하프 빈야사 요가 수련 전 · 후의 역학적 에너지 변화 - 신체분절의 에너지 기여도 및 최고무게중심과 분절 에너지의 상관관계를 중심으로 -

유 실¹ · 하종규²

¹한양여자대학교 사회체육과, ²강원대학교 삼척캠퍼스 산학협력단

Change of Mechanical Energy before and after Training of Half Vinyasa Yoga - Energy Contribution of Body Segments and Correlation between Maximum COG and Segmental Energy -

Sil Yoo¹ · Chong-Ku Hah²

¹Hanyang Women's University, Seoul, Korea

²Industry University Collaboration, Kangwon National University, Samcheok, Korea

Received 30 July 2013; Received in revised form 17 October 2013; Accepted 1 November 2013

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate change of mechanical energy before and after training of half vinyasa yoga. Thirteen subjects (height: 163.4±3.9 cm, body mass: 54.9±7.3 kg, age: 20.0±0.49 yrs) participated in this experiment. The motions of half vinyasa yoga were captured with Vicon system and parameters were calculated with Visual-3D. After training of half vinyasa yoga, the mechanical energies of body segments were increased and increments of mechanical energies in the lower segments were greater than the upper segments. The phase increments of mechanical energies increased phase 1, phase 2, and phase 3 in order. After training of half vinyasa yoga, phase contributions of body segments were similar before training of half vinyasa yoga. The contribution of mechanical energy on trunk segment in body was the greatest contribution of upper segments; also that of mechanical energy on thigh segment in body was the greatest contribution of lower segments. Before training, the coefficient of correlation between vertical center of gravity (CoGz) and mechanical energy of phase 3 was a -.559, but after training, the coefficient of correlation between CoGz and mechanical energy of phase 2 was a .587. These findings suggest that the training of half vinyasa yoga may be increasing the mechanical energies of body segments.

Keywords : Half Vinyasa, Contribution, Mechanical Energy

I. 서 론

근래 요가에 대한 유해성 논란이 세간의 관심을 끌고 있다. 단지 요가를 신체를 이상한 모양으로 비틀고 구부리는

동작으로 생각한다면 재고하여야 한다. 흔히 요가를 신체와 정신수양이라고 생각하고 있으나 미국에서는 노인에 대한 총체적인 해결(total-solution) 방안으로 간주되고 있다(Tummers, 2006). 그럼에도 불구하고 유해성 논란이 계속되는 것은 현장에서 긍정적인 효과와 부정적인 효과가 동시에 발생하기 때문이다. 이러한 현상은 요가를 지도하는 지도자가 생체역학적인 지식 없이 자신의 신체가 허용하는 유연성, 호흡, 명상, 정신력 등을 기반으로 수련자의 특성을 간과 시 하며 지도하기 때문이라 판단된다.

인도에서 시작된 요가가 더 크게 발전된 나라인 미국에

Corresponding Author Chong-Ku Hah
Industry University Collaboration, kangwon National University, 346
Jungang-ro, Samcheok-si, Gangwon-do, Korea
Tel : +82-02-410-6692
E-mail : kuya-hah@hanmail.net

이 연구는 2013년도 정부재원(미래창조과학부)으로 한국연구재단(여성과학자 지원사업)의 지원을 받아 연구되었음.

서는 아쉬탕가 요가(ashtanga yoga), 빈야사 요가(vinyasa yoga), 파워 요가(power yoga), 비크람 요가(bikram yoga) 등과 같이 다이나믹하고, 파워풀 한 동작을 가지며 건강과 다이어트에 동시에 효과를 줄 수 있는 요가 트레이닝 프로그램들이 주류를 이루고 있다(Shin, 2006; Yoo, 2012).

다양한 요가 수련법 중 하타(hatha) 요가는 전 세계에 널리 보급된 전통적 요가로서 아사나 동작을 호흡법과 함께 실시하며 신체의 바른 정렬을 우선으로 한다. 특히 하타 요가는 정적 자세의 정렬상태를 유지해야 하므로 등척성 수축과 다양한 근육군의 이완이 일어남에 따라 근력뿐만 아니라 균형감과 유연성을 향상시킬 수 있는 효과가 있다(Barry et. al., 2006; Yoo, 2012).

또한 하타 요가를 수련하는 많은 사람들은 요가에서 말하는 인간의 신비로운 능력을 각성시키는 과정으로 반다(Bandha)의 습득을 갈망해 왔다. 반다(Bandha)는 묶음(bind), 잠그다(lock), 쥘(constriction)등을 의미하고, 프라나(숨, 기(氣), 에너지)의 흐름을 제어하여 프라나를 신체 네트워크로 들어가게 하는 열쇠이다(Scott, 2009). 그리고 신체에너지적인 미세한 잠금으로 반다를 적용하면, 활성화된 프라나를 몸에 더 효과적으로 유도하며 보전하는 데 도움이 되고, 또한 수련 안의 움직임을 가볍게 만들어 주고 상승시켜 주는 효과가 있으며, 깊은 내면을 향하는 이완적인 동작부터 활동적이고 도전적인 동작까지, 전신에 더욱더 많은 열기를 가동시켜준다고 하였다(Jayeswari, & Park, 2007; Yoo, 2012).

한편, 빈야사 요가는 하타 요가의 한 장르로 아사나 동작과 호흡이 수반되는 동적형태로 균형감각, 근력과 심폐기능을 향상시키며 체중감량 효과도 있다(Kang, 2006; Adams & Cowen, 2007; Yoo, 2012). 이러한 문헌들과 연구들을 비추어 봤을 때 요가수련에서 태양예배자세(수리야 나마스까라)가 신체적으로 매우 효과적인 훈련방법임을 확인할 수 있다. 그런 이유에서 많은 요가 수련자들은 수련의 중요한 과정으로 수리야 나마스까라를 반복적으로 수련하고 있다(Yoo, 2012).

요가를 통한 자세 및 호흡훈련은 근육의 힘, 유연성, 혈액순환과 산소유입량을 증가시키고(Parshad, 2004) 근·골격계의 발달과 유연성의 향상 및 폐활량의 증가(Kim, 2005)와 혈압을 감소시키고(Coulter, 2001), 질병예방 및 노화 방지에 긍정적인 영향을 미친다(Choi & Suh, 2005; Yoo, 2012). 그리고 신체의 역학적인 면과 생리적인 면을 이용하여 근육과 인대를 늘림으로써 척추를 바르게 하고 유연성과 근력을 기를 수 있다(Ahn, 2002; Yoo, 2012).

그러나 요가는 운동 특성상 과신전이나 특정관절에 무리를 줄 수 있는 자세들이 많기 때문에 운동 상해나 부작용을 경험하는 사례가 속출하고 있다. 이러한 역기능을 예방하기 위한 연구가 생체역학적 측면에서 간헐적으로 이

루어지고 있다.

일련의 연구로써 수르야 나마스카(surya namaskara) 요가 동작의 숙련도 차이가 range of motion(ROM)과 % maximum voluntary isometric contraction(%MVIC)에 영향을 미치며 특히, 의자자세(chair pose), 막대자세(rod pose)와 전사자세(warrior pose)는 정확한 지도가 필요한 동작이다. 그리고 동작마다 숙련자와 비숙련자의 근육 활성 정도가 다르기 때문에 수련자에게 알맞은 강도로 지도해야한다(Hong, Park, & Hah, 2009). 또한 하프 빈야사 요가에서 단순동작에서 비숙련군의 근육이 크게 발현되거나 기술동작에서 숙련군의 근육이 크게 발현되며 자세별로 새롭게 발현되는 근육은 대흉근과 삼두근-광배근-복직근-삼두근으로 밝혀졌으며 동작 전환 시 공통으로 사용되는 매개 근육(chain rule)이 존재한다(Yoo, S., Lee, & Yoo, S. S., 2011).

한편, 8주간의 하프 빈야사 요가 수련이 동작 범위를 크게하고 작은 근발현으로 최고 점프자세를 수행하며 일관된 점프자세를 보였다(Yoo, S., Lee, Yoo, S. S., Oh, Hah, & Lee, 2012). 그리고 요가 동작의 관절 순모멘트는 걷기와 뛰기와 유사하고 신체에 전달되는 파워와 충격력은 걷기나 뛰기에 비교하여 작음으로 바람직한 운동이며(Westwell, Bell & Ounpuu, 2006), 노인의 하타 요가 수련(60분/2주, 32주)은 전두면과 시상면의 하지관절(족관절, 슬관절, 고관절) 순모멘트 변화에 주된 효과이고 특히, 초승달자세(crescent pose), 의자자세, 전사자세, 외발균형자세(one-legged balance pose)에서 가장 큰 평균 지지모멘트를 보였다(Wang et al., 2013).

이와 같이 요가 연구는 생리학 및 근활성도 연구가 주류를 이루고 있으며 요가의 역학적 에너지 변화와 분절의 에너지 기여도에 관한 연구가 매우 미비하므로 역학적 에너지요인들을 평가하는 것은 요가의 동작을 개인 맞춤형으로 설계하여 개인 수련 과정이나 재활 훈련 프로그램에 활용 할 수 있을 것이다.

그러므로 이 연구에서는 요가수련에서 중요하게 반복적으로 수련되는 태양예배자세의 하프 빈야사(half vinyasa) 수련 전·후의 각 분절이 일 할 수 있는 능력을 나타내는 역학적 에너지 변화와 전체동작에 대한 분절의 에너지 기여도 및 수직 무게중심(vertical center of gravity, [CoGz]) 최고점과 분절 에너지와의 상관관계를 구명하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

서울시에 소재한 H대학의 요가 수련 경험이 없는 여학생 13명을 대상으로 하였으며 신체적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristics of the subjects

	Body mass (kg)	Height (cm)	Age (yrs)
Mean	54.9	163.4	20.0
± SD	7.3	3.9	0.49

2. 실험 도구 및 프로토콜

빈야사 요가 프로토콜은 요가디피카(Iyengar, 1997)와 빈야사 요가(Jayeswari & Park, 2007)의 8주간 수련에 준하여 본 연구 역시 8주 동안 주 3회 50분씩으로, 준비운동은 10분, 본 운동은 30분, 그리고 정리운동은 10분, 총 50분 프로그램으로 구성하였다. 실험은 요가 수련 전과 수련 8주 후, 총 2회 실시하였으며, <Figure 1>과 같은 분석동작을 획득하기 위하여 Vicon MX-T40 (UK)적외선 카메라 10대와 자체 제작한 반사마커 83개의 마커를 부착하였다. 그리고 실험 전 스탠딩 캘리브레이션(standing calibration)을 실시한 후 분절의 위치추적을 위한 48개의 트래킹 마커를 제외하고 모든 마커를 제거하였으며 이때 샘플링 비율은 100 Hz 설정하였다.

1) 분석 국면 및 이벤트

분석동작은 하프 빈야사 요가 동작 중 땅을 보는 강아지자세(down dog pose)부터 점프하여 착지하는 자세까지를 구간으로 하였으며 동작의 주요 연결시점인 이벤트4와 동작 구간인 국면3으로 다음과 같다.

국면1 (P1): E1(땅을 보는 강아지자세-가슴이 완전히 펴치고 엉덩이가 가장 높이 올라간 순간) - E2(무릎굽힌 자세-엉덩이의 높이가 가장 낮고 무릎 각이 최소인 순간),

국면2 (P2): E2(무릎굽힌 자세) - E3(점프 최고점-점프해서 힘이 가장 높은 위치에 오른 순간)

국면3 (P3): E3(점프 최고점) - E4(착지 자세-착지시 양쪽 발등이 바닥에 닿는 순간)

2) 인체 좌표화

인체 좌표화를 위하여 Visual 3D (C-motion, USA)의 마커시스템에 준하여 <Figure 3>과 같이 부착하였으며 인체모델은 강체링크시스템(rigid body linked system)으로 하였고 NLT(nonlinear transformation)방식으로 원자료를 3차원 좌표화 하였다.

3. 자료처리

대상자가 수행한 3회 동작 중에서 2명의 전문가가 심사하여 선정한 1회 동작을 자료처리 하였으며 노이즈에 의한 오차를 제거하기 위하여 위상차(phase lag)를 제거함과

Figure 1. Statures of protocol (From Yoo, 2012, with permission) **Figure 2.** Events & Phases (From Yoo, 2012, with permission)

동시에 필터의 성능을 4차 수준으로 향상시킬 수 있는 버터워스(butterworth) 양방 2차로 스무딩(smoothing) 하였으며 이 때 차단주파수(cut-off frequency)는 6 Hz로 하였다. 획득한 자료를 Visual-3D로 보내어 모델링한 인체에 적용

Figure 3. Marker system

Figure 4. Segmental mechanical energies before and after intervention

하여 산출한 값을 사용하였다. 그리고 역학적 에너지는 $E = \frac{1}{2}(mv^2 + I\omega^2)$ 로 계산하였다.

(단, m : 질량, v : 선속도, ω : 각속도, I : 분절의 관성모멘트, g : 중력가속도, h : 기준면에서 무게중심까지의 수직거리)

4. 통계 처리

하프 빈야사 요가 수련전후의 분절 에너지 차이를 검정하기 위하여 SPSS 18.0의 기술 통계량(평균과 표준편차)과 상관관계 규명을 위하여 피어슨의 상관계수를 이용하였다. 이때 유의수준은 0.05로 하였다.

III. 결 과

1. 수련 전 · 후 분절의 역학적 에너지 변화

수련 후 모든 국면의 모든 분절에서 역학적 에너지는 증가하였다. 특히, 몸통(trunk)의 역학적 에너지가 가장 큰 증가를 보였고 손(hand)이 가장 작은 증가를 보였다. 그리고

Table 2. Mechanical energies of upper segments before and after intervention. (M/sd, unit: joule/kg)

upper segment	intervention	p1	p2	p3	total
head	before	0.549	0.224	0.080	0.853
		0.318	0.109	0.039	0.344
	after	0.645	0.285	0.140	1.070
		0.206	0.110	0.035	0.276
hand	before	0.007	0.002	0.001	0.010
		0.003	0.001	0.000	0.004
	after	0.010	0.003	0.001	0.014
		0.001	0.001	0.000	0.002
forearm	before	0.070	0.026	0.011	0.107
		0.029	0.012	0.005	0.035
	after	0.082	0.035	0.019	0.136
		0.020	0.011	0.004	0.026
upper arm	before	0.360	0.138	0.053	0.551
		0.155	0.060	0.026	0.180
	after	0.453	0.189	0.096	0.738
		0.095	0.058	0.025	0.124
trunk	before	3.575	1.375	0.531	5.481
		1.397	0.642	0.239	1.675
	after	4.997	2.003	0.982	7.982
		1.105	0.647	0.275	1.449

Table 3. Mechanical energies of lower segments before and after intervention. (M/sd, unit: joule/kg)

lower segment	intervention	p1	p2	p3	total
shank	before	0.383	0.223	0.135	0.741
		0.171	0.064	0.033	0.188
	after	0.512	0.322	0.216	1.050
		0.110	0.067	0.068	0.141
thigh	before	1.956	0.716	0.308	2.98
		0.822	0.271	0.115	0.914
	after	2.786	1.129	0.584	4.499
		0.564	0.306	0.170	0.621
hip	before	1.762	0.645	0.257	2.664
		0.703	0.298	0.107	0.831
	after	2.611	1.014	0.496	4.121
		0.556	0.323	0.139	0.693

역학적 에너지 증분량을 세 군으로 분류하면 손(hand)과 전완(forearm)은 작은 증가군, 머리(head), 상완(upper arm)과 정강이(shank)는 중간 증가군, 허벅지(thigh), 엉덩이(hip), 몸통(trunk)은 큰 증가군으로 분류되었다. 주로 수련 후 큰 분절의 역학적 에너지의 증분이 크게 나타나는 경향을 보였다 (Table 2, 3; Figure 4).

수련 후 상체 분절의 역학적 에너지 증분량은 2.938 joule/kg이며 하체 분절의 증분량은 3.285 joule/kg이고 총 신체

Table 4. Mechanical energies of segments before and after intervention. (M/sd, unit: joule/kg)

segment	intervention	p1	p2	p3	total
upper	before	4.561	1.765	0.676	7.002
		0.582	0.270	0.100	0.699
	after	6.187	2.515	1.238	9.940
		0.347	0.128	0.045	0.397
lower	before	4.101	1.584	0.700	6.385
		0.535	0.273	0.117	0.610
	after	5.909	2.465	1.296	9.670
		0.260	0.143	0.052	0.300
total body	before	8.662	3.349	1.376	13.387
		0.487	0.217	0.080	0.579
	after	12.096	4.980	2.534	19.610
		0.411	0.223	0.097	0.491

Figure 5. Mechanical energies of phases before and after intervention

의 증분량은 6.223 joule/kg이다(Table 4). 특히, 수련 후의 역학적 에너지는 국면1의 증분량이 3.434joule/kg로 가장 크게 나타났고 국면2는 1.631 joule/kg, 국면 3은 1.158joule/kg 순으로 나타났으며 전 구간에서 증가하는 것으로 나타났다(Figure 5).

2. 각 분절의 역학적 에너지 기여도

각 분절의 국면 기여도는 각 분절의 국면별 에너지를 각 분절의 전체 국면에너지로 나누어 계산하고, 각 분절의 전체 에너지 기여도는 신체(total body)의 전체에너지로 나누어 계산하였다.

수련 후 하프 빈야사 동작을 이루는 각 상체 분절의 국면 기여도는 거의 유사하게 나타났으며 수련 전·후에서 각 분절에 대한 국면 기여도는 모든 분절에서 국면1 > 국면2 > 국면3 순으로 나타나고 신체에 대한 각 분절의 기여도는 손과 전완 < 상완 < 머리 < 몸통 순으로 나타났다(Figure 6, Table 5).

그리고 수련 후 하체 분절의 국면별 기여도 역시 수련 전과 유사하게 나타났으며 수련 전·후에서 각 분절에 대한 국면 기여도는 모든 분절에서 국면1 > 국면2 > 국면3

Figure 6. Contributions of mechanical energies on upper segments before and after intervention**Table 5.** Contributions of mechanical energies on upper segments before and after intervention. (unit: %)

upper segment	intervention	p1	p2	p3	total
head	before	64.36	26.26	9.38	6.37
	after	60.28	26.64	13.08	5.46
hand	before	70.00	20.00	10.00	0.08
	after	71.43	21.43	7.14	0.07
forearm	before	65.42	24.30	10.28	0.80
	after	60.29	25.74	13.97	0.70
upper arm	before	65.34	25.05	9.62	4.12
	after	61.38	25.61	13.00	3.76
trunk	before	65.23	25.09	9.69	40.94
	after	62.60	25.09	12.30	40.70

순으로 나타나고 신체에 대한 각 분절의 기여도는 정강이 < 엉덩이 < 허벅지 순으로 나타났다(Figure 7, Table 6).

3. 수직 무게중심과 역학적 에너지의 상관관계

1) 이벤트별 수련 전후의 최대 수직 CoGz

요가 수련 후 이벤트1, 2, 3에서 수직 무게중심이 증가한 반면 이벤트4에서는 감소하였으며 그 차이(수련 후-수련 전)는 각 0.018 m, 0.004 m, 0.083 m 및 -0.021 m로 나타났다(Table 8).

2) 수련 전·후의 최대 수직 CoGz와 역학적 에너지 상관관계

수련 전·후의 최대 수직 CoGz와 국면별 및 전체 동작 구간의 역학적 에너지와의 상관관계에서 수련 전의 최대 수직 무게중심(CoGz_b)는 국면3의 역학적 에너지와 상관계수 -.559로 통계적으로 유의한 부적상관을 보였다. 그러나 수련 후의 최대 수직 무게중심(CoGz_a)는 국면2의 역학적 에너지와 상관계수 .587로 통계적으로 유의한 정적

Figure 7. Contributions of mechanical energies on lower segments before and after intervention

Table 6. Contributions of mechanical energies on lower segments before and after intervention. (unit: %)

lower seg-ment	inter-vention	p1	p2	p3	total
shank	before	51.69	30.09	18.22	5.54
	after	48.76	30.67	20.57	5.35
thigh	before	65.64	24.03	10.34	22.26
	after	61.92	25.09	12.98	22.94
hip	before	66.14	24.21	9.65	19.90
	after	63.36	24.61	12.04	21.01

Figure 8. Contributions of mechanical energies on segments before and after intervention

상관을 보였다(Table 9).

그리고 수련 전 · 후의 최대 수직 CoGz와 역학적 에너지를 1차식으로 피팅한 결과 수련 전은 최대 수직 CoGz_b = -0.59 p3_b(수련 후 국면3) + 0.660로 수련 후는 최대 수직 CoGz_a = 0.010p2_a(수련 전 국면2)+ 0.618 구하였다.

Table 7. Contributions of mechanical energies on segments before and after intervention. (unit : %)

seg-ments	inter-vention	p1	p2	p3	total
upper	before	65.14	25.21	9.65	52.30
	after	62.24	25.30	12.45	50.69
lower	before	64.23	24.81	10.96	47.70
	after	61.11	25.49	13.40	49.31
total	before	64.70	25.02	10.28	100
	after	61.68	25.40	12.92	100

Table 8. Maximal vertical CoGz before and after on intervention

Event	Vertical CoGz Unit: m	
	Before(M ± sd)	After(M ± sd)
0.427 ± 0.033	0.445 ± 0.028
0.363 ± 0.045	0.367 ± 0.038
0.584 ± 0.033	0.667 ± 0.025
0.504 ± 0.026	0.483 ± 0.035

Table 9. Correlations between Maximal vertical CoGs and mechanical energies before and after intervention

Coefficient of correlation					
N		13	13	13	13
before		p1_b	p2_b	p3_b	t_b
CoG_b	Pearson's correlation coefficient	-.279	.174	-.559*	-.263
	Significant probability (both side)	.355	.570	.047	.384
after		p1_a	p2_a	p3_a	t_a
CoG_a	Pearson's correlation coefficient	.151	.587*	.059	.407
	Significant probability (both side)	.621	.035	.849	.168

Figure 9. First order fitting formula before and after intervention(after: top; before: bottom)

IV. 논 의

1. 수련 전 · 후 분절의 역학적 에너지 변화

수련 후 역학적 에너지가 증가한 것은 대상자가 동작을 전환할 때 수련 전 보다 분절의 선속도와 각속도를 빨리 하고 신체중심 높이도 증가시켜 더 다이내믹한 동작을 수행한다고 판단된다. 이는 수련 후 무게중심이 올라가는 것이 이를 지지하고 있다. 그리고 수련 후 상체보다도 하체의 큰 에너지 증분량은 하체의 동작 수행 능력이 증가하고 특히 땅을 보는 강아지자세에서 무릎굽힘 자세로 전환하는 국면에서 동작을 원활하게 수행할 수 있는 능력이 증가하였기 때문이라 판단된다.

2. 각분절의 역학적 에너지 기여도

하프 빈야사 동작에 대한 수련 전 · 후의 기여도가 유사하게 나타난 것은 동작을 수행하는데 일관된 각 분절의 에너지가 필요하며 상체의 몸통과 하체의 허벅지의 역학적 에너지 기여도 가장 큰 것은 타 분절질량에 비해서 분절 질량이 크기 때문이다. 또한, 분절 속도와 무게중심 높이 역시 증가하는 것으로 생각된다. 그러므로 하프 빈야사 요가 동작의 효과적인 수행을 위해서 몸통과 허벅지를 자유롭게 제어하는 능력이 필요한 것으로 생각된다.

3. 수직 CoG와 역학적 에너지의 상관관계

수련 후의 이벤트1, 2와 3의 수직 무게중심의 증가는 일을 할 수 있는 능력 즉, 동작을 용이하게 수행하고 있음을 나타내며 반면, 수련 후 이벤트4(착지자세)에서 수직 무게중심의 감소는 착지의 안전성을 시사한다.

무게중심과의 상관관계는 수련 전에는 국면3(점프 최고점 - 착지)의 역학적 에너지가 신체 수직 무게중심을 상승시키는데 주요한 에너지원으로 역할을 하였으나 수련 후에는 국면2(무릎굽힘자세 -점프 최고점)의 에너지가 신체 수직 무게중심을 상승시키는데 주요한 에너지원으로 작용하였다고 생각된다. 이는 동작이 숙련되어 동작이 이루어지기 전에 미리 에너지를 저장하여 신체를 최고점으로 상승시키는 것으로 판단되며 높은 수직 무게중심은 시간적 여유를 가지고 착지동작을 취하는 것으로 생각된다.

수련 전에 신체 최고높이는 국면3의 에너지가 작을수록 커지는 반면 수련 후에 신체 최고높이는 국면2의 에너지가 클수록 증가하므로 각 분절의 위치를 크게 변화시켜 외형적인 변화에 의존하는 다른 운동방식과 차별된 요가수련에서는 운동의 주요 부위에 에너지를 집중시키기 위해 노력해야 한다.

복부 조절훈련에 유용한 것으로 알려진 하프 빈야사 요가의 숙련된 동작을 위해서는 국면2의 효율적 수행방법이 중요하며 이를 위해서는 몸통과 허벅지를 자유롭게 제어하는 능력이 필요하다. 즉 하프 빈야사 요가 수행시 국면2에서 굽혀진 무릎으로부터 저장된 에너지를 국면3에서 효율적으로 방출하며 몸통과 골반을 최대한 위로 밀어 올리는 집중 훈련이 요가수련의 목적을 달성케 할 것이다.

V. 결 론

하프 빈야사 요가 수련 후 상 · 하체 분절의 역학적 에너지는 증가하였으며 하체 에너지 증분량이 상체보다 크고 국면별 증분량은 국면1 > 국면2 > 국면3 순이었으며 수련 후 동작을 이루는 각 상 · 하체 분절의 국면 별 기여

도는 수련 전과 거의 유사하게 나타났다. 그리고 수련 전·후에서 각 분절에 대한 국면 기여도는 모든 분절에서 국면1 > 국면2 > 국면3 순으로 나타났고 신체에 대한 각 상체 분절의 기여도는 손과 전완 < 상완 < 머리 < 몸통 순으로 나타났으며 신체에 대한 각 하체 분절의 기여도는 정강이 < 엉덩이 < 허벅지 순으로 나타났다.

한편, 수련 전의 최대 수직 무게중심(CoGz_b)은 국면3의 역학적 에너지와 상관계수 -.559로 부적상관을 보였고, 수련 후의 수직 무게중심(CoGz_a)은 국면 2의 역학적 에너지와 상관계수 .587로 통계적으로 유의한 정적 상관을 보였다.

결론적으로 하프 빈아사 요가 수련은 분절이 일할 수 있는 능력을 향상시키며 신체의 최고높이를 생성하는 에너지 발현 국면과 패턴을 변화시켰다.

향후 상지와 하지 분절의 운동 에너지와 위치 에너지의 상호 보존과 관절 파워와 일을 연구하여 에너지의 생성과 흡수 및 전이 관계를 규명하는 것이 필요하다.

참고문헌

- Adams, T. B., & Cowen, V. S. (2007). Heart rate in yoga asana practice: A comparison of styles. *Therapies*, 11(1), 91-95.
- 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.
- Barry S. O., Daniel, Z., Shirley, K., Kristin, F., Cathleen, D., Mitchell, H., Dale, F. K., Julie, L., & Joanne, L. (2006). Randomized, controlled, six month trial of yoga in healthy seniors: Effects on cognition and quality of life. *Alternative Therapy Health Medicine*, 12(1), 40-47.
- Choi, J. Y., & Suh, K. H. (2005). The effects of yoga practice on stress responses. *Journal of Korean Physiological Association*, 10(4), 455-473.
- Coulter, H. D. (2001). *Anatomy of Hatha Yoga: A Manual for Students, Teachers, and Practitioners*. Marlboro: Body and Breath, Inc.
- Hong, S. Y., Park, J., & Hah, C. K. (2009). Comparison of rom and muscle activities according to the skills of surya namaskara in vinyasa yoga. *Journal of Korean Society of Sports Biomechanics*, 19(1), 127-138.
- Iyengar, B. K. S. (1997). *Yoga Dipik*, Daegu: Sunyoga.
- Jayeswari, & Park. T. (2007). *Vinyasa Yoga, a Moving Meditatio*. Seoul: Woongjin Living House.
- Kang, S. J. (2006). The effects of vinyasa and hatha yoga on the risk factors of cardiovascular disease. *Journal of Korean Society of Exercise Physiology*, 15(3), 193-200.
- Kim, H. M. (2005). The effect of yoga on cardio-pulmonary function, musculoskeletal function and perception of health status of some students in college. *The Korean Journal of East West Mind Science*. 8(1), 15-30.
- Parshad, O. (2004). Role of yoga in stress management. *West Indian med. journal*, 53(3), 191-194.
- Shin, H. J. (2006). *The Effects of Yoga Exercise Types on Health Related Physical Fitness and Psychological Stress*. Unpublished master's thesis. Graduate School Seoul National University.
- Scott, J. (2009). *Ashtanga Yoga*, Seoul: Hans Contents.
- Tummers, N., & Hendrick, F. (2006). Older adults say yes to yoga. National Recreation and Park Association.
- Wang, M. Y., Yu, S. S-Y., Hashish, R., Samarawickrame, S. D., Kazadi, L., Greendale, G. A., & Salem, G. (2013). The biomechanical demands of standing yoga poses in seniors: The yoga empowers seniors study (YESS). *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 13-18.
- Westwell, M., Bell, K., & Ounpuu, S. (2006). Evaluation of lower extremity joint moments experienced during several yoga postures. *Gait & Posture*, 24(2), 213-215.
- Yoo, S., Lee, J. H., & Yoo, S. S. (2011). Connective mechanism using muscle activity in half vinyasa. *Journal of Korea Society for Wellnes*, 6(3), 233-240.
- Yoo, S. S. (2012). Verification of Effects by the Biomechanical Analysis on Getting Uddiyana Bandha through Practicing the Vinyasa Yoga. Unpublished doctoral dissertation, Graduate School, Myongji University.
- Yoo, S. S., Yoo, S., Oh, S. G., Hah, C. K., & Yi, J. H. (2012). Verification of effects by the biomechanical analysis on getting uddiyana bandha through practicing the vinyasa yoga. *Health & Sports Medicine*, 14(3), 13-24.