

# The Effect of Abdominal Drawing-in Maneuver with Pressure Biofeedback Unit in Various Postures on Abdominal Muscle Contraction

Seunghoon Lee<sup>a</sup>, Sangyeol Lee<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Department of Physical Therapy, Graduate School, Kyungsoo University, Busan, Republic of Korea

<sup>b</sup>Department of Physical Therapy Clinical Pharmacy and Health, Kyungsoo University

**Objective:** This study was to identify the effect of pressure biofeedback applied in various postures that allow the application of abdominal drawing-in.

**Design:** A cross sectional study.

**Methods:** The study intended to compare changes in the thickness of abdominal muscles between different postures when abdominal drawing-in was performed using a pressure biofeedback unit in five postures and to compare differences in terms of measures such as the transverse abdominis's preferential activation ratio(PAR). Data measured from 30 healthy individuals were used for data analysis. A paired t-test and repeated measures analysis of variance was performed to compare the thickness of each abdominal muscle.

**Results:** The transverse abdominis's and internal oblique's thickness showed statistically significant differences in all postures when abdominal drawing-in ( $p < 0.05$ ). In the comparison between the postures, statistically significant differences were observed between the positions of hook-lying and wall support standing and between supine and wall support standing and between hook-lying and sitting ( $p < 0.05$ ). In terms of the transverse abdominis's PAR in each posture, statistically significant differences were observed between hook-lying and quadruped, hook-lying and sitting, hook-lying and wall support standing, quadruped and supine, sitting and supine, as well as wall support standing and supine ( $p < 0.05$ ).

**Conclusions:** When abdominal drawing-in using pressure biofeedback unit is performed for stabilization exercises, selecting and applying specific postures according to targeted muscles and the subject's functional ability will help provide a more efficient and accurate intervention.

**Key Words:** Abdominal drawing-in, Pressure biofeedback, Abdominal muscle, Various postures

## 서론

현대 사회인에게서 가장 흔하게 볼 수 있는 것 중 하나인 요통을 방지하고 경감시키기 위해 중요한 요점은 척추와 골반을 최적의 정렬로 안정화시킬 수 있는 몸통 근육을 갖는 것이다[1]. 요통의 원인은 다양하고 그 기전에 대해 명확하지는 않지만, 근골격계 손상으로 인한 생체역학적 요인의 변화가 요통을 유발하는 가장 큰 원인으로 거론되고 있으며, 몸통의 안정성 유지 및 균형

조절에 중요한 역할을 하는 허리의 근육약화는 요통 발생의 주요 원인으로 보고되고 있다[2].

안정화 운동은 척추를 둘러싸고 있는 근육들의 동시 수축 패턴(co-activation patterns)을 발달시켜 척추 관절에 강화된 구조(stiffening mechanism)를 제공하여 척추의 안정성을 높인다[3, 4]. McGill 등[5]은 허리의 안정성을 유지하기 위해서 얇은근육과 깊은근육의 동원방법 조절, 즉 깊은근육의 우선적 동원이 중요하다고 보고하였고, Kim 등[6]은 특정 깊은근육의 선택적 강화와 동

Received: Mar 30, 2022 Revised: May 20, 2022 Accepted: Jun 7, 2022

Corresponding author: Sangyeol Lee (ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4428-9101>)

Department of Physical Therapy

Clinical Pharmacy and Health, Kyungsoo University.

309, Suyeong-ro, Nam-gu, Busan, Republic of Korea

Tel: +82-51-663-4873 Fax: +82-51-623-4873 E-mail: sjslh486@ks.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2022 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

원방식의 변화를 유발하기 위한 깊은근육의 선택적 강화 운동프로그램에 대한 효과를 보고하였다. 깊은근육 중 배가로근은 팔다리가 움직임을 발생하기 전에 안정된 자세를 위한 가장 먼저 작용 하는 근육으로 몸통의 안정성에 기여한다[7]. 요통 관리와 관련된 선행 연구들에서 재활 초기 단계에서 배속빋근과 배바깥근같은 얇은층에 위치한 근육들의 수축을 최소화하고 배가로근의 운동조절능력을 회복하는 것이 효과적인 요통치료를 위해 필수적이라 하였다[8, 9]. 또한 배가로근, 배속빋근과 배바깥근이 동시에 수축하면 배내압이 증가하여 척추의 안정성을 지원한다고 하였다[5].

요통 환자들이 처방받는 몸통 안정화 운동의 초기 단계에서는 복부 당기기 운동으로 알려진 복부 드로잉 방법(abdominal drawing-in maneuver)이 사용된다. 복부 드로잉은 복부 브레이싱(abdominal bracing)과 더불어 가장 많이 사용되는 몸통 안정화 운동으로서 배속빋근과 배가로근의 수축을 통해 복 벽을 안쪽으로 당겨 배내압을 증가시키는 기법을 말한다. 복부 브레이싱은 자신의 복부를 누군가 타격하려고 할 때 반사적으로 복부에 힘이 들어가듯 복부전체를 긴장하도록 하여 단단하게 만들면서 허리관절을 고정하고, 배내압을 증가시켜 골반바닥근을 압박하여 골반의 안정성을 증가시킨다[10]. 복부 드로잉은 복부 깊은근육의 안정화에 가장 좋은 효과를 가지며, 요통의 원인이나 그 결과에 상관없이 치료와 재활 방지에 효과적이라고 보고되고 있다[11]. 복부 드로잉의 정확한 수행을 위해서 일반적으로 압력바이오피드백 장비(pressure biofeedback unit)를 이용하여 훈련하는 방법이 사용되고 있다[12, 13]. 이 장비는 자발적 복부 수축을 유도함으로써 복부근육의 수축과 이완 정도를 압력계를 통하여 시각적 정보로 제공한다[14]. 치료적 운동 시 바이오피드백 장비를 사용하면 배가로근이 배곧은근, 배속빋근과 배바깥근 보다 먼저 선택적으로 수축할 수 있다고 보고되고 있다[15].

복부 드로잉은 일반적으로 임상에서 많이 추천하고 있으며 근육활동을 쉽게 관찰하고 촉진할 수 있는 바로 누운 자세에서 실시한다. 이 자세는 압력바이오피드백 장비를 적용하여 허리의 압력을 조절하기에도 엉덩이와 몸통을 이용할 수 있어서 수행이 용이하다. 하지만 많은 현대인들은 이동하거나 직장에서 업무를 보는 등 일상생활 동안 주로 앉아서 생활하는 시간이 많기 때문에 임상에서 추천하는 자세로 복부 드로잉을 실시하기에는 시간적, 공간적 제약이 발생한다[16].

일상생활을 하거나 특정한 활동을 하기 위한 신체의 동작들은 다양한 자세를 시작으로 훈련을 할 수 있다. 특히 인간의 정상 발달 과정을 기본으로 바로 누운 자세, 무릎 세우고 누운 자세, 네발기기 자세, 앉은 자세,

벽에 기대고 선 자세 등은 임상에서 다양한 기능적인 동작을 훈련하기 위해 선택 할 수 있는 자세이다. 하지만 일상생활에서 접하기 쉬운 자세들을 통해 압력바이오피드백 장비를 적용하고 복부 드로잉을 수행 할 때 복부근육의 두께 변화를 확인하여 수축 차이를 비교한 연구는 지금까지 전무하였다. 이러한 차이를 연구를 통해 확인 할 수 있다면 대상자에 따른 재활의 시작 자세를 선택하는데 있어서 도움이 될 수 있을 것이며, 이에 본 연구는 다양한 자세에서 압력바이오피드백 장비를 적용하고 복부 드로잉을 수행하였을 때 각 자세가 복부근육들의 두께 변화에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하였다.

## 연구 방법

### 연구 대상

본 연구는 전체적인 실험 과정과 방법 및 목적에 대한 충분한 설명을 들은 후 실험 동의서를 읽고 자발적으로 실험 참가에 동의한 부산에 거주하고 있는 20대에서 30대까지의 건강한 일반인 30명을 대상으로 연구 윤리를 준수하며 진행하였다. 불편함 없이 바로 누운 자세, 무릎 세우고 누운 자세, 네발기기 자세, 앉은 자세, 벽에 기대고 선 자세가 유지 가능한 자, 신체질량지수(BMI)가 18.5-24.9 kg/m<sup>2</sup>에 해당되는 자, 훈련에 의해 복부 드로잉을 수행할 수 있고, 안정시 압력바이오피드백 장치의 압력을 40 mmHg로 유지 가능한 자를 대상으로 하였고, 지난 6개월 동안 허리에 근골격계 통증을 경험한 적이 있는 자, 신경계 또는 심혈관계 질환이 있는 자, 척추와 팔, 다리에 정형외과적 질환이 있는 자, 압력바이오피드백 장비를 이용한 복부 드로잉 훈련 경험이 있는 자는 제외하였다. 대상자의 기본 정보를 분석하기 위해 성별, 연령, 신장, 체중, 신체질량지수를 포함한 특성을 조사하였다.

### 연구 절차

본 연구에서는 대상자들에게 편안한 복장을 하도록 하고 복부근육의 두께 변화를 측정하기에 앞서 복부 드로잉에 대한 내용을 숙지하게 하기 위해 숙련된 물리치료사를 통하여 다양한 자세마다 5 분간 복부 드로잉을 교육하고 연습하게 하였다. 복부 드로잉을 숙지하게 한 후 치료사의 “시작” 구호와 함께 각 자세에서 복부 드로잉을 실시하며 드로잉 수행 중에 복부근육을 측정하였다. 모든 측정은 3 번 반복측정하고 평균값을 데이터 분석에 사용하였다. 연속적인 측정으로 인해 발생할 수 있는 근피로를 피하기 위하여 각 자세에 따른 측정 후

5 분간 휴식을 취하도록 하였다. 대상자에게서 측정된 복부근육들의 두께 변화를 통해 각 자세 간의 근육 수축 차이를 비교하였다.

## 측정 방법 및 도구

### 다양한 자세와 복부 드로잉

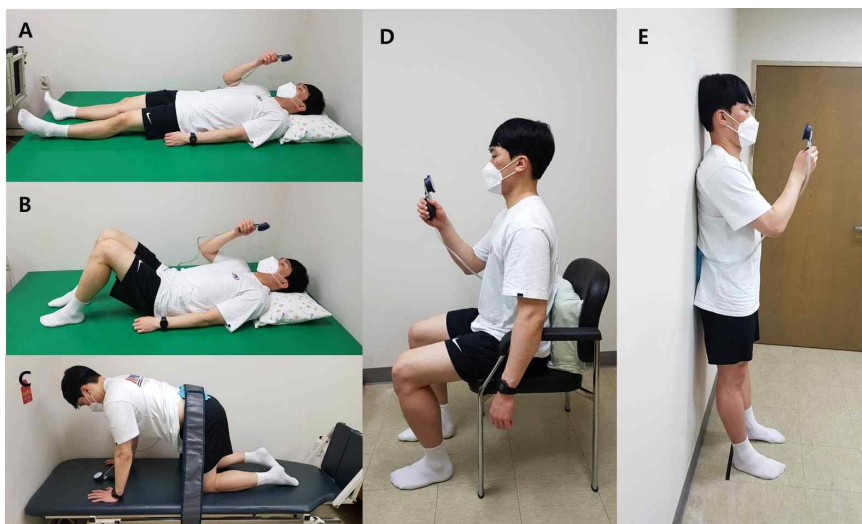
본 연구에서 실험한 다양한 자세는 다섯 가지로 바로 누운 자세, 무릎 세우고 누운 자세, 네발기기 자세, 앉은 자세, 벽에 기대고 선 자세이며 번호표를 사용하여 무작위 순서로 진행하였다. 대상자들에게 복부 드로잉을 교육하고 각 자세에서 복부 드로잉을 일정하게 유지하게 하기 위하여 압력바이오피드백 장비(Stabilizer™, Chattanooga Group Inc., Hixon, USA)를 사용하였다. 모든 자세에서 자연스럽게 골반과 허리를 위치시키고 공기주머니 아랫면은 위뒤엉덩뼈가시 위치에 옆으로 향해서 배치하였다. 바로 누운 자세와 무릎 세우고 누운 자세는 바닥과 대상자의 허리 사이에 고정하고, 네발기기 자세는 대상자의 팔과 다리가 바닥면과 90도가 되도록 하여 손목은 어깨 아래, 무릎은 엉덩관절 아래에 놓이게 하였고, 허리 뒤에 일시적인 단단한 지지면 제공을 위하여 제작된 특별한 장치에 공기주머니를 대상자의 신체 사이즈에 맞게 조정하여 미끄러지지 않게 잘 고정하였다. 앉은 자세는 등받이가 있는 의자에 엉덩이 끝이 의자의 끝부분과 최대한 밀착이 되도록 한 후 척추를 중립위치로 유지하도록 하였고, 벽에 기대고 선 자세는 양쪽 엉덩관절은 약간 굽히고 무릎 관절은 완전히 편 상태로 벽과 뒤꿈치 사이가 6인치 간격을 유지하도록 하면서 대상자의 허리와 의자 등받이 또는 벽 사이에서

공기주머니를 미끄러지지 않게 잘 고정하였다(Figure 1).

척추를 중립위치에 두고 자세가 준비되면 공기주머니의 압력을 40 mmHg로 팽창 시켰다[17]. 복부 드로잉 동안 대상자들에게 “배꼽을 척추 쪽으로 당기세요” 라는 구두명령과 함께 배꼽을 위쪽과 뒤쪽으로 당겨서 배가 날숨처럼 약간 오목하게 보이도록 하고 척추 또는 골반의 움직임을 동반하지 않도록 주문하였다[11, 18]. 동작 수행 중에 압력을 0~2 mmHg까지 증가하도록 하고 정상적으로 호흡하면서 유지하도록 하며[13], 위쪽 몸통이 긴장하지 않도록 주문하였다. 드로잉 시작과 함께 “소변을 참듯이 아랫배에 힘을 주세요” 라는 구두명령을 하여 골반바닥근이 함께 수축할 수 있도록 주문하였다[19]. 압력 게이지는 대상자가 보기 편한 위치에서 스스로 확인하며 드로잉을 유지할 수 있도록 하였다.

### 초음파 측정

복부근육 두께 측정을 위해 각 자세에서 이완된 상태와 복부 드로잉을 유지하는 동안 초음파 장비(SONON-300L, Healerion Co., Ltd., Korea)로 왼쪽 배가로근, 배속빗근, 배바깥빗근의 영상을 수집하였다. 초음파 장비는 B-mode를 사용하고 영상 촬영 주파수는 7.5 MHz로 하며, 선형 탐촉자를 사용하였다. 근육의 근막선이 화면에서 일직선을 유지할 수 있도록 조절하고 수집된 영상에서 Image J 소프트웨어를 이용하여 복부근육의 두께를 측정하였다. 표준화된 초음파영상을 얻기 위해 탐촉자는 갈비연골과 엉덩뼈능선 사이의 중간지점에 겨드랑선과 수직이 되도록 놓았다[20]. 초음파를 이용한 각 근육의 측정부위는 배가로근의 가장 내측모서리로부터 수평



**Figure 1.** Abdominal drawing-in maneuver with pressure biofeedback unit

(A: supine, B: hook-lying, C: quadruped, D: sitting, E: wall support standing)

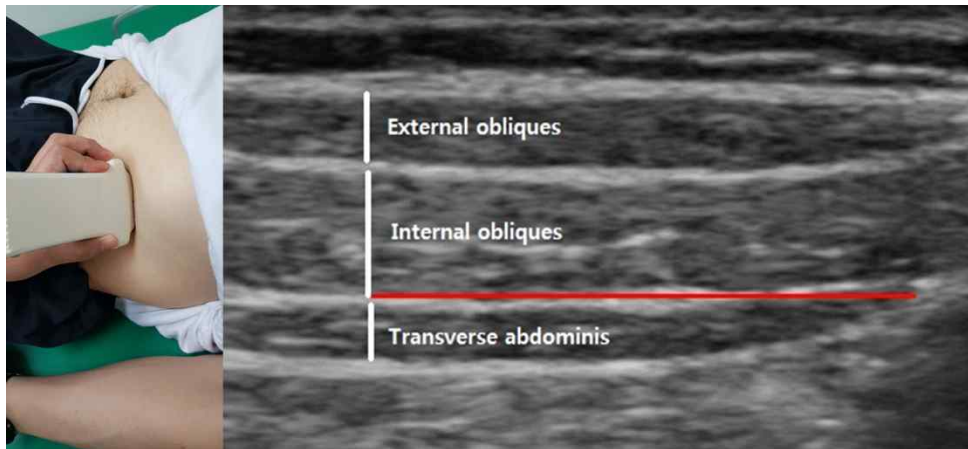


Figure 2. Ultrasound image of abdominal muscles

선 상 2.5cm 위치에 수직선을 그어 선상에 해당되는 근육의 두께를 측정하였다[21]. 호흡에 의한 오차를 줄이기 위하여 이완된 상태와 운동 시작 후 세 번째 날숨 종료 시점에서 영상을 수집하였다(Figure 2).

**복부근육별 두께 변화**

복부 드로잉을 수행하는 동안 복부근육의 두께 변화를 보기 위하여 이완된 상태와 수축된 상태의 근육별 두께 변화를 환산하여 자세 간에 비교하였다.

각 복부근육 두께 변화  
 = 각 근육의 수축시 두께 - 각 근육의 이완시 두께

**배가로근 선택적 활성화 비율(Preferential activation ratio)**

배속빋근과 배바깥빋근 그룹에 대한 배가로근의 상대적인 공동 활성을 측정하기 위해 선택적 활성화 비율(PAR)을 환산하여 비교하였다[15].

$$PAR = \frac{TrA \text{ 수축시 두께}}{TrA, EO, IO \text{의 수축시 두께 합}} - \frac{TrA \text{ 이완시 두께}}{TrA, EO, IO \text{의 이완시 두께 합}}$$

**자료 분석**

본 연구에서는 SPSS 26.0 통계프로그램을 이용하여 기술통계를 통해 대상자의 일반적인 특성을 평균과 표준편차로 산출하였고, 다섯 가지 자세에서 이완된 상태와 복부 드로잉 수행 시의 복부근육별 두께를 비교하기 위하여 대응표본 T검정을 실시하였다. 그리고 다섯 가지 자세 간에 각 근육의 두께 변화, 배가로근의 선택적 활성화 비율을 비교해 보기 위하여 반복측정분산분석

(Repeated measures ANOVA)를 이용하여 분석하였고 자세에 따른 차이는 Bonferroni 방법을 이용한 다중비교로 비교하였다. 유의수준( $\alpha$ )은 0.05로 설정하였다.

**연구 결과**

**연구 대상자들의 일반적인 특성**

본 연구에는 남자 13명, 여자 17명으로 총 30명이 참여 하였으며, 평균 연령은 25.37±2.41세, 평균 신장은 165.43±8.26 cm, 평균 체중은 59.40±9.92 kg, 평균 신체질량지수는 21.57±2.11 kg/m<sup>2</sup>이었다.

**복부근육별 두께 변화 비교**

각 자세별로 이완된 상태와 압력바이오피드백 장비를 이용한 복부 드로잉 수행 시 배가로근과 배속빋근의 두께 변화는 모든 자세에서 유의한 차이가 있었다( $p < 0.001$ ). 복부 드로잉에 따른 배가로근과 배속빋근 두께 변화량의 각 자세 간 비교에서도 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 배가로근은 무릎 세우고 누운 자세와 벽에 기대고 선 자세 간, 바로 누운 자세와 벽에 기대고 선 자세 간에 유의한 차이를 보였고, 배속빋근은 무릎 세우고 누운 자세와 앉은 자세 간에 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ).

각 자세별로 이완된 상태와 압력바이오피드백 장비를 이용한 복부 드로잉 수행 시 배바깥빋근의 두께 변화는 모든 자세에서 유의한 차이를 보이지 않았다( $p > 0.05$ ). 복부 드로잉에 따른 배바깥빋근 두께 변화량의 각 자세 간 비교에서도 통계적으로 유의한 차이가 없었다( $p > 0.05$ )(Table 1).

**Table 1.** Compared thickness of abdominal muscle fiberon each posture abdominal drawing-in maneuver exercises.

Posture	Muscle	Rest	ADIM	Value difference	t	p
HK	TrA	2.70±0.77	5.05±1.57	2.35±1.42 <sup>a</sup>	9.054	0.000*
	IO	5.76±1.53	7.38±2.37	1.62±1.46	6.087	0.000*
	EO	3.66±1.57	3.53±1.44	-0.13±0.69	-1.022	0.315
QP	TrA	2.89±0.96	4.77±1.70	1.89±1.46	7.065	0.000*
	IO	6.22±1.40	8.62±2.75	2.40±2.36	5.579	0.000*
	EO	3.89±1.10	4.20±1.66	0.31±1.32	1.283	0.210
SIT	TrA	2.65±0.94	4.23±1.76	1.58±1.30	6.638	0.000*
	IO	5.44±1.68	8.49±2.88	3.05±2.22 <sup>b</sup>	7.535	0.000*
	EO	3.78±1.33	3.65±1.41	-0.14±0.60	-1.234	0.227
WSS	TrA	2.83±1.27	4.12±1.80	1.29±0.85	8.291	0.000*
	IO	6.24±2.20	9.22±2.76	2.98±2.24	7.290	0.000*
	EO	3.69±1.19	3.39±1.35	-0.30±0.81	-2.032	0.051
SUP	TrA	2.66±0.68	5.12±1.36	2.45±1.32 <sup>a</sup>	10.174	0.000*
	IO	5.68±1.53	7.60±2.05	1.92±1.19	8.874	0.000*
	EO	3.71±1.38	3.66±1.41	-0.05±0.61	-0.427	0.672
p	TrA			0.000*		
	IO			0.013*		
	EO			0.220		

The values are presented mean (SD)

HK: hook-lying, QP: quadruped, SIT: sitting, WSS: wall support standing, SUP: supine, ADIM: abdominal drawing-in maneuver, TrA: Transverse abdominis, EO: External obliques, IO: Internal obliques

\*p < 0.05

<sup>a</sup>Significant difference with wall support standing position(p < 0.001).

<sup>b</sup>Significant difference with hook-lying position(p < 0.05).

### 자세 간 배가로근의 선택적 활성화 비율 비교

압력바이오피드백 장비를 이용한 복부 드로잉 수행 시 각 자세 간의 배가로근의 선택적 활성화 비율은 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p < 0.001). 다중비교에서는 무릎 세우고 누운 자세와 네발기기 자세 간, 무릎 세우고 누운 자세와 앉은 자세 간, 무릎 세우고 누운 자세와 벽에 기대고 선 자세 간, 네발기기 자세와 바로 누운 자세 간, 앉은 자세와 바로 누운 자세 간, 벽에 기대고 선 자세와 바로 누운 자세 간에 유의한 차이를 보였다(p < 0.05)(Table 2).

### 고찰

본 연구는 일상생활과 물리치료 환경에서 접할 수 있는 다양한 자세에서 압력바이오피드백 장비를 적용한 복부 드로잉 시 복부 안정화에 중요한 근육들의 두께

**Table 2.** Compared preferential activation ratio of transverse abdominis fiber.

Posture	PAR	F	p
HK	0.10±0.07 <sup>abc</sup>		
QP	0.05±0.06		
SIT	0.03±0.05	12.864	0.000*
WSS	0.02±0.04		
SUP	0.09±0.06 <sup>abc</sup>		

The values are presented mean (SD)

HK: hook-lying, QP: quadruped, SIT: sitting, WSS: wall support standing, SUP: supine, PAR: preferential activation ratio

\*p < 0.05

<sup>a</sup>Significant difference with quadruped position(p < 0.05).

<sup>b</sup>Significant difference with sitting position(p < 0.05).

<sup>c</sup>Significant difference with wall support standing position (p < 0.05).



변화를 확인하여 자세 간에 비교해보고 임상에서 복부 안정화 운동 시에 활용할 수 있는 기초자료를 제시하고자 하였다.

몸통 안정성에 문제가 발생하면 허리에 통증이 발생할 수 있다. 몸통의 불안정성을 해소하기 위한 안정화 운동 방법 중 하나인 복부 드로잉 방법은 복부 안정화 근육 중 선행적 자세조절과 관련된 배가로근에 대한 선택적인 수축을 유도하는 운동법이다. 복부 드로잉은 일반적으로 바로 누운 자세에서 허리 밑에 압력바이오피드백 장비를 적용하여 시각적 피드백을 한 상태에서 실시할 수 있다[16]. 압력바이오피드백 장비는 몸통 안정화 운동 시 근육이 수축할 때 그 힘을 기구에 전달하여 내부 압력의 증가로 팽창되는 비탄력적 장치이자 해당하는 압력을 표시해 주는 기구로서, 목표 근육의 운동을 돕는 역할을 하여 선택적 깊은근육을 훈련하기 위해 적합하다[22, 23]. Lee 등[24]의 연구에서는 허리 골반의 안정성을 위해 압력바이오피드백 장비를 사용할 때의 장점을 제안하고 압력바이오피드백 장비를 사용한 복부 수축 운동이 배속빚근의 수축력을 증진하고 배가로근의 향상을 이끌었다고 보고했다. 그리고 Kim 등[25]의 연구에서는 자가 촉진으로 복부 안정화 훈련을 하는 것에 비해 압력바이오피드백 장비를 사용하는 것이 다른 근육에 영향을 미치지 않고 배가로근만을 수축하는 훈련에 도움이 될 수 있다고 하였다. Park과 Lee[13]의 연구에서는 운동 시작시 공기주머니의 압력을 40 mmHg로 유지한 상태에서 약 0 mmHg 정도의 약간의 증가를 촉진하는 운동이 배가로근을 선택적으로 촉진하는데 바람직하다고 하였다.

압력바이오피드백 장비를 적용한 복부 드로잉 시 배가로근의 두께 변화량을 확인한 본 연구의 결과에서는 바로 누운 자세, 무릎 세우고 누운 자세, 네발기기 자세, 앉은 자세, 벽에 기대고 선 자세 모두에서 운동 전 후에 유의한 차이를 보였고, 자세 간의 변화량 차이를 비교한 결과에서도 가장 많은 두께 변화를 보인 바로 누운 자세와 무릎 세우고 누운 자세는 가장 적은 변화를 보인 벽에 기대고 선 자세와 유의한 차이를 보였다. 배속빚근의 두께 변화도 모든 자세에서 운동 전 후에 유의한 차이를 보였다. 자세 간의 변화량 차이를 비교한 결과에서도 가장 많은 두께 변화를 보인 앉은 자세는 가장 적은 변화를 보인 무릎 세우고 누운 자세와 유의한 차이를 보였다. 배바깥빚근의 두께 변화는 모든 자세에서 운동 전 후에 유의한 차이를 보이지 않았고, 자세 간에도 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 복부 드로잉 수행 시 각 자세 간의 배가로근의 선택적 활성화 비율은 유의한 차이가 있었다. 무릎 세우고 바로 누운 자세와 바로 누운 자세에서 가장 많은 비율의 선택적인 활성을

보여 주었고 앉은 자세와 벽에 기대고 선 자세에서 가장 낮은 비율의 선택적인 활성을 보였다.

선택적 활성화 비율의 높은 값은 배가로근의 상대적으로 큰 변화 비율과 수축을 나타내는 반면, 낮거나 음의 값은 배속빚근과 배바깥빚근 두께 합인 상대적 변화가 더 크다는 것을 나타낸다[15]. 본 연구에서 확인된 선택적 활성화 비율에서는 다섯 가지 자세 모두에서 음의 값이 없었으며 배속빚근과 배바깥빚근의 두께 변화 비율에 비해 배가로근의 변화 비율이 상대적으로 많았다.

Manshadi 등[26]의 연구에 따르면 남녀 모두 누운 자세에서 복부 드로잉을 하는 동안 배가로근의 두께 변화 증가가 선 자세 보다 많았으며, 남성의 경우는 선 자세에서 누운 자세보다 배속빚근과 배바깥빚근의 더 큰 두께 증가를 보였다. 본 연구에서는 선 자세와 누운 자세에서 복부 드로잉을 하는 동안 배바깥빚근의 두께가 유의하게 증가하지 않았지만, 바로 누운 자세나 무릎 세우고 누운 자세에서의 배가로근 두께 변화와 선택적 활성화 비율이 벽에 기대고 선 자세보다 높은 값을 보여 유사한 결과를 보였다. 이러한 결과는 아마도 중력에 대항하여 직립을 유지해야하는 선 자세에서 몸통과 골반의 올바른 정렬과 중립자세를 유지하기 위한 몸통 근육과 다리 근육의 협응 패턴에 따라 골반의 기울임을 조정하기 위해 배속빚근이 강하게 작용하였기 때문인 것으로 생각된다. 그리고 누운 자세들은 복부 드로잉을 하는 동안 배가로근의 운동면이 중력과 평행했지만, 선 자세는 중력과 수직으로 작용하여 복부의 압력을 높이기 위한 활동이 비교적 어려웠고, 직립과 균형 유지의 기능적인 과제 달성을 위해 다른 복부근육과 직립에 필요한 근육들이 안정적으로 수축할 수 있도록 협응하여 적절히 조절되면서 활성이 이루어진 결과일 것으로 사료된다.

Sparkes 등[27]은 20명의 젊고 건강한 개인에 대한 근전도 연구에서 3점 무릎 꿇기 운동과 2점 무릎 꿇기 운동의 안정화 운동 비교 시 안정성 수준이 감소하면 배가로근과 함께 배속빚근의 활동이 발달함을 보여주었다. 특히 척추 안정화에서 배속빚근의 중추적인 역할을 강조하였다. 배속빚근은 배바깥빚근 및 배가로근에 비해 직립 안정성 유지를 위해 더욱 많은 역할을 한다고 하였다[28]. 본 연구에서도 누운 자세들에 비해 중력에 대항하여 직립한 자세인 앉은 자세와 벽에 기대고 선 자세에서 배속빚근의 두께 변화량이 가장 많았다. 특히 앉은 자세가 더 변화량이 많았던 건 벽에 기대고 선 자세에 비해 앉은 자세의 몸통과 머리 뒤 지지면이 부족하여 중력에 대한 영향을 더욱 많이 받아 복부근육의 수축 시 변화량에 영향을 끼쳤을 것으로 사료된다.

Chanthapetch 등[29]의 연구에서는 누운 자세, 옆드린 자세, 네발기기 자세 그리고 벽에 기대 선 자세들 모

두 복부 드로잉 수행 시 배곧은근과 배바깥빗근의 활동을 최소화 하면서 배가로근, 배속빗근의 독립적인 활동을 촉진할 수 있는 자세라고 하였고, 네발기기 자세에서 복부 두께 변화를 비교한 선행 연구들에서는 전반적으로 배가로근, 배속빗근, 배바깥빗근의 두께가 증가되었으며[30, 31], 모든 자세에서 복부 드로잉을 하는 동안 배가로근 MVC의 25% 정도를 유지하여 권장되는 배가로근의 활동 수준을 보였다[18].

본 연구에서도 복부 드로잉 수행 시 모든 자세에서 배가로근과 배속빗근의 두께 변화량 증가를 볼 수 있었다. 그리고 유의하지 않지만, 네발기기 자세에서 배바깥빗근의 두께 변화량 증가를 보이고 나머지 자세들에서는 모두 감소된 두께 변화량을 보였다. 네발기기 자세에서는 근긴장의 정도에 따라 소화 기관의 무게가 복부 벽을 아래로 당기게 되는데[32], 복부 내용물의 무게에 대하여 대근육인 배바깥빗근이 보상하여 작용한 것으로 사료되고, 배바깥빗근은 앞뒀니근, 넓은등근과 기시점이 서로 맞물려 있어서 앞뒀니근과 넓은등근의 활동이 요구되는 팔굽혀펴기 자세와 같은 등척성 운동을 할 때 활동성이 증가한다고 하였으며[33, 34], 이러한 원인들이 두께 변화량 증가에 영향을 끼쳤을 것으로 생각된다.

이러한 연구들과 본 연구를 바탕으로 다양한 자세에서의 복부 드로잉이 배가로근과 배속빗근과 같은 몸통 깊은근육을 활성화 하면서 배바깥빗근과 같은 얇은근육의 활동을 최소화하여 몸통 안정성을 제공하는데 효과적이라는 것을 알 수 있다[35]. 그리고 압력바이오피드백 장비를 적용한 복부 드로잉 시 자세 간 특성에 따라 복부근육 별로 수축의 정도와 배가로근에 대한 선택적인 수축 결과가 다른 것을 알 수 있다.

국소근육 중 하나인 배가로근은 팔다리가 움직임을 발생하기 전에 안정된 자세를 위한 가장 먼저 작용하는 근육으로 몸통의 안정성에 기여하며, 수축이 늦어지면 팔다리 움직임 시 몸통의 안정성을 제공하지 못하여 허리 골반의 기능장애가 발생할 수 있다[7, 36]. 배가로근의 양쪽 활성화는 갈비뼈들, 백선, 그리고 배속빗근과 배바깥빗근을 위한 부착부위를 제공하는 등허리근막을 안정화 시킨다[37]. 배속빗근은 배가로근과 함께 허리 골반의 회전 정도를 감소시켜 몸통 안정성에 기여하고, 대근육인 배바깥빗근은 주로 몸통의 회전력(torque)을 생성하며 골반과 몸통의 큰 움직임을 만들어 전체적인 몸통 안정성에 관여한다. 몸에 가해지는 중력이나 무거운 물건을 들어 올리는 작업 등 외적 부하에 대해 균형을 유지하는 안정성과 관련된 근육 중에 하나로 배바깥빗근이 포함되며, 척추의 굽이를 유지하고 척추의 앞·뒤쪽, 가쪽의 안정성을 유지하는데 중요한 역할을 하는 근육 중에 하나로 배속빗근이 포함된다[38, 39]. 몸통의

안정성은 많은 몸통 근육의 조화된 활동에 의존하는 것으로 척추의 앞·뒤쪽, 가쪽에 있는 근육들의 안정된 강한 수축력을 생산하고 순간적인 자세와 속도 그리고 척추에 부과되는 다양한 부하상태에서 안정성을 확보하기 위해 협력수축을 해야 한다[5, 40]. 복부근육의 상대적인 약화는 골반의 앞기울임과 허리 앞굽음을 증가시켜 요통을 유발하게 될 수 있다고 하였다[41].

따라서 몸통 안정화에 있어 배가로근의 선택적인 훈련뿐만 아니라 배속빗근과 배바깥빗근이 상대적으로 약화를 보이는 대상자에게는 적절한 몸통 안정화 훈련의 선택이 필요할 것으로 사료되며, 기능적인 동작을 훈련하기 위해 목적이나 대상자의 기능과 환경에 맞추어 바로 누운 자세, 무릎 세우고 누운 자세, 네발기기 자세, 앉은 자세, 벽에 기대고 선 자세 중에서 적절한 시작 자세를 선택하게 된다면 효율적이고 정확한 운동에 도움이 될 수 있을 것이라 생각된다.

본 연구의 제한점으로 첫째, 일상생활 및 물리치료에서 접할 수 있는 다양한 자세를 통해 압력바이오피드백 장비를 적용한 복부 드로잉 수행 시 복부 근육 수축 능력을 비교하려 하였으나 엎드려 누운 자세, 옆으로 누운 자세, 길게 앉은 자세 등 비교해 보지 못한 자세가 많으며, 추후에는 자세의 범위를 확대하여 비교해보아야 할 것이다. 둘째, 본 연구는 20대에서 30대까지 정상범위 BMI 수준의 건강한 일반인을 대상으로 한 연구로 진행되었으나, 급성 또는 만성 근골격계 통증, 저체중 또는 과체중, 척추 측만증과 같은 기능적 또는 구조적 변형 등 안정화 운동과 관련이 깊은 다양한 대상자들에 대한 연구도 필요해 보이며, 셋째, 초음파 영상 측정에 영향을 줄 수 있는 복부지방률(WHR)을 고려한 측정과 지표의 제시가 필요할 것으로 사료된다.

## 결론

본 연구의 결과를 종합하여 보면 압력바이오피드백 장비를 적용한 복부 드로잉 시 연구에 적용된 모든 자세에서 복부근육 중 배가로근을 선택적으로 수축하는 것이 가능하며, 자세별로 복부근육들의 수축 차이가 존재한다는 것을 확인 할 수 있었다. 몸통 안정화에 있어서 복부근육들의 중요성은 간과 할 수 없으며, 따라서 안정화 운동을 위해 압력바이오피드백 장비를 적용한 복부 드로잉을 수행할 시 강조하고자 하는 근육과 대상자의 기능적인 능력에 따라 자세를 선택하여 실시하게 된다면 효율적이고 정확한 중재에 도움이 될 수 있을 것으로 보인다.

## 참고문헌

1. Panjabi MM. Clinical spinal instability and low back pain. *J Electromyogr Kines.* 2003;13:371-9.
2. Graves JE, Pollock ML, Carpenter DM, Leggett SH, Jones A, MacMillan M, et al. Quantitative assessment of full range-of-motion isometric lumbar extension strength. *Spine.* 1990;15:289-94.
3. Vera-Garcia FJ, Elvira JL, Brown SH, McGill SM. Effects of abdominal stabilization maneuvers on the control of spine motion and stability against sudden trunk perturbations. *J Electromyogr Kines.* 2007;17:556-67.
4. Andersen TB, Essendrop M, Schibye B. Movement of the upper body and muscle activity patterns following a rapidly applied load: the influence of pre-load alterations. *Eur j Appl Physiol.* 2004;91:488-92.
5. McGill SM, Grenier S, Kavcic N, Cholewicki J. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *J Electromyogr Kines.* 2003;13:353-9.
6. Kim JS, Lee CH, Choe MJ, Lim YO, Jung CS, Kim SY. 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 Physi Ther.* 2005;11:1-10.
7. Kim TW, Kim YW. Effects of abdominal drawing-in during prone hip extension on the muscle activities of the hamstring, gluteus maximus, and lumbar erector spinae in subjects with lumbar hyperlordosis. *J Phys Ther Sci.* 2015;27:383-6.
8. Cresswell AG, Grundström H, Thorstensson A. Observations on intrabdominal pressure and patterns of abdominal intra-muscular activity in man. *Acta Physiol Scand.* 1992;144:409-18.
9. Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain: a motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine.* 1996;21:2640-50.
10. McGill SM. Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exerc Sport Sci Rev.* 2001;29: 26-31.
11. Kisner C, Colby LA. *Therapeutic Exercise: Foundation and techniques.* 6th ed: FA Davis Company; 2012.
12. Jung DE, Kim K, Lee SK. 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.* 2014;26:191-3.
13. Park DJ, Lee SK. What is a suitable pressure for the abdominal drawing-in maneuver in the supine position using a pressure biofeedback unit?. *J Phys Ther Sci.* 2013;25:527-30.
14. Yang SH, Jung ET. The Design of a Biofeedback Stabilizer for Back Pain Prevention and Treatment. *ADR.* 2013;26:379-92.
15. Teyhen DS, Miltenberger CE, Deiters HM, Del Toro YM, Pulliam JN, Childs JD, et al. The use of ultrasound imaging of the abdominal drawing-in maneuver in subjects with low back pain. *J Orthop Sport Phys.* 2005;35:346-55.
16. Kim SC, Kim SG, Kim CS. Effect of abdominal draw in maneuver in sitting position. *J. of RWEAT.* 2017;11:207-14.
17. Richardson CA, Hodges PW, Hides J. *Therapeutic Exercises for Lumbopelvic Stabilization.* second ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 2004.
18. Richardson CA, Jull GA. Muscle control-pain control. What exercises would you prescribe?. *Manual Ther.* 1995;1:2-10.
19. Critchley D. Instructing pelvic floor contraction facilitates transversus abdominis thickness increase during low-abdominal hollowing. *Physiother Res Int.* 2002;7:65-75.
20. McMeeken JM, Beith ID, Newham DJ, Milligan P, Critchley DJ. The relationship between EMG and change in thickness of transversus abdominis. *Clinbiomech.* 2004;19:337-42.
21. Ferreira PH, Ferreira ML, Hodges PW. Changes in recruitment of the abdominal muscles in people with low back pain: ultrasound measurement of muscle activity. *Spine.* 2004; 29:2560-6.
22. Yun KH, Kim K. Effect of craniocervical flexion exercise using sling on thickness of sternocleidomastoid muscle and deep cervical flexor muscle. *J Korean Soc Phys Med.* 2013;8:253-61.
23. Jull G, Richardson C, Toppenberg R, Comerford M, Bui B. Towards a measurement of active muscle



- control for lumbar stabilisation. *Aust J physiother.* 1993;39:187-93.
24. Lee JC, Lee SK, Kim K. Comparison of abdominal muscle activity in relation to knee angles during abdominal drawing-in exercises using pressure biofeedback. *J Phys TherSci.* 2013;25:1255-7.
25. Kim YK, Choi MR, Kim SJ, Lee KK, Kim HR. Self-palpation Feedback for Abdominal Hollowing Exercise. *A. J. Kinesiol.* 2018;20:43-50.
26. Manshadi FD, Parnianpour M, Sarrafzadeh J, Azghani M, Kazemnejad A. Abdominal hollowing and lateral abdominal wall muscles' activity in both healthy men & women: An ultrasonic assessment in supine and standing positions. *J Bodyw Mov Ther.* 2011;15:108-13.
27. Sparkes V, Lambert C, Keith A, Rees D, Terry G. Spinal stability exercises: evidence of preferential activation of internal oblique muscles in 3 and 2 point kneeling exercises. *Phys Ther Sport.* 2006;7:174-5.
28. Arjmand N, Shirazi-Adl A, Parnianpour M. Trunk biomechanics during maximum isometric axial torque exertions in upright standing. *Clin Biomech.* 2008;23:969-78.
29. Chanthapetch P, Kanlayanaphotporn R, Gaogasigam C, Chiradejnant A. Abdominal muscle activity during abdominal hollowing in four starting positions. *Manual Ther.* 2009;14:642-46.
30. Critchley DJ, Coutts FJ. Abdominal muscle function in chronic low back pain patients: measurement with real-time ultrasound scanning. *Physiotherapy.* 2002;88:322-32.
31. Park DJ. The effect of real-time ultrasound imaging feedback during abdominal hollowing in four point kneeling to healthy men. *J Korean Phys Ther.* 2010;22:1-6.
32. Norris CM. Functional load abdominal training: part 2. *PhysTher Sport.* 2001;2:149-56.
33. Juker D, McGill S, Kropf P, Steffen T. Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. *Med Sci Sport Exer.* 1998;30:301-10.
34. Queiroz BC, Cagliari MF, Amorim CF, Sacco IC. Muscle activation during four Pilates core stability exercises in quadruped position. *Arch Phys Med Rehab.* 2010;91:86-92.
35. Hodges PW, Richardson CA. Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. *Arch Phys Med Rehab.* 1999;80:1005-12.
36. Hodges PW, Bui BH. A comparison of computer-based methods for the determination of onset of muscle contraction using electromyography. *Electroen Clin Neuro.* 1996;101:511-9.
37. Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system; Foundation for rehabilitation.* Saint Louis: Mosby & Elsevier; 2010.
38. Akuthota V, Nadler SF. *Rehabilitation and Core Stability.* *Arch Phys Med Rehab.* 2004;85:86-92.
39. Bergmark A. Stability of the lumbar spine: a study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand.* 1989;60:1-54.
40. Gardner-Morse MG, Stokes IA. The effects of abdominal muscle coactivation on lumbar spine stability. *Spine.* 1998;23:86-91.
41. Kendall FP, McCreary EK., Provance PG. *Muscles testing and function.* 4th ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 1993.