



도마 유리첸코 동작 시 숙련도에 따른 운동학적 차이

The Kinematic Difference to the Skill Level in the Yurchenko Stretch Skill of Horse Vaulting

윤창선* · 김태삼(한국체육대학교)
Yoon, Chang-Sun* · Kim, Tae-Sam(Korea National Sport University)

ABSTRACT

C. S. YOON, T. S. KIM, The Kinematic Difference to the Skill Level in the Yurchenko Stretch Skill of Horse Vaulting. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 16, No. 2, pp. 135-144, 2006. This study was to investigate the kinematic analysis to score of the Yurchenko stretch skill according to phases in a horse vaulting. For this study, 8 male national gymnasts were participated in acquiring three dimensional kinematical imaging data with four Sony PD-150 video cameras After digitizing motion, the Direct Linear Transformation(DLT) technique was employed to obtain 3-D position coordinates. The kinematic factors of the distance, velocity and angle variable were calculated for Kwon3D 3.1. The following conclusions were drawn;

1) The COG resultant velocity of the less skilled group decreased in PRF phase because the less skilled group had a larger flexion-knee angle than the skilled group in BC phase, Because the less skilled group had a larger flexion-shoulder angle than the skilled group in HTO phase, At blocking movement, the body inclined a moving direction. By means of it, COG lowered.

2) The skilled group had a more rapid COG's vertical velocity than the less skilled group at HTD and HTO event in HC phase, because this was performed the blocking movement with body angle and contacted on a horse vaulting small and its time short by means of contacting hands on a horse vaulting quickly. Such blocking movement made the vertical up-flight movement easy at POF phase bringing out rapid COG's vertical velocity after take off a horse vaulting.

KEYWORDS: YURCHENKO, HORSE VAULTING, KINEMATIC, COG

I. 서론

도마운동은 25미터에서 도움닫기의 속도를 이용하여 도마에 손을 착수한 후 신체를 공중으로 도약시켜 다양

한 기술을 실시한 후 지면에 착지하는 것으로, 도움닫기, 도약, 공중동작, 착지의 네 단계로 구분된다.

특히 도마운동은 강한 도약능력과 공중동작의 정확성, 착지동작의 안전성에 의해 승패가 결정되는 종목이다.

또한 도마운동은 다른 종목과 달리 단일 기술에 대해 시작점수가 부여되고, 시작점수로부터 연기의 숙련성을 평가받기 때문에 선수들은 부상위험을 무릅쓰고 시작점수가 높은 고난도 기술과 신기술 습득에 초점을 맞추고 있는 추세이다.

이러한 현상은 해를 거듭할수록 가속화되고 이에 따른 기술수준도 급속히 향상되어 선수 간 우열을 가리기가 매우 어려워지고 있으며, 부상위험도 점점 증가하고 있는 실정이다. 이에 국제체조연맹(F.I.G.)은 2001년부터 시행된 채점규칙에서 기술의 평가를 용이하게 하기 위해 각 기술에 부여된 점수를 하향조정 하였고, 동작수행 중 신체 자세와 운동진행 축에서 이탈된 착지에 대한 감점을 강화하였으며, 준비되지 않은 착지자세에 대한 감점을 다른 종목에 비해 높게 평가토록 명시하게 되었다.

그동안 세계적 우수 선수들의 기술들은 손 짚고 앞 돌아 넘기, 손 짚고 옆 돌아 넘기 계통의 기술을 선호하여 왔고 또 높은 평가를 받았었다. 그러나 도마의 규칙이 변형된 이후로 선수들은 도움짚기 계통의 기술로 대부분 전환하고 있는 실정이다. 이러한 현상은 신형도마의 특성이 도움짚기 계통의 기술들에게 매우 유리하게 작용하기 때문이라 할 수 있다.

도마와 관련된 선행연구를 살펴보면, Takei(1989)는 구름판과 도마 접촉 시 발생하는 충격량을 분석하여 도마 이륙 시 수직속도가 성공적인 결과에 중요한 영향을 미친다고 하였으며, 1991년의 연구에서는 제 1비약과 Hurdle동작에서 큰 수평속도의 유지와 함께 회전운동에 치중하기보다는 blocking을 완전하게 하는 것이 중요하다고 보고하였다.

박광동(1993)은 구름판 접촉 시 수평속도와 도마 접촉 각도 간에는 매우 높은 상관관계가 있다고 보고하였으며, Elliott, Mitchell(1991), 윤희중, 류지선, 박종훈(1996)은 도마 이륙 시 신체중심의 속도는 각 각의 도약 자세별로 현격한 차이가 나타났고, 이는 제 2비약의 체공 거리와 시간에 직접적인 관련이 있다고 보고하였다. 또한 박종훈(1999)은 발구름의 수직 반력이 크고 도마 접촉시간이 짧아질수록 제 2비약의 체공시간과 체공높이 그리고 착지거리 증가에 좋은 영향을 미치는 것으로 보고하였다.

박종훈, 윤상호, 백진호, 김동민, 정남주(2003)는 체공 시간과 체공 높이의 증가는 비틀기 량의 증가에 결정적 영향을 미치는 것으로 보고하였고, 윤희중, 여홍철, 김태삼(2001)은 구름판 발구름 시간은 짧게 수평속도와 수직속도는 크게 하여 그에 따른 정점 높이가 크게 나타났다고 보고하였다. 한편 직접 뛰어넘기 등과 같은 도약 형태가 아닌 도움짚기계의 선행연구들을 살펴보면, Kwon, Fortney, Shin(1990)은 Yurchenko layout with a full twist(YLF) 동작은 Yurchenko layout(YL) 동작보다 구름판과 도마 접촉시간이 짧게 나타난 반면 제 2비약 체공 시간은 길게 나타났다고 보고하였고, 양동영, 이채산(1999)은 구름판 접촉 시에는 신체를 신속하게 세워 구름판 이륙 시 신체중심의 수평속도를 증가시켜 적절한 신체 지지각을 이루어야 제 2비약에서 높은 신체 무게 중심을 얻을 수 있다고 보고하였다.

또한 윤창선, 김태삼, 윤희중(2003)은 2비약 국면에서 비행시간을 증가시키기 위해서는 도마 접촉시 견관절을 이용한 강한 블로킹 운동이 이루어져야 한다고 보고하였고, 윤창선(2003)은 도움짚기계 기술에서 큰 도약력을 얻기 위해서는 도마의 접촉 시 견관절을 신전시켜 신체 지지각도를 낮추어야 한다고 보고하였다.

이상의 선행 연구들에 의하면 각 도약 단계별 운동학적 요인의 차이가 제 2비약의 공중 회전 동작에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 그러나 이상의 선행 연구들은 대부분 구형 도마에서 시행된 연구들이며, 신형도마에서의 연구는 아직까지 미흡한 실정이다.

따라서 신형 도마에서 Yurchenko 몸 펴 동작을 3차원적 영상분석을 통하여 운동학적 요인이 효율적인 공중 회전운동에 미치는 영향을 밝히는 것은 의미 있는 일이라 하겠다.

II. 연구방법

1. 연구대상

이 연구의 대상자는 도마운동 Yurchenko 몸 펴 동작을 수행할 수 있는 국가대표 남자 기계체조선수 8명을 선정하였고, 이들의 연기를 5명의 국제심판이 채점

하여 평균감점이 0.5점 이하인 선수들을 우수 그룹 (Skilled Group, SG)으로, 0.5점 이상인 선수들을 비우수 그룹(Less Skilled Group, LG)으로 구분하였다. 이들의 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 대상자의 특성

Groups	특성	신장 (cm)	체중 (kg)	경력 (cr.)	연령 (yr.)
SG	M	168.8	61	11	20.3
	SD	4.72	7.35	1.63	1.71
LG	M	165	57.5	11.3	20.8
	SD	5.35	5.57	2.22	2.06

M: Mean, SD: Standard Deviation

2. 실험 분석 장비

이 연구에 사용된 비디오카메라는 Sony사 PD-150 digital video camera 4대를 60Hz로 촬영하였고, 카메라 노출시간은 1/1000초로 설정하였다<표 2>.

표 2. 실험분석 장비

	명칭	제조회사
촬영 장비	Video camera	Sony
	Control object	VISOL
	6mm video tape	Sony
분석 장비	Pentium-VI Kwon3D 3.1	Samsung VISOL

3. 실험 절차

동작을 촬영하기 위해 태능 선수촌 내 체조장에서 다음과 같은 순서로 실험을 실시하였다.

도마 기구는 국제체조연맹의 규격에 맞게 135cm의 높이로 설치하였고, 4대의 비디오카메라는 도마 중앙으로부터 좌, 우측 20m 떨어진 지점에 삼각대로 고정시켜 설치한 다음 카메라의 필드 안에 전체동작, 통제점 틀, 램프 인디케이터 모두가 들어오도록 카메라의 렌즈를 조절하였다.

실 공간 좌표를 설정하기 위해 피험자의 전체 동작이 관찰될 수 있도록 공간에 총 96개의 통제점을 가진

높이 4m 길이 6.24m 폭 1m의 통제점 틀을 설치하였다. 이러한 촬영준비가 끝난 후에 약 3분간 촬영한 다음 이를 제거한 후 본 실험을 실시하였다.

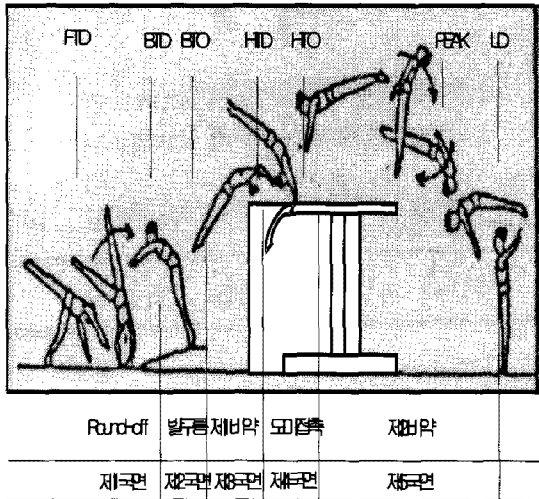
실험에 들어가기 전에 각 대상자들에게 인체 각 관절 경계점에 가로, 세로 2cm의 형광색 랜드마크 (landmark)를 부착하였다. 또한 실제 경기상황이 아닌 실험 상황이기 때문에 선수들의 심리적 상태는 통제하지 않았으며, 실제 실험 조건에 익숙할 수 있도록 충분한 연습을 시킨 후, Yurchenko 몸 띄어 동작을 촬영하였다.

4. 자료처리 및 분석 방법

인체는 21개의 관절점과 14개의 분절이 연결된 강체 구조(linked rigid body system)로 정의하였고, 각 분절과 전신의 신체중심을 구하기 위한 신체분절지수(body segment parameters)는 Plagenhoef 등(1983)의 자료를 이용하였다.

4대의 카메라 영상을 동조하고, 각 관절점의 3차원 좌표값을 구하기 위해 DLT(Direct Linear Transformation)방법(Abdel-aziz & Karara, 1971)을 사용하였다. 3차원 좌표값에 포함된 오차를 제거하기 위해 Butterworth의 저역통과 필터(low-pass filter)를 사용하여 스무딩(smoothing) 하였고, 이때 차단주파수(cut-frequency)는 6.0Hz로 하였다. 분석프로그램은 Kwon3D 3.1를 이용하여, 시간요인, 거리요인, 속도요인, 그리고 각도요인의 운동학적 요인을 분석하였다.

동작에 대한 자세의 변화를 살펴보기 위한 각도요인은 슬관절각, 고관절각, 주관절각, 견관절각, 그리고 신체각을 산출하였다. 발구름 시 신체각은 신체중심과 구름발의 발 분절 중심, 도마 접촉 시 신체각은 신체중심과 손 분절 중심을 잇는 벡터와 전역좌표계의 Z축과 이루는 각도로 각각 정의하였다. 그리고 슬관절각, 고관절각, 주관절각, 그리고 견관절각은 분절과 분절이 이루는 상대각으로 각각 정의하였다. <그림 1>은 동작에 대한 구간 설정으로 7개의 Event와 5개의 Phase로 정의하였다.



- Event
- FTD: 지면에 손 접촉 순간
 - BID: 구름판에 발 접촉 순간
 - BTO: 구름판에서 이륙 순간
 - HITD: 도마에 손 접촉 순간
 - HTO: 도마에서 이륙 순간
 - Peak: 2비약의 공중동작 중 최고 정점 순간
 - LD: 발이 매트에 완전 착지 순간

- Phase
- 1국면(RO): FTD에서 BID까지의 round-off 국면
 - 2국면(BC): BID에서 BTO까지의 발구름 국면
 - 3국면(PRF): BTO에서 HITD까지의 제 1비약 국면
 - 4국면(HC): HITD에서 HTO까지의 도마접촉 국면
 - 5국면(POF): HTO에서 LD까지의 제 2비약국면

그림 1. 전체 동작의 국면 구분.

III. 결과 및 논의

1. 국면별 소요시간

각 대상자들이 동작을 실시하는 동안 각 국면별 소요시간을 나타낸 것은 <표 3>와 같다.

표 3. 국면별 소요시간의 평균과 편차 (단위 : sec)

Phase Groups	RO	BC	PRF	HC	POF	Total
SG	0.38 0.01	0.14 0.01	0.14 0.01	0.20 0.01	0.86 0.03	1.74 0.07
LG	0.40 0.01	0.15 0.01	0.14 0.01	0.22 0.01	0.78 0.04	1.70 0.08

표에 나타난 각 국면별 소요시간을 살펴보면, RO(도움짚기) 국면에서 SG 집단은 평균 $0.38 \pm 0.01 \text{sec}$, LG 집단은 평균 $0.40 \pm 0.01 \text{sec}$ 를 나타냈고, BC(발구름) 국면에서 SG 집단은 평균 $0.14 \pm 0.01 \text{sec}$, LG 집단은 평균 $0.15 \pm 0.01 \text{sec}$ 를 나타냈다. 또한 PRF(제 1비약) 국면에서는 SG 집단과 LG 집단 모두 평균 $0.14 \pm 0.01 \text{sec}$ 를 나타냈고, HC(도마 접촉) 국면에서 SG 집단은 평균 $0.20 \pm 0.01 \text{sec}$, LG 집단은 평균 $0.22 \pm 0.01 \text{sec}$ 를 나타냈다. 한편 POF(제 2비약) 국면에서 SG 집단은 평균 $0.86 \pm 0.03 \text{sec}$, LG 집단은 평균 $0.78 \pm 0.04 \text{sec}$ 를 나타냈고, 전체 소요시간에서 SG 집단은 평균 $1.74 \pm 0.07 \text{sec}$, LG 집단은 평균 $1.70 \pm 0.08 \text{sec}$ 를 나타냈다.

이와 같이 SG 집단은 LG 집단보다 RO 국면과 BC 국면 그리고 HC 국면에서 짧은 시간을 소요한 반면 POF 국면에서는 긴 시간을 소요한 것으로 나타났다. 또한 SG 집단과 Yurchenko동작의 선행연구들과 비교해 보면, BC 국면 시 Kwon, Fortney, Shin(1990)은 $0.148 \pm 0.010 \text{sec}$, 이채산(1998)은 $0.153 \pm 0.021 \text{sec}$, 윤창선, 윤희중, 김태삼(2003)은 $0.14 \pm 0.01 \text{sec}$ 보다 짧은 BC 시간을 나타냈다. 이와 같이 구름판 접촉 시간을 짧게 하는 것은 BTO 시 빠른 수평속도를 유발하는 것으로 생각된다.

PRF 국면에서 소요시간은 Kwon et al.(1990)과 윤창선 등(2003)의 결과와는 유사하게 나타났으나 이채산(1998)의 $0.174 \pm 0.042 \text{sec}$ 보다는 매우 짧은 소요시간을 나타냈다. 또한 BC 국면에서 Kwon et al.(1990)의 $0.184 \pm 0.021 \text{sec}$, 윤창선 등(2003)의 $0.18 \pm 0.00 \text{sec}$ 보다는 긴 소요시간을 나타냈고, 이채산(1998)의 $0.239 \pm 0.065 \text{sec}$ 보다는 짧은 소요시간을 나타냈다. PRF 시 긴 소요시간은 Blocking 시 손이 느리게 착수되는 현상으로 나타나 HC 국면의 소요시간을 길어지게 하는 원인이 되며 POF 시 수직상승 운동에 장애가 된 것으로 생각된다.

한편 도마 경기의 성공적 결과와 기술 향상에 있어서 절대적으로 필요한 POF 국면의 체공시간이 SG 집단에서 Kwon et al.(1990)이 보고한 $0.822 \pm 0.036 \text{sec}$, 이채산(1998)의 $0.664 \pm 0.059 \text{sec}$ 보다는 길게 나타났으나 윤창선 등(2003)이 보고한 $0.93 \pm 0.04 \text{sec}$ 의 결과보다는 짧은 소요시간을 나타냈다.

2 신체중심의 위치

<표 4>는 신체중심의 수평 위치와 수직 위치 변화를 나타낸 것이며, <그림 2, 3>은 수평 위치와 수직 위치 변화에 대한 양상분을 나타낸 것이다.

표와 그림을 토대로 신체중심의 수평위치를 살펴보면, BID(구름판 접촉) 시 SG 집단은 평균 $2.18 \pm 0.09\text{m}$, LG 집단은 평균 $2.26 \pm 0.05\text{m}$ 를 나타냈고, BTO(구름판 이륙) 시 SG 집단은 평균 $2.90 \pm 0.08\text{m}$, LG 집단은 평균 $3.01 \pm 0.09\text{m}$ 를 나타냈다. 또한 HTD(도마 접촉) 시 SG 집단은 평균 $3.48 \pm 0.08\text{m}$, LG 집단은 평균 $3.58 \pm 0.06\text{m}$ 를 나타냈고, HTO(도마 이륙) 시 SG 집단은 평균 $4.22 \pm 0.12\text{m}$, LG 집단은 평균 $4.38 \pm 0.06\text{m}$ 를 나타냈다.

한편 POF(제 2비약) 국면의 최고 높이인 Peak(정점) 시 SG 집단은 평균 $4.96 \pm 0.11\text{m}$, LG 집단은 평균 $5.01 \pm 0.20\text{m}$ 를 나타냈고, LD(착지) 시 SG 집단은 평균 $6.76 \pm 0.24\text{m}$, LG 집단은 평균 $6.76 \pm 0.32\text{m}$ 를 나타냈다.

이와 같은 결과를 토대로 각 국면별 수평변위를 살펴보면, BC 국면에서 SG 집단이 평균 0.72m , LG 집단이 평균 0.75m 를 이동한 것으로 나타나 선행연구인 윤창선(2003)의 0.56m 보다 큰 BC 국면의 이동거리를 나타냈고, PRF 국면에서는 SG 집단이 평균 0.58m , LG 집단이 평균 0.57m 를 이동한 것으로 나타나 선행연구인 이채산(1998)의 0.58m 와는 유사한 값을 나타낸 반면 윤창선(2003)의 0.4m 보다는 큰 PRF 이동거리를 나타냈다.

BC 국면에서는 SG 집단이 평균 0.74m , LG 집단이 평균 0.8m 를 이동한 것으로 나타나 선행연구인 윤창선(2003)의 0.76m 와 유사한 값을 나타냈고, POF 국면에서는 SG 집단이 평균 2.54m , LG 집단이 평균 2.38m 를 이동한 것으로 나타나 선행연구인 윤창선(2003)의 2.52m 와는 유사한 값을 나타낸 반면 이채산(1998)의 1.45m 와는 큰 차이의 비행거리를 나타내고 있다. 이는 이채산(1998)의 연구가 구형도마에서 여자선수들을 대상으로 하였기 때문에 제 2비약 비행거리가 짧은 것으로 판단되어진다. 이와 같이 LG 집단의 BC과 HC 국면에서 큰 이동거리는 느린 수평 및 수직속도로 인한 신체회전력이 떨어짐으로써 생기는 현상으로 볼 수 있으며, POF 국면에서 SG 집단의 긴 비행거리는 착지의 안정성에 도움을 주는 것으로 사료된다.

신체중심의 수직위치를 신장에 대한 비율로 살펴보면, BID 시 SG 집단은 평균 $62.2 \pm 3.5\%$, LG 집단은 평균 $61.7 \pm 4.38\%$ 를 나타냈고, BTO 시 SG 집단은 평균 $80.4 \pm 4.7\%$, LG 집단은 평균 $83.5 \pm 4.3\%$ 를 나타냈다. 또한 HTD 시 SG 집단은 평균 $107.8 \pm 5.6\%$, LG 집단은 평균 $110.3 \pm 6.1\%$ 를 보였고, HTO 시 SG 집단은 평균 $143.5 \pm 4.2\%$, LG 집단은 평균 $145.0 \pm 5.4\%$ 를 나타냈다. 한편 제 2비약 국면의 최고 높이인 Peak 시에는 SG 집단이 평균 $164.7 \pm 7.2\%$, LG 집단이 평균 $158.8 \pm 8.1\%$ 를 나타냈고, LD 시 SG 집단은 평균 $64.1 \pm 3.1\%$, LG 집단은 평균 $61.5 \pm 10.0\%$ 를 나타냈다.

표 4. 신체중심 위치의 평균과 편차

(단위 : m)

Factors	Event Group	Event						
		FTD	BID	BTO	HTD	HTO	Peak	LD
수평	SG	0.0	2.18	2.90	3.48	4.22	4.96	6.76
		0.0	0.09	0.08	0.08	0.12	0.11	0.24
	LG	0.0	2.26	3.01	3.58	4.38	5.01	6.76
		0.0	0.05	0.09	0.06	0.06	0.20	0.32
수직	SG	0.75	1.05	1.36	1.82	2.42	2.78	1.08
		(44.6%)	(62.2%)	(80.4%)	(107.8%)	(143.5%)	(164.7%)	(64.1%)
		0.08	0.02	0.04	0.04	0.01	0.08	0.04
		(8.8%)	(3.5%)	(4.7%)	(5.6%)	(4.2%)	(7.2%)	(3.1%)
	LG	0.71	1.02	1.38	1.82	2.39	2.62	1.02
		(43.2%)	(61.7%)	(83.5%)	(110.3%)	(145.0%)	(158.8%)	(61.5%)
		0.06	0.04	0.05	0.05	0.03	0.09	0.09
		(5.7%)	(4.38%)	(4.3%)	(6.1%)	(5.4%)	(8.1%)	(10.0%)

* 괄호 안의 숫자는 신장에 대한 신체중심 수직위치의 비율임.

이와 같이 BTO와 HTD, HTO 시 LG 집단은 SG 집단보다 약간 높은 위치비율을 나타내고 있는 반면, BTD와 LD 시에는 SG 집단이 LG 집단보다 약간 높은 위치비율을 나타내고 있다. 그러나 POF 국면의 최고 높이에서는 SG 집단이 LG 집단보다 높은 위치비율을 나타내고 있다.

도마경기의 고득점과 성공적 기술수행에 영향을 미칠 수 있는 도마 이륙에서 Peak까지의 수직 변위를 살펴보면, SG 집단은 평균 $0.36 \pm 0.07\text{m}$ (21.2%), LG 집단은 평균 $0.23\text{m} \pm 0.06$ (13.8%)로 선행연구인 Kwon, Fortney, Shin (1990)이 보고한 $0.27 \pm 0.05\text{m}$, 이채산(1998)의 $0.10 \pm 0.03\text{m}$, 윤창선, 윤희중, 김태삼(2003)의 $0.32 \pm 0.03\text{m}$ 의 결과보다 SG 집단에서 높게 나타났다. 또한 Peak에서 착지까지의 수직 변위에서도 SG 집단은 평균 $1.7 \pm 0.04\text{m}$ (100.6%), LG 집단은 평균 $1.6 \pm 0.00\text{m}$ (97.3%)로 Kwon et al.(1990)이 보고한 $1.59 \pm 0.09\text{m}$ 보다 높게 나타났다.

이와 같이 SG 집단에서 나타난 높은 신체중심 위치는 BC 국면의 수평속도와 도마 이륙 시 수직속도 증가가 그 원인이며, 이로 인한 도약거리가 커짐에 따라 POF 시 공중회전 비거리를 많이 확보할 수 있었고, 신체중심 높이 또한 증가하여 공중회전 시 여유 있는 하강으로 인하여 안정된 착지 동작을 수행할 수 있을 것으로 생각된다.

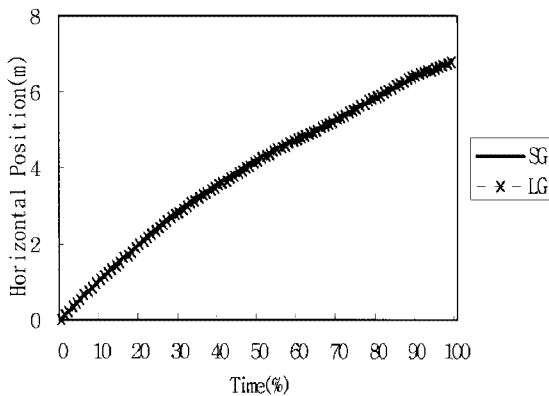


그림 2. 신체중심의 수평위치 변화

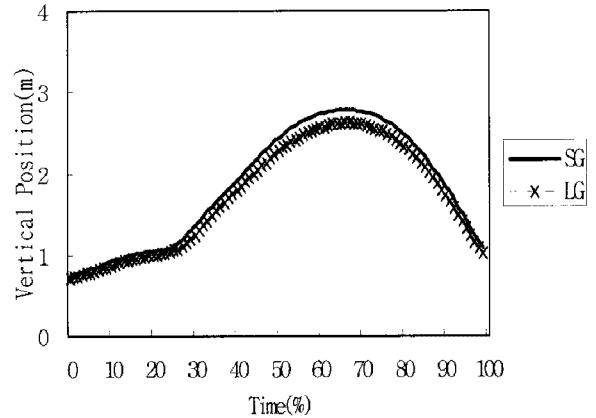


그림 3. 신체중심의 수직위치 변화.

3. 신체중심의 속도변화

각 대상자들이 동작을 실시하는 동안 신체중심의 속도변화를 나타낸 것은 <표 5>과 같고, 이들의 변화 패턴을 나타낸 것은 <그림 4, 5, 6>과 같다.

신체중심의 수평속도를 살펴보면, FTD(도움잡기) 시 SG 집단은 평균 $6.19 \pm 0.32\text{m/s}$, LG 집단은 평균 $6.41 \pm 0.28\text{m/s}$ 를 나타냈고, BTD 시 SG 집단은 평균 $5.40 \pm 0.07\text{m/s}$, LG 집단은 평균 $5.31 \pm 0.19\text{m/s}$ 를 나타냈으며, BTO 시 SG 집단은 평균 $4.53 \pm 0.07\text{m/s}$, LG 집단은 평균 $4.37 \pm 0.28\text{m/s}$ 를 나타냈다. HTD 시 SG 집단은

표 5. 신체중심 속도의 평균과 편차 (단위 : m/s)

Event Group	Factors							
	FTD	BTD	BTO	HTD	HTO	Peak	LD	
수평	SG	6.19 0.32	5.40 0.07	4.53 0.07	3.79 0.14	3.51 0.18	2.91 0.05	2.89 0.21
	LG	6.41 0.28	5.31 0.19	4.37 0.28	3.70 0.25	3.44 0.27	3.05 0.43	2.79 0.50
수직	SG	0.84 0.14	0.63 0.21	3.44 0.03	2.99 0.32	2.58 0.25	0.29 0.14	-3.95 0.26
	LG	0.78 0.25	0.67 0.16	3.50 0.22	2.82 0.25	1.89 0.26	0.19 0.11	-3.78 0.51
합성	SG	6.25 0.31	5.44 0.09	5.69 0.07	4.84 0.27	4.38 0.23	2.96 0.07	4.90 0.30
	LG	6.46 0.28	5.37 0.20	5.61 0.18	4.65 0.28	3.95 0.37	3.10 0.40	4.77 0.43

평균 $3.79 \pm 0.14 \text{m/s}$, LG 집단은 평균 $3.70 \pm 0.25 \text{m/s}$ 를 나타냈고, HTO 시 SG 집단은 평균 $3.51 \pm 0.18 \text{m/s}$, LG 집단은 평균 $3.44 \pm 0.27 \text{m/s}$ 를 나타냈다. 또한 Peak 시 SG 집단은 평균 $2.91 \pm 0.05 \text{m/s}$, LG 집단은 평균 $3.05 \pm 0.43 \text{m/s}$ 를 나타냈고, LD 시 SG 집단은 평균 $2.89 \pm 0.21 \text{m/s}$, LG 집단은 평균 $2.79 \pm 0.50 \text{m/s}$ 를 나타냈다. 이와 같이 SG 집단은 LG 집단보다 BTD과 BTO 그리고 HTD와 HTO 단계까지 빠른 수평속도를 유지한 반면 LG 집단은 FTD와 Peak 시 SG 집단보다 빠른 수평속도를 나타냈다. 이처럼 LG 집단의 Peak 시 빠른 수평속도 유지는 착지의 불안정을 유발하는 것으로 나타났다.

신체중심의 수직속도를 살펴보면, BTD 시 SG 집단은 평균 $0.63 \pm 0.21 \text{m/s}$, LG 집단은 평균 $0.67 \pm 0.16 \text{m/s}$ 를 나타냈고, BTO 시 SG 집단은 평균 $3.44 \pm 0.03 \text{m/s}$, LG 집단 평균 $3.50 \pm 0.22 \text{m/s}$ 를 나타냈다. HTD 시 SG 집단은 평균 $2.99 \pm 0.32 \text{m/s}$, LG 집단은 평균 $2.82 \pm 0.25 \text{m/s}$ 를 나타냈고, HTO 시 SG 집단은 평균 $2.58 \pm 0.25 \text{m/s}$, LG 집단은 평균 $1.89 \pm 0.26 \text{m/s}$ 를 나타냈다. 또한 Peak 시 SG 집단은 평균 $0.29 \pm 0.14 \text{m/s}$, LG 집단은 평균 $0.19 \pm 0.11 \text{m/s}$ 를 나타냈고, LD 시 SG 집단은 평균 $-3.95 \pm 0.26 \text{m/s}$, LG 집단은 평균 $-3.78 \pm 0.51 \text{m/s}$ 를 나타냈다. 이와 같이 SG 집단은 LG 집단보다 HTD 시와 HTO 시에 빠른 상승속도를 LD 시에는 빠른 하강속도를 나타낸 반면 LG 집단은 BTD과 BTO 시에만 약간 빠른 수직속도를 나타냈다.

한편 신체중심의 합성속도를 살펴보면, BTD 시 SG 집단은 평균 $5.44 \pm 0.09 \text{m/s}$, LG 집단은 평균 $5.37 \pm 0.20 \text{m/s}$ 를 나타냈고, BTO 시 SG 집단은 평균 $5.69 \pm 0.07 \text{m/s}$, LG 집단은 평균 $5.61 \pm 0.18 \text{m/s}$ 를 나타냈다. HTD 시 SG 집단은 평균 $4.84 \pm 0.27 \text{m/s}$, LG 집단은 평균 $4.65 \pm 0.28 \text{m/s}$ 를 나타냈고, HTO 시 SG 집단은 평균 $4.38 \pm 0.23 \text{m/s}$, LG 집단은 평균 $3.95 \pm 0.37 \text{m/s}$ 를 나타냈다. 또한 Peak 시 SG 집단은 평균 $2.96 \pm 0.07 \text{m/s}$, LG 집단은 평균 $3.10 \pm 0.40 \text{m/s}$ 를 나타냈고, LD 시 SG 집단은 평균 $4.90 \pm 0.30 \text{m/s}$, LG 집단은 평균 $4.77 \pm 0.43 \text{m/s}$ 를 나타냈다.

이와 같이 BTD 시 두 집단의 값이 유사하게 나타난 반면 BTO, HTD와 HTO 그리고 LD 시 SG 집단은 LG 집단보다 신체중심 속도가 빠르게 나타났다.

이상의 결과에서 나타난 바와 같이 두 집단 간 수평, 수직, 합성속도 요인 모두 각 단계별로 약간의 차이를 보이고 있다. 특히 HTO 시 수직속도에서 SG 집단은 평균 $2.58 \pm 0.25 \text{m/s}$, LG 집단은 평균 $1.89 \pm 0.26 \text{m/s}$ 로 SG 집단이 LG 집단보다 매우 빠른 수직속도를 나타냈다.

이는 HTO 시 수직속도가 성공적인 결과를 결정하는 중요한 요인이라고 주장한 Takei(1989)의 이론과 일치하는 것이며, 선행연구인 Kwon, Fortney, Shin(1990)의 2.43m/s , 이채산(1998)의 2.38m/s , 윤창선, 윤희중, 김태삼(2003)의 2.22m/s 의 결과보다 빠른 것으로 나타났다.

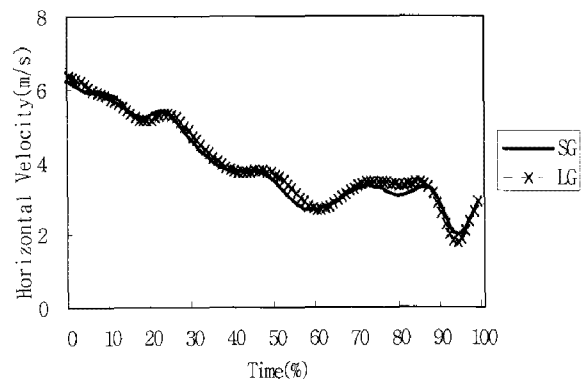


그림 4. 신체중심의 수평속도 변화.

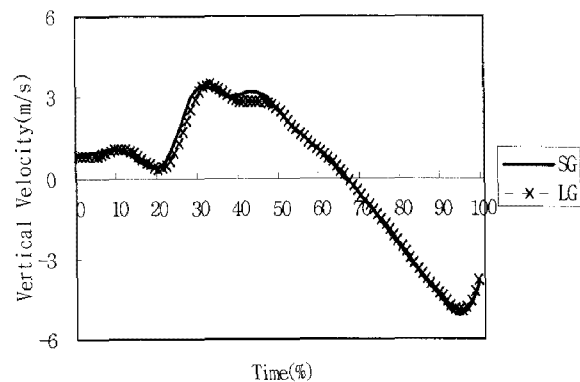


그림 5. 신체중심의 수직속도 변화.

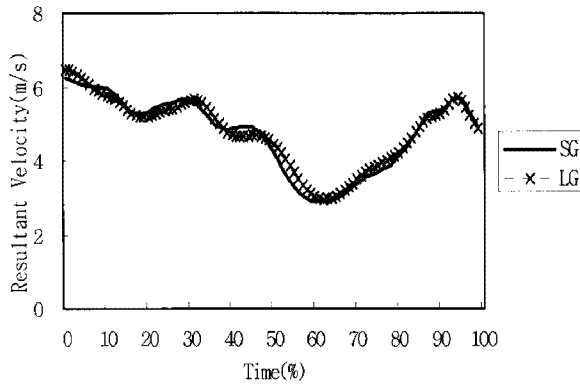


그림 6. 신체중심의 합성속도 변화.

4. 각도변화

<표 6>은 각 단계별 신체각, 고관절, 슬관절, 견관절, 그리고 주관절의 각도변화를 나타낸 것이다.

표를 토대로 신체각을 살펴보면, BTD 시 SG 집단은 평균 52.4±3.70°, LG 집단은 평균 50.1±2.00°를 나타냈고, BTO 시 SG 집단은 평균 99.7±3.20°, LG 집단은 평

표 6. 각 단계별 각도변화의 평균과 편차 (단위 : deg.)

Factors	Event Group				
		BTD	BTO	HTD	HTO
신체각	SG	52.4 3.70	99.7 3.20	27.6 1.54	83.6 4.01
	LG	50.1 2.00	102.7 2.25	28.2 4.26	87.0 0.88
고관절각	SG	137.5 11.7	150.9 17.1	124.5 6.8	160.6 13.6
	LG	132.4 4.4	150.6 7.8	130.3 8.8	142.2 9.1
슬관절	SG	152.1 12.1	160.0 11.0		
	LG	140.8 15.1	149.7 12.4		
견관절	SG			159.9 15.4	127.9 11.1
	LG			162.0 4.4	114.7 10.5
주관절	SG			142.0 18.1	146.5 4.4
	LG			137.8 11.9	153.2 7.8

균 102.7±2.25°를 나타냈다. 또한 HTD 시 SG 집단은 평균 27.6±1.54°, LG 집단은 평균 28.2±4.26°를 나타냈고, HTO 시 SG 집단은 평균 83.6±4.01°, LG 집단은 평균 87.0±0.88°를 나타냈다.

이와 같이 HTD 시 두 집단의 값이 유사하게 나타난 반면 BTD 시에는 SG 집단이 약간 큰 각을 나타냈다. 이는 BTD 시 마루에서 어깨의 미는 힘을 증가시켜 몸통을 수직방향으로 신속하게 세우면서 구름판 터치다운이 이루어져야 BTO 시 신체중심의 수평속도를 증가시킬 수 있고 적절한 신체지지각을 이루어 POE 국면에서 보다 높은 신체 무게 중심을 얻을 수 있다고 주장한 이채산(1998)의 연구와 일치하는 것이며, 선행연구인 윤창선(2003)의 60.71±0.78°의 결과보다는 작은 각을 나타냈다.

또한 HTO 시 LG 집단의 큰 각은 도마에 신체를 근접시켜 수직속도를 떨어뜨리는 결과로 나타나 Blocking 시 신체가 운동진행 방향으로 이동하는 것을 제어하지 못해 수직상승운동에 도움을 주지 못하는 것으로 사료된다. 한편 POE 기술수행에 성공적 영향을 미치는 Blocking국면인 HTD 시 두 집단은 선행연구인 윤창선(2003)의 14.20±0.39°보다는 큰 각을 나타낸 반면 이채산(1998)의 39±7°보다는 작은 신체각을 나타냈다. 또한 HTO 시 두 집단은 선행연구인 윤창선(2003)의 90.09±4.13°보다 작은 각을 나타냈다.

고관절각의 변화를 살펴보면, BTD 시 SG 집단은 평균 137.5±11.7°, LG 집단은 평균 132.4±4.4°를 나타냈고, BTO 시 SG 집단은 평균 150.9±17.1°, LG 집단은 평균 150.6±7.8°를 나타냈다. 또한 HTD 시 SG 집단은 평균 124.5±6.8°, LG 집단은 평균 130.3±8.8°를 나타냈고, HTO 시 SG 집단은 평균 160.6±13.6°, LG 집단은 평균 142.2±9.1°를 나타냈다.

이와 같이 SG 집단은 LG 집단보다 HTD 시 작은 각을 나타낸 것을 제외하고는 전체 국면에 걸쳐 큰 각을 유지한 반면 HTO 시 LG 집단은 SG 집단에 비해 고관절이 크게 굴곡되어 있는 상태를 나타냈다. 이는 신체를 수직 상승시키는 중요한 단계인 HTO 시 SG 집단은 선행연구인 윤창선, 윤희중, 김태삼(2003)의 156.8±12.21°보다 큰 고관절각을 나타낸 반면 LG 집단은 작은 고관절각을 나타냈다. 이와 같은 결과로 보아

LG 집단은 HTO 시 느린 도마 이륙속도로 인해 감소된 회전력을 다시 증가시키기 위한 고관절 굴곡 운동으로 볼 수 있으며, 이러한 현상은 Peak 시 신체중심이 낮아지게 되어 불안정한 착지를 유발하는 것으로 생각된다.

슬관절각의 변화를 살펴보면, BTD 시 SG 집단은 평균 $152.1 \pm 12.1^\circ$, LG 집단은 평균 $140.8 \pm 15.1^\circ$ 를 나타냈고, BTO 시 SG 집단은 평균 $160.0 \pm 11.0^\circ$, LG 집단은 평균 $149.7 \pm 12.4^\circ$ 를 나타냈다. 이와 같이 SG 집단은 슬관절이 약간 굴곡되어 있는 형태로 구름판에 접촉하였고, BTO 시 굴곡된 슬관절을 다시 신전 시키며 수직상승운동을 시도하는 것으로 나타났다. 그러나 LG 집단은 BTD 시 SG 집단보다 11° 이상 굴곡된 형태로 구름판에 접촉하였고, BTO 시에도 SG 집단보다 10° 이상 굴곡된 형태를 나타냈다. 이처럼 굴곡된 슬관절각을 신전시키지 못하는 것은 수직속도를 떨어뜨리는 원인이 되어 수직상승운동에 저해되는 것으로 생각된다.

견관절각과 주관절각의 변화를 살펴보면, 견관절에 있어서 HTD 시 SG 집단은 평균 $159.9 \pm 15.4^\circ$, LG 집단은 평균 $162.0 \pm 4.4^\circ$ 를 나타냈고, HTO 시 SG 집단은 평균 $127.9 \pm 11.1^\circ$, LG 집단은 평균 $114.7 \pm 10.5^\circ$ 를 나타냈다. 이와 같이 HTD 시에는 두 집단간 큰 차이를 보이지 않는 반면 HTO 시 LG 집단은 SG 집단에 비해 견관절이 크게 굴곡되어 있는 상태를 나타냈다.

신체를 수직 상승시키는 중요한 단계인 HTO 시 SG 집단은 선행연구인 이채산(1998)의 $153 \pm 9^\circ$, 윤창선(2003)의 $148.26 \pm 10.06^\circ$ 보다는 작은 견관절각을 나타냈고, 윤창선, 윤희중, 김태삼(2003)의 $121.9 \pm 19.69^\circ$ 보다는 큰 견관절각을 나타냈으나, LG 집단은 모든 선행연구들보다 작은 견관절각을 나타냈다.

이와 같은 결과로 보아 LG 집단은 HTO 시 견관절각을 크게 신전시켜 주지 못하는 것으로 볼 수 있으며, 이러한 현상은 신체가 운동진행 방향으로 이동하게 되어 신체중심이 낮아지게 되는 것으로 생각된다. 또한 표를 토대로 주관절각을 살펴보면, HTD 시 SG 집단은 평균 $142.0 \pm 18.1^\circ$, LG 집단은 평균 $137.8 \pm 11.9^\circ$ 를 나타냈고, HTO 시 SG 집단은 평균 $146.5 \pm 4.4^\circ$, LG 집단은 평균 $153.2 \pm 7.8^\circ$ 를 나타냈다.

이와 같이 LG 집단은 팔이 굴곡된 형태로 도마에

접촉하였고, HTO 시 굴곡된 팔을 다시 신전 시키며 수직상승운동을 시도하는 것으로 나타났다. 이는 SG 집단보다 느린 구름판 이륙속도로 도마에 신체를 근접 시킴에 따라 도마 접촉 시간이 길어진 결과이며, 그로 인해 신체 하중을 받게 되어 팔의 굴곡과 적절한 Blocking운동이 이루어지지 못한 것으로 생각된다.

IV. 결 론

이 연구는 도마운동 Yurchenko 몸 펴 동작에 있어서 체점 감점에 따른 도약 단계별 운동학적 차이를 구명하는데 있다. 이를 위해 국가대표 남자 기계체조선수 8명을 하였고, 이들 연기 체점에 따라 우수 그룹(Skilled Group, SG)과 비우수 그룹(Less Skilled Group, LG)으로 구분하여 분석하였다. 3차원 영상분석은 Sony PD-150 비디오카메라 4대를 이용하여 시간요인, 거리요인, 속도요인, 그리고 각도요인을 분석한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) BC 국면에서 LG 집단은 SG 집단보다 굴곡된 슬관절각을 나타내 PRF국면의 속도가 감소된 것으로 나타났다. 또한 HTO 시 LG 집단은 SG 집단에 비해 굴곡된 견관절각을 나타내 blocking운동 시 신체가 운동진행 방향으로 흘러 신체중심이 낮아지는 것으로 나타났다.
- (2) HC 국면에서 SG 집단은 LG 집단에 비해 HTD와 HTO 시 빠른 수직속도를 나타냈다. 이는 도마에 손을 빨리 접촉시켜 도마 접촉 신체각은 작게, 소요시간은 짧게 하면서 blocking운동을 수행하는 것으로 나타났다. 이러한 blocking운동은 HTO 시 빠른 수직속도를 유발시켜 POF국면에 서 높은 체공 높이를 얻는 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- 대한체조협회 (2001). 체점규칙. 대한체조협회
 박광동 (1993). 회전계 도마운동 발구름 동작의 역학적 분석. 한국체육학회지, 제34권, 제1호, 251-272.
 박종훈 (1999). 도마 손 짚고 옆 돌아 몸 굽혀 뒤 공중돌

- 기 동작의 국면별 역학적 분석. 미간행 박사학위 논문 한국체육대학교 대학원.
- 박종훈, 윤상호, 백진호, 김동민, 정남주 (2003). 도마운동 Ropez동작의 운동학적 분석. 한국체육학회지, 제42권, 제3호, 697-708.
- 양동영, 이채산 (1999). 여자 체조 도마운동에서 Yurchenko와 Tsukahara동작의 운동학적 분석. 한국체육학회지, 제38권, 제2호, 524-541.
- 윤창선, 김태삼, 윤희중 (2003). 도마운동 유리첸코 몸 꺾 공중돌기 동작의 운동학적 분석. 한국운동역학회지, 제13권, 제3호, 67-79.
- 윤창선 (2003). 도마운동 유리첸코 몸 꺾 720도 비틀기 동작의 운동학적 분석. 한국스포츠리서치, 제14권, 제6호, 1449-1462.
- 윤희중, 류지선, 박종훈 (1996). 도마 전환계 동작의 운동학적 요인이 착지 거리에 미치는 영향. 한국체육학회 학술발표회 논문집, 제34권 623-629.
- 윤희중, 여홍철, 김태삼 (2001). 도마 Yeo2동작에 대한 운동학적 요인 분석. 2001춘계 한국운동역학회 학술대회 논문집, 79-90.
- 이채산 (1998). 도마운동에서 Yurchenko와 Tsukahara동작의 운동역학적 분석. 미간행 박사학위 논문 전남대학교 대학원 .
- Elliott, B., & Mitchell, J. (1991). A Biomechanical Comparison of the Yurchenko Vault and Two Associated Teaching Drills. *International Journal of sport Biomechanics*, 7, 91-107.
- Federation of International Gymnastics. (1997). The code of points for men. Switzerland.
- Koh, M.T, Jennings, L.S, Elliott, B, Lloyd, D. (2003). A Predicted Optimal Performance of the Yurchenko Layout Vault in Women's Artistic Gymnastics. *Journal of applied biomechanics*. Vol.19 No.3, 187-204.
- Kwon, Y.H, Fortney, V.L., & Shin, I.S. (1990). 3-D Analysis of Yurchenko Vaults Performed by Female Gymnasts During the 1988 Seoul Olympic Games. *International Journal of sport Biomechanics*, 6, 157-175.
- Plagenhoef, S.C., Evans, F.G., & Abdelnour, T. (1983). Anatomical data for analyzing human motion. *Research Quarterly for Exercise and sport*, 54(2), 169-178.
- Takei, Y. (1988). Techniques Used in Performing Handspring and Salto Forward Tucked in Gymnastic Vaulting. *International Journal of sport Biomechanics*, 4, 260-281.
- Takei, Y. (1989). Techniques Used by Elite Male Gymnasts Performing a Handspring Vault at the 1987 Pan American Games. *International Journal of sport Biomechanics*, 5, 1-25.
- Takei, Y. (1991). A Comparison of Techniques Used in Performing Men's Compulsory Gymnastic Vault at the 1988 Olympic. *International Journal of sport Biomechanics*, 7, 54-75.
- Takei, Y. (1992). Blocking and Post flight Techniques of Male Gymnastic Performing the Compulsory Vault at the 1988 Olympic. *International Journal of sport Biomechanics*, 8, 87-110.

투 고 일 : 04월 30일
 심 사 일 : 05월 15일
 심사완료일 : 05월 30일