

캐딜락 기구를 이용한 필라테스 전후방 팔 뻗기 동작이 체간 근 활성도에 미치는 효과

대구대학교 체육과학연구소

김진령 · 허성훈 · 안경준 · 김송준 · 이종삼

Effect of Forward and Backward Arm Extension Movement of Pilates Exercise Using Cadillac Instrument on Trunk Muscle Activity

Jinryeong Kim, Sunghoon Hur, Kyungjun An, Songjune Kim, Jongsam Lee

Research Center for Exercise and Sport Science, Daegu University, Gyeongsan, Korea

Purpose: This study analyzed the muscle activity changes induced by motions of reaching forward and chest expansion that were examined from the bilateral muscles with rectus abdominis, external oblique, multifidus, and longissimus thoracic using Pilates cadillac instrument.

Methods: Nine young adult women, who have no musculoskeletal disorder and any of chronic diseases, were participated. Surface electromyography system was used for recording of all signals produced by muscles, and then normalized as percentage of maximum voluntary isometric contraction (%MVIC). The paired t-test and repeated measures of analysis of variance was performed.

Results: Reaching-forward motion showed a higher muscle activity from non-dominant external oblique muscle than that of the chest-expansion motion. During both reaching-forward motion and chest-expansion motion, MVIC values collected from dominant side of external oblique muscle were shown a significantly lower than the values obtained from non-dominant side ($p < 0.05$). Conversely, %MVIC values in external oblique muscle collected from dominant side showed a significantly higher than the values obtained from non-dominant side of the same oblique muscle ($p < 0.05$). Reaching-forward motion was caused a higher %MVIC on non-dominant external oblique muscle than that of the chest-expansion motion ($p < 0.05$). Regardless of dominant or non-dominant sides, external oblique muscle was shown the highest activation rate of all the other muscles during reaching forward action, and longissimus thoracic muscle was shown the highest activation rate of all the other muscles during chest expansion action.

Conclusion: Reaching-forward motion is suitable for activating an external oblique muscle, and chest-expansion motion is an effective enough in activating of longissimus thoracic muscle.

Keywords: Chest-expansion, Electromyography, Pilates, Reaching-forward, Trunk muscle

Received: July 12, 2018 Revised: November 13, 2018 Accepted: November 24, 2018

Correspondence: Jongsam Lee

Research Center for Exercise and Sport Science, Daegu University, 201 Daegudae-ro, Gyeongsan 38453, Korea

Tel: +82-53-850-6083, Fax: +82-53-850-6989, E-mail: jlee@daegu.ac.kr

*This study was supported by the 2017 Daegu University Research Grants.

Copyright ©2018 The Korean Society of Sports Medicine

© 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.

서론

체간부 근력과 근지구력의 감소는 연부조직의 약화와 체간의 불안정성을 야기해 만성적인 요통 발생의 원인으로 작용한다¹. 체간의 안정성이란 움직임의 발현 중 외부 환경의 변화에 대해 신체의 상태를 유지하거나 조절하는 능력을 말한다². Ferreira 등¹은 요통환자들에게서 나타내는 기능적 결함을 보완해 심부안정근의 수축 양상을 변화시킬 수 있는 운동방법의 필요성을 제기하며 심부안정근들의 수축 양상들을 운동을 통하여 긍정적으로 변화시킬 수 있음을 시사하고 있다. 동작을 수행하는 신체의 자세에 따라 그리고 서로 다른 과제 수행 시 체간부 근 활성화도에 차이를 나타내며², 상지의 운동 방향에 따라 표면 체간근 사이의 활성 양상에도 많은 차이를 나타낸다³. 필라테스(pilates) 운동은 체간의 안정화를 목적으로 시행되고 있는 여러가지 운동요법 중의 하나이다. 필라테스 운동은 소도구 또는 기구를 이용하여 3차원적인 움직임이 가능하도록 구성되어 있으며 특히, 기구의 사용 시 다양한 스프링의 길이, 강도, 위치마다 가변적인 저항력을 적용할 수 있어 모든 연령대와 다양한 신체 능력의 차이를 나타내는 사람들에게 개별적인 효과를 얻을 수 있도록 고안된 운동이다⁴⁻⁸. Herrington과 Davies⁹는 필라테스가 일반적인 근육 운동과 비교해 요추와 골반의 안정성과 움직임의 향상에 더 효과적일 수 있다고 제안하였다. Sekendiz 등¹⁰은 사무직 여성을 대상으로 5주 동안 매트 필라테스 운동 후 등부 근력 및 근지구력 증가와 함께 유연성 향상을 보고하였으며, Park¹¹은 12주간의 매트운동으로 중년 여성의 혈중지질 수치와 신체조성의 개선과 함께 요부 근력이 향상되었다고 보고하였다. 또 12주간의 필라테스 운동(주2회, 회당 60분)이 남성과 여성 모두에 있어 배곧은근, 넓다리뒤근육 및 상체의 근지구력의 증가와 함께 유연성을 향상시키는 등¹² 긍정적인 효과를 보고한 다수의 연구 결과가 발표되었다. Lee와 Seo¹³는 필라테스 자세에 따른 중년여성의 운동효과를 비교한 결과, 어깨근육의 안정성 증가는 물론 특히, 등근육이 강화됨에 따른 목과 척추에 대한 피로도, 허리통증, 생리통의 완화 등 몸의 전반적인 긍정적 변화를 관찰하였다. 또한 리포머(reformer)를 이용한 필라테스 운동으로 중년 여성의 신체조성과 복부근육의 근 활성화도 변화를 살핀 연구에서는 체중과 체지방에는 영향을 미치지 않았지만 배곧은근, 배바깥근, 배속빗근의 근 활성화도가 유의하게 증가하여 필라테스 운동이 근육의 활성화에 효과적임을 확인한 바 있다¹⁴. 이처럼 많은 연구들을 통해 신체 안정화 및 체간 안정성에 미치는 필라테스 운동의 효과가 밝혀지고 있으나 대부분의

연구에서 동작 시 체간의 안정성에 작용하는 체간 근육의 활성화 변화만을 살펴보고 있을 뿐 현재까지 신체의 자세변화나 동작수행 시 나타나는 체간근 근 활성화도의 변화 양상을 체계적으로 비교한 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구를 통해 확인된 결과는 개개인에게 적합한 필라테스 운동 동작의 선택을 위한 운동처방의 기초자료로 활용될 수 있을 것이라 기대한다. 따라서 본 연구에서는 캐딜락(cadillac) 기구를 이용한 필라테스 운동이 체간의 전후방 안정화 근육 간에 나타내는 활성화도의 차이를 규명하는 동시에 필라테스 동작 형태에 따른 근 활성화도의 양상을 비교 분석하고자 하였다.

연구 방법

1. 연구 대상

본 연구에서는 필라테스센터 내 상황을 고려하여 운동 경력이 1년 미만이며 근골격계 질환이 없는 건강한 성인 여성 9명을 대상으로 선정하였다. 숙련자와 비숙련자를 구분하는 기준이 주관적인 제한을 가지고 있으나 본 실험에서 보상 작용 없이 동작을 충분히 수행할 수 있다고 판단되는 대상자들을 상대로 연구의 목적과 실험 시 수행하게 될 동작에 대한 설명을 충분히 들은 대상 중 자발적으로 참여 의사를 밝힌 사람들만을 연구대상자로 선정하였으며 실험참가 전 또는 실험 도중 대상자가 원할 경우 언제든지 실험참가를 거부할 수 있다는 내용이 포함된 실험동의서에 서명하도록 하였다. 대상자의 평균 연령, 신장 및 체중은 Table 1에 나타난 바와 같다.

2. 측정 방법

1) 동작수행 및 측정

모든 실험 대상자들은 캐딜락 기구에 연결된 arm spring을 이용하여 필라테스의 기본 운동법으로 사용하며 측정환경에 제한 없이 상반되는 동작 형태에 따른 근 활성화도의 양상을 규명할 수 있을 것으로 기대되는 reaching forward 동작과 chest

Table 1. Physical characteristics of the participants (n=9)

Variable	Value
Age (yr)	28.6±4.0
Height (cm)	163.5±2.9
Weight (kg)	59.7±5.5

Values are presented as mean±standard deviation.

expansion 동작을 선정하여 수행하였다. Reaching forward 동작은 캐딜락을 등진 상태의 기립 자세에서 팔을 전방으로 뻗어 수행하였으며(Fig. 1A), chest expansion은 캐딜락을 바라본 기립 자세에서 팔을 후방으로 뻗는 동작으로 수행하였다(Fig. 1B). 동작의 정확성을 위하여 동작을 수행하는 지점과 캐딜락과의 거리를 표준화하였으며 동일한 측정자의 구령으로 정확성을 높일 수 있도록 하였다. 각각의 동작에 대하여 총 5회씩 반복하였으며 서로 다른 동작 수행 시 이전 동작 수행에 따른 근육의 피로 누적을 피하기 위해 5분간의 휴식시간을 부여하였다. 10초간의 동작에 따른 근 활성화 값을 수집한 후 최초와 마지막 3초씩을 제외한 4초 동안의 EMGworks Analysis (Delsys Inc., Boston, MA, USA)를 통해 측정된 값을 root mean square (RMS) 값으로 수집하였다. 또한 각 동작 시 나타내는 근 활성화의 최고값은 10초 동안의 전 구간에 걸친 전압(V)의 변화를 살펴 최대 수치를 나타낸 값을 사용하였다.

2) 수의적 최대 등척성 수축에 따른 근 활성화 측정

수의적 최대 등척성 수축 근전도 값을 구하기 위해 대상자들은 최대의 힘으로 정적 수축을 하게 되는데 이때 발현한 힘이 최대값이 될 수 있는가에 대한 문제가 발생하게 된다. 이러한

문제를 해결하기 위해 실제 측정할 동작과 같은 동작의 가장 높은 근전도 값을 찾아 표준화하는 %DMC (percentage of dynamic movement cycle) 방법도 있으나 이러한 방법들도 또다른 제한점이 발생되어 근전도 연구를 위해 가장 선호되어지는 표준화 방법인 %MVIC (percentage of maximum voluntary isometric contraction) 방법을 사용하였다¹⁵. 각 근육들의 수의적 활성전위를 표준화시키기 위해 모든 대상자들은 수의적 최대 등척성 수축(MVIC)을 수행하였다. 근 활성화도의 측정은 우좌측 배곧은근, 우좌측 배바깥빗근, 우좌측 등가장긴근, 우좌측 못갈래근 총 4개근에서 이루어졌다¹⁶⁻¹⁸. 동작의 정점에서 벨트가 고정되도록 해 더 이상의 동작 변화가 일어나지 않도록 했으며 이 때 대상자가 발휘할 수 있는 최대 수축력을 무선 근전도(Trigno EMG Sensor, Delsys Inc.)를 이용하여 최대 값을 수집하였다. 수의적 최대 등척성 수축을 유발하기 위한 동작(Fig. 2)은 각각 5회씩 실시하여 최고값, 최저값을 제외한 3회의 값을 합산 후 평균값을 산출해 수의적 최대 등척성 수축 값으로 규정하였다. 측정된 수의적 최대 등척성 수축 시 얻은 근 활성화도의 수치는 실험 동작 시 나타내는 근 활성화도의 수치에 대한 상대적 비율로 표준화(%MVIC)시키는데 사용하였다.

한편 수집된 데이터를 분석하는 도중 MVIC 동작의 수행



Fig. 1. Reaching forward (A) and chest expansion (B) movement with the cadillac.

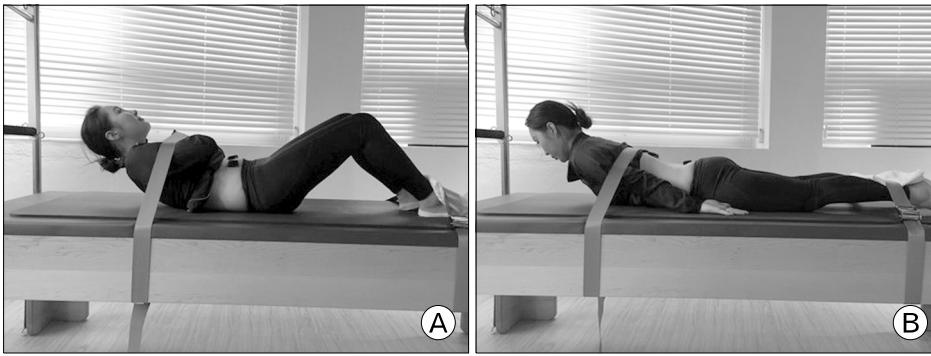


Fig. 2. A measurement of voluntary maximal isometric contraction. (A) Rectus abdominis and external obliques. (B) Multifidus and longissimus thoracis.



Fig. 3. Location of surface electromyography sensor attachment. (A) Rectus abdominis and external obliques. (B) Multifidus and longissimus thoracis.

시 나타나는 근 활성도의 수치와 비교해 실험 동작시의 근 활성도 수치가 높게 나타난 현상을 나타낸 2명의 데이터 값에 대해 전체 실험 대상자 데이터 값의 해석에 혼란을 야기할 수 있을 것으로 판단하여 근 활성도의 최고값과 %MVIC값들의 분석 시 제외하였다. 따라서 근 활성도의 최고값, %MVIC의 수치의 분석은 총 7명의 자료를 이용해 수행하였다.

3. 측정 도구

1) 근전도

동작 시 근 활성도를 알아보기 위하여 무선 근전도(Trigno EMG Sensor, Delsys Inc.)를 사용하였다. Trigno 근전도 전극을 통하여 측정된 각 근육들의 아날로그 신호는 Trigno 기지 장치(base station)로 무선 전송된 후 디지털 신호로 전환하여 개인용 컴퓨터에서 Delsys EMGworks Acquisition 소프트웨어를 통해 자료를 수집하여 처리하였다. 근전도 신호의 표본 추출률(sample rate)은 2,000 Hz로 설정하였고, 주파수 대역폭(bandwidth)은 근전도 신호의 잡음 제거를 위하여 20-40 Hz의 주파수를 사용하였다. 수집된 근육들의 근전도 신호는 RMS

값으로 처리하여 분석하였다.

2) 표면 근전도의 측정

동작 시 우좌측 배곧은근, 우좌측 배바깥빗근, 우좌측 등가장긴근, 우좌측 뒗갈래근의 근 활성도를 측정하기 위해 유성펜을 이용해 각 근육의 센서 부착부위를 정확한 표시한 후 전극을 부착(Fig. 3)하고 근전도 신호에 대한 저항을 최소화 시키기 위해 알콜 솜을 이용해 부착부위를 깨끗하게 닦아주었다. EMG 센서 부착 시 각 근육의 정확한 센서 부착 위치는 수의적 최대 근 수축을 유도하여 돌출되는 근육을 확인하는 맨손 근육 검사법(manual muscle testing)을 통해 확인하였다¹⁹.

4. 자료 처리

본 연구에서 측정된 자료들은 IBM SPSS ver. 22.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) 프로그램을 이용하여 분석하였다. 실험 대상자의 신체적 특성에 대해 평균과 표준편차를 산출하였고 동작 수행 시 측정된 값은 일상생활을 할 때 주되게 사용하는 측을 우세측, 그렇지 않은 측을 비우세측으로 구분하여 데이터를 수집한 후 통계처리 하였다. 동작 간 동일 근육의 최고값 비교,

동작 내 동일 근육의 우세측과 비우세측의 %MVIC 및 MVIC 비교, 동작 간 동일 근육에 대한 %MVIC값의 평균차 비교를 위하여 대응표본(paired) t-test를 실시하였다. 또한 각 동작 수행 시 우세측 및 비우세측 %MVIC값의 평균차 검증을 위하여 반복측정 일원변량 분석을 실시하였으며 사후분석을 위하여 tukey 방법을 실시하였다. 통계적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

결 과

1. 동작 형태에 따른 근 활성화도의 최고값 비교

동작 형태에 따른 근 활성화도의 최고값을 비교한 결과 비우세

측 배바깥빗근의 Reaching forward (47.2 ± 29.8) 동작 수행 시 근 활성화도의 최고값에서 chest expansion (35.2 ± 23) 동작 수행 시와 비교해 유의하게 높게 나타났다($p<0.01$). Reaching forward 동작 수행 시 chest expansion 동작 수행 시와 비교해 우세측 배곧은근(25.5 ± 8.8), 배바깥빗근(50.1 ± 32.0)에서 확연히 높은 근 활성화도의 양상을 나타내었다. 비우세측 배곧은근, 우세측과 비우세측 등가장긴근, 우세측과 비우세측 못갈래근의 동작 형태에 따른 근 활성화도의 최고값을 비교한 결과 유의한 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$). Chest expansion 동작 수행 시 Reaching forward 동작 수행 시와 비교해 근 활성화도의 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$) (Fig. 4).

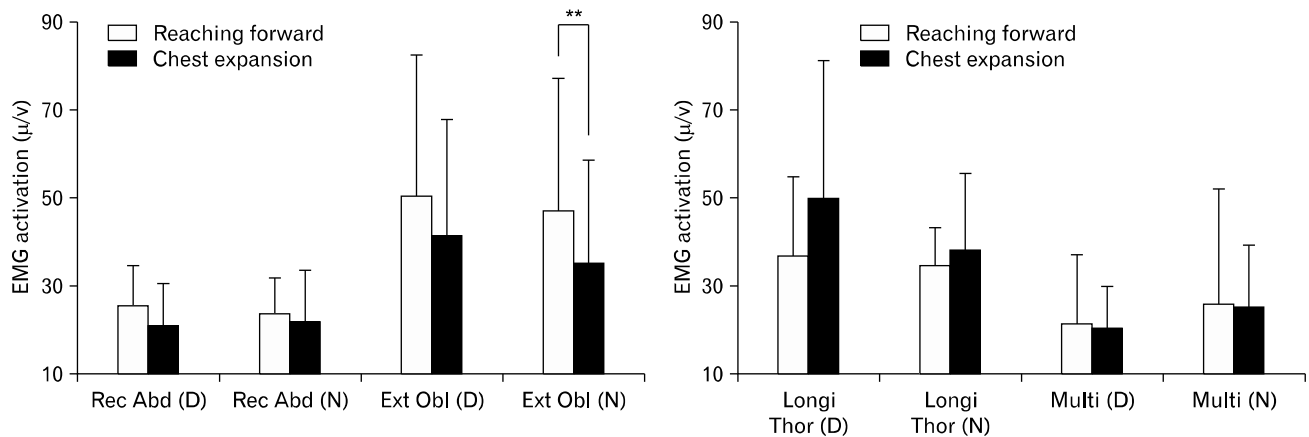


Fig. 4. Comparison of electromyography (EMG) activation from the muscles between dominant and non-dominant, and between ventral region and dorsal region. Rec Abd: rectus abdominis, D: dominant, N: non-dominant, Ext Obl: external obliques, Longi Thor: longissimus thoracis, Multi: multifidus. **Significant difference to the mode of operation ($p<0.01$).

Table 2. Comparison of muscle activations during reaching forward movement between dominant and non-dominant body sides while maximal voluntary isometric contraction was performing

Variable	Dominant	Non-dominant	t	p-value
Rectus abdominis				
MVIC	73.9±33.9	63.2±25.4	0.770	0.463
%MVIC	18.5±7.8	20.9±11.9	-0.465	0.658
External oblique				
MVIC	56.4±23.3*	69.7±22.7	-2.784	0.024
%MVIC	36.2±12.5*	31.1±11.7	3.000	0.024
Longissimus thoracis				
MVIC	57.4±15.4	57.4±9.3	0.006	0.995
%MVIC	31.8±34.3	21.5±8.4	0.802	0.453
Multifidus				
MVIC	50.5±16.4	53.2±16.5	-0.639	0.541
%MVIC	17.8±12.0	13.0±6.8	1.578	0.166

Values are presented as mean±standard deviation.

MVIC: maximum voluntary isometric contraction, %MVIC: percentage of maximum voluntary isometric contraction.

*Significant difference to non-dominant ($p<0.05$).

2. 동작 내 우세측과 비우세측의 근 활성화 비교

1) Reaching forward 동작 수행 시 우세측과 비우세측 간 근 활성화 비교

Reaching forward 동작 수행 시 우세측과 비우세측의 근 활성도를 비교한 결과, 우세측 배바깥빗근(56.4 ± 23.3)과 비우세측 배바깥빗근(69.7 ± 22.7)의 MVIC값에서 유의한 차이를 나타냈으며($p < 0.05$), %MVIC값에서도 우세측 배바깥빗근(28.5 ± 5.1)과 비우세측 배바깥빗근(20.1 ± 5.2) 간에 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$). 그러나 배바깥빗근을 제외한 배곧은근, 등가장긴근, 뭇갈래근은 MVIC, %MVIC값에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$) (Table 2).

2) Chest expansion 동작 수행 시 우세측과 비우세측 근 활성화 비교

Chest expansion 동작 수행 시 우세측과 비우세측의 근 활성도를 비교한 결과, 배바깥빗근과, 비우세측 배바깥빗근의 MVIC값(56.4 ± 23.3 vs. 69.7 ± 22.7)에서 유의한 차이를 나타냈으며($p < 0.05$), %MVIC값에서도 우세측 배바깥빗근(28.5 ± 5.1)과 비우세측 배바깥빗근(20.1 ± 5.2) 간에 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.01$). 그러나 배바깥빗근을 제외한 배곧은근, 등가장긴근, 뭇갈래근은 MVIC, %MVIC값에서 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > 0.05$) (Table 3).

3. 동작 형태에 따른 %MVIC 비교

동작 형태에 따른 동일 근육 간 %MVIC를 비교한 결과

Table 3. Comparison of muscle activations during the chest expansion movement between dominant and non-dominant body sides while maximal voluntary isometric contraction was performing

Variable	Dominant	Non-dominant	t	p-value
Rectus abdominis				
MVIC	73.9±33.9	63.2±25.4	0.770	0.463
%MVIC	13.2±5.2	12.9±8.3	0.085	0.935
External oblique				
MVIC	56.4±23.3*	69.7±22.7	-2.784	0.024
%MVIC	28.5±5.1**	20.1±5.2	6.141	0.001
Longissimus thoracis				
MVIC	57.4±15.4	57.4±9.3	0.006	0.995
%MVIC	35.0±11.9	29.0±8.4	1.535	0.176
Multifidus				
MVIC	50.5±16.4	53.2±16.5	-0.639	0.541
%MVIC	19.5±13.0	19.4±9.4	0.002	0.998

Values are presented as mean±standard deviation.

MVIC: maximum voluntary isometric contraction, %MVIC: percentage of maximum voluntary isometric contraction.

*Significant difference to non-dominant ($p < 0.05$); **Significant difference to non-dominant ($p < 0.01$).

Table 4. %MVIC comparison according to movement type (n=7)

Variable	Reaching forward	Chest expansion	t	p-value
Rectus abdominis (D)	18.5±7.8*	13.1±5.2	3.697	0.010
Rectus abdominis (N)	20.9±11.9	12.8±8.3	2.367	0.056
External oblique (D)	36.2±12.5	28.5±5.1	2.271	0.064
External oblique (N)	31.1±11.7*	20.1±5.2	2.929	0.026
Longissimus thoracis (D)	31.8±34.3	35.0±11.8	-0.245	0.815
Longissimus thoracis (N)	21.5±8.4	29.0±8.4	-1.393	0.213
Multifidus (D)	17.8±12.0	19.5±13.0	-0.433	0.680
Multifidus (N)	13.0±6.8	19.4±9.4	-2.033	0.088

Values are presented as mean±standard deviation. The unit of values is %MVIC.

%MVIC: percentage of maximum voluntary isometric contraction, D: dominant, N: non-dominant.

*Significant difference to chest expansion (n=7, $p < 0.05$).

우세측 배곧은근(18.5 ± 7.8), 비우세측 배바깥빗근(31.1 ± 11.7) 이 reaching forward 동작 수행 시 chest expansion 동작 수행 시와 비교해 %MVIC에서 유의하게 높게 나타났으나($p < 0.05$), 비우세측 배곧은근과 우세측 배바깥빗근은 뚜렷한 경향성만을 나타냈을 뿐 유의한 차이는 나타내지 않았다. 한편 chest expansion 동작 수행 시 reaching forward 동작 수행 시와 비교해 우세측과 비우세측의 등가장긴근과 못갈래근의 %MVIC값에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$) (Table 4).

4. 동작 형태에 따른 근육 간 %MVIC값 비교

Reaching forward 동작 수행 시 우세측 근육의 배곧은근, 배바깥빗근, 등가장긴근, 못갈래근간의 %MVIC값을 비교한 결과, 배바깥빗근(36.1 ± 12.5)에서 배곧은근(18.6 ± 7.8)과 비교해 유의한 차를 나타냈으며($p < 0.05$), 못갈래근(17.8 ± 12.0)은 배바깥빗근(36.1 ± 12.5)과 비교해 근 활성도가 통계적으로 유의한 감소를 나타냈다($p < 0.05$). 한편 배곧은근(18.6 ± 7.8)은 reaching forward 동작 수행 시 높은 근 활성도를 나타낼 것으로 예상했으나 등가장긴근(31.8 ± 34.3)보다 낮은 근 활성도를 보였다($p > 0.05$).

Reaching forward 동작 수행 시 비우세측 근육의 배곧은근, 배바깥빗근, 등가장긴근, 못갈래근간의 %MVIC값을 비교한 결과 배바깥빗근(31.1 ± 11.7)은 배곧은근(20.9 ± 11.9)과 비교해 유의한 차를 나타냈으며($p < 0.05$), 못갈래근(12.9 ± 6.8)은 배바깥빗근(31.1 ± 11.7)과 비교해 근 활성화에 있어 통계적으로 유의하게 낮은 수치를 나타냈다($p < 0.05$). 한편 배곧은근(20.9 ± 11.9)은 reaching forward 동작 수행 시 높은 근 활성도를 나타낼 것으로 예상했으나 등가장긴근(21.5 ± 8.4)보다 낮은 근 활성도를 보였다.

Chest expansion 동작 수행 시 우세측 근육의 배곧은근, 배바깥빗근, 등가장긴근, 못갈래근간의 %MVIC값을 비교한 결과 등가장긴근(35.0 ± 11.8)과 배바깥빗근(28.5 ± 5.1)의 근 활성화

가 배곧은근(13.2 ± 5.2)과 비교해 유의하게 높은 것으로 나타났다($p < 0.05$). 한편 못갈래근(19.5 ± 13.0)은 Chest expansion 동작 수행 시 높은 근 활성도를 나타낼 것으로 예상했으나 배바깥빗근(28.5 ± 5.1)보다 낮은 근 활성도를 보였다.

Chest expansion 동작 수행 시 비우세측 근육의 배곧은근, 배바깥빗근, 등가장긴근, 못갈래근간의 %MVIC값을 비교한 결과 등가장긴근(29.0 ± 8.4)의 근 활성화는 배곧은근(12.8 ± 8.4), 배바깥빗근(20.2 ± 5.2)과 비교해 유의하게 높은 차이를 나타냈다($p < 0.05$) (Table 5). 한편 못갈래근(19.4 ± 9.4)은 Chest expansion 동작 수행 시 높은 근 활성도를 나타낼 것으로 예상했으나 배바깥빗근(20.2 ± 5.2)과 통계적으로 차이를 나타내지 않았다.

고 찰

필라테스 운동은 척추의 올바른 정렬에서 선제적인 자세조절근들이 효과적으로 작용하여 체간의 안정화를 형성하고 반복적인 저항운동을 통해 요부 및 복부의 근력증가에 효과적인 운동^{20,21}으로 작용할 수 있음을 시사하고 있다. 한편 필라테스 운동에 관한 연구들은 동작 시 체간 근육의 활성화 및 신체 조성의 변화를 살핀 연구가 대부분이며 동작 형태에 따른 근 활성화의 양상을 비교 분석한 연구는 찾아보기 힘든 실정이다.

이에 본 연구에서는 필라테스 동작 형태에 따른 체간 안정화 근육의 활성화 양상 및 개인의 운동 목적에 맞는 동작의 선택을 위한 기초자료를 제공하고자 근전도를 이용한 연구를 진행하였다.

Reaching forward 동작과 chest expansion 동작 수행 시 근 활성도의 최고값을 비교한 결과 비우세측 배바깥빗근의 근 활성도가 reaching forward 동작 시 유의하게 높게 나타났다. 이는 신체 균형을 유지하기 위해서는 지지면 내에 신체 중심선이 지속적으로 유지되어야 하는데²², reaching forward 동작 수행 시 체간의 안정성을 높이기 위해 신체 뒤쪽에 위치한

Table 5. %MVIC comparison between muscles according to movement type (n=7)

Variable	Rectus abdominis	External oblique	Longissimus thoracis	Multifidus
Reaching forward D	18.6 ± 7.8	36.1 ± 12.5^a	31.8 ± 34.3	17.8 ± 12.0^b
Reaching forward N	20.9 ± 11.9	31.1 ± 11.7^a	21.5 ± 8.4	12.9 ± 6.8^b
Chest expansion D	13.2 ± 5.2	28.5 ± 5.1^a	35.0 ± 11.8^a	19.5 ± 13.0
Chest expansion N	12.8 ± 8.4	20.2 ± 5.2	29.0 ± 8.4^{ab}	19.4 ± 9.4

Values are presented as mean±standard deviation. The unit of values is %MVIC.

%MVIC, percentage of maximum voluntary isometric contraction, D: dominant, N: non-dominant.

^aSignificantly different to rectus abdominis ($p < 0.05$); ^bSignificantly different to external oblique ($p < 0.05$); ^{ab}Significantly different to rectus abdominis and external oblique ($p < 0.05$).

저항을 신체중심선으로 이동시킴에 따라 체간의 안정성을 높이기 위해 배바깥빗근의 근 활성도가 높게 나타난 것으로 생각되며 신체 기울기가 발생하면 체간의 안정성을 유지하기 위해 다른 근육들과 함께 배바깥빗근이 높은 활성도를 나타낸다고 보고한²³ 선행 연구와 유사한 맥락을 보이고 있다. 한편 reaching forward 동작 수행 시 비우세측 배바깥빗근의 근 활성도에서 등척성 수축 동작을 통하여 나타난 값에 대해 실제 운동에서 나타난 근전도 값이 나타내는 상대적 비율로 생각한다면 우세측보다 비교적 높은 근 활성도가 동원된 결과라 생각되며 배바깥빗근은 자세를 유지하고 기능적인 움직임을 수행하는 역할을 하는데 이 연구에서 나타난 우세측과 비우세측 간의 차이에서 평소에 주로 사용하지 않는 비우세측의 사용을 촉진시킬 수 있는 방법을 확인했다는 점에서 매우 의미있는 결과라 하겠다.

한편 chest expansion 동작은 reaching forward 동작 수행 시와 비교해 등가장긴근과 뭇갈래근에서 배곧은근과 배바깥빗근과 비교해 통계적으로 유의한 차를 나타낼 것으로 기대했으나 실제 결과는 그렇게 나타나지 않았다. Knapik 등²⁴은 부하의 위치와 높이, 무게에 따라서 신체의 반응이 달라지며 부하와 신체의 중심선이 가까울수록 에너지의 소모가 적어진다고 보고하였다. 이와 같이 저항 발현은 저항 위치와 신체중심선과의 거리에 영향을 받을 수 있다는 사실을 내포하는 것으로 본 실험에서 chest expansion 수행 시 캐딜락과 연결된 arm spring과 신체중심선과의 거리가 근접해 있어 arm spring의 저항에 대해 근력이 충분히 동원되지 않았기 때문에 나타난 결과로 생각된다.

동작 내 우세측과 비우세측 간의 차이를 비교한 결과, reaching forward 동작 수행 시 배바깥빗근의 MVIC값과 %MVIC값에서 유의한 차를 나타냈으며 chest expansion 동작 수행 시에서도 배바깥빗근에서 MVIC값과 %MVIC값 사이에 유의한 차를 나타냈다. 한편 배바깥빗근의 MVIC값은 비우세측에서 우세측과 비교해 높은 근 활성도를 보였으나 %MVIC값에서는 비우세측의 배바깥빗근이 낮은 양상의 근 활성도를 나타냈는데 이는 MVIC값의 경우 근세포 조직의 형태, 지방의 두께, 근 피로도 등이 고려되지 않은 절대적 근전도 값²⁵이고 %MVIC값은 최대 수의적 등척성 수축 동작을 통하여 나타난 값에 대해 실제 운동에서 나타난 근전도 값이 나타내는 상대적 비율이기 때문에 나타나는 결과라 할 수 있으며, 이는 개별값을 기준으로 해석 시 발생할 수 있는 오류를 예방할 수 있다는 점에서 %MVIC값 분석 시 MVIC값인 원 수치와 함께 비교하는 것이 우세측과 비우세측의 차이를 이해하는데 도움이 될 것

라 생각된다.

본 실험에서 수행한 두 가지 동작이 양측성으로 수행하는 동작임에도 불구하고 배바깥빗근의 우세측과 비우세측 사이의 근 활성도에서 유의한 차이를 나타냈는데 이는 체간 불균형의 결과로 발생한다는 점을 반영하는 것으로 양측의 균형적인 수축을 이끌어내도록 동작 교정과 함께 동시에 언어적 피드백²⁶을 제공하는 것이 필요할 것으로 생각된다.

동작 형태에 따른 %MVIC 비교에서는 reaching forward 동작 수행 시 우세 측 배곧은근과 비우세측 배바깥빗근에서 chest expansion과 동작 수행 시와 비교해 %MVIC에서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다. 비우세측 배곧은근과 우세측 배바깥빗근은 통계적으로 유의한 차를 나타내지 않았지만 reaching forward 동작에서 뚜렷하게 높은 근 활성도를 보여주었다. Nam과 Kim²⁷의 연구에서 적은 부하를 적용하여 전방과 후방으로의 팔 들기 시의 근 활성도를 비교분석 한 결과, 전방 들기 시 동측 배곧은근, 팔 후방 들기 시 양측 척추세움근이 선행적으로 동원된다고 보고하였는데, 본 실험에서 전방으로 팔을 뻗을 때 나타난 배곧은근의 높은 근 활성도는 선행 연구의 결과와 일치하는 근수축 양상을 나타내어 본 연구 결과를 뒷받침해 주고 있다.

한편, chest expansion 동작 수행 시에는 등가장긴근과 뭇갈래근에서 배곧은근, 배바깥빗근과 비교해 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 그러나 reaching forward 동작 수행 시와 비교해 높은 값을 나타냈는데 높은 근 활성도를 나타내기 위해서는 많은 운동단위가 동원되어야 하지만 실험 시 팔을 후방으로 뻗을 때 저항과 신체중심선 사이의 거리가 짧아 체간에 가해지는 저항 및 동원되는 운동단위의 수가 상대적으로 적었기 때문에 나타난 현상으로 생각된다.

Reaching forward 동작 수행 시 우세측 배곧은근, 배바깥빗근, 등가장긴근, 뭇갈래근간의 %MVIC를 비교한 결과에서는 배바깥빗근에서 배곧은근과 비교해 유의하게 높은 근 활성도를 보였으며 뭇갈래근은 배바깥빗근과 비교해 근 활성도의 유의한 감소를 나타냈다. 또한 비우세측 배곧은근, 배바깥빗근, 등가장긴근, 뭇갈래근간의 %MVIC의 비교에서도 우세측과 동일한 양상의 결과를 나타내었다.

Reaching forward 동작 수행 시 비록 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았지만 우세측과 비우세측 배바깥빗근에서 등가장긴근보다 상대적으로 높은 %MVIC값을 나타냈는데 이는 Hall과 Brody²⁸의 연구에서와 같이 체간의 안정성을 유지하기 위해서는 배곧은근과 같은 종의 방향으로 배열된 근육보다는 사선 또는 횡으로 주행하는 배 안과 바깥빗근이나 배가로

근에 의해 주로 조절된다고 보고한 결과를 통해 횡으로 주행하는 배바깥빗근이 역학적으로 더욱 유용하게 작용했을 것이라는 결론을 내릴 수 있을 것이다. Chest expansion 동작 수행 시 우세측 배곧은근, 배바깥빗근, 등가장긴근, 못갈래근간의 %MVIC를 비교한 결과, 배바깥빗근과 등가장긴근에서 배곧은근과 비교해 유의하게 높은 근 활성도를 나타낸 반면 등가장긴근은 배바깥빗근과 비교해 유의한 차이를 나타내지 않았으며, 비우세측의 배곧은근, 배바깥빗근, 등가장긴근, 못갈래근간의 %MVIC의 비교한 결과에서는 등가장긴근에서 배곧은근과 배바깥빗근과 비교해 높은 근 활성도의 차이를 나타내었다. 이러한 결과는 움직임의 발현 시 심부근육인 배속빗근과 배가로근이 체간의 안정성을 제공하고 못갈래근은 작은 움직임을 조절하는데 작용한다고 보고한 선행연구²⁹ 결과와 일치하고 있다. 본 연구에서도 동작 수행 시 캐딜락에 연결된 arm spring의 저항으로부터 체간의 안정성을 유지하기 위해 배곧은근을 제외한 나머지 근육들을 더 능동적으로 동원했을 것으로 생각되며 체간 안정화를 위해 선제적으로 작용된 못갈래근이 작은 움직임 조절에 작용하여 상대적으로 낮은 근 활성도를 나타냈을 것으로 추측할 수 있다.

본 연구를 통해 수집된 결과를 종합하면 reaching forward 동작 수행 시 배곧은근과 배바깥빗근이 등가장긴근과 못갈래근보다 통계적으로 유의하게 높은 활성도를 나타냈다는 점에서 reaching forward 동작이 배곧은근과 배바깥빗근의 근력을 증가시키는데 적합한 동작으로 생각된다. Chest expansion 동작 수행 시에는 등가장긴근과 못갈래근이 배곧은근과 배바깥빗근보다 통계적으로 유의한 차를 보이지 않았으나, 동작 형태에 따른 최고값, %MVIC, 근육간 %MVIC 비교에서 수치상 높은 결과를 나타내어 chest expansion 동작 수행 시 등가장긴근과 못갈래근의 근 활성도를 이끌어 낼 수 있을 것이라 판단된다. 추후 연구에서는 등가장긴근과 못갈래근의 근 활성화 차이를 면밀히 살피기 위해 저항이 작용하는 위치와 신체중심선 사이의 거리에 따른 변화를 살필 필요가 있을 것으로 생각된다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

1. 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 (Phila Pa 1976)* 2004;29:2560-6.
2. Cholewicki J, VanVliet JJ 4th. Relative contribution of trunk muscles to the stability of the lumbar spine during isometric exertions. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2002;17:99-105.
3. Aruin AS, Latash ML. Directional specificity of postural muscles in feed-forward postural reactions during fast voluntary arm movements. *Exp Brain Res* 1995;103:323-32.
4. Muscolino JE, Cipriani S. Pilates and the "powerhouse"-I. *J Bodyw Mov Ther* 2004;8:15-24.
5. Latey P. The Pilates method: history and philosophy. *J Bodyw Mov Ther* 2001;5:275-82.
6. Power Pilates. Comprehensive teacher training certification manual. New York: Power Pilates; 2002.
7. Isacowitz R, Clippinger KS. Pilates anatomy. Champaign: Human Kinetics; 2011.
8. Siqueira Rodrigues BG, Ali Cader S, Bento Torres NV, Oliveira EM, Martin Dantas EH. Pilates method in personal autonomy, static balance and quality of life of elderly females. *J Bodyw Mov Ther* 2010;14:195-202.
9. Herrington L, Davies R. The influence of pilates training on the ability to contract the transversus abdominis muscle in asymptomatic individuals. *J Bodyw Mov Ther* 2005;9:52-7.
10. Sekendiz B, Altun O, Korkusuz F, Akin S. Effects of pilates exercise on trunk strength, endurance and flexibility in sedentary adult females. *J Bodyw Mov Ther* 2007;11:318-26.
11. Park HS. The effects of pilates mat exercise in 12 weeks on middle-aged women's blood lipid level, body composition and lumbar muscle [dissertation]. Cheongju: Seowon University; 2009.
12. Kloubec JA. Pilates for improvement of muscle endurance, flexibility, balance, and posture. *J Strength Cond Res* 2010; 24:661-7.
13. Lee J, Seo SJ. A study of middle aged women, on their muscle activity and subjective analysis of the body according to pilates positions. *Official J Korean Soc Dance Sci* 2016; 33:109-23.
14. Kim WK. The effect of pilates reformer exercise on body composition, electromyogram of abdominal muscles and blood free oxygen radical in middle age women [dissertation]. Gwangju: Chosun University; 2017.
15. Cram JR, Kasman GS, Holtz J. Introduction to surface electromyography. Gaithersburg: Aspen; 1998.
16. Won M, Kim M, Kim S, Lee J. The effect of visual information provision on the changes of electromyogram activity in trunk and lower leg muscles during dynamic balance control. *Korean*

- J Sports Med 2014;32:44-54.
17. Im SY, Kim SJ, Hur SH, An KJ, Lee JS. The effect of regular aquatic exercise on balance capacity, physical fitness and performance level, and muscular activity in elderly women arthritis patients. J Korean Phys Educ Assoc Girls Women 2014;28:37-54.
18. Kim SJ, Lee JS. The effect of multi-axis sling suspension exercise on trunk-muscle activation. Exerc Sci 2008;17: 317-30.
19. Finni T, Cheng S. Variability in lateral positioning of surface EMG electrodes. J Appl Biomech 2009;25:396-400.
20. Carpes FP, Reinehr FB, Mota CB. Effects of a program for trunk strength and stability on pain, low back and pelvis kinematics, and body balance: a pilot study. J Bodyw Mov Ther 2008;12:22-30.
21. Hibbs AE, Thompson KG, French D, Wrigley A, Spears I. Optimizing performance by improving core stability and core strength. Sports Med 2008;38:995-1008.
22. Kerr A. Introductory biomechanics e-book. Milton: Elsevier Health Sciences; 2010.
23. Sahrmann SA. Diagnosis and treatment of movement impairment syndromes. St. Louis: Mosby; 2002.
24. Knapik JJ, Reynolds KL, Harman E. Soldier load carriage: historical, physiological, biomechanical, and medical aspects. Mil Med 2004;169:45-56.
25. Kim JJ, Lee MH, Kim YJ, Chae WS, Han YS, Kwon SO. Comparison of the maximum EMG levels recorded in maximum effort isometric contractions at five different knee flexion angles. Korean J Sports Biomech 2005;15:197-206.
26. Schega L, Bertram D, Folsch C, Hamacher D, Hamacher D. The influence of visual feedback on the mental representation of gait in patients with THR: a new approach for an experimental rehabilitation strategy. Appl Psychophysiol Biofeedback 2014;39:37-43.
27. Nam HS, Kim JH. Effects of arm swing with a light weight on anticipatory postural adjustment and postural stability in standing. J Korea Soc Neurotherapy 2017;21:31-7.
28. Hall CM, Brody LT. Therapeutic exercise: moving toward function. 1st ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 1999.
29. Stevens VK, Coorevits PL, Bouche KG, Mahieu NN, Vanderstraeten GG, Danneels LA. The influence of specific training on trunk muscle recruitment patterns in healthy subjects during stabilization exercises. Man Ther 2007;12: 271-9.