

The Effect of Abdominal Contraction and Relaxation on The Muscle Activity of The Scapulothoracic Joint Muscle and Abdominal Muscle during Push-Up Plus Exercise

Donghoon Lee^a, Sungbae Jo^a, Changho Song^{b*}

^aDepartment of Physical Therapy, Graduate School of Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea

^bDepartment of Physical Therapy, College of Health and Welfare, Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea

Background: The purpose of this study was to investigate the effects of conscious abdominal contraction during push-up plus exercise, abdominal contraction through verbal encouragement.

Design: A cross-sectional study.

Methods: Muscle activity was measured by dividing push-up plus exercise into 4 conditions in 23 healthy adult men and women. The four conditions were push-up plus exercise without abdominal contraction, push-up plus exercise with conscious abdominal contraction, push-up plus exercise with abdominal contraction with verbal encouragement, and consciously relax the abdomen during push-up plus exercise combined with abdominal contraction techniques for 30 seconds.

Results: When performing the basic movement of the push-up plus exercise without abdominal contraction, significantly higher muscle activity was shown in the serratus anterior muscle than when both conscious abdominal contraction and abdominal contraction through verbal encouragement were performed ($p < 0.05$), and the external and internal oblique muscles showed the highest muscle activity during abdominal contraction through verbal encouragement ($p < 0.05$). When the abdomen was consciously relaxed during the push-up plus exercise combined with the abdominal contraction technique for 30 seconds, the muscle activity of the serratus anterior muscle was significantly higher than when the abdominal contraction technique was combined ($p < 0.05$).

Conclusions: Through this study, it was confirmed that the contraction of the abdominal muscles was not involved in the increase in the muscle activity of the serratus anterior muscle, but rather increased when the abdomen was relaxed. Based on these results, it will be possible to suggest an appropriate exercise method when applying the push-up plus exercise in clinical practice.

Key Words: Electromyography, Shoulder, Abdominal muscle, Exercise therapy

서론

코어는 운동 사슬의 기능적 중심으로서[1], 골반과 배가로막으로 둘러싸인 복부와 허리 근육을 포함한 신체 부위로, 몸통은 코어와 가슴 부위의 조합으로 골반과 빗장뼈로 둘러싸인 신체 부위로 정의된다[2]. 적절하게 발달한 코어 근육은 스포츠 수행 능력의 중요한 전제 조건으로서[3], 허리통증을 감소시키고 운동 수행 능력을 향상시킬 수 있다[4].

코어 운동은 각종 뼈대근육계 질환의 재활, 부상 예

방 및 경기력 향상에 도움이 된다는 연구결과와 함께[4, 5], 오랜 기간 코어 근육의 활성을 증가시키기 위해 여러 가지 접근 방식과 변형들이 개발되어왔다[6]. 코어 근육의 강화와 안정화를 목표로 하는 수많은 운동 방법이 연구되었고[3], 여러 운동들이 깊은 몸통 근육을 강화하기 위하여 몸통 또는 척추 안정화 운동으로 불리며 임상에서 사용되고 있다[7]. 몸통 안정화 운동의 대부분은 내부 또는 외부의 힘이 적용되는 동안 몸통의 움직임 최소화하고 척추를 중립 자세로 유지하는 것이며[8], 몸통의 안정성을 높이는데 유효한 방법 중 하나는

Received: Nov 20, 2023 Revised: Dec 19, 2023 Accepted: Dec 20, 2023

Corresponding author: Changho Song

Department of Physical Therapy College of Health and Welfare, Sahmyook University, Seoul 01795, Republic of Korea

Tel: +82-2-3399-1638 Fax: +82-2-3399-1639 E-mail: chsong@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 © 2023 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

복부 근육을 의식적으로 수축시키는 것이다[9]. 복부 수축 기법에는 복부 할로잉 기법과 복부 브레이싱 기법이 있으며, 현재 임상에서도 널리 사용되고 있다[9, 10]. 초음파 영상과 근전도 분석을 통해 복부 할로잉 기법 시 배가로근과 배속빚근과 같은 깊은 복부 근육의 활성도가 증가하고, 복부 브레이싱 기법은 깊은 복부 근육은 물론 배바깥빗근과 같은 얇은 복부 근육과 척추 꺾근의 활성도가 증가하는 것을 보여주었으며, 이 두 가지 방법이 몸통 안정화에 미치는 영향에 관한 연구들이 꾸준히 진행되어 왔다[11].

몸통 안정화를 위한 복부 수축 기법은 수많은 연구가 이어오며, 의식적 복부 수축 시 복부 근육뿐만 아니라 허리-골반-엉덩관절 복합체를 이루는 주변 근육인 골반바닥근, 척추주위근과의 공동 활성화에 관한 연구들도 활발히 이루어져 왔다[9]. Vesentini 등[12]의 체계적 검토는 골반바닥근과 복부 근육 간의 시너지 효과에 대한 증거를 제공하였으며, Sapsford와 Hodges[13]는 골반바닥근의 활동을 촉진하기 위해 복부 근육의 훈련을 권장하였다. Pereira[14]은 의식적 복부 수축을 지시했을 때 미산부 여성에게서 유의한 수준의 배가로근, 배속빚근과 골반바닥근의 공동 활성화가 관찰된다고 하였다. 못갈래근도 다양한 자세에서 의식적 복부 수축을 하는 동안 복부 근육과 함께 공동 활성화가 나타났으며[15], 특히 복부 브레이싱 기법을 적용할 때 복부 할로잉 기법이나 복부 드로우인 기법을 적용할 때와 비교하여 못갈래근의 근 활성도가 높게 나타났다[15]. 엎드린 자세에서 엉덩관절을 펴는 동작을 하는 동안 척추세움근 및 엉덩관절 근육과 복부 근육의 공동 활성화에 관한 연구에서는 복부 할로잉 기법을 적용하면 양쪽 척추세움근의 근 활성도가 감소하고, 복부 브레이싱 기법을 적용한 경우에는 양쪽 척추세움근의 근 활성도에 차이가 없었다[9]. 또한 모든 복부 수축 기법 동안 큰볼기근과 넓다리두갈래근의 근 활성도에도 유의한 차이가 없었다[9]. 이러한 의식적 복부 수축을 통한 복부 근육과 주변 관련 근육 간의 공동 활성화에 관한 연구는 허리-골반-엉덩관절 복합체뿐 아니라, 다리와 어깨 근육으로도 연구의 범위를 넓혀왔다[16, 17].

이전 연구들은 어깨 재활 운동에서 복부 근육과 어깨가슴관절 근육의 공동 활성화를 제안하기도 하였다[18, 19]. Kibler 와 Sciascia[20]는 어깨가슴관절과 그 근육이 몸통과 팔 사이의 해부학적 기능적 연결고리이며, 복부 근육의 강화 및 촉진은 위, 아래등세모근 및 앞뿔니근의 힘쌍을 회복하기 위한 필수 조건으로 권장된다고 하였다. 이러한 이유로 어깨 재활을 위한 치료적 운동은 위등세모근의 활동을 최소화하고 아래등세모근과 앞뿔니근의 활성을 선택적으로 증가시키는 방향으로 시행되

었고[18, 21], 의식적인 복부 수축은 어깨 재활 운동에서 또 하나의 중요한 요소로 언급되고 있다[22]. 닫힌 사슬 운동 중 하나인 푸시업 플러스 운동은 앞뿔니근의 선택적인 근 활성도를 증가시키기 위한 다른 여러 어깨 운동 중에서도 앞뿔니근의 근 활성도가 가장 높게 측정되었다[23].

최근 연구에서 의식적인 복부 수축을 통한 복부 근육과 어깨가슴관절 근육 간의 시너지 관계를 보고하였다[24]. Ferreira 등[24]은 의식적 복부 수축을 병행한 푸시업 플러스 운동 시 앞뿔니근의 근 활성도가 증가하였으며, 앞뿔니근의 근 활성도 증가는 배바깥빗근의 근 활성도 증가와 연관이 있다고 하였다.

이러한 복부 근육과 앞뿔니근 사이 연관성의 근거로는 안정된 표면에서 복부 수축을 병행한 푸시업 플러스 운동 시 배바깥빗근과 앞뿔니근의 근 활성도 증가와 그 연관성은 운동사슬이론과 근막경선(anatomic trains)을 따라 힘이 전달된다는 이론을 통해 정당화될 수 있다고 하였다[24, 25]. 운동사슬이론은 기능적 움직임 패턴 동안 신체 분절의 순차적인 작업 특정 활성화를 의미하며[26], 이 이론에 따르면 신체는 상호 의존적 분절의 시스템으로 작용하고 먼쪽 분절의 움직임과 제어는 몸쪽 분절의 안정화에 영향을 받는다고 한다[25].

그러나 항상 몸쪽 분절의 안정화 강화를 위해 복부 근육이 수축했을 때, 팔과 다리와 같은 먼쪽 분절 근육의 활성도가 촉진되거나 근력이 증가하는 것은 아니며, 오히려 감소하거나 유의한 차이가 나타나지 않기도 한다[9]. Ferreira 등[24]은 안정적인 표면에서 푸시업 플러스 운동 시 복부 수축을 지시하면 앞뿔니근과 배바깥빗근의 근 활성도가 유의하게 증가한다고 하였으며, 이는 배바깥빗근과 앞뿔니근 사이의 근막 연결을 통해 힘을 전달할 수 있다는 근막 경선의 개념을 강화한다고 하였다. 근막경선은 서로 다른 근육 사이를 근막을 통해 연결하는 기능적 복합체로서, 앞뿔니근과 배바깥빗근은 동일한 기능적 사슬인 위 나선선을 구성한다고 한다[27]. 그러나 근막경선에 대한 과학적 근거는 여전히 일치하지 않으며, 체계적 검토에서 나선선에 대한 증거는 아직 양가적이다[28].

연구자들 사이에서 앞뿔니근을 비롯한 어깨가슴관절 근육과 복부 근육의 연관성에 대하여 일치되지 않은 결과가 나타났으며, 명확한 기전의 확인이 아직 부족한 실정이다[24]. 또한 복부 수축을 병행한 푸시업 플러스 운동에 관한 연구가 아직 부족한 실정므로, 본 연구에서는 이를 재확인하고자 한다. 또한 선행연구의 주장과 달리 푸시업 플러스 운동 시 앞뿔니근의 활성화 증가가 구두 격려로 인한 것인지 관련성 여부를 확인하고자 한다. 본 연구를 통해 푸시업 플러스 운동을 임상에서 적용할 때

앞뿔니근의 효율적인 운동 방법을 제안하고자 한다.

본 연구의 목적은 건강한 성인을 대상으로 푸시업 플러스 운동 시 복부 수축을 병행하지 않은 기본 동작과 비교하여 의식적 복부 수축과 구두 격려에 의한 복부 수축, 의식적 복부 이완이 위등세모근, 앞뿔니근, 배바깥근과 배속뿔근의 근 활성도에 미치는 영향을 확인하고자 하는 것이다.

연구방법

연구의 대상

본 연구를 위해 서울에 소재하는 S대학에 재학 중인 학생을 대상으로 20~30대 건강한 성인 23명을 모집하였으며 연구 대상자 선정조건은 첫째, 최근 3개월 이내에 어깨와 허리에 통증이 없는 사람, 둘째 푸시업 플러스 운동 시 어깨와 허리에 불편함이 없는 사람, 셋째, 실험자의 지시에 따라 푸시업 플러스 운동이 가능한 사람으로 정하였다. 선정과정에서 어깨관절에 선천적인 기형이 있거나 정형외과적 손상 또는 신경학적 문제가 있는 사람, 어깨의 근력과 관절가동범위에 문제가 있는 사람, 어깨와 허리의 통증으로 푸시업 플러스 운동과 복부 수축 기법을 할 수 없는 사람은 제외하였다. 실험시간 48시간 전에는 과도한 신체활동과 음주 등 본 실험에 지장을 주는 행동을 하거나 본 연구의 의도를 이미 알고 있는 대상자는 실험에서 제외하였다.

본 연구의 대상자는 실험을 이해하고 절차와 과정 그리고 예상 효과에 대한 충분한 설명을 들은 후, 연구 참여에 대한 동의서에 서명한 자만 대상으로 하였으며, 반드시 자발적 참여에 의할 수 있도록 각별히 유의하였다. 삼육대학교 생명윤리위원회의 연구계획서 승인(승인번호 : SYU 2022-10-011-006)을 받아 진행하였다.

실험 절차

실험 전 대상자의 연령, 신장, 체중 등의 일반적 특성을 기록하였고, 대상자의 위등세모근, 앞뿔니근, 배바깥근, 배속뿔근의 최대 수의적 등척성 수축(maximum voluntary isometric contraction, MVIC)를 측정하였다. 근전도 전극은 우세 측의 위등세모근, 앞뿔니근, 배바깥근, 배속뿔근에 부착되었다. 최대 수의적 등척성 수축 후 5분간의 휴식을 취하고, 대상자는 실험자의 설명과 시범을 통해 푸시업 플러스 운동과 복부 수축 기법에 대해 익숙해지는 시간은 20분간 가졌다. 복부 수축이 없는 기본 동작, 의식적 복부 수축, 구두 격려를 통한 복부 수축, 총 3가지의 조건에서 학습 효과를 배제하기 위

해 무작위로 운동을 시행하였다. 근 활성도는 각 운동을 메트로놈을 사용하여 5초간 3회를 반복하는 동안 측정하였다. 그 후에는 30초간 등척성 푸시업 플러스 운동과 복부 수축 기법을 병행하며 어깨뼈 최대 내뻐 자세를 유지한 채 메트로놈 박자에 맞추어 5초 간격으로 들숨과 함께 복부를 5초간 이완하며 근 활성도를 측정하였다. 근 피로를 최소화하기 위하여 각 조건 사이에는 최소 1분의 휴식이 주어졌다.

실험 방법

푸시업 플러스 운동의 기본 동작

안정된 표면에서 푸시업 플러스 운동을 수행하기 위해 대상자는 30mm 두께의 매트 위에 손은 어깨너비만큼 벌리고 어깨관절에서 바닥으로 수직이 되도록 하여 놓고 발은 키의 75%에 해당하는 거리에 위치하게 하여 팔꿈치를 완전히 펴고 엎드린 자세를 취했다. 대상자들은 자세를 유지한 다음 동작을 시작하기 전 실험자로부터 “손바닥으로 바닥을 강하게 밀어라”는 지시를 받고, 운동 시작과 동시에 어깨뼈를 최대한 내뻐하여 바닥에서부터 몸통이 떨어진 상태로 메트로놈을 사용하여 5초간 등척성 수축을 유지한 후 시작 자세로 돌아오게 하였다. 근 피로를 예방하기 위하여 3회 반복 시 사이마다 컨디션에 따라 1분간 휴식 시간을 주었다(Ferreira et al, 2020)(Figure 1).

의식적 복부 수축을 병행한 푸시업 플러스 운동

대상자는 어깨뼈를 최대한 내뻐하여 5초간 유지하는 동안 구두 격려 없이 스스로 복부 브레이싱 기법을 수행할 것을 지시받았다. 이는 Ferreira 등[24]의 선행연구에서 복부 브레이싱 기법과 복부 할로잉 기법을 혼용한 것과 차이가 있다. 복부 할로잉 방법 시 배가로근과 배속뿔근과 같은 깊은 복부 근육의 근 활성도가 증가되는 반면, 복부 브레이싱 기법은 배가로근, 배속뿔근, 배바깥근 같은 복부 근육들과 척추의 펌근 등 특정한 근육에 초점을 맞추지 않고 허리 주변의 모든 근육을 수축시키는 방법이다[11, 29]. 최적의 복부 수축 방법에 대한 많은 연구들에 불구하고 여전히 연구자 간에 합의는 없었으나[30], 이전의 많은 연구에서 복부 브레이싱 기법이 복부 할로잉 기법과 비교하였을 때 깊은 근육 뿐 아니라 표층의 근육까지 모두 높은 근 활성도를 보였다[31]. 그러므로 본 연구에서는 복부 수축 기법으로 복부 브레이싱 기법 단일로 채택하여 대상자들 간에 복부 수축의 방법에 따라 발생할 수 있는 근 활성도의 차이를 최소화하고자 하였

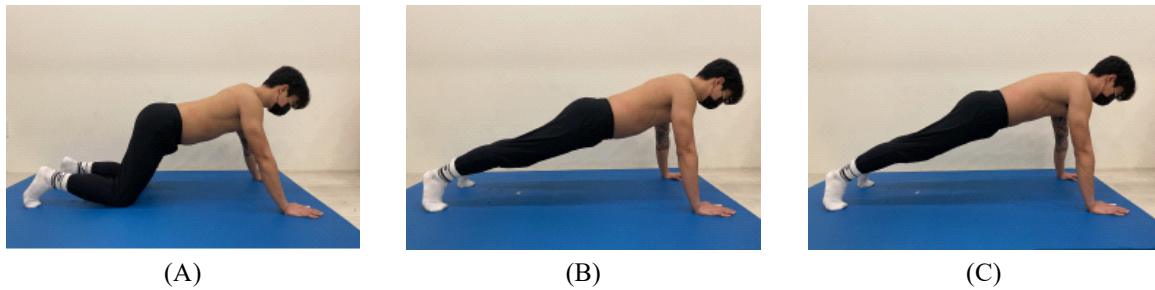


Figure 1. The Push Up Plus Exercise (A) the subject places their hands shoulder-width apart and their feet are placed on the mat with their knees at a distance from their hands equal to 75% of their height. When asked to assume the warm-up position, the subject will raise their knees off the floor, extend their legs, and assume a push-up position with their elbows fully extended. When you signal the start of the exercise, the subject should immediately push off the floor with their palms, keeping their shoulder blades as far back as possible.

다. 각 운동을 수행하는 동안 호흡의 날숨 단계에서 복부를 수축시키도록 요청하였으며, 배바깥근과 배속빗근의 공동 활성화에 중점을 두었다[24]. 동작 수행 전 구두 피드백을 통해 충분한 연습이 이루어졌다. 수행 시 실험자는 배바깥근과 배속빗근의 표면 근전도 신호를 육안으로 관찰하여 근 활성도가 기본 동작 시보다 증가하는지를 확인하였다. 동작의 성공적인 수행은 실험자가 판단했으며 복부 수축이 제대로 이루어지지 않은 경우 연습을 반복하고 충분한 휴식 후 다시 시작하였다.

복부 수축에 대한 구두 격려를 병행한 푸시업 플러스 운동

대상자는 푸시업 플러스 운동을 하는 동안 복부 브레이싱 기법을 수행할 것을 지시받았다. 실험자로부터 운동 내내 지속해서 ‘복부를 조여라’, ‘복부를 수축시켜라’, ‘복부를 단단하게 하여라’와 같은 구두 격려를 제공받았다[24].

30초 등척성 유지와 복부 수축 기법 병행 중 복부 이완

대상자는 운동을 시작하기 전 복부 수축과 이완을 메트로놈 박자에 맞추어 총 30초 동안 각각 5초씩 반복할 것을 미리 지시받았다. 복부 브레이싱 기법을 병행하여 어깨뼈를 최대한 내밀한 상태로 운동을 시작하고 5초 후 대상자는 들숨과 함께 복부를 의식적으로 이완한다. 5초간의 이완 후 다시 복부 브레이싱 기법을 날숨과 함께 5초간 유지하며, 이 과정은 30초 동안 총 3회 반복된다. 30초 등척성 푸시업 플러스 운동은 1회만 시행하였다. 운동 중 구두 격려는 없었으며, 실험자는 대상자의 배바깥근과 배속빗근의 표면 근전도 신호를 육안으로 확인하였다. 의식적 이완 시 복부 근육의 근 활성도가 복부 수축 시와 일정한 경우 연습을 반복하고 충분한

휴식 후 다시 시작하였다. 복부 브레이싱의 활성화 및 유지를 확인하기 위하여서 측정자는 살고랑인대(inguinal ligament) 위쪽의 앞배벽(anterior abdominal wall)을 촉진하였다.

측정 도구와 자료 수집 과정

근 활성화

푸시업 플러스 운동 시 대상자의 우세 측 위등세모근, 앞뿔근, 배바깥근, 배속빗근의 근 활성도를 측정하기 위해 표면 근전도(Ultium EMG sensor system, Noraxon Inc., Scottsdale, AZ, USA)를 사용하였다. 운동 중 측정된 표면 근전도 신호는 Myoresearch 소프트웨어(XP Master edition, Noraxon Inc, Arizona, U.S.A.)를 사용하여 신호를 측정하였다. 수집된 근전도 신호의 표본 추출률은 1000 Hz로 설정하였으며, 주파수 대역폭은 16~500 Hz로 설정하였다[24]. 또한, 근전도 신호를 정파 정류(full wave rectification)로 처리하였으며 RMS (root mean square) 300 ms 값으로 측정하였다.

전극을 부착하기 전 피부 저항을 최소화하기 위하여 전극을 부착하기 전 일회용 면도기로 털이 있는 부분을 제거하고 알코올 솜으로 전극 부착 위치를 깨끗이 닦아 주어 피부의 기름기 또는 이물질을 제거한 후 각 근육에 전극 간의 거리를 2 cm 유지한 후 부착 하였다[32]. 근전도 센서에서 100 k Ω 미만의 피부 저항을 확인 후 측정을 진행하였다.

전극의 부착 위치는 위등세모근은 7번 목뼈와 어깨봉우리 중간 지점에 부착하였다[18]. 앞뿔근은 Park와 Yoo[33]와 Januario 등[34]의 권장 사항에 따라 겨드랑이 중앙선을 따라 내려와 일곱 번째 갈비뼈의 힘살에

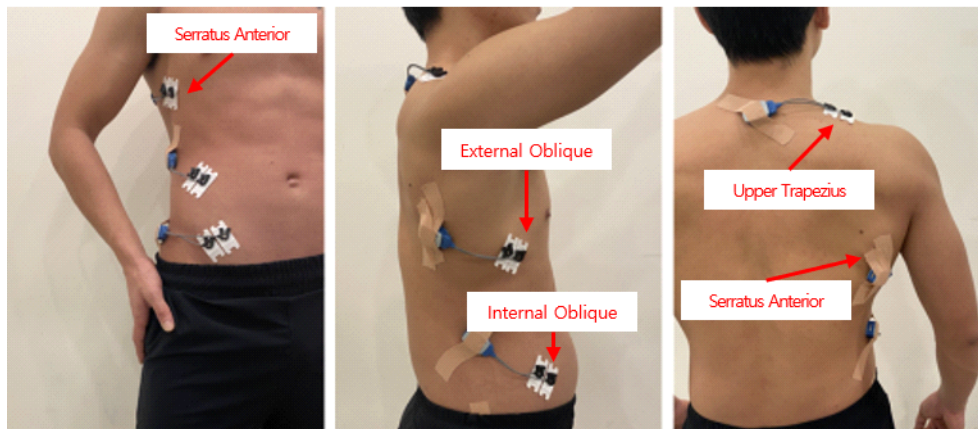


Figure 2. The Placements of Electromyography Electrode Attachment

부착하였다. 앞톱니근의 경우 선행연구에서 다섯 번째 앞톱니근의 경우 돌림 운동을 생성하는데 더 직접적인 기여를 하고, 일곱 번째 앞톱니근은 어깨뼈 안정화 기능으로서 더 크게 작용할 것이라 하였다[24]. Ferreira 등 [24]이 일곱 번째 앞톱니근이 배바깥빗근과 더욱 밀접한 해부학적 관계를 나타내어 복부 수축으로 인한 더 큰 반응을 나타낸다 했으므로 본 연구에서는 앞톱니근과 복부 근육 간의 연관성을 알아보기 위하여 일곱 번째 앞톱니근을 부착 위치로 선정하였다. 배바깥빗근은 엉덩뼈능선과 갈비뼈 중간 지점에 2 cm 간격을 두고 근섬유와 평행하도록 사선으로 부착했고, 배속빗근은 앞위 엉덩뼈가시에서 안쪽과 아래쪽으로 각각 2 cm 떨어진 지점에 2 cm 간격을 두고 근섬유와 평행하도록 사선으로 부착 하였다[10](Figure 2).

푸시업 플러스 운동을 시행하기 전 정규화(normalization)를 목적으로 위등세모근, 앞톱니근, 배바깥빗근, 배속빗근에 대한 최대 수의적 등척성 수축(maximum voluntary isometric contraction, MVIC)를 측정하였다. 측정 자세는 위등세모근과 앞톱니근은 Maenhout 등[18]의 권장 사항을 따랐으며, 배바깥빗근과 배속빗근은 Kendall 등[35]의 권장 사항을 따랐다.

근전도 데이터를 시각적으로 모니터링하면서 구두 격려와 함께 1회 반복과 수축을 3초 이상 유지하였으며 MVIC 테스트 중에 측정된 1000 ms 동안 계산된 최대 평균 진폭으로 정규화하였다[36].

각 근육에 대한 근 활성화(%MVIC)는 평균제곱근(root mean square, RMS)으로 처리된 근전도 신호를 MVIC 값으로 나누어 백분율(%)로 계산하였다.

분석방법

본 연구의 자료 분석은 SPSS (ver. 29.0, SPSS Inc, Chicago, IL, USA)를 이용하였다. 전체 자료는 Shapiro-wilk검정으로 정규성 검증을 하였으며, 정규성 검정에 만족하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계를 사용하였고, 복부 수축 운동 유형의 차이와 30초 등척성 푸시업 플러스 동안 복부 수축 시와 이완 시의 차이를 알아보기 위해 반복측정 분산분석(Repeated measure ANOVA)을 실시하였고 운동 유형 간 차이는 Bonferroni검정으로 확인하였다. 자료의 모든 통계학적 유의수준은 0.05 이하로 설정하였다. 본 연구에서는 대상자의 수를 결정하기 위하여 앞톱니근의 활성화도에 관한 사전 연구를 진행하였으며 해당 사전 연구를 통해 얻은 효과 크기(Cohen's d)는 0.738로 계산되었다. 표본크기 산정을 위해 G-Power 소프트웨어(ver3.1.9.7, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Germany)를 사용하였으며, 유의수준(α)을 0.05, 검정력($1-\beta$)을 0.8로 설정하였다. 이러한 조건 하에서 필요한 표본크기는 총 21명으로 계산되었다. 그러나 연구 진행 중 발생할 수 있는 탈락률을 고려하여, 10%를 추가 모집하여 총 23명의 대상자를 목표로 모집 후 연구를 진행하였다.

연구결과

연구 대상자의 일반적 특성

연구 대상자의 일반적 특성은 다음과 같다. 연구 대상자는 남성 8명, 여성 15명 총 23명이며, 평균 연령은 28.39세였다. 평균 신장은 166.00 cm, 평균 체중은 60.57 kg으로 나타났다. 평균 BMI 지수는 21.86 kg/m²이다. 성별에 따른 일반적 특성은 다음과 같다(표 1).

Table 1. General Characteristics of Participants

(n=23)

Characteristics	Male	Female
Sex	8	15
Age (years)	28.25 ± 2.66 ^a	28.47 ± 3.50
Height (cm)	173.75 ± 4.77	161.87 ± 5.25
Weight (kg)	73.75 ± 6.99	53.53 ± 5.29
BMI (kg/m ²)	24.43 ± 2.22	20.49 ± 2.38

BMI = body mass index.

^aMean ± SD.**Table 2.** Compare muscle activity between abdominal contraction methods

(n=23)

%MVIC	Default behavior (A)	Conscious Abdominal contractions (B)	Verbal Encouragement Abdominal contractions (C)	F(p)	Post test
UT	6.94 ± 8.14 ^a	5.77 ± 7.02	7.52 ± 8.60	2.5111(0.093)	
SA	50.03 ± 17.25	40.58 ± 15.02	42.54 ± 13.38	12.646(0.001)	A B C
EO	24.73 ± 12.87	44.34 ± 14.06	50.96 ± 15.32	47.592(0.001)	A B C
IO	22.54 ± 14.58	49.68 ± 21.96	58.20 ± 24.71	37.745(0.001)	A B C

UT = upper trapezius, SA = serratus anterior, EO = external oblique, IO = internal oblique. A = Default behavior, B = Conscious Abdominal contractions, C = Verbal Encouragement Abdominal contractions = % maximal voluntary isometric contraction.

^aMean ± SD.

복부 수축 방법에 따른 근 활성화 비교

푸시업 플러스 운동 시 복부 수축 방법에 따른 전체 근육의 근 활성화도는 다음과 같다(표 2).

어깨가슴관절 근육

위등세모근

푸시업 플러스 운동 시 기본 동작과 복부 수축 방법에 따른 위등세모근의 근 활성화도는 유의한 차이가 없었다.

앞톱니근

앞톱니근의 근 활성화도는 푸시업 플러스 운동의 기본 동작과 복부 수축 방법에 따라 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 복부를 수축하지 않고 수행한 푸시업 플러스 운동 시에 의식적으로 복부 수축을 하거나 구두 격려를 통해 복부 수축을 하여 수행한 푸시업 플러스 운동보다 유의한 증가를 나타내었다($p < 0.05$). 구두 격려를 통해 복부 수축을 한 푸시업 플러스 운동 시에 의식적 복부 수축을 한 푸시업 플러스 운동 시보다 근 활성화도가 약간 증가하였으나 이는 유의하지 않은 수준이었다.

복부 근육

배바깥빗근

배바깥빗근의 근 활성화도는 푸시업 플러스 운동은 기본 동작과 복부 수축 방법에 따라 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 사후검정 결과 세 가지 방법의 푸시업 플러스 운동 모두에서 각각 유의한 차이를 나타냈으며($p < 0.05$), 구두 격려를 통한 복부 수축에서 가장 높은 근 활성화도를 보였으며, 의식적 복부 수축이 다음으로 높았다. 복부 수축을 하지 않은 기본 동작 시에는 가장 낮은 근 활성화도가 나타났다.

배속빗근

배속빗근의 근 활성화도는 푸시업 플러스 운동은 기본 동작과 복부 수축 방법에 따라 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 사후검정 결과 세 가지 방법의 푸시업 플러스 운동 모두에서 각각 유의한 차이를 나타냈으며($p < 0.05$), 구두 격려를 통한 복부 수축, 의식적 복부 수축, 복부 수축을 하지 않은 기본 동작 순으로 근 활성화도의 증가가 높은 것으로 나타났다.

등척성 유지 동안 복부 수축과 이완에 따른 근 활성화도 비교

Table 3. Compare muscle activity with abdominal contraction and relaxation during isometric holding (n=23)

%MVIC	Combine abdominal contraction techniques	Conscious abdominal relaxation	F(p)
UT	6.26 ± 7.55 ^a	5.53 ± 5.55	2.308(0.143)
SA	41.36 ± 18.13	45.12 ± 18.81	10.565(0.004)
EO	44.70 ± 16.34	30.91 ± 12.33	16.402(0.001)
IO	53.28 ± 21.38	25.07 ± 15.18	55.311(0.001)

UT=upper trapezius, SA=serratus anterior, EO=external oblique, IO=internal oblique.=% maximal voluntary isometric contraction.

^aMean ± SD.

30초 등척성 푸시업 플러스 운동과 복부 수축 기법을 병행했을 때와 운동 중 복부를 의식적으로 이완했을 때의 근 활성도는 다음과 같다(표 3).

복부 수축 기법을 병행한 등척성 유지 동안 복부를 의식적으로 이완했을 때, 위등세모근의 근 활성도는 감소하였으나 유의하지 않았으며, 위등세모근을 제외한 나머지 세 근육에서는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 앞뿔니근은 복부를 의식적으로 이완했을 때 복부 수축 기법을 병행하는 동안보다 유의하게 높게 나타났으며($p < 0.05$), 배바깥빗근과 배속빗근은 복부 수축 기법 병행 시 유의하게 더 높게 나타났다($p < 0.05$).

논의

본 연구는 건강하고 젊은 성인 남녀를 대상으로 어깨의 닫힌 사슬 운동 중 하나인 푸시업 플러스 운동에 대한 효과적인 방법을 알아보고, 어깨가슴관절 근육과 복부 근육의 공동 활성화 여부에 관해 확인하고자 실험을 진행하였다. 푸시업 플러스 운동의 기본 동작 동안은 추가적인 복부 수축 기법을 병행하지 않고 대상자가 무의식적으로 복부 근육을 동원하게 두었다. 운동 중 구두 격려가 복부 근육과 어깨가슴관절 근육의 근 활성도에 영향을 미치는지 확인하기 위하여 푸시업 플러스 운동을 하는 동안 두 가지 방법으로 나누어 복부 수축을 병행하도록 하였는데, 하나는 대상자가 푸시업 플러스 운동을 하는 동안 구두 격려 없이 의식적 복부 수축을 병행하는 것이며, 다른 하나는 Ferreira 등[24]의 연구처럼 대상자가 복부 수축을 병행한 푸시업 플러스 운동을 하는 내내 복부 수축에 대한 지시가 담긴 구두 격려가 제공되는 것이다. 또한 이전의 복부 수축을 병행한 푸시업 플러스 운동에 관한 연구에서 복부가 수축했을 때 배바깥빗근과 앞뿔니근의 시너지 관계에 중점을 두었으므로 이 두 근육 간의 연관성을 더욱 명확하게 밝히기 위하

여 본 연구에서는 복부 수축 기법을 병행한 푸시업 플러스 운동 수행 중 대상자가 의식적으로 복부를 이완하도록 요청하여 배바깥빗근을 비롯한 복부 근육의 근 활성도 감소가 앞뿔니근의 근 활성도의 감소로 이어지는지 확인하고자 하였다.

연구결과 앞뿔니근의 근 활성도는 두 가지 방법의 복부 수축을 병행한 푸시업 플러스 운동 때보다 무의식적인 복부 수축과 함께 기본 동작으로 수행했을 때 유의하게 가장 높은 것으로 나타났으며($p < 0.05$), 복부 수축 방법의 차이에 따른 앞뿔니근 근 활성도의 차이는 없는 것으로 나타났다. 또한 복부 수축 기법을 병행한 푸시업 플러스 운동 중 복부를 의식적으로 이완했을 때, 배바깥빗근과 배속빗근의 근 활성도는 동시에 유의하게 감소했으나($p < 0.05$), 앞뿔니근의 근 활성도는 오히려 유의하게 증가하는 모습을 보였다($p < 0.05$). 배바깥빗근과 배속빗근의 근 활성도는 구두 격려에 의한 복부 수축 시 유의하게 가장 높은 것으로 나타났으며($p < 0.05$), 기본 동작 중 무의식적 복부 수축 시 유의하게 가장 낮았다($p < 0.05$). 사후분석 결과 모든 조건 간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < 0.05$). 위등세모근의 근 활성도는 기본 동작을 포함하여 모든 운동 방법에서 앞뿔니근의 높은 근 활성도와 대비하여 %MVIC가 10% 미만으로 낮게 나타났다. 또한 사후분석 결과 모든 운동 방법 간의 위등세모근의 근 활성도에 유의한 차이가 없었으며, 이는 30초 등척성 푸시업 플러스 운동에서도 동일하였다.

복부 수축을 병행하여 푸시업 플러스 운동을 수행하는 것은 선행연구인 Ferreira 등[24]의 연구결과와는 다르게 앞뿔니근은 복부 근육과 함께 공동 활성화 증가로 이어지지 않았다($p < 0.05$). 의식적 복부 수축을 병행하여 어깨 근육의 근 활성도 및 근력을 측정할 이전 연구들 또한 서로 일치되지 않은 결과들이 나타났다[16]. Scott 등[19]은 복부 수축을 병행하여 어깨를 대각선 안쪽을 굽힘하거나 어깨면에서 팔을 들어올릴 때, 앞뿔니

근의 근육 진폭이 증가했다고 하였으며, Cacolice 등 [16]도 어깨 굽힘 각도 90°에서 최대 등척성 어깨 굽힘 시 복부를 능동적으로 수축했을 때가 무의식적으로 복부 수축이 동원되었을 때보다 굽힘 최대회전력이 더 컸다고 하였다. 그러나 Misirliođu 등[37]은 복부와 엉덩이 근육을 의식적으로 활성화하여 어깨면에서 어깨를 90° 굽힘하여 자발적 등척성 수축시 우세쪽과 비우세쪽 어깨 근력이 모두 무의식중에 복부 근육이 동원되었을 때보다 오히려 감소한다고 하였고, 무의식적으로 자연스럽게 동원되는 것 이상의 추가적인 복부 수축을 하였을 때 어깨 근력에 억제 효과가 있을 것이라 하였다. 근력 검사 혹은 특정 운동 수행 중 복부 수축 병행을 통해 어깨 이외에 못갈래근[15], 골반바닥근[14], 다리 근육[17] 등 다른 근육 부위와의 공동 활성화를 알아보는 많은 연구들에서도 결과는 서로 엇갈렸다.

SÖGT 등[38]은 본 연구와 측정 근육은 달랐으나 최대 등척성 무릎 펌 근력 검사를 하는 동안 본 연구와 동일한 복부 수축 기법을 적용하여 배속빚근, 넙다리네갈래근의 근 활성도를 측정하였는데, 배속빚근의 근육은 근 활성도가 증가하였으나 넙다리네갈래근의 근 활성도와 최대회전력은 감소한 것으로 나타났고, 이는 대상자가 검사 중 복부 수축 상태 유지에 어려움을 겪거나 복부 수축에 집중하게 되면서 최대 무릎 힘을 발휘하지 못했을 수 있기 때문이라 설명하였다. 위 연구에서 사용한 복부 수축 기법인 복부 브레이싱 기법은 본 연구에서도 적용되어 얇은 복부 근육에 해당하는 배바깥근과 깊은 근육인 배속빚근의 근 활성도를 유의하게 증가시키며($p < 0.05$), 효과적으로 몸통 근육의 활성을 증가시키는 의식적 복부 수축 방법이나[31], 이러한 결과를 통해 추가적인 복부 수축의 병행이 몸통에 안정성을 더 많이 제공하였는지는 알 수 없다.

Richardson 과 Jull [39]에 따르면 척추의 안정성을 증가시키기 위해 요구되는 배가로근과 못갈래근 같은 국소 근육의 힘은 MVIC의 25% 정도라고 하였고, Stokes 등[40]에 따르면 배빚근과 배가로근을 최대 활성의 최소 10% 활성화했을 때 안정성이 약간 증가하는 것과 달리 최소 20% 활성화하는 것이 추가적인 안정성을 제공하지는 않는다고 하였다. 본 연구에서 측정한 바에 따르면, 복부 수축에 집중하였을 때 배바깥근과 배속빚근 모두 근 활성도가 MVIC의 40~50%대 였으며, 기본 동작 중 무의식적인 수축에 의해서는 배바깥근과 배속빚근의 근 활성도는 각각 MVIC의 24.73%, 22.54%의 근 활성도를 나타냈다. 이로 미루어 봤을 때, 본 연구에서 기본 동작 중 무의식중에 발생한 복부 근육의 수축은 몸통을 안정화하기에 충분했을 수 있으며, 복부 수축에 대한 집중의 요구는 더 큰 앞뿔니근의 근

활성도를 생성하는데 방해요인이 되었을 수 있을 것으로 생각된다.

구두 격려는 이전의 연구에서 힘 생성, 근 활성화, 근력, 근지구력 등의 향상에 도움을 주는 것으로 나타났다 [41]. 구두 격려가 지시 혹은 격려의 역할로 어깨가슴관절 근육과 복부 근육의 근 활성화에 끼치는 영향을 알아보기 위하여 본 연구에서는 복부 수축 방법을 대상자가 스스로 복부 수축을 병행하거나 혹은 운동 내내 지속적인 복부 수축에 대한 지시와 격려를 하는 것으로 구분 지었다. 사후분석 결과 배바깥근과 배속빚근의 근 활성화는 모든 조건 중에서 구두 격려에 의한 복부 수축 시 유의하게 가장 높게 나타났으며, 이는 Belkhiria 등[41]의 연구에서 근육 활동이 등척성 운동 중 구두 격려에 의해 상당한 영향을 받는다고 한 것과 일치하였다. 그러나 앞뿔니근의 근 활성화에서는 유의한 차이를 발견하지 못하였다. ‘복부를 조여라’, ‘복부를 수축시켜라’, ‘복부를 단단하게 하여라’와 같은 구두 격려는 구체적인 큐잉으로서 작용될 수 있는데, Dean 과 Baker [42]는 큐잉이 선택적으로 근육을 활성화시키거나 억제시키는 내림신경로에 영향을 줄 수 있으며 큐잉에 따라 운동의 효과가 바뀔 수 있다고 하였다. Cowling 등[43]도 정확한 큐잉은 근육의 근 활성도를 선택적으로 향상시키거나 감소시킬 수 있으나, 적절하지 않은 큐잉은 근육의 근 활성도를 원하는 대로 조절할 수 없다고 하였다. 결과적으로 본 연구에서 사용된 구두 격려는 복부 근육에 초점이 맞추어져 복부 근육의 근 활성화에는 효과적으로 작용하였으나 앞뿔니근에는 영향을 미치지 못한 것으로 생각된다.

Lohse 등[44]의 연구에서는 사물과 같은 외부 대상이 아닌 신체와 같은 내부에 초점을 주의를 기울이게 하는 경우 덜 정확한 힘 생성이 발생하고 주동근과 길항근 사이의 공동 활성이 증가하여 근육 간의 덜 효율적인 조정을 나타낸다고 하였다. 본 연구에서 복부 브레이싱 기법의 병행으로 대상자는 복부 근육이라는 내부의 요소에 집중함으로써 배바깥근과 배속빚근의 높은 공동 활성이 발생했으나 이로 인한 몸통의 비효율적인 조정으로 앞뿔니근의 근 활성도가 감소했을 가능성이 있다고 생각된다. Wulf [45]는 사람의 주의 집중은 집중 지시가 주어지는 즉각적인 수행에 영향을 미치며, 근육과 같은 신체 내부에 초점을 두는 것에 비해 도구와 같은 외부에 초점을 두어 운동을 수행할 때 이점이 더 많다고 하였다. 이로 미루어 봤을 때 운동 전 외부 요소인 바닥에 초점을 두어 ‘손바닥으로 바닥을 밀어라’는 지시는 기본 동작 동안 대상자가 복부 근육의 힘을 덜 들이고 목표한 동작을 수행하게 하는 효율적이고 경제적인 운동패턴을 사용하게 했을 수 있다.

위등세모근은 연구결과 푸시업 플러스 운동 시 기본 동작을 포함한 모든 변형에서 앞뿔니근의 높은 근 활성도와 대비하여 낮은 근 활성도를 보이는 결과가 나타났으며, 이는 단한 운동 사슬이 더 큰 앞뿔니근의 근 활성도를 보이며 더 높은 앞뿔니근/위등세모근 근 활성비를 생성한다는 이전 연구와 일치하였다[21]. 본 연구에서 위등세모근의 근 활성도는 모든 운동 중 MVIC의 10% 미만으로 푸시업 플러스 운동 수행 중 거의 기여하지 않은 것으로 나타났고, 두 가지 다른 방법으로 복부 수축을 수행하며 푸시업 플러스를 했을 때 운동의 방법에 따른 유의한 차이가 발생하지 않았다. 복부 수축 기법을 병행한 30초 등척성 푸시업 플러스 운동 중 복부를 의식적으로 이완했을 때도 근 활성도에는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 선행연구인 Ferreira 등[24]도 의식적 복부 수축이 위등세모근의 근 활성도에 영향을 미치지 않았다고 하였으며, 근 활성도가 MVIC의 10%와 20%에 가깝게 유지되므로 푸시업 플러스 운동의 자세 중 어깨뼈의 위치가 위등세모근의 유의한 활동을 요구하지 않는 것으로 보인다고 하였다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 첫째, 표본 집단 크기가 작고 둘째, 젊고 건강한 성인 남녀를 대상으로 진행된 실험이기 때문에 어깨에 통증이 있는 환자, 허리통증 환자, 어깨뼈 운동이상증, 날개 어깨뼈가 있는 집단이나 다른 연령의 집단에도 동일한 영향을 미칠지에 대한 여부는 알 수 없어 연구결과를 일반화하기 어렵다. 향후 연구에서는 다양한 집단을 대상으로 심도 있는 연구가 필요할 것이다. 마지막으로 본 연구는 단면연구로써 향후에는 치료 효과를 알아보는 훈련 연구가 필요할 것이다.

결론

위등세모근은 복부 수축의 병행과 복부 이완에 따른 유의한 차이가 없었으며, 푸시업 플러스 운동 시 앞뿔니근과 대비하여 낮은 근 활성도를 보였다. 앞뿔니근의 근 활성도는 두 가지 방법으로 복부 수축을 병행했을 때보다 복부 수축을 의식적으로 하지 않았던 기본 동작에서 가장 유의하게 높은 것으로 나타났으며($p < 0.05$), 복부 수축 기법을 병행한 푸시업 플러스 운동 중 복부를 의식적으로 이완하였을 때 오히려 유의하게 높은 근 활성도를 보였다($p < 0.05$). 배바깥빗근과 배속빗근의 경우 두 가지 방법의 복부 수축 병행 시 모두 기본 동작보다 유의하게 높은 근 활성도를 보였으며($p < 0.05$), 구두 격려에 의한 복부 수축 시 대상자가 스스로 복부 수축을 병행했을 때보다 유의하게 근 활성도가 높은 것으로 나

타났다($p < 0.05$).

결과를 통하여 푸시업 플러스 운동 시 추가적인 복부 수축의 병행이 없어도 충분히 앞뿔니근의 높은 근 활성도를 만드는데 효과적인 운동임을 확인할 수 있었으며, 기본 동작 중 무의식적으로 발생한 복부 수축을 통해 요추의 안정성을 확보하는데 충분한 근 활성도를 보였다.

본 연구는 임상이나 스포츠 환경에서 푸시업 플러스 운동을 수행하거나 지도하는 것에 있어 유용한 도움이 될 것이며, 어깨의 단한 사슬 운동 중 복부 수축을 병행하는 것에 대한 정보를 제공하여 향후 후속 연구에 기초적인 도움을 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

Acknowledgement

This research was supported by a grant of the Korea Health Technology R&D Project through the Korea Health Industry Development Institute(KHIDI), funded by the Ministry of Health & Welfare, Republic of Korea(grant number : HI21C0572).

참고문헌

1. Kennedy DJ, Noh MY. The role of core stabilization in lumbosacral radiculopathy. *Phys Med Rehab Clin.* 2011;22:91-103.
2. Jamison ST, McNally MP, Schmitt LC, Chaudhari AM. The effects of core muscle activation on dynamic trunk position and knee abduction moments: implications for ACL injury. *J BIOMECH.* 2013;46:2236-41.
3. Behm DG, Muehlbauer T, Kibele A, Granacher U. Effects of strength training using unstable surfaces on strength, power and balance performance across the lifespan: a systematic review and meta-analysis. *SPORTS MED.* 2015;45:1645-69.
4. McGill SM. Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exercise and sport sciences reviews.* 2001; 29:26-31.
5. Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. *ARCH PHYS MED REHAB.* 2004;85:86-92.
6. van den Tillaar R, Saeterbakken AH. Comparison of core muscle activation between a prone bridge

- and 6-RM back squats. *J HUM KINET.* 2018;62:43.
7. McGill SM, Karpowicz A. Exercises for spine stabilization: motion/motor patterns, stability progressions, and clinical technique. *ARCH PHYS MED REHAB.* 2009;90:118-26.
 8. García-Vaquero MP, Moreside JM, Brontons-Gil E, Peco-González N, Vera-García FJ. Trunk muscle activation during stabilization exercises with single and double leg support. *J ELECTROMYOGR KINES.* 2012;22:398-406.
 9. 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 MANIP PHYSIOL THER.* 2017;40:106-17.
 10. Suehiro 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. *Journal of bodywork and movement therapies.* 2014;18:482-8.
 11. Arab AM, Chehrehrizi M. Ultrasound measurement of abdominal muscles activity during abdominal hollowing and bracing in women with and without stress urinary incontinence. *MANUAL THER.* 2011;16:596-601.
 12. Vesentini G, El Dib R, Righesso LAR, Piculo F, Marini G, Ferraz GAR, et al. Pelvic floor and abdominal muscle cocontraction in women with and without pelvic floor dysfunction: a systematic review and meta-analysis. *CLINICS.* 2019;74:e1319.
 13. Sapsford RR, Hodges PW. Contraction of the pelvic floor muscles during abdominal maneuvers. *ARCH PHYS MED REHAB.* 2001;82:1081-8.
 14. Pereira LC, Botelho S, Marques J, Amorim CF, Lanza AH, Palma P, et al. Are transversus abdominis /oblique internal and pelvic floor muscles coactivated during pregnancy and postpartum? *NEUROUROLOG URODYNAM.* 2013;32:416-9.
 15. Matthijs OC, Dedrick GS, James CR, Brismée J-M, Hooper TL, McGalliard MK, et al. Co-contraction activation of the superficial multifidus during volitional preemptive abdominal contraction. *PM&R.* 2014;6:13-21.
 16. Cacolice PA, Carcia CR, Scibek JS. Shoulder Flexion Torque Is Augmented by a Volitional Abdominal Isometric Contraction. *The Journal of Strength & Conditioning Research.* 2021;35:920-3.
 17. Hwang B-J, Kim J-W. Effects of Lumbar Stabilization Exercise on Lumbar and Lower Extremity Strength of Elderly women. *J Kor Soc Phys Med.* 2011;6:267-75.
 18. Maenhout A, Van Praet K, Pizzi L, Van Herzele M, Cools A. Electromyographic analysis of knee push up plus variations: what is the influence of the kinetic chain on scapular muscle activity? *BRIT J SPORT MED.* 2010;44:1010-5.
 19. Scott R, Yang HS, James CR, Sawyer SF, Sizer Jr PS. Volitional preemptive abdominal contraction and upper extremity muscle latencies during D1 flexion and scaption shoulder exercises. *J ATHL TRAINING.* 2018;53:1181-9.
 20. Kibler WB, Sciascia A. Current concepts: scapular dyskinesis. *BRIT J SPORT MED.* 2010;44:300-5.
 21. Ludwig PM, Hoff MS, Osowski EE, Meschke SA, Rundquist PJ. Relative balance of serratus anterior and upper trapezius muscle activity during push-up exercises. *The American journal of sports medicine.* 2004;32:484-93.
 22. Toro ASV, Cools AM, de Oliveira AS. Instruction and feedback for conscious contraction of the abdominal muscles increases the scapular muscles activation during shoulder exercises. *MANUAL THER.* 2016;25:11-8.
 23. Neumann DA, Camargo PR. Kinesiologic considerations for targeting activation of scapulothoracic muscles-part 1: serratus anterior. *BRAZ J PHYS THER.* 2019;23:459-66.
 24. Ferreira FLS, Alves de Oliveira VM, Santos MR, Nascimento VYS, Pitanguí ACR, Cappato de Araújo R. Use of unstable surfaces and conscious abdominal contraction on the activity of periscapular muscles. *Int J Ther Rehab.* 2020;27:1-9.
 25. Rubin BD, Kibler WB. Fundamental principles of shoulder rehabilitation: conservative to postoperative management. *ARTHROSCOPY.* 2002;18:29-39.
 26. Chu SK, Jayabalan P, Kibler WB, Press J. The kinetic chain revisited: new concepts on throwing mechanics and injury. *PM&R.* 2016;8:S69-S77.
 27. Myers TW. *Anatomy trains e-book: Myofascial meridians for manual therapists and movement pro-*

- fessionals: Elsevier Health Sciences; 2013.
28. Wilke J, Krause F, Vogt L, Banzer W. What is evidence-based about myofascial chains: a systematic review. *ARCH PHYS MED REHAB*. 2016;97:454-61.
 29. Grenier SG, McGill SM. Quantification of lumbar stability by using 2 different abdominal activation strategies. *ARCH PHYS MED REHAB*. 2007;88:54-62.
 30. 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.
 31. Koh H-W, Cho S-H, Kim C-Y. 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;26:295-9.
 32. Criswell E. *Cram's introduction to surface electromyography*: Jones & Bartlett Publishers; 2010.
 33. Park S-y, Yoo W-g. Differential activation of parts of the serratus anterior muscle during push-up variations on stable and unstable bases of support. *J ELECTROMYOGR KINES*. 2011;21:861-7.
 34. Januario LB, Cid MM, Zanca GG, Mattiello SM, Oliveira AB. Serratus anterior sEMG-sensor placement and test position for normalization purposes during maximal and submaximal exertions. *MED ENG PHYS*. 2022;101:103765.
 35. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, Rodgers MM, Romani WA. *Muscles: testing and function with posture and pain*: Lippincott Williams & Wilkins Baltimore, MD; 2005.
 36. Selkowitz DM, Beneck GJ, Powers CM. Comparison of electromyographic activity of the superior and inferior portions of the gluteus maximus muscle during common therapeutic exercises. *J ORTHOP SPORT PHYS*. 2016;46:794-9.
 37. Mısırlıoğlu TÖ, Eren İ Canbulat N, Çobanoğlu E, Günerbüyük C, Demirhan M. Does a core stabilization exercise program have a role on shoulder rehabilitation? A comparative study in young females. *Turkish journal of physical medicine and rehabilitation*. 2018;64:328.
 38. SÖĞT B, ŞAHİ DC, Arslan D, Yilli S, TARKAN S, HARPUT G. THE EFFECTS OF ABDOMINAL BRACING MANEUVER ON QUADRICEPS MUSCLE TORQUE, TIME TO PEAK TORQUE AND MUSCLE ACTIVATION LEVELS AT DIFFERENT KNEE FLEXION ANGLES. *Türk Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi*. 2022;33:63-70.
 39. Richardson C, Jull G. Muscle control-pain control. What exercises would you prescribe? *MANUAL THER*. 1995;1:2-10.
 40. Stokes IA, Gardner-Morse MG, Henry SM. Abdominal muscle activation increases lumbar spinal stability: analysis of contributions of different muscle groups. *CLIN BIOMECH*. 2011;26:797-803.
 41. Belkhiria C, De Marco G, Driss T. Effects of verbal encouragement on force and electromyographic activations during exercise. *J SPORT MED PHYS FIT*. 2018;58:750-7.
 42. Dean LR, Baker SN. Fractionation of muscle activity in rapid responses to startling cues. *J NEUROPHYSIOL*. 2017;117:1713-9.
 43. Cowling E, Steele J, McNair P. Effect of verbal instructions on muscle activity and risk of injury to the anterior cruciate ligament during landing. *BRIT J SPORT MED*. 2003;37:126-30.
 44. Lohse KR, Sherwood DE, Healy AF. Neuromuscular effects of shifting the focus of attention in a simple force production task. *J MOTOR BEHAV*. 2011;43:173-84.
 45. Wulf G. Attentional focus and motor learning: a review of 15 years. *INT REV SPORT EXER P*. 2013;6:77-104.