

요부 안정화 운동 프로그램이 축구선수의 체간 및 하지 근활성도와 균형에 미치는 영향



The Journal Korean Society of Physical Therapy

- 김제호, 박승규, 강정일, 양대중¹
- 대불대학교 보건대학원 물리치료학과, ¹목포중앙병원 물리치료실

Effects of Lumbar Stability Exercise Program on Trunk, Lower Extremity of Muscle Activity and Balance in Soccer Player

Je-Ho Kim, PT, MS; Seung-Kyu Park, PhD, PT; Jeong-Il Kang, PhD, PT; Dea-Jung Yang, PT, MS¹

Department of Physical Therapy, School of Public Health, Daebul University; ¹Mok-po Jung-ang Hospital

Purpose: The purpose of this study is to provide an efficient and scientific basis for muscle activity (%MVIC) of RA, EO, VL, HS muscles and balance in soccer players through dynamic lumbar stability exercise and static lumbar stability exercise.

Methods: This study included 23 soccer players belonging to D University of J province who attended the program for 30 minutes at a time and three times a week for 4 weeks. Of these 13 attended the dynamic lumbar stability exercise (DLSE) program and 10 the static lumbar stability exercise (SLSE) program. The differences between the effects of the dynamic lumbar stability exercise program and static lumbar stability exercise program were analyzed.

Results: To increase muscle activity (%MVIC) and balance (WPL), the dynamic lumbar stability exercise program was more effective than was the static lumbar stability exercise program. 1) The %MVIC of trunk muscle (RA &EO) and lower extremity muscle (VL & HS) increased from before training to after training in the case of the participants who performed the dynamic lumbar stability exercise. 2) The whole path length (WPL) decreased from before the training to after the training. The 2 groups significantly differed in this regard.

Conclusion: Dynamic lumbar stability exercise program helps to improve the balancing ability and muscle activity in a soccer players who requires both muscle activity and balance than does any other players.

Keywords: Dynamic lumbar stability exercise, Static lumbar stability exercise, Muscle activity (%MVIC), Balance (WPL)

논문접수일: 2010년 8월 20일

수정접수일: 2010년 9월 30일

게재승인일: 2010년 10월 3일

교신저자: 박승규, pt755@hanmail.net

1. 서론

요부(lumbar region)는 정적 및 동적 상황에 대해서 하중을 사지로 이동시키는 역할을 하고,¹ 반발력으로부터 야기되는 자세동요에 대해 척주를 준비시킨다.^{2,3} 이와 같이 신체의 기능적 안정성(functional stability) 유지를 위해서는 요부의 안정성을 강화시켜야 한다고 보고하였다.⁴ 요부의 안정성이란 중립지대(neutral zone)를 유지하는 안정화 체계(stabilizing system)의 유익한 능력이라고 할 수 있으며, 수동 세부체계(passive subsystem)와 능동 세부체계(active subsystem) 그리고 신경 세부체계(neural

subsystem) 사이의 상호작용에 의해 영향을 받게 된다고 하였다.⁵ 첫 번째 수동 세부체계(passive subsystem)는 척추체, 추간판, 추간관절, 관절낭과 인대들로 주로 관절가동범위의 끝 범위에서 운동을 제한하여 안정성을 담당한다. 둘째 능동 세부체계(active subsystem)는 척주를 둘러싸면서 작용하는 근육과 건에 의해 제공되는 능동적이고 역동적인 지지를 담당하여 관절에 가해지는 부하를 감소시키고, 척추에 직접 부착되어 있는 국소근육(local muscle)들이 중립위 범위 내에서 분절의 안정성을 유지하는데 가장 큰 역할을 수행한다. 또한 요부 안정성에 관여하는 능동 세부체계는 대근육(global) 체계와 국소근육(local) 체계로 분

류 할 수 있다. 대근육은 다분절성(multi-segmental) 근육이라 할 수 있고, 몸에 가해지는 중력이나 무거운 물건을 들어 올리는 등 외적 부하에 대해 균형을 유지하는 근육이며, 소근육은 단분절성(inter-segmental) 근육들로 척추만곡을 유지하며, 척추의 전·후방, 측방의 안정성을 유지하는 중요한 역할을 하는 긴장성 근육(tonic muscles)이다. 이처럼 요부의 안정성은 대근육 체계와 소근육 체계의 상호작용에 의존한다고 보고했다.^{6,7} 셋째 신경 세부체계(neural subsystem)는 고유수용성 감각 기관들과 중추신경계로 구성되는 신경적 안정화(neural stabilization)이다.⁸ 요부 안정성은 이 세 가지 요소들의 상호작용에 의해 유지된다.⁵ 이러한 요부 안정성은 근력(muscle strength)과 균형에 영향을 주며 운동선수에게 매우 중요한 요소이다. 근력의 정의는 근육에 부과된 요구에 대해 장력과 힘을 생산하는 수축성 조직의 능력이다.⁹ 그 중, 체간근력은 몇몇 스포츠 특이적 과제(specific task)를 수행하는 동안 필요하고, 체간의 근력약화 및 불균형은 슬관절을 중심으로 발휘되는 각 근력 발휘에 지장을 초래하게 되고, 경기력 저하의 원인이 될 수 있기 때문에 하지 근기능이 원활하게 이루어지기 위해서는 요부 안정화가 이루어져야 한다고 보고되었

의 상호작용과 행동 할 수 있도록 가르쳐 주는 중요한 내적인 모델 및 선행적 자세조절과 적응하는데 중요한 고위단계 과정을 들 수 있다.¹² 그 중 선행적 자세조절이란 중추신경계가 주동근 이전에 자세조절 근육을 먼저 수축시킴으로써, 반발력으로부터 야기되는 자세동요에 대해 척추를 준비시키는 기전을 말한다.^{2,3} 축구 선수들은 볼을 조절하기 위해 지지하는 발의 균형 능력이 중요하며, 헤딩이나 볼 점유를 위해 점프를 하고 나서 착지할 때 중심을 잡는 능력이 필요한데, 균형능력이 감소하게 되면 발목이나 무릎 인대의 염좌나 좌상 발생률이 높아지므로, 축구선수의 균형능력은 일반학생과 비교하여 뛰어나며 중요하다.¹³ 그러나 체간근력의 약화에 의한 비정상적인 선행적 자세조절의 메커니즘은 균형에 영향을 주어 운동상해에 위험성을 시사하였고,¹⁴ 균형능력의 향상을 위해서는 요부 안정화가 이루어져야 한다고 보고되었다.¹⁵ 이렇듯 요부 안정성을 통한 근력과 균형능력의 향상 때문에 요통 환자 뿐만 아니라 운동선수와 일반인 등 다양한 분야에서 널리 사용되고 있다.^{16,17} 최근 축구선수와 기타 다른 종목의 운동선수에게 정적 요부 안정화 운동이 적용이 되고 있는데, 축구 경기는 안정된 지지면에서 정적인 움직임을 하는 것이 아니라, 대부분

Table 2. Electrodes location

Muscle	Location
Rectus abdominis	Approximately 2 cm lateral and across from the umbilicus over the muscle belly.
External abdominal obliques	Above the ASIS, halfway between the crest and the rib at a slightly oblique angle.
Vastus lateralis	Approximately 3 to 5 cm above the patella, on an oblique angle just lateral to midline.
Hamstring muscle	Between the trochanter and the back of the knee.

다.¹⁰ 균형이란 지지 기저면(base of support, BOS)에 대하여 중력중심(center of gravity, COG)을 조절하고 유지하는 능력인 자세 안정성(postural stability)을 지속적으로 유지해 나가는 과정으로서, 동작 수행에 중요한 영향을 미친다.¹¹ 또한 균형조절은 근골격계와 신경계의 복잡한 상호작용을 필요로 하며, 그 중 신경계의 요소에는 신경 근육 반응을 포함하는 운동처리과정(motor processes), 시각계(visual system), 전정계(vestibular system), 고유수용성 감각(proprioceptive sensation)을 포함하는 체성감각계(somatosensory system)로 부터 들어온 감각입력 사이

동적으로 움직임이 이루어지기 때문에 동적인 상태에서 안정화가 요구되기 때문에 동적 요부 안정화 훈련이 필요하다. 선행연구를 바탕으로, 본 연구의 목적은 동적 요부 안정화 운동이 축구 선수의 체간근육과 하지근육의 근활성도와 균형에 미치는 영향에 대해서 알아보고자 한다.

II. 연구방법

Table 1. General characteristics in the dynamic and static stability exercise group

	DLSE group (n=13)	SLSE group (n=10)	t	P
	M±SD	M±SD		
Age (yr)	20.85±0.69	20.80±0.79	0.46	0.51
Height (cm)	178.05±3.14	176.25±5.58	1.01	0.33
Weight (kg)	70.63±3.76	71.24±5.00	2.62	0.12

DLSE: Dynamic lumbar stability exercise

SLSE: Static lumbar stability exercise

M±SD: Mean±standard deviation

1. 연구대상

본 연구의 연구 대상은 전남 소재 D 대학교 축구부에 소속된 남자 축구선수를 대상으로 고관절, 슬관절, 발목관절에 수술적 경험이 없으며 최근 3개월 동안 부상의 경험이 없고 다른 내·외과적 의학적 질환을 가지고 있지 않은 선수 중 연령이 20세 이상 24세 미만인 선수 23명을 선정하였고, 동적 요부 안정화 운동 그룹(실험군) 13명과 정적 요부 안정화 운동 그룹(대조군) 10명으로 무작위 임의 선정 되었으며 연구대상자의 일반적 특징은 Table 1과 같다.

2. 실험방법

본 연구는 실험기간 동안 실험군에는 동적 요부 안정화 운동을 대조군에는 정적 요부 안정화 운동을 중재했으며, 5명씩 1개조로 편성되어 2명의 물리치료사에게 4주 동안 주3회, 1회 중재 시 30분의 중재를 받았다. 동적 요부 안정화 운동은 치료 원칙에 따라 부하를 주지 않은 운동에서 부하 상태의 운동으로, 단순한 운동에서 복잡한 운동으로, 운동의 지지면이 안정적인 상태에서 불안정한 상태로, 느린 운동에서 빠른 운동으로 진행하도록 구성되며,^{18,19} 동적 요부 안정화 운동 프로토콜은 McGill과 Karpowicz²⁰의 연구를 바탕으로 교각운동, 바로누운자세에서 한쪽 상지와 반대측 하지를 교대로 대각선 방향으로 움직이기 (dead bug 운동), 네발자세에서 한쪽 상지와 반대측 하지를 들면서 팔과 다리를 움직이기 (bird dog 운동), 측면교각운동으로 구성하였다. 정적 요부 안정화 운동 프로토콜 치료 원칙에 따라 척추 중립을 인식하는 것을 목적으로 다양한 자세에서 시행하는데, 본 연구는 Shin과 Song²¹이 제시한 안정화 훈련을 바탕으로 교각운동, 교각자세에서 한발들기, 네발자세에서 한쪽 상지와 반대측 하지들기로 구성하였다.

1) 측정도구

(1) 표면 근전도 시스템

체간과 하지의 근활성도를 측정하기 위해 MP100 표면 근전도 시스템(Biopac System Inc, 미국)을 이용하였고 여기에서 전환된 디지털 신호는 개인용 컴퓨터에서 Acqknowledge 3.91 소프트웨어를 이용하여 자료 처리 하였다. 신호의 표본추출률(sampling rate)은 1,024 Hz로 설정하였고, 잡음을 최소화하기 위하여 대역 여과 필터 60 Hz, 대역 통과 필터 10~450 Hz를 사용하였고, 수집된 신호는 RMS (root mean square) 처리를 하였다. 각 근육들의 활동전위를 표준화하기 위해 맨손근력검사 자세에서 최대등척성 수축시의 근활성도를 측정하였다. 5초 동안 3번의 자료값을 측정한 후 초기와 마지막 1초를 제외한 3초 동안의 평균 근전도 신호량을 %MVIC로 사용하였다. 표면 근전도 신호에 대한 피부저항을 감소시키기 위하여 부착부위의

털을 제거하고 가는 사포로 3~4회 문질러 피부 각질층을 제거한 후, 소독용 알코올로 피부를 깨끗이 하였다. 이극 표면 전극을 측정하고자 하는 근육에 부착하였고, 접지전극(ground electrode)은 손목에 부착하였다. 측정 근육은 복직근, 외복사근, 외측광근, 슬딕근이며 측정부위는 Table 2와 같다.²²

(2) 균형 측정 시스템

균형능력 측정을 위해 active balancer system (EAB-100, Sakai Medical Co, 일본)을 이용하였으며, 본 장비는 측정시간 동안 신체 압력중심(center of pressure, COP)의 이동거리를 정밀하게 측정할 수 있는 기계이다. 검사 방법에는 시각을 제외하여 균형능력을 측정할 수 있는 방법으로 눈감고 한발서기 검사를 사용하였고 측정은 60초 동안 3회를 측정하여 얻은 결과값의 평균값을 이용하였다. 균형능력의 분석은 압력중심의 총 이동거리인 총궤적길이(whole path length, WPL)를 이용하였다.

3. 자료분석

모든 통계처리는 SPSS win 12.0을 이용하였으며 운동방법에 따른 그룹 간 근활성도와 균형의 차이를 비교하기 위하여 공분산 분석(analysis of covariance, ANCOVA)을 실시하였으며, 통계학적 유의성을 검정하기 위한 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 결과

1. 동적 요부 안정화 운동 그룹과 정적 요부 안정화 운동 그룹 간 전·후 근활성도 비교

그룹 간의 중재 전·후 복직근 근활성도 비교에서 동적 요부 안정화 운동 그룹이 24.43±7.43%에서 37.55±17.69%로 정적 요부 안정화 운동 그룹과 비교하여 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.01$). 또한 외복사근의 근활성도는 32.86±7.24%에서 46.51±8.61%로 외측광근의 근활성도는 22.66±4.96%에서 36.23±9.12%로 정적 요부 안정화 운동 그룹과 비교하여 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 하지만 슬딕근의 근활성도는 18.61±6.38%에서 28.36±9.26%로 평균값의 증가는 보였으나 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 3).

2. 동적 요부 안정화 운동 그룹과 정적 요부 안정화 운동 그룹 간 전·후 균형 비교

그룹 간의 중재 전·후 정적 균형 비교에서 눈을 감고 오른발 한 발 서기에서 동적 요부 안정화 운동 그룹의 총궤적길이(WPL)는 5462.70±820.60 mm에서 4293.05±687.71 mm로 눈을 감고 왼발 한발 서기에서 동적 요부 안정화 운동 그룹의 총궤적길이(WPL)는 5357.86±1172.61 mm에서 4168.09±682.37 mm로

Table 3. Comparison muscle activity (%MVIC) of each groups by exercise method (unit: %)

	DLSE group (n=13)		SLSE group (n=10)		F	P
	pre-test	post-test	pre-test	post-test		
	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD		
RA	24.43±7.43	37.55±17.69	26.08±4.41	28.55±4.78	10.59	0.01**
EO	32.86±7.24	46.51±8.61	38.19±13.01	44.24±16.92	7.75	0.05*
VL	22.66±4.96	36.23±9.12	23.14±5.89	29.62±9.95	4.94	0.04*
HS	18.61±6.38	28.36±9.26	14.12±3.28	18.20±4.35	2.23	0.15

*p<0.05, **p<0.01

DLSE: Dynamic lumbar stability exercise

SLSE: Static lumbar stability exercise

RA: Rectus abdominis, EO: External abdominal obliques

VL: Vastus lateralis, HS: Hamstring muscle

정적 요부 안정화 운동 그룹과 비교하여 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05)(Table 4).

IV. 고찰

본 연구에서는 4주간의 동적 요부 안정화 운동이 기존의 정적 요부 안정화 운동과 비교했을 때, 체간과 하지 근활성도와 균형에 미치는 영향을 알아보고자 본 연구를 실시하였다.

Souza 등²³은 요통이 없는 건강한 일반인 12명(남자 6명, 여자 6명)을 대상으로 무릎 구부려 누운자세(Hook-lying)와 네 발기기자세에서 팔과 다리를 교대로 움직이는 요부 안정화 운동을 4주 시행하고 3단계로 구분하여 마지막 3단계에서는 1.4~2.2 kg의 cuff weight를 착용하여 운동을 시행한 결과 복직근과 외복사근에서 %MVIC값이 증가하여 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 본 연구에서도 팔과 다리를 움직이는 요부 안정화 운동을 시행한 결과 복직근과 외복사근의 %MVIC의 값이 위 연구와 같이 향상되는 동일한 결과를 얻었다. 하지만 연구대상이 축구선수이고 본 연구는 안정화 운동을 점진적으로 어렵게 구성하지 않았던 차이점 때문에 %MVIC 값의 향상 정도가

더 작았을 것으로 사료된다. 이런 차이점으로 볼 때, 척추의 중립 인식으로 자세조절이 이루어지면, 요부의 안정성을 더욱 향상시키기 위해 점진적으로 내, 외적인 저항이 필요 할 것으로 사료된다. 그리고 Choi 등²⁴은 건강한 성인 20명을 대상으로 네발 자세에서 슬링을 이용한 4가지 환경을 설정을 통한 요부 안정화 운동을 통해 체간의 근활성도에 대한 연구를 하였는데 외복사근, 내복사근, 복직근에서 %MVIC 값의 증가를 보였고 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 또한 Choi 등²⁵은 씨름 선수 8명에게 8주 동안 볼을 이용한 요부 안정화 운동을 통해 요부 근력 및 근활성도에 관한 연구에서 복사근과 복횡근의 %MVIC 값이 증가하였고 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 본 연구에서도 변형된 네발 자세, 교각자세로 안정화 운동을 시행한 결과 복직근과 외복사근의 %MVIC의 값이 위 연구와 같이 향상되는 동일한 결과를 얻었다. 하지만 중재기간이 4주로 짧았고 위 연구와 같이 불안정한 지지면에서 오는 외적인 저항이 없어서 %MVIC의 값이 적었을 것으로 사료된다. 따라서 요부 안정성을 향상시키기 위해서는 불안정한 지지면과 같은 환경의 변화가 필요 할 것으로 사료된다. Oh 등²⁶은 건강한 성인 남녀 20명을 대상으로 반복측정연구에서 엎드린 자세에서 복부 드로잉-인 방법을 유지하며 고관절 신전 운동을 한 결과

Table 4. Comparison balance (WPL) of each groups by exercise method (unit: mm)

	DLSE group (n=13)		SLSE group (n=10)		F	p
	pre-test	post-test	pre-test	post-test		
	M±SD	M±SD	M±SD	M±SD		
RC	5462.70±820.60	4293.05±687.71	4754.08±817.81	4249.13±837.31	4.75	0.04*
LC	5357.86±1172.61	4168.09±682.37	4827.79±763.34	4278.2±783.49	7.55	0.02*

*p<0.05

DLSE: Dynamic lumbar stability exercise

SLSE: Static lumbar stability exercise

RC: Right one leg standing in eye close

LC: Left one leg standing in eye close

WPL: Whole path length

대둔근, 슬괵근에서 근활성도가 유의하게 증가하였다고 보고 하였다. 그리고 Kim 등²⁷은 건강한 성인 남녀 30명을 대상으로 교각운동 자세에서 생체피드백 장치를 통하여 복부 드로잉-인 기법을 사용한 그룹과 사용하지 않은 그룹의 체간 및 하지 근 활성도에 관한 연구에서 하지의 근활성도가 대퇴직근, 슬괵근에서 통계학적으로 유의한 결과를 얻었다. 또한 McGill과 Karpowicz²⁰은 건강한 성인 8명을 대상으로 big 3 exercise의 척추 안정화 운동에 대한 연구에서 Plyometric Dead bug 시 normal Dead bug보다 대퇴직근에 근활성도가 향상되었다. 본 연구에서도 교각운동과 Dead bug 운동 등의 자세를 이용하여 요부 안정화 운동을 실시하였고 위 연구와 같은 동일한 결과를 얻었다. 교각운동(bridging), 네발자세(quadruped)운동, 측면 교각운동(side bridging) 등은 과도한 골반의 전만을 방지하는 동시에 양 발을 지지면에서 고정 시켜야 하기 때문에 무릎관절 원위부에 위치하는 두 관절 근육의 활성도가 유의하게 증가하였다고 사료되며 또한 선행적 자세조절(anticipatory postural adjustment)에 의해 체간의 안정성이 하지 근 활성도가 유의하게 증가하였다고 사료된다.

자세 균형이란 어떤 공간 내에서 안정성(stability)과 정향성(orientation)을 유지하기 위하여 신체의 위치를 제어하는 것을 말한다. 여기에서 자세의 안정성이란 특정한 공간 영역 내에서 신체의 위치, 특히 신체의 무게 중심을 유지하는 능력을 말하는 것으로, 정적균형(static balance)이라고도 하며, 자세의 정향성은 신체와 환경이 적절한 관계를 유지하는 능력을 말하는 것으로 동적 균형(dynamic balance)이라고도 한다.¹² Choi와 Kim¹⁵은 씨름선수 8명을 대상으로 볼을 이용하여 8주 동안 요부 안정화 훈련을 증재하여 균형에 미치는 영향에 대해 연구한 결과 증재 전, 후에 동요면적이 감소했으며, 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. Gong 등²⁸은 20대 정상인을 대상으로 천장관절 가동술과 요부안정화 훈련을 3주 증재하고 선 자세 균형 연구에 관한 연구에서 요부안정화 운동을 시행한 실험군은 동요거리가 감소했으며, 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 또한 Shin과 Somg²¹은 특발성 척추측만증이 있는 20명을 대상으로 선 자세 균형 연구에서 요부 안정화 운동을 실시하여 전, 후 비교를 한 결과 동요거리가 감소했으며, 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. Carpes 등¹은 6명의 여성에게 볼을 이용한 요부 안정화 훈련 후 요부-골반 복합체 주변의 통증, 운동형태학적 분석, 신체균형에 대한 연구에서 신체균형이 전, 후 그리고 내, 외측 동요에 대해서 증재 전, 후 눈을 뜨고 눈을 감은 상태에서 양발서기와 눈을 감은 상태에서 한발서기 동안 동요거리가 감소했으며, 통계학적으로 유의한 차이를 보였다. 본 연구에서도 요부 안정화 운동을 시행한 결과 위 연구와 같이 자세동가가

감소하는 유의한 결과를 보였다. 이러한 결과로 미루어 볼 때 균형능력이 향상된 이유는 체간 근육의 근활성화로 인한 선행적 자세조절이 이루어짐으로써, 자세동요가 감소한 것으로 사료되고 동적 요부 안정화 운동이 정적 요부 안정화 운동에 비해 자세동요의 감소와 함께 통계학적으로 유의한 차이를 보인 이유는 동적 요부 안정화 운동이 정적 요부 안정화 훈련보다 균형에 영향을 주는 고유수용성감각계와 더 밀접한 관계가 있을 것으로 사료된다. 위와 같은 결과들은 하지근력, 균형을 요구하는 축구선수에게 동적 요부 안정화 운동이 도움을 줄 것으로 생각된다.

향후 본 연구를 바탕으로 초음파 영상을 통해 심부근육의 크기 및 균형과의 상관관계에 대한 연구와, 근 지구력 평가와 체간 근육의 피로도와 상관관계에 대한 연구를 실시 해 보는 것이 필요 할 것이다.

V. 결론

본 연구는 축구선수들을 대상으로 동적, 정적 요부 안정화 운동 프로그램을 4주간 실시한 후 체간 및 하지의 근활성도와 균형에 미치는 영향을 분석하여 요부 안정화 운동의 효과를 알아 보았다. 복직근, 외복사근, 외측광근, 슬괵근의 근활성도(%MVIC) 값의 분석을 통하여 동적 요부 안정화 운동이 정적 요부 안정화 운동보다 체간 및 하지 근활성도를 증가하기 위해 더 효과적임을 증명하였다. 또한 눈을 감은 상태에서 한발 서기를 통한 총궤적길이의 분석을 통하여 동적 요부 안정화 운동이 정적 요부 안정화 운동보다 균형능력을 증가하기 위해 더 효과적임을 증명하였다. 그러므로 동적 요부 안정화 운동이 정적 요부 안정화 운동보다 체간 및 하지 근활성도와 균형 능력을 향상시키는 것으로 결론을 얻었다.

Author Contributions

Research design: Kim JH

Acquisition of data: Kim JH

Analysis and interpretation of data: Park SK, Kang JI, Yang DJ, Kim JH

Drafting of the manuscript: Park SK, Kang JI, Yang DJ

Administrative, technical, and material support: Park SK, Kang JI, Yang DJ

Research supervision: Park SK

Acknowledgements

1. 본 연구는 대불대학교 교내 연구비 지원을 받았음.

참고문헌

1. 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(1):22-30.
2. Ariuin AS, Latash ML. Directional specificity of postural muscles in feed-forward postural reactions during fast voluntary arm movements. *Exp Brain Res.* 1995;103(2):323-32.
3. Hodges PW, Richardson CA. Feedforward contraction of transversus abdominis is not influenced by the direction of arm movement. *Exp Brain Res.* 1997;114(2):362-70.
4. McGill SM, Grenier S, Kavcic N et al. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13(4):353-9.
5. Panjabi MM. The stabilizing system of spine: Part I. Function dysfunction, adaptation, and enhancement. *J Spinal Disord.* 1992;5(4):383-9.
6. Bergmark A. Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthop. Scand Suppl.* 1989;230:1-54.
7. Marshall PW, Murphy BA. Core stability exercises on and off a Swiss ball. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(2):242-9.
8. Norris CM. Abdominal muscle training in sport. *Br J Sports Med.* 1993;27(1):19-27.
9. Kisner C, Colby LA. Therapeutic exercise foundations and techniques. 4th ed. Philadelphia, FA Davis, 2002:60-59.
10. Harvey J, Tanner S. Low back pain in young athletes. A practical approach. *Sports Med.* 1991;12(6):394-406.
11. Guskiewicz KM, Perrin DH. Effect of orthotics on postural sway following inversion ankle sprain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1996;23(5):326-31.
12. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: theory and practical applications. 2nd ed. Baltimore, Lippincott Williams & Wilkins, 2001:191-63.
13. Shin HH. Comparison on the factors of physical physique, fitness and basic soccer skills in soccer players and general students. Gyeongsang University. Dissertation of Master's Degree. 2004.
14. Chai HK. The study for injury prevention of athletes. The Journal of Korean Society of Safety Education. 1998;2(2):23-35.
15. Choi BC, Kim H. The effect of lumbar stabilization exercise on balance ability. *The Korean Journal of Sports Science.* 2009;18(2):1147-56.
16. Barr KP, Griggs M, Cadby T. Lumbar stabilization: Core concepts and current literature, Part 1. *Am J Phys Med Rehabil.* 2005;84(6):473-80.
17. Kim JS, Ju MY, Bae SS. The effect of dynamic lumbar stabilization exercise on low back pain patients. *J Kor Soc Phys Ther.* 2001;13(3):495-507.
18. Chok B, Lee R, Latimer J et al. Endurance training of the trunk extensor muscle in people with subacute low back pain. *Phys Ther.* 1999;79(11):1032-42.
19. Smith CE, Nyland J, Caudill P et al. Dynamic trunk stabilization: a conceptual back injury prevention program for volleyball athletes. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008;38(11):703-20.
20. McGill SM, Karpowicz A. Exercises for spine stabilization: motion/motor patterns, stability progressions, and clinical technique. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90(1):118-26.
21. Shin SS, Song CH. The effect of lumbar stabilization exercise on the static balance of adolescent idiopathic scoliosis. *J Kor Sports Med.* 2007;25(2):165-73.
22. Vezina MJ, Hubley-Kozey CL. Muscle activation in therapeutic exercises to improve trunk stability. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81(10):1370-9.
23. Souza GM, Backer LL, Powers CM. Electromyographic activity of selected trunk muscles during spine stabilization exercises. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(11):1551-7.
24. Choi HS, Kwon OY, Yi CH et al. The comparison of trunk muscle activities during sling and mat exercise. *KAUTPT.* 2005;12(1):1-10.
25. Choi BC, Cho YH, Kim H. The effect of lumbar stabilization kinetic program using a swiss ball on lumbar strength and muscle activity in ssireum players. *The Korean Journal of Physical Education.* 2009;48(4):503-12.
26. Oh JS, Cynn HS, Won JH et al. Effects of performing an abdominal drawing-in maneuver during prone hip extension exercises on hip and back extensor muscle activity and amount of anterior pelvic tilt. *J Orthop Sport Phys Ther.* 2007;37(6):320-4.
27. Kim EO, Kim TH, Roh JS et al. The influence of abdominal drawing-in maneuver on lumbar lordosis and trunk and lower extremity muscle activity during bridging exercise. *KAUTPT.*

- 2009;16(1):1-9.
28. Gong WT, Jung YW, Bae SS. The effects of sacroiliac joint mobilization and lumbopelvic stabilizing exercises on the equilibrium ability. J Kor Soc Phys Ther. 2005;17(3):285-95.