

사이드 플랭크 운동 시 지지면이 배근육 두께에 미치는 효과

오상규¹ · 김창욱^{2*}

¹단골병원 물리치료사, ^{2*}부산외국어대학교 사회체육학과 교수

Effect of Support Surface on Abdominal Muscle Thickness during Side Plank Exercise

Sang-Kyu Oh, PT, MS¹ · Chang-Wook Kim, Ph.D^{2*}

¹Dangol Orthopedics Hospital, Physical Therapist

^{2*}Dept. of Social Sports, College of Social Sciences, Busan University of Foreign Studies, Professor

Abstract

Purpose : The purpose of this study was to investigate the effect of side planks on the muscle thickness of the core muscles, external oblique, internal oblique, and transverse abdominis, and this study was conducted to compare whether side plank exercise according to the application of various unstable support surfaces increases the thickness by activating the action of the muscles.

Methods : The subjects of this study were 30 healthy adults and were randomly and equally assigned to three groups by a random number table. All subjects were divided into three groups according to the application of an unstable support surface during the side plank(Group A = stable support, Group B = one unstable support, Group C = two unstable supports). The side plank exercise was performed 30 minutes a day, 3 times a week for a total of 4 weeks. The muscle thickness of the core muscle was measured before the intervention, 2 weeks, 4 weeks, and 3 times in total. All measured data were comparatively analyzed by repeated measures ANOVA and one-way ANOVA. The statistical significance level was set to .05.

Results : The results of this study were as follows : 1. All muscles showed an interaction between training period and group. 2. There was a significant difference between the groups at the 2 weeks and 4 weeks of the internal oblique and transverse abdominis muscle measurements.

Conclusion : The thickness of the abdominal muscle increased during the side plank exercise according to the support surface, and the thickness of the abdominal muscle increased the most during the side plank exercise on the unstable support surface. Therefore, it is thought that the addition of an unstable support surface will provide a more effective therapeutic effect on the thickness change of the abdominal muscle during side plank exercise.

Key Words : core, side flank exercise, togu, unstable surface

*교신저자 : 김창욱, nearpin@bufs.ac.kr

제출일 : 2021년 9월 24일 | 수정일 : 2021년 11월 2일 | 게재승인일 : 2021년 11월 12일

I. 서론

코어(core)는 가슴안과 배안을 나누는 경계선이 되는 가로막 아래에서부터 골반바닥근까지의 신체 부위를 말한다. 코어는 위팔과 다리의 움직임에 있어 안정성을 제공하며, 외부 저항으로부터 몸의 자세를 유지시켜 척추 신경을 보호하는 역할을 한다(Radziminska 등, 2017). 허리뼈, 골반과 엉덩이 근육들의 복합체가 코어근육(core muscle)을 의미하는데, 코어 안정화 운동(core stability exercise)은 코어의 안정화(stability)에 받침이 되는 능동적이고 수동적인 구조와 신경 조절의 상호 작용(interaction)으로 정의된다(Akuthota 등, 2008; Do, 2014; Willson 등, 2005). 따라서 몸통의 안정성을 위해서는 코어근육이 강화되어야 한다.

코어의 강화 운동은 허리통증 예방과 치료, 허리의 유연성 증가, 운동능력의 향상, 균형능력과 근력증가 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Kim 등, 2016; Kline 등, 2013). 좋은 코어 운동 자세로는 척추부하의 최소화가 중요하며, 운동 시 척추에 가해지는 힘에 대한 적절한 적응을 위한 척추뼈들의 중립적인 배열 자세의 유지가 중요하다. 중립적인 척추의 자세 유지를 위해 몸통 바깥쪽과 앞쪽의 복부근육 수축이 필요한데 배곧은근, 배속빚근, 배바깥빚근, 배가로근은 정상적인 골반과 척추의 자세를 유지하여 움직이는 기능을 한다(Akuthota 등, 2008).

일반적으로 알려져 있는 코어 운동으로는 sit up 운동과 레그레이즈(leg raise)운동, 플랭크(plank)운동 등이 있다. 이 중 sit up 운동은 배속빚근과 배바깥빚근의 활성화에는 기여하지 못한다(Vera-Garcia 등, 2000). 또한 레그레이즈 운동은 엉덩관절 굽힘근의 과도한 작용으로 인해 앞쪽 골반기울임 일어나 허리의 젖힘과 배근육의 강한 수축으로 통증이 발생할 수 있다(Larsen, 2005). 반면, 플랭크 운동은 몸통 근육의 활성도를 증가시키는 대표적인 코어 안정화 운동으로써, 전신 근육을 자극해 짧은 운동시간 대비 운동 효과가 크며, 허리통증 완화에도 효과적인 운동이라고 알려져 있다(Ekstrom 등, 2007).

우리는 팔의 다양한 각도와 불안정 지지면을 활용하여 안정된 자세를 유지하기 위해 요구되는 코어근육의

작용을 효과적으로 증가시켜 플랭크 운동으로부터 제공되는 치료적 효과를 증가시킬 수 있다(Escamilla 등, 2010; Imai 등, 2010; Schoenfeld 등, 2014). 특히 소도구를 이용하여 불안정한 지지면을 적용하는 것은 자세 안정성을 유지하기 위해 요구되는 근육의 작용을 증가시키는 것이 장점이라고 알려져 있다(Escamilla 등, 2010). 하지만 기존의 연구들은 플랭크 자세에서 이를 비교하거나 팔이나 다리 중 한쪽에서만 불안정한 지지면을 적용했을 뿐(Kim & Lee, 2019; Yang, 2019), 사이드 플랭크에서 다양한 불안정한 지지면을 적용한 연구는 부족한 실정이었다.

이에 본 연구에서는 사이드 플랭크이 코어근육인 배바깥빚근, 배속빚근, 배가로근의 근육두께에 미치는 영향을 알아보고, 다양한 불안정한 지지면의 적용에 따른 사이드 플랭크 운동이 근육의 작용을 활성화시켜 두께를 증가시키는지 비교해보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

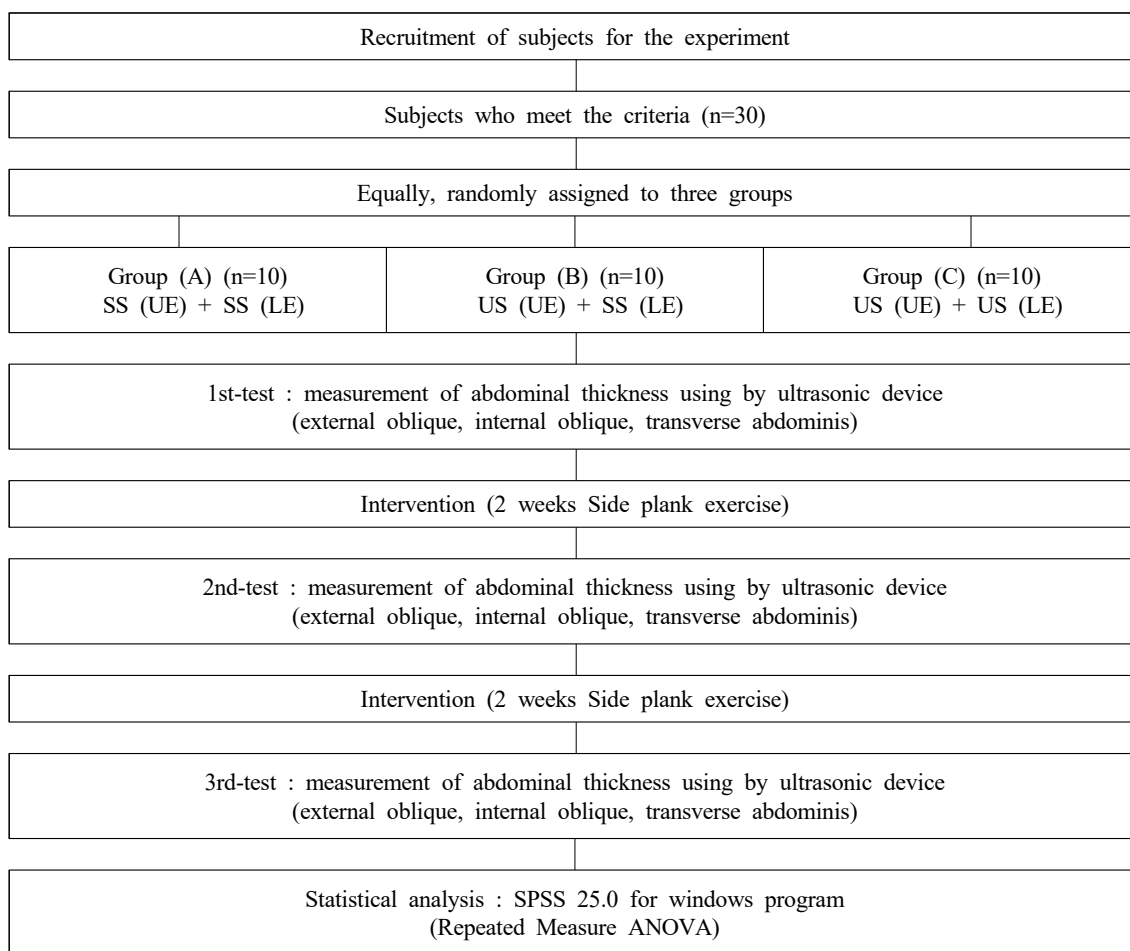
본 연구는 부산광역시 K대학에 재학 중인 대학생을 대상으로 모집하였으며, 표본의 수는 효과 크기 .50, α 값 .05, $1-\beta$ 값 .95, 집단 수 3, 그리고 반복측정 수 3을 기준으로 계산된 30명으로 정하였다. 본 연구의 참여기준은 본 연구에서 요구되는 운동을 수행할 수 있는 근력과 관절가동범위, 그리고 균형 능력을 갖춘 자이며, 근골격계 또는 신경학적인 이상이 없는 자로 정하였다. 본 연구의 모든 대상자는 본 연구의 연구방법과 목적에 대해 설명을 듣고 동의한 자만 연구에 참여하였으며, 모든 연구과정은 연구윤리에 준하여 수행되었다.

2. 연구절차

본 연구의 대상자는 총 30명(남성 15명, 여성 15명)으로 K대학의 재학 중인 대학생을 대상으로 모집한 결과 자발적으로 참가에 응한 자이다. 본 연구의 실험은 2019

년 3월 18일부터 4월 12일까지 수행되었다. 본 연구를 위해 모인 모집된 대상자들은 난수표를 이용해 세 집단으로 임의 균등 배정되었다. 배정된 모든 대상자는 첫 번째 배근육 두께를 초음파 검사를 통해 측정 받았고, 6년 경력의 물리치료사의 감독 하에 각 집단에 맞는 사이드 플랭크 운동을 교육 받아 2주간 수행하였다. 집단은 A, B, C 세 집단으로 A 집단은 불안정한 지지면 없이, B

집단 팔에만 불안정한 지지면을 지지한 채로, C 집단은 팔과 다리 모두에 불안정한 지지면을 지지한 채로 사이드 플랭크 운동을 수행하였다. 2주간의 중재 후 두 번째 배근육 두께를 측정하였고, 2주간 중재를 추가 수행한 후, 총 4주간의 중재 후 세 번째 배근육 두께를 측정하였다. 측정된 모든 자료는 통계적 검정을 통해 분석되었다. 연구의 절차에 대한 흐름도는 Fig 1과 같다.



SS; stable surface, US; unstable surface, UE; upper extremity, LE; lower extremity

Fig 1. Study design

3. 측정 및 중재방법

1) 측정도구

본 연구는 정상인 20대 성인 남·여를 대상으로 초음파 영상을 통해 지지면에 따른 사이드 플랭크 자세가 배

근육의 두께의 변화에 어떤 영향을 미치는지 알아보기 위한 것으로 실험대상자의 배근육 두께의 변화를 알아보기 위해 배바깥빗근, 배속빗근, 배가로근의 두께를 측정하기 위해 진단용 초음파 측정기구(My lab one World, Eaote, Italy)를 사용했다.

2) 측정방법

본 연구의 배근육 두께측정은 배바깥빗근, 배속빗근, 배가로근을 대상으로 하였고, 측정부위는 실험 대상자의 몸통의 오른쪽 아랫부분이다. 선행연구를 참고하여 배가로근, 배속빗근, 배바깥빗근을 초음파를 이용해 12번째 갈비뼈와 엉덩뼈 능선 중간지점에서 전방으로 2.5 cm 부위에 접촉단자의 중앙이 닿게 하여 배근육 두께를 측정하였다(Mannion 등, 2008)(Fig 2,3). 측정은 객관성 유지를 위하여 B(brightness) mode에서 주파수는 5 MHz를 사용하여 배근육의 근막선이 화면에 일직선으로 나올 수 있도록 유지하였다. 측정은 총 3회를 수행하여 평균을 내어 사용하였다.



Fig 2. Ultrasonic measuring instrument

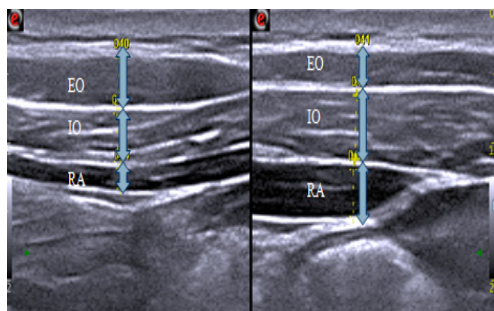


Fig 3. Thickness of ultrasonic muscles

3) 중재방법

본 연구에서 사용된 운동은 사이드 플랭크 자세로 기본 자세는 다음과 같다. 먼저, 옆으로 누운 자세에서 팔 굽관절은 직각으로 아래팔 엮임된 상태로 바닥을 지지하고, 발끝부터 지지하고 있는 팔의 어깨까지 1자로 만들어준다. 이때의 자세를 30초씩 유지하도록 하여 3세트를 실시하였고, 운동 후 휴식시간 30초를 제공하였다. 주

3회씩 4주간 운동을 수행하였고, 각 집단에 따라 불안정한 지지면을 추가하여 이를 달리하였다.

각 집단에 따른 불안정한 지지면의 추가는 Fig 4, 5, 6을 보면 알 수 있는데, A 집단의 경우는 불안정한 지지면 없이 중재를 적용하였고, B집단의 경우는 지지하고 있는 팔의 팔꿈치 돌기에 소도구를 활용하여 불안정한 지지면을 제공하였고, 그리고 C집단의 경우는 지지하고 있는 팔의 팔꿈치 돌기와 지지하고 있는 발의 가쪽위관절염기에 지지하게 하여 지지하고 있는 팔과 다리 양쪽에 불안정한 지지면들을 모두 제공하였다.



Fig 4. Stable surface side plank (group A)



Fig 5. One side unstable surface side plank (group B)



Fig 6. Two side unstable surface side plank (group C)

4. 분석방법

자료의 통계처리를 위해 Window용 SPSS/PC Version 25.0 통계프로그램을 이용하였다, 측정된 모든 자료는 평균과 표준편차로 표시하였고, 세 번의 반복측정과 세 집단 간의 배근육 두께 차이를 비교하기 위해 반복측정 분산분석을 사용하였다. 또한, 각 시점간의 평균값의 구간 차이를 비교하기 위해 일원배치분산분석을 사용하였다. 통계학적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참가한 대상자는 각 집단 마다 10명씩, 총 30명으로 A 집단의 대상자의 평균나이는 21.50 ± 1.58 세, 평균 신장은 166.80 ± 11.14 cm, 그리고 평균 체중은 61.40 ± 9.41 kg이었다. B 집단의 평균 나이, 신장, 체중은 22.00 ± 5.98 세, 163.61 ± 7.86 cm, 64.10 ± 11.3 kg이었으며, C 집단은 21.60 ± 1.78 세, 169.40 ± 8.49 cm, 68.40 ± 13.75 kg이었다(Table 1).

Table 1. General characteristics of the subject

(n=30)

	A group (n=10)	B group (n=10)	C group (n=10)
Age(year)	21.50 ± 1.58	22.00 ± 5.98	21.60 ± 1.78
Height(cm)	166.80 ± 11.14	163.61 ± 7.86	169.40 ± 8.49
Weight(kg)	61.40 ± 9.41	64.10 ± 11.3	68.40 ± 13.75

2. 각 운동군과 기간에 따른 배근육의 두께변화

1) 배바깥근의 두께 변화 비교

4주간의 운동에 따른 각 집단별 배바깥근의 두께변화는 Table 2와 같다. 검정 결과, 훈련기간에 따른 배바

깃근의 두께 변화량 비교에 있어서 유의한 차이가 있었고($p < .05$), 또한 훈련기간과 집단에 사이에 상호작용이 있었다($p < .05$). 또한, 모든 주차에서 배바깥근의 두께는 집단 간 유의한 차이를 보이지 않았다.

Table 2. Comparison of external oblique thickness

	0 week	2 week	4 week	Period(F)	Group(F)	Period * group
A group	$4.23 \pm .54$	$4.39 \pm .47$	$4.50 \pm .51$			
B group	$3.76 \pm .63$	$4.36 \pm .57$	$4.91 \pm .65$	63.47*	.04	6.32*
C group	$3.77 \pm .31$	$4.48 \pm .17$	$4.96 \pm .39$			
F	2.66	.21	2.26			

* $p < .05$

2) 배속근의 두께 변화 비교

4주간의 운동에 따른 각 집단별 배속근의 두께변화는 Table 3과 같다. 검정 결과, 훈련기간 및 집단에 따른

배속근의 두께 변화량 비교에 있어서 유의한 차이가 있었고($p < .05$), 또한 훈련기간과 집단에 사이에 상호작용이 있었다($p < .05$). 또한, 2주차와 4주차에서 배속근의 두께는 집단 간 유의한 차이를 보였다($p < .05$).

Table 3. Comparison of internal oblique thickness

	0 week	2 week	4 week	Period(F)	Group(F)	Period * group
A group	7.19±1.17	7.86±1.31	7.82±1.21			
B group	6.39±1.14	7.25±.80	7.92±.92	26.78*	5.24*	3.02*
C group	7.43±.98	8.6±.91	9.42±.71			
F	2.45	4.32*	8.49*			

*p<.05

3) 배가로근의 두께 변화 비교

4주간의 운동에 따른 각 집단별 배가로근의 두께변화는 Table 4와 같다. 검정 결과 훈련기간에 따른 배가로근의 두께 변화량 비교에 있어서 유의한 차이가 있었고

(p<.05), 또한 훈련기간과 집단 사이에 상호작용이 있었다(p<.05). 또한, 2주차와 4주차에서 배가로근의 두께는 집단 간 유의한 차이를 보였다(p<.05).

Table 4. Comparison of transverse abdominis thickness

	0 week	2 week	4 week	Period(F)	Group(F)	Period * group
A group	3.25±.60	3.54±.63	3.70±.66			
B group	3.36±.77	3.70±.50	4.30±.57	26.90*	9.74	2.95*
C group	3.74±.30	4.35±.32	5.13±.47			
F	1.87	7.48*	15.59*			

*p<.05, A group: stable surface, B group: one side unstable surface, C group: two side unstable surface

IV. 고 찰

본 연구는 코어근육을 강화하기 위한 다양한 중심 안정화운동 중에서 사이드 플랭크 운동이 지지면의 형태에 따라 배바깥빗근, 배속빗근, 배가로근의 근육 두께에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 그 결과 모든 배근육에서 훈련기간과 집단 사이에 상호작용(교호작용)이 있었고, 이에 훈련동안에 불안정지지면의 적용이 사이드 플랭크 운동에 따른 배근육의 두께를 효과적으로 증진시킬 수 있음을 확인할 수 있었다.

코어근육 강화 운동은 몸통을 안정화하는 근육 중에서 배가로근이 가장 대표적이며 척추에서의 안정화 근육이다. 배근육과 못갈래근은 배가로근과 마찬가지로 척추 안정화에 관여하고, 팔다리의 움직임과 관련되어 있

으며 배가로근과 배속빗근이 기능에 관여한다(Hodges & Richardson, 1997). Gracovetsky와 Farfan(1986)과 Tesh 등(1987)의 연구는 배가로근은 배속빗근과 함께 등허리근막을 통해 허리 부분에 부착되어 복부 내압을 증가시키고 허리뼈를 직접적으로 안정화하는 역할을 한다고 하였기에 효과적인 운동방법으로 플랭크 운동이 코어 안정화를 위한 방법의 하나인 것으로 볼 수 있다 했으며, 선행연구에 따르면 코어근육의 활성도가 안정된 면보다 불안정한 면에서 실시될 때 더욱 증가한다고 보고하였다(Marshall & Murphy, 2005; Vera-Garcia 등, 2000). 이는 불안정한 면에서의 동하기 위하여 근육과 신경계 상호협력 수축과 협응성을 증진시키기 때문이라고 보고하였다(Sung 등, 2005). 이러한 이유로 본 연구의 결과와 같이 사이드 플랭크 운동 시 불안정 지지면에 따라 배근육 두께에서 차이가 난 것으로 보인다. 또한 Do(2014)의 연

구에서도 일반적 플랭크와 상지와 하지에 각각 밸런스 패드를 불안정 지지면으로 제공한 플랭크 훈련에서 코어근육의 두께를 초음파를 이용하여 측정한 결과 다리에 불안정면을 제공한 집단에서 배가로근과 배속빗근의 근육 두께가 가장 크게 변화하였다고 보고되었었다. 따라서 불안정한 지지면이 코어훈련에 있어 배근육의 활성화에 영향을 주며, 이에 따른 치료적인 효과에 있어 보다 효과적인 방법이 될 수 있을 것이라 생각된다.

또한, 본 연구의 결과에서 배속빗근과 배가로근에서만 2, 4주차 운동 후 집단 간 유의한 차이를 보였는데, 이는 본 연구에서 수행된 사이드 플랭크 운동이 배속빗근과 배가로근을 활성화시킴, 불안정 지지면에 의해 추가된 불안정성이 이를 보다 선택적으로 훈련시키는데 도움이 되는 것으로 보인다. 선행 연구에서도 교각운동 시에 운동 중립위치를 유지하지 않는 불안정한 자세에서 보다 높은 배속빗근의 근활성이 나타남을 근전도 연구에서 보고하였고, 배바깥빗근에서는 본 연구와 마찬가지로 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 이러한 결과들은 불안정 지지면에서의 다리들기와 같은 다양한 운동에서도 배근육 두께 측정을 통해 유사한 결과들이 보고되고 있다(Jung 등, 2010). 따라서 불안정 지지면을 활용하여 사이드 플랭크 운동 시에 깊은 배근육의 활성을 선택적으로 증진시키는데 도움을 줄 수 있으며, 또한 다른 안정화 운동에서도 불안정 지지면은 다양하게 활용될 수 있을 것이라 생각된다.

다만, 본 연구의 제한으로는 첫째, 단면연구로 사이드 플랭크 운동 시 일시적인 두께를 측정하여 관찰하였으므로 장기적인 사이드 플랭크 효과에 관한 연구가 이루어져야 할 것이다. 둘째, 20대 건강한 남녀로 실험하였기 때문에 다양한 연령대의 대상자를 바탕으로 추가적인 연구가 이루어져야 할 것이며, 초음파 이외 근전도를 추가하여 근활성도와 배근육 두께작과 같은 자세를 지속적으로 유지하기 위해서 체중과 균형감각을 잘 이용해야 하며, 균형을 유지의 상관관계를 분석하는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 지지면에 따른 사이드 플랭크 운동을 실시하여 배속빗근, 배바깥빗근, 배가로근의 두께변화를 초음파 영상을 통해 확인하여 가장 효과적인 지지면에 따른 사이드 플랭크 운동의 적용을 제안하기 위해 연구를 실시하였고 다음과 같은 결과를 얻었다.

지지면에 따른 사이드 플랭크 운동시 배속빗근, 배바깥빗근 및 배가로근의 두께를 측정한 결과 모든 군에서 근 두께가 증가하였다. 불안정한 지지면에서의 사이드 플랭크 운동이 안정된 지지면에서의 사이드 플랭크 운동보다 배속빗근, 배바깥빗근, 배가로근의 두께 변화의 평균이 가장 높았다.

결론적으로 지지면에 따른 사이드 플랭크 운동 시 배근육의 두께가 증가하였고, 특히 불안정한 지지면에서 사이드 플랭크 운동 시 배근육의 두께가 가장 증가하였다. 따라서 지지면에 따른 사이드 플랭크 운동 시 배근육의 두께변화에 관한 연구가 연구자들이나 임상에서 더욱 효율적인 운동방법을 제공할 것으로 생각된다.

참고문헌

- Akuthota V, Ferreiro A, Moore T, et al(2008). Core stability exercise principles. *Curr Sports Med Rep*, 7(1), 39-44. <https://doi.org/10.1097/01.CSMR.0000308663.13278.69>.
- Czaprowski D, Escamilla RF, Lewis C, et al(2010). Core muscle activation during Swiss ball and traditional abdominal exercises. *J Orthop Sports Phys Ther*, 40(5), 265-276. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3073>.
- Do YC(2014). Comparison of different type of surface during plank exercise on transversus abdominis and internal obliques thickness using an ultrasound imaging. Graduate school of Inje University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Ekstrom RA, Donatelli RA, Carp KC(2007). Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. *J Orthop Sport Phys Ther*,

- 37(12), 754-762. <https://doi.org/10.2519/jospt.2007.2471>.
- Gracovetsky S, Farfan H(1986). The optimum spine. *Spine*, 11(6), 543-73. <https://doi.org/10.1097/00007632-198607000-00006>.
- Hodges PW, Richardson CA(1997). Contraction of the abdominal muscles associated with movement of the lower limb. *Phys Ther*, 77(2), 132-144. <https://doi.org/10.1093/ptj/77.2.132>.
- Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, et al(2010). Trunk muscle activity during lumbar stabilization exercises on both a stable and unstable surface. *J Orthop Sports Phys Ther*, 40(6), 369-375. <https://doi.org/10.2519/jospt.2010.3211>.
- Kim HS, Lee KC(2019). Effect of support surface form on abdominal muscle thickness during flank exercise. *KSIM*, 7(3), 197-204. <https://doi.org/10.15268/ksim.2019.7.3.197>.
- Kim SY, Kang MH, Kim ER(2016). Comparison of EMG activity on abdominal muscles during plank exercise with unilateral and bilateral additional isometric hip adduction. *J Electromyogr Kinesiol*, 30, 9-14. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2016.05.003>.
- Kline JB, Krauss JR, Maher SF, et al(2013). Core strength training using a combination of home exercises and a dynamic sling system for the management of low back pain in pre-professional ballet dancers: a case series. *J Dance Med Sci*, 17(1), 24-33. <https://doi.org/10.12678/1089-313X.17.1.24>.
- Larsen BT(2005). Muscles: Testing and function with posture and pain. *Med Sci Sports Exerc*, 37(8), 1447.
- Mannion AF, Pulkovski N, Gubler D, et al(2008). Muscle thickness changes during abdominal hollowing: an assessment of between-day measurement error in controls and patients with chronic low back pain. *Eur Spine J*, 17(4), 494-501. <https://doi.org/10.1007/s00586-008-0589-x>.
- Marshall PW, Murphy BA(2005). Core stability exercise on and off a Swiss ball. *Arch Phys Med Rehabil*, 86(2), 242-249. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2004.05.004>.
- Radzimska A, Weber-Rajek M, Strączyńska A, et al(2017). The stabilizing system of the spine. *Journal of Education, Health and Sport*, 7(11), 67-76. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1041602>.
- Schoenfeld BJ, Contreras B, Tiryaki-Sonmez G, et al(2014). An electromyographic comparison of a modified version of the plank with a long lever and posterior tilt versus the traditional plank exercise. *Sports Biomech*, 13(3), 296-306. <https://doi.org/10.1080/14763141.2014.942355>.
- Stevens VK, Coorevits PL, Bouche KG, et al(2007). The influence of specific training on trunk muscle recruitment patterns in healthy subjects during stabilization exercises. *Man Ther*, 12(3), 271-299. <https://doi.org/10.1016/j.math.2006.07.009>.
- Sung HR, Yang JH, Kim MS, et al(2005). Effects of Swiss ball exercise on functional fitness and body sway in male elderly nursing home residents. *The Korean Journal of Growth and Development*, 13(1), 91-99.
- Tesh KM, Dunn JS, Evans JH(1987) The abdominal muscles and vertebral stability, *Spine*, 12(5), 501-508. <https://doi.org/10.1097/00007632-198706000-00014>.
- Vera-Garcia FJ, Grenier SG, McGill SM(2000). Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surfaces. *Phys Ther*, 80, 564-549. <https://doi.org/10.1093/ptj/80.6.564>.
- Willson JD, Dougherty C, Ireland P, et al(2005). Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *J Am Acad Orthop Surg*, 13(5), 316-325. <https://doi.org/10.5435/00124635-200509000-00005>.
- Yang JY(2019). The comparative analysis of the core and trunk muscle activities according to the different arm angles and support surfaces during plank exercise. Graduate school of Jungwon University, Republic of Korea, Master's thesis.