Korean Journal of Sport Biomechanics
Vol. 21, No. 3, September 2011, 269-279

ISSN 1226-2226(Print), ISSN 2093-9752(Online)
http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2011.21.3.269
http://www.kssb.or.kr

리듬체조 퐁쉐 2회전 1/2턴 기술의 역학적 분석

서세미[1] · 류지선[2] · 김태삼[3]
[1] 서울여자대학교 자연과학대학 체육학과 · [2] 한국체육대학교 스포츠건강복지학부 스포츠건강관리 · [3] 한국체육대학교 체육과학연구소

The Biomechanical Analysis of Two and Half Rotation Technic of Pench̀e in Rhythmic Gymnastics

Se-Mi Seo[1] · Ji-Seon Ryu[2] · Tae-Sam Kim[3]
[1]*Department of Physical Education, College of Natural Science, Seoul Women's University, Seoul, Korea*
[2]*Sport & Health Management Major, School of Sport Health & Welfare, Korea National Sport University, Seoul, Korea*
[3]*Sports Science Institute, Korea National Sport University, Seoul, Korea*

Received 31 July 2011; Received in revised form 11 August 2011; Accepted 17 September 2011

ABSTRACT

This study was analyzed the characteristics on the stability of posture while conducting a through two and half rotation technic of pench̀e in rhythmic gymnastics. Two rhythmical gymnastics player(LKH and SSJ) who is a member of the national team were selected, and for obtain the kinematic and kinetic variables were used a ProReflex MCU 240 infrared camera(Qualisys, Sweden) and a Type9286A force platform(Kistler, Switzerland). The mechanical factors were computed by using Visual3D program and Matlab R2009a. During the landing and rotation phase the results showed following characteristics; 1) In medial-lateral and horizontal displacement of the support foot, LKH showed smaller movement than SSJ, but SSJ showed smaller movement than LKH in swing foot. LKH showed bigger movement in medial-lateral axis of COP and vertical axis of COG, but SSJ showed bigger movement in horizontal axis of COP and medial-lateral axis of COG. 2) SSJ showed bigger maximum horizontal and vertical velocity at P1 and P2 than LKH. 3) In the inclination angle of COP and COG, SSJ showed smaller change than LKH, but within medial-lateral tilt of the shoulder, LKH performed rotation motion in horizontal position than SSJ. There was no differences in each force components during rotation, but on landing phase, the results showed a characteristic that SSJ exerted bigger breaking force and vertical force than LKH.

Keywords : Pench̀e, Rhythmic Gymnastics, Mechanical, COP, COG

Ⅰ. 서 론

리듬체조는 신체의 움직임을 수구를 통해 음악과 함께 다양한 아름다움을 추구하는 운동이다(FIG, 2009). 신체 동작을 미적 · 예술적으로 조화롭게 구성하고, 표현함으로써 창조적인 자기표현 능력을 겨루는 스포츠이다(Rhythmic Gymnastics, 2010).

Corresponding Author : Tae-Sam Kim
Sports Science Institute, Korea National Sport University,
88-15 Oryun-dong, Sonpa-gu, Seoul, Korea
Tel : +82-2-410-6692 / Fax : +82-2-418-1877
E-mail : tskim@knsu.ac.kr

리듬체조의 작품구성은 필수 신체 요소인 점프(jump), 피봇(pivot), 밸런스(balance), 유연성(flexibility)이나 웨이브(wave)를 바탕으로 하며, 기구를 이용하여 신체와의 조화에 의해 경기력이 결정되기 때문에 다양한 기술에서의 역학적 요인은 신체난도를 수행하는데 있어서 기술적 향상을 얻을 수 있는 기초가 된다(Kim & Seo, 2011).

리듬체조의 움직임은 고도의 신체기술을 요구하며 움직임의 진리추구와 아름다움을 표현하는 것으로 선수들에게 필요로 하는 것은 근력, 유연성, 민첩성, 평형성, 지구력을 요구한다. 예술적인 측면에서는 움직임의 정확성, 기술의 크기, 움직임의 외형, 동작의 속도, 신체의 유연성 등이 독창성 있는 기술과 함께 조

화를 이루어야만 높은 점수를 획득할 수 있다. 이러한 신체적 움직임은 과학성과 합리성, 유연한 움직임과 강한 근력이 중요한 요소가 되고 있으며, 이러한 모든 신체적 기술을 수행 할 때에는 동적 균형(dynamic balance)이 고려되어야 한다(FIG, 2009).

균형은 자세 안정성을 지속적으로 유지해 가는 과정을 의미한다(Cohen & Gombash, 1993). 정지해 있거나 움직이는 지지기저면(base of support)에 대하여 우리가 몸의 무게중심(center or mass, COM)을 제어하려는 과정으로(Rose, 2003), 그중 동적균형은 신체가 움직일 때 균형을 유지하는 것으로 신체가 움직이는 동안 중력 중심을 지지 기저면 내에 두어 원하는 자세를 유지하는 능력이다(Bae, Kim, Lee, Park & Hong, 1992; Wade & Jones, 1997). 올바르게 균형을 유지하기 위해서는 중력에 가하는 힘의 방향과 일치된 방향으로 신체정렬을 유지할 수 있어야 하며(Shumway-Cook & Woollacott, 2001), 균형은 감각계와 신경계뿐만 아니라 관절의 가동범위, 척추의 유연성, 근육의 특성(근력)등을 포함한 근골격계의 기능도 중요하게 작용된다(Wernick-Robinson, Krebs & Giorgetti, 1999). 또한 스포츠 현장에서 행하여지는 미적능력, 균형, 안정의 측면에서 중요한 역할을 하며(Ko, 1998), 이는 특히 리듬체조선수들에게 중요한 요인으로 기술의 안정성과 완성도를 높이는데 매우 중요하다.

필수 신체 요소 중 유연성은 한 발이나 두 발(발바닥) 또는 신체 다른 부분의 지지로 수행되어야 한다. 또한 형태가 정확하고 움직임의 충분한 크기로 이루어져야 하며, 불충분한 크기나 명확하지 않은 형태로 수행된 난도는 난도로서 계산되지 않는다. 들고 있는 다리의 원 움직임과 또는 신체 축으로 회전이 있는 난도의 움직임은 반드시 지속적이어야 하며, 최대의 가능한 크기로 수행되어야 한다. 이러한 유연성 요소를 수행하는 과정에서 신체 유연성과 동적 균형은 난도기술의 난이도를 결정짓는 매우 중요한 요인이 된다. 기술적 측면에서 유연성 난도의 점수를 더욱 높게 획득하기 위해서는 유연성 난도를 수행하는 동안 신체 축으로의 회전이 이루어지며 회전의 횟수가 증가 될 때 좀 더 높은 난도로써의 가치를 인정받을 수 있다. Sparger(1997)는 회전 기술과 같은 고난도 동작을 잘 수행하기 위해서는 도약과 균형능력이 중요하며, 동작을 분석하는데 균형의 유지가 가장 핵심적인 요인으로 작용한다고 하였다.

현재 리듬체조 선수들이 수행하고 있는 유연성 난도 중 퐁쉐-턴(penchè turn) 기술은 일반적으로 가장 많이 수행되고 있는 난도로써 1회전을 기본으로 하고 있다. 퐁쉐-턴 1회전(360도) 기술은 F난도의 기술로써 난도를 정확하게 수행하였을 때 0.6점이라는 다소 높은 점수를 획득할 수 있다. 그러나 한 단계 높은 퐁쉐-턴 2회전(720도)은 0.2점의 추가점수를 받으며 H난도로 0.8점을 획득할 수 있으며, 이 H난도를 성공적으로 수행하는 선수는 현재 우리나라에서 극소수에 불과하다.

세계 정상급 선수들도 퐁쉐-턴 2회전의 높은 난도를 실시하고 있으며, 이들은 기술의 실시 정도가 신체의 유연성을 기본으로 정확한 회전수와 신체 중심이 안정성을 유지하며, 충분한 크기로 움직임을 수행하고 있다는데 기술적 점수를 인정받고 있다. 만약 2회전으로의 난도를 수행하는데 있어 조금이라도 회전각도가 부족하면 난도로써 인정을 받지 못한다. 때문에 완전한 기술로 인정받기 위해 2회전 1/2턴을 실시하여 점수를 획득하고 있다. 이러한 기술은 유연성 난도이지만 회전이 들어가 있기 때문에 신체 중심과 축의 유지, 난도 수행 시 처음부터 끝까지 기술의 정확하고 충분한 크기로 균형 있게 수행하여야하는 어려운 기술로 보다 과학적인 분석을 통해 선수들에게 직접적인 피드백을 제공할 수 있는 자료와 체계적인 연구가 필요하다.

선행연구를 살펴보면, 유연성(flexibility)의 신체난도에 관한 연구에서는 신체 각 부위의 유연성이 필요하며, 발의 up상태를 유지하기위해 발목의 힘을 단련하여야 한다고 보고하였다(Lee, 1995; Shin, 1986). 또한 Kim과 Seo(2011)는 유연성 난도수행 시 안정된 자세로 균형을 유지하면서, 유연성 있게 최대의 가능한 크기로 일관성 있게 수행하기 위해서는 하지의 근력과 발목의 강한 힘을 유지하기 위한 훈련이 필요하다고 보고하였다. 피봇(pivot)신체난도에 관한 연구에서는 효율적으로 난도를 수행하기 위해서는 팔의 빠른 움직임과 신체 무게 중심의 이동거리를 적게 수행하여야하며, 코어 안정성 ,균형성 프로그램이 경기력 향상에 도움을 준다고 보고하였다(In, 1997; Kim, 1998; Kwon, 2009; Yang, 2009). 발란스(balance)신체난도에 관한 연구에서는 고관절의 비틀림을 작게 하기위하여 많은 유연운동이 필요하다고 보고하였다(Woo & In, 2000).

특히 Song(2006)은 예술적인 아름다움 보다는 기술적인 면으로의 변화로 인해 유연한 움직임과 강한 힘을 발휘할 수 있는 근력이 중요한 요소로 부각되어지고 있다고 보고하였듯이, 현대는 신체의 기초능력을 중심으로 한 규정으로 변화하면서 보다 높은 점수를 위하여 어려운 기술을 습득하고 수행하기 위해서는 강한 근력을 바탕으로 유연성이 결합되어야 하며, 동시에 동작의 균형을 강조하고 있다.

이와 같이 운동역학적 분석을 통해 경기력 향상을 위한 과학적인 자료들이 제공되어 왔지만 보다 높은 기술을 습득하기 위한 신체 움직임의 과학적인 분석과 난도기술을 성공적으로 수행하기 위한 세부적인 연구가 미비한 실정이다.

리듬체조는 전문 체력과 고도의 신체 기술을 요구하며 동시에 수구를 이용하여야 하는 복잡하고 섬세한 운동이기 때문에 어려운 신체기술을 습득하고 보다 완벽하게 수행하며 좀 더 나은 경기력 향상을 위해서는 스포츠 과학에서의 운동역학적 연구가 절실히 요구되고 있는 실정이다.

이를 위해 정량적인 자료를 기초로 한 동작 분석이 필수적이라 할 수 있다. 즉 엘리트 선수의 신체 기술 난도 수행을 과학적인 관점에서 분석하고 이해하는 것은 선수들의 경기력향상

을 위한 기초자료가 될 것이다. 따라서 본 연구의 목적은 리듬체조 퐁쉐 2회전 1/2턴 기술의 역학적 분석을 통하여 경기력 향상을 위한 자료를 제공하는데 있다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구는 여자 리듬체조 LKH와 SSJ 선수를 대상으로 선정하였으며, 이들의 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristics of subjects

	Height (m)	Weight (kg)	Age (yrs)	Career (yrs)
A	167	47	20	10
B	162	46	22	12

2. 실험 장비

본 연구에 사용된 실험장비와 분석 장비는 <Table 2>와 같은 장비를 사용하였다. 3차원 위치좌표를 얻기 위해 Qualisys사의 Motion Capture 프로그램인 ProReflex MCU240 7대를 이용하였으며, 위치좌표를 이용한 각 관절점에 대한 운동학적 요인은 Matlab R2009a와 Visual3D 프로그램을 이용하여 분석하였다.

Table 2. Experimental equipments

Equipment	Product	Manufacturer
Instrument	Camera NLT Marker Computer	ProReflex MCU240 130* 440 type Reflection Marker PentiumⅣ
	Force plate	Kistler Type 9286A
Analysis instrument	Program	Track Manager Visual3D Matlab R2009a

3. 실험 절차

본 연구에 사용된 카메라는 240 Hz/s로 촬영할 수 있는 ProReflex MCU240 적외선 카메라를 사용하였으며, 촬영속도는 100 Hz/s로 설정하였다. 카메라 설치는 진행 방향으로 카메라를 전, 후 측면과 좌, 우 측면에 총 7대의 카메라(ProReflex MCU)를 설치한 다음 NLT(nonlinear transformation) 방법을 이용하여 기준좌표계를 설정하였다.

발의 압력중심을 얻기 위해 바닥에 설치된 1대의 지면반력기(Kistler, Type9286A, Switzerland)위에서 퐁쉐 동작이 이루어지도록 하였으며, 지면반력기의 샘플링 율(sampling rate)은 1000 Hz/sec로 자료를 수집하였다. 운동 방향 축 설정을 위해 진행방향을 기준으로 X축은 좌·우방향, Y축은 전·후방향, Z축은 수직방향으로 설정되었다.

퐁쉐-턴 기술동작에 대한 정확한 위치좌표를 얻기 위해 피험자는 관절점과 부착점의 마커 식별을 위해 상의와 하의를 탈의시킨 후, 검은색 상의와 하의 타이즈를 입히고, 각 분절과 관절에 마커, 클러스터(cluster)를 착용하였다. 그리고 실험 측정에 앞서 대상자의 신체 해부학적 상태를 고려한 자료를 추출하기 위해 스탠딩 캘리브레이션(standing calibration)을 실시하였다. 분석동작은 각각 5회 실시 후, 가장 이상적인 동작을 선정하여 분석하였다.

4. 자료처리 및 분석 변인

ProReflex MCU240 적외선 카메라로 촬영된 자료는 Qualisys Tracking Manager 프로그램으로 각 마커에 대한 tracking을 하였고, tracking 된 자료는 Visual3D 분석 프로그램과 Matlab R2009a 프로그램에서 사용할 수 있도록 .c3d와 .txt로 전환시켰다. 요인분석을 위해 사용된 프로그램은 Visual3D 프로그램과 Matlab R2009a 프로그램을 사용하여 운동학적, 운동역학적 요인을 산출하였다. 운동학적 분석 시 노이즈에 의한 오차 제거를 위해 Butterworth 2차 저역 통과 필터(low-pass filter)를 이용하여 스무딩(smoothing) 하였고, 차단 주파수는 8.0 Hz로 설정하였다. 신체중심과 압력중심과의 기울기각(Lee & Chou, 2006)을 산출하기 위해 다음과 같은 식을 이용하였다.

Θ(i)=atan2(x(i)-x1(i), z(i)-z1(i)),
x, z: COG의 좌·우, 수직위치, x1, z1: COP의 위치

그리고 어깨의 좌·우 기울기각도 아래와 같은 방식을 이용하여 산출하였으며, 오른쪽(S_{RX})과 왼쪽(S_{LX}) 어깨의 좌·우축 위치와 오른쪽(S_{RZ})과 왼쪽(S_{LZ}) 어깨의 수직위치를 이용하여 기울기를 산출하였다.

$$\Theta = Tan^{-1}\left\{\frac{S_{RX}-S_{LX}}{S_{RZ}-S_{LZ}}\right\}$$

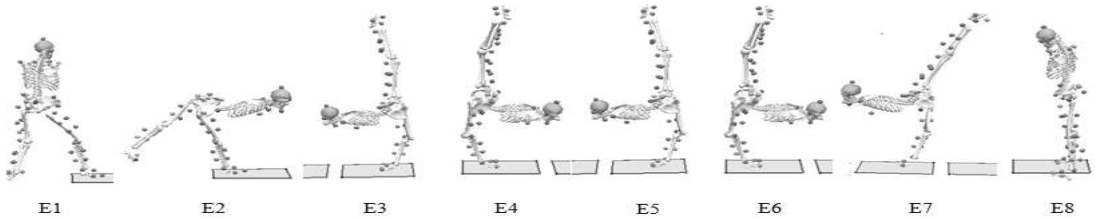

Figure 1. Event setup

5. 분석 국면

본 연구에서의 분석 국면은 오른쪽 지지발이 지면에 착지하는 순간부터 2회전 1/2턴까지로 설정하였으며, <Figure 1>와 같이 8개의 Event와 5개의 Phase로 설정하여 각각 분석하였다. P1은 지지발 착지(E1)에서 전방 어깨 수평(E2)까지의 준비구간, P2는 E2부터 전방 어깨 수평(E4)까지의 1회전, P3는 E4에서 전방 어깨 수평(E6)까지의 2회전, P4는 전방 어깨 수평(E6)부터 E7까지, P5는 E7부터 착지(E8)까지로 설정하여 분석하였다.

Ⅲ. 결 과

본 연구는 퐁쉐 2회전 1/2턴 기술의 역학적 분석을 통해 회전 동작에 대한 자세의 안정성을 평가하는데 있으며, 이를 위해 국내랭크 1위와 2위였던 두 명의 리듬체조 선수를 대상으로 분석하였으며, 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 지지발과 스윙발의 이동변위

<Table 3>은 지지발과 스윙발의 국면별 이동변위를 나타낸 것이며, <Figure 2>는 지지발 움직임의 평면 이동변화를, <Figure 3>은 스윙발의 움직임에 대한 3차원 이동 궤적을 나타낸 것이다. 국면별 지지발의 움직임 변위를 살펴보면, 수직변위에 있어서는 두 선수가 차이를 보이지 않았지만, 좌우변위에 있어서는 P3과 P4에서 SSJ가 이동변위가 다소 큰 움직임을 보였다. 수평변위에 있어서는 큰 차이를 보이지 않았지만, P2에서 SSJ가 LKH보다 다소 큰 움직임을 보였다. 지지발 착지부터 마무리 자세까지의 지지발의 전체 움직임을 보면 LKH는 SSJ보다 좌·우, 수평 이동변위의 움직임이 작은 특성을 보였고, 이러한 특성은 <Figure 2>에서 볼 수 있듯이 LKH가 SSJ보다 이동변화가 작은 특성을 보이고 있다. 스윙발의 전체 움직임을 보면 P1, P2, P3에서는 SSJ가 좌·우, 전·후의 변위가 큰 반면에 LKH는 수직변위가 큰 특성을 보였다. 그러나 P4와 P5에서는 LKH의 움직임이 SSJ보다 좌·우, 수평 변위가 큰 반면에 수직변위에 있어서는 SSJ보다 LKH의 움직임 변위 다소 큰 특성을 보이고 있다. 특히 P5에서 SSJ는 LKH보다 작은 수직변위를 보이면서 LKH보다 마무리 동작이 빠르게 이루어지는 특성을 보였다.

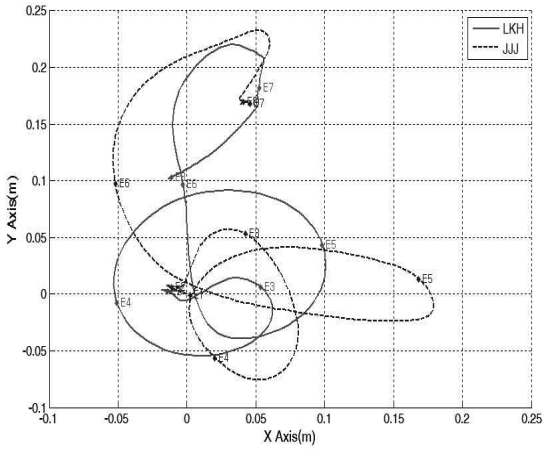

Figure 2. X-Y plane of support foot

Table 3. Each phase displacement of support and swing foot

(unit: m)

	Support foot						Swing foot					
	LKH			SSJ			LKH			SSJ		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
P1	0.03	0.01	0.03	0.02	0.01	0.04	0.01	0.11	0.02	0.04	0.24	0.06
P2	0.11	0.07	0.04	0.10	0.14	0.04	1.14	1.11	1.75	1.17	1.20	1.70
P3	0.16	0.13	0.03	0.23	0.14	0.03	0.85	0.81	0.16	0.95	0.93	0.09
P4	0.07	0.13	0.03	0.12	0.13	0.03	1.04	1.46	1.12	0.85	1.33	0.63
P5	0.00	0.04	0.04	0.01	0.00	0.04	0.48	1.14	1.71	0.34	1.08	0.97
total	0.16	0.27	.	0.23	0.31	.	1.48	2.17	1.79	1.44	2.02	1.81

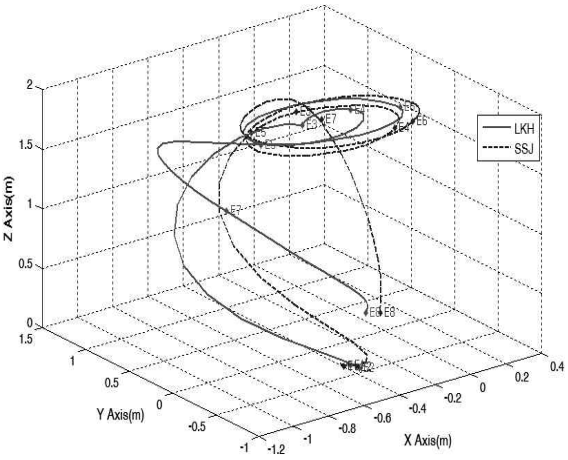

Figure 3. 3D trajectory of swing foot

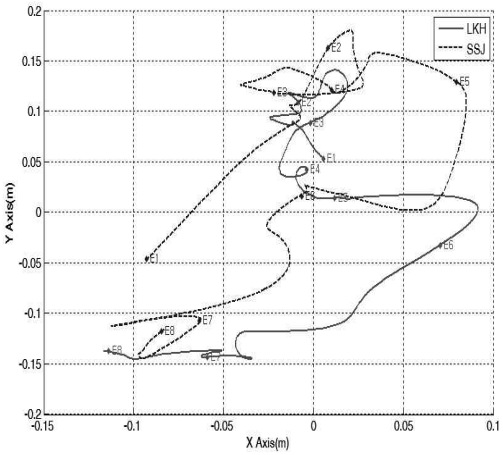

Figure 4. X-Y plane of COP

Table 4. Each phase magnitude of COP and COG

(unit: m)

	COP				COG					
	LKH		SSJ		LKH			SSJ		
	X	Y	X	Y	X	Y	Z	X	Y	Z
P1	0.03	0.06	0.10	0.21	0.10	0.38	0.17	0.10	0.22	0.14
P2	0.16	0.11	0.07	0.06	0.09	0.23	0.13	0.09	0.19	0.15
P3	0.10	0.08	0.09	0.16	0.07	0.15	0.02	0.06	0.18	0.03
P4	0.13	0.11	0.10	0.13	0.09	0.03	0.11	0.09	0.07	0.09
P5	0.07	0.01	0.03	0.04	0.04	0.01	0.02	0.02	0.02	0.05
total	0.21	0.29	0.20	0.32	0.12	0.63	0.22	0.15	0.63	0.19

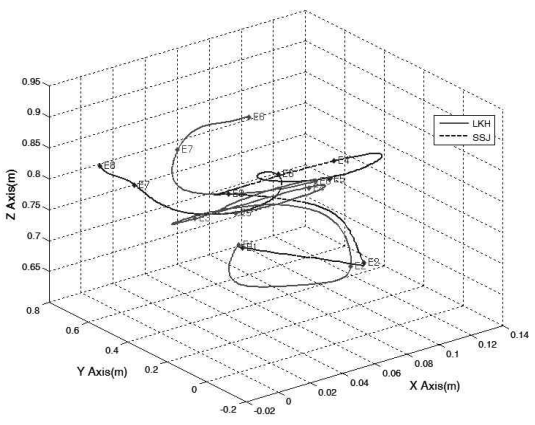

Figure 5. Change of COG

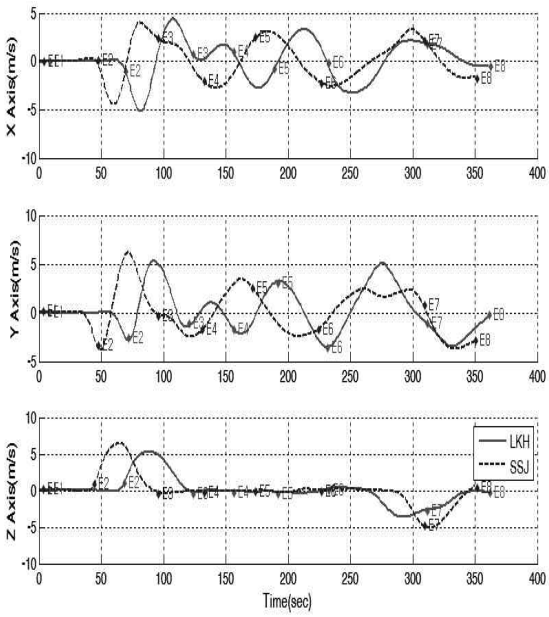

Figure 6. Each components velocity of swing foot

2. 압력중심과 신체중심의 변화

<Table 4>는 압력중심과 신체중심의 국면별 변화를 나타낸 것이다. <Figure 4>는 압력중심의 X-Y면에 대한 변화를 나타

낸 것이며, <Figure 5>는 신체중심의 이동변화를 3차원 궤적으로 나타낸 것이다. 표와 그림에 제시된 압력중심의 특성을 살펴보면, P1에 있어서 SSJ가 좌·우, 수평변위가 큰 특성을 보였고, P2에서는 LKH의 변화가 큰 특성을 보였다. P3에서는 SSJ의 수평변위가 큰 특성을 보였고, P4에서는 좌·우는 LKH, 수평은 SSJ가 다소 큰 변위를 보였다. 마무리 구간의 P5에 있어서는 좌우는 LKH가, 수평변위는 SSJ가 다소 큰 특성을 보였다. 그러나 압력중심의 전체 이동변위에 있어서 좌·우변위는 큰 차이를 보이지 않았지만, SSJ가 수평변위에서 다소 큰 변위를 보였다.

이와 달리 표와 그림에 제시된 신체중심의 국면별 변위를 보면, P1에서는 수평과 수직에서 LKH가 다소 큰 변위를 보였고, P2에서 수평은 LKH, 수직은 SSJ의 움직임이 큰 특성을 보였다. P3에서는 큰 차이를 보이지 않았지만, 수평변위에서 SSJ가 다소 큰 특성을 보였다. P4에서도 수평은 SSJ, 수직은 LKH의 움직임이 큰 특성을 보였고, P5에 있어서 LKH는 좌·우, SSJ는 수직변위가 다소 큰 변화를 보였다. 전체 이동변위에 있어서도 좌·우는 SSJ, 수직은 LKH의 움직임 변위가 다소 큰 특성을 보였다.

3. 스윙발의 속도변화

<Table 5>는 스윙발의 국면별 최대 속도를 나타낸 것이며, <Figure 6>은 스윙발의 성분별 속도변화를 나타낸 것이다.

스윙발의 속도변화를 살펴보면, P1에서 SSJ가 LKH보다 발을 빠르게 후방으로 들어 올리는 특성을 보였고, P2에 있어서도 SSJ가 LKH보다 전·후와 수직속도가 큰 속도를 보이면서 다리를 수직으로 세우면서 1회전 동작을 수행하는 특성을 보였고, 좌·우속도에서는 SSJ보다 LKH가 다소 큰 속도를 보였다. 2회전의 P3에서는 큰 차이는 보이지 않았지만, -방향의 좌·우속도에서 SSJ가 다소 빠른 속도를 보였고, 수평속도의 +방향은 SSJ, -방향 속도는 LKH가 다소 큰 속도를 보이면서 회전하는 특성을 보였다. 2회전 반의 P4에 있어서 +방향의 좌·우속도는 SSJ, -방향의 좌·우속도는 LKH가 다소 큰 속도를 보였고, 수평속도의 +방향과 -방향은 LKH가 SSJ보다 빠른 속도에서 회전동작이 이루어지는 특성을 보였다. 그리고 수직속도의 -방향은 LKH보다 SSJ가 빠른 속도를 보였다. 마무리 구간의 P5에 있어서는 LKH보다 SSJ가 좌·우, 수평, 그리고 수직속도에서 빠른 속도를 보이면서 동작을 수행하는 것으로 나타났다. <Figure 4>에 제시된 그림에 의하면, 2회전에 있어서는 LKH와 SSJ의 속도가 큰 차이를 보이지 않았지만, LKH는 P1과 P4에서 -방향의 좌·우속도가 크고, 수평속도는 P4의 +와 -방향에서 빠른 속도를 보였다. 이와 달리 SSJ는 좌·우속도의 P4에서 +방향, 수평속도는 P2에서 +와 -방향, 그리고 수직속도의 P2와 P4에서 각각 +방향과, -방향에서 빠른 속도를 보였다.

Table 5. Each phase components maximum velocity of swing foot (unit: m/s)

		Swing foot					
		LKH			SSJ		
		X	Y	Z	X	Y	Z
P1	+ max	0.26	0.13	1.09	0.62	0.05	3.64
	- max	-0.67	-3.16	-0.12	-0.10	-5.57	-0.12
P2	+ max	4.77	5.65	5.40	4.23	6.43	6.78
	- max	-5.50	-3.61	-0.25	-4.72	-4.69	-0.38
P3	+ max	3.47	3.30	0.13	3.42	3.73	0.25
	- max	-2.86	-3.60	-0.46	-3.03	-2.68	-0.37
P4	+ max	2.29	5.66	0.62	3.50	2.53	0.26
	- max	-3.31	-3.67	-3.86	-2.77	-1.44	-5.10
P5	- max	-0.66	-3.67	-2.62	-1.78	-3.81	-5.22

Table 6. Tilt angle (unit: deg)

	COP and COG		Shoulder	
	LKH	SSJ	LKH	SSJ
E1	68.8	75.1	-0.1	-2.1
E2	74.4	72.3	-0.9	-4.2
E3	71.8	73.1	-2.8	-4.2
E4	78.1	74.6	-3.3	-4.4
E5	73.3	70.3	-4.3	-5.5
E6	70.5	74.7	-5.5	-8.1
E7	73.6	73.7	0.4	-2.7
E8	76.1	74.5	0.3	-0.9

4. 기울기각의 변화

<Table 6>은 압력중심과 신체중심의 기울기각, 어깨선상의 좌·우 기울기각을 나타낸 것이며, <Figure 7>은 압력중심과 신체중심의 기울기각의 변화, <Figure 8>은 어깨의 기울기각 변화를 나타낸 것이다. 압력중심과 신체중심의 기울기각은 수직축을 기준으로 90°에 가까울수록 수직 자세를 나타낸다. 두 피험자 모두 많은 차이를 보이지 않고 동작을 수행하는 것으로 나타났지만, SSJ가 E1, E3, E6,에서 다소 큰 각도를 보였고, LKH는 E2, E4, E5, E8에서 다소 큰 각도를 보였다. 그러나 <Figure 7>에 의하면, 전반적인 유형에 있어서는 SSJ가 LKH보다 다소 기울기의 변화가 작은 상태에서 회전동작을 수행하는 것으로 나타났다. 어깨 기울기각은 수평축을 중심으로 좌우의 기울기 값을 나타낸 것으로, 0은 수평상태를 의미하며, 값은 우측어깨방향으로 기울어지 자세를 의미한다. 전반적으로 LKH는 SSJ보다 0도에

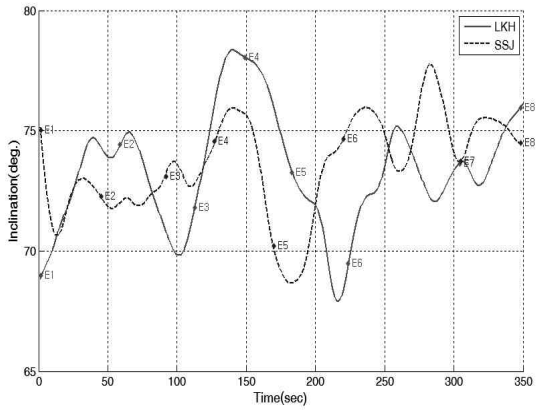

Figure 7. Inclination angle between COP and COG

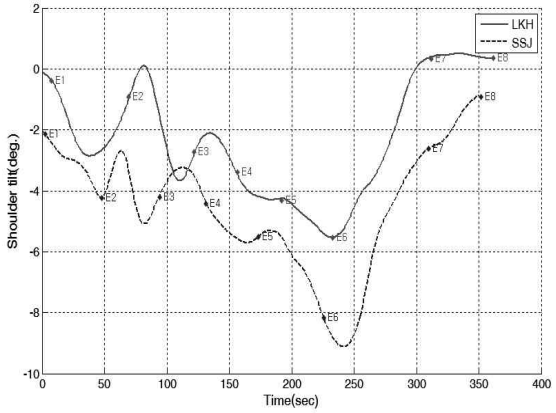

Figure 8. Tilt angle of Shoulder line

가까운 수평자세를 보이면서 동작을 수행하는 것으로 나타났으며, 이는 <Figure 8>에 제시된 것과 같이 LKH가 SSJ 보다 다소 기울기의 변화가 작은 수평 상태에서 회전동작을 수행하는 것으로 나타났다.

5. 지면반력의 변화

<Table 7>은 성분별 최대 힘 값을 나타낸 것이며, <Figure 9>는 성분별 힘 값에 대한 변화를 나타낸 것이다. 표와 그림에 제시된 좌우 힘(Fx)의 특성을 보면, 회전동작을 수행하는 동안 LKH보다 SSJ가 전반적으로 지면에 작용하는 힘이 크게 나타났으며, 특히 P1의 준비구간, 1회전의 P2, 2회전의 P3에서 다소 큰 힘이 작용하는 특성을 보였다. 수평 힘(Fy)의 특성을 보면, 회전동작에서는 큰 차이를 보이지 않았지만, P1의 준비구간에서 SSJ는 몸이 앞으로 나가는 것을 제어하는 제어력(breaking force)이 LKH보다 큰 특성을 보였다. 수직 힘(Fz)에 있어서도 회전구간에 있어서는 큰 차이를 보이지 않았지만, 준비구간의 P1에서 LKH보다 SSJ가 지면에 작용하는 반력이 큰 특성을 보였다.

Table 7. Each components force

(unit: N)

		LKH			SSJ		
		X	Y	Z	X	Y	Z
P1	+	66.6	-15.5	453.0	76.0	1.4	590.7
	-	-13.1	-13.1	.	-45.9	-179.6	.
P2	+	73.4	57.3	500.1	104.4	72.7	771.0
	-	-34.5	-73.1	.	-113.3	-151.5	.
P3	+	13.4	48.1	500.1	66.0	46.8	595.9
	-	-25.2	-25.6	.	-57.0	-40.7	.
P4	+	16.9	-10.6	513.0	37.6	24.2	623.2
	-	-7.4	-50.5	.	-48.6	-61.2	.
P5	+	60.7	3.1	473.0	46.4	-13.0	582.4
	-	10.4	-14.2	.	-11.0	-34.8	.

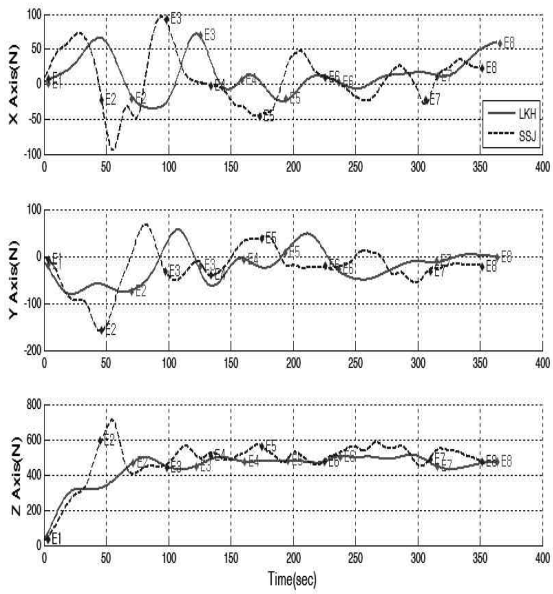

Figure 9. Each components force

Ⅳ. 논 의

리듬체조의 신체기술은 역학적인 기능을 요구하는 예술적 동작을 요구하기 때문에 미적 감각에 앞서 과학적인 관점에서 인체의 기능을 이해하고 사용하는 것이 기교적 향상을 얻을 수 있는 기초가 된다(Yang, 2009). 또한 신체기술은 움직임의 정확성, 기술의 크기, 움직임의 외형, 동작의 속도, 신체의 유연성 등이 독창성 있는 기술과 함께 조화를 이루어야만 높은 점수를 획득할 수 있다(FIG, 2009). 완전한 기술적 점수를 획득하기 위해서는 최우수선수의 운동역학적 분석을 통해 선수들의 경기력 향상을 위한 연구가 이루어져야 한다. 이에 본 연구는 리듬체조 퐁쉐 2회전 1/2턴 기술의 역학적 분석을 통하여 유연성난도

회전 동작 시 자세의 안정성에 대한 특성을 분석함으로서 운동수행능력과 경기력 향상을 위한 자료를 제공하는데 있다. 지지발과 스윙발의 이동변위를 분석한 결과 지지발의 이동변위는 좌·우변위와 수평변위에서 SSJ보다 LKH의 움직임이 작은 특성을 보였고, 수직변위에 있어서는 두 선수가 차이를 보이지 않았다. 회전이 들어가 있는 기술을 수행하는데 있어 가장 중요한 것은 회전의 축이 되는 지지발의 균형으로, Sparger(1997)는 회전기술과 같은 고난도 동작을 잘 수행하기 위해서는 균형능력이 중요하며, 동작을 수행하는데 있어 균형유지가 가장 핵심적이 요인으로 작용한다고 하였다. 또한 완벽한 동작을 위한 자세의 안정감은 신체 균형을 유지하는 능력으로서 곧 평형성이라 할 수 있으며(Na, 1996), 이러한 평형성을 유지하기 위해서는 감각계와 신경계 뿐만 아니라 관절의 가동범위, 척추의 유연성, 근육의 기능 등을 포함한 근골격계의 기능이 중요하다고 하였다(Kim & Choi, 2004; Wernick-Robinson, Kreb & Giorgetti, 1999). 이처럼 지지발의 수직변위의 차이가 보이지 않은 것은 두 선수 모두 균형유지를 잘하며 기술을 수행한 것으로 판단되고, 이는 곧 신체의 근골격계 기능과 평형성이 좋은 것으로 생각된다. 그러나 좌우변위와 수평변위의 움직임에 있어서 Kwon(2011)은 좋은 동작일수록 이동거리가 작게 나타난다고 하였으며, Imura, Iino와 Kojima(2008)는 신체중심의 이동거리를 최소화하는 것이 좋다고 보고하고 있어, SSJ보다 LKH가 안정된 회전을 위하여 관성모멘트를 줄이며, 균형을 잘 유지하면서 동작을 수행한 것으로 보여 진다. 스윙발의 이동변위에 있어서 SSJ는 P4와 P5에서 작은 움직임을 보였지만, 1회전(P2)과 2회전(P3)에서 LKH보다 움직임이 큰 특성을 보였다. 이는 SSJ가 회전의 마지막 1/2턴(P4)과 마무리 착지(P5)동작에서 신체의 중심을 끝까지 잘 유지한 것으로 보여 지며, 회전동작이 잘 이루어져야지만 착지 동작에서도 일정한 각도를 유지하면서 안정된 착지를 할 수 있다(Kwon, 2011)는 선행연구와 같이 기술의 마무리 동작을 잘 연결한 것으로 생각된다. 유연성 요소의 동작 수행은 움직임의 충분한 크기와 최대의 가능한 크기로 수행되어야 한다(FIG, 2009)는 정의와 같이 기술의 크기와 유연함이 중요시 되는데, SSJ가 P2와 P3에서 지지다리와 스윙다리의 유연성(개각)이 충분한 크기로 이루어졌기 때문에 회전 시 스윙발의 움직임이 크게 나타난 것으로 보여 진다.

스윙발의 속도변화에서는 P1과 P2에서 SSJ가 LKH보다 최대수평속도와 수직속도에서 큰 특성을 보였다. 이는 뒤로 차올리는 스윙다리의 속도를 높임으로써 회전력 얻기 위한 것으로 보여 진다. Park(1996)에 의하면 illusion 동작 시 상·하 방향 발의 속도는 우수선수가 계속해서 회전 속도를 유지시켜나가고 있는 반면, 비우수선수는 거의 정지에 가까운 속도로 회전한다고 보고하였고, Ha(2001)의 Arch 동작에 대한 연구에서는 스윙 발이 90도 올라갔을 때와 스윙 발끝이 정점에 달했을 때, 우수선수와 비우수선수의 속도 차이가 수평 속도에서는 3.01 m/s, 수직속도에서는 4.81 m/s의 차이를 보이면서, 차올리는 다리의 속도가 정확한 동작을 수행하는데 영향이 있음을 보고 하였으며, 이런 두 그룹간의 차이는 기능발달의 단계가 서로 다르기 때문으로 보고하였다. 이와 같이 스윙발의 속도를 빠르게 하는 것은 기술의 회전과 회전 속도를 유지하는데 중요한 역할을 하는 것으로 생각되며, 정확한 동작을 수행하는데 영향이 있을 것으로 판단된다. 또한 보다 정확한 동작을 수행하기 위해서는 스윙 발을 뒤로 차올리는 킥 동작에서 강한 순발력을 기르는 훈련을 통하여 빠른 동작 수행과 회전이 동시에 이루어질 수 있도록 하는 것이 중요할 것으로 생각된다.

회전 시 압력중심의 변위에 있어서 좌·우변위는 LKH, 수평변위는 SSJ가 다소 큰 움직임을 보였고, 신체중심의 수평변위에 있어서 P1, P2는 LKH, P3과 P4는 SSJ가 다소 큰 변위를 보였다. Yang(2009)의 기본적인 풍쉐 1회전 기술난도의 압력중심 움직임 변화에서는 전·후축은 평균 45.4±13.02 cm의 움직임을 나타내었으며, 좌·우축에서는 30.9±9.08 cm로 전후보다 적은 움직임을 나타내었다. 본 연구결과에서도 좌·우변위에서 LKH가 0.21 m, SSJ는 0.20 m, 수평변위에서는 LKH가 0.29 m, SSJ는 0.32 m을 나타내면서 좌·우변위보다 수평변위에서의 움직임이 다소 큰 특성을 보였다. 그러나 풍쉐 1회전 기술에서 보다 본 연구의 풍쉐 2회전1/2턴 기술에서 좌·우변위와 수평변위가 보다 작은 특성을 보인 것은 기술 수행 시 이동거리를 작게 하여 동작의 효율성을 증가시키면서 회전기술을 수행한 것으로 보여 진다.

또한 신체중심의 수평변위에 있어서는 LKH는 P1, P2에서, SSJ는 P3과 P4에서 다소 큰 변위를 보였다. 이는 LKH는 지지발착지에서 전방 어깨 수평까지(P1)와 1회전 전방 어깨 수평 까지(P2) 지지발착지와 동시에 상체를 앞으로 숙여 1회전을 수행하는데 있어 기술시작 앞부분에 몸통을 이용하여 회전 동작을 시작한 것으로 보여 지며, SSJ는 풍쉐 2회전(P3)과 1/2회전(P4)에서 회전력을 마지막구간까지 유지하기 위해 신체중심의 변위가 크게 나타난 것으로 판단된다. Ha(2002)에 의하면 신체운동 시 모든 힘은 허리에서 발생한다고 볼 수 있고, 척추와 몸통의 사용이 효과적으로 이루어져야만 최대의 힘을 낼 수 있다고 하였으며, 대부분의 운동기능들은 회전의 발생과 조절을 필요로 하기 때문에 회전을 일으키기 위해서는 요추부위 토크의 회전효과를 이용해야 한다(Han & Woo, 2010)고 하였다. 이러한 선행연구에 기초해 볼 때 상체를 수평으로 숙여 회전 기술을 수행할 때 신체중심을 유지하기 위해서는 몸통의 사용이 효과적으로 이루어져야 할 것이며, 회전의 힘을 유지하기 위해서는 요추부위의 근육조직을 강화 시켜야 회전량도 증가 할 것으로 사료된다.

본 연구 결과의 압력중심과 신체중심의 기울기각에 있어서

는 전반적으로 LKH보다 SSJ의 기울기각변화가 작은 특성을 보였으며, 어깨선상의 좌우기울기각에 있어서는 LKH가 SSJ보다 수평에 가까운 자세에서 회전동작을 수행하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 정확한 턴을 위해서는 COM(center of mass) 속도가 움직이려는 방향으로 변화되어야 하며, 또한 신체도 움직이려는 방향으로 일직선화 되어야 한다(Jindrich & Full, 1999; Patla et al., 1991)고 하였듯이 압력중심과 신체중심의 기울기각 변화를 작게 하는 것은 정확한 턴을 수행하기 위해 중요한 것으로 생각된다. Park과 Kim(2009)은 상지를 이용하지 않은 아라베스크 턴은 머리와 몸통을 사용하여 회전력을 조절하고 있으며, 상지를 이용한 아라베스크 턴은 어깨를 이용하여 회전력을 얻는다고 보고하였듯이, 본 연구에서도 이와 일치하는 결과를 나타냈다. 따라서 어깨선상의 좌우기울기각에서 SSJ의 변화가 큰 것은 상지를 이용하여 회전력을 얻는 것이며, 이에 반해 LKH는 몸통을 이용해 회전력을 얻기 때문에 어깨선상의 좌우기울기각에 있어서는 수평에 가까운 자세에서 회전동작을 수행하는 것으로 보여 진다.

지지발 착지 시 지면반력의 특성을 보면 회전동작에서는 성분별 큰 차이는 보이지 않았지만, 착지국면에서 SSJ가 LKH보다 좌·우, 수평, 그리고 수직 힘을 크게 발휘하는 것으로 나타났다. Jung(2000)은 회전동작 수행 시 지지하고 있는 발의 모든 발가락을 이용하여 지면을 넓이고 지면에 발가락을 강하게 누르고, 회전직전에 발바닥 전체가 지면에 닿아있는 상태에서 발뒤꿈치를 안쪽으로 밀어내야 한다(Do, 1991)고 보고하였다. 또한 Shin과 Park(2009)에 의하면 발에서 시작된 측면 힘은 방향에 따라 감속 혹은 가속을 위해 발을 회전할 것이고, 여기서 발생된 힘 벡터는 결국 몸통의 회전각을 발생시키게 된다고 하였다. 하지 움직임의 평형성은 신체에 작용되는 힘의 평형상태를 유지시키는 과정(Park, 2004)이라 하였고, Gwon과 Lee(2005)는 아라베스크 턴의 서기 동작은 발목과 무릎의 신전력을 통해 수직 지면반력 값을 크게 만드는 노력이 중요하며, 이는 빠르고 큰 신전력에 의한 수직반력으로 동작을 활동적으로 보이게 한다고 하였다. 본 연구결과에서 SSJ가 좌·우, 수평, 그리고 수직 힘을 크게 발휘한 것은 빠른 회전과 동시에 몸통의 회전각을 크게 하기 위한 것으로 생각되며, 발목과 무릎의 신전력을 이용해 수직 힘을 강하게 하여 기술 수행 시 빠른 회전과 균형을 유지하는 요인으로 보여 진다.

따라서 안정되고 정확한 퐁쉐 2회전 1/2턴 기술을 위해서는 회전의 축이 되는 지지발의 이동변위를 작게 하고, 스윙발의 속도는 빠르게 하는 것이 기술의 회전과 회전 속도를 유지하는데 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다. 또한 지면을 강하게 누르며 발생된 힘은 몸통의 회전을 발생시키고, 동시에 신체중심을 유지하기 위해서는 몸통의 사용이 효과적으로 이루어져야 할 것이다. 이를 위해 요추부위와 몸통의 중심인 코어의 근육조직을 강화 시켜야 회전량도 증가될 것이며, 안정적인 자세로 회전의 힘을 유지하며 정확하게 기술을 수행할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 리듬체조 퐁쉐 2회전 1/2턴 기술의 역학적 분석을 통하여 유연성 난도 회전동작 시 자세의 안정성에 대한 특성을 분석하였다. 이를 위해 리듬체조 국가대표인 LKH와 SSJ 선수 2명을 선정하여 분석하였으며, 영상분석과 압력중심을 얻기 위해 ProReflex240MCU 적외선 카메라와 Kistler사의 Type 9286A 모델 지면반력기 1대를 이용하여 분석하였다. 인체에 부착된 마커점의 3차원 위치좌표를 얻기 위해 Qualisys Track Manager 프로그램을 이용하여 tracking 하였으며, 모든 파일은 .c3d와 .txt 파일로 변환시켰고, 변화된 자료는 Visual3D 프로그램과 MatlabR2009a를 이용하여 역학량에 대한 자료를 산출한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

지지발의 이동변위는 SSJ보다 LKH의 움직임이 작은 특성을 보였고, 스윙발의 이동변위에 있어서 SSJ는 P4와 P5에서 작은 움직임을 보였지만, 1회전(P2)과 2회전(P3)에서 LKH보다 움직임이 큰 특성을 보였다. 회전속도를 얻기 위해서 P1과 P2에서 SSJ는 LKH보다 최대 수평속도와 수직속도가 큰 특성을 보였다. 회전 시 압력중심의 변위에 있어서 좌우변위는 LKH, 수평변위는 SSJ가 다소 큰 움직임을 보였고, 신체중심의 수평변위에 있어서 P1, P2는 LKH, P3와 P4는 SSJ가 다소 큰 변위를 보였다. 압력중심과 신체중심의 기울기각에 있어서는 전반적으로 LKH보다 SSJ의 기울기각변화가 작은 특성을 보였지만, 어깨선상의 좌우기울기각에 있어서는 SSJ보다 LKH가 수평에 가까운 자세에서 회전동작을 수행하는 것으로 나타났다. 지지발 착지 시 지면반력의 특성을 보면 회전동작에서는 성분별 큰 차이는 보이지 않았지만, 착지국면에서 SSJ가 LKH보다 좌·우, 수평, 그리고 수직 힘을 크게 발휘하는 것으로 나타났다.

참고문헌

Bae, S. S., Kim, H. S., Lee, H. O., Park., J. H., & Hong, W. S.(1992). *Movement of Human Body*. Published by HyunMoon.

Cohen, H., Blatchly, C. A., & Gombash, L. L.(1993). Study of the clinical test of sensory interaction and balance. *Physical Therapy*, 73(6), 346-354.

Do, J. N.(1991). *Ballet Class*. Seoul: Samsinkak.

FIG.(2009). *Rhythmic Gymnastic Code of Points*. International Gymnastics Federation.

Gwon, A. S., & Lee, G. B.(2005). The research for using method of GRF on rotational movement in arabesque. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 15(2), 1-10.

Ha, C. S.(2002). *Sports Biomechnics*. Seoul: Hyungseul Publisher.

Ha, W. E.(2001). Kinematic Analysis of ARCH Motion in Rhythmic Gymnastics. *Physical Science Laboratory of SangJi University, Sports Science*, 7, 127-141.

Han, J. H., & Woo, B. H.(2010). Biomechanical analysis on kinematic chains type of trunk. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 20(3), 277-284.

In, H. G.(1997). *Kinematic Analysis of the Attitude Motion for Double Pivot Attitude in the Rhythmic Sports Gymnastics*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of HanYang University.

Jindrich, D. L., & Full, R. J.(1999). Many-legged maneuverability: dynamics of turning in hexapods. *Journal of Experimental Biology*, 202, 1603-1623.

Jung, S. H.(2000). *Ballet Kinematic Analysis of Pirouettee en Dehors*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Chungbuk National University.

Kim, H. J., & Choi, J. H.(2004). Effect of the PNF and weight training on muscular strength and flexibility of the lower limbs in the elderly. *Journal of Physical Growth and Motor Development*, 12(1), 125-134.

Kim, J. Y.(1987). *A Study on Leap Motion Analysis in Rhythmic Gymnastics*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of SeJong University.

Kim, S. H.(1998). *The Biomechanical Analysis of Double Pivot Pass Motion in Rhythmic Gymnastics*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Education of KookMin University.

Kim, T. S., & Seo, S. M.(2011). Variability of Kinematical Factors during Consecutive 9 Backward Illusion Motion at Rhythmic Gymnastics. *The Korea Journal of Sports Science*, 20(3), 1679-1696.

Koh, H. H.(1998). *Measurement and Evaluation of Physical Education*. Publishing Department of Yonsei University.

Kwon, A. S.(2011). Analysis for Angle, Center of Mass and Muscle Activity on Good and Bad Motion of the Pirouette in Ballet. *Korea Journal of Sport Biomechanics*, 21(2), 181-187.

Kwon, B. Y.(2009). *The Effects of Core Stabilization Training for Rhythmic Gymnasts on Balance, Strength, and Flexibility*. Korea Institute of Sport Science, Institute of First Class Match Director. A Report of Applied Field Research of First Class Match Director.

Lee, Y. H.(1995). *Kinematic Analysis of Arch Motion in Rhythmic Sports Gymnastics*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of SangJi University.

Lee, H. J., & Chou, L. S.(2006). Detection of gait instability using the center of mass and center of pressure inclination angles. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 87, 569-575.

Na. J. S.(1996). *The Effect of The Breathing Training on Dance Equilibrium in High School Dance Students*. Unpublished Master's Thesis. Graduate School of SookMyung Women's University.

Park, J. M.(1996). *Kinematic Analysis of Illusions in Rhythmic Sport Gymnastics*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Education of KookMin University.

Park, K. J.(2004). The biomechanical analysis on the demi-point balance of the leg segment in motion dance. *The Korean Journal of School Physical Education*, 8(4), 283-297.

Park, Y. S., & Kim, J. H.(2009). The kinetic analysis of arabesque turn motion in modern dance by upper extremity usage. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(3), 457-466.

Patla, A. E., Prentice, S. D., Robinson, C., & Neufeld, J.(1991). Visual control of locomotion: strategies for changing direction and for going over obstacles. *Journal of Experimental Psychology*, 17, 603-634.

Rhythmic, Gymnastics.(2010). *Training Instructions for Athletic Coach Rhythmic Gymnastics*. Korea Institute of Sport Science.

Rose, D. J.(2003). *Fall Proof*: A comprehensive balance and mobility program. Champion, IL: Human Kinetics.

Seo, S. M.(2000). *Kinematics Analysis of Ring Split Leap Motion in the Rhythmic Sport Gymnastics*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of Education of HanYang University.

Shin, K. S.(1986). *A Study on Arch Motion Analysis of Rhythmic Gymnastics*. Unpublished Master's Thesis, Graduate School of SeJong University.

Shin, S. H., & Park, H. C.(2009). Dynamics of Angular Running Turns in Foot Effectiveness. *Korea Journal of Sport Biomechanics*, 19(4), 663-669.

Shrmway-Cook, A., & Wollacott, M.(2001). *Motor Control*: Theory and practical applications(second edition). Baltomore: Williams & Wilkins.

Sim, S. Y.(1998). *Optimal Modelling Study of the Stag Ring Leap in Rhythmic Sports Gymnastics*. Unpublished manuscript, HanYang University.

Song, H.(2006). *The Biomechanical Analysis of Jete Jump Motion in Rhythmic Gymnastics*. Korea Institute of Sport Science, Institute of First Class Match Director. A Report of Applied Field Research of First Class Match Director.

Sparger, C.(1997). *Anatomy and Ballet*. London: Theater Arts Book.

Wade, M. G., & Jones, G.(1997). The role of vision and spatial orientation in the maintenance of posture. *Physical Therapy*, 77(6), 619-628.

Wernick-Robinson, M., Krebs, D. E., & Giorgetti, M. M.(1999). Functional reach: Does it really measure balance. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 80, 262-269.

Woo, B. H., & In, H. G.(2000). Analysis of Kinematic on Balance Motion in the Rhythmic Sport Gymnastics. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 10(1), 67-79.

Yang, S. H.(2009). *The Biomechanical Analysis to Improve the Penchè Rotation Technic and Present the Strength Training Program*. Korea Institute of Sport Science, Institute of First Class Match Director. A Report of Applied Field Research of First Class Match Director.