



대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2026. 03. Vol. 33, No.1 pp. 102-109

엎드린 플랭크 운동에서 브레이싱과 할로잉 적용 시 척추세움근과 복벽 근육의 활성화에 미치는 영향

윤현동¹ · 류영욱²

¹양산시 장애인복지관 · ²대구가톨릭대학교 물리치료학과

Effects of Abdominal Bracing and Hollowing During the Prone Plank on Trunk Muscle Activity

Hyeon Dong Yoon¹, M.S., P.T. · Young Uk Ryu², Ph.D., P.T.

¹Yangsan City Rehabilitation Center

²Dept. of Physical Therapy, Daegu Catholic University

Abstract

Background: The purpose of this study was to compare the effects of abdominal hollowing (AH) and abdominal bracing (AB) techniques on trunk muscle activation during the prone plank exercise.

Design: Repeated Measures Design

Methods: Twenty-four healthy male university students performed all three conditions: standard plank (PL), bracing-plank (BP), and hollowing-plank (HP). Surface electromyography signals were collected from the erector spinae (ES), rectus abdominis (RA), external oblique (EO), and internal oblique (IO) muscles.

Results: The results showed that ES and RA exhibited significantly higher activation in the BP condition, whereas IO and EO were significantly more activated in the HP condition.

Conclusion: These findings suggest that even within the same plank posture, differences in contraction strategies can lead to distinct activation patterns in target muscles. Therefore, when functional enhancement of specific muscle groups is required in rehabilitation or exercise interventions, the selective application of hollowing or bracing techniques with the prone plank may facilitate more precise improvements in muscular function.

The results of this study offer clinically valuable foundational data, particularly for patients requiring stabilization of the abdominal and lumbar musculature.

Key words: abdominal hollowing, abdominal bracing, prone plank, trunk stabilization, trunk muscles

교신저자

류영욱

경북 경산시 하양읍 하양로 13-13, 종합강의동 511호

T: 053-850-2533 E: ryu3091@cu.ac.kr

1. 서론

몸통은 팔과 다리가 연결되어 사지 움직임의 기반이 된다. 또한 팔과 다리가 움직일 때 발생하는 반동의 힘(reactive force)과 지면 반력(ground reaction force)이 전달되기 때문에 효과적인 신체의 움직임을 위해서 몸통은 이러한 섭동(perturbation)에 잘 견디고 안정성을 유지할 필요가 있다(Hasan, 2005). 특별히 요추부(lumbar region)는 몸통에서 관절가동범위가 가장 크게 나타나는 부위로 디스크나 척추의 퇴행성 질환 등이 많이 발생한다(Iorio 등, 2016). 따라서 요통의 예방과 치료를 위해서도 요추부의 안정화는 매우 중요하다(Barr 등, 2007; McGill, 2015).

몸통 안정화를 위해 척추와 배 주변의 코어 근육 활성화가 중요하다(Vezina와 Hubley-Kozey, 2000). 임상에서 몸통 안정화를 위한 운동 방법으로 할로잉(abdominal hollowing)과 브레이싱(abdominal bracing) 기법이 주로 사용되고 있다. 할로잉 기법은 척추나 골반의 움직임이 없이 하복부를 안으로 당기는 방법이다(Richardson과 Jull, 1995; Urquhart 등, 2005). 주로 배가로근(transversus abdominis)의 선택적 활성화를 목표로 하며, 배속빗근(internal oblique)과 함께 심부 안정화 시스템을 구성한다. 배가로근의 활성도가 커질수록 협력근인 배속빗근의 활성화도 높아진다(Juker 등, 1998). 실시간 초음파 영상 피드백을 활용한 연구에서는 할로잉 수행 시 배가로근의 근육 두께가 유의하게 증가하며, 배속빗근의 활성화도 함께 높아지는 경향이 보고되었다(Kim과 Lee, 2017; Lee 등, 2018; Morales 등, 2018). 반면, 배곧은근(rectus abdominis)이나 배바깥빗근(external oblique)은 상대적으로 낮은 활성도를 보이며, 이는 할로잉이 표층근보다는 심층근 조절에 초점을 둔 기법임을 시사한다(Koh 등, 2014). 기법은 배벽을 팽팽하게 당겨 허리를 가쪽으로 벌어지게 실시하며, 수축 시 복내압(intra-abdominal pressure)을 상승시켜 척추관절을 단단히 고정시키는 방법이다(Grenier와 McGill, 2007). 이를 통해 네 개의 배근 모두가 동시에 활성화된다. Tayashiki 등(2016)의 연구에서는 8주간의 브레이싱 훈련이 배속빗근 두께, 복압 상승 속도, 그리고 척추신전 및 고관절신전 근력의 유의미한 증가를 이끈 것으로 나타났다. 한편 Koh 등(2014)은 건강한 성인 여성을 대상으로 두 기법을 적용하여 복부 근육 두께의 변화를 분석하였다. 할로잉 그룹은 배가로근과 배속빗근의 선택적 두께 증가를 보였으며, 반면 브레이싱 그룹은 배가로근뿐 아니라 나머지 배근까지 복부 전반의 근육 두께가 증가하여 보다 넓은 범위의 근육 동원 효과가 확인되었다. 이처럼 연구 결과들은 할로잉과 브레이싱은 근육 활성화의 범위와 기전에서 차이를 보여주고 있다.

할로잉이나 브레이싱은 플랭크 운동(Plank exercise)과 함께 적용될 수 있다. 플랭크 운동은 몸을 일직선으로 곧게 유지한 채, 팔이나 팔꿈치를 바닥에 대고 체중을 지탱하는 전신적 등척성 운동이다(Contreras, 2013). 기본적인 플랭크 운동은 엎드린 자세로 팔꿈치를 어깨 바로 아래에 위치시킨 뒤, 팔꿈치와 전완을 바닥에 붙이고 발끝을 세워 몸을 일직선으로 들어올린다. 이외에도 교각 자세, 옆으로 누운 자세에서 시행될 수 있다. 이러한 자세를 장시간 유지하는 동안 관련된 근육들, 즉 어깨 안정근, 배근, 척추 근육, 엉덩이 근육 등이 활성화된다. 특히 플랭크 운동은 배와 척추 근육을 활성화하는데 주요한 정적 운동으로 알려져 있다(Cortell-Tormo 등, 2017).

플랭크 운동에 할로잉이나 브레이싱 기법을 동시에 적용하면 배와 척추 근육의 활성화 효과를 더 높일 수 있을 것이다(Kim 등, 2018). Kim 등(2018)은 만성 비특이적 요통을 가진 노년 여성을 대상으로 할로잉과 브레이싱을 플랭크 운동과 함께 적용해 보았다. 하지만 이 연구에서 배근과 척추 근육의 활성화에 대해서는 구분하여 살펴보지 않았다. 할로잉과 브레이싱을 적용한 훈련에 따른 복부 근육 두께의 변화를 분석한 Koh 등(2014)의 연구에서는 플랭크 운동을 브레이싱에만 적용하였다. 이처럼 플랭크 운동에 할로잉과 브레이싱을 적용시켜 몸통 주위 근육의 활성도를 살펴본 연구는 여전히 부족하다.

본 연구에서는 엎드린 플랭크 운동을 하는 동안 할로잉과 브레이싱을 적용하여 몸통 주변 근육인 척추기립근, 배곧은근, 배바깥빗근, 배속빗근의 활성도를 알아보고자 한다. 기존 연구들을 살펴보았을 때 연구가설을 세워본다면 다음과 같다. 플랭크와 할로잉의 동시 적용은 배속빗근을 선택적으로 더 유의하게 활성화시킬 것이며, 반면 플랭크와 브레이싱의 동시 적용은 배근 및 척추 기립근 모두를 더 유의하게 활성화시킬 것으로 생각된다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구에는 24명의 남자 대학생이 참여하였다. 모든 피험자는 선천적 기형, 고혈압 질환이 없었으며, 최근 6개월 이내에 유통 등을 포함한 정형외과적 문제도 없었다. 모든 피험자는 본 실험에 대해 설명을 충분히 들었으며, 연구 참여에 대한 의사를 자발적으로 동의하고 동의서를 작성했다. 본 연구는 대구가톨릭대학교 기관생명윤리위원회의 승인 (CUIRB-2016-0041)을 받았다.

2. 실험 과정

먼저, 피험자들은 무릎 세워 누운 자세(hooklying position)에서 브레이싱과 할로잉을 연습하였다. 브레이싱은 배에 힘을 주어 복부를 긴장시켜 복벽을 팽팽하게 하여 허리 쪽으로 벌어지게 교육하였다. 할로잉은 배꼽을 허리뼈 쪽으로 부드럽게 당겨 배가 약간 안으로 들어가도록 교육하였다. 브레이싱과 할로잉을 하는 동안 호흡에 대한 지시는 하지 않았고, 호흡에 대해 질문하는 대상자에게는 편안하게 호흡할 것을 지시하였다. 대상자들이 브레이싱과 할로잉을 충분히 연습한 다음, 플랭크 운동을 교육하였다. 엎드린 플랭크 자세를 하기 위해 대상자들은 어깨와 팔꿈치를 90도로 굽혀 아래팔과 발가락으로 전신을 지탱하는 동안, 몸통과 골반 그리고 하지를 들어 머리와 등, 그리고 하지가 직선이 되게 유지하도록 교육하였다(Figure 1).



Figure 1. Subjects performed the plank position. Hollowing and bracing were applied while performing the plank position.

대상자들은 3가지의 엎드린 플랭크 운동(기본 플랭크, 브레이싱-플랭크, 할로잉-플랭크)을 실시하였다. 브레이싱-플랭크(BP)는 플랭크 운동을 실시하는 동안 브레이싱을 적용하도록 지시하였고, 할로잉-플랭크(HP)는 플랭크 운동을 실시하는 동안, 할로잉을 적용하도록 지시하였다. 할로잉이나 브레이싱을 적용하지 않은 엎드린 플랭크(PL)를 항상 먼저 실시하였다. 이렇게 PL을 먼저 실시한 이유는 PL이 할로잉이나 브레이싱을 포함하지 않은 기본 조건(baseline condition)으로 역할을 하기 때문이다. 다시 말해, PL 이후의 BP와 HP의 수행에 미칠 수 있는 영향을 줄이기 위함이었다. 이후, BP와 HP에 대해서는 대상자마다 역균형화를 하여 순서 효과를 상쇄하였다. 각 운동은 3회씩 실시되었으며, 1회당 10초간 유지하도록 지시하였다. 피로 방지를 위하여 각 시행 사이, 3분의 휴식을 가졌다.

3. 자료 분석

주요 몸통 근육의 활성도를 측정하기 위해, 척추기립근, 배곧은근, 배바깥빗근, 배속빗근에 대해 표면 근전도(WEMG-8,

laxthaTM, 한국)를 적용하였다. 척추기립근은 1번 허리뼈 높이에서 2cm 옆의 근육에 붙였고, 배곧은근은 배꼽과 두덩 뼈 사이의 가운데 부위의 근육에 붙였다. 배바깥근은 배꼽 높이의 바깥쪽 15cm 거리에 부착하였고, 배속빗근은 앞위영덩 뼈가시와 두덩 결합 중간부위에 부착하였다(Vezina와 Hubley-Kozey, 2000). 레퍼런스 전극은 목뼈 7번에 부착하였다. 전극 패드 부착 부위는 면도기로 털을 깎고 사포로 다섯번 문질러 각질을 벗긴 후에 알코올을 묻힌 솜으로 닦아냈다. 이를 통해 인피던스로 인해 생기는 오차를 최소화하였다.

근전도 신호는 1024Hz로 수집되었다. 전기신호에 의한 잡음을 제거하기 위해 밴드패스 필터(bandpass-filter)를 10Hz~450Hz로, 노치 필터(notch filter)는 60Hz로 사용하였다. 여기서 얻은 원본(raw) 근전도 데이터의 처음과 마지막 2초를 제외하고 평균제곱근(root mean square)으로 처리 후 절대값을 취한 후 평균과 표준편차를 구하였다.

4. 통계 분석

운동 방법에 따른 근활성도를 분석하기 위해 각 근육에 대하여 반복일원분산분석(one-way repeated ANOVA)를 사용하였다. 통계적 유의성이 발견되면, LSD(Least Significant Difference)를 사용하여 사후분석을 하였다. 유의수준(α)은 0.05로 하고 자료는 SPSS 21.0을 사용하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

대상자의 일반적인 특성은 평균나이는 23.12세, 평균 신장은 175cm, 평균 몸무게는 70.04kg, 평균 체질량지수는 22.78kg/m²이었다.

2. 각 근육에 대한 운동 조건 간 비교

척추세움근에 대한 일원반복분산분석은 유의하였다($p < 0.01$) <Table 1>. 사후분석 결과, BP는 나머지 두 방법보다 더 큰 근활성도를 나타냈다($p < 0.01$) <Table 1>. 배곧은근에 대한 분석은 통계적으로 유의하였으며($p < 0.01$), 사후분석은 BP가 나머지 두 방법보다 더 큰 근활성도를 나타냈다($p < 0.01$) <Table 1>. 배바깥근 및 배속빗근에 대한 분석은 통계적으로 유의하였으며($p < 0.01$), 사후분석은 HP가 나머지 두 방법보다 더 큰 근활성도를 나타냈다($p < 0.01$) <Table 1>.

Table 1. Comparison of Trunk Muscle Activation (mean±SD) across Plank, Bracing-Plank, and Hollowing-Plank Conditions

	Plank (PL)	Bracing-Plank (BP)	Hollowing-Plank (HP)	p	post-hoc
Erector spinae	10.51±2.57	13.20±4.53	11.73±2.73	0.004	BP > (PL = HP)
Rectus abdominis	58.51±33.65	73.28±45.89	58.61±43.85	0.009	BP > (PL = HP)
External oblique	67.08±35.46	65.20±39.61	84.74±41.97	0.001	HP > (PL = BP)
Internal oblique	65.64±54.72	67.32±42.20	117.19±51.71	0.001	HP > (PL = BP)

IV. 고 찰

본 연구는 플랭크 운동 시 할로잉과 브레이싱의 적용이 몸통근 활성화에 미치는 영향에 대해 알아보았다. 연구 결과, 척추세움근과 배곧은근은 브레이싱-플랭크(BP)를 통해 가장 크게 활성화되었고, 배속빚근과 배바깥빚근은 할로잉-플랭크(HP)를 통해 가장 크게 활성화되었다.

먼저 BP 조건에서 척추세움근과 배곧은근이 가장 강하게 활성화된 결과는 기존 연구에서 보고된 브레이싱의 생리적 특성과 일치한다(Arab와 Chehrehrazi, 2011, Tayashiki 등, 2016, Kim 등, 2018). 브레이싱은 배가로근뿐만 아니라 배곧은근, 배속빚근, 배바깥빚근을 포함한 복부 전체의 동시수축을 유도하며, 복내압 상승을 통해 척추 고정력을 강화한다(Tayashiki 등, 2016). 실제로 Koh 등 (2014)의 연구에서도 브레이싱은 플랭크 동작 수행 시 네 개의 배 근육 모두에서 근육 두께 증가를 유도했으며, Kim 등 (2018) 또한 브레이싱을 포함한 체간 안정화 운동이 체간 근력과 기능 회복에 효과적이라고 보고하였다. 또한 Marshall 등(2013)은 옆 플랭크 자세에서 브레이싱을 적용했을 때, 척추세움근과 배곧은근의 근활성도가 유의하게 증가한다고 보고하였다. 이처럼 브레이싱은 체간 고정성 향상을 위한 전방 및 후방 체간근의 전반적 동원에 효과적이다(Park 등, 2023).

반면, 본 연구에서 HP 조건은 배속빚근과 배바깥빚근의 활성을 가장 많이 이끌어냈다. 기존 연구들은 할로잉이 배가로근과 배속빚근과 같은 심부 근육의 선택적 활성화에 효과적임을 반복적으로 보여주고 있다(Morales 등, 2018; Tsao 등, 2010; Bjerkefors 등, 2010). 특히 배속빚근은 배가로근과 함께 복부 내압을 조절하는 중심 근육으로서, 할로잉 기법을 통해 조절 가능하다는 점이 강조된다(Moghadam 등, 2019). 할로잉이 배곧은근의 활성을 억제하고 대신 심부 근육의 선택적 재활성화를 유도하는 신경조절적 전략임은 Kahlaee 등(2017)의 연구에서도 뒷받침된다.

본 연구에서 흥미로운 발견은 배바깥빚근도 HP에 의해 더 활성화가 되었다는 것이다. 특히 최근의 Moon 등(2013)과 Tayashiki 등(2017)의 연구들은 할로잉보다 브레이싱에서 배바깥빚근이 더 높은 활성도를 나타내는 것으로 보고되고 있다. 이렇게 본 연구 결과가 이전 연구들의 결과와 차이를 나타내는 이유는 할로잉을 적용한 자세 때문으로 생각된다. 본 연구에서는 옆드린 플랭크 자세에서 할로잉을 적용하였으나, 반면 앞서 두 연구들은 교각 자세에서 할로잉을 적용하였다. 교각 운동은 척추 평근을 활성화하는 반면, 옆드린 플랭크 운동은 척추 굽힘근을 상대적으로 더 활성화한다(Contreras, 2013; Jemmett 등, 2004). 따라서 본 연구 결과에서 배바깥빚근이 더 많이 활성화되는 이유는 옆드린 플랭크를 하는 동안 몸통 굽힘근인 배바깥빚근이 활성화되었고 이는 할로잉하는 동안 더 크게 활성화된 것으로 생각된다. 이는 브레이싱이 같은 몸통 굽힘근이지만 배바깥빚근보다 배곧은근을 좀 더 선택적으로 활성화시켰다는 것을 암시한다. 나아가 할로잉의 경우, 배곧은근의 활성도를 상대적으로 떨어뜨리기 때문이기도 하다 (Kahlaee 등, 2017). 이러한 결과는 수축 전략과 자세에 따라 선택적으로 목표 근육을 자극할 수 있다는 가능성을 보여준다. Kim 등(2018)이 보고한 바와 같이 플랭크 자세에서의 할로잉과 브레이싱이 모두 효과적임에도 불구하고 활성화되는 근육군은 다르다는 점을 실증적으로 보여주었다. 이는 Koh 등(2014)이 제안한 수축 전략별 근육 동원 특성과도 일치한다.

마지막으로 본 연구 결과는 플랭크 운동을 단독으로 하는 것 보다 할로잉이나 브레이싱을 통해서 특정 몸통 근육을 보다 선택적으로 활성화시킬 수 있음을 보여주었다. 다시 말해, 플랭크 운동은 널리 사용되고 있는 정적 체간 안정화 운동이지만, 필요로 하는 근육을 선택적으로 더 크게 활성화하기 위해서 할로잉이나 브레이싱을 사용할 수 있는 것이다. 이렇게 할로잉이나 브레이싱을 하는 동안 자세적 자극을 주는 것은 특정 몸통 근육을 더욱 활성화시킬 수 있는 방법이 된다. 최근 Kim 등(2017)은 할로잉 수행 중 체중 부하를 증가시켰을 때, 배가로근과 배속빚근의 활성도가 유의하게 증가함을 보여주었다. 이는 단순한 수축 전략뿐 아니라 그에 적합한 자세 자극의 병행이 특정 근육을 더욱 효과적으로 자극할 수 있음을 나타낸다. 이러한 접근은 재활 상황에서 목표 근육의 기능 회복을 위한 치료적 개입으로 활용될 수 있다. 실제로 Kim 등(2018)은

비특이성 요통을 가진 여성 노인을 대상으로 할로잉과 브레이싱을 각각 적용한 플랭크 운동을 실시한 결과, 두 전략 모두 통증 감소와 기능 향상에 효과적임을 보고하였다. 이처럼 몸통 안정화 전략과 자세 자극의 결합은 임상적 개입의 정밀성과 효율성을 높이는 유용한 방법이 될 수 있다.

본 연구의 제한점은 소수의 남자 대학생만을 대상으로 하였다는 점이다. 연구 결과를 일반화하기 위해 나이와 성별에 대한 고려, 그리고 연구대상자의 수도 확보할 필요가 있을 것이다. 둘째는, 연구대상자들이 할로잉과 브레이싱에 대한 사전 교육을 받았지만, 연구자들은 이 대상자들이 정확하게 할로잉과 브레이싱을 숙지하였는지에 대한 검사나 평가는 이루어지지 않았다는 것이다. 게다가 사전 교육 시 이루어진 자세는 무릎 세워 누운 자세였고, 실험에서는 엎드린 플랭크 자세로 할로잉과 브레이싱을 하였다. 이 두 자세 간의 차이는 아마도 연구대상자들이 엎드린 플랭크를 하는 동안 정확하게 할로잉과 브레이싱을 제대로 수행하지 못했을 가능성이 있을 것으로 생각된다. 향후 연구에서는 다른 자세에서 할로잉과 브레이싱 기법의 적용이 몸통 근육의 활성화에 미치는 영향을 살펴볼 수 있을 것이다.

V. 결론

본 논문은 건강에 문제 없는 남자 대학생들을 대상으로 엎드린 플랭크 수행 중 할로잉과 브레이싱 기법이 주요 몸통 근육의 근활성도에 미치는 영향을 비교하였다. 연구 결과, 브레이싱은 척추세움근과 배곧은근과 같은 표층 체간근의 활성도를 유의하게 증가시켰으며, 할로잉은 배속빗근과 배비갈빗근의 선택적 활성화에 효과적임을 보여주었다. 이러한 결과는 동일한 플랭크 자세 내에서도 몸통 안정화 기법의 차이에 따라 활성화되는 근육이 달라질 수 있음을 시사한다. 본 연구의 결과는 특히 복부 및 요추 안정화가 필요한 환자군에 있어 임상적으로 유용한 기초 자료를 제공한다.

감사의 글

본 연구는 교신저자의 2024년 대구가톨릭대학교 연구년에 수행되었습니다.

참고문헌

- Arab AM, Chehrehazi M. Ultrasound measurement of abdominal muscles activity during abdominal hollowing and bracing in women with and without stress urinary incontinence. *Man Ther* 2011;16(6):596-601.
- Barr KP, Griggs M, Cadby T. Lumbar stabilization: a review of core concepts and current literature, part 2. *Am J Phys Med Rehabil* 2007;86(1):72-80.
- Bjerkefors A, Ekblom MM, Josefsson K, et al. Deep and superficial abdominal muscle activation during trunk stabilization exercises with and without instruction to hollow. *Man Ther* 2010;15(5):502-7.
- Contreras B. *Bodyweight strength training anatomy*. Champaign, IL: Human Kinetics; 2013.
- Cortell-Tormo JM, García-Jaén M, Chulvi-Medrano I, et al. Influence of scapular position on the core musculature activation in the prone plank exercise. *J Strength Cond Res* 2017;31(8):2255-62.
- Grenier SG, McGill SM. Quantification of lumbar stability by using 2 different abdominal activation strategies. *Arch Phys Med Rehabil* 2007;88(1):54-62.
- Hasan Z. The human motor control system's response to mechanical perturbation: should it, can it and

- does it ensure stability?. *J Mot Behav* 2005;37(6):484-93.
- Iorio JA, Jakoi AM, Singla A. Biomechanics of degenerative spinal disorders. *Asian Spine J* 2016;10(2):377.
- Jemmett RS, Macdonald DA, Agur AMR. Anatomical relationships between selected segmental muscles of the lumbar spine in the context of multi-planar segmental motion: a preliminary investigation. *Man Ther* 2004;9(4):203-10.
- Juker D, McGill S, Kropf P, et al. Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. *Med Sci Sports Exerc* 1998;30(2):301-10.
- 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(2):106-17.
- Kim BJ, Lee SK. Effects of three spinal stabilization techniques on activation and thickness of abdominal muscle. *J Exerc Rehabil* 2017;13(2):206.
- Kim JS, Seok CH, Jeon HS. Abdominal draw-in maneuver combined with simulated weight bearing increases transversus abdominis and internal oblique thickness. *Physiother Theory Pract* 2017;33(12):954-8.
- Kim M, Kim M, Oh S, Yoon B. The effectiveness of hollowing and bracing strategies with lumbar stabilization exercise in older adult women with nonspecific low back pain: a quasi-experimental study on a community-based rehabilitation. *J Manipulative Physiol Ther* 2018;41(1):1-9.
- Koh HW, Cho SH, Kim CY. Comparison of the effects of hollowing and bracing exercises on cross-sectional areas of abdominal muscles in middle-aged women. *J Phys Ther Sci* 2014;26(2):295-9.
- Lee DH, Hong SK, Lee YS, et al. Is abdominal hollowing exercise using real-time ultrasound imaging feedback helpful for selective strengthening of the transversus abdominis muscle?: A prospective, randomized, parallel-group, comparative study. *Medicine (Baltimore)* 2018;97(27):e11369.
- Marshall PW, Kennedy S, Brooks C, et al. Pilates exercise or stationary cycling for chronic nonspecific low back pain: does it matter? A randomized controlled trial with 6-month follow-up. *Spine* 2013;38(15):E952-9.
- McGill S. *Low back disorders: evidence-based prevention and rehabilitation*. Champaign, IL: Human Kinetics; 2015.
- Moghadam N, Ghaffari MS, Noormohammadpour P, et al. Comparison of the recruitment of transverse abdominis through drawing-in and bracing in different core stability training positions. *J Exerc Rehabil* 2019;15(6):819.
- Moon HJ, Choi KH, Kim DH, et al. Effect of lumbar stabilization and dynamic lumbar strengthening exercises in patients with chronic low back pain. *Ann Rehabil Med* 2013;37(1):110-17.
- Morales CR, Sanz DR, Reguera MDLC, et al. Proprioceptive Stabilizer™ training of the abdominal wall muscles in healthy subjects: a quasi-experimental study. *Revista da Associação Médica Brasileira*. 2018;64(12):1134-8.
- Park HS, Park SW, Oh JK. Effect of adding abdominal bracing to spinal stabilization exercise on lumbar
-

- lordosis angle, extensor strength, pain, and function in patients with non-specific chronic low back pain: A prospective randomized pilot study. *Medicine (Baltimore)* 2023;102(41):e35476.
- Richardson CA, Jull GA. Muscle control-pain control. What exercises would you prescribe?. *Man Ther* 1995;1(1):2-10.
- Tayashiki K, Maeo S, Usui S, et al. Effect of abdominal bracing training on strength and power of trunk and lower limb muscles. *Eur J Appl Physiol* 2016;116(9):1703-13.
- Tsao H, Galea MP, Hodges PW. Driving plasticity in the motor cortex in recurrent low back pain. *Eur J Pain* 2010;14(8):832-9.
- Urquhart DM, Hodges PW, Allen TJ, et al. Abdominal muscle recruitment during a range of voluntary exercises. *Man Ther* 2005;10(2):144-53.
- Vezina MJ, Hubley-Kozey CL. Muscle activation in therapeutic exercises to improve trunk stability. *Arch Phys Med Rehabil* 2000;81(10):1370-9.
-