

Comparison of Abdominal Muscle Activity Between the Abdominal Bracing Technique Emphasizing Inhalation and the General Bracing Technique and Hollowing Technique

Kyoungup Yun^a, Ki-Bum Jung^a, Yongwoo Lee^a

^aDepartment of Physical Therapy, College of Health and Welfare, Sahmyook University, Seoul, Republic of Korea

Objective: This study aimed to investigate the abdominal muscle activity difference while performing the abdominal bracing technique focusing on inspiration (abdominal bracing group), the general abdominal bracing technique (general bracing group), and the abdominal hollowing technique (abdominal hollowing group)

Design: A cross-sectional study design.

Methods: Thirty-three healthy participants were recruited for this study. The participants were allocated to 3 different groups; Abdominal bracing group, general bracing group, and abdominal hollowing group. The surface electromyography was placed over the rectus abdominis, external oblique, and internal oblique muscles to collect the activation of abdominal muscles during the trial.

Results: The muscle activity of the abdominal bracing group and general bracing groups was significantly higher in all abdominal muscles than in the abdominal hollowing group ($p < 0.05$) Both rectus abdominis and external oblique muscles showed higher muscle activations in the abdominal bracing group over the general bracing group ($p < 0.05$). However, the ratio of bilateral external obliques and rectus abdominis to bilateral internal obliques was highest when the hollowing technique was applied ($p < 0.05$).

Conclusions: The results of study showed the abdominal bracing technique that emphasized inhalation rather than the abdominal hollowing technique or general abdominal bracing technique increased the activity of the abdominal muscles. Therefore, this study is considered to be a data for effective training if the abdominal bracing technique that emphasizes inhalation is applied as a method to increase the activation of the abdominal muscles.

Key Words: Electromyography, abdominal muscle, inhalation, core stability, exercise therapy, low back pain

서론

요통은 30-40대 사이에 주로 발생하며 그중 60~80%가 한번은 요통을 경험하고 있다[1,2]. 요통은 막대한 사회경제적 비용을 유발하지만 낮은 치료율과 높은 재발률을 보인다[3]. 요통은 다양한 원인들이 있는데, 선행 연구에서는 근골격계의 손상과 척추를 둘러싼 근육의 약화와 고유 수용성 감각 기능 결함이 만성 요통의 흔한 원인으로 이야기하고 있다[4]. 허리 불안정성은 요추에 작은 힘이 가해질 때 정상 운동 범위를 벗어나 전위가 발생함으로써 통증이 나타나는 증상을 말하는 것으로

로 Frymoyer와 Selby[5]는 일반적으로 외부의 하중을 견디는 척추의 강직도가 결여되어 통증을 초래하는 상태라고 하였다. 체간 안정화 운동이란 체간 안정성을 증가시키기 위해 척추 주변 근육들의 동시 수축을 발달시켜 척추 관절의 강성을 높이는 모든 운동이다[6]. 복부 근육을 활성화하여 체간의 안정성을 향상시키는 방법으로 복부 수축기법이 있는데[7], 대표적으로 복부 브레이싱 기법(abdominal bracing)과 복부 할로잉 기법(abdominal hollowing)이 있다[8, 9].

Richardson과 Jull[10]에 의해서 고안된 복부 할로잉 기법은 척추의 움직임 없이 다른 표층 복부 근육들이

Received: Jun 20, 2022 Revised: Jun 28, 2022 Accepted: Jun 28, 2022

Corresponding author: Yongwoo Lee (ORCID <https://orcid.org/0000-0001-9978-1924>)

Department of Physical Therapy, College of Health and Welfare, Sahmyook University.

815 Hwarang-ro, Nowon-gu, Seoul, Republic of Korea

Tel: +82-2-3399-1636 Fax: +82-2-3399-1638 E-mail: yongwo2@syu.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

수축하는 것보다 복횡근이 선행되어 수축 되도록 하여 척추의 안정성을 증가시키는 것을 의미한다[10-12]. 복부 할로잉 기법은 척추, 늑골, 골반의 움직임 없이 배 벽을 배 안쪽으로 당김으로써 복횡근의 독립된 수축을 유도한다[13]. 이 기법은 요통환자의 통증 경감에 효과적이고[14], 일반적인 안정화 운동들보다 복횡근의 단면적을 개선하는데 더 좋은 결과를 보였다[15, 16]. 반면 복부 브레이싱 기법은 특정한 근육의 동원에 초점을 맞추지 않고 복횡근을 포함한 허리 주변의 모든 근육들을 수축시키는 방법이다[17]. 이 기법은 척추의 강성을 증가시켜 체간 안정성을 높이게 된다[18]. McGill과 Karpowicz[8]에 의하면 브레이싱 기법은 체간을 이루는 심부와 표층 근육간의 잘 조화된 수축이 복부를 단단하게 만들어서 복강내압을 증진시켜 체간의 안정성 증진 뿐 만 아니라 골반부의 안정성도 증진시킨다고 했다. 현재까지 두 가지 복부 수축기법을 비교한 연구들에서 체간 안정성 지수는 복부 브레이싱 기법이 복부 할로잉 기법보다 높았다[17]. 교각운동에서 복부 브레이싱 기법시 복부 할로잉 기법시보다 체간의 표층과 심층 근육 모두에서 높은 근 활성도를 보였고, 복부 브레이싱 기법은 체간의 근력을 균형적으로 발달 시킬 수 있다고 하였다[19]. 갑작스러운 움직임에 대해 복부 브레이싱 기법이 체간의 동시 수축을 유발시켜 복부 할로잉 기법보다 허리의 움직임을 감소 시키고 체간의 안정성을 증가시켰다[18].

한편 흡기는 복강 내압을 증가시킨다[20]. 복강 내압이 상승하게 되면 복강 내 모든 방향으로 고르게 압력이 분산 되고 이런 압력의 증가는 허리 전만각을 줄이고 척추 강성을 증가 시키게 된다[21, 22]. Frank 등[23]과 Nouwen 등[24]은 복식호흡을 실시하면 복부 근육과 체간 근육들에 작용하는 내부압력이 발생하게 되고, 이에 저항하기 위해 복부근육들이 효율적으로 작용하게 되어 요통환자들의 근 활성 패턴에 변화를 주게 된다고 하였다. 또한 노력성 호흡은 복부 근육을 포함한 체간 근육 활성도를 더 향상시킨다고 하였다[25, 26]. 증가된 복강 내압과 체간 근육들의 활성화는 척추의 강성을 높이게 된다[27, 28]. 따라서 복부 수축 기법 중 브레이싱을 적용할 때 흡기를 강조한다면 복부 근육의 활성화와 척추의 강성이 증가할 것이라 생각된다.

이렇듯 지금까지 복부 수축 기법과 관련된 많은 연구들이 있었음에도 허리 통증 환자에게 가장 적합한 방법에 대한 연구자들 간의 합의는 없었다[18]. 또한 브레이싱 기법 적용시에 흡기를 강조한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 일반적인 복부 브레이싱 방법, 흡기를 강조한 브레이싱 방법, 그리고 복부 할로잉 방법을 적용했을 시 복부 근육들의 근 활성도 차이를 알아보고, 심부 복부 근육에 대한 표층 복부 근육의

근 활성도 비율을 확인하여 치료적 운동 처방의 기초자료로 이용하고자 함이다.

연구 방법

연구 대상

본 연구는 서울에 있는 S 대학교에 재학 중인 건강한 젊은 성인 남녀 33명을 대상으로 진행하였다.

대상자 선정기준은 근골격계 및 신경계, 심폐 질환 및 통증이 없으며 실험의 내용을 이해하고 동작 수행에 문제가 없는 성인으로 하였다. 대상자의 제외 기준은 실험의 내용을 이해하지 못하고 동작 수행이 어렵거나 다리 쪽으로 신경학적 증상이 있거나 척추 수술이나 약물 치료를 받은 경험이 있는 자로 하였다.

본 연구의 대상자는 실험을 이해하고 과정과 예상 효과에 대한 충분한 설명을 들은 후 동의서에 서명한 자만 대상으로 하였으며 삼육대학교 연구윤리위원회의 승인(2-1040781-A-N-012021105HR)을 받은 후 진행하였다.

표본의 크기는 G*power 소프트웨어(version 3.1.9.4, Heinrich-Heine-University Düsseldorf, Düsseldorf, Germany)를 사용하였다[29]. 건강한 사람을 대상으로 복부 브레이싱 기법과 복부 할로잉 기법이 복부 근육 두께에 미치는 영향을 알아본 Madokoro 등[30]의 연구는 복부근육의 근 두께 변화 값을 통해 0.25의 효과 크기를 산출하였다. 이 효과 크기를 산출하기 위해 유의 수준 0.05, 검정력 0.8로 각각 설정한 후 일원배치분산분석(ANOVA)에 필요한 표본 크기를 계산한 결과 30명이 나왔으며, 탈락율을 고려하여 33명을 모집하였다.

연구 절차

본 연구는 대상자 선정조건에 부합하는 건강한 젊은 성인 남녀 33명을 연구 참여자로 정하여 모집하였다. 실험 시작 전 성별, 나이, 신장, 체중 등의 일반적 특성을 기록하였고 선정된 대상자 33명은 준비뿔기 방식으로 무작위 선정하여 흡기를 강조한 복부 브레이싱 그룹, 일반적인 복부 브레이싱 그룹, 복부 할로잉 그룹으로 나누었다. 복부수축기법 시작 전, 물리치료사가 세 그룹에 대한 자세 및 동작 교육을 시행하였다.

근 활성도의 정규화 과정을 위해 양측 내복사근, 양측 외복사근, 양측 복직근에 전극을 붙인 후 최대 수의적 등척성 수축을 측정하였다[31]. 바로 누운 자세에서 양쪽 슬관절 90도 굴곡 상태에서 흡기를 강조한 브레이싱 기법과 일반적인 브레이싱 기법, 복부 할로잉 기법을 적용한 세 그룹에 대해서 각각 3회씩 반복 측정하여 근 활성도의 평균을 구하였다. 동작 수행을 위하여 각 동작

마다 1분간 휴식을 하도록 하였다

중재 방법

흡기를 강조한 복부 브레이싱 그룹

흡기를 강조한 복부 브레이싱 운동 방법은 대상자가 무릎을 90도 구부리고 누운 자세에서 요추의 최대 신전과 편평한 위치에서 중간으로 설정한 척추중립을 유지한 상태[32]에서 압력 생체 되먹임 기구를 허리 부위에 위치시킨 후 압력계로 60 mmHg의 압력을 유지하도록 하였다. 복부에 힘이 자동으로 들어가는 것처럼 복부에 힘을 주어 복부 주변부 근육들이 수축하도록 하였고 [33], 압력계의 압력을 80 mmHg로 상승시켜서 유지하도록 하였다. 대상자는 양쪽 늑골 하단에 손을 대고, 손을 밀어 내도록 호흡을 최대한 깊게 들이 마시도록 하고 물리치료사는 손가락으로 양쪽 늑골과 골반 사이 옆구리에 손가락을 대고 대상자는 물리치료사의 손가락을 밀어내도록 하였다. 대상자는 숨을 들이 마시며 복식호흡의 최대 흡기를 유지하도록 하였으며 복직근이 볼록해지지 않도록 하며 5초간 유지 후에 1분간 휴식을 취하며 반복적으로 3회 측정하였다.

복부 브레이싱 그룹

일반적인 복부 브레이싱 운동 방법은 대상자가 무릎을 90도 구부리고 누운 자세에서 요추의 최대 신전과 편평한 위치에서 중간으로 설정한 척추중립을 유지한 상태[32]에서 압력 생체 되먹임 기구를 허리 부위에 위치시킨 후 압력계로 60 mmHg의 압력을 유지하도록 하였다. 복부에 힘이 자동적으로 들어가는 것처럼 복부에 힘을 주어 복부 주변부 근육들이 수축하도록 하였고 [33] 압력계의 압력을 80 mmHg로 상승시켜서 유지하도록 하였고 5초간 유지 후에 1분간 휴식을 취하며 반복적으로 3회 실시하였다.

복부 할로잉 그룹

복부 할로잉 운동 방법은 대상자가 무릎을 90도 구부리고 누운 자세에서 요추의 최대 신전과 편평한 위치에서 중간으로 설정한 척추중립을 유지한 상태[32]에서 압력 생체 되먹임 기구(Stabilizer™, Chattanooga Group Inc., Hixson, USA)를 허리 부위에 위치시킨 후 압력계로 60 mmHg의 압력을 유지하도록 하였다. 척추, 늑골 그리고 골반의 움직임 없이 배꼽을 천천히 부드럽게 안쪽으로 넣으면서 위쪽으로 올리도록 교육하였다[10]. 복부 할로잉 운동을 하는 동안 정상적인 호흡을 하면서 소변을 참듯이 아랫배를 천천히 안쪽으로 넣고 골반저

근을 위쪽으로 당겨 골반저근을 함께 수축할 수 있도록 복부 할로잉 교육을 실시하였다[34]. 복부근육들과 골반저근이 복부 내의 압력을 증가시켜주는 메커니즘의 한 부분으로써 골반저근을 함께 수축시키는 것은 복부 할로잉 운동을 교육하는데 큰 도움이 되기 때문이다 [35]. 압력계의 압력을 80 mmHg로 상승시켜서 유지하도록 했다. 5초간 유지 후에 1분간 휴식을 취하며 반복적으로 3회 실시하였다.

측정방법 및 도구

각 복부 수축 기법에서의 근 활성도를 측정하기 위해 표면근전도(Cometa systems, Italy, 2017)를 사용하여 양측 내복사근, 양측 외복사근, 양측 복직근의 근 활성도를 측정하였고 근전도 신호의 표본 추출률(sampling rate)는 2000 Hz로 설정하였고, 주파수 대역폭은 20-500 Hz로 하였다. 본 연구에서는 측정된 근육의 근전도 신호를 근전도 소프트웨어(Myo research 1.08 master edition)를 이용하여 정파정류(full wave rectification)로 처리한 후 RMS(root mean square) 250 ms 값을 취하였다[36].

전극의 부착 위치는 외복사근은 장골능과 늑골 중간 지점에 2 cm 간격을 두고 근섬유와 평행하도록 사선으로 부착했고, 내복사근은 상전장골극에서 안쪽과 밑쪽으로 각각 2 cm 떨어진 지점에 2 cm 간격을 두고 근섬유와 평행하도록 사선으로 부착하였다[36]. 복직근은 배꼽과 검상돌기를 이은 몸의 중앙선에서 2 cm 옆 지점인 배꼽 위 근육 팽대부에 부착하였다[37]. 피부 저항을 최소화하기 위하여 전극을 부착하기 전 일회용 면도기로 털 있는 부분을 제거하고 알코올 솜으로 전극 부착부위를 깨끗이 닦아주어 피부의 기름기 또는 이물질을 제거한 후 전극을 부착하였다[38].

연구자는 근전도 데이터의 정규화(normalization) 과정을 위해 맨손근력검사로 각 근육의 최대 등척성 수축을 측정하였다. 측정을 위해 대상자의 양측 내복사근, 양측 외복사근, 양측 복직근에 전극을 부착한 후 측정하였으며 각 근육의 측정 자세는 바로 누운 자세에서 어깨부위에 저항을 주며 도수근력 검사자세를 기준으로 시행하였다. 복직근은 바로 누운 자세에서 무릎관절 90도 굴곡 시키고 양측 발을 고정시킨 다음 체간을 최대한 굴곡 시킬 때 어깨에 체간 신전 방향으로 저항을 적용하여 측정하였다. 내복사근과 외복사근은 복직근과 동일한 자세에서 체간을 최대 굴곡 시키며 왼쪽과 오른쪽으로 체간을 회전시킨 상태에서 회전의 반대방향으로 어깨에 저항을 적용하여 측정되었다[31]. 정규화 방법은 각 5초의 운동 중 앞뒤 1초를 제외하고 정적인 상태

의 가운데 3초 구간을 추출한 근전도 신호를 최대 등척성 수축 값으로 나누어 %MVIC값으로 정규화 하였다[39].

자료 분석

본 연구의 모든 작업과 통계는 윈도우용 통계프로그램 SPSS(version 25.0, IBM Corp, USA)을 이용하여 평균과 표준 편차를 산출하였으며 대상자의 일반적 특성은 기술 통계를 사용하였다.

전체 대상자는 Shapiro-Wilk 정규성 검증을 하였으며, 그룹 간의 동질성을 확인하기 위해 카이제곱 검정, 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)을 시행하였다. 복부 수축 기법이 복부 근육의 근 활성도와 심부 복부 근육에 대한 표층 복부 근육의 비율을 알아보기 위해 복부 할로잉 기법, 복부 브레이싱 기법, 흡기를 강조한 복부 브레이싱 기법의 세 가지 조건으로 일원배치 분산분석 과사후검정을 실시하였다. 모든 자료의 통계학적 유의 수준은 $p < 0.05$ 로 하였다.

연구 결과

연구 대상자는 총 33명의 성인 남녀이고, 연구 대상자의 일반적 특성은 다음과 같다. 모든 범위에서 세 그룹 간의 유의한 차이가 없었다($p < 0.05$)(Table 1).

복부 수축 기법에 따른 복부 근육들의 근 활성도는 다음과 같다(Table 2)

복직근

좌우 복직근의 근 활성도는 복부 수축기법에 따른 사후 분석 결과 흡기를 강조한 복부 브레이싱 기법시에 복부 할로잉 기법보다 유의한 증가를 보였고($p < 0.05$), 일반적인 복부 브레이싱 기법에 비해 근 활성도는 증가하였으나 유의하지 않았다. 또한 일반적인 복부 브레이싱 기법시에 복부 할로잉 기법보다 유의한 증가가 나타났다($p < 0.05$).

외복사근

좌우 외복사근의 근활성도는 복부 수축기법에 따른 사후 분석 결과 흡기를 강조한 복부 브레이싱 기법시에

Table 1. General Characteristics of Participants

(n=33)

	A (n=11)	B (n=10)	C (n=12)	$\chi^2/F(p)$
Sex (Male/Female)	5/6	7/3	8/4	1.612 ^b (0.447)
Age (years)	31.18±6.04 ^a	30.80±4.78	32.83±4.13	0.520(0.598)
Height (cm)	168.91±8.59	174.30±4.59	175.42±5.80	3.120(0.059)
Weight (kg)	64.18±12.96	69.00±11.56	70.83±7.44	1.140(0.332)
BMI (kg/m ²)	22.42±3.58	22.67±3.48	22.71±2.98	0.105(0.901)

Note. A =Abdominal Hollowing Group, B =General Bracing Group.

C =Abdominal bracing group. ^aMean±Standard Deviation, ^bChi-squared test.

Table 2. Muscle activity in conditions

(n=33)

%MVIC	A (n=11)	B (n=10)	C (n=12)	F(p)	post hoc
Rt.RA	10.26±7.15 ^a	19.67±3.84	25.63±12.79	7.921(0.002)	C > B, C* > A, B* > A
Lt.RA	11.45±8.29	21.45±6.58	32.5±15.54	9.776(0.001)	C > B, C* > A, B* > A
Rt.EO	11.88±9.00	31.92±10.83	45.22±19.47	19.307(0.001)	C > B*, C* > A, B* > A
Lt.EO	19.60±10.28	36.91 ± 6.08	48.55±15.80	20.162(0.001)	C > B*, C* > A, B* > A
Rt.IO	27.53±10.15	40.38 ± 4.99	57.68±14.52	33.374(0.001)	C > B*, C* > A, B* > A
Lt.IO	24.91±11.53	35.97 ± 9.64	55.28±14.18	22.792(0.001)	C > B*, C* > A, B* > A

Note. EO =External Oblique, IO =Internal Oblique, RA =Rectus Abdominis.

A =Abdominal hollowing group, B =General bracing group, C =Abdominal bracing group.

%MVIC =% maximal voluntary isometric contraction. ^aMean±Standard Deviation.

*Significant differences from other groups($p < 0.05$).

일반적인 복부 브레이싱 기법과 복부 할로잉 기법보다 유의한 증가를 나타냈다($p < 0.05$). 또한 일반적인 복부 브레이싱 기법은 복부 할로잉 기법에 비해 유의한 증가를 보였다($p < 0.05$).

내복사근

좌우 내복사근의 근 활성도는 복부 수축기법에 따른 사후 분석 결과 흡기를 강조한 복부 브레이싱 기법시에 일반적인 복부 브레이싱 기법과 복부 할로잉 기법보다 유의한 증가를 보였다($p < 0.05$). 또한 일반적인 복부 브레이싱 기법은 복부 할로잉 기법에 비해 유의한 증가를 보였다($p < 0.05$).

심부 근육에 대한 표층 근육의 근 활성화 비율

복부 수축 기법에 따른 심부 근육에 대한 표층 근육의 근 활성화 비율은 다음과 같다(Table 3).

오른쪽 내복사근에 대한 오른쪽 복직근과 오른쪽 외복사근의 근 활성화 비율

오른쪽 내복사근 대한 오른쪽 복직근과 오른쪽 외복사근의 근 활성화 비율은 복부 수축기법에 따른 사후 분석 결과 복부 할로잉 기법시에 흡기를 강조한 복부 브레이싱 기법과 일반적인 복부 브레이싱 기법보다 유의하게 낮게 나타났다($p < 0.05$). 또한 흡기를 강조한 복부 브레이싱 기법은 일반적인 복부 브레이싱 기법에 비해 낮게 나타났지만 유의하지 않았다.

왼쪽 내복사근에 대한 왼쪽 복직근과 왼쪽 외복사근의 근 활성화 비율

왼쪽 내복사근에 대한 왼쪽 복직근과 왼쪽 외복사근의 근 활성화 비율은 복부 수축기법에 따른 사후 분석

결과 복부 할로잉 기법시에 흡기를 강조한 복부 브레이싱 기법과 일반적인 복부 브레이싱 기법보다 유의하게 낮게 나타났다($p < 0.05$). 또한 일반적인 복부 브레이싱 기법은 흡기를 강조한 복부 브레이싱 기법에 비해 낮게 나타났지만 유의하지 않았다.

고찰

본 연구는 정상 성인 남녀를 대상으로 체간의 안정성을 더 효과적으로 높이는 방법을 알아보려고 복부 브레이싱 기법, 복부 할로잉 기법, 흡기를 강조한 복부 브레이싱 기법 세 그룹을 비교하여 복부 근육의 근 활성도를 알아보고, 심부 복부 근육에 대한 표층 복부 근육의 비율을 비교 연구하였다.

연구 결과 흡기를 강조한 복부 브레이싱 기법 시에 일반적인 복부 브레이싱 기법보다 양쪽 복직근의 근 활성화도가 높게 나타났지만 유의하지 않았고, 양쪽 외복사근과 내복사근은 유의하게 높았으며, 복부 할로잉 기법 보다는 양쪽 복직근과 양쪽 외복사근과 양쪽 내복사근의 근 활성화도가 유의하게 높았다($p < 0.05$). 일반적인 복부 브레이싱 기법은 복부 할로잉 기법에 비해 양쪽 복직근과 양쪽 외복사근과 양쪽 내복사근의 근 활성화도가 유의하게($p < 0.05$) 높게 나타났다. 이는 Tayashiki 등 [40]의 바로누운자세에서 복부 할로잉과 복부 브레이싱을 적용했을 때 브레이싱 그룹에서 복직근과 외복사근 내복사근의 근활성도가 유의하게 높다 라는 연구 결과와 일치한다. 또 Maceo 등[41]의 연구에서 브레이싱 기법은 할로잉 기법보다 외복사근의 근활성도가 유의하게 높다고 하였고, Moon 등[19]의 연구 결과도 복부 할로잉 그룹과 브레이싱 그룹 그리고 대조군에게 세 가지의 동적인 교각동작을 각각 실시하여 체간 근의 근 활성도를 비교해 보았는데 연구결과 브레이싱 그룹이 할로잉 그룹보다 표층 근과 심부 근 모두 근 활성화도가 유

Table 3. Ratio of muscle activity of superficial to deep muscles (n=33)

(%)	A (n=11)	B (n=10)	C (n=12)	F(p)	post hoc
Rt RA/IO	28.44±11.51 ^a	50.17±13.32	42.88±19.97	9.135(0.001)	C < B, C > A*, B > A*
Rt EO/IO	33.03±20.26	73.94±23.37	86.10±29.44	14.045(0.000)	C > B, C > A*, B > A*
Lt RA/IO	37.06±18.06	59.45±17.63	60.16±20.62	5.315(0.011)	C > B, C > A*, B > A*
Lt EO/IO	39.13±18.74	90.85±26.16	93.21±23.26	15.587(0.000)	C > B, C > A*, B > A*

Note. EO = External Oblique, IO = Internal Oblique, RA = Rectus Abdominis.

A = Abdominal hallowing group, B = General bracing group, C = Abdominal bracing group.

%MVIC = % maximal voluntary isometric contraction.

^aMean±Standard Deviation. *Significant differences from other groups($p < 0.05$).

의하게 높게 나타났다. Lee 등[42]의 연구에서는 복부 브레이싱 기법이 심층근인 내복사근과 복횡근의 두께를 유의하게 증가시킨다고 하였다. 또 Kwon 등[16]의 연구에서도 복부 할로잉 그룹에서는 심층 근육의 두께만 증가시킨 것을 확인 하였고, 복부 브레이싱 훈련 그룹에서 심층 근육과 표층 근육의 두께가 함께 증가한 것을 확인하였다. Lee 등[42]은 요추부위에 약한 통증이 있는 사람을 대상으로 일반적인 안정화 운동 그룹, 복부 브레이싱 기법을 활용한 안정화 운동그룹, 복부 할로잉 기법을 활용한 안정화 운동 그룹으로 나누어 운동을 수행한 결과 복부 브레이싱 기법을 활용한 안정화 운동 그룹이 다른 두 그룹보다 효율적이라고 하였다. Lee 등[42]은 바로 누운 자세에서 하지를 지면에서 약간 들어 올릴시 브레이싱 기법과 할로잉 기법에 따른 하지의 근 활성도를 비교하였는데, 그 결과 복부 수축 기법을 적용 안한 상태에서 다리 들기가 복부 할로잉 기법의 다리 들기 보다 하지의 모든 근육에서 근 활성도가 높게 나타났으며, 복부 브레이싱 기법시 다리 들기는 복부 수축 기법을 적용 안한 상태에서 다리 들기 보다 중둔근은 제외한 근육 모두에서 근 활성도가 높게 나타났다. 이와 같은 복부 브레이싱 기법과 할로잉 기법을 비교한 선행 연구들의 결과는 본 연구에서 복부 브레이싱 기법이 할로잉 기법에 비해 더 높은 근 활성도를 보인다는 연구 결과와 일치한다. 할로잉 기법이 심부 근육은 수축하고 원하지 않는 표층 대 근육들의 활동을 상대적으로 억제함으로써[36], 체간의 표층 근육과 심층 근육의 협응적 수축을 유도하는 복부 브레이싱 기법보다 근 활성도가 떨어진 것으로 생각된다.

Kavcic 등[43]은 하나의 근육으로는 척추의 안정성을 만들지 못한다고 하였고, Grenier와 McGill[17]에 따르면, 힘의 작용은 힘과 수직 거리로써 계산되는데 복부 할로잉 기법을 통해 근육의 부착 부위를 당기는 것은 복직근의 모멘트 팔을 짧게 만들며 결과적으로 복부 할로잉 기법을 사용 하는 것은 체간 안정성을 감소시킨다고 하였다. 또한 McGill 등[8]은 만성적 요통을 가지고 있는 사람들은 복횡근의 지연만 나타나는 것이 아니고 복직근이나 복사근, 요방형근과 같은 근육들에서도 나타날 수 있다고 하였다. 반면에 Hodges 등[15]은 건강한 사람들은 팔과 다리의 움직임 이전에 복횡근이 먼저 수축을 한다고 하였고, 만성적인 요통을 가진 사람들은 복횡근의 활성이 지연된다고 하였다.

본 연구의 복부 수축기법에 따른 사후분석 결과에서 양쪽 내복사근에 대한 양쪽 복직근의 근 활성도 비율과 양쪽 내복사근에 대한 양쪽 외복사근의 근 활성도 비율은 복부 할로잉 기법시에 흡기를 강조한 복부 브레이싱 기법과 일반적인 복부 브레이싱 기법보다 유의하게 낮

게 나타났다($p < 0.05$). 또한 오른쪽 내복사근에 대한 오른쪽 복직근의 근 활성도 비율은 흡기를 강조한 복부 브레이싱 기법이 일반적인 브레이싱 기법에 비해 낮게 나타났지만 유의하지는 않았고, 왼쪽 내복사근에 대한 왼쪽 복직근의 근 활성도 비율과 양쪽 내복사근에 대한 양쪽 외복사근의 비율은 일반적인 복부 브레이싱 기법이 흡기를 강조한 복부 브레이싱 기법에 비해 낮게 나타났지만 유의하지는 않았다. 이와 같은 연구 결과는 Richardson 등[10]의 복부 할로잉 기법을 사용하게 되면 표층 근육의 사용은 억제 하고 복횡근의 활성화가 일어날 것이라고 한 선행연구와 일치한다. 복부 할로잉 기법은 척추의 강성을 높여 주는 역할보다는 지연된 복횡근을 활성화시키는 것으로 체간 근육의 근 활성도 증가와 강성을 높이는 목적으로 사용하는 것보다 치료 초기에 복횡근과 심부 근육 활성화를 목적으로 사용되는 것이 효율적이라 생각된다.

Frank 등[23]과 Nouwen 등[24]은 복식호흡을 실시하면 내부압력이 체간근육들에 발생하게 되고, 이에 저항하기 위해 체간근육의 활성도가 증가하게 된다고 하였다. 호흡을 주도 하는 근육들에는 횡격막, 늑간근, 복직근, 외복사근, 내복사근, 복직근, 복횡근 등이 있는데, 이런 근육들은 호흡뿐만 아니라 체간 안정성에 중요한 역할을 한다[44, 45]. 호흡훈련으로 인한 복부 근육의 근 활성도 향상을 나타낸 연구가 있다[46]. 또한 노력성 호흡은 복부 근육들을 포함한 체간 근육 활성도를 향상시킨다고 하였다[25]. 본 연구에서도 최대 흡기 호흡을 강조한 복부 브레이싱 기법을 적용했을 때 일반적인 복부 브레이싱 기법과 복부 할로잉 기법에 비해서 복부 근육들의 더 높은 근 활성도를 나타냈다($p < 0.05$). 하지만 급성기에 척추의 높은 압박력을 피해야 하는 사람들 같은 경우에는 복부 할로잉 기법을 사용하는 것이 효율적이라 생각되며, 급성기 이후 복부 근육의 더 큰 힘을 생산하기 위한 목적으로 운동을 시행할 때 흡기를 강조한 복부 브레이싱 기법을 사용하는 것이 효율적이라 생각된다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 표본 집단 크기가 작고 둘째, 건강한 정상 성인을 대상으로 실험을 진행하였기 때문에 급성기 요통 환자나 어린이, 여성, 노인과 같은 그룹에는 일반화하기 어렵다. 향후 연구에서는 다양한 그룹을 대상으로 심도 있는 연구가 필요할 것이다. 셋째, 체간 안정화에 관여하는 모든 근육을 대상으로 하지 못했다. 다른 근육들의 대해서도 추가적인 연구가 필요할 것이다. 넷째, 근육을 활성화시켜서 즉각적인 변화를 확인하는 연구로서 중재 기간이 없었기 때문에 중재 기간을 길게 했을 때 어떤 변화가 있고 얼마나 지속될 것인지에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

결론

일반적인 복부 브레이싱 방법, 흡기를 강조한 브레이싱 방법, 그리고 복부 할로잉 방법을 적용했을 시 복부 근육들의 근 활성화 차이가 났으며, 이 결과를 토대로 치료적 운동 처방의 기초자료로 이용할 수 있을 것이다.

이해 충돌

본 연구의 저자들은 연구, 저작권, 및 출판과 관련하여 잠재적인 이해충돌이 없음을 선언합니다.

참고문헌

- Deyo RA, Weinstein JN. Low back pain. *N Engl J Med*. 2001;344:363-70.
- Hoy D, Brooks P, Blyth F, Buchbinder R. The epidemiology of low back pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2010;24:769-81.
- Simpson AK, Cholewicki J, Grauer J. Chronic low back pain. *Curr Pain Headache Rep*. 2006;10:431-6.
- O'Sullivan PB, Burnett A, Floyd AN, Gadsdon K, Logiudice J, Miller D, et al. Lumbar repositioning deficit in a specific low back pain population. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2003;28:1074-9.
- Frymoyer J, Selby D. Segmental instability. Rationale for treatment. *Spine*. 1985;10:280-6.
- McGill S. Low back disorders: evidence-based prevention and rehabilitation: *Human Kinetics*; 2015.
- Kahlaee AH, Ghamkhar L, Arab AM. Effect of the abdominal hollowing and bracing maneuvers on activity pattern of the lumbopelvic muscles during prone hip extension in subjects with or without chronic low back pain: a preliminary study. *J Manipulative Physiol Ther*. 2017;40:106-17.
- McGill SM, Karpowicz A. Exercises for spine stabilization: motion/motor patterns, stability progressions, and clinical technique. *Arch Phys Med Rehabil*. 2009;90:118-26.
- Richardson C, Jull G, Toppenberg R, Comerford M. Techniques for active lumbar stabilisation for spinal protection: a pilot study. *Aust J Physiother*. 1992;38:105-12.
- Richardson C, Jull G. Muscle control-pain control. What exercises would you prescribe? *Man ther*. 1995;1:2-10.
- O'Sullivan PB, Twomey L, Allison GT. Altered abdominal muscle recruitment in patients with chronic back pain following a specific exercise intervention. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1998;27:114-24.
- Taniguchi M, Tateuchi H, Takeoka T, Ichihashi N. Kinematic and kinetic characteristics of Masai Barefoot Technology footwear. *Gait Posture*. 2012;35:567-72.
- Kisner C, Colby LA, Borstad J. *Therapeutic exercise: foundations and techniques*: Fa Davis; 2017.
- Macedo LG, Maher CG, Latimer J, McAuley JH. Motor control exercise for persistent, nonspecific low back pain: a systematic review. *Phys Ther*. 2009;89:9-25.
- Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain: a motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996;21:2640-50.
- Kwon N-H, Lee H-O, Park D-J. The use of real-time ultrasound imaging for feedback during abdominal hollowing. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2011;6:303-10.
- Grenier SG, McGill SM. Quantification of lumbar stability by using 2 different abdominal activation strategies. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88:54-62.
- 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 Kinesiol*. 2007;17:556-67.
- Moon H-J, Cho S-H, Goo B-O. Difference of trunk muscles activity during hollowing vs bracing contraction in various position. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2013;8:11-8.
- Campbell E, Green J. The variations in intra-abdominal pressure and the activity of the abdominal muscles during breathing; a study in man. *J Physiol*. 1953;122:282.
- Aspden RM. The spine as an arch. A new mathematical model. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1989;14:266-74.
- Richardson CA, Snijders CJ, Hides JA, Damen L, Pas MS, Storm J. The relation between the transversus abdominis muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*.

- 2002;27:399-405.
23. Frank AW. *The wounded storyteller: Body, illness, and ethics*: University of Chicago Press; 2013.
 24. Nouwen A, Van Akkerveeken PF, Versloot JM. Patterns of muscular activity during movement in patients with chronic low-back pain. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1987;12:777-82.
 25. Lehman GJ, Hoda W, Oliver S. Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a swissball. *Chiropr Osteopat*. 2005;13:1-8.
 26. Kim K, Park R-J, Bae S-S. Effect of diaphragmatic breathing exercise on activation of trunk muscle of patients with low back pain. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2005;17:311-27.
 27. Cholewicki J, Juluru K, McGill SM. Intra-abdominal pressure mechanism for stabilizing the lumbar spine. *J Biomech*. 1999;32:13-7.
 28. Cholewicki J, McGill SM. EMG assisted optimization: a hybrid approach for estimating muscle forces in an indeterminate biomechanical model. *J Biomech*. 1994;27:1287-9.
 29. Faul F, Erdfelder E, Buchner A, Lang A-G. Statistical power analyses using G* Power 3.1: Tests for correlation and regression analyses. *Behav Res Methods*. 2009;41:1149-60.
 30. Madokoro S, Yokogawa M, Miaki H, Effect of the abdominal draw-in maneuver and bracing on abdominal muscle thickness and the associated subjective difficulty in healthy individuals. *Healthcare (Basel)*; 2020.
 31. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, Rodgers MM, Romani WA. *Muscles: testing and function with posture and pain*: Lippincott Williams & Wilkins Baltimore, MD; 2005.
 32. Stevens VK, Vleeming A, Bouche KG, Mahieu NN, Vanderstraeten GG, Danneels LA. Electromyographic activity of trunk and hip muscles during stabilization exercises in four-point kneeling in healthy volunteers. *Eur Spine J*. 2007;16:711-8.
 33. McGill SM. Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exerc Sport Sci Rev*. 2001;29:26-31.
 34. Critchley D. Instructing pelvic floor contraction facilitates transversus abdominis thickness increase during low-abdominal hollowing. *Physiother Res Int*. 2002;7:65-75.
 35. Norris C. Functional load abdominal training: part 1. *Phys Ther Sport*. 2001;2:29-39.
 36. Suchiro T, Mizutani M, Watanabe S, Ishida H, Kobara K, Osaka H. Comparison of spine motion and trunk muscle activity between abdominal hollowing and abdominal bracing maneuvers during prone hip extension. *J Bodyw Mov Ther*. 2014;18:482-8.
 37. Barnett F, Gilleard W. The use of lumbar spinal stabilization techniques during the performance of abdominal strengthening exercise variations. *J Sports Med Phys Fitness*. 2005;45:38-43.
 38. Criswell E. *Cram's introduction to surface electromyography*: Jones & Bartlett Publishers; 2010.
 39. Marshall P, Murphy B. The validity and reliability of surface EMG to assess the neuromuscular response of the abdominal muscles to rapid limb movement. *J Electromyogr Kinesiol*. 2003;13:477-89.
 40. Tayashiki K, Maeo S, Usui S, Miyamoto N, Kanehisa H. Effect of abdominal bracing training on strength and power of trunk and lower limb muscles. *Eur J Appl Physiol*. 2016;116:1703-13.
 41. Maeo S, Takahashi T, Takai Y, Kanehisa H. Trunk muscle activities during abdominal bracing: comparison among muscles and exercises. *J Sports Sci Med*. 2013;12:467.
 42. Lee H-j, Lee N-g, Tae K-s. Comparison of lower-limbs muscle activity according to the abdominal co-contracting activation. *Journal of rehabilitation welfare engineering & assistive technology*. 2016; 10:81-6.
 43. Kavcic N, Grenier S, McGill SM. Determining the stabilizing role of individual torso muscles during rehabilitation exercises. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2004; 29:1254-65.
 44. Perri M. *Rehabilitation of the Spine: a Practitioners Manual*. 2nd ed. Baltimore: Lippincott, Williams and Wilkins; 2007.
 45. Boiten FA. The effects of emotional behaviour on components of the respiratory cycle. *Biol Psychol*. 1998;49:29-51.
 46. Ishida H, Hirose R, Watanabe S. 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*. 2012;17:427-31.