



한국운동역학회지, 2004, 제14권 1호, pp. 27-40  
Korean Journal of Sport Biomechanics  
2004, Vol. 14, No. 1, pp. 27-40

## 평행봉 2회전 뒤돌아 무릎 구부려 내리기 동작의 운동학적 분석

이종훈\*(서울산업대학교) · 이용식\*\*(성균관대학교)

### ABSTRACT

#### Kinematic Analysis of Double Backward Somersault on the Parallel Bars

Lee, Jong-Hun\*(Seoul national university of technology)

Lee, Yong-Sik\*\*(sungkyunkwan university)

J. H. LEE, Y. S. LEE. Kinematic Analysis of Double Backward Somersault on the Parallel Bars. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 14, No. 1, pp. 27-40, 2004. The purpose of this study was to provide basic data for improving athletic performances by analyzing the kinematic variables of the Double Backward Somersault on the Parallel Bars through the 3D motion analysis. The subjects in this study were 5 male gymnasts who were ranked as national athletes. The results are as follows.

1. A total time(Mean Time) of performance showed  $2.72 \pm 0.82$  sec. and flight time to landing

---

투 고 일 : 2004년 2월 11일 접수

심 사 일 : 2004년 3월 8일

심사완료일 : 2004년 3월 28일

\* Corresponding Author, 교수, 139-240 서울시 노원구 공릉동 서울산업대학교 사회체육학과  
연락처 : leejh36@snut.ac.kr, Tel : 011-9870-6296

\*\* 시간강사, 440-746 경기도 수원시 장안구 천천동 300 성균관대학교 스포츠과학과

after releasing was 0.87sec.(mean). In order to perform better stable flying movement, the flight time should be increased.

2. In the change of velocity of the center of mass, when the increasing ascension velocity of the upper point was high, the position in the top point was high on releasing.
3. In the position variable of the center of mass, the mean of upper-bottom position in horizontal posture was  $242.1 \pm 6.5\text{cm}$ ,  $232.8 \pm 6.4\text{cm}$  in releasing, and  $265.0 \pm 5.6\text{cm}$  in the highest point. This result is explained that the position of center of mass can be raised by using elastic power when wrist raised the bar in the releasing movement.
4. The angle of shoulder joint was  $271.1 \pm 14.0$ . Such a big angle influences a negative effect on the releasing velocity, because trunk is not a position in the enough vertical direction.
5. The ankle of hip joint in hand-standing was  $191.1 \pm 5.9$ ,  $118.8 \pm 5.3$  in releasing, and  $122.3 \pm 5.3$  in taking on. Therefore, the result suggests that trunk should be straightly raised in taking on.

KEY WORDS : KINEMATIC, BACKWARD SOMERSAULT, CENTER OF MASS, VELOCITY

## I. 서 론

### 1. 연구의 필요성

체조는 건강과 체력을 증진하기 위하여 인체를 합리적으로 연구하여 고안해 낸 인위적인 운동으로, 고도의 기술과 세밀한 동작을 단계적으로 연결해 나가면서 독특하고 정확한 연기를 아름답게 표현시키는 예술이라 할 수 있다. 체조경기는 국제 체조연맹의 규칙에 따라 남자는 마루운동, 도마, 철봉, 안마, 평행봉, 링 등의 6가지 종목이 실시되며, 인체의 특유의 선과 복잡한 미의 연결에서 아름다운 몸매와 체력을 바탕으로 기술과 세밀한 동작을 조화 있게 구성하여 리드미컬하고 생동감 있게 표현시키는 예술경기이다(김충태외, 1988). 체조경기에서 더 많은 득점을 하기 위해서는 독창성(originality), 난이도(risk), 아름다움(virtue)의 세 가지 요인들이 요구된다. 특히 평행봉은 회전운동과 직진운동의 복합적인 기술로 구성된 경기로 다른 스포츠에 비하여 고도의 기술과 독창성, 그리고 숙련성이 요구되고 있으며, 좋은 연기를 표현하기 위해서는 지속적인 트레이닝은 물론 과학적인 연구나 노력이 뒤따라야만 좋은 효과를 낼 수가 있다(이종훈외, 2003). 마루운동과 뽀름 경기를 제외한 4종목에서 가지는 공통적 특성 중 하나가 종목연결을 마무리하는 내리기 동작을 수행한다는 것이다.

체조경기의 내리기 동작은 모든 연기를 마무리하는 단계로서 득점과 관련이 매우 깊기 때문에 많은 선수들이 고난도의 새로운 동작을 시도하고 있다. 즉, 내리기 동작이 얼마나 부드럽게 이루어져 정확한 착지를 하느냐에 따라 전체기술의 평가가 좋게 혹은 나쁘게 평가되어질 수 있다는 것이다(황경숙, 1988). 평행봉의 내리기 동작은 선수가 평행봉에서 수행한 연기를 최종적으로 마무리하는 단계로 그 난이도나 성공여부가 득점에 지대한 영향을 미친다. 최근 세계적인 우수 체조선수의 기술과 기능의 향상은 빠른 속도로 발전해나가고 있으나, 우리나라 선수들은 불완전한 내리기 동작으로 각종경기에서 좋은 점수를 얻지 못하고 있는 실정이다.

국내에서 연구된 선행 연구들을 보면 황경숙외 3인(1988)이 평행봉의 2회전 뒤돌아 내리기 동작에 대한 운동학적 요인을 2차원으로 분석하였으며, 김충태외 2인(1995)은 평행봉 Moy Piked to support 동작에 대한 분석을 하였고, 한충식의 2인(1995)은 조마, 평행봉, 철봉을 중심으로 종목별 가점 내용에 대한 비교분석을 하였으며, 안완식(1996)은 평행봉 Tippelt 오르기 동작을 구간별 시간 및 총 동작수행시간 변화, 각도변인 등을 분석하였으며, 조관식 등(1996)은 평행봉의 Morisue 동작을 분석하여 동작시간, 신체중심의 속도, 위치, 각도변화를 분석하였으며, 최영철(1987)은 평행봉에서 처져 차오르며 뒤 가위잡어 물구나무서기동작을 고속카메라로 촬영하여 속도, 각도, 시간 등 운동학적 분석을 하여 선수간의 기술차이를 규명하였으며, 오문균(1997)은 철봉 내리기 동작 중 몸뿔 2회전 뒤틀어 2회 비틀며 내리기 동작에 대한 분석을 통하여 뒤돌기와 비틀기 동작이 어떠한 상관관계가 있는지를 연구하였고, 김동민 등(1997)은 철봉 내리기 동작 시 몸뿔 2회전 뒤 공중 돌며 비틀기 동작인 Fedorchenko 동작과 Waianabe 동작간의 운동학적 특성을 3차원 영상분석을 이용, 비교 분석하였다. 이상과 같이 많은 선행연구들이 있지만, 평행봉 동작 중 내리기 동작에 대한 연구는 새로운 기술의 향상을 위해 연구 되어져야할 과제라고 생각되며, 본 연구자는 평행봉 내리기 동작을 진단하고 선수들에게 필요한 운동 역학적 변인들을 정량적으로 분석하여 이를 토대로 선수들의 훈련에 적용시켜 보다 과학적이고 효과적으로 경기력을 향상시킬 수 있는 기초 자료를 제공함에 그 목적을 두었다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구대상은 2003 세계선수권대회를 대비하여 태능 선수촌에서 훈련 중인 국가대표 남자선수 5명을 대상으로 하였으며 피험자 특성은 <표1>과 같다.

표 1. 피험자의 신체적 특성

대상자	구 분	연령(Yrs)	신장(cm)	체중(kg)	경력(Yrs)
S1		24	165	63	15
S2		19	160	56	10
S3		19	167	63	10
S4		22	165	60	13
S5		19	160	53	9
M±SD		20.6±2.0	163.4±2.8	59.0±3.9	11.4±2.2

## 2. 실험 장비

본 연구에 사용된 실험장비는 촬영장비, 영상분석 및 자료처리 장비 등으로 그 내용은 <표2>와 같다.

표 2. 실험장비

구 분	명 칭	모 델 명	제 조 회 사
촬영장비	S-VHS카메라 2대	WV-D5100	Panasonic
	Control object		V-TEK
	사각 코드 발생기	SR-50	Horita
	비디오 레코더	AG-7400 VCR	Panasonic
	S-VHS 비디오테이프	PX120 HI Visual	Kodak
영상분석 및 자료처리장비	컴퓨터 시스템	PentiumIII	Intel
	비디오 프로그램	KWON3D	V-TEK
	모니터	PVM-1942Q	Sony
	S-VHS VCR	AG-7350	Panasonic

## 3. 실험방법

3차원 공간 좌표를 설정하기 위하여 통제점이 표시된 직사각형 2m×3m×2m의 통제점 틀을 평행 봉운동의 뒤 공중 돌아 2회전 무릎 굽혀 내리기 동작이 모두 포함될 수 있는 범위 내에 설치하고, 비디오카메라를 작동시켜 3분간 촬영한 후 통제점 틀을 제거하였다. 두 대의 비디오카메라는 실험 동작의 운동 진행방향을 기준으로 좌·우측 60°로 12m 떨어진 지점에 카메라의 렌즈와 평행봉의 높이가 수평이 되도록 설치하였으며, 실험 시 카메라의 촬영속도는 60fields/s로 하였으며, 피험자마다

동작을 4회씩 실시하여 촬영하고 그중 피험자 및 감독이 가장 우수하다고 생각하는 동작을 선정하여 분석하였다.

#### 4. 자료처리

본 연구의 자료처리는 KWON3D Motion Analysis Package Version 3.0 Program(Kwon, 2002)을 사용하였다. 먼저 통제점 틀에 표시되어 있는 통제점을 5회 반복하여 좌표화 하였으며 각 관절점 14개의 점을 직접 좌표화 하였다. 디지털라이징 오차와 기자재 자체에 의해 생기는 노이즈(noise)를 제거하기 위해 Butterworth 저역필터(low pass filter)를 사용하여 원자료를 필터링 하였다. 이때 차단주파수(Cut-off frequency)는 6.0Hz로 설정하여 실시하였다. 그리고 자료처리 과정에서 피험자가 운동하는 방향을 Y축 방향으로, 지면에 대하여 수직방향을 Z축으로, Y축에서 Z축으로의 벡터의 외적(cross product), 즉 좌·우 방향을 X축으로 설정하였다. 분석범위는 물구나무서기 이후 하강자세, 릴리즈 및 공중에서 2회전하여 착지할 때까지의 동작을 분석하였으며, 각 이벤트에 대한 정의 및 도해는 <그림 1>과 같이 나타나 있다.

##### 1) 동작의 이벤트 정의

- $E_1$  : 물구나무 서기자세
- $E_2$  : 하강하여 신체중심이 평행봉과 수평을 이루는 시점
- $E_3$  : 양손이 평행봉에서 릴리즈 되는 시점
- $E_4$  : 릴리즈 후 신체중심이 공중에서 최고점에 도달하는 시점
- $E_5$  : 착지시점

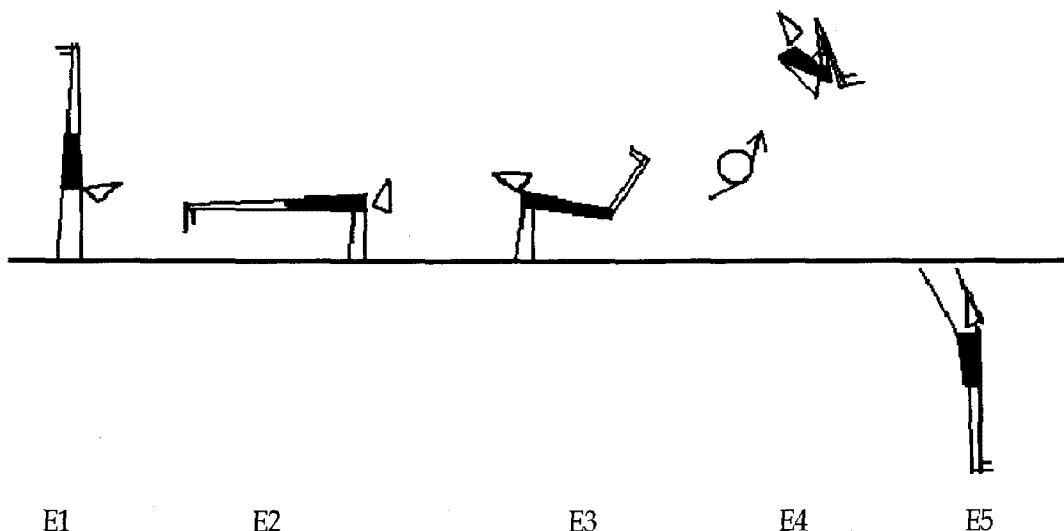


그림 1. 이벤트별 신체위치

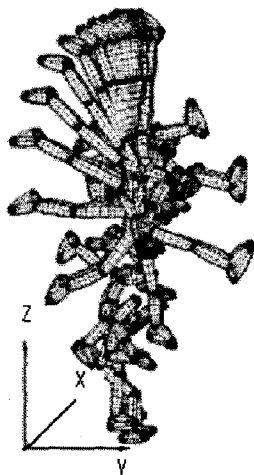
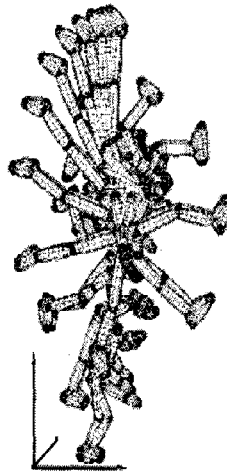
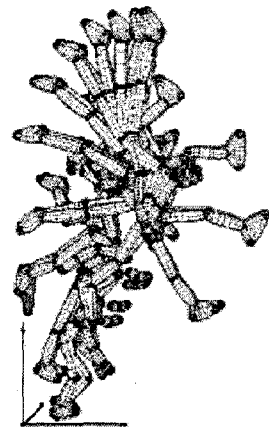
## 2) 각구간의 정의

구간1( $P_1$ ) : 이벤트  $E_1$ 에서  $E_2$ 까지구간2( $P_2$ ) : 이벤트  $E_2$ 에서  $E_3$ 까지구간3( $P_3$ ) : 이벤트  $E_3$ 에서  $E_4$ 까지구간4( $P_4$ ) : 이벤트  $E_4$ 에서  $E_5$ 까지

## III. 결과 및 고찰

## 1. 동작의 궤적 형태 및 소요시간

<그림 2>는 무릎 굽혀 2회전 뒤 공중 돌아내리기 동작의 궤적형태(stick figure)를 각 대상자별로 나타내고 있다. 아래 그림과 같이 궤적 형태를 통하여 내리기 동작을 정량적으로 자세히 분석할 수는 없지만, 전체적인 궤적형태를 파악함으로써 평행봉 2회전 뒤돌아 무릎 구부려 내리기 동작을 이해하는데 도움이 될 것이다.

 $S_1$ 의 궤적형태 $S_2$ 의 궤적형태 $S_3$ 의 궤적형태

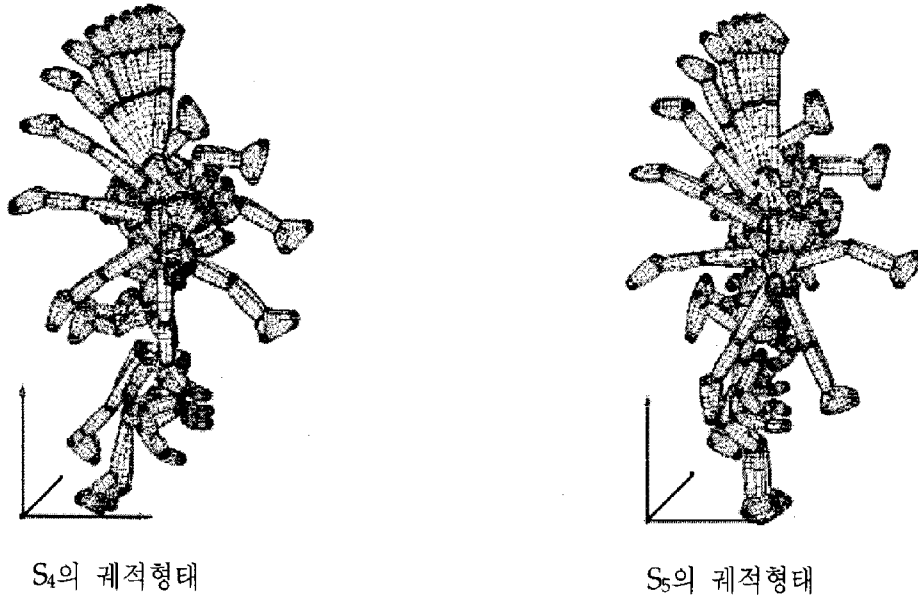


그림 2. 각 피험자의 궤적형태

다음의 <표3>은 각 구간별 소요시간 변화를 나타내고 있다.

표 3. 각구간별 소요시간(sec)

피험자 \ 구분	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	총소요시간
S <sub>1</sub>	0.83	0.43	0.26	0.61	2.13
S <sub>2</sub>	0.66	0.48	0.26	0.61	2.01
S <sub>3</sub>	0.81	0.38	0.28	0.68	2.15
S <sub>4</sub>	0.78	0.41	0.23	0.58	2.00
S <sub>5</sub>	0.76	0.45	0.26	0.63	2.10
M±SD	0.77±0.06	0.76±0.81	0.25±0.02	0.62±0.03	2.07±0.82

<표 3>에 의하면, 준비자세에서 하강하여 신체중심이 평행봉과 수평을 이루는 시점, 즉 하강국면이라 할 수 있는 P<sub>1</sub>의 평균소요시간은 0.77±0.06초로 나타났으며 이는 강병의(1998)가 조사한 0.64초보다 길게 나타났다. S<sub>1</sub>은 0.83초로 가장 긴 소요시간을 나타냈고, S<sub>2</sub>는 0.66초로 하강국면에서 짧은 소요시간을 나타냈으며, E<sub>2</sub>에서부터 양손이 평행봉에서 릴리즈 되는 시점인 E<sub>3</sub>까지, 즉 베틱 국면인 P<sub>2</sub>의 소요시간은 평균 0.76±0.81초이며, S<sub>3</sub>가 0.38초로 가장 짧은 소요시간을 나타내었으며, S<sub>2</sub>가 P<sub>1</sub>에서와는 달리 0.48초로 가장 긴 소요시간을 나타내었다. 릴리즈된 후 신체중심이 공중에 최고점에 도달하는 시점인 E<sub>4</sub>까지 소요된 국면 P<sub>3</sub>의 평균시간은 0.25±0.02초로 나타났으며, 이는 강(1998)의 0.29±0.02초 보다 0.04초 빠르게 나타났다. 개인별 피험자를 살펴보면, S<sub>3</sub>가 0.28초로 가장 소요시간

이 길었고  $S_3$ 가 0.23초로 가장 짧게 나타났다. 정점도달 시간이 짧다는 것은 공중에서 체공시간이 작다는 것을 의미하는 것으로, 더 많은 공중회전동작을 하는데 장애요인이 된다. 보다 많은 체공시간을 확보하기 위해서는 릴리즈 시 수직속도를 상승시켜야 하며 이를 위해서는 Dismount Swing에서 릴리즈 직전 각 가속도를 최대로 얻을 수 있는 훈련이 필요하며, 이로 인하여 체공시간을 길게 할 수 있을 것으로 사료된다. 착지 구간인  $P_4$ 는 평균  $0.62 \pm 0.03$ 초가 소요되었으며,  $S_4$ 가 국면  $P_3$ 에서와 같이 0.58초로 소요시간이 가장 짧게 나타났고,  $S_3$ 가 0.68초로 가장 길게 나타났다.  $S_4$ 는 경기력을 향상시키기 위해서는 체공시간을 늘릴 수 있는 훈련이 필요 할 것으로 사료된다. 총 동작 소요시간은  $2.07 \pm 0.82$ 초로 강(1998)의  $2.12 \pm 0.07$ 초에 비해 동작수행 시간이 작게 나타났다.

## 2. 신체중심의 위치 변인

물구나무서기부터 착지까지 각 피험자들의 내리기 동작 수행 중 신체중심의 위치는 <표4>와 같다. <표4>에 나타난바와 같이 준비자세인 물구나무서기에서 좌우 위치를 나타낸 x축의 평균값은  $30.7 \pm 2.2$ cm이었으며, 수평자세는  $37.5 \pm 3.8$ cm, 릴리즈 시는  $30.0 \pm 7.2$ cm, 정점 시는  $69.5 \pm 9.0$ cm, 그리고 착지 시는  $110.2 \pm 14.7$ cm로 나타났다. 물구나무서기 자세에서 하강국면인 수평자세까지 약간 큰 값을 보이다가, 배팅 국면인 릴리즈 시에 감소하는 경향을 나타내었는데, 이는 강(1998)과 황외 3인(1988)의 결과와는 다르게 나타난 것으로, 하강 시 신체중심을 최대한 bar의 중앙에 위치하여 bar통과 시 신체의 좌우중심을 유지하고, bar를 안전하게 통과하려는 피험자의 의도적인 동작으로 사료되며, 정점인  $E_4$ 에서는 신체중심의 위치가 착지를 위한 위치선정으로 bar의 밖으로 중심이 이동하였으며, 착지 시는 가장 큰 수평 값을 나타내었다. 그리고, 상하위치를 나타내는 z축의 요인을 살펴보면, 물구나무서기에서의 평균값은  $272.6 \pm 3.1$ cm, 수평자세는  $242.1 \pm 6.5$ cm, 릴리즈 시는  $232.8 \pm 6.4$ cm, 정점 시는  $265.0 \pm 5.6$ cm, 그리고 착지 시는  $83.2 \pm 8.6$ cm로 나타났다. 수평자세에서와 릴리즈 시에 서로 비슷한 상하위치를 나타냈는데, 이는 하강동작인 수평자세와 이지를 위한 릴리즈 시의 상 방향을 향한 수평자세동작을 취하기 때문이라 사료된다. 피험자 릴리즈 동작에서  $S_2$ 가 239.0cm로 높은 신체중심의 상하위치를 나타냈고,  $S_5$ 가 224.8cm로 가장 낮은 상하위치를 나타내었다. 이는 손목으로 바를 밀어 올릴 때 바의 탄성을 이용하여 주관절을 수직으로 들어올림으로써 중심의 위치가 높은 것이 릴리즈 이후 상하위치를 높이는데 영향을 미치는 것으로 사료된다. 착지시점인  $E_5$ 에서 수평 위치를 나타내는 y축의 평균은  $72.6 \pm 13.3$ cm로 물구나무서기의 105.8cm와, 릴리즈 시의 120.9cm와 비교해서 뒤쪽에서 동작이 이루어지고 있는바, 이는 내리기 동작을 수행하는데 있어 상·하체의 진자운동을 이용하여 신체중심을 수평축으로 멀리 보냄으로써 여유 있게 수직상하운동을 하는데 있어, 불리한 요인으로 작용되는 것으로 사료된다.



표 4. 이벤트별 위치변화(cm)

구 분 피 험 자		E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>
		S <sub>1</sub>	X	29.3	34.4	38.4
Y	108.8		94.9	122.8	110.2	91.7
Z	276.1		246.2	236.6	267.7	96.7
R	298.2		266.1	267.4	289.6	150.0
S <sub>2</sub>	X	31.0	37.9	39.2	67.2	118.2
	Y	93.1	82.0	110.0	96.7	76.7
	Z	274.2	252.2	239.9	268.5	90.4
	R	286.3	258.1	263.4	279.2	139.3
S <sub>3</sub>	X	34.4	32.2	38.7	81.1	98.7
	Y	114.9	101.1	131.8	105.1	52.6
	Z	273.4	239.8	225.4	267.1	76.2
	R	298.6	262.3	263.0	287.2	121.9
S <sub>4</sub>	X	27.7	41.3	24.1	54.6	87.2
	Y	109.7	95.6	124.6	114.7	63.9
	Z	266.6	232.9	237.7	253.9	75.9
	R	289.6	253.5	268.9	278.9	132.5
S <sub>5</sub>	X	31.1	42.1	29.8	68.7	123.1
	Y	102.6	92.7	115.6	104.2	78.3
	Z	273.0	239.4	224.8	268.2	77.2
	R	293.4	258.7	271.6	287.7	121.7
M±SD	X	30.7±2.2	37.5±3.8	30.0±7.2	69.5±9.0	110.2±14.7
	Y	105.8±7.4	93.2±6.2	120.9±7.5	106.1±6.0	72.6±13.3
	Z	272.6±3.1	242.1±6.5	232.8±6.4	265.0±5.6	83.2±8.6
	R	293.2±4.7	259.7±4.2	226.8±29.7	284.5±4.5	133.0± 10.7

이상의 결과들을 종합해보면, 물구나무 이후 큰 전후 및 상하 변위를 나타내어 하강자세에서 낮은 상하위치를 유지하는 것이 중요한 요인이라 사료된다. 이것은 자연스러운 흔들기를 유발하는 원인으로 작용하며, 자연스러운 흔들기의 유발은 정점 높이 향상에도 이로운 결과를 초래하게 될 것이다. 따라서 하강국면에서의 큰 전후 및 상하 변위는 이후의 국면에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

### 3. 신체중심의 속도변인

각 피험자들이 동작을 실시하는 동안 신체중심의 속도를 이벤트별로 나타낸 것은 <표5>와 같다.

표 5. 이벤트별 신체중심의 속도(cm/s)

피험자	구분	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>
		S <sub>1</sub>	X	-1.8	-1.5	85.9
Y	-10.0		62.1	-65.6	7.6	-48.0
Z	-2.5		-235.2	303.3	43.3	-493.1
R	10.5		235.5	322.0	74.9	505.6
S <sub>2</sub>	X	9.3	-11.0	96.4	67.0	105.2
	Y	-19.1	54.5	-83.9	21.2	-34.2
	Z	7.9	-221.1	293.0	20.4	-511.2
	R	22.7	222.8	319.7	73.2	523.0
S <sub>3</sub>	X	-26.8	7.2	69.9	66.9	107.0
	Y	-8.1	62.0	-79.9	-55.1	-65.1
	Z	-3.2	-254.7	321.7	32.7	-351.7
	R	28.1	254.9	338.8	106.5	373.4
S <sub>4</sub>	X	-21.3	17.8	101.3	60.4	98.4
	Y	-14.2	71.2	-83.5	-15.3	-62.8
	Z	3.8	-246.4	208.9	12.2	-412.8
	R	25.9	247.0	246.8	63.5	318.7
S <sub>5</sub>	X	-16.3	-21.3	84.7	51.3	30.2
	Y	-11.8	72.1	-82.9	-23.2	-103.1
	Z	2.7	-253.0	244.6	-11.0	-223.1
	R	20.3	254.7	271.8	57.6	247.6
M±SD	X	-11.3±13.2	-1.7±13.6	87.6±10.8	61.2±12.8	88.7±29.4
	Y	-12.6±3.7	64.3±6.5	-79.1±6.9	-12.9±26.3	-62.6±23.0
	Z	1.7±4.1	-242.0±12.5	274.3±41.4	15.4±21.9	-309.1±137.5
	R	21.5±6.1	242.9±12.3	299.8±34.6	75.1±16.9	267.6±164.9

<표 5>의 결과에 의하면, 준비자세인 E<sub>1</sub>에서 합성속도가 평균 21.5±6.1cm/s로 나타나 약간의 움직임이 있음을 알 수 있으며, E<sub>2</sub>에서 중요한 의미를 지니는 상하속도 평균은 -242.0±12.5cm/s였으며, 직 하방으로 S<sub>3</sub>는 -254.7cm/s로 가장 빠른 속도를 나타내었으며, S<sub>2</sub>는 -221.2 cm/s로 가장 느린 속도를 나타냈다. 전후속도 평균은 64.3cm/s였으며, S<sub>5</sub>가 72.1cm/s로 가장 빠른 속도로 신체중심을 전방으로 이동하고 있음을 알 수가 있고, S<sub>2</sub>는 54.5cm/s로 가장 작은 속도를 나타내었다. 양손이 평행 붓에서 릴리즈 되는 시점인 E<sub>3</sub>에서의 피험자 평균 합성속도는 299.8±34.6cm/s를 나타내었고, 릴리즈 시 중요한 속도요인인 상하속도는 평균 274.3±41.4cm/s로, 본 연구가 황경숙 외 3인(1988)의 연구에서 나타난 270cm/s 보다는 빠르게, 강병의(1998)의 295.0cm/s 보다는 속도가 작게 나타났다. 피험

자 중  $S_3$ 가 321.7cm/s로 가장 큰 상방향 속도를,  $S_4$ 는 208.9cm/s로 가장 작은 속도를 나타냈다. 그리고 이때의 전후속도 평균은  $-79.1 \pm 6.9$ cm/s로 음의 값을 나타냈는데, 이는 양손이 평행봉에서 릴리즈 될 때 신체중심의 전상방향으로 움직임을 나타내어야 하나, 공간상에서 보다 많은 체공시간을 확보 하기 위해 bar의 수직 안쪽방향으로 신체중심을 움직이는 것으로 사료되며,  $S_2$ 은  $-83.9$ cm/s로 가장 큰 속도를,  $S_1$ 가  $-65.6$ cm/s로 가장 느린 속도를 나타내고 있었다. 릴리즈 속도가 크다는 것은 체공시간을 길게 할 수가 있으며, 이는 공중의 회전동작에 많은 영향을 미친다.  $E_4$ 인 정점에서의 평균 합성속도는  $75.1 \pm 16.9$ cm/s였으며,  $S_3$ 가 106.5cm/s로 가장 큰 합성속도를  $S_5$ 가 57.6cm/s로 가장 작은 속도를 나타내고 있었다. 그리고 전후속도 평균은  $-12.9 \pm 26.3$ cm/s였고,  $S_3$ 가  $-55.1$ cm/s로 가장 큰 속도를  $S_1$ 는 7.6cm/s로 가장 작은 속도를 보이고 있었다. 한편 상하속도 평균은  $25.3 \pm 25.8$ cm/s였으며,  $S_5$ 가  $-11.0$ cm/s로 가장 큰 하강속도를  $S_3$ 은 61.8cm/s로 가장 큰 상승속도를 나타내고 있었다. 신체중심이 공중에서 최고점에 있을 때 신체중심을 축으로 한 계속적인 빠른 공중회전을 유지하기 위해서는 상승속도보다는 하강 속도를 나타내면서 빠른 후방으로의 속도를 나타내는 것이 유리한 결과를 초래할 것으로 사료된다. 따라서 릴리즈 시의 큰 상승속도는 정점에서의 상하위치에서 보다 높은 위치를 나타내는 요인이라 할 수 있다. 그리고, 릴리즈 시의 후방으로 큰 수평속도는 이때의 상승속도와 신체를 공중으로 띄우는 작용을 저해하는 요인으로 사료되며, 이러한 결과들은 황경숙 외 3인 (1988)의 결과에서 나타난 전후방향의 속도가 크면 상하방향의 속도를 얻는데 부정적인 요소로 작용한다는 주장과 일치하는 결과를 나타낸다.

#### 4. 주요관절의 각도

##### 1) 견관절의 각도 변화

견관절각은 몸통과 상완이 이루는 사이 각으로, <표6>는 주요 이벤트별 견관 절의 각도변화를 나타내고 있다. <표6>에 따르면  $E_1$ 의 물구나무서기에서 피험자의 견관 절의 평균각도는  $153.2 \pm 40.3^\circ$ 로 나타났으며, 피험자  $S_6$ 가  $185.8^\circ$ 로 가장 수직에 가까운 각을 유지하고 있었으며,  $S_2$ 는 피험자 중 가장 큰 각도인  $199.9^\circ$ 로 몸통이 bar의 수직 축을 지나 전방으로 향하여 자세유지에 어려움이 있어, 견관절 각도를 줄여야 할 것으로 사료된다. 신체중심이 평행봉과 수평을 이루는 시점인  $E_2$ 에서는 견관절각이 평균  $381.2 \pm 76.5^\circ$ 로 나타났으며,  $E_3$ 인 릴리즈 시의 평균 견관절각은  $271.1 \pm 14.0^\circ$ 로 나타났으며,  $S_4$ 가  $286.3^\circ$ 로 가장 큰 각을 유지하였는데, 이는 릴리즈 시 몸통이 충분히 수직 상 방향에 위치하지 않은 상태에서 이지가 되기 때문에 릴리즈 속도가 감소 할 수 있으며, 체공시간에 부정적인 영향을 주어 공중회전 동작을 하는데 있어 비효율적이라 사료된다.  $S_5$ 는  $248.8^\circ$ 로 가장 작은 견관절 각을 나타내어 피험자 중 가장 바람직한 견관절 각을 유지하고 있는 것으로 나타났다. 신체중심이 최고점에 도달하는 시점인  $E_4$ 에서는 피험자 평균  $328.0 \pm 10.4^\circ$ 로 나타났고, 피험자 중  $S_1$ 이  $342.5^\circ$ 로 가장 크고,  $S_3$ 가  $315.9^\circ$ 로 가장 작게 나타났다. 착지시점인  $E_5$ 에서 평균 견관절 각은  $196.6 \pm 15.8^\circ$ 로

나타났으며,  $S_4$ 가  $214.4^\circ$ 로 가장 큰 각을 나타내었으며,  $S_5$ 는  $172.3^\circ$ 로 피험자 중 가장 작은 각을 나타내었다.  $S_5$ 는 착지자세의 불안정으로 인하여 양손을 수직 축을 기준으로 상체 뒤 방향으로 들어올리는 동작이 이루어지지 않은 것을 알 수가 있으며, 이는 평가에 있어 부정적인 요인으로 유의해야 할 것으로 사료된다.

표 6. 이벤트별 건관절의 변화(°)

구분 피험자	$E_1$	$E_2$	$E_3$	$E_4$	$E_5$
$S_1$	189.3	307.1	283.1	342.5	210.1
$S_2$	199.9	292.5	261.4	338.1	201.6
$S_3$	191.2	305.0	276.1	315.9	184.7
$S_4$	199.6	313.5	286.3	319.3	214.4
$S_5$	185.8	306.9	248.8	324.5	172.3
M±SD	153.2±40.3	381.2±76.5	271.1±14.0	328.0±10.4	196.6±15.8

## 2) 고관절의 각도 변화

고관절 각은 몸통과 대퇴가 이루는 각으로, <표7>은 이벤트별 피험자의 고관절각도를 나타내고 있다. 앞의<그림1>에서 보듯이 하강국면에서 고관절 각이 크다는 것은 대퇴가 몸통을 기준으로 과신전되었음을 의미하며, 릴리즈 시에 각도가 작을수록 몸통을 축으로 굴곡이 되는 것을 알 수가 있다. <표7>에 나타난 결과에 의하면, 동작을 시작하는  $E_1$ 에서의 피험자의 평균 고관절 각은  $191.9 \pm 5.9^\circ$ 로 나타나, 몸통을 축으로 약  $11^\circ$ 로 과신전 상태인 것을 알 수 있으며, 특히 피험자  $S_4$ 는  $200.4^\circ$ 로 과신전이 타 피험자에 비해 가장 크게 나타나 고관절 각을 줄여 물구나무서기 동작 시 신체의 균형을 적절하게 유지해야 할 것으로 사료된다.  $E_2$ 에서는 고관절각이 평균  $209.8 \pm 7.1^\circ$ 이며, 피험자 중  $S_2$ 가  $220.7^\circ$ 로 가장 크게 나타났으며, 릴리즈시인  $E_3$ 에서의 평균 고관절 각은  $118.8 \pm 5.3^\circ$ 로 강(1998)의  $116.4^\circ$ 보다 크게 나타났다. 이는 강(1998)의 연구동작은 릴리즈 후 공중회전 동작 시 무릎을 펴고 회전을 하기 때문에 무릎을 굽혀 회전하는 본 연구와 비교하여 고관절 각도가 작게 나타난 것으로 사료되며, 이는 신체중심을 축으로 하여 최대한 상체와 하지를 붙여야 관성모멘트를 줄여 회전속도를 빠르게 할 수 있을 것으로 사료된다. 피험자  $S_3$ 는  $126.5^\circ$ 로 릴리즈 시 가장 크게 나타났으며,  $S_5$ 가  $110.4^\circ$ 로 가장 작게 나타났다.  $E_4$ 에서의 평균 고관절각은 피험자 평균  $58.1 \pm 3.0^\circ$ 로 나타났으며, 착지시의  $E_5$ 에서 평균 고관절 각은  $122.3 \pm 5.3^\circ$ 로 강(1998)의  $109.5^\circ$ 보다 크게 나타나 본 연구의 피험자들이 착지 시 상체를 곧게 세우고 착지하여 보다 안정적인 자세를 취하는 것으로 사료된다. 피험자  $S_2$ 는  $131.8^\circ$ 로 가장 큰 고관절 각을 착지 시에 나타냈으며,  $S_1$ 이  $117.8^\circ$ 로 가장 작은 각도를 나타내었다.

표 7. 이벤트별 고관절의 각도(°.)

구분 피험자	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>
S <sub>1</sub>	189.4	210.1	121.8	60.1	117.8
S <sub>2</sub>	194.5	220.7	117.2	57.5	131.8
S <sub>3</sub>	193.2	208.8	126.5	62.5	124.9
S <sub>4</sub>	200.4	198.0	118.2	57.2	119.1
S <sub>5</sub>	182.3	211.5	110.4	53.4	118.1
M±SD	191.9±5.9	209.8±7.1	118.8±5.3	58.1±3.0	122.3±5.3

#### IV. 결 론

본 연구는 평행봉 무릎 구부리고 2회전 공중돌아 내리기 동작을 3차원 영상분석을 통하여 운동학적 요인을 분석하여 경기력 향상을 위한 훈련의 기초 자료로 사용하고자, 국가대표 남자선수 5명을 대상으로 연구 분석을 실시하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 총 동작 수행시간은 평균 2.07±0.82초로 나타났으며, 릴리즈 후 착지까지의 체공시간은 평균 0.87초로 보다 안정된 공중동작을 수행하기 위해서는 체공시간을 증대해야 할 것으로 사료된다.
2. 신체중심의 속도변화에서, 릴리스시 상방의 상승속도가 클수록 정점에서의 위치가 높게 나타났다.
3. 신체중심의 위치변인에서 수평자세에서 상하위치 평균은 242.1±6.5cm, 릴리즈 시는 232.8±6.4cm, 정점에서는 265.0±56cm로 나타났으며, 릴리즈 동작에서 손목으로 bar를 밀어 올릴 때 탄성을 이용하여 주관절을 수직으로 들어올림으로써 상하위치를 높이는데 영향을 미치는 것으로 사료된다.
4. 견관절 각은 릴리즈 시 평균 271.1±14.0°로 나타났으며, 견관절 각이 크다는 것은 몸통이 충분히 수직 상 방향에 위치하지 않은 상태에서 이지가 되기 때문에 릴리즈 속도에 부정적인 영향을 미치는 것으로 사료된다.
5. 고관절각은 물구나무 서기 시 평균 191.1±5.9°, 릴리즈 시 118.8 ± 5.3°, 착지 시 122.3± 5.3°로 나타났으며, 착지 시 상체를 곧게 세우고 착지하여 보다 안정적인 자세를 취해야 할 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- 강병의(1997). 평행봉 Healy 버티기 동작의 3차원 운동학적 요인분석 한국체육대학교 대학원 석사학위논문.
- 강병의(1998). 평행봉 무릎펴고 2회전 뒤 공중돌아 내리기 동작의 운동학적 분석. 한국체육과학 연구원.
- 김동민(1997). 철봉 뒤 휘돌기 유형에 따른 내리기 기술의 생체역학적 분석 단국대학교 대학원 박사학위논문.
- 김동민, 류지선, 한충식, 박종훈(1997). 철봉 내리기 동작시 몸펴 두바퀴 뒤공중돌며 비틀기 동작의 유형에 따른 공중동작 국면의 운동학적 특성. 제 35회 한국체육학회 학술발표회 논문집 pp.773-779
- 김충태, 이연중, 윤창선(1995). 평행봉 Moy Piked to Support 동작의 운동학적 분석 한국체육대학교 체육연구소 논문집, 제14권, 제1호 pp. 215-220
- 안완식(1996). 평행봉 Tippelt 오르기 동작의 운동학적 분석. 한국체육학회지 제35권 제2호. pp. 323-332
- 오문균(1997). 철봉에서 몸펴 2회전 뒤돌며 2회 비틀어 내리기 기술의 운동역학적 분석. 한국운동역학회지 제7권 제1호 pp. 71-90
- 윤정환(2003). 평행봉 Morisue piked 동작의 몸통회전각 분석. 한국체육학회지. 제42권 제2호. pp. 475-484
- 이여송(1984). 철봉 운동중 뒤 공중 돌아내리기의 동작분석. 중앙대학교 대학원 석사학위논문
- 이용식, 이정식(1995). 평행봉 뒤 공중 돌아 불구나무서기 동작분석. 한국체육학회지. 제34권 제2호. pp. 354-362
- 이종훈, 이용식(2003). 철봉운동 Adler동작의 운동역학적 분석. 한국학교체육학회지. 제13권 제1호. pp. 89-96
- 한충식(1992). 제11회 북경 아시아경기대회 체조경기 연기내용의 가치점과 완성도에 관한 연구. 한국체육대학교 체육과학연구소 논문집 제10호. pp. 59-72
- 한충식, 조성동, 안애정(1995). 체조 경기시 국·내외 우수선수의 종목별 가점내용에 관한 비교 분석·조마, 평행봉, 철봉을 중심으로 한국체육대학교 체육과학연구소 논문집, 제13권 pp. 207-213
- 황경숙, 광창수, 조승구, 진성태(1988). 평행봉의 2회전 뒤로 돌아 내리기 동작분석. 한국체육과학연구원 스포츠과학연구소 논문집. pp. 1061-1113
- Kwon, Y.H(1994). Kwon 3D Motion Analysis Package Ver 2.1 Reference Manual.
- Plagenhoef, S.(1983). Patterns of human motion. Englewood Cliffs. NJ:Prentice Hall.