

여자 체조, 피겨 및 프리스타일 선수의 동적자세 유지능력의 비교

정 철* · 박우영†

공주대학교 체육교육과, 단국대학교 스포츠과학대학원
(2018년 9월 7일 접수: 2018년 12월 22일 수정: 2018년 12월 22일 채택)

Ability to Maintain Dynamic Posturography in Gymnastic, Free style skier, and Figure skater

Jeong, Cheol · Woo-Young Park†

*Department of physical education, Department of Sport Medicine
(Received September 7, 2018; Revised December 22, 2018; Accepted December 22, 2018)*

요 약 : 본 연구는 지속적인 곡예 운동이 여자 체조, 프리스타일 스키어 및 피겨 스케이더 선수의 동적 자세 유지 능력에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 이 연구에 참여한 피험자는 운동경력이 4-6년 된 운동선수로서 체조선수 7명, 프리스타일 스키어 선수 8명, 피겨 스케이더 7명과 일반 여학생 10명을 통제집단으로 분류하였다. 동적자세의 운동능력을 비교하고자 뉴로컴사의 동적자세측정기를 이용하여 6가지 각 조건에 맞는 이른바, 시각계, 전정계 및 체성감각계가 동원되는 상황을 연출하면서 실험에 임하였다. 자료처리는 일원변량분석을 실시하였고, 사후검증으로는 집단 간의 차이를 보고자 Scheffe로 하였고, 통계학적 유의수준은 .05로 하였다. 연구결과 운동집단 간에는 조건 5에서 프리스타일 선수와 체조선수 간의 유의한 차이가 있었으며, 운동선수 집단과 일반인 여학생 간에는 조건 2, 3, 4, 5, 6에서 유의한 차이가 나타났다. 결론적으로 지속적인 곡예 운동은 평형기관계를 자극하여 동적자세 조절의 향상에 효과가 있는 것으로 사료된다.

주제어 : 곡예운동, 동적자세, 시각계, 전정계, 체성감각계

Abstract : The purpose of this study was to investigate the ability to maintain dynamic posturography(EquiTest) in gymnastic, freestyle skier, and figure skater. A total of 32 subjects(22 athletic woman and 10 collegiate woman) were participated in this study. Computerized dynamic posturography(EquiTest) was adopted to test sensory organization and motor control. EquiTest facilitated the quantification of the role of somatosensory, visual and vestibular systems in the maintenance of postural balance and was also pertinent to measure the reaction time to the stimulus to change center of gravity on force platform. As a result were as follow. There was not difference among with exercise group. But there was a significantly difference with between groups. It was

†Corresponding author
(E-mail: golterea@hanmail.net)

suggested that the acrobatic and physical activity developed the function of visual system and the role of the combination of visual and vestibular system in maintaining postural balance to surrounding stimulus, and presented shorter reaction time in automatic postural response.

Keywords : acrobatics exercise, dynamic posturography, visual, vestibular, somatosensory

1. 서 론

인체는 직립반사와 정반사를 통해 평형을 유지하며, 전정계 반사를 통해 머리, 목과 사지의 근육을 조절하여 지구 중력에 대해 항상 인체를 곧바로 서게 한다. 이 과정에서 반응시간과 평형유지 능력은 상호 밀접한 관계를 가지고 있으며 규칙적인 운동이나 신체훈련에 의한 재활 등에 의해 개선될 수 있다고 알려져 왔지만 그 기전은 분명하게 밝혀지지 않았다.

인체의 중추신경계는 기립자세를 유지하기 위해 시각계, 전정계와 체성감각계(고유수용기)와 같은 다른 감각기관으로부터 얻은 정보를 전정구심성 기능을 통합하여 평형을 유지하게 된다(1). 인체의 시각계는 주변상황에 대한 가장 광대한 정보를 인지해 주는 곳으로 보행관련하여 바닥이 좁은지 넓은지, 미끄럽거나 거칠거나 혹은 내리막인지 오르막인지에 대한 정보를 제공해준다. 전정계는 일반적인 상황에서는 활용도가 적으나 수직이동이나 공중에서의 중심을 잡을 때는 시각계 및 체성감각계보다 우위를 보인다고 하였다(2). 또한 체성감각계는 고유수용기와 동일한 의미로 쓰이며, 관절수용기, 골지체 및 근방추가 이에 해당되며, 말초 기관으로부터 얻은 정보를 중추신경계로 보내져 팔다리의 동작과 움직이는 속도 및 신체 자신의 위치를 가늠할 수 있는 중요한 기능을 한다(3).

이에 체성감각계는 스포츠나 활동시에 평형을 무너뜨리는 상황에서 인체의 신속한 변화에 민첩하게 대처하고(4), 특히 체성감각계가 다른 기관계보다 우위를 보일 때는 눈앞에 움직이는 물체가 있을 때로 이때의 시각은 정확하지 않은 정보가 되고, 또한 지지하고 있는 바닥면이 움직일 경우 체성감각계는 정확하지 않은 정보가 된다고 하였다(2). 반대로 이러한 상황에서는 시각계와 전정계가 체성감각계보다 우위에 있다고 볼 수 있으나 모든 상황에서 전정계가 시각이나 체성감각계 보다 우위에 있는 것은 아니며 스포츠 현장

이나 일상생활에서 상황에 따라 달라질 수 있다. 지지하고 있는 바닥면과 시야가 흔들리지 않고 고정일 때에는 시각과 체성감각계는 전정계 보다 평형유지와 주위 환경에 대한 변화가 훨씬 민감한 것으로 보고하였다(5). 체성감각계는 신체의 빠른 변화에 민감하고, 시각계는 느린 변화에 더 예민한 것으로 보고하며, 지속적으로 서서히 자세가 변화하면 일상생활 속에서 이 세가지 변수의 음성 되먹이기에 의존하는 것으로 보고하였다(6).

다양한 스포츠 활동이나 규칙적인 운동은 여러 가지 신체기관계를 자극하고 스트레스를 유발하여 항상성을 유지하게 하는 중요한 역할을 한다. 중추신경계에 의한 전정구심성 기능의 통합은 움직임을 조절하고, 동작의 협응을 도우며, 키워주고 어지러움 및 방향의 설정과 개념적 허상을 잡아주게 된다(7). 선행연구에 의하면 1년간 주 1시간의 태권도 프로그램에 참여한 집단에서 평형기능 향상에 유의한 기여를 했다는 보고가 있었다(8). 또한 노인들에게 다양한 형태의 신체활동이나 스포츠 참가는 고유수용성 기능을 촉진시켜 평형기능 향상과 넘어짐을 감소시키는 역할을 한다고 하였다(9). 또한 발레전문가를 대상으로 한 연구에서는 자세유지 조절 능력이 비전문가에 비해 유의하게 우수한 것으로 보고 하였다(10). 선행연구에서 스포츠 종목 간 평형능력 비교결과에서는 체조, 축구, 수영, 농구 순으로 뛰어난 것으로 나타났다(11).

체조, 피겨 및 프리스타일 선수들은 곡예운동가로서 공중에서의 회전 등이 자주 이루어지기 때문에 전정계를 자극할 것으로 생각되나 곡예운동이 평형기관계중 어떠한 특정 평형기관계를 발달시키는지 궁금하지 않을 수 없다. 특히 공중 및 지면에서 평형성이 절대적으로 요구되는 곡예운동선수들을 대상으로 과학적인 장비를 적용하여 평형기관계의 발달 여부를 검증한 실험 결과는 찾아보기 힘들다. 또한 많은 체력 요인 중 평형성이 중요한 요인으로 작용하는 체조, 프리스타일과 피겨선수 뿐만 아니라 일반인들도 평형유지

를 위해 상황에 따라 평형기관계 중 어떠한 기관을 가장 많이 이용하는지를 알아보고자 한다. 또한 공중에서의 회전운동과 같은 지속적인 곡예 운동이 자세조절에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

본 연구에 참여한 대상자는 운동경력이 4-6년인 현역선수로 체조선수(7명), 프리스타일선수(8명), 피겨선수(7명)와 일반 여학생 10명으로 분류하였다. 연구 대상자에게 본 실험에 대하여 구체적인 설명을 실시하여 동의를 구했으며, 적극적으로 참가하겠다는 동의서 수령 후 진행하였다.

2.2. 실험 방법

2.2.1. 자세조절 유지 능력(이정구, 2007)

이 연구에서의 평형성 검사는 체성감각을 선택적으로 자극하기 위해 발판의 고정 여부와 시각계의 선택적 자극을 위해 개안, 폐안, 혼동시각을 조합하여 여섯 가지 조건의 검사로 구성하였다.

조건 1, 2, 3은 고정된 지지면에서 정상 시각, 폐안, 혼동 시각으로 검사하여 평형의 유지에 정상 시각이 필요한가와 부적절한 시각의 영향을

억제할 수 있는가를 검사하였다. 조건 1은 눈을 뜨고, 지지 발판이 고정된 상태에서 신체의 동요를 검사는 것으로 전정, 시각, 체성감각을 모두 이용하여 균형을 잡는다. 조건 2는 눈을 감고 발판은 고정된 상태에서 검사하는 것은 체성감각과 전정기능을 이용하여 균형을 잡는다. 조건 3에서는 피검자의 무게중심의 이동에 따라 주변이 흔들리는 상황에서 서 있다. 조건 4, 5, 6은 고정되지 않은 지지면 즉 체성감각의 혼동 상황에서 서로 다른 시각조건으로 검사한다. 조건 4는 발판이 고정되지 않고 주변시야는 고정된 상태에서 눈을 뜨고 검사하며, 정상인은 체성감각의 소실로 흔들림(sway)이 증가하지만 시각과 전정감각을 효과적으로 사용하여 서 있다. 조건 5는 발판이 고정되지 않은 상태에서 눈을 감고 시행한다. 조건 6은 바닥과 시각이 흔들리고 주변이 흔들리는 상황에서 서 있다.

EquiTest(NeuroCom, USA) 주변 시야 장치와 발판의 움직임을 이용하여 신체의 주변 상황의 변동을 초래하는 6가지 조건을 제시하여, 피검자들로 하여금 각 조건에 20초씩 노출되게 한 가운데, 피검자의 신체적 움직임을 분석함으로써 평형 유지능력을 검사하였다.

Table 1. Physical characteristic of subjects in each groups

Group	Age(yr)	Height(cm)	Weight(kg)	Carrier(yr)
Gymnastic(n=7)	17±1.24	162±3.26	51±3.91	5.4±1.15
Freestyle skier(n=8)	20±1.32	168±3.44	58±5.12	6.3±1.24
Figure skater(n=7)	16±1.45	165±2.92	50±4.24	4.5±0.98
Control(n=10)	20±1.39	164±3.78	56±4.11	0

Values are M±SD

Table 2. Experimental methods and equipment(EquiTest, NeurCom, USA).

Item	Method
C1	Normal vision, Fixed support
C2	Absent vision, Fixed support
C3	Sway-referenced vision, Fixed support
C4	Normal vision, Sway-referenced support
C5	Absent vision, Sway-referenced support
C6	Sway-referenced vision, Sway-referenced support

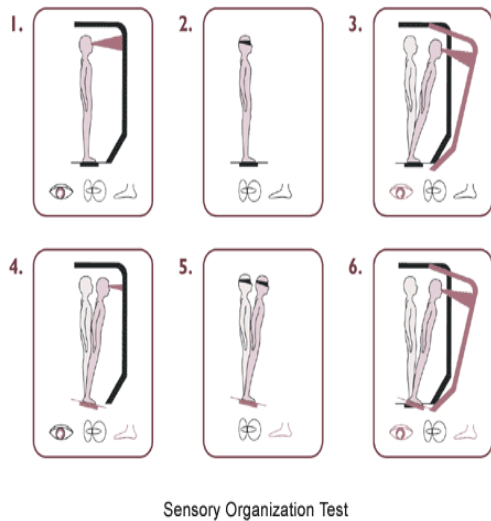


Fig 1. 6 conditions equilibrium test.

조건 6은 주변시야와 발판이 무게중심의 흔들림에 따라 움직이는 상황에서 눈을 뜨고 검사하였다. 이 검사에서 사용되는 6가지 조건의 내용은 Fig 1. 과 같다. 그리고 각 조건에서의 검사(단, 1회 20초 간)는 각각 3회씩 실시하였다. 다음 6가지 조건하에서 1회 20초씩 각각 3회 평형성 검사를 시행하여 3회 점수를 평균화하였다.

2.3. 자료처리

본 연구의 자료처리는 가설의 유의도를 측정하기 위하여 SPSS 23.0 Version을 이용하였다. 집단 간의 평형능력을 검사하기 위해 일원변량분석법을 실시하였고, 사후검증으로는 집단 간의 차이를 보고자 Scheffe로 하였으며, 통계학적 유의수준은 .05로 하였다.

3. 연구 결과

연구결과 그림 2와 표 2에서 보는 바와 조건 1에서는 집단 내 유의한 차이가 없었고, 조건 2($p < .01$), 조건 3($p < .05$), 조건4($p < .01$), 조건 5($p < .01$), 조건 6($p < .01$)에서는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 사후검증 결과 조건 2에서 각 운동선수 집단과 통제 집단 간의 차이는 유의하였으나($p < .01$) 운동선수 집단 간의 유의한 차이는 없었다. 조건 3에서는 피겨집단과 통제 집단 간에 유의한 차이가 나타났으나($p < .05$) 운동

선수 집단 간의 유의한 차이는 없었다. 조건 4에서는 체조선수 집단과 통제 집단 간에 유의한 차이가 나타났으나($p < .01$) 운동선수 집단 간의 유의한 차이는 없었다. 조건 5에서는 체조선수 집단과 프리스타일 집단 간의 차이($p < .05$)와 통제 집단 간의 차이는 유의하였고($p < .01$), 피겨선수 집단과 통제 집단 및 프리스타일 선수 집단과 통제 집단 간의 차이는 유의하였다($p < .01$). 조건 6의 경우 체조선수 집단과 통제군과의 차이가 유의한 것으로 나타났고($p < .01$), 운동선수 집단 간의 유의한 차이는 없었다.

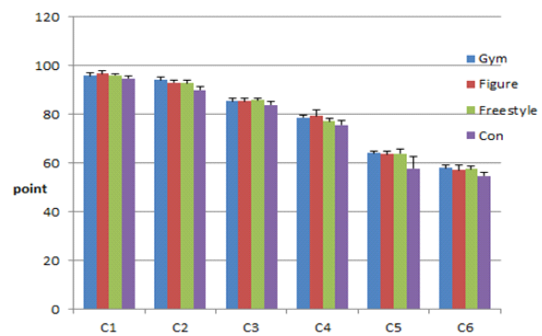


Fig 2. Result of EquiTest.

Fig 2는 운동선수 집단 및 통제군의 6가지 조건에 대한 결과로 조건 1에서 조건 6으로 진행될수록 평형점수가 낮아지는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 조건 1에서 조건 6으로 진행되면서 평형을 유지하는데 필요한 기관계를 폐쇄하거나 혹은 주변 스트레스가 주어지기 때문이다. 그러나 지속적인 곡예운동에 의해 훈련된 여자 운동선수들은 일반 여학생보다 높은 것을 볼 수 있다.

4. 논 의

이 연구의 목적은 지속적인 곡예운동이 동적자세 조절에 미치는 운동학적 효과를 보는데 있다. 연구 결과 특징 중 6가지의 상황에서만 볼 때 조건 1에서 조건 6으로 갈수록 동적자세점수가 낮아졌다는 것을 알 수 있었다. 이 결과는 평형성을 인위적으로 무너뜨리는 상황을 재현한 상황에서 시각계, 전정계 및 체성감각계 등을 차단하지 않은 일반적인 상황과 점차적으로 한가지 평형기관계 및 두가지 평형 기관계를 차단한 상황에서 평형성을 유지하는 능력을 보고자 한 것이었다.

Table 3. The results of equilibrium(M±SD)

Variables	Group	M±SD	F	Post hoc	Sig
C1(Point)	Gymnastic	95.85±1.34	.795	G vs F	.989
	Figure	96.71±1.11		vs Free	.597
	Freestyle	96.00±.75		vs C	.784
	Control	94.80±.78**		F vs Free	.784
				vs C	.923
				Free vs C	.989
C2(Point)	Gymnastic	94.14±1.21	12.978**	G vs F	.157
	Figure	93.00±.81		vs Free	.465
	Freestyle	92.75±1.03		vs C	.000**
	Control	90.60±1.26**		F vs Free	.909
				vs C	.009**
				Free vs C	.001**
C3(Point)	Gymnastic	85.42±.97	3.534*	G vs F	.797
	Figure	85.42±.97		vs Free	.999
	Freestyle	85.75±.70		vs C	.216
	Control	83.90±1.37**		F vs Free	.723
				vs C	.029*
				Free vs C	.271
C4(Point)	Gymnastic	78.57±1.39	7.162**	G vs F	.342
	Figure	79.28±2.69		vs Free	.147
	Freestyle	77.12±1.35		vs C	.001**
	Control	75.50±2.06**		F vs Free	.963
				vs C	.075
				Free vs C	.200
C5(Point)	Gymnastic	64.00±1.15	23.638**	G vs F	.988
	Figure	63.71±1.25		vs Free	.036*
	Freestyle	63.75±2.12		vs C	.000**
	Control	57.70±5.07**		F vs Free	.078
				vs C	.001**
				Free vs C	.001**
C6(Point)	Gymnastic	58.00±1.15	6.300**	G vs F	.420
	Figure	57.14±2.03		vs Free	.420
	Freestyle	57.50±1.19		vs C	.004**
	Control	54.60±1.71**		F vs Free	1.000
				vs C	.182
				Free vs C	.182

C:condition, G:gymnastic, Free:freestyle skier, F:figure skater, C:control

* <.05 ** <.01

결과적으로 조건 1의 경우 스트레스 없는 일반적인 상황이기에 평형점수가 가장 높았고, 조건 6의 경우 바닥도 흔들리고, 주변 상황도 흔들리는 조건에서 평형을 유지하기 때문에 가장 낮은 점

수를 보이는 것으로 보인다. 특히 운동 종목간의 차이는 보이지 않는 것으로 나타나 지속적인 곡예 운동에 의한 것으로 통계적으로 설정한 일반 여학생보다는 모든 조건에서 평형유지 능력이 유

의하게 차이를 보이는 것으로 나타나 이는 지속적인 곡예 운동에 의한 동적 시각계, 전정계 및 체성감각계가 발달하여 통제군보다 높았다는 것으로 볼 수 있겠다.

이러한 결과를 조건 2와 조건 5에서 눈을 감고 평형을 유지하기에 눈을 뜨고 있는 조건보다는 평형점수가 낮은 것으로 보아 본 연구에서 조건 2와 조건 5에서 통제군과의 유의한 차이는 공중에서의 회전시에는 움직이는 상황에서는 시각계가 정보역할을 못하기 때문에 전정계가 주요 유지 기관으로 작용하여(2), 전정기능이 발달하였기 때문으로 본다. 특히 지속적인 곡예 훈련으로 인해 시각적, 전정계 및 체성감각계의 상황에 맞는 적합한 통합으로 인해 적절한 평형능력을 발휘할 수 있기 때문으로 보아진다(16). 선행연구에서도 전문 체조선수들은 안정성을 해치는 상황에서 빠르게 제자리를 찾는 능력이 발달해 있고, 인체 중심에서 벗어나지 않으려는 안정성과 더불어 각 운동에서 발달해 있다고 하였다(17). 특히 운동선수들은 중심을 잡기 위해 발목이나 무릎을 사용하나 비체조선수들은 힙을 이용하는 전략을 사용하는 것으로 보고 하였다(17). 높은 평형능력 기술이 요구되는 선수들은 자세의 흔들림이 증가에도 불구하고 성공적으로 평형을 유지하는 것은 풍부한 운동 능력이 숙련된 운동 기능과 접목되어 전체적인 운동감각 기관계의 운동 수행력이 좋기 때문으로 생각된다(15). 본 연구에 참여한 곡예 운동 전문 운동선수들에게 평형능력의 저하는 스포츠 현장에서 부상을 초래하기 쉽고, 스포츠 훈련 중 운동 기술이 더 많이 요구하기 때문에 평형감각 기관계의 통합 능력이 더욱 더 요구된다 할 수 있겠다.

또한 조건이 1에서 6으로 조건이 높아질수록 체성감각계보다는 전정기능을 통한 균형을 잡기 때문에(2) 평형기관계의 혼란과 지원부족으로 점수가 낮은 것으로 생각된다. 조건 5의 경우 전정기능의 이용 여부를 알 수 있는 상황으로 운동선수들의 경우 통제군에 비해 높은 것은 전정기능이 우수하기 때문으로 생각된다. 선행연구에서도 운동 집단의 경우 흔들리는 조건에서도 빠른 회복을 통한 중심을 잡는 것은 균형을 깨뜨리는 복잡한 상황에서도 전정기능을 이용하여 자세조절을 유지하게 하는 것으로 보고하기도 하였다(18). 운동 집단의 경우 전정기능에 대한 부정확한 신호의 영향을 덜 받기 때문으로 보고하였다(2). 운동 집단은 이상적인 감각기관계의 정보 입력과

중추신경계에서 통합기능이 발달하여 평형감각 기관 간의 정보 전환이 더 빠르기 때문으로도 보았다(13).

전정계는 위치와 공간(각 및 선 가속도)에서 머리의 움직임을 구별하여 자기 동작 정보를 암호로 전환하여 눈의 동작이나 주시의 안정화 및 몸의 운동방향을 인지하여 자세와 균형을 조절한다. 서 있는 상태를 유지하기 위해서는 다양한 감각기관계를 이용하여 구심성과 원심성 정보를 받아들이고 운동시키는 통합기능을 통해서 이루어진다. 선행연구에서도 공군비행사 및 스포츠 선수들에게 강한 안정감을 주기 위해서는 전정기능의 통합이 필요하다고 하였다(19). 실제로 비행중이나 곡예 스포츠 활동시 머리의 변위는 갑작스러운 전정기능의 환상(머리 운동의 잘못된 개념)을 불러일으키고, 그러할 경우 시각과 전정기능계 간의 충돌이 발생하면 부분적인 방향 변위가 발생하기도 한다(20). 조건 6의 경우에도 비록 시각이 존재하지만 주변상황이 흔들리는 상황에서는 시각의 역할이 낮기 때문에 각 감각기관의 예민도는 지지면과 시야가 안정될 때는 전정계보다는 시각과 체성감각이 평형과 주위환경의 방향설정 에 훨씬 예민하며, 체성감각은 무게중심의 빠른 변화에 예민하고 시각은 느린 변화에 대하여 더 예민하다고 하였다(2).

한편 선수간의 비교에서도 전문 발렛 댄서를 대상으로 한 정적 및 기능적 평형능력 평가 결과 통제군에 비해 유의한 결과를 보이는 것으로 보아 발렛 댄서들에게 불규칙한 착지지점, 공간, 소리울림 등에 대한 적응과 착지동작 등 반복적인 수행력에 의한 체성감각계 및 동적시각정보가 발달했기 때문으로 보았다(10). 또한 운동선수들의 경우 평형성을 무너뜨리는 다양한 훈련 경험과 신체가 이에 적응하려는 협응력이 발달되고, 신체적으로 발목관절의 힘이나 유연성 혹은 전반적인 체력이 높은 이유로 꼽을 수 있겠다(12). 또한 부상이 없는 배구선수들을 위한 플라이오메트릭 훈련에 의해 점핑 능력의 향상과 균형능력을 가져왔다는 결과는 신진과 폭발적인 구심성 훈련에 의한 체성감각계의 발달에 의한 결과로 보고하였다(13). 그러나 이와는 반대로 청소년 축구선수와 전문 축구 선수간의 균형능력 비교에서는 유의한 차이가 없었다고 하였다(14). 이러한 결과는 청소년이라도 평형기관계의 성장이 완전히 이루어진 나이이고, 두 집단 모두 규칙적인 운동을 해오고 있는 상황으로 두 집단의 운동능력이 임계치를

벗어날 경우 평형능력에는 큰 차이가 없는 것으로 보았다. 시각계 관련 선행연구에서도 평형유지를 위한 광범위한 정보를 얻는데 중요하기에 눈을 감고 훈련을 할 경우 댄서들은 체성감각계가 발달하여 평형능력을 발달시키는 것으로 보고하였다(15).

요약하면 체조, 피겨스케이팅, 프리스타일 스키 선수들은 일반 체육전공 여학생들보다 동적자세 기능에서 우수한 것으로 나타나 규칙적인 곡예 운동은 평형감각 기관계를 다양하게 자극하여 동적자세조절 향상에 기여하는 것으로 나타났다. 그러나 운동선수 집단 간에는 대동소이 한 것으로 나타나 지속적인 운동의 중요성을 의미하는 것으로 보여진다.

5. 결론

본 연구의 목적은 지속적인 곡예 운동이 동적자세조절에 미치는 영향을 분석하고자 하였다. 연구 결과 운동종목 선수 집단 간의 차이는 조건 5에서 프리스타일 선수 집단과 체조선수 집단 간 외에는 대동소이한 것으로 나타났다. 그러나 운동 집단과 일반 통제군과의 시각적, 전정계 및 체성감각계의 유의한 차이는 장기간의 운동에 의한 발달로 생각된다. 결론적으로 지속적인 곡예 운동은 평형기관계를 자극하여 동적자세 조절의 향상을 가져오는 것으로 알 수 있겠다.

References

1. M. Cenciarini, R. J. Peterka, "Stimulus-dependent changes in the vestibular contribution to human postural control", *Journal of Neurophysiology*, Vol.95, No.5 pp. 2733-2750, (2006).
2. J. K. Lee, "Dizziness", Dankook publish, Seoul, pp. 191-193, (2007).
3. F. Noé, T. Paillard, "Is postural control affected by expertise in alpine skiing?". *British Journal of Sports Medicine*, Vol.39, No.11 pp. 835-837, (2005).
4. B. Pleger, A. Villringer, "The human somatosensory system: from perception to decision making". *Prog Neurobiology*, Vol.103, pp. 76-97, (2013).
5. R. Creath, T. Kiemel, F. Horak, J. J. Jeka, "The role of vestibular and somatosensory systems in intersegmental control of upright stance", *Journal of Vestibular Research*, Vol.18, No.1 pp. 39-49, (2008).
6. A. Smalley, S. C. White, R. Burkard, "The effect of augmented somatosensory feedback on standing postural sway", *Gait Posture*, Vol.14, No.60 pp. 76-80, (2017).
7. M. Julien, P. Thierry, "Postural effects of vestibular manipulation depend on the physical activity status", *PLoS One*, Vol.14, No.11 pp. 1-13, (2016).
8. G. Pons van Dijk, A. F. Lenssen, P. Leffers, H. Kingma, J. Lodder, "Taekwondo training improves balance in volunteers over 40", *Front Aging Neuroscience*, Vol.13, No.5 pp. 1-6, (2013).
9. R. Simmons. "Sensory organization determinants of postural stability in trained ballet dancers", *International Journal of Neuroscience*, Vol.115, pp. 87-97, (2005).
10. J. Michalska, A. Kamieniarz, A. Fredyk, B. Bacik, G. Juras, K. J. Słomka, "Effect of expertise in ballet dance on static and functional balance", *Gait Posture*, Vol.1, No.64 pp. 68-74, (2018).
11. C. Hrysomallis, "Balance ability and athletic performance", *Sports Medicine*, Vol.1, No.41 pp. 221-32, (2011).
12. D. Crotts, B. Thompson, M. Nahorn, S. Ryan, "Balance abilities of professional dancers on select balance tests", *Journal of Orthopedic Sports Physics Therapy*, Vol 23, pp. 12-17, (1996).
13. Y. Y. Kim, K. O. Min, J. H. Choi, S. H. Kim, "The effects of sole vibration stimulation on Korean male professional volleyball players' jumping and balance ability", *Journal of Physics Therapy Science*, Vol. 28, No.5 pp. 1427-1431, (2016).
14. M. Pau, F. Arippa, B. Leban, F. Corona, G. Ibba, F. Todde, M. Scorcu, "Relationship

- between static and dynamic balance abilities in Italian professional and youth league soccer players", *Physics Therapy Sport*, Vol 16, No.3 pp. 236-241, (2015).
15. K. Hutt, E. Redding, "The effect of an eyes-closed dance-specific training program on dynamic balance in elite pre-professional ballet dancers: a randomized controlled pilot study", *Journal of Dance Medicine Science*, Vol.18, No1. pp. 3-11, (2014).
 16. M. Mancini, A. Salarian, P. Carlson-Kuhta, C. Zampieri, L. King, L. Chiari, F. B. Horak, "ISway: a sensitive, valid and reliable measure of postural control", *Journal of Neuroengineering Rehabilitation*, Vol 22, No.9 pp. 59-62. (2012).
 17. G. Gautier, R. Thouvarecq, J. Larue, "Influence of experience on postural control: effect of expertise in gymnastics", *Journal of Motor Behavior*, Vol 40, No.5 pp. 400-408, (2008).
 18. J. Maitre, T. Paillard, "Postural Effects of Vestibular Manipulation Depend on the Physical Activity Status". *PLoS One*. Vol 14, No.11 pp. 1-13. (2016).
 19. H. Ceyte, A. Lion, S. Caudron, P. Perrin, G. C. Gauchard, "Visuo-oculomotor skills related to the visual demands of sporting environments", *Express Brain Research*, Vol23, No.5 pp. 269-277, (2017).
 20. G. Clément, O. Deguine, M. Bourg, A. Pavy-LeTraon. "Effects of vestibular training on motion sickness, nystagmus, and subjective vertical", *Journal of Vestibular Research*, Vol 17, No.5 pp. 227-237, (2007).