), 복부 드로잉-인은 배바깥근, 배속빚근을 비수축시킨 상태에서 배가로근을 단독적으로 수축시켜 강화해주는 효과가 있고(Richardson과 Jull, 1992), 사이드 플랭크 운동은 배가로근과 배속빚근을 동시 수축해주기에 큰 효과를 볼 수 있으며, 교각운동은 심부 안정화를 사용하고 증가시키는 운동으로 심부 안정화에 기능을 하는 배속빚근과 배바깥근, 허리네모근이 강화가 되는 효과가 있다고 하였다(Kong, 2016).

하지만 몸통 근력운동군과 심부 안정화운동군의 운동

후 배근육 두께변화의 그룹 간 비교에서는 모두 유의한 차이가 없었다( $p > .05$ ). 이는 Kook 등(2013)의 연구에서와 같이 8주간 몸통 근력운동과 심부 안정화운동을 비교한 연구에서 수축 시 배가로근의 동원만 차이가 있고 두 그룹의 두께변화량 차이는 없으며 모두 효과적이라는 결과와 일치한다. 그러나 본 연구에서의 차이점은 몸통 근력운동군에서는 표재근육인 배곧은근과 배바깥근에서 더 큰 두께 변화가 있었고, 심부 안정화운동군에서는 심부근육인 배가로근과 배속빚근에서 더 큰 두께 변화를 보였다.

본 연구에서 호흡기능을 비교하기 위해 노력성폐활량(FVC), 1초간 노력성날숨량(FEV<sub>1</sub>), 최대날숨속도(PEF)를 측정하고 몸통 근력운동군과 심부 안정화운동군에서 모두 실험 전·후 비교에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 이는 선행연구 결과에서 Kim(2006)은 허리 안정화운동과 몸통 스트레칭을 적용한 실험에서 FVC가 유의하게 증가하였고, Kim 등(2009)은 심부근육 강화운동이 최대날숨속도(PEF)와 1초간 노력성날숨량(FEV<sub>1</sub>)을 증가시켜 폐기능 향상에 관여한다고 하였고, Gardner(1996)는 노력성폐활량(FVC)과 1초간 노력성날숨량(FEV<sub>1</sub>)을 측정하고 나서 마지막에서 배가로근을 선택적으로 수축시키고 노력성 날숨에서 통계적으로 유의하게 증가하는 것으로 보고하였다. 본 연구에서도 몸통근육인 심부근육과 표재근육의 강화로 인해 노력성 폐활량(FVC), 1초간 노력성날숨량(FEV<sub>1</sub>), 최대날숨속도(PEF)가 증가하였다는 선행연구 결과와 일치하였다. 하지만 몸통 근력운동군과 심부 안정화운동군의 운동 후 호흡기능의 그룹 간 비교에서는 모두 유의한 차이가 없었다( $p > .05$ ). 이는 복부의 심부와 표재 근육이 전체적인 근 수축에 의해 몸통의 안정화를 구축하게 되면서 능동적인 호흡에도 작용하기 때문이다(McGill 등, 2003).

따라서 몸통 근력운동과 심부 안정화운동은 배근육 두께를 향상시키고, 호흡기능에 긍정적인 영향을 미친다고 할 수 있다. 하지만 본 연구에서는 근력운동과 안정화운동이 유의한 차이가 없는 것으로 나타나 어느 것이 더 효과적이라고는 할 수 없다. 또한 호흡운동과 병행하여 훈련하였기 때문에 단독 운동으로서의 효과는 차후 추가적인 연구가 더 필요할 것으로 생각된다. 본 연구의 몇가지 제한점으로는 4주간의 운동을 실시한 결과 건강

한 20대 성인을 대상으로 하였기 때문에 호흡기능 향상과의 관계에 대해 다양한 연령대와 환자를 대상으로 하는 것에 비해 제한이 있었다.

## V. 결론

본 연구는 20대 정상 성인을 대상으로 자가 가로막 호흡을 병행한 몸통 근력운동과 심부 안정화운동이 배근육 두께변화와 호흡에 미치는 영향을 알아보기 위해 실험을 진행하였다. 본 연구 결과 두 그룹 모두에서 배가로근, 배곧은근, 배속빚근, 배바깥근 두께의 증가와 호흡기능의 향상에서 유의한 차이를 보여 효과적인 것으로 나타났다.

따라서 이 연구의 결과로 호흡운동과 병행하는 몸통 근력운동이나 심부 안정화운동은 심부근육과 표재근육을 모두 강화시키는 운동이라고 할 수 있으며, 근력 강화뿐만 아니라 이로 인해 호흡기능에도 긍정적인 효과가 있었다. 하지만 어떤 운동이 더 효과적이라고는 할 수 없고 호흡운동과 병행하였기 때문에 간접효과가 나타났는지도 알 수 없다. 그러나 몸통 근력운동이 표재근육인 배곧은근과 배바깥근에서 더 효과적이라는 것과 심부 안정화운동이 심부근육인 배가로근과 배속빚근에 더 효과적이라는 결과를 알게 되어 차후 이에 대한 연구가 더 필요하겠다.

## 참고문헌

- American Thoracic Society(2002). ATS statement:guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*, 166(1), 111-117. <https://doi.org/10.1164/ajrcm.166.1.at1102>.
- Akuthota V, Nadler SF(2004). Core strengthening. *Arch Phys Med Rehabil*, 85(1), 86-92. <https://doi.org/10.1053/j.apmr.2003.12.005>.
- Chaitow L(2004). Breathing pattern disorders, motor control, and low back pain. *J Osteop Med*, 7(1), 33-40. [https://doi.org/10.1016/S1443-8461\(04\)80007-8](https://doi.org/10.1016/S1443-8461(04)80007-8).
- Deydre ST, Chad E, Henry MD, et al(2005). The use of ultrasound imaging of the abdominal drawing-in maneuver in subjects with low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther*, 35(6), 346-355. <https://doi.org/10.2519/jospt.2005.35.6.346>
- Gardner WN(1996). The pathophysiology of hyperventilation. *Chest*, 109, 516-534. <https://doi.org/10.1378/chest.109.2.516>.
- Harper CJ, Shahgholi L, Cieslak K, et al(2013). Variability in diaphragm motion during normal breathing, assessed with B-mode ultrasound. *J Orthop Sports Phys Ther*, 43(12), 927-931. <https://doi.org/10.2519/jospt.2013.4931>.
- Hodges PW, Eriksson AM, Shirley D, et al(2005). Intra-abdominal pressure increases stiffness of the lumbar spine. *J Biomech*, 38(9), 1873-1880. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.08.016>.
- Jung SY, Park AS, Baek JW, et al(2008). The effort of the sling-exercise and the lumbar-exercise on trunk muscle strength and static balance. *Korean Soc Sports Phys Ther*, 4(1), 29-39.
- Kendal FP, McCreary EK, Provance PG, et al(2005). *Muscles testing and function with posture and pain*. Baltimore, Lippincott Williams & Wilkins, pp.49-118.
- Kim BR(2016). Effect of breathing exercises on pulmonary function, walking ability, and activities of daily living in stroke patients. Graduate school of Sehan University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim HT, Yoo CH, Chang SA, et al(1997). The effects of extension exercise in the conservative treatment of lumbar disc herniations. *J Korean Orthop Assoc*, 32(7), 1782-1788.
- Kim JS, Lee CH, Choi MJ, et al(2005). A comparison of the improvement of symptoms between deep abdominal muscle exercises group and superficial abdominal muscle exercises group in patients with chronic low back pain. *J Korean Acad Orthop Man Ther*, 11(1), 1-10.
- Kim KS, Kwon OY, Yi CH(2009). Effect of abdominal

- drawing-in maneuver on peak expiratory flow, forced expiratory volume in 1 second and pain during forced expiratory pulmonary function test in patients with chronic low back pain. *Phys Ther Korea*, 16(1), 10-17.
- Kim SH(2006). The effects of exercises for lumbar stabilization and trunk muscle stretching on the reduction of lower back pain and increase of lung capacity in people working sitting on the chair. Graduate school of Pochon CHA University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim SY(1998). Lumbo-pelvic stabilization approach for lower back dysfunction. *The J Korean Acad Orthop Man Ther*, 4(1), 7-20.
- Kong YS, Park S, Kweon MG, et al(2016). Change in trunk muscle activities with prone bridge exercise in patients with chronic low back. *J Phys Ther Sci*, 28(1), 264-268. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.264>.
- Kook YJ, Kim CW, Lim JW, et al(2013). Effects of trunk muscle strength exercise and deep abdominal muscle stabilization exercise on Oswestry Disability, abdominal muscle strength, and deep muscle activity. *Korean J Phys Educ*, 52(2), 471-481.
- Lee HY(2015). The effects of diaphragm breathing exercise and feedback breathing exercise on pulmonary function and diaphragm thickness in normal subjects. Graduate school of Daegu University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Lee SM(2018). Cardiovascular & pulmonary physical therapy, 3rd ed, Seoul, Hyunmoonsa, pp.48-67.
- Lee TH(2008). The effects on back strength by the breath training. *J Sport Leisure Stud*, 34(2), 1247-1255.
- McGill SM, Grenier S, Kavcic N, et al(2003). Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *J Electromyogr Kinesiol*, 13(4), 353-359. [https://doi.org/10.1016/S1050-6411\(03\)00043-9](https://doi.org/10.1016/S1050-6411(03)00043-9).
- Montes AM, Baptista J, Crasto C, et al(2016). Abdominal muscle activity during breathing with and without inspiratory and expiratory loads in healthy subjects. *J Electromyogr Kinesiol*, 30, 143-150. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2016.07.002>.
- Nam HC, Jo YJ, Kang BJ, 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>.
- 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>.
- Perri MA(2007). Rehabilitation of the spine: a practitioners manual. Lippincot, Williams and Wilkins, Baltimore, pp.369-387.
- Reeve A, Dilley A(2009). Effects of posture on the thickness of transversus abdominis in pain-free subjects. *Man Ther*, 14(6), 679-684. <https://doi.org/10.1016/j.math.2009.02.008>.
- Richardson CA, Jull GA(1992). Technique for active lumbar stabilization for spinal protection. *Aust J Physiother*, 38(2), 105-112. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(14\)60555-9](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(14)60555-9).
- Stevens VK, Bouche KG, Mahieu NN, et al(2006). Trunk muscle activity in healthy subjects during bridging stabilization exercises. *BMC Musculoskelet Disord*, 7(1), 75. <https://doi.org/10.1186/1471-2474-7-75>.
- Whittaker JL, Warner MB, Stokes M(2013). Comparison of the sonographic features of the abdominal wall muscles and connective tissues in individuals with and without lumbopelvic pain. *J Orthop Sports Phys Ther*, 43(1), 11-19. <https://doi.org/10.2519/jospt.2013.4450>.