Angular differences between lower extremity and ground which expresses maximum core muscles activation according to core strengthening exercises

Nam Jeong Son1, Hyun Jeong Jun2, Kyung Ock Yi1
1 Department of Physical Science, Ewha Womans University, Seoul, South Korea
2 Department of Physical Education, Graduate School of Ewha Womans University, Seoul, South Korea

Acknowledgments
This work was supported by the "Convergence Female Talent Education Project for Next Generation Industries" through the MSIP and NRF(2015H1C3A1064579)

Abstract

Objective: The purpose of this study was to investigate the maximum core muscle activation angle according to core strengthening exercises.
Method: 26 youth female football players registered as players(age: 17.84±.80 yrs, height: 163.08±5.25cm, weight: 54.96±7.41kg) in the Korea Football Association from D High school located in Seoul were subjects of this research. EMG(Noraxon, USA) was used for maximum core muscle contraction activity.
Results: The angle of maximum core muscle strength per core exercise and muscle was the smallest angle of rectus abdominis upper in wind shield wipers motion. The angle of vastus medialis was significantly largest. The range of angles in which the maximum strength of each core exercise was shown were 1. Abdominal flutter kick (11°~40°), 2. Leg raise (21°~34°), 3. Scissors (45°~ 66°), 4. Knee to elbow sit ups (42°~64°), 5. Reverse crunches (9°~40°), 6. Butt up (24°~32°), 7. V-sit up (5°~24°), 8. Wind shield wipers (11°~20°), 9. Bird dog (11°~ 18°), and 10. Raised leg plank (38°~ 50°).
Conclusion: Four kinds of motion could be classified according to the range of angle at which the core muscle was maximally activated. First group was the range of motion that gives the maximum muscle strength when the lower extremity and ground angle were between 5°~ 24°such as V sit up, Wind shield wipers and Bird dog, The second group were the Flutter kick and Reverse crunches at an angle between 9°~ 40°. The third group were Leg raise and Butt up at an angle between 21°~34°. The fourth group were the Scissors, Knee to elbow sit ups, Raised leg plank at an angle between 38° ~ 66°. These results may be useful as basic data to train core movements and core muscles according to the purpose of exercise.

Keywords: core strengthening exercises, core muscle strength, EMG

Introduction

코어는 인체의 중심부에 있는 근육군들이며, 인체의 중심인 시상면, 관상면, 횡단면의 중심을 통과하면서 연결되어 있다. 그러므로 코어 근육은 세면이 만나는 중심부인 복부, 엉덩이, 허리 부위 뿐만 아니라 시상면과 관상면이 만나는 척주 주위의 근육들도 포함된다(Brill, 2002; Kendall et al., 2005). 그러므로 척주에 사지를 연결하는 골반뿐 만 아니라, 견갑과도 연결되어 있고, 척주, 골반, 어깨를 안정시킨다.

코어근육은 외부코어 (global or superficial muscular system)와 내부코어 (local or deep muscle system)로 대별된다. 외부코어는 척추에 직접적으로 연결되어 있지 않지만 회전을 만들어 내며 몸통의 안정성에 기여한다. 내부코어는 척추에 직접 부착되어 깊은 곳에 위치하여 분절의 안정성과 세밀한 동작을 조절하는 역할을 한다. 이러한 이유로 내부코어근육은 major core muscle 이라고 하며, 외부코어근육은 minor core muscle 이라고 한다.

내부코어근육은 1. 다열근(spinal extensors[multifidus] muscles, 2. 심부 경추 굴곡근(deep neck flexors), 3. 복횡근, 4. 횡격막, 5. 골반 기저부 이고, 외부코어근육은 1. 외복사근, 2. 배곧은근, 3. 척추 기립근, 4. 광배근 5. 넙다리네갈래근이다(Miyake et al., 2014; Faries and Greenwood, 2007). 코어 근육 중 요부의 안정성과 고유수용성 감각능력을 유지하는데 가장 중요한 근육으로 밝혀진 근육은 다열근과 복횡근이다 (O'Sullivan et al., 1997).

이러한 코어근육들은 호흡, 배변조절(continence), 자세조절, 관절과 분절 안정화, 동작 생성, 그리고 에너지 전달 등의 역할을 한다(Kiesel, Burton, & Cook, 2004). 움직임을 효율적으로 수행하기 위해서는 내부코어와 외부코어와의 균형이 중요하다. 외부코어만 발달시킨다고 하여 안정성이 좋아지는 것은 아니다. 왜냐하면 모든 동적 움직임뿐만 아니라 정적 자세를 유지하는 것도 내부코어근육이 외부코어보다 먼저 동원되어 내부 안정성을 확보하는 것이 순서이기 때문이다.

이 다양한 코어 근육들은 척추의 극상돌기 선을 중심으로 중력선의 중심을 향해 각 방면의 근육이 수축하여 유지되며, 이 체간부의 근력과 유연성이 상실되면 손상을 유발 할 수 있다. 코어근육은 움직임을 위한 힘을 발생시키는 힘의 원천이며 사지의 움직임을 안정(stabilization)시키는 작용을 하므로 균형에 중심적인 역할을 한다. 이러한 안정성은 중추신경계에서 근육에 긴장도를 지속적으로 조절하게 하여 가능해진다(Richardson et al., 1992).

축구는 국내에서 가장 인기 있는 스포츠중의 하나로 인식되고 있으며, 가장 빠르게 성장하고 있는 스포츠로서 자리 잡아 가고 있다. 하지만, 축구 인구의 증가와 함께 축구를 하면서 손상을 입는 경우도 증가하고 있다. 축구는 급발진, 급제동 등의 특성을 가지고 있을 뿐만 아니라, 태클이나 급제동에 실패하여 선수간 부딪히는 경우가 많아 운동 종목 중 다양한 손상 빈도가 높은 종목 중의 하나이다. 선수들의 약한 코어근육은 수행능력을 감소시키고, 손상의 위험을 초래할 수 있다(Nesser & Lee, 2009). 코어 부위 중 특히 엉덩이 근육은 걷거나 뛸 때 중심을 잡아주어 균형을 잡아 넘어지지 않게 한다(Nadler, 2002). 뿐만 아니라 근 골격구조를 서로 잡아당기고, 밀어내면서 균형을 유지시켜 주어 중요한 근육과 뼈들을 보호하여 손상을 입지 않게 한다(Willson et al., 2005). 이러한 이유로 코어는 인체의 중심에 위치하면서도 상하지 움직임을 안정되게 할 수 있는 기초를 제공할 뿐만 아니라, 효과적이면서도 강력한 움직임을 만들어 낼 수 있기 때문에 특별히 축구와 같이 동적 균형이 중요한 종목 선수들에게 필요하다. 실제로 축구 선수들을 대상으로 한 코어 훈련은 급제동시 수행 안정성에 긍정적인 영향을 미쳐 손상 예방에 중요한 역할을 하였을 뿐만 아니라 (Kim & Lee, 2010), 민첩성, 평형성, 근력(Yoon et al., 2013)과 같은 체력 향상에도 긍정적이었다.

일반적으로 많은 사람들은 다양한 이유로 복부와 요추부위에 불균형을 가지고 있다. 이것이 운동이나 훈련시 불안정성, 통증, 손상의 원인이 된다. 코어 안정성의 향상은 움직임 안정성을 제공하여 성공적인 수행에 영향을 끼친다(Kim & Yi, 2015).

최근 코어 근육의 중요성이 많이 알려지면서 운동 선수뿐만 아니라 일반인들도 코어 근육을 키우기 위해 다양한 운동법을 적용하고 있다. 코어 근육 강화를 위한 다양한 운동법 중 체중부하 운동(weight bearing exercise)은 일반적으로 자신의 체중만을 이용하여 운동하는 것으로 자신의 신체적 능력에 알맞게 스스로 조절할 수 있다는 장점이 있다(Brown et al., 1990). 또한 장소에 구애 받지 않고, 자신의 체중만을 지지하며 운동하므로 운동 손상을 줄일 수 있으며, 근수축 단백질을 증가시켜 더 큰 힘으로 근수축이 가능하도록 해주어(Munsat et al, 1976) 근육강화에 매우 긍정적인 효과를 가진다(Kim, 2007), 또한 경제적인 비용이 수반되지 않는 점에서 일반인들이 가장 많이 하고 있는 운동의 형태이기도 하다.

자신의 몸무게를 이용한 코어 운동은 복부, 엉덩이, 허리, 척추를 중심으로 다양한 동작들로 구성되어 있다. 그러나 같은 동작이라 하더라도 상체와 하체의 각도, 무릎의 각도, 엉덩 관절의 각도 등에 따라 사용되는

코어근육의 활성화는 다르게 나타나(Shinn, Y. K., & Yi, K.O., 2015; Choi, W.I., 2015), 동작에 따라 목표로 하는 코어근육을 최대로 활성화기 위한 신체 부위의 각도를 규명하는 것은 필요하다.

본 연구의 목적은 체중 부하 코어 훈련 동작에 따라 근 활성도 분석을 이용하여 보다 효율적으로 근육을 활성화하기 위한 코어 각도를 분석하는 것이다. 이러한 결과는 효과적인 코어 근력 훈련을 위한 기초자료로 유용할 것이다.

Method

1. Participants

연구 대상자는 대한축구협회 축구연맹에 소속되어 있고, 서울특별시 D 고등학교 국가대표 여자 축구선수 26 명(나이: 17.84±.80 yrs, 키: 163.08±5.25cm, 몸무게: 54.96±7.41kg)이다. 이들은 현재 축구선수로 활동하고 있으며, 코어 훈련 경험이 많은 선수들이다. 일반여성들은 근 활성도 분석을 위한 코어 동작들을 완벽하게 하기 어렵고, 또한 복부의 지방 때문에 표면전극을 이용한 측정방법은 신뢰도가 떨어지므로 축구선수를 대상으로 하였다. 근골격계 수술경험이나, 근골격계 질환의 병력이나 질환의 징후가 있는 대상자는 본 연구에서 제외되었으며, 연구 참여 전 연구대상자 모두에게 자발적인 동의를 얻었다.

2. Measurements

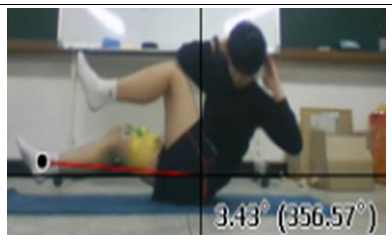
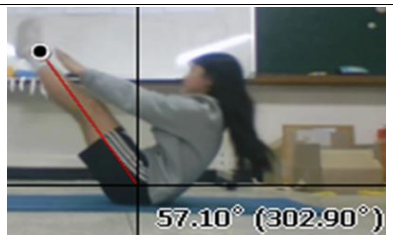
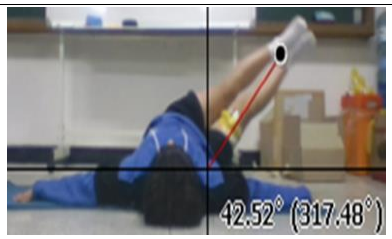
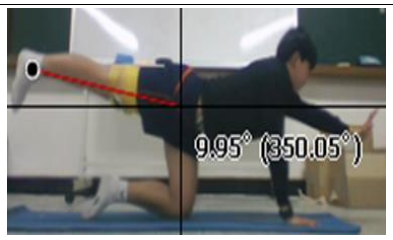
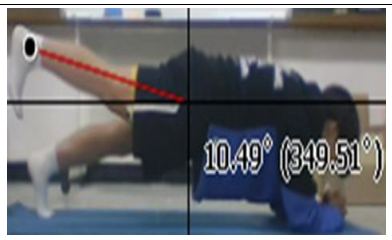
축구에 필요한 코어훈련 동작 중 여자 선수들이 주로 하는 동작 10 가지를 선정하였다. 선정된 코어 근육들의 효율적인 운동 각도를 알아보기 위해 8 채널 노락슨(MyoTrace 400, Noraxon, 미국) 근전도 장비를 사용하였다. 전극은 일회용 피부표면전극(SEED EMG Single Electrode,시드테크, 한국)을 사용하였으며, 코어 근육은 배곧은근(rectus abdominis upper/ lower), 외복사근(external oblique), 내복사근(internal oblique)과, 하체근육의 넙다리곧은근(rectus femoris muscle), 가쪽 넓은근(vastus lateralis), 안쪽 넓은근(vastus medialis)을 선정하였다. 선정된 10 가지 동작 중 등을 매트에 대고 누워서 하는 동작이 포함되어 있어 척추기립근은 주요 코어근육임에도 불구하고 제외되었으며, 선정한 7 가지 근육들은 외부코어 근육들(Miyake et al., 2014; Faries and Greenwood, 2007) 중 여자 축구선수들이 거부감 없이 실험에 참여할 수 있는 부위로 정하였다.

전극의 부착 위치는 SENIAM(Hermens et al., 1999)의 가이드라인을 참조하여 각 근육의 위치를 찾아 부착하였으며, 근전도 신호 획득 시 결과에 영향을 미칠 수 있는 노이즈를 제거하기 위하여 전극 부착 전 의료용 알코올을 이용하여 잘 닦아준 후 부착하였다. 각각의 동작은 3 초씩 3 번 반복 실시하였고, 평균값을 분석에 사용하였다. 연속적인 측정으로 나타날 수 있는 근 피로를 최소화하기 위하여 각 동작 측정 후 3 분간의 휴식을 주었다. 선정한 10 가지 코어 운동 동작들은 <Table 1>과 같다.

Table 1. core strengthening exercises

1) Abdominal Flutter kick

2) Lying Leg raise

Abdominal flutter kicks predominantly targets the overall abdominals, hip flexors, by crossing the legs vertically from the ground in the state of lying completely on the ground.	It is a movement that effectively strengthens the lower abdominal while raising and lowering both legs at the same time in the lying state.
	
3) Scissors Lift leg up and down while crossing horizontally on the ground. This scissor exercise works all parts of abdominal muscles to give a flat and tight stomach.	4) Knee to elbow sit up Lie down and bend the knees to about a 45 degree angle. Place fingers behind ears. Bring the torso up while twisting at the waist until the elbow opposite the knee connects. Slowly lower the torso back down while twisting back to the starting position.
5) Reverse crunch Lie on the back, bend knees and lift feet toward the sky, curling hips off the ground	6) Butt ups With both arms on the ground, use your hips and abdominals to raise the lower body as much as possible vertically
	
7) V sit ups Lift arms and legs to make V-shaped trunk. Touch toes, and then let torso fall back down. Bring legs up into the air, touching toes again.	8) Wind shield wiper Lie down, put your arms on the ground, and send your legs to the left and right. Good for strengthening the internal and external oblique.
	
9) Bird dog Get down on hands and knees with palms flat on the floor and shoulder-width apart. Raise right arm and	10) Raised leg plank Alternate both legs in a flank posture

left leg until they're in line with your body.

3. Data processing

동작별 등척성 최대 수축을 하는 동안 측정된 자료 중 1 초당 표면 근전도 RMS(a.u./sec)의 활성도가 최대일 때의 하지 각도를 측정하였다. RMS 는 근력 증가와 함께 정적 증가 양상을 보이기 때문에 정적 근력 증가의 중요한 지표로 사용된다(Gerdle et al., 1998). 각 동작은 3 초를 유지하였으며, 움직임은 분당 120bpm 으로 동일하게 제한하였다. 대상자간 비교를 하기 위해 필터링(Recursive digital filter, Matlab Elliptic filter, 80Hz low pass, 250Hz high pass) 하였고, 데이터 값을 정류(full wave rectification) 하여 RMS(root mean square) 값으로 변환시켜, 최대 수의적 등척성 수축에 대한 백분율(% maximal voluntary isometric contraction; %MVIC)로 정규화(normalization)하였다. 동작 수행 시, 각 근육별로 최대 활성도가 나타난 순간의 영상을 수집하고, 최대 활성도가 나타나는 순간을 capture 하여, 하지의 대퇴골두를 통과하는 수평선과 내외측 복사뼈를 연결한 각도를 하지 각도로 정하고 측정 값을 분석에 사용하였다(table 1).

4. Statistical analysis

자료 처리는 Window 용 SPSS(version 20.0)을 사용하였고, 10 가지 동작 수행 시, 각 근육의 최대 활성도가 나타나는 하지 각도에 대한 분석을 위해 일원변량 분석(One-way ANOVA)를 실시하였다. 각각의 독립변인에 대한 집단 내 차이를 보기 위해 LSD 로 사후검정을 진행하였고, 통계적 유의성을 검정하기 위한 유의수준은 α는 .05 로 설정하였다.

Results

1. 동작에 따른 근육별 최대 활성도가 나타나는 하지 각도

10 가지 코어강화 훈련 운동 동작에 따라 7 개 코어근육별 (내·외복사근, 상·하복근, 넙다리곧은근, 가쪽넓은근, 안쪽넓은근) 최대 활성도 발현 시점의 하지 각도는 <table 2>이다. 10 가지 코어 강화 훈련 동작에 따른 7 개 근육이 최대로 활성화된 시점의 각도는 Flutter kick(F=6.536**), Scissors(2.912*), Knee to elbow sit ups(2.201*), Reverse crunches(7.854**), V sit up(5.889**), Wind shield wipers(2.366*)에서 유의한 차이가 나타났다. 반면 2. Leg raise, 6. Butt up, 9. Bird dog, 10. Raised leg plank 동작은 근육별 유의한 차이가 나타나지 않았다.

core exercise	core muscle	N	M(±SD) (degree)	range (degree)	F
1. Abdominal Flutter kick	rectus abdominis upper	26	15.84(±17.46)	11~40	6.536** a<f, a<g b<e, b<f b<g,, c<e c<f, c<g d<f, d<g e<f
	rectus abdominis lower	26	11.64(±19.32)		
	external oblique	26	13.49(±15.89)		
	internal oblique	26	15.49(±19.85)		
	rectus femoris muscle	26	26.78(±24.15)		
	vastus lateralis	26	40.06(±31.13)		
	vastus medialis	26	34.51(±28.33)		

Table 2. The angle of maximum core muscle strength per core exercise and muscle

2. Leg raise	rectus abdominis upper	26	24.63(±20.20)	21~34	.772
	rectus abdominis lower	26	28.89(±22.88)		
	external oblique	26	30.15(±20.92)		
	internal oblique	26	26.15(±25.16)		
	rectus femoris muscle	26	34.03(±22.99)		
	vastus lateralis	26	26.63(±29.15)		
	vastus medialis	26	21.51(±24.95)		
3. Scissors	rectus abdominis upper	26	66.23(±23.62)	45~66	2.912* a>e, a>g b>e, b>g c>e, c>f c>g
	rectus abdominis lower	26	63.96(±23.85)		
	external oblique	26	65.31(±20.92)		
	internal oblique	26	56.96(±24.88)		
	rectus femoris muscle	26	45.43(±20.46)		
	vastus lateralis	26	56.30(±23.54)		
	vastus medialis	26	50.92(±27.91)		
4. Knee to elbow sit ups	rectus abdominis upper	26	64.52(±21.89)	42~64	2.201* a>c, a>e, e<f
	rectus abdominis lower	26	55.54(±24.27)		
	external oblique	26	48.50(±28.18)		
	internal oblique	26	54.20(±24.80)		
	rectus femoris muscle	26	42.72(±25.18)		
	vastus lateralis	26	57.37(±19.51)		
	vastus medialis	26	53.45(±23.30)		
5. Reverse crunches	rectus abdominis upper	26	8.95(±16.30)	9~40	7.854** a<c, a<d a<e, a<f a<g, b<c b<e, b<f b<g, d<f e<f, g<f
	rectus abdominis lower	26	13.71(±18.16)		
	external oblique	26	33.16(±23.46)		
	internal oblique	26	23.22(±21.21)		
	rectus femoris muscle	26	26.05(±16.74)		
	vastus lateralis	26	40.01(±19.63)		
	vastus medialis	26	28.83(±23.07)		
6. Butt up	rectus abdominis upper	26	29.22(±21.96)	24~32	.781
	rectus abdominis lower	26	30.17(±22.63)		
	external oblique	26	32.55(±21.73)		
	internal oblique	26	30.31(±22.70)		
	rectus femoris muscle	26	23.75(±11.09)		
	vastus lateralis	26	26.22(±15.00)		
	vastus medialis	26	24.17(±14.73)		
7. V sit up	rectus abdominis upper	26	8.52(±17.10)	5~24	5.889** a<b, a<e, a<f, a<g, c<b, b<e, c<e, c<g, e<d, f<e, g<e
	rectus abdominis lower	26	16.53(±14.78)		
	external oblique	26	5.71(±5.57)		

	internal oblique	26	10.11(±11.87)		
	rectus femoris muscle	26	24.74(±12.32)		
	vastus lateralis	26	10.70(±14.10)		
	vastus medialis	26	16.25(±17.02)		
8. Wind shield wipers	rectus abdominis upper	26	16.13(±20.03)	11~20	2.366* b>e, b>f, b>g, c>e, c>f, d>e
	rectus abdominis lower	26	20.03(±11.52)		
	external oblique	26	20.25(±10.64)		
	internal oblique	26	17.43(±11.76)		
	rectus femoris muscle	26	11.60(±7.68)		
	vastus lateralis	26	13.68(±7.97)		
	vastus medialis	26	15.53(±9.21)		
9. Bird dog	rectus abdominis upper	26	14.07(±11.37)	11~18	.770
	rectus abdominis lower	26	11.30(±7.75)		
	external oblique	26	17.90(±18.15)		
	internal oblique	26	11.49(±7.62)		
	rectus femoris muscle	26	11.98(±12.33)		
	vastus lateralis	26	13.76(±15.29)		
	vastus medialis	26	12.75(±16.41)		
10. Raised leg plank	rectus abdominis upper	26	42.02(±22.39)	38~50	.772
	rectus abdominis lower	26	44.63(±22.09)		
	external oblique	26	45.25(±24.61)		
	internal oblique	26	38.24(±28.70)		
	rectus femoris muscle	26	47.27(±25.38)		
	vastus lateralis	26	49.67(±27.18)		
	vastus medialis	26	50.92(±27.15)		

*p<.05, **p<.01
a; rectus abdominis upper, b; rectus abdominis lower, c; external oblique, d; internal oblique,
e; rectus femoris muscle, f; vastus lateralis, g; vastus medialis

(1) flutter kick

배곧은근과 내·외복사근은 하지 각도가 11°~15°일 때 최대 활성도가 나타났고, 하지의 넙다리 곧은근은 27°, 가쪽 넓은근은 40°, 안쪽 넓은근은 34° 에서 최대 활성도가 나타났다. 그러므로 누워 자유형 발차기 동작은 하지 각도가 11°~40°사이로 움직일 때, 복부와 넙다리 근육의 활성도가 가장 크다고 할 수 있다. 이때 하지 각도가 11°~15°일 때는 주로 복부의 근육이, 27°~40°일 때는 넙다리 근육들이 활성화됨을 알 수 있다. 또한 누워 자유형 발차기 동작은 넙다리의 가쪽 근육이 넙다리 앞과 안쪽 근육보다 최대 활성화되는 하지 각도가 가장 컸다.

(2) Lying leg raise

누워서 양 다리 동시 올리기 동작시 7 개의 근육간 하지 각도는 유의한 차이가 없었다. 그러므로 누워 양다리 동시 올리기 동작은 하지 각도가 21°~34°로 움직일 때, 복부와 넙다리에 있는 근육이 함께 최대로 활성화되는 동작이라고 할 수 있다.

(3) Scissors

배곧은근, 내·외복사근은 하지 각도가 56~66°일 때 최대 활성도가 나타났고, 넙다리곧은근, 가쪽 넓은근, 안쪽 넓은근은 45°~56°에서 최대 활성도가 나타났다. 그러므로 두 다리 수평 교차하기 동작은 지면으로부터 다리를 45°~66° 의 범위로 들어올려 교차하는 것이 효과적이다. 이때, 복부의 근육들 중 위쪽 배곧은근이 가쪽 넓은근과 안쪽 넓은근보다 하지 각도가 유의하게 컸고, 아래쪽 배곧은근은 가쪽 넓은근과 안쪽 넓은근에 비해 유의하게 크게 나타나, 두다리 수평 교차하기 동작은 주로 복부의 위쪽과 아래쪽 근육이 활성화되는 각도가 컸다. 또한 내복사근이 넙다리에 있는 근육들 보다 하지 각도가 크게 나타났다. 두 다리 수평 교차하기 동작은 복부와 하지의 근육이 최대로 활성화할 때의 각도가 달랐다.

(4) Knee to elbow sit up

복부의 배곧은근, 내·외복사근은 하지 각도가 48~64°일 때 최대 활성도가 나타났고, 하지의 넙다리곧은근은 42°, 가쪽 넓은근은 57°, 안쪽 넓은근은 53° 에서 최대 활성도가 나타났다. 그러므로 무릎과 팔꿈치 맞닿아 올라오기 동작은 하지 각도가 42°~64° 일 때 효과적이다.

7 개 코어 근육의 최대 활성도가 나타난 하지 각도를 살펴보면, 위쪽 배곧은근이 외복사근과 넙다리 곧은근보다 유의하게 크게 나타났고, 넙다리 곧은근은 가쪽 넓은근 보다 유의하게 작게 나타났다.

(5) Reverse crunch

위쪽배곧은근(rectus abdominis upper)은 하지 각도가 9°일 때 최대 활성도가 나타났고, 아래쪽 배곧은근은 하지 각도가 13°일 때 최대 활성도가 나타났다. 외복사근과 내복사근은 23°~33°일 때 최대활성도가 나타났다. 하지의 넙다리 곧은근은 26°, 가쪽 넓은근은 40°, 안쪽 넓은근은 28° 에서 최대 활성도가 나타났다.

7 개 코어 근육의 최대 활성도가 나타난 하지 각도를 살펴보면, 위쪽 배곧은근이 외복사근, 내복사근, 넙다리 곧은근, 가쪽 넓은근, 안쪽 넓은근보다 하지 각도가 유의하게 작게 나타났고, 아래쪽 배곧은근은 외복사근, 넙다리곧은근, 가쪽 넓은근, 안쪽 넓은근 보다 유의하게 작게 나타났다. 내복사근과 넙다리 곧은근, 안쪽 넓은근은 가쪽 넓은근보다 하지각도가 유의하게 작게 나타났다. 그러므로 Reverse crunch 동작은 내외복사근과 넙다리부위 근육이 23 도~40 도 범위에서 함께 활성화됨을 알 수 있다.

(6) Butt up

Butt up 동작에서는 근육간 하지각도 차이는 나타나지 않았다. 그러므로 Butt up 동작은 복부와 넙다리근육이 24°~32° 정도의 범위에서 함께 동원되어 활성화됨을 알 수 있다.

(7) V sit up

위쪽 배곧은근은 하지 각도가 8°일 때, 아래쪽 배곧은근은 16°일 때 최대 활성도가 나타났다. 외복사근과 내복사근은 5°, 10°일 때 최대활성도가 나타났다. 하지의 넙다리 곧은근은 24°, 가쪽 넓은근은 10°, 안쪽 넓은근은 16° 에서 최대 활성도가 나타났다. 그러므로 상·하체 V 자 모아 올라오기 동작은 비교적 낮은 하지의 5°~24° 의 범위에서 움직이는 것이 효과적이다.

그러므로 상하체 V 자 모아 올리기 동작은 복부의 근육과 넙다리 부위의 근육들이 활성화되는 각도가 서로 독립적임을 알 수 있다.

(8) Wind shield wipers

배곧은근, 내·외복사근은 하지 각도가 16~20°일 때 최대 활성도가 나타났고, 넙다리 부위의 근육들(넙다리곧은근, 가쪽 넓은근, 안쪽 넓은근)은 11°~15°에서 최대 활성도가 나타났다. 그러므로 Wind shield wipers 동작은 넙다리 부위의 하지 각도가 복부보다 낮은 각도에서 활성화됨을 알 수 있다.

(9) Bird dog

Bird dog 동작은 근육간 하지각도 차이가 나타나지 않았다. 그러므로 Bird dog 동작은 복부와 넙다리 부위의 근육들이 11°~17° 일 때 함께 최대로 활성화됨을 알 수 있다.

(10) Raised leg plank

Raised leg plank 동작은 근육간 하지 각도의 차이가 나타나지 않았다. 그러므로 Raised leg plank 동작은 복부와 넙다리 부의의 근육들은 38°~50° 범위에서 함께 활성화되었다.

요약하면 10 가지 코어 동작은 최대 근활성도가 발현되는 하지 각도의 범위에 따라 총 4 가지 동작으로 대별할 수 있다. 그것은 5° ~24°의 하지각도 범위를 가지는 V sit up, Wind shield wipers, Bird dog, 9°~40°의 하지각도 범위를 가지는 Flutter kick, Reverse crunches, 21°~34°의 하지각도 범위를 가지는 Leg raise, Butt up, 그리고 38°~66°의 하지 각도 범위를 가지는 Scissors, Knee to elbow sit ups, Raised leg plank 이다.

Discussion

코어근력은 체간의 심부에 위치하고 있어 관절의 안정성에 중요한 역할을 하여 동작의 안정화에 기여한다. 코어 근육 훈련은 기계체조 마루운동 동작의 균형성과 안정성에 긍정적인 영향을 미쳤으며(Yoon et al, 2016), 남자골프 선수의 체력과 드라이버 수행력 향상에도 긍정적이었다(Beak & Park, 2013). 나아가 코어 안정성 복합 운동은 뇌졸중환자의 보행시 체력 향상에도 효과적이었다(Park, 2008). 이렇듯 코어근력 훈련을 통해 운동수행능력 혹은 체력을 향상시키기 위한 연구들이 수행되었지만, 실제로 사용된 코어 운동이 어떠한 각도에서, 어떤 코어근육이 최대로 활성화될 수 있는지에 대한 연구는 미흡한 편이다. 젊은 성인에서 슬링을 적용한 어깨 관절 각도에 따른 체간 안정화 운동이 코어 근육의 두께에 미치는 영향(Park, 2015)이 코어근육의 각도에 관한 연구이다. 그러나 이 연구는 상체, 그 중에서도 어깨에 한정하여 어깨 관절 각도에 따른 코어근육의 두께를 측정하였다는 점에서 상지와 하지의 코어중심 근육을 측정한 본 연구와 차별화된다.

본 연구는 코어훈련에서 많이 사용하는 10가지 동작을 선정하였고, 상체 4부위, 하체 3부위의 세부 근육 군으로 분류하여 측정하여 동작별 코어 근육의 최대 활성도가 나타나는 하지 각도를 분석하여 코어 근육 훈련의 최적의 하지 각도를 규명하였다는 데에 의의가 있다.

복부를 주로 사용하는 동작은 척주의 움직임을 최적화하고, 시상면, 관상면, 횡단면에서의 안정성을 제공한다 (Prentice, 2004; Houglum,2005; Kisner, & Colby, 2002). 그러므로 코어 운동시 첫번째 단계의 운동이라고 할 수 있다. 대퇴를 주로 사용하는 근육은 다양한 방향으로의 보행을 자연스럽게 조절하고, 연속적인 동작을 만들어 내며, 자세 안정성에도 기여한다 (Houglum, 2005; Kisner, & Colby, 2002). 이러한 안정성은 근신경계 조절 능력을 향상시켜 손상이나 재발로부터 척주를 보호한다 (Hodges et al, 2003). 하체 근육인 대퇴를 주로 사용하는 동작은 코어 운동의 두번째 단계의 운동이다. 대퇴를 주로 사용하는 동작들은 골반저근들을 안정화하여, 배뇨, 배변 기능을 유지하고, 골반내 기관들을 받쳐주는 역할을 한다 (Ashton, Howard, Delancey, 2001; Contantinou & Govan 1982; Peschers et al 2001; Sapsford et al 2001). 마지막으로 복부와 대퇴를 동시에 사용하는 동작은 다면적이고, 다분절 운동으로 코어 운동의 세번째 단계의 운동이라고 할 수 있다. 그러므로 대상자의 체력 수준, 훈련의 목적에 따라 동작을 선별하면 효율적인 훈련이 될 것이다.

Conclusion

10가지 코어운동 동작에 따른 7부위의 코어근육의 최대 진폭 발현시 지면과 하지와의 각도를 측정한 결과, V sit up과 Wind shield wipers, Bird dog,(5°~24°), Flutter kick과 Reverse crunches (9°~40°), Leg raise, Butt up (21°~34°), Scissors, Knee to elbow sit ups, Raised leg plank (38°~66°)의 4가지 동작으로 대별할 수 있었다. 이러한 결과는 코어 근육 훈련시 대상자의 체력 수준과 목적에 따른 동작과 하지 각도를 선택할 수 있는 자료로 유용할 것이다. 또한 선수의 약한 코어부위를 측정해 낼 수 있는 기초자료로 유용할 것이다.

Reference

Ashton, M. J., Howard, D., Delancey, J. O. L. (2001). The functional anatomy of the female pelvic floor and stress continence control system. *Scandinavian Journal of Urology and Nephrology, 35*(207), 1-7.

Beak, S. K., Park, J. Y. (2013). Effects of core Training on Physical Fitness and Driver Performance in Male Professional Golfers. *The Korean Society Of Sports Science, 22*(1), 1053-1066.

Brill, P. W. (2002). *The Core Program.* 1st ed. New York Bantam Books.

Brown, A. B., McCarney, N.,& Sale, D. G.(1990) .Positiveadaptations to weight-lifting training in the elderly. *Journal of applied physiology, 69*(5), 1725-1733.

Choi, W.I. (2015). *An Analysis of Core Muscle Activity Differences by Knee Joint Angles in Squat Exercise on Unstable Surfaces,* Un- published Master's Thesis. Graduate School, Korea National Sport University.

Cram, J. R., Kasman, G. S., & Holtz, J. (1998). Introduction to surface electromyography. *Journal of Athletic Training, 34*(1), 69.

Constantinou, C. E., & Govan, D. E. (1982). Spatial distribution and timing of transmitted and reflexly generated urethral pressures in healthy women. *The Journal of urology, 127*(5), 964-969.

Faries, M. D., & Greenwood, M. (2007). Core training: stabilizing the confusion. *Strength and Conditioning Journal, 29*(2), 10-25.

Gerdle, B., Karlsson, S., & Crenshaw A. G., et al. (1998). The relationship between EMG and muscle morphology throughout sustained static knee extension at two submaximal force levels. *Acta Physiol Scand, 160*, 341-351.

Hermens, H. J., & Freriks, B. (1999). *SENIAM: European Recommendations for Surface Electromyography.* Ressingh Research and Development.

Hodges, P. W., & Moseley, G. L. (2003). Pain and motor control of the lumbopelvic region: effect and possible mechanisms. *Journal of Electromyography and Kinesiology, 13*(4), 361-370.

Houglum, P. (2005). Therapeutic Exercise for Musculoskeletal Injuries, 2nd ed.

Kim, J. H. (2012). *Effect of core training on physical strength and stroke ability in female tennis players.* Un-published Master's Thesis. Graduate School of Education Chonnam National University

Kim, K. H. & Lee, S. C. (2010). Dynamic Stability Effect of Applicable Core and Neuromuscular Training for 12 Weeks. *Korean Journal of Sport Biomechanics, 20*(1), 101-108.

Kim, N. H & Yi, K. O. (2015). The Effects of Corrective Hip Joint Exercises and Foot Orthotics on RCSP, Ankle`s Range of Motion, and Core Muscle Strength for Middle School Students with Pes Planus. *Korean Journal of Sport Biomechanics, 25*(4), 401-412.

Kim, S. Y. (2007). *The imoacts of weight-bearing exercise and aquatic exercise on middle-aged women's body composition and isokinetic musle strength and bone mineral density.* Un- published Master's Thesis. Rraduate School of Education Han-Yang University.

Kendall, F.P., McCreary, E.K., Provance, P.G., Rodgers, M.M., & Romani, W.A. (2005). Muscles testing and function with posture and pain. 5th ed. Lippincott/ Williams & wikins.

Kiesel, K., Burton, L., & Cook, G. (2004). Mobility screening for the core. *Athletic Therapy Today, 9*(5), 38-41.

Kisner, C. & Colby, L.A. (2002). Therapeutic Exercise: Foundations & Techniques, 4th ed.

Miyake Y, Nakamura S, Nakajima M(2014). The effect of trunk coordination exercise on dynamic postural control using a Core Noodle. *Journal of Bodywork and Movement Therapies, 18*(4), 519-525.

Munsat, T. L., Mcneal, D., & Waters, R. (1976). Effect of nerve stimulation on human muscle. *Archneural, 33*, 608-617.
Nadler, R.B. (2002). Bladder training biofeedback and pelvic floor myalgia. Urology, 60(6l), 2-3.
Nesser, T. W., & Lee, W. L. (2009). The relationship between core strength and preformance in division I female soccer players. *Journal of Exercise Physiology Online, 12*(2).
Park, E. K. (2008). *The Effects of Core Stability Exercises with Aero-Equipment on Fitness, Gait Development, EMG, FMRI in Stroke Patients.* Un-published Doctor's Dissertation. Graduate School of Ewha Womans University.
Park, M. H. (2015). *Effect of core muscle thickness and static or dynamic balance on prone bridge exercise with sling according to shoulder joint angle in healthy adults*. Un-published Master's Thesis. Graduate School of Sunmoon University.
Peschers, U. M., Gingelmaier, A., Jundt, K., Leib, B., & Dimpfl, T. (2001). Evaluation of pelvic floor muscle strength using four different techniques. *International Urogynecology Journal, 12*(1), 27-30.
Prentice, W.E. (2004). Rehabilitation Techniques for Sports Medicine & Athletic Training, 4th ed.
Raichardson, C., Toppenberg, R., Jull, G., & Comerfored, M. (1992). Techniques for active lumbar stabilization protction: a pilot study. *Austrailian journal of Physiothrapy, 38*, 105-112.
Sapsford, R. R., & Hodges, P. W. (2001). Contraction of the pelvic floor muscles during abdominal maneuvers. *Archives of physical medicine and rehabilitation, 8*2(8), 1081-1088.
Shinn, Y. K., & Yi, K.O.(2015). Difference in core stability and muscle balance of the pilates Teaser motion according to kinds of the ground and skill. *Korean Society of Sports Biomechanics, 25*(1), 65-76.
Willson, J.D., Dougherty, C.P., Ireland, M.L., Davis, I.M. (2005). Core stability and its relationship to lower extremity function and injury. *The Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, 13*(5), 16-25.
Yoon, C. S., Yoo, S. H., Yoon, S. H. (2016). Effects of Core Muscles Exercise on the Balance and Stability of V-sit in the Floor Exercise of Gymnastics. *The Korean Journal of physical education, 55*(5), 719-727.
Yun, K. S., Jun, I. S., Kwak, H. M., Kim, J. H., Jeon, C. B., Kim, G. K., Lee, H. J. (2013). The Effect of 12-weeks Core Stability Exercise Program on Physical Fitness and Soccer Techniques in Middle School Soccer Players. *Journal of coaching development, 15*(3), 205-213.