


The Effects of 12 weeks Hatha-yoga Exercise upon Changes in Postural Control Ability of High School Girls

Yun-Kyung Kim¹, Kook-Eun Seo^{1*}, Se-Jin Kong², & Jin-Hyun Kim³

¹Pusan National University, ²Korea Institute of Science Technology, & ³Jeju International University

The purpose of this study was to examine the influence 12 weeks of Hatha yoga exercise has upon changes in postural control ability of high school girls. The research subjects were 27 high school girls (yoga group: 15, control group: 12). Changes that took place after yoga exercise were comparatively analyzed after having them train Hatha yoga for 12 weeks. The research variables that were measured were the moving range of COP in static postural balance, Rambling & Trembling in the moving range of COP, and postural change in the sagittal plane. The mean and the standard deviation(SD) were calculated on each measurement item by using the SPSS Ver 21.0 statistical program. To verify difference in pre-value between groups, an independent t-test was carried out. The verification of change according to time within the group after 12 weeks of yoga exercise was conducted in a paired t-test. To inspect interaction by time and group before and after yoga exercise, two-way repeated measures ANOVA was implemented. As a result, the moving distance of the pre and post direction in the moving range of COP was reduced. Rambling and Trembling in the pre-and-post direction significantly decreased. And in postural change of the sagittal plane, there was significant interaction between two groups in the neck and thigh parts. It was thought that the 12 weeks hatha yoga exercise has positive influence upon improving the postural control mechanism in female high school students and has an effect even on change in the postural control ability of an individual.

Key Words: Center of pressure, Postural control, Rambling, Trembling, Hatha Yoga 

서 론

자세제어(postural control)는 신경근 골격계가 복합적이고 유기적으로 작용하는 인체의 제어 체계 중 하나이다(Horak & Macpherson, 1996; Shin et al., 2013). 일상생활 혹은 모든 스포츠 상황에서 나타나는 자발적인 움직임은 효과적인 자세조절 능력 없이는 불가능하며 특히 신체의 무게중심(center of mass: COM)이

기저면(base of support: BOS)을 벗어나지 않도록 하는 능동적인 근 신경 조절(neuro-muscular control)이 필수적이다(Massion, 1994; Winter, 1995; Vette et al., 2010; Ko & Han, 2014).

오늘날 청소년들의 척추변형이나 체형 불균형으로 인한 자세이상은 책상 앞에 앉아 있는 시간이 길어지고 컴퓨터나 스마트폰 사용 시간이 증가하는 것 등으로 인한 불안정한 자세에서 초래하는 경우가 많다(Kim, 2012; Son, 2014). 특히 여고생의 경우에는 적은 활동량으로 인한 운동부족으로 같은 또래의 남자 고등학생보다 더 많은 자세의 변형이 유발된다. 여러 선행 연구들(Kim, 2015; Park, 2010; Song, 2013; Lee, 2004; Jo,

논문 투고일 : 2015. 11. 16.

논문 수정일 : 2016. 03. 03.

게재 확정일 : 2016. 03. 06.

* 저자 연락처 : 서국은(seo5090@pusan.ac.kr)

* 본 논문은 김윤경의 석사학위 연구의 일부임.

2010)에 의하면 이러한 자세변화는 대부분 오랜 기간 동안 잘못된 생활 습관의 반복에 의해서 비롯된다고 알려져 있다. 생활습관에서 오는 자세이상은 대부분 후천적 요인으로 발생하게 되는데 발생 이후의 치료보다는 예방을 위한 사전 교육과 운동이 무엇보다 중요하다(Im et al., 2004).

이러한 관점에서 다양한 요가의 수련법 중 하타요가의 수련이 큰 장점을 갖는다. 하타요가(hatha-yoga)는 척추의 움직임을 중심으로 아사나 동작과 호흡법이 주된 수련법이며, 몸에 주의를 두어 자기자각(self-awareness)과 자기조절(self-regulation)을 개발시켜 신체자각(body-awareness)의 증진을 향상시킨다(Iyengar, 2011). 이와 관련된 여러 연구들(Oh et al., 2006; Park & Lim, 2004; Song & Lee, 2011; Yoon et al., 2011)에서 자세의 균형과 신체의 역학적 효율성을 유지하거나 회복하는데 도움을 준다고 하였다(Stewart, 2003). 특히 하타요가는 신체의 역학적인 면과 생리학적 면을 이용하여 척추를 바르게 정렬 할 수 있으며(Ahn, 2002; Yoo, 2012, 2014), Jung & Kim(2006)은 청소년의 신체 유연성과 자세관리 인지 및 자기 효능감이 증가 되었다고 보고하고 있다. 또한 Kraftsow(2011)는 움직임에 대한 자각 증진은 잘못된 행동패턴을 지양하고 바른 자세 정렬을 회복시키며, 나아가 바른 생활습관의 학습과 신체 자세 개선에 도움을 줄 수 있다고 하였다.

한편 자세제어의 주된 연구 방법 중 하나는 지면 반력 측정기를 통해 인체의 족저 압력 중심의 변화 형태를 분석하는 것이다(Shin et al., 2013; Shin et al., 2008; Stergiou & Decker, 2011; Winter, 2005). 족저 압력중심의 변화는 인체 무게중심 움직임에 대한 근신경계의 조절 반응으로 자세동요 정도를 나타낸다. 또한 인체 무게중심을 안정화시키기 위한 노력의 일환으로 인체의 자세제어 전략을 반영한다(Winter, 2005). 압력중심에 대한 전통적인 분석방법은 전·후, 좌·우 각각의 방향에서의 범위, 속도, 면적 등의 가변성(variability)을 측정하여 분석하는 방법이 주로 사용되어 왔으나 최근의 연구에서는 이러한 선형적인(linear) 측정 방법과 더불어 생체신호의 파동(fluctuation) 속에 내포된 인체 제어 시스템(human control system)의 고유한 정보 특성들을 비선형적 동역학 분석법

(nonlinear dynamic analysis)을 통해 분석하려는 시도가 나타나고 있다(Shin et al., 2013; Goldberger et al., 2002; Harbourne & Stergiou, 2009; Lipsitz & Goldberger, 1992). 즉 움직임의 범위뿐만 아니라 육안으로 확연히 드러나지 않는 미세한 움직임의 규칙성 등이 인체 자세제어 과정의 많은 정보를 담고 있음을 밝히고 있으며(Shin & Jang, 2014), 또한 압력중심의 변위에는 자세제어를 위하여 중추신경계에 의한 기능적 움직임(Rambling: RM)과 말초 근육반사에 의한 반사적 움직임(Trembling: TM)의 결과를 포함하고 있고 이를 나누어 자세제어 메커니즘을 설명하는 연구가 이루어지고 있다(Shin & Jang, 2014; Bennett et al., 2004; Paulo et al., 2009; Zatsiorsky & Duarte, 1999, 2000). 그러나 이와 관련된 선행연구(Shin & Jang, 2014; Bennett, et al., 2004; Paulo, et al., 2009)에서는 자세제어의 현상만을 밝히고 있고 청소년의 자세변화와 관련된 여러 연구들(Kim, 2013; Park et al., 2008; Park, 2010; Im et al., 2003; Jegal, 2007)에서도 자세제어와 관련된 신체 능력의 변화를 논의하기에는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 바른 자세 정렬에 취약한 여고생들을 대상으로 하타요가의 수련이 정적 자세제어 능력 변화에 미치는 영향에 대하여 규명하고자 한다. 본 연구의 결과는 여고생들의 자세제어 형태 및 자세제어 능력 변화와 관련된 중요한 기초 연구가 될 것으로 판단된다.

연구방법

1. 연구대상

본 연구는 고등학교에 재학 중인 여학생을 대상으로 하였다. 연구의 목적 및 내용을 설명한 후 본인과 학부모가 참가동의를 한 학생으로 구성하였다. 대상자 27명 중 의도적 추출법(purposive sampling)에 따라 요가 그룹(Yoga group, 15명)과 통제그룹(Control group, 12명)으로 나누었다. 대상자의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristics of Subject

Group	Yoga (n=15)	Control (n=12)
Age(yr)	17.93±0.24	17.83±0.38
Height(cm)	159.66±3.89	160.81±6.13
Weight(kg)	52.8±4.42	52.91±4.05
BMI(kg/m ²)	20.69±1.26	20.48±1.77

2. 연구 장비

실험실 내 정적 균형을 수행하는 공간을 확보한 후 지면반력 측정기(Am6.3, Bertec Co., USA) 1대를 설치하였으며, 설치된 지면 반력 측정기를 중심으로 피험자의 동작 관찰이 용이하도록 3차원 동작 측정 시스템(Vicon MX-T10s, VICON Motion Systems Ltd., UK)을 설치하였다. 지면 반력 측정기의 측정 속도는 1000Hz로 하였고 3차원 동작 측정 시스템의 측정 속도는 100Hz로 설정하였으며, 두 시스템은 VICON Nexus1.7(VICON Motion Systems Ltd., UK)를 이용하여 동기화 하였다. 측정된 동작 데이터는 버터워스 2차 저역 통과 필터(Butterworth 2nd order low pass filter)를 사용하여 필터링하였다. 이때 차단 주파수는 6Hz로 하였다.

3. 실험 절차

각 피험자에게 연구의 취지를 설명하고 실험 참가 동의서를 받은 후 각 피험자의 신체적 특징을 계측 하였다. 3차원 자료의 수집과 시상 정렬의 자세를 분석하기 위해서 머리의 앞(left front head, right front head)과 뒤(left back head, right back head), 좌우 귀볼(earlobe), 좌우 어깨 견봉 돌기(acromion), 전 상장골극(ASIS), 후 상장골극(PSIS), 좌우 대퇴 대전자 중심(greater trochanter of the femur), 좌우 외측 상과(femur epichondyle), 좌우 복사뼈(malleolus)에 마커를 부착하였다(Figure 1). 마커의 부착을 용이하게 하기 위해 몸에 붙는 타이즈를 착용하였으며, 신발은 착용하지 않았다.

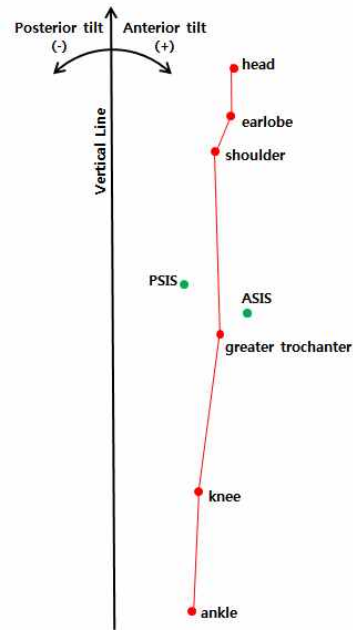


Figure 1. Segment definitions(Sagittal plane)

동작의 측정은 하타요가 운동 프로그램 시작 전과 12주의 운동 프로그램이 끝난 후 동일한 장소에서 동일한 방법으로 진행하였다. 피험자는 지면반력 측정기 위에 올라가 양발을 나란히 붙인 다음 양손은 자연스럽게 내리고 시선은 15도 상단의 표적을 주시하게 한 후 양발서기 자세를 유지하게 하였다. 모든 피험자에 대한 자료는 60초 이상 획득하였다(Kim, 2012).

4. 운동 방법

Iyengar 요가(Iyengar, 2011)를 참조로 수정 보완하여 코어요가 자세를 중심으로 하는 하타 요가 프로그램을 실시하였다. 운동 강도는 ACSM(2010)에서 제안한 주관적 운동 자각도(rating of perceived exertion: RPE)를 이용하여 준비운동과 정리운동은 RPE 9-13(very light-somewhat hard), 본 운동은 RPE 13-15(somewhat hard-hard) 수준으로 실시하였으며, 선행 연구(Park, 2010; Tak, 2011; Hong, 2013)에 따라 본 연구에서도 12주간(주 5회 50분/일) 실시하였다. 하타요가 프로그램은 <Table 2>와 같다.

Table 2. 12weeks Hatha-yoga Program

Order	Type	Time	Intensity
warm-up	Pawanmuktasana Series I	10 min	RPE 9-12
main exercise 1-4 weeks	Surya Namaskara Utkatasana Utthita Trikonasana Parivrtta Trikonasana Janu sirsasana Baddha Konasana Ardha Matsyendrasana Parighasana Ustrasana Shashankasana	30 min	RPE 12-14
	Vrksasana Utthita Trikonasana Parivrtta Trikonasana Upavistha Konasana Gomukhasana Paschimottanasana Purvottanasana Ardha Matsyendrasana Supta Virasana Bhujangasana		
main exercise 5-8 weeks	Garudasana Utthita Trikonasana Parivrtta Trikonasana Utthita Parsvakonasana Prasarita Padottanasana Virabhadrasana I, II Ardha Salabhasana Dhanurasana Halasana Salamba Sarvangasana Matsyasana	30 min	RPE 13-15
	Rolling Shavasana Nadi Shodhana		
cool- down		10 min	RPE 9-12

5. 자료 분석

1) 영상분석

〈Figure 1〉과 같이 시상면에서 보았을 때 각 분절을 head(head-earlobe), neck(earlobe-shoulder), trunk(shoulder-greater trochanter), high(greater

trochanter-knee), tibia(knee-ankle)로 나누어 구분하였다. 시상면에서 전역좌표계의 수직선을 기준으로 각 분절이 앞으로 기울어진 각도 값은 양(+)으로 뒤로 기울어진 각도 값은 음(-)으로 계측하였다.

2) 지면 반력 분석

지면 반력 데이터는 Zatsiorsky과 Duarte(1999)의 연구에서 제안한 방법으로 Rambling(RM)과 Trembling(TM) 값으로 변환하였다(Shin & Jang, 2014). COP의 궤적에서 균형점이 유지되는 기준 위치의 지점만을 추출하여 스플라인 기법을 거쳐 만든 궤적이 RM성분이 되고 COP 신호에서 RM성분을 제외한 나머지 성분이 TM이 된다. 즉, COP와 RM 및 TM 간의 관계는 다음과 같다(Shin & Jang, 2014).

$$COP = RM + TM$$

COP의 궤적은 인체에 작용하는 중력선의 이동과 관성력의 관계로 나타나는 결과로 정의 할 수 있다. 여기에서 중력선은 인체 무게중심을 통과하는 수직선을 말한다(Winter, 1995). 제안된 기법은 순간 균형점(IEP: instant equilibrium point) 혹은 zero-force point의 개념에 기초한다. 기초역학에 따르면 균형점은 주어진 신체에 작용하는 모든 합력이 0이 되는 상태를 말한다. 만약 신체가 수직방향으로 운동하지 않는다면 외부에서 신체에 작용하는 모멘트의 합은 0이 되며, 균형의 필요충분조건은 $\sum F_{hor} = 0$ 이며, 신체는 균형점에 도달한다. 이 순간에 COP 궤적은 중력선과 일치하며, 신체는 순간적으로 기준 위치(reference position)에 있게 된다. 그러나 이러한 상황에도 역진자 현상에 의하여 인체의 무게중심은 등속도 운동을 유지하게 되고 인체가 균형점을 벗어나게 되면 이를 바로 잡으려는 복원력이 발생한다(Winter, 2005). 인체의 정적 자세에서 기준 위치를 유지하려는 자세제어는 상척수성 조절(supraspinal control)에 의하여 나타나고 기준 위치에서 벗어난 인체의 복원력에는 주로 발목 관절의 모멘트가 관여하게 되는데 이는 발목 관절의 내재 경직(apparent intrinsic stiffness)이 주된 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Gurfinkel et al., 1974).

Table 3. Comparisons of COP sway range (Mean±SD, cm)

Direction	Group	Pre	Post	<i>t</i>	two-way repeated measures ANOVA	
					Source	<i>F</i>
Anteroposterior	YG	15.04±4.11	9.82±3.84	4.388*	time	8.866*
	CG	14.78±3.47	13.83±4.12	.535	group	2.880
Mediolateral					time×group	4.235
	YG	11.17±3.64	11.52±4.88	-.273	time	.119
	CG	11.40±6.13	11.88±5.22	-.222	group	.039
					time×group	.003

COP: center of pressure, YG: yoga group, CG: control group, *: $p < .05$

Table 4. COP Rambling (Mean±SD)

Direction	Group	Pre	Post	<i>t</i>	two-way repeated measures ANOVA	
					Source	<i>F</i>
Anteroposterior	YG	29.61±13.53	22.02±14.09	3.692*	time	.520
	CG	16.90±8.82	28.23±15.34	-2.172	group	.537
Mediolateral					time×group	13.317*
	YG	14.37±12.07	13.79±7.64	.163	time	.115
	CG	11.68±6.45	10.52±9.46	.325	group	1.405
					time×group	.013

COP: center of pressure, YG: yoga group, CG: control group, *: $p < .05$

Table 5. COP Trembling (Mean±SD)

Direction	Group	Pre	Post	<i>t</i>	two-way repeated measures ANOVA	
					Source	<i>F</i>
Anteroposterior	YG	22.40±12.17	17.71±11.23	2.349*	time	.717
	CG	14.85±8.61	23.08±10.31	-2.069	group	.091
Mediolateral					time×group	9.509*
	YG	12.15±8.34	10.23±4.55	.793	time	.666
	CG	10.45±5.67	9.35±7.66	.389	group	.492
					time×group	.050

COP: center of pressure, YG: yoga group, CG: control group, *: $p < .05$

따라서 RM 성분은 상척수성 조절(supraspinal control)에 의한 움직임, TM 성분은 근 반사 및 근 경직도 등에 의한 움직임을 나타내는 것으로 알려져 있다(Zatsiorsky & Duarte, 1999, 2000; Shin & Jang, 2014).

3) 통계처리

SPSS Ver 21.0 통계 프로그램을 이용하여 각 측정

항목에 대한 평균과 표준편차를 산출하였다. 그룹 간 사전 값 차이 검증을 위하여 독립표본 *t*-검증 (independent *t*-test)를 실시하였으며, 12주간 요가 수련 후 그룹 내 시기에 따른 변화 검증은 대응표본 *t*-검증 (paired *t*-test)를 실시하였다. 요가 수련 전, 후의 시기와 그룹의 상호작용을 검증하기 위해서는 이원배치반복분산분석(two-way repeated measures ANOVA)을 실시하였다. 또한, 통계적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정 하였다.

연구결과

1. 압력중심 이동범위

정적 균형 자세 시 두 그룹 간 압력중심(COP) 전·후(anteroposterior sway range), 좌·우(mediolateral sway range)의 이동거리에 대한 결과는 <Table 3>과 같다. 두 그룹 간 COP 전·후, 좌·우 사전 값에는 유의한 차이가 없었다. 두 그룹 간의 전·후, 좌·우 이동거리의 상호작용은 없었으나, 전·후 이동거리에서 시기 간 주효과는 있었다($p<.05$). 요가 수련 후 요가그룹의 전·후 이동범위 값이 유의하게 감소한 반면($p<.05$), 통제그룹은 유의한 차이가 없었다. 두 그룹 간 COP 좌·우 이동범위 값은 두 그룹 모두 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

2. Rambling(RM)

정적 균형 자세 시 두 그룹 간 전·후, 좌·우 동요에 대한 RM 결과는 <Table 4>와 같다. 두 그룹 간 전·후 동요에 대한 사전 값에 유의한 차이가 있었다. 사전 사후

의 전·후 방향 RM 값은 두 그룹 간에 유의한 상호작용이 있었으며($p<.05$), 이는 두 그룹 간 전·후 방향 RM 변화가 유의하게 달랐다는 것을 의미한다. 요가그룹은 요가 수련 후 전·후 방향 RM 값이 유의하게 감소한 반면($p<.05$), 통제그룹은 유의한 차이가 없었다. 두 그룹 간 COP 좌·우 RM 값에서는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

3. Trembling(TM)

정적 균형 자세 시 두 그룹 간 전·후, 좌우 동요에 대한 TM 결과는 <Table 5>와 같다. 두 그룹 간 전·후, 좌우의 동요에 대한 TM 사전 값에 유의한 차이가 없었다. 사전 사후의 COP 전·후 TM에서 두 그룹 간 유의한 상호작용이 있었다($p<.05$). 이는 두 그룹 간 전·후 동요의 TM 변화가 유의하게 달랐다는 것을 의미한다. 요가그룹은 사전 사후에 전·후 동요의 TM 값이 유의하게 감소한 반면($p<.05$), 통제그룹은 사전 사후에 전·후 동요의 TM 값이 증가 하였다. 두 그룹 간 COP 좌·우 TM 값에서는 모두 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 6. Comparisons of sagittal plane posture

(Mean±SD, deg)

Segment	Group	Pre	Post	<i>t</i>	two-way repeated measures ANOVA	
					Source	<i>F</i>
Head	YG	-2.94±6.0	-1.40±7.42	-0.954	time	.000
	CG	-3.71±4.92	-5.20±3.50	1.432	group	1.304
Neck	YG	12.37±10.86	1.07±5.58	4.719*	time×group	2.225
	CG	7.40±4.62	11.35±5.56	-2.085	time	5.353*
Trunk	YG	.34±2.38	-.29±1.80	1.758	group	1.289
	CG	-.94±1.96	.25±2.46	-1.332	time×group	23.097*
Thigh	YG	5.32±3.48	4.46±3.72	1.089	time	.376
	CG	4.42±1.67	6.21±5.31	-1.207	group	.278
Tibia	YG	4.74±2.64	5.45±2.56	-1.194	time×group	4.194
	CG	6.06±1.83	7.22±4.82	-0.823	time	.803
					group	.263
					time×group	4.312*
					time	1.934
					group	2.764
					time×group	.148

YG: yoga group, CG: control group, Anterior tilt: positive(+), Posterior tilt: negative(-), *: $p<.05$

4. 시상면상의 자세 변화

정적균형 자세 시 두 그룹 간 시상면상의 자세 변화에 대한 결과는 <Table 6>과 같다. 두 그룹 간 사전 값에 유의한 차이가 없었다. 사전 사후의 neck 부분과 thigh 부분에서 두 그룹 간에 유의한 상호작용이 있었다 ($p<.05$). 이는 두 그룹의 neck 부분과 thigh 부분의 자세에 통계적으로 유의미한 변화가 있었다는 것을 의미한다. 요가그룹은 사전 사후의 neck 부분($p<.05$)과 thigh 부분의 각도가 유의미하게 감소하는 반면, 통제그룹은 각도가 증가하였다.

논 의

본 연구의 목적은 12주간의 하타요가 수련이 여고생의 자세제어 능력 변화에 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였다. 이를 지면반력 분석과 3차원 영상분석을 통해 요가 수련 전과 후를 비교, 분석하였다.

12주간의 요가 수련 후 COP 이동범위의 전·후 방향에서 요가그룹의 이동범위가 유의하게 감소하였으며, 좌·우 방향은 유의한 차이가 없었다. 통제그룹의 경우 전·후 방향과 좌·우 방향 모두 유의한 차이가 없었다. COP와 관련된 선행연구(Shin et al., 2013; Lacour et al., 2008; Maki et al., 1993; Manor et al., 2010; Negrini, S & Negrini, A, 2007; Piirtola & Era, 2006; Wang et al., 2012)에서 자세제어는 환자나 노인의 경우 전·후 방향보다 좌·우 방향의 비대칭성이 높다고 보고되었고 척추에 대한 좌·우 불균형 부하가 자세제어에 부정적 영향을 미친다고 하였다(Negrini, S & Negrini, A, 2007). 그리고 좌·우 방향의 원할 치 못한 움직임의 조절은 노인이나 제한적인 중추신경 기능을 가진 환자에게 낙상의 위험을 높인다고 보고되었다(Piirtola & Era, 2006). 또한 COP 전·후 이동범위는 연령에 따라 영향을 미치지 않지만 좌·우 이동범위는 낙상위험의 요인으로 연령에 영향을 받으며, 고령자 일수록 좌·우 이동범위의 동요가 커진다고 보고하였다(Lee, 2009; Raymakers et al., 2005).

그러나 여고생을 대상으로 한 본 연구의 결과에서는

좌·우 방향의 COP 변위 변화보다 전·후 방향의 COP 변위 변화가 먼저 일어나는 것으로 나타났다. 이는 역진자 모델(inverted pendulum model)로 설명되는 직립 정적 균형을 위한 기전, 즉 직립자세의 정적 균형을 위한 주요 움직임은 전·후 방향에서 이루어진다는 것(Winter, 2005)과 연관되어 지는 것으로 판단되며, COP 이동범위 좌·우의 동요보다 전·후의 동요가 더 많다고 보고된 선행연구(Blaszczyk, 2008)와도 유사하게 나타났다. 이는 인체가 활동하는 일상적인 동작 패턴은 좌·우 방향보다 앞으로 숙이거나 앞을 향한 활동이 더 많기 때문인 것으로 생각되며, 생활습관 자세 또한 대부분 앞으로 몸을 구부리는 동작이 많이 일어나기 때문에 COP 이동범위에서도 좌·우의 변화보다는 전·후의 변화가 먼저 나타나는 것으로 보인다. 그리고 통제그룹에 비해 요가그룹에서 나타난 전·후 방향 이동범위 감소는 12주간의 하타요가 수련이 자세를 제어하는 조절 메커니즘 형성에 도움이 되는 것으로 보인다. 두 그룹 모두 좌·우 방향의 동요에 변화가 없었던 것은 좌·우 균형 능력이 저하된 노인이나 질환자가 아니므로 좌·우 방향의 변화는 제한적이었다고 판단된다.

한편 요가수련 전후 시상면의 자세변화에서는 요가그룹의 neck 분절에서 요가 수련 후 앞으로 기울어진 각도가 유의하게 감소하였으며, neck 분절과 thigh 분절에서 두 그룹 간의 상호작용이 있었다. neck 분절의 전방 기울어짐 개선은 장시간의 학업 자세로 구부정한 상체 정렬을 가지는 여고생에게 일상 자세 조절에 대한 신체 자각 능력 향상에 긍정적인 변화가 있는 것으로 판단되며, COP 이동범위 전·후 방향의 변화와도 연관된다고 생각된다. 또한 neck과 thigh 분절에서 두 그룹 간 상호작용이 있었던 것은 요가 수련을 통해 자세제어와 균형 조절 능력이 통제그룹에 비해 요가그룹에서 향상되었음을 알 수 있었다. 이는 자세제어 시 중력 중심점을 기저면 안에 두기 위한 목적을 위해서 사용되는 고관절 가동 전략과 연관된다. 고관절 가동 전략은 골반과 체간을 이용하여 자세 동요를 조절하는 것으로(Jeong, 2005; Jeong & Kwon, 1999) 주로 전정 정보에 의존된 반응이다. 이는 무게 중심이 매우 크고, 빠르며, 안정성의 한계 가까이에서 이동할 때와 지지면이 좁을 때나 갑자기 자세가 불안정해 질 때 균형을 회복하기 위해 사

용하는데(Won et al., 2014; Nashner & Peters, 1990) 무게 중심의 이동이 일어나는 방향과 같은 쪽의 협력적인 근 수축을 활용하는 동작 안정화 기전이다(Won et al., 2014; Horak et al., 1997). 또한 요가 수련을 통해 복부 조절능력의 향상으로 신체 안정화에 기여할 수 있다는 선행연구(Yoo, 2012)와 유사한 경향이 나타났다. 반면 통제그룹의 시상 자세에서 변화가 없었던 것은 자세제어와 조절은 변화하는 과제와 환경에 적응하여 반응하는 능력을 필요로 하며, 복합적인 운동 전략과 과제 및 환경에 맞는 전략을 선택하여 사용하는 능력이 요구 되는데(Buckley et al., 2005) 요가그룹은 요가 수련을 통해 신체를 인지하고 제어하는 능력이 향상되었지만 통제그룹은 그렇지 못한 것으로 생각된다.

한편 자세제어는 중추신경계와 자율신경계가 동시에 작용하는 복합적인 제어체계를 가진다(Shin et al., 2013; Horak, 2006). 즉 인간의 행동은 의식적 영역과 무의식적 영역의 조화를 통해 구성되어지며, 움직임에 관한 의식적 경험은 단순한 감각 및 지각의 인과관계에 따라 형성되는 것이 아니라 운동 제어과정에서 나타나는 움직임 의도와 중추 운동명령의 내용까지 포함하게 된다(Brass & Haggard, 2008; Ryu, 2013).

본 연구에서 다루어진 RM과 TM 분해법은 자세제어에서 중추신경계와 근 반사(muscle reflex)등의 활동역할을 구분지어 설명할 수 있는 장점이 있다(Zatsiorsky & Duarte, 2000; Bennett et al., 2004). 정적균형 자세 시 COP의 궤적과 중력선이 일치하여 신체의 균형이 순간적으로 유지되는 시점이 있게 되는데 이 시점에도 신체의 무게중심은 등속도 운동을 유지하게 되므로 곧 불균형 자세로 넘어가게 되고 이를 바로 잡으려는 복원력이 발생한다(Winter, 2005). 신체가 균형점을 유지하려는 노력은 중추신경계를 포함한 상척수성 조절에 의하여 이루어지고, 불균형 자세를 바로 잡으려는 복원력은 발목 관절을 이루는 근육들의 불수의성 운동에 근거한다고 알려져 있다(Gurfinkel et al., 1974). 이때 COP의 궤적에서 균형점을 이루는 시점을 스플라인으로 연결한 궤적이 RM이 되고 COP에서 RM성분을 제외한 부분은 TM성분을 나타낸다(Zatsiorsky & Duarte, 2000). 따라서 RM성분이 안정화 되는 것은 자세제어의 여러 기전 중에서 신체 자각에 의한 수의적 조절 능력

의 개선으로 볼 수 있고, TM성분의 안정화는 근 반사를 활용하는 능력이나 근 탄성을 이용하는 등의 불수의적인 자세제어 능력의 향상으로 볼 수 있다(Zatsiorsky & Duarte, 2000; Shin & Jang, 2014).

연구결과 요가 수련 후 요가그룹의 전·후 방향의 RM과 TM 반응이 유의하게 개선되는 것으로 나타났으며, 전·후 방향의 RM과 TM의 두 그룹 간 상호작용이 있었다. 통제그룹에서는 모두 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 그러나 두 그룹 모두 전·후 방향의 RM 사전 값에서 유의한 차이가 나타났다. 그래서 요가 그룹과 통제그룹의 사후 값에서 사전 값을 뺀 변화량을 독립표본 t-test를 통해 확인한 결과 유의한 차이가 나타났다으므로 요가그룹의 RM 변화의 상호작용은 유의한 것으로 판단된다. 이는 요가 수련이 신체 움직임에 대한 감각과 자각능력을 향상시켜 자세제어와 조절 능력 개발에 도움이 된 것으로 판단된다.

정적으로 선 자세의 자세제어는 중추신경계에 의해 주도되며, 움직임의 안정범위 주변에서 잦은 변화를 반복하면서 다양한 레퍼토리를 가진다고 하였다(Shin & Jang, 2014). 적절한 자세 조절을 위해서는 유입되는 감각 정보가 적합한 운동 출력을 위해 중추 신경계 안에서 통합 되고 훈련 되는데(Pirjo, 2002) 요가그룹의 반복되는 요가 자세의 학습과 경험이 전·후 방향의 RM 변화에 긍정적 영향을 미치는 것으로 보인다.

그리고 TM의 변화는 인지된 자세조절 메커니즘이 습관화 되었을 때 무의식적인 반응으로 나타나는 것으로 생각된다. 이 결과는 요가그룹의 반복되는 자세 조절 연습을 통해 근 반응이 촉진되고 반응이 일어나는 시간이 줄어들며, 그 결과 신체의 동요가 줄어든다(Kandel et al., 2000)는 연구 결과와 연관되어지며, 이런 반복적 경험과 훈련은 자세 조절의 반응(reactional control)에도 긍정적 영향을 미친다(Horak & Nashner, 1986).

그러나 요가 수련 후 RM, TM의 좌·우 방향의 변화는 크지 않은 것으로 나타났는데 운동 프로그램의 적용으로 관절의 가동 범위, 척추의 유연성, 근력 그리고 자세 조절의 적응 및 예측의 처리 과정과 같은 신경계의 향상이 일어나더라도 정적 균형에 영향을 주지 않을 수도 있다는 선행연구와 유사한 경향을 보여 주었다(Kim et al., 2004). 따라서 성인에 비해 낮은 감각기능의 수준

을 가진 청소년의 자세제어에 대한 학습은 일회성이 아닌 꾸준한 반복 학습으로 이루어져야 하며(Ko & Cho, 2011), 그 학습이 반복 되어져 무의식적인 습관으로 전이 될 때 개인의 자세제어 능력 변화에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 판단된다.

이와 반대로 통제그룹은 사후 결과에서 전후 방향의 RM과 TM이 증가하는 것으로 나타났는데 12주간의 훈련 과정에서 지속적으로 신체 자각과 자세 제어에 대하여 인지된 요가그룹에 비하여 12주 이후에 실시된 사후 실험에 대한 긴장도가 낮았던 것이 전후 방향의 RM과 TM이 증가하는 하나의 원인이 되었을 것으로 판단된다. 이는 이후 실험 설계에 충분히 반영하여 연구대상자 통제에 대한 프로토콜 개선이 필요할 것으로 판단된다.

Kraftsow(2011)는 요가 수련은 신체의 각 시스템과 시스템이 상호작용하는 기능을 개선하는 수단이 된다고 하였다. 그리고 의식적인 움직임을 통해 우리는 몸을 보다 효율적으로 조절하는 방법을 학습하며, 습관화된 패턴을 변화시켜 새로운 패턴을 개발한다고 하였다. 또한 청소년 시기의 바른 자세를 연습하고 인식하는 것은 성인이 되어서도 신체적 자기개념에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 신체적 변화뿐만 아니라 심리적 변화에도 긍정적인 영향을 미친다고 하였다(Ryu, 2013).

따라서 생활습관의 영향으로 자세의 불균형을 가질 수 있는 청소년에게 요가의 수련은 불균형한 자세를 인지하고 제어할 수 있는 능력을 향상 시킬 수 있으며, 특히 또래의 남학생 보다 신체활동이 적은 여고생들에게 요가 수련은 개인의 자세제어 능력 향상 및 신체적 정서적 심리적 안정성 향상에도 도움이 된다고 판단된다.

결 론

본 연구는 12주간의 하타요가 수련이 여고생의 자세제어 능력 변화에 미치는 영향에 대해 COP의 이동범위, RM과 TM, 시상면의 자세변화에 대해 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

12주간의 요가 수련 후 COP의 전, 후 방향의 이동범위와 전, 후 방향의 RM과 TM이 감소하였다. 또한 시상

면상 자세에서 neck 분절의 앞으로 기울어진 각도가 감소하였고 neck 분절과 thigh 분절에 그룹 간 상호작용이 있었다. 이는 요가수련을 통해 인지된 자세조절의 메커니즘이 발현된 결과이며, 여고생의 자세제어 능력 변화에 긍정적 영향을 미치는 것으로 판단된다.

본 연구의 결과는 하타 요가의 수련이 학교체육 프로그램으로서의 다양한 발전 가능성에 근거가 될 수 있다고 판단된다. 향후 자세제어 능력 변화에 영향을 미치는 구체적 요인과 동적 환경에서 인체의 자세제어 전략 분석 등의 후속연구가 필요할 것으로 보인다.

참고문헌

- ACSM (2010). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription*(8th edition). Lippincott Williams and Wilkins.
- Ahn, Y. D. (2002). Effect of participation in hata yoga and gate ball and weight-training on bone mineral density in postmenopausal women. *Journal of Korean Alliance for Health, Physical Education, Recreation, and Dance*, 41(3), 459-466.
- Bennett, B. C., Abel, M. F., & Granata, K. P. (2004). Seated postural control in adolescents with idiopathic scoliosis. *spine*, 29(20), 449-454.
- Blaszczyk, J. W. (2008). Sway ratio-a new measure for quantifying postural stability. *Acta Neurobiol Exp*, 68, 51-57.
- Brass, M., & Haggard, P. (2008). The what, when, whether model of intentional action. *The Neuroscientist*, 14(4), 319-325.
- Buckley JG, Heasley KJ, Twigg P., & Elliott, DB. (2005). The effects of blurred vision on the mechanics of landing during stepping down by the elderly. *Gait & Posture*, 21, 65-71.
- Goldberger, A. L., Amaral, L. A., Hausdorff, J. M., Ivanov, P. C., Peng, C. K., & Stanley, H. E. (2002). Fractal dynamics in physiology: alterations with disease and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(1), 2466-2472.
- Gurfinkel, V. S., Lipshits, M. I., & Popov, K. Y. (1974). Is the stretch reflex the main mechanism in the system of

- regulation of the vertical posture of man?. *Biofisika*, 19, 744-748.
- Harbourne, R. T., & Stergiou, N. (2009). Movement variability and the use of nonlinear tools: principles to guide physical therapist practice. *Physical therapy*, 89(3), 267-282.
- Hong, S. E. (2013). *The Effect of 12 Weeks' Pilates and Postural Patterns Training Program on Thoracic Cobb's Angle, Static Balance, Thoracic Mobility and Postural Patterns Correction in Adolescents with Scoliosis*. Master's thesis, Korea National Sport University.
- Horak, F. B. (2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?. *Age and ageing*, 35(2), 7-11.
- Horak, F. B., & Macpherson, J. M. (1996). *Postural orientation and equilibrium*. Comprehensive Physiology.
- Horak, F. B., & Nashner, L. M. (1986). Adaptation to altered support-surface configuration. *Journal of neurophysiology*, 55, 1369-1381.
- Horak, F. B., Henry, S. M., & Shumway-Cook, A. (1997). Postural perturbations: new insights for treatment of balance disorders. *Physical therapy*, 77(5), 517-533.
- Im, Y. T., Kang, S. Y., Kim, J. W. (2004). Effect of a Three-Month Stretching Program on Flexibility and Curvature in Middle-School Girl Students with Mild Scoliosis. *Journal of Korean Society for the Study of Physical Education*, 9(1), 186-194.
- Im, Y. T., Kim, S. S., Yun, S. J., & Park, H. Y. (2003). Scoliosis Research on Middle School improvement of the implementation of corrective gymnastics. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 20(2), 1341-1347.
- Iyengar, B. K. S. (2011). *Light on Yoga: Yoga Dipika*. Seoul: Zen yoga.
- Jegal, H. J. (2007). *Effects of lifestyle differences among junior high school students on the physical form*. Master's thesis, Sangji University.
- Jeong, D. H., & Kwon, H. C. (1999). A Study on Control of Posture and Balance. *Journal of Korean society of physical therapy*, 11(3), 23-36.
- Jeong, H. C. (2005). The Coordination of Postural Control and Movement. *Journal of coaching development*, 7(1), 111-118.
- Jo, H. J., & Jang, M. J. (2010). The Effect of Performing a 12 Weeks' Exercise Program on the Change of Cobb's Angle of Disabled Adolescents with Idiopathic Scoliosis. *Korean Journal of Adapted Physical Activity*, 18(4), 117-127.
- Jung, H. M., & Kim, Y. S. (2006). Effects of Yoga Exercise on Physical Flexibility and Perception of Posture Management in Adolescents. *Korean Acad Child Health Nurs*, 12(1), 96-103.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., & Jessell, T. M. (2000). *Principles of neural science*(4th ed). New York: McGraw-Hill.
- Kim, E. S. (2013). *Effects of the upright body type exercise program on scoliosis, muscle function and VAS in female middle school students*. Master's thesis, Silla University.
- Kim, H. J., Choi, J. H., Lee, G. M., & Chang, B. W. (2004). Effect of perception-action coupling exercise on posture balance in the elderly. *Korean Journal of Physical Education*, 43(3), 949-959.
- Kim, H. S. (2012). *Comparison on the effects of horseback riding exercise, trunk stability exercise, balance exercise on static and dynamic balance in normal adults*. Master's thesis, Inje University.
- Kim, K. Y. (2015). *The Effects of Yoga Therapy Program on Scoliosis and Body Awareness for Middle School Students*. Master's thesis, Seoul University of Buddhism.
- Ko, J. H., & Han, D. W. (2014). Variability and Stability of postural Control: Linear and Non-linear Analysis. *Korea Journal of Sport Psychology*, 25(3), 1-13.
- Ko, J. O., & Cho, H. J. (2011). The Effect of Stretching and Resistance Exercise Program on Physical Strenght and Postural Stability in Juveniles. *Korea of Journal Society for Wellness*, 6(3), 391-398.
- Kraftsow, G. (2011). *Vinnie Yoga for Wellness*. Seoul: hakjisa
- Lacour, M., Bernard-Demanze, L., & Dumitrescu, M. (2008). Pos-ture control, aging and attention resources: Models and posture-analysis methods. *Neurophysiologie Clinique Clinical Neurophysiology*, 38(6), 411-421.
- Lee, C. Y. (2004). *Postural patterns of daily life of male high school students by positional distortion*. Master's thesis, Korea National University of Education.
- Lee, K. S. (2009). *Effects of Surface Inclination to Elderly Women's Postural Control during Quiet Standing*. Ph.D. Dissertation, Pusan National University.
- Lipsitz, L. A., & Goldberger, A. L. (1992). Loss of complexity

- and aging: Potential applications of fractals and chaos theory to senescence. *Journal of the American Medical Association*, 267(13), 1806-1809.
- Maki, B. E., Whitelaw, R. S., & McIlroy, W. E. (1993). Does frontal-plane asymmetry in compensatory postural responses represent preparation for stepping?. *Neuroscience letters*, 149(1), 87-90.
- Manor, B., Costa, M. D., Hu, K., Newton, E., Starobinets, O., Kang, h. g., peng C. K., Novak, V., & Lipsitz, L. A. (2010). Physiological complexity and system adaptability: Evidence from postural control dynamics of older adults. *Journal of Applied Physiology*, 109(6), 1786-1791.
- Massion, J. (1994). Postural control system. *Current opinion in neurobiology*, 4(6), 877-887.
- Nashner L. M., & Peters J. F. (1990). Dynamic posturography in the diagnosis and management of dizziness and balance disorders. *Neurologic clinics*, 8(2), 331-349.
- Negrini, S., & Negrini, A. (2007). Postural effects of symmetrical and asymmetrical loads on the spines of schoolchildren. *Scoliosis*, 2(8), 1-7.
- Oh, K., Jang, M. J., Lee, N. Y., Moon, J. S., Lee, C. G., Yoo, M. H., & Kim, Y. T. (2008). Prevalence and trends in obesity among Korean children and adolescents in 1997 and 2005. *Korean Journal of Pediatrics*, 51, 950-955.
- Park, C. S. (2010). *Effects of newly developed gymnastics on posture, health related physical fitness and the actual condition of life styles in teenagers*. Ph.D. Dissertation, Daegu Catholic University.
- Park, J. G., & Lim, R. H. (2004). An Effect of the 12 weeks the Hatha Yoga Program for Female Physical Fitness. *Korean Journal of Physical Education*, 43(6), 959-966.
- Park, S. A., Lee, K. I., & Kim, K. Y. (2008). A study on lifestyle and posture awareness of middle school students. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 33(1), 603-614.
- Paulo B. de Freitas, Sandra M. S. F. Freitas, Marcos Duarte, Mark L. Latash, & Vladimir M. Zatsiorsky. (2009). Effects of joint immobilization on standing balance. *Human movement science*, 28(4), 515-528.
- Piirtola, M., & Era, P. (2006). Force platform measurements as predictors of falls among older people - a review. *Gerontology*, 52(1), 1-16.
- Pirjo, K. (2002). *Body movements during postural stabilization measurements with a motion analysis system*. Dissertation, Department of physical medicine and rehabilitation, University Hospital of Oulu.
- Raymakers, J. A., Samson, M. M., & Verhaar, H. J. J. (2005). The assessment of body sway and the choice of the stability parameter(s). *Gait & posture*, 21(1), 48-58.
- Ryu, J. W. (2013). *The Relation between Sensory Informations and the Consciousness of Action in Perceptual Motor Performance*. Ph.D. Dissertation, Seoul National University.
- Shin, S. H., Jang, D. G., Jang, J. K., & Park, S. H. (2013). The Effect of Age and Dual Task to Human Postural Control. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 23(2), 169-177.
- Shin, J. D., Youm, C. H., Moon, D. S., Kim, W. K., & Park, Y. H. (2008). *Analysis of Sampling Duration in Foot Positions during Assessment of Quiet Stance Balance in the Elderly Women Using Center of Pressure*. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 18(3), 23-31.
- Shin, S. H., & Jang, D. G. (2014). The Biomechanical Comparisons between the Static Sitting and Standing Postures Using Virtual Time to contact to the Boundary Estimation and Rambling and Trembling Decomposition Methods. *Korean Journal of Physical Education*, 53(1), 451-461.
- Yoo, S. (2014). Evaluation for Symmetry Ability of One Leg Standing Pose before and after Yoga Training. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 24(4), 391-397.
- Son, N. Y. (2014). *Effects of the Upright Body Type exercise program on Postures and Foot Balance in Female High School Students*. Master's thesis, Silla University.
- Song, Y. J., & Lee, D. H. (2011). Effect of the Body-Awareness centered Yoga Program on Body-image, Self-esteem, and Stress of the Obese Children. *The Journal of Humanities*, 26, 241-269.
- Song, Y. S. (2013). *The self reported symptoms of spine diseases and related factors in adolescents*. Master's thesis, Kyonggi University.
- Stergiou, N., & Decker, L. M. (2011). Human movement variability, nonlinear dynamics, and pathology: is there a connection?. *Human movement science*, 30(5), 869-888.
- Stewart, M. (2003). *Yoga*. Chicago: The McGraw-Hill Co.
- Tak, A. Y. (2011). *The effect of Yoga exercises For junior high school girl's posture and Health-related Physical fitness*. Master's thesis, Kyungsoong University.

- Vette, A. H., Masani, K., Sin, V., & Popovic, M. R. (2010). Posturographic measures in healthy young adults during quiet sitting in comparison with quiet standing. *Medical engineering & physics*, 32(1), 32-38.
- Wang, Z., Jordan, K., & Newell, K. M. (2012). Coordination patterns of foot dynamics in the control of upright standing. *Motor Control*, 16, 425-443.
- Winter, D. A. (1995). Human balance and posture control during standing and walking. *Gait & posture*, 3(4), 193-214.
- Winter, D. A. (2005). *Biomechanics and motor control of human movement*. Hoboken, NJ: Wiley. behavior.
- Won, M. H., Kim, M. C., Kim, S. J., & Lee, J. S. (2014). The Effect of Visual Information Provision on the Changes of Electromyogram Activity in Trunk and Lower Leg Muscles during Dynamic Balance Control. *Korean Journal of Sports Medicine*, 32(1), 44-54.
- Yoo, S. S. (2012). *Verification of Effects by the Biomechanical Analysis on Getting Uddiyana Bandha through Practicing the Vinyasa Yoga*. Master's thesis, Myongji University.
- Yoon, O. N., Lee, G. H., & Im, Y. R. (2011). Effects of Hatha Yoga on Scoliosis Correction, Flexibility, and Back Strength in Taekwondo Players. *The Journal of Korean Alliance of Martial Arts*, 13(1), 135-145.
- Zatsiorsky, V. M., & Duarte, M. (1999). Instant equilibrium point and its migration in standing tasks: rambling and trembling components of the stabilogram. *Motor Control*, 3(1), 28-38.
- Zatsiorsky, V. M., & Duarte, M. (2000). Rambling and trembling in quiet standing. *Motor Control*, 4(2), 185-200.

12주간의 하타요가 수련이 여고생의 자세제어 능력 변화에 미치는 영향

김윤경 · 서국은(부산대학교), 공세진(한국과학기술연구원), 김진현(제주국제대학교)

본 연구의 목적은 12주간의 하타요가 수련이 여고생의 자세제어 능력 변화에 미치는 영향을 규명하는 것이다. 27명(요가수련그룹 15명, 비교그룹 12명)의 건강한 여고생을 대상으로 하였으며 12주간의 운동 프로그램 전 후에 3차원 동작 측정 시스템과 지면 반력 측정 시스템을 이용하여 COP, Rambling(RM), Trembling(TM)의 변화와 시상면의 자세 변화를 측정 하였다. 산출된 자료는 SPSS 21.0을 이용하여 그룹간 사전 값 차이를 검증에는 독립표본 t-검증, 12주간 요가 수련 후 그룹 내 시기에 따른 변화 검증은 대응표본 t-검증, 요가 수련 전, 후의 시기와 그룹의 상호작용을 검증하기 위해서는 이원배치반복분산분석(two-way rm ANOVA)을 실시하였다. 또한, 통계적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정 하였다. 분석결과 요가 수련 그룹에서 COP의 전후 이동 범위가 줄어들었고, RM과 TM에도 긍정적 변화가 있었다. 시상면의 자세 정렬에는 요가 수련 후 목 분절의 전방 각도가 줄어들었다. 이는 하타요가 수련을 통해 인지된 자세조절의 메커니즘이 발현된 결과이며, 하타요가 수련은 여고생의 자세제어 능력 변화에 긍정적 효과가 있는 것으로 판단된다.

주요어: 족저압력중심(COP), 자세제어, Rambling, Trembling, 하타요가