



## 평균대 도움 짚고 몸 펴 뒤 공중 돌아 오르기 동작에 대한 운동학적 분석

김 영 란\*(전남과학대학)

### ABSTRACT

#### The Kinematics Analysis of Round-off at end of Beam-salto Backward Stretched with Step-out to Cross on Balance Beam

Kim, Young-Ran\*(Chunnam Techno College)

Y. R. Kim. The kinematics analysis of round-off at end of beam-salto backward stretched with step-out to cross on balance beam. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol.13, No.3, pp. 99-116, 2003. The purpose of this study was to kinematics factors on during round-off at end of beam-salto backward stretched with step-out to cross on balance beam.

Four elite female gymnastics players participated as subject of this study.

The methods of this study was analyzed using three dimensional analysis.

The results and conclusion of this paper is obtained as follows ;

1. The phase of time was the most short time in board touch down phase and board take-off phase. Also, it was shown a more long time in total time compared to previous study.

---

2003년 10월 24일(금) 접수

\* Corresponding author, 503-050, 전남 곡성군 옥과면 285번지 전남과학대학 체육대학  
연락처 : ynk4694@hanmail.net Tel : 011-360-5779

2. The horizontal displacement of each phase was shown the most high levels in balance beam landing. The vertical displacement was display a non-linearity increase in board take-off phase, and it was shown the most high levels in vertical displacement during landing of balance beam.
3. The horizontal velocity of each phase was shown the most high levels in board touch down, and it was display a gradually decreased levels because flight during board take-off. The resultant velocity of CG on each phase was shown the most high levels in board touch down and board take-off.
4. The angle of hip joint was shown the most high levels as performed a motion in extension state during board take-off, and the angle of knee joint was display a increased levels because of flight cause body extension in board take-off. Also the angle of ankle joint was shown a increasing levels during board take-off.

Considering to this results, it is suggest that the change of kinematics factors in board touch down and board take-off is key role on the effective board control.

**KEY WORDS : GYMNASTIC, TOUCH DOWN, TAKE OFF**

## I. 서 론

기계체조에서 평균대 운동은 연기 기술을 정확하고 아름답게 표현하는 여성 특유의 종목으로 유연성, 지구력, 평형성, 순발력, 숙련성이 요구된다. 특히 높이 1.2m, 폭 10cm, 길이 5m의 규격인 평균대에서 다양한 기술을 연기한다는 점에서 기술 수행 시 실수율이 가장 높은 종목 중에 하나로 평가된다(윤희중, 류지선, 김동민, 김영란 2000)

평균대 운동에서 수행되고 있는 대부분의 기술은 마루운동 및 도마 등에서 수행되고 있는 기술로부터 응용되어 발전된 것으로서, 평균대 운동의 시작 기에 실시되는 오르기 동작들은 구름판을 이용하여 도마에 손을 짚고 공중연기를 수행하는 도마 운동과 같은 유사한 동작이 다양하게 평균대의 오르기 동작에 응용되어지고 있다.

특히 평균대의 오르기 동작 중 고 난이도 기술로 평가되고 있는 도움 짚고 (round off) 몸 펴 뒤 공중 돌아 오르기 동작도 도마 기술로부터 기인되었다. 1983년 자그레브(Zagreb) 월드컵 체조대회에서 소련의 체조선수 유리첸코는 도마 연기 시 처음으로 새로운 기술을 선 보였으며(Kwon et al.

1990), 이 후 이 동작은 평균대의 오르기 기술로 변형되어 현재까지 D난이도로 등급 되어 있다. 그러나 평균대에서 수행되는 도움 짚고 몸 펴 뒤 공중 돌아 오르기 기술과 도마에서 수행되는 동작 간에는 다른 특성을 가지고 있다. 즉, 기구 특성상 도마에서는 도움 짚기 후 뒤로 돌아 도마에 손을 짚으며 공중동작으로 연결되는 반면, 평균대에서는 도움 짚기로 구름판을 지지하여 뒤로 공중 돌아 평균대 위로 착지하여 오르는 동작으로 수행되기 때문에 평균대 위로 오르는 과정에서 안정된 착지가 성패를 좌우하는 요인이라고 할 수 있다.

이러한 평균대 운동과 관련된 연구로는 윤희중(2000)등의 부산동아시아 체조대회 평균대 결승경기 시 앞 공중돌기 동작에 대한 운동학적 분석이 선행된바 있으며, 같은 동작으로 실시되는 도마와 관련된 연구에 있어서는 Kwon, Y. H., Fortney, V. L., & Shin, I. S.(1990)등의 서울올림픽 여자도마 경기 시 난이도가 다른 유리첸코 동작(Layout with full twist와 Lay)에 대한 비교분석, Elliot, B., & Mitchell, J.(1991)등의 여자선수들을 대상으로 효율적인 유리첸코 동작 수행을 위한 두 가지 훈련방법 간의 비교 분석 등이 선행된바 있다.

이와 같은 선행연구들은 운동학적 및 운동역학적 변인이 체조동작 수행 시 득점 점수와 높은 상관성이 있다는 결론을 내리고 있으며, 기술 향상 및 효율적인 훈련 지도를 위해서는 이 분야의 연구가 필요하다는 것을 시사하고 있다.

또한 평균대 운동과 관련된 분석 연구는 미비한 실정으로 도움닫기와 연결된 이와 같은 동작의 원인 규명은 구름판을 이용한 각종 비행요소를 수행하고자 하는 선수들의 효율적인 훈련지도 및 지금까지 실시되지 않고 있는 공중 돌며 360°틀어 평균대 위로 착지하는 기술도 가능하다는 점에서 고난이도로서의 기술 발전에 기여할 것으로 기대되며 후속 연구에 대한 자료를 제공하고자 본 연구를 실시하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구의 대상자는 평균대에서 도움 짚기 후 몸 펴 뒤 공중 돌아 오르기 동작을 수행할 수 있는 국가 대표 급 선수 4명을 대상으로 하였으며, 이들의 신체적 특성과 운동경력은 <표 II- 1>과 같다.

표 II- 1. 대상자들의 신체적 특성 및 운동경력

대상자	신장(cm)	체중(kg)	나이(yr)	경력(yr)
S1	157	51	23	14
S2	156	54	22	14
S3	157	55	21	12
S4	153	44	22	12
M	155.7	51.0	22.0	13.0
SD	1.89	4.96	0.81	1.15

## 2. 국면의 분류

전체동작의 국면분류 및 각 시점의 구분은 그림 II-1과 같다.

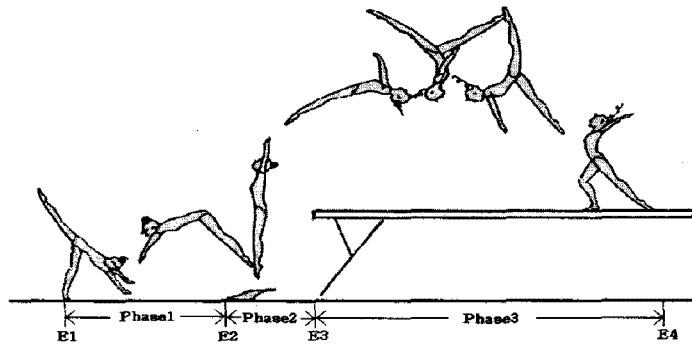


그림 II-1. 전체 동작의 국면

### 1) 국면의 구분

- (1) 제 1국면 : 도움 짚기를 하기 위해 한발이 지면에 닿는 순간부터 양발이 구름판에 접촉되는 국면(도움 짚기 국면)
- (2) 제 2국면 : 양발이 구름판에서 접촉되는 순간부터 이지되는 국면(구름판 접촉 국면)
- (3) 제 3국면 : 양발이 구름판에서 이륙되는 순간부터 공중 돌아 착지하는 국면(착지 국면)

### 2) 시점의 구분

- (1) Event 1(E1) : 도움 짚기 순간(Round-off : RO)

- (2) Event 2(E2) : 구름판 접촉 순간(Board touchdown : BTD)
- (3) Event 3(E3) : 구름판 이지 순간(Board take-off : BTO)
- (4) Event 4(E4) : 평균대 착지(Landing : LD)

### 3. 실험절차

H대학 전용체조장에 평균대를 국제체조연맹 규격에 맞게 1.20m의 높이로 설치하였으며, Peak Performance사 HSC-NM High-speed Video Camera 2대를 평균대 중앙으로부터 전·후, 좌·우 약 20m 떨어진 지점에 삼각대로 고정시켜 설치한 다음 통제점 틀, 램프인디케이터 및 대상 동작이 관찰될 수 있도록 카메라 렌즈를 조절하였다. 카메라 속도는 90frames/sec이며, 셔터 스피드(shutter speed)는 1/1000로 하였다.

또한 실 공간 좌표를 설정하기 위해 대상자의 동작이 관찰될 수 있는 공간에 60개의 통제점이 표시된 통제점 틀을 높이 300cm, 길이 500cm, 폭200cm로 수직으로 설치한 다음 두 대의 고속비디오 카메라로 설치된 통제점 틀을 약 10초간 촬영 후 이를 제거한 후 본 실험을 실시하였다. 본 실험에 들어가기 전에 대상자들의 관절에 가로, 세로 1.5cm의 랜드마크(landmark)를 부착한 후 충분한 예비 연습을 실시하고 가능한 한 최상의 기술을 수행하도록 실험 환경을 조성하였으며, 실험에 착수, 각각 5번의 연기를 수행하도록 요구하였다. 대상자가 동작을 수행할 때 카메라를 작동시켜 실제 동작을 촬영하였다.

### 4. 자료분석방법

본 연구의 영상 분석 자료처리는 KWON3D 2.1프로그램(1994)을 이용하였다.

통제점 좌표화는 6개의 통제틀에 있는 60개의 통제점을 5번 반복 디지털화하여 평균값을 파일로 저장하여 사용함으로써 디지털화 시 발생 가능한 오차를 최대한 줄일 수 있도록 하였다. 이 과정에서 실 공간 좌표계의 기준점은 통제점 틀의 1번 막대(pole)의 맨 아래지점(point)으로 그리고 좌표축의 설정은 운동진행 방향의 전·후 방향을 Y축, 상·하 방향을 Z축, 좌·우방향을 X축으로 설정하였다. 인체 관절 중심점의 좌표화는 인체를 총 21개의 관절점을 가진 14개의 분절로 연결된 강체 시스템(linked rigid body system)으로 정의하여, 각 분절의 무게 중심점과 신체 중심 위치를 구하기 위한 인체 분절 지수(body segment parameters)는 Chandler et al.(1975)의 자료를 이용하였다.

디지털화(digitizing)하여 얻은 2차원 좌표를 이용하여 3차원 좌표를 얻기 위해서 DLT(direct linear transformation ; Abdel-Aziz, & Karara, 1971)방법을 사용하였다. 또한 2대의 비디오 카메라로부터 얻은 정보를 3차 스플라인 함수(cubic spline function)를 이용하여 0.01초 간격으로 보간(interpolation)하여 동조(synchronization)를 실시하였다. 이때 동조는 램프 인디케이터에 불빛이 들어

오는 프레임을 동조 이벤트(sync. event)로 하였다.

또한 3차원 좌표에 포함되는 디지털화 오차와 기자재 자체에 의해 생기는 노이즈(noise)를 제거하기 위해서 Butterworth 저역 통과 필터( 2nd low-pass filter)를 사용하여 스무딩(smoothing)하였으며 차단주파수(cut-off frequency)는 10Hz로 설정하였다.

### 5) 각도의 정의

관절각도의 정의는 그림 II - 2와 같다.



그림 II.-2. 관절 각도의 정의

## III. 결과 및 논의

### 1. 각 국면별 동작 소요시간 및 총소요시간

각 국면별 소요시간 및 총소요시간을 나타낸 것은 < 표 III-1>과 <그림 III-1>과 같다.

표와 그림에서 보는 바와 같이 1국면에서는  $0.61 \pm 0.80$ 초, 2국면에서는  $0.18 \pm 1.53$ 초, 3국면에서는  $1.26 \pm 0.15$ 초, 총 소요 시간에서는  $2.05 \pm 0.16$ 초로 나타났다.

국면별 수행시간의 변화 양상은 양발이 구름판 접촉되는 순간부터 이지되는 국면인 2국면에서 가장 짧은 시간을 소요하고 있는 것으로 나타났다.

이상과 같은 결과는 구름판의 효과적인 이용 여부에 따라 성공적인 공중돌기 국면에 영향을 주는 접촉 국면에서 본 연구 대상자들은 0.18초로 나타나 Kwon et al.(1990)의 연구 결과인  $Y_{LF}$  0.148초,

$Y_1$  0.157초, Nelson et al.(1985) 보고한 0.15초, Ragheb et al.(1988)이 보고한 0.16초, Fortney et al.(1989)이 보고한 0.16초와 유사한 시간으로 구름판을 이용하고 있는 것으로 나타났다. 따라서 타 종목의 도약과 관련된 연구에서 숙련성이 클수록 지지시간이 짧고 충격량이 큰 것으로 보고되고

표 III- 1. 각 국면별 동작 소요시간 (단위: sec)

대상자	국면	1 국면	2 국면	3 국면	총 소요 시간
S1		0.70	0.16	1.28	2.14
S2		0.51	0.19	1.23	1.93
S3		0.64	0.19	1.07	1.90
S4		0.60	0.17	1.45	2.24
M		0.61	0.18	1.26	2.05
SD		0.80	1.53	0.15	0.16

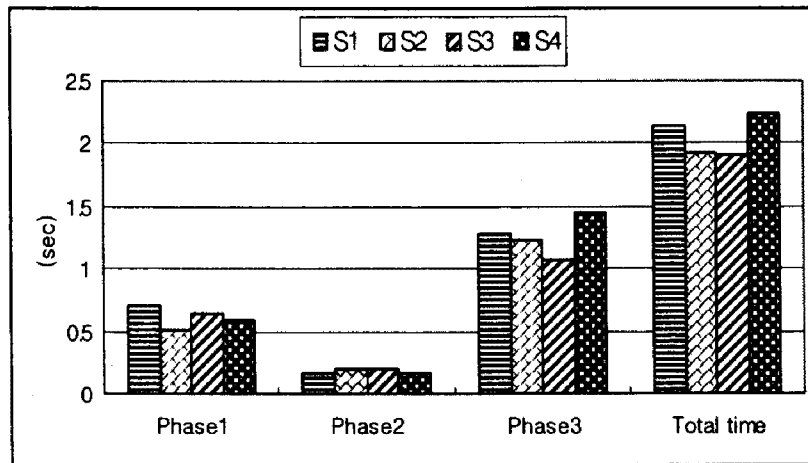


그림 III-1. 각 국면별 소요시간 및 총 소요 시간

있는 것으로 볼 때 구름판을 이용하여 1.20m 이상의 수직으로 높이 떠오르기 위해서는 발 구름 터치시간을 짧게 강한 발 구름을 하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

또한, 총 시간에서는 Kwon et al.(1990)이 보고한 결과인  $Y_{LF}$  0.1.288초,  $Y_1$  1.266초와는 본 연구의 대상자들이 다소 길게 소요하고 있는 것으로 나타났다. 이는 도마에서 수행되는 동작은 구름판에서 도마로의 빠른 연결로 제2비약을 위한 도마 터치 후 빠른 공중동작을 수행하기 때문에 본 연구의 결과보다는 다소 짧게 소요되고 있는 것으로 보이며, 평균대에서는 도움 짚기 수행 후 공중 동작 시 손의 터치 없이 공중돌기를 수행함으로써 착지를 위한 안정된 중심의 이동을 위해 도마에서 보다는 느린 동작으로 수행되기 때문인 것으로 보여 진다.

2. 각 단계별 신체중심의 수평변위

각 단계별 신체중심의 수평 변위 결과는 < 표 III-2> 와 <그림 III-2> 와 같다.

표와 그림에서 보는 바와 같이 수평 변위는 구름판 착지 단계에서는 249.9±20.2cm, 구름판이지 단계에서는 307.7±4.64cm, 평균대 착지단계에서는 435.5±12.03cm로 나타났다.

표 III- 2 각 단계별 신체중심의 수평, 수직, 합성변위 (단위:cm)

수평변위	Event	도움짚기(E1)	구름판접촉(E2)	구름판이지(E3)	평균대착지(E4)
대상자					
	S1	-	258.0	304.7	425.3
	S2	-	249.7	302.9	425.0
	S3	-	222.2	311.8	446.1
	S4	-	269.7	311.7	445.9
	M	-	249.9	307.7	435.5
	SD	-	20.2	4.64	12.03
수직변위					
	S1	84.7	94.5	128.7	212.0
	S2	68.5	93.7	137.9	210.1
	S3	72.1	96.1	131.5	205.6
	S4	70.5	85.9	128.2	206.9
	M	73.6	92.5	131.5	208.6
	SD	7.31	4.54	4.45	2.92
합성변위					
	S1	127.9	289.4	342.5	484.5
	S2	145.6	280.3	344.5	482.3
	S3	131.1	263.0	352.5	499.3
	S4	128.9	297.9	349.4	499.2
	M	133.3	282.6	347.2	491.3
	SD	8.25	14.64	4.54	9.19

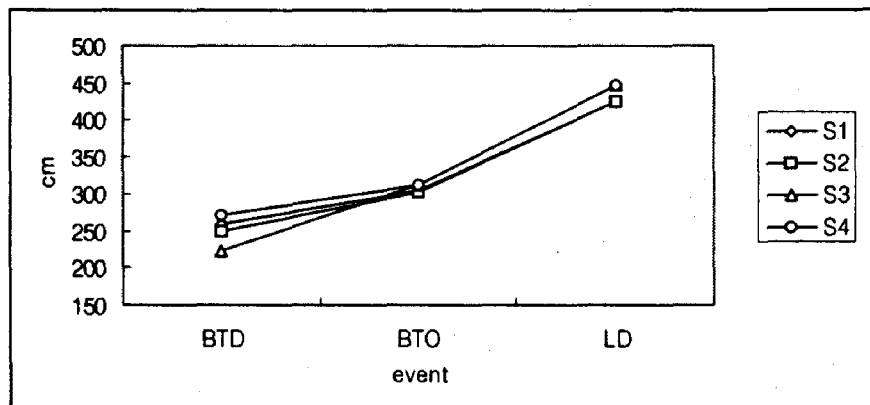


그림 III-2. 신체중심의 수평변위



각 단계 별 수평 변위의 차이는 구름판 접촉 순간에서 구름판 이지 순간 까지가 57.80cm, 구름판 이지 순간에서 착지 순간까지는 127.80cm의 차이를 나타냈다. 따라서 대상자들의 수평 변위 변화 양상은 구름판 접촉 시 보다는 구름판 이지시의 수평 변위가 크게 나타나고 있으며, 평균대 착지 시에 수평 변위가 가장 크게 나타났다. 이와 같은 결과로 볼 때, 도움 짚기 시 손으로 지면을 강하게 블록킹 함과 동시에 발 구름을 위해 두 다리를 모아야 하는 동작의 특성 때문에 수평변위의 변화가 크지 않은 것으로 보이며, 구름판 이지 시와 착지시의 수평변위는 구름판 접촉 후 동체가 후방으로 회전 이 이루어지기 때문에 증가되고 있는 것으로 보인다. 따라서 구름판 이지 후 수평변위가 크다는 것은 동체가 수평으로 과다하게 이동 되고 있다는 것으로 채공높이에 의해 보다 큰 동작으로 안정된 착지로의 연결이 수행될 수 있다는 것을 고려해 볼 때 과다한 수평으로의 이동은 바람직하지 않은 것으로 보인다.

### 3. 각 단계별 신체중심의 수직변위

각 단계별 신체중심의 수직 변위의 결과는 <표 III-2>와 <그림 III-3>과 같다.

표와 그림에서 보는 바와 같이 수직 변위는 도움 짚기 단계에서는  $73.9 \pm 7.31\text{cm}$ , 구름판 착지 단계에서는  $92.5 \pm 4.54\text{cm}$ , 구름판 이지단계에서는  $131.5 \pm 4.45\text{cm}$ , 평균대 착지단계에서는  $208.6 \pm 2.92\text{cm}$ 로 나타났다.

각 단계 별 수직 변위의 차이는 도움 짚기 순간에서 구름판 접촉순간까지는 18,60cm, 구름판 접촉 순간에서 구름판 이지 순간 까지가 39.0cm, 구름판 이지 순간에서 착지 순간까지는 77.1cm의 차이를 나타내 구름판이지 단계와 착지 단계에서 수직 변위가 급격한 증가 양상을 보였다.

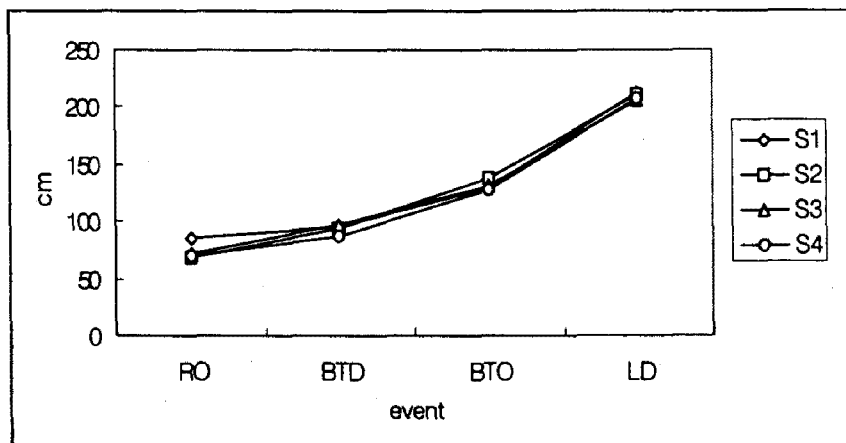


그림 III-3. 신체중심의 수직변위.

이와 같은 결과는 구름판 이지 시 동체가 채공을 위해 수직으로 높이 떠오르며 동작이 실시되기

때문인 것으로 보이며, 평균대 착지 시 수직 변위의 현저한 증가는 뒤 공중 돌아 1.20m 높이의 평균대 위로 착지가 수행되기 때문인 것으로 보인다.

따라서 구름판 이지 후 채공 시 수직 변위를 높이는 것이 안정된 착지를 유도하는 중요한 관건인바, 구름판 이지 시 높은 채공을 위해서는 수직변위를 크게 유지하는 것이 성공적인 동작을 수행하는데 중요한 요인으로 보인다.

#### 4. 각 단계별 신체중심의 합성 변위

각 단계별 신체중심의 합성 변위는 결과는 <표 III-2>와 <그림 III-4>와 같다.

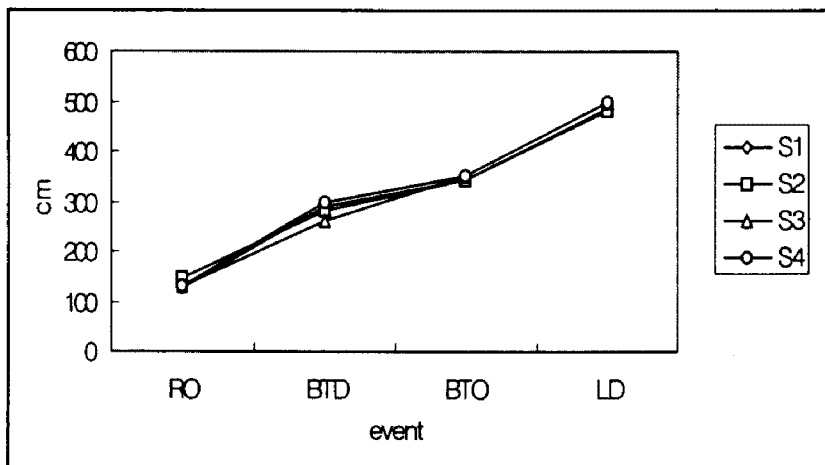


그림 III-4. 신체중심의 합성변위

표와 그림에서 보는 바와 같이 합성 변위는 도움 짚기 단계에서는  $133.3 \pm 8.25\text{cm}$ , 구름판 착지 단계에서는  $282.6 \pm 14.94\text{cm}$ , 구름판 이지단계에서는  $347.2 \pm 4.54\text{cm}$ , 평균대 착지단계에서는  $491.3 \pm 9.19\text{cm}$ 로 나타났다. 각 단계 별 합성 변위의 차이는 도움 짚기 순간에서 구름판 접촉순간까지는  $149.3\text{cm}$ , 구름판 접촉순간에서 구름판 이지 순간 까지가  $64.6\text{cm}$ , 구름판 이지 순간에서 착지 순간까지는  $144.1\text{cm}$ 의 차이를 나타냈다. 따라서 대상자들의 합성 변위 변화 양상은 도움 짚기 순간에서부터 착지까지 점차 증가되는 양상을 나타내고 있으며, 특히 구름판 이지 시 합성 변위가 크게 증가되고 있는 것은 구름판 접촉 후 채공을 위해 동체가 공중으로 높이 떠오르며 동작이 실시되고 있기 때문에 수직 변위가 크게 증가되고 있는 것으로 보인다.

5. 각 단계별 신체중심의 수평속도

각 단계별 신체중심의 수평속도의 결과는 <표 III-3>과 <그림 III-5>와 같다.

표 III- 3. 신체중심의 각 단계별 수평, 수직 합성속도 (단위 : m/s)

수평속도	Event	도움짚기(E1)	구름관접촉(E2)	구름판이지(E3)
대상자				
	S1	1.58	3.67	2.00
	S2	1.78	3.74	2.15
	S3	1.58	3.48	1.97
	S4	1.52	3.32	1.99
	M	1.61	3.55	2.02
	SD	0.11	0.19	8.30
수직속도				
	S1	-0.48	0.35	2.97
	S2	0.32	0.48	2.090
	S3	-0.21	-0.26	3.12
	S4	-0.11	0.20	3.25
	M	-0.12	0.19	3.06
	SD	0.33	0.32	0.15
합성속도				
	S1	1.65	3.69	3.59
	S2	1.81	3.78	3.65
	S3	1.59	3.51	3.69
	S4	1.53	3.34	3.84
	M	1.48	3.58	3.69
	SD	0.21	0.19	0.10

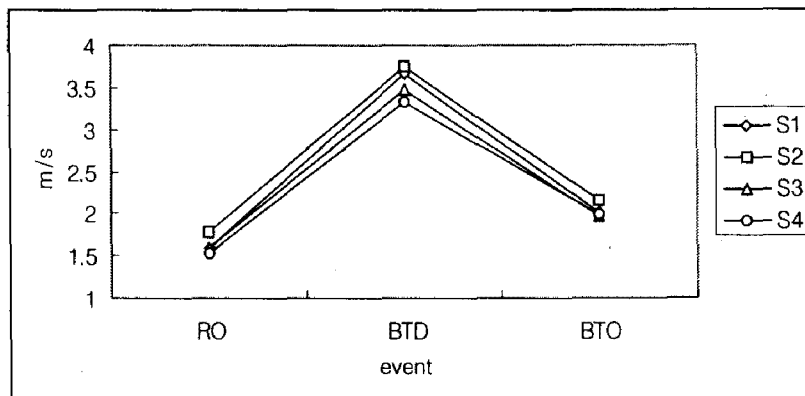


그림 III-5. 신체중심의 수평속도.

표와 그림에서 보는 바와 같이 수평속도는 도움 짚기 단계에서는  $1.61 \pm 0.11 \text{m/s}$ , 구름판 접촉단계에서는  $3.55 \pm 0.19 \text{m/s}$ , 구름판 이지단계에서는  $2.02 \pm 8.30 \text{m/s}$ 로 나타났다. 수평속도의 변화 양상은 구름판 접촉 시 최대치를 보이고 있으며, 구름판 이지 시에는 수직방향으로 높이 뜨며 공중돌기를 수행하게 됨으로서 점차 감소되는 양상을 보였다. 이는 도움단기로부터 획득된 수평속도를 도약을 위해 빠른 수직속도로 연결함으로써 구름판 접촉 시에 수평속도의 증가를 보이고 있으며, 구름판 이지 시 체공을 위해 수직으로 높이 떠오르게 됨으로서 수평속도가 감소되는 양상을 나타냈다.

선행 연구된 자료를 비교하여 볼 때 구름판 접촉 단계의 수평속도는 본 연구 대상자들이  $3.55 \text{m/s}$ 로 Kwon et al.(1990)이 보고한 결과인  $Y_{LF} 5.26 \text{m/s}$ ,  $Y_I 5.03 \text{m/s}$ 와 Nelson et al.(1985) 보고한  $5.33 \text{m/s}$ , Fortney et al.(1989)이 보고한  $5.08 \text{m/s}$ 와는 작게 나타났다. 한편, 구름판 이지시의 수평속도는 본 연구 대상자들이  $2.02 \text{m/s}$ 로 나타나, Kwon et al.(1990)이 보고한 결과인  $Y_{LF} 3.97 \text{m/s}$ ,  $Y_I 3.71 \text{m/s}$ 와 Nelson et al.(1985) 보고한  $3.98 \text{m/s}$ , Fortney et al.(1989)이 보고한  $3.88 \text{m/s}$ 에 비해 작게 나타나고 있었다. 이는 전술한 바와 같이 이는 기구 특성에서 오는 동작수행간의 차이로 도마운동에서는 도움 짚기에서 얻은 수평속도를 이용하여 빠르게 도마를 짚어야만 최대 수직속도를 얻는 반면, 평균대에서의 수행에는 체공높이를 고려해야 하기 때문에 수평속도보다는 수직속도를 높여야 하는 동작특성에 기인한 것으로 보여 진다.

따라서 도움단기 시 수평속도는 지면에서의 이륙 시 체공높이와 거리에 영향을 주는바, 도움 짚기 시 얻은 수평속도의 감소시킴 없이 지면을 강하게 블록킹 해주는 것이 구름판 접촉 시 수평속도를 얻는데 용이할 것으로 보인다.

### 6. 각 단계별 신체중심의 수직속도

각 단계별 신체중심의 수직속도는 <표 III-3 > 과 <그림 III-6 >에 나타난 바와 같다.

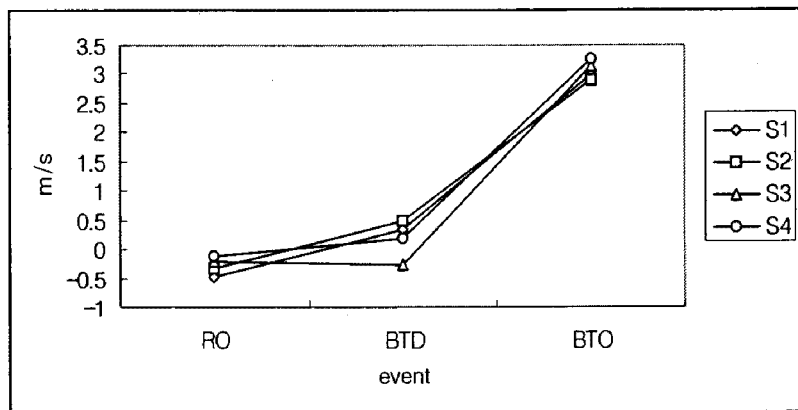


그림 III-6. 신체중심의 수직속도

표와 그림에서 보는 바와 같이 각 단계별 수직속도는  $-0.12 \pm 0.33 \text{m/s}$ , 구름판 착지단계에서는  $0.19 \pm 0.32 \text{m/s}$ , 구름판 이지단계에서는  $3.06 \pm 0.15 \text{m/s}$ 로 나타났다.

따라서 도움 짚기 단계에서는 수직속도가 낮게 나타나고 있는 반면 구름판 이지단계에서는 크게 증가되는 양상을 나타내고 있어 도움 짚기 시 도움닫기에서 얻은 수평속도를 이용하여 구름판으로의 빠른 접촉이 이루어지기 때문에 수직속도가 낮게 나타나고 있는 것으로 나타났다.

이상과 같은 결과는 구름판 접촉 시 수직속도는 Kwon et al.(1990)이 보고한 결과인  $Y_{LF} -0.07 \text{m/s}$ ,  $Y_1 -0.17 \text{m/s}$ 와 Nelson et al.(1985) 보고한  $-0.23 \text{m/s}$ , Fortney et al.(1989)이 보고한  $-0.36 \text{m/s}$ 와 비교해 볼 때, 본 연구 대상자의 평균 수직속도가 작게 나타났다. 또한 구름판 이지 시 수직 속도에서도 Kwon et al.(1990)이 보고한 결과인  $Y_{LF} 3.54 \text{m/s}$ ,  $Y_1 3.45 \text{m/s}$ 와 Nelson et al (1985)이 보고한  $3.33 \text{m/s}$ , Fortney et al.(1989)이 보고한  $3.72 \text{m/s}$ 와는 본 연구의 대상자들이 비교적 작게 나타났다. Payne et al.(1976)의 연구에 따르면 도움 짚기와 함께 실시되는 공중돌기는 지면에서의 이륙에 앞서 지면접촉 순간에 신체중심을 통한 수직 축에 관한 각 운동량과 수직속도는 뒤 공중 돌기 수행에 결정적인 영향을 미친다는 결과를 고려해 볼 때 성공적인 동작 수행에 영향을 주는 요인은 지지단계의 속도변화로서 1.20m의 평균대 높이 이상으로 동체를 투사시키기 위해서는 구름판 이지 시에 수직속도를 증가시키는 것이 중요한 요인으로 보인다. 또한 이륙 순간에 속도에 대한 크기는 달리기 속도에 지배되며, 속도의 변화는 이륙순간에 생성되며 수직속도의 급격한 증가형태를 보인다(Payne et al. 1976)는 결과와 본 연구의 결과가 일치함을 보였다.

### 7. 각 단계별 신체중심의 합성속도

각 단계별 신체중심의 발목각도는 <표 III-3 > 과 <그림 III-7 >에 나타난 바와 같다.

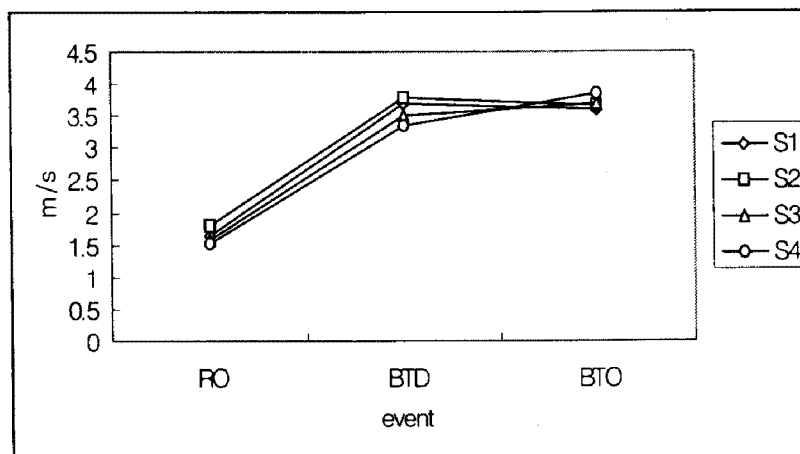


그림 III-7. 신체중심의 합성속도

표와 그림에서 보는 바와 같이 각 단계별 합성속도는 도움 짚기 단계에서는  $1.48 \pm 0.21 \text{m/s}$ , 구름판 착지단계에서는  $3.58 \pm 0.19 \text{m/s}$ , 구름판 이지단계에서는  $3.69 \pm 0.10 \text{m/s}$ 로 나타났다.

따라서 신체중심의 합성속도는 도움 짚기 시보다는 구름판 접촉 시와 구름판 이지 순간에 합성속도가 크게 증가하는 양상을 나타냈다. 이와 같은 결과는 구름판 접촉 시와 구름판 이지 시 수평 및 수직속도가 증가된 결과로서 체공 시 빠른 동작으로 수행되기 때문인 것으로 보인다. 따라서 10cm폭의 평균대 위로 안정되고 정확한 착지를 위해서는 인체중심의 안정된 이동도 중요하지만 체공 시 수평, 수직속도의 적절한 조절로서 착지를 유도하느냐가 중요한 요인 중에 하나로 보인다.

## 8. 각 관절의 각도

### (1) 고관절각

각 단계별 고관절각도는 < 표 III-4 > 과 < 그림 III-8 >에 나타난 바와 같다.

표 III- 4. 각 단계별 고관절, 무릎, 발목각도

(단위: degree)

고관절각도 Event 대상자	도움짚기(E1)	구름판접촉(E2)	구름판이지(E3)	평균대착지(E4)
S1	110.5	127.1	154.3	134.3
S2	137.3	120.5	151.5	130.0
S3	105.0	110.9	160.1	142.2
S4	135.8	118.8	145.8	148.2
M	122.3	119.3	152.9	138.6
SD	16.9	6.67	5.94	8.1
무릎각도				
S1	165.5	140.9	166.2	158.8
S2	171.1	135.5	165.4	140.1
S3	160.3	130.5	149.4	150.1
S4	170.0	137.6	166.2	159.6
M	166.7	136.1	161.8	152.2
SD	4.92	4.36	8.30	9.11
발목각도				
S1	101.0	71.0	114.1	90.6
S2	134.1	75.4	141.7	74.3
S3	94.1	57.4	117.1	58.3
S4	84.3	55.5	109.6	83.9
M	103.3	64.82	120.6	76.77
SD	21.60	9.68	14.38	14.01

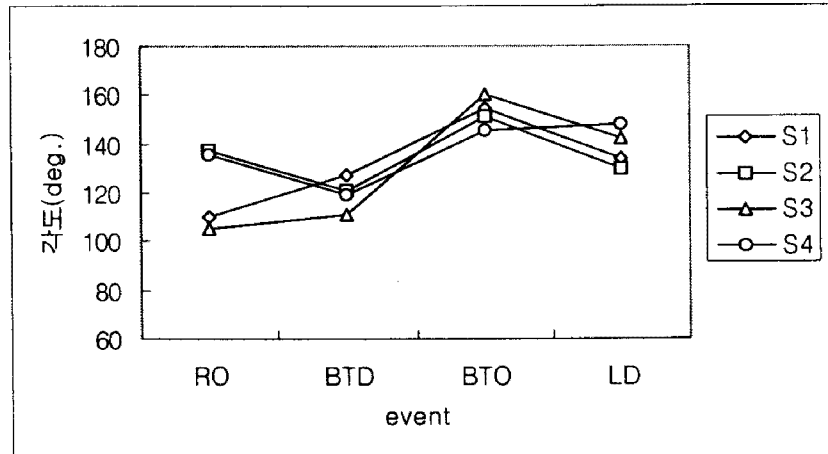


그림 III-8. 각 단계별 고관절각도 변화.

표와 그림에서 보는 바와 같이 각 단계별 고관절각도는 122.3±16.9°구름판 착지단계에서는 119.3±6.67°구름판 이지단계에서는 152.9±5.94°, 평균대 착지단계에서는 138.6±8.1°로 나타났다. 대상자들의 고관절 각도의 각 단계별 변화 양상은 구름판 접촉 시 보다는 구름판 이지 시에서 가장 크게 나타났다.

이와 같은 결과는 구름판 이지 시 뒤 공중 돌기를 위해 신체를 거의 신전된 상태에서 동작을 수행하고 있는 것으로 나타나 도약순간에는 수직방향으로 거의 펴진 신전상태에서 수직방향으로 힘을 증가시키기 위해서 전신을 펴주는 것이 좋다는 Payne et al.(1976) 연구와 일치함을 보였다.

또한 구름판 접촉은 숙련성이 클수록 지지시간이 짧고 충격량이 크다는 선행연구결과를 고려해 볼 때 고관절 각도가 작을수록 동체가 전방으로 숙여짐으로 인해 지지시간을 짧게 수행하는데 바람직하지 못한 것으로 보인다.

## (2) 무릎각도

각 단계별 무릎각도는 <표 III- 4> 와 <그림 III- 9 >에 나타난바와 같다.

표와 그림에서 보는 바와 같이 각 단계별 무릎각도는 도움 짚기 단계에서는 166.7±4.92°구름판 착지단계에서는 136.1±4.36°구름판 이지단계에서는 161.8±8.30°평균대 착지단계에서는 152.2±9.11°로 나타났다.

대상자들의 무릎각도 변화 양상은 구름판 접촉 단계에서는 구름판을 지지시 무릎을 다소 굴곡 시킴으로서 작은 각도를 보였으며, 구름판 이지단계에서는 동체를 거의 신전상태에서 수직으로 체공이 이루어지기 때문에 각도의 증가를 보였다.

이와 같은 결과는 Elliott et al.(1991)의 연구 결과인 구름판 이지 시 165.6°의 각도와 비교해 볼 때, 유사하게 나타났지만 수평방향으로의 속도를 크게 하기 위해서는 구름판 이지 시 하지가 이루는 각도가 작아야 한다고 보고되고 있어 이는 도마에서는 구름판 이지 후 도마를 짚고 동작을 수행하기

때문에 동체를 낮게 유지함으로써 수평속도를 얻는데 유리하게 작용하게 되는 반면, 본 연구에서는 전술한 바와 같이 고관절 각도를 고려해 볼 때 구름판 접촉 단계에서의 과도한 무릎의 굴곡은 구름판 지지 시 짧고 강한 발 구름 및 체공 시 수직속도를 획득하는데 바람직하지 않은 것으로 보인다.

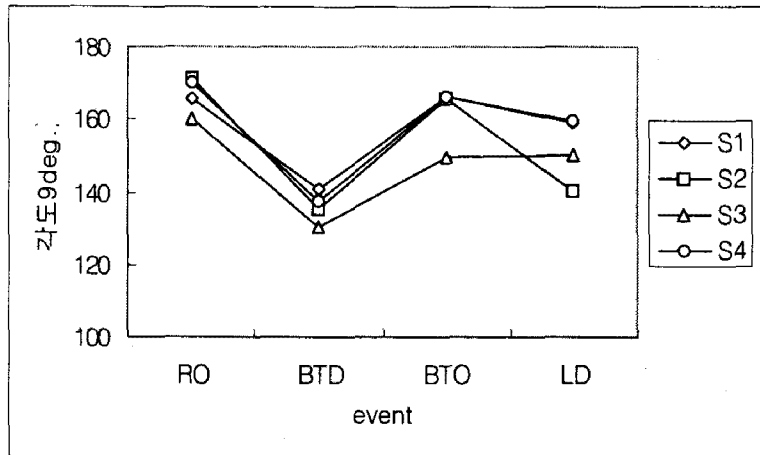


그림 III-9. 각 단계별 무릎각도 변화

(3) 발목각

각 단계별 발목각도는 <표 III-4 >과 <그림 III-10 >에 나타난 바와 같다.

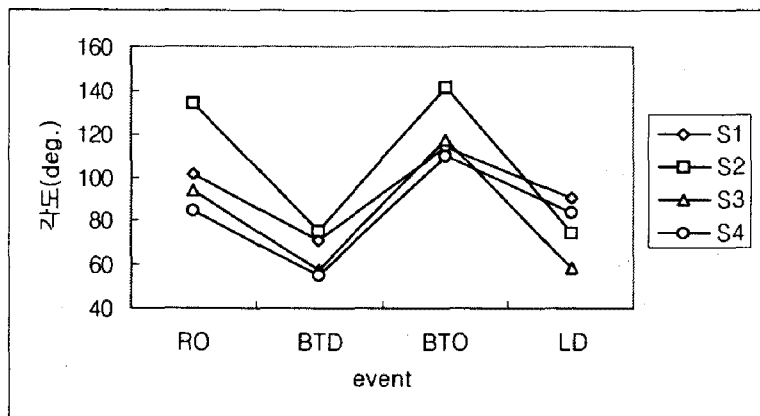


그림 III-10. 각 단계별 발목각도 변화

표와 그림에서 보는 바와 같이 각 단계별 발목각도는 도움 짚기 단계에서  $103.3 \pm 21.60^\circ$ , 구름판 접촉 단계에서는  $64.82 \pm 9.86^\circ$ , 구름판 이지 단계에서는  $120.6 \pm 14.38^\circ$ , 평균대 착지 단계에서  $76.77 \pm 14.01^\circ$ 로 나타났다.

발목각도 변화양상은 구름판 이지 시 가장 큰 각도를 이루고 있는 것으로 나타났다. 이와 같은 결



과는 도움 짚기 단계에서는 동작 시 발목을 거의 편 상태의 저축 굴곡으로 수행되고 있었으며, 구름판 접촉 시에는 발 구름을 위해 배측 굴곡을, 구름판 이지 시에는 공중으로 떠오르면서 저축 굴곡이 되는 것으로 나타났다. 또한 평균대 착지 시에는 대위로의 착지를 위해 배측 굴곡을 하게 됨으로서 발목의 각도가 감소되고 있는 것으로 나타났다. 또한 Elliott et al.(1991)의 연구에서 보고된 구름판 이지 시 발목각도는  $138.3^{\circ}$ 로 보고된 바 본 연구의 대상자들의 발목각도가 작게 나타났다. 따라서 효과적인 발 구름을 위해서는 신속한 배측 굴곡의 조절 또한 중요한 요인으로 보인다.

#### IV. 결 론

본 연구의 목적은 평균대 도움 짚고 몸 퍼 뒤 공중 돌아 오르기 동작에 대한 운동학적 변인을 규명하는데 있다. 연구 대상자는 국가대표 급 선수 4명으로 선정하였으며, 3차원 영상분석법을 이용하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 국면별 소요시간은 구름판 접촉국면에서부터 이지되는 2국면에서 가장 짧은 시간을 소요하고 있는 것으로 나타났으며, 선행 연구된 결과와 유사한 시간으로 나타났다. 또한 총 소요 시간에서는 선행 연구된 결과보다는 본 연구의 대상자들이 다소 길게 소요하고 있는 것으로 나타났다.
2. 각 단계별 수평변위는 평균대 착지 시에 가장 크게 나타났다. 수직변위는 구름판이지 단계의 수직변위가 급격한 증가를 나타냈으며, 또한 평균대 착지시의 수직변위가 가장 크게 나타났다. 합성변위는 구름판 이지시의 합성변위가 가장 크게 나타났다.
3. 각 단계별 수평속도는 구름판 접촉 시에 가장 크게 나타났으며, 구름판 이지 시에는 수직방향으로의 체공으로 인해 감소되고 있는 것으로 나타났다. 수직속도는 구름판 이지 시 체공으로 인해 크게 증가되는 것으로 나타났다. 각 단계별 합성속도는 구름판 접촉 시와 이지 시에 가장 크게 나타났다.
4. 고관절각도는 구름판 이지 시에 가장 크게 나타나 신전된 상태에서 동작을 수행하고 있는 것으로 나타났으며, 무릎각도는 구름판 이지단계에서 동체를 신전시키며 수직상승으로 인해 각도의 증가를 보였다. 또한 발목각도는 구름판 이지 시에 증가되는 것으로 나타났다.

이와 같은 결과는 구름판 접촉단계와 구름판 이지시의 단계에서 운동학적인 변인들의 감소 및 증가 양상의 변화가 가장 크게 나타나고 있어 효과적인 구름판의 이용이 중요한 관건으로 보여 진다.

## 참 고 문 헌

- 윤희중, 류지선, 김동민, 김영란(2000). 평균대 경기 시 앞 공중돌기 동작에 대한 운동학적 분석. *한국운동역학회지*, 제9권 2호, 291-305.
- Dapena, J.(2000). *The biomechanics of high jumping*. The 2000 Seoul International Sport Science congress.
- 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 Gmnastics.(2001). *The code of points for women*. Switzerland.
- Fortney,V.L.& McNitt-Gray,J.L.(1989). A kinematic analysis of women's Olympic vaulting(final report). Indianapolis:US Gymnastics Federation.
- 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.
- Nelson, R. C., Gross, T. S., Street, G. M.(1985). Vault performed by female Olympic gymnasts: A biomechanical profile. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1, 111-121.
- Payne, A. H. ,Barker, P.(1976). Comparison of the take-off force in the flic flac and the back somersault in gymnastics. *International Series on Biomechanics*, Vol, 1B. 314-321.
- Ragheb,M.A.,& Fortney,V.L.(1988). Kinematics of roundoff entry vaults by female Olympic gymnasts *Technique*, 8. 10-13.