



## 평행봉 Kenmotsu 동작의 운동학적 분석

### A Kinematical Analysis of the Kenmotsu on the Parallel Bars

공태웅 · 김용선\* (전주대학교) · 윤창선 (한국체육대학교)

Kong, Tae-Ung · Kim, Young-Sun\* (Jeon Ju University) · Yoon, Chang-Sun (Korea National Sport University)

#### ABSTRACT

T. U. KONG, Y. S. KIM, C. S. YOON, A Kinematical Analysis of the Kenmotsu on the Parallel Bars. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 15, No. 3, pp.61-70, 2005. The purpose of study was to investigate the kinematic variables of Kenmotsu motion in Parallel bars. To this study, by 3 dimensional kinematical analysis of 4 male national gymnasts participants in the 28th Athens Olympic Game in 2004, kinematic data collected using video camera. Coordinate data were smoothed by using a fourth-order Butterworth low pass digital filter with cutoff frequency of 6Hz. The conclusions were as follows.

1. In P2, because the constrained swing movement made the movement of a rising back difficult, the movements of Reg. were performed at low position after Air phase.
2. In E5 event, for the shake of a stable handstand and applied techniques like a Belle(E-value), a Belle Piked(super E-value), a vertical velocity in E2, a horizontal velocity in E3 and a vertical velocity in E4 were necessary for high velocities.
3. In E4 event, it was appeared that for a flexible body's movement of a vertical up-flight, the large angle of the shoulder joint and the flexion & extension of the hip joint were necessary in Air phase and a long flight time and vertical displacement made Reg. movements stable at the high position.

KEYWORDS : PARALLEL BARS, GYMNASTICS, KINEMATICAL

## I. 서론

1811년 독일의 얀(Jahn, F. L.)에 의해 고안된 평행봉운동은 1896년 제 1회 아테네 올림픽대회에서부터 정식 종목으로 채택(권운택, 김충태, 김동민, 1988)되었으며, 1976년 제 21회 몬트리올 올림픽대회에서부터는 철봉에서 실시하는 기술들이 평행봉운동에 접목되어 급속히 발전하기 시작하였다. 2001년에 개정된 채점규칙은

평행봉운동을 지지기 계, 팔 걸치기 계, 매달리기 계, 힘 기·정지기·다리 스윙동작과 외봉 옆에서 오르는 계, 그리고 내리기 계로 구분하였다. 또한 평행운동은 5가지 연기요소그룹에서 각각 한 가지씩 연기요소를 포함시켜야 하고, 각 요소는 최소한 B 난도 이상의 가치요소를 실시해야 하며, 내리기 기술은 최소 C난도 이상으로 연기를 실시해야 한다고 규정하고 있다(FIG, 2001). 이러한 새로운 채점규칙과 연기요소의 세분화는

다양한 연기구성과 독창성이 있는 새로운 기술개발을 유도하기 위함이라 할 수 있으며, 가산점(bonus point) 규정은 최고 1.2점까지 주어지며 D난도는 0.1점, E난도는 0.2점, Super E난도는 0.3점을 부여하고, 연결기술의 가산점은 최고 0.2점까지 부여하도록 제한하였다.

1978년 일본의 Kenmotsu 선수는 그 동안 철봉운동에서만 실시되었던 매달려 크게 휘돌기(giant circle to handstand)의 신기술을 발표함으로써 매달리기 계의 기술개발이 더욱 가속화(이계산, 1987)되는 계기가 되었으며, 이 기술은 Kenmotsu 동작으로 명칭되어졌다. 평행봉 운동의 Kenmotsu 동작은 물구나무서기 동작에서 실시할 경우 C난도로 Kenmotsu 동작만으로는 가점을 얻을 수 없지만, Belle(E난도)와 Belle Piked(super E난도) 등과 같은 고난도 기술들의 기본동작이 된다. 또한 매달리기 계의 기술 특성상 후속동작의 난도에 따라 연결 가산점을 추가할 수 있어서 고득점 획득에 매우 적합한 동작이라 할 수 있다. 이와 같이 매달리기 계의 고난도 기술들을 수행하기 위해서는 기본 동작인 Kenmotsu 동작의 이해가 선행되어야 할 것이다. Kenmotsu 동작은 물구나무서기 자세에서 크게 쳐져 내려와 크게 휘돌며 거꾸로 차올라 물구나무서기를 하는 동작이며, 스윙 운동 시 신체의 횡축에 대한 회전속도와 신체중심의 이륙속도를 빠르게 할수록 regrasp 순간 수직에 가까운 물구나무자세를 유지할 수 있어서 매달리기 계 기술의 고득점 획득에 유리하게 작용되는 안정성을 돋보이게 한다. 따라서 동작 초반의 다운스윙 운동 시 운동학적 요인의 변화는 밑으로 쳐지는 순간 손이 놓쳐지는 것과 차올라 물구나무서기 동작을 수행하는데 결정적 영향을 미치기 때문에 그 중요성이 매우 크다고 할 수 있다(남행웅, 백진호, 김동민, 박종훈, 2002).

평행봉운동에 관한 선행연구를 살펴보면, 신갑호, 박종훈(1993)은 앞 공중 두 바퀴 돌아 팔 걸치기 동작의 운동학적 분석을 통하여 공중동작 시 엉덩이, 어깨, 그리고 무릎관절의 굴곡각도가 클수록 회전력 상승에 영향을 미친다고 보고하였고, 김충태, 윤창선, 이연중(1995)은 Moy Piked to Support 동작의 운동학적 분석을 통하여 견관절과 고관절의 굴신 운

동의 중요성에 대하여 보고 하였으며, Takei, Dunn, Nohara and Kamimura(1995)은 Felge to Handstand Mount 동작에서 밖으로 잡기(outer grip)의 수행은 안으로 잡기(inner grip)보다 높은 신체중심과 큰 신체각을 성공적으로 이룰 수 있다고 보고하였다. 또한 남행웅 등(2002)은 Basket to Handstand 동작의 운동학적 분석을 통하여 다운스윙 국면 시 하강속도를 빠르게 하고 견관절을 신전시켜 팔과 동체의 회전 거리를 크게, 회전 속도는 빠르게 하는 것이 수직상승 성분의 회전운동을 이롭게 하여 regrasp의 신체 위치를 높게 한다고 보고하였다.

이와 같이 평행봉 운동의 선행연구가 활발히 진행되고 있지만, Kenmotsu 동작에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 새로운 채점규칙에서 고득점 획득이 매우 용이한 운동학적 분석을 통하여 각 국면별 운동학적 변인의 차이를 규명할 필요가 있다.

이 연구의 목적은 각 국면별 운동학적 변인의 차이가 마지막 물구나무서기 동작을 취하기 위해 손을 바꿔 잡는 자세에 어떠한 영향이 미치는가를 규명하여 훈련의 기초 자료로 제공하는데 목적이 있다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

이 연구에 선정된 피험자는 2004년 제 28회 아테네 올림픽 대회에 참가했던 국가대표 남자 기계체조 선수 4명이며 이들의 개인별 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 피험자들의 신체적 특성

특성 피험자	신장(cm)	체중(kg)	나이(yrs.)	경력(yrs.)
S1	165	57	29	18
S2	167	62	25	15
S3	170	64	20	11
S4	162	56	21	11
M±SD	166±3.37	59.75±3.86	23.75±4.11	13.75±3.4

## 2. 실험 절차

카메라는 평행봉 측면과 정면의 20m지점에 2대를 설치하였으며, 카메라의 속도는 60Hz로 하였다. 카메라와 공간의 실좌표계산을 위한 통제점들의 설치 4m 통제점봉(pole)을 설치<그림 1>하였으며, 통제점봉은 3분간 촬영한 다음 제거한 후 대상 기술동작을 촬영하였다.

실험 피험자들은 경기상황과 같이 기술동작을 연기하도록 주지한 후 충분한 연습을 실시하였다. 분석 대상동작은 5회의 기술동작을 실시하여 지도자와 선수가 가장 우수하다고 판단되는 하나의 동작을 선택하였다.

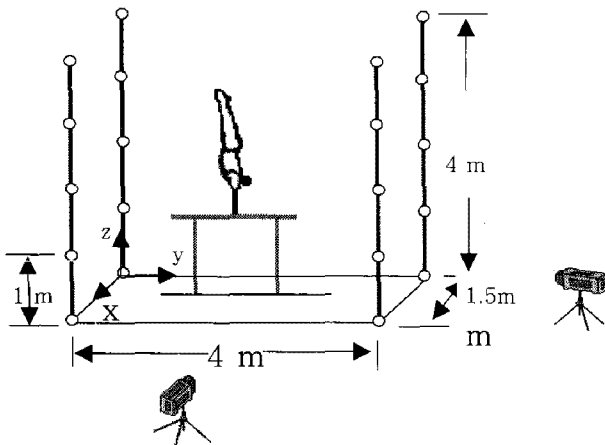


그림 1. 실험도구 설치

## 3. 자료처리 방법

자료처리는 K3D 3.1 version 프로그램을 사용하였다. 기준좌표계는 <그림 1>에서와 같이 신체의 좌·우 방향을 x, 전·후 방향을 y 그리고 수직방향을 z 축으로 설정하였다. 실좌표 계산을 위한 인체 모델의 관절점은 21개로 하였다. 또한 인체분절의 특성에 대한 신체분절 지수(body segment parameters)는 Plagenhoef(1971)의 자료를 이용하였다. 또한 3차원 좌표 계산은 Abdel- Aziz와 Karara(1971)가 개발한 DLT(direct linear transformation)방식을 사용하였으며, 이때 디지털이징 등과 같은 여러 가지 원인에 의해 발생하는 노이즈에 의한 오차 제거는 Butterworth 2차 저역 통과 필터(low-pass filter)를 이용하여 평활

화(smoothing)하였고, 이때 차단 주파수는 6Hz로 설정하였다.

인체관절의 각도는 견관절(SA), 고관절(HA) 그리고 슬관절(KA)을 분석하였다. 견관절의 각도는 견관절에서 팔목관절로 향하는 벡터와 견관절에서 고관절로 향하는 벡터의 사이각으로 정의하였다. 고관절의 각도는 고관절에서 무릎관절로 향하는 벡터와 고관절에서 견관절로 향하는 벡터의 사이각으로 정의하였다. 슬관절의 각도는 슬관절에서 발목관절로 향하는 벡터와 슬관절에서 고관절로 향하는 사이각으로 정의하였다.

## 4. 이벤트와 국면의 정의

분석 대상 기술인 Kenmotsu동작을 다음과 같이 5개의 이벤트(event)와 4개의 국면(phase)으로 정의하였으며 <그림 2>와 같다.

- 제 1이벤트(E1) : 기술동작 수행을 시작하는 시점으로, 평행봉에 물구나무를 선 시점
- 제 2이벤트(E2) : E1에서 다운스윙하면서, 견관절이 평행봉과 수평이 되는 시점
- 제 3이벤트(E3) : 다운스윙의 마지막 시점으로서, 고관절이 최대신전 되는 시점
- 제 4이벤트(E4) : 다운스윙 이후, up ward swing하면서 손이 평행봉에서 이탈되는 시점
- 제 5이벤트(E5) : up ward swing된 후 평행봉을 다시 잡는 착수 시점

제 1국면(E1~E2)은 물구나무선 자세에서 다운스윙하면서 상체가 평행봉에 수평이 되는 시점까지의 구간이다. 제 2국면(E2~E3)은 다운스윙에서 신체의 회전 운동량을 증가시키는 구간이다. 제 3국면(E3~E4)은 고관절이 최대신전 되는 시점에서 손이 평행봉에서 이탈되는 시점까지의 구간이다. 제 4국면(E4~E5)은 손이 평행봉에서 이탈되는 시점에서 up ward swing된 후 평행봉을 다시 잡는 시점까지의 구간이다.

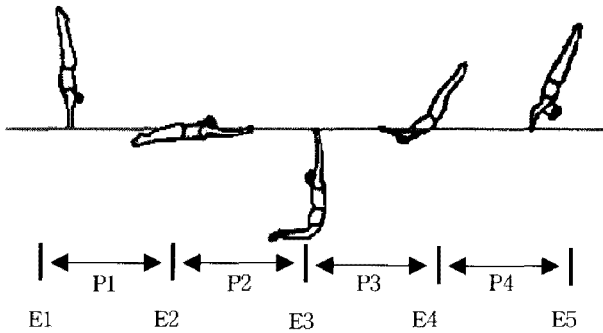


그림 2. 이벤트와 국면의 정의

### III. 결과 및 논의

이 연구는 국가대표 체조 남자 선수 4명을 대상으로 3차원 영상분석을 통해 Kenmotsu 기술동작의 운동학적 요인의 특성을 분석하였으며, 결과는 다음과 같다.

#### 1. 이벤트 및 국면별 소요시간

Kenmotsu 기술동작의 이벤트 및 국면의 소요시간은 <표 2>와 같다. 전체동작의 소요시간은 평균 2.79초로 나타났다. 가장 긴 소요시간은 3.02초(S3)로 나타났고, 가장 짧은 소요시간은 2.43초(S2)로 나타났다. 다운스윙의 마지막 시점인 E3까지의 소요시간은 평균 1.85초로서, 가장 빠른 피험자(S2)는 1.52초로 나타났고 가장 느린 선수(S1)는 2.06초로 나타났다. 다운 구간에서 P2의 소요시간은 0.31초로서, S4를 제외한 모든 피험자들이 유사하였다. 이에 반해 P1은 S2피험자가 가장 빠른 소요시간의 특징을 보였다. P3국은 up ward swing국면

으로서 소요시간이 가장 빠른 피험자(S1)는 0.48초이고, 이외의 피험자들은 0.50초 이상으로 나타났다.

Kenmotsu 동작의 주요 기술은 다운스윙을 통하여 신체의 회전운동량을 증가시키는 기술이다. 이에 P1은 손의 회전축을 고정시키면서 신체를 자유 낙하시키는 국면으로서 S2와 같이 연속적으로 스윙이 빠르게 유도해야하는 구간이다. 이에 반해 P1에서 소요시간이 길게 나타난 이유는 손으로 평행봉을 무리하게 잡아끌거나 평행봉에서 미끄러질 경우 스윙속도가 늦어지고 소요시간이 길어지는 결과로 나타나는 것으로 판단된다. 그러나 P2 국면에서는 다운스윙에 의한 회전운동량을 이용하여 평행봉을 순간적으로 잡아당기는 시기이다. 이에 모든 피험자들의 소요시간이 유사하게 나타난 결과로 판단된다. P3 국면은 P2의 결과에 따라 동작이 결정되는 구간이다. 이에 신체중심의 수평·수직성분이 적절한 방향으로 추진되었을 때, 평행봉의 손을 바꾸어 다시 잡을 수 있는 조건이 될 수 있다. 이는 P3국면에서 고관절이 너무 굽혀지거나 퍼지면, 효율적인 동작이 되지 못하는 것으로 설명할 수 있다. 따라서 P3국면은 빠른 소요시간의 동작이 효율적이라 판단할 수 있다. P4국면은 자세의 안정이 가장 중요한 시기이다. 이에 소요시간이 너무 빠르거나 늦은 경우는 자세의 불안정으로 나타나는 원인이 될 수 있다고 판단된다.

#### 2. 신체중심의 위치변위

Kenmotsu동작을 실시하는 동안 각 이벤트 및 국면의 신체중심 변위를 나타낸 것은 <표 3>와 같다. 신체

표 2. 이벤트 및 국면의 소요시간

(단위 : sec)

피험자	E&P									
	E1	P1	E2	P2	E3	P3	E4	P4	E5	
S1	0	1.75	1.75	0.31	2.06	0.50	2.56	0.43	2.99	
S2	0	1.21	1.21	0.31	1.52	0.48	2.00	0.43	2.43	
S3	0	1.73	1.73	0.31	2.04	0.50	2.54	0.48	3.02	
S4	0	1.50	1.50	0.28	1.78	0.53	2.32	0.38	2.69	
M±SD	0±0	1.55 ±0.25	1.55 ±0.25	0.30 ±0.02	1.85 ±0.25	0.50 ±0.02	2.36 ±0.26	0.43 ±0.04	2.79 ±0.28	

중심의 위치는 평행봉을 잡은 위치를 기준선으로 변환하였고, 변위는 피험자의 신장으로 나누어 표준화하였다. <그림 3>, <그림 4>는 이벤트 별 신체중심의 수평·수직성분의 변위이다. <그림 5> <그림 6>는 시간에 대한 100분율로서 신체중심의 위치의 연속적인 변화이며, 그래프에서 각 피험자들의 이벤트는 평균에 대한 표준편차 ±0.26수준의 범위에 있다.

E2에서, 신체중심의 수평성분(y)은 최대(S3) -0.55m, 최소(S2) -0.51m로 나타났다. E3에서의 수평성분은 S1이 -0.07m로 가장 크게 나타났고, S2는 0.02m로 가장 작은 위치로 나타났으며, 수직성분에서 가장 크게 나타난 피험자(S2)는 -0.57m, 가장 작게 나타난 피험자는 -0.09m로 나타났다. E4에서 신체중심의 수평성분(y)은 최대(S2) -0.52m, 최소(S1) 0.41m로 나타났고, 수직성분은 0.30~0.32m로 유사한 크기로 나타났다. E5에서, 신체중심의 수평성분(y)은 최대(S4) 0.52m, 최소(S1) 0.22m로 나타났고, 수직성분은 최대(S2) 0.56m, 최소(S4) 0.50m로 나타났다.

E3이벤트는 다운스윙의 마지막 시점으로서, 다운스윙에 의한 신체의 회전운동량을 최대로 증가시키기 위한 준비시기이기도 하다. 신체의 회전속도를 증가시키기 위해서는 P1과 P2 구간의 빠른 스윙과 신체의 관성을 최대로 활용해야 하므로 신체의 관절을 곧게 신장시키는 동작이 필요하다. 이에 E3에서 z성분이 크게 나타

난 것은 고관절이나 견관절을 곧게 신장시켜 신체의 관성을 크게 하려는 동작으로 해석된다. 또한 E3 순간에서는 다운스윙이후 up ward swing를 위해 순간적으로 평행봉을 잡아당기는 시기이며, 최대로 신전된 신체를 P3 국면에서 고관절을 적정하게 접어 끌어당기기 위한 준비 구간이다. 이러한 기술은 연속적인 동작과 감각적인 타이밍을 요구한다. E3순간 기술은 평행봉을 잡은 위치에서 하방 수직선의 위치이전에서 수행하면, 신체의 관성이나 회전운동량을 충분히 활용하기 어렵다. 이에 피험자들의 수평성분의 위치(E3: 평균 0.49m)에서 유사하게 나타난 결과는 피험자들이 평행봉을 잡은 위치의 하방 수직선보다 앞에서 기술이 이루어진 것으로 해석할 수 있다.

E4시점은 P1~P2국면에서 평행봉의 손을 놓는 시점 까지이며, 이는 신체의 회전운동량을 최대로 증가시키는 구간이다. 즉 E4시점까지는 신체의 관성과 회전속도를 최대로 활용하는 구간이다. 따라서 S2와 같이 신체중심의 y성분(0.52m)과 z성분(0.33m)이 다른 피험자들보다 크게 나타난 것은 E3까지 신체의 관성을 최대로 활용한 결과로 판단된다. E4시점은 P4국면이후 평행봉을 잡는 순간이며, 이때 손의 방향이 바뀌는 순간이다. 이에 z성분의 값이 크게 나타난 것은 높게 체공된 상태에서 평행봉을 잡은 결과이며, 높게 체공된 상태에서 평행봉을 다시 잡는 것은 안정된 자세를 취할 수 있는 좋은 조건이라고 판단할 수 있다.

표 3. 신체중심의 위치

(단위 : m)

피험자	E&P		E1	P1	E2	P2	E3	P3	E4	P4	E5
	com.										
S1	Y	0	-0.53	-0.53	0.46	-0.07	0.48	0.41	-0.27	0.13	
	Z	0.56	-0.55	0.01	-0.56	-0.55	0.84	0.30	0.24	0.53	
S2	Y	0	-0.51	-0.51	0.53	-0.02	0.50	0.52	-0.23	0.29	
	Z	0.57	-0.58	-0.01	-0.56	-0.57	0.90	0.33	0.23	0.56	
S3	Y	0	-0.55	-0.55	0.49	-0.06	0.49	0.43	-0.32	0.11	
	Z	0.55	-0.54	0.01	-0.53	-0.55	0.87	0.32	0.21	0.52	
S4	Y	0	-0.52	-0.52	0.47	-0.06	0.48	0.43	-0.10	0.32	
	Z	0.56	-0.65	-0.09	-0.47	-0.56	0.88	0.32	0.18	0.50	

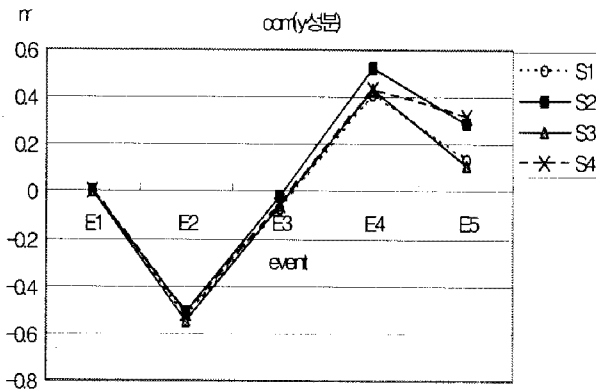


그림 3. 이벤트 별 신체중심의 수평성분(y) 변위

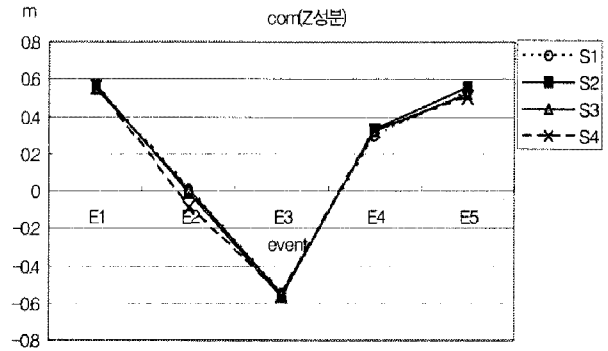


그림 4. 이벤트 별 신체중심의 수직성분(z) 변위

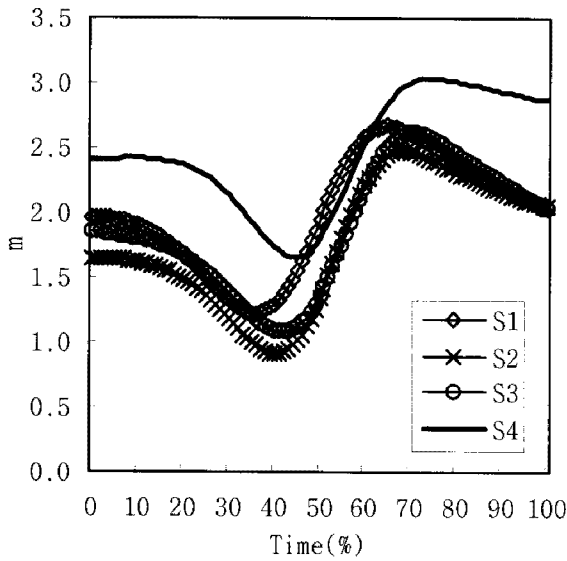


그림 5. 신체중심의 수평 위치변화

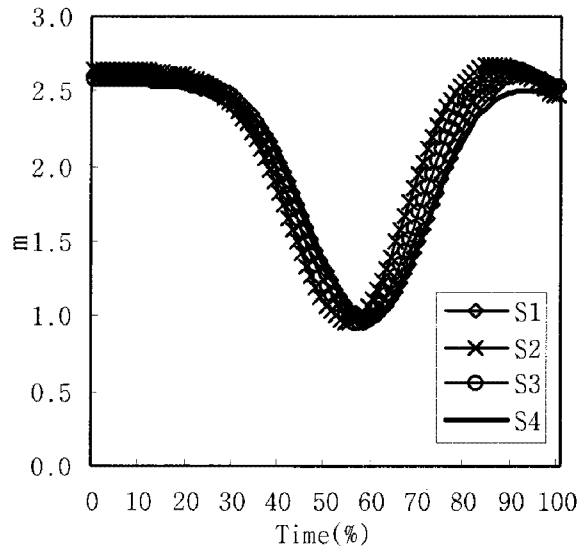


그림 6. 신체중심의 수직 위치변화

### 3. 속도변화

Kenmotsu 동작을 실시하는 동안 각 이벤트별 신체 중심의 속도변화를 나타낸 것은 <표 4>과 같고, 이들의 변화 패턴을 나타낸 것은 <그림 7, 8>과 같으며, 수행동작 시간에 대한 100분율로 표준화하였다. 시간에 대한 100분율의 그래프에서 각 피험자들의 이벤트는 평균에 대한 표준편차  $\pm 0.26$  수준의 범위에 있다.

<표 4>를 토대로 각 국면별 수평 및 수직속도를 살펴보면, E2에서 수평속도는 S1이  $-0.26\text{m/s}$ 로 가장 빠르게, S3이  $0.01\text{m/s}$ 로 가장 느리게 나타났으며, 수직속도는 S2가  $3.39\text{m/s}$ 로 가장 빠르게, S3이  $3.16\text{m/s}$

로 가장 느리게 나타났다. E3에서 수평속도는 S2가  $4.01\text{m/s}$ 로 가장 빠르게, S4는  $3.50\text{m/s}$ 로 가장 느리게 나타났으며, 수직속도는 S1이  $-0.85\text{m/s}$ 로 가장 빠르게, S2는  $-0.49\text{m/s}$ 로 가장 느리게 나타났다. 또한 E4에서 수평속도는 S3이  $-0.93\text{m/s}$ 로 가장 빠르게, S4는  $-0.28\text{m/s}$ 로 가장 느리게 나타났으며, 수직속도 S1이  $2.97\text{m/s}$ 로 가장 빠르게, S4는  $2.30\text{m/s}$ 로 가장 느리게 나타났다. 한편 E5에서 수평속도는 S3이  $-0.91\text{m/s}$ 로 가장 빠르게, S4는  $-0.34\text{m/s}$ 로 가장 느리게 나타났으며, 수직속도는 S3이  $0.84\text{m/s}$ 로 가장 빠르게, S4는  $-0.34\text{m/s}$ 로 가장 느리게 나타났다.

표 4. 각 이벤트별 신체중심의 속도변화

(단위 : m/sec)

피험자	이벤트	Axis	이벤트				
			E1	E2	E3	E4	E5
S1	Y	Z	0.04	-0.26	3.62	-0.91	-0.82
			-0.07	-3.28	-0.85	2.97	-0.63
S2	Y	Z	0.01	-0.03	4.01	-0.74	-0.52
			-0.01	-3.39	-0.49	2.92	-0.83
S3	Y	Z	-0.03	0.01	3.83	-0.93	-0.91
			-0.03	-3.16	-0.67	2.87	-0.84
S4	Y	Z	0.05	0.20	3.50	-0.28	-0.34
			0.02	-3.34	-0.76	2.30	-0.24
M±SD	Y	Z	0.02±0.04	-0.02±0.19	3.74±0.23	-0.72±0.30	-0.65±0.26
			-0.02±0.04	-3.29±0.10	-0.69±0.15	2.77±0.31	-0.64±0.28

이와 같은 결과로 보아 S2는 E2에서의 빠른 수직속도, E3의 빠른 수평속도 뿐만 아니라 E4의 수직속도도 빠르게 나타났다. 이와 같은 현상은 뒤돌아 차 올라가는 동작을 원활히 하기 위해 전체 스윙운동을 빠르게 진행시키는 것으로 보여지며, E5에서의 빠른 수직속도는 안정된 물구나머서기를 유도할 뿐만 아니라 Kenmotsu 동작의 응용 기술인 Belle(E난도)와 Belle Piked(super E난도) 등과 같은 고난도 기술들을 수행하는데 유리하게 작용할 것으로 판단된다. 이와 반대로 S4는 E3에서의 느린 수평속도로 인해 E4에서 수평, 수직속도가 떨어짐으로서 신체가 봉 위로 솟구쳐 오르는

수직상승 운동을 이루지 못하는 것으로 나타났다.

그림을 토대로 수평속도의 변화 패턴을 살펴보면, 1국면과 2국면 시 후방으로 완만하게 진행되다가 신체가 봉 아래로 처지면서 전방으로 급격히 증가되었고, E3 이후에는 점차 감소되었으며, E4에서 다시 후방으로 진행되는 현상이 나타났다. 또한 수직속도의 변화 패턴을 살펴보면, 1국면과 2국면 시 완만하게 하강으로 진행되다가 E2 전에 급격히 증가 후 점차 감소되었고, E3 이후 다시 급격하게 증가 되었으며, E4에서부터 점차 감소되는 현상이 나타났다.

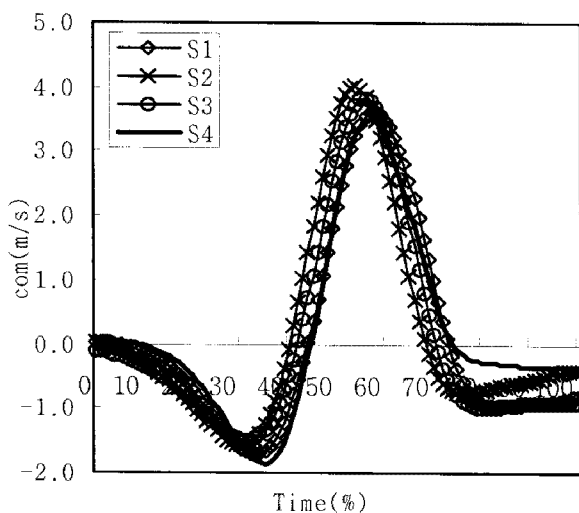


그림 7. 신체중심의 수평속도 변화

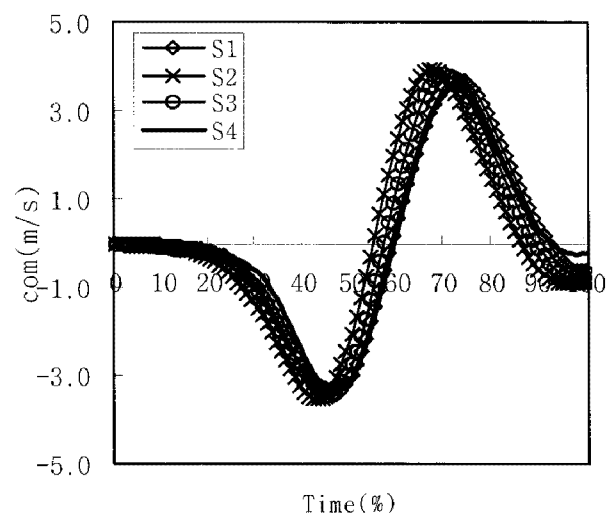


그림 8. 신체중심의 수직속도 변화

#### 4. 각도변화

Kenmotsu동작을 실시하는 동안 각 이벤트별 고관절 각, 견관절각, 슬관절각의 변화는 <표 5>과 <그림 9, 10, 11>와 같으며, 수행동작 시간에 대한 100분율로 표준화하였다. 시간에 대한 100분율의 그래프에서 각 피험자들의 이벤트는 평균에 대한 표준편차  $\pm 0.26$ 수준의 범위에 있다.

주요 관절들의 각도변화를 살펴보면, E2에서 고관절 각은 S1이 174도로 가장 크게, S3은 162도로 가장 작은 각으로 나타났고, 견관절각은 S1이 151도로 가장 크게, S4가 131도로 가장 작은 각이 나타났으며, 슬관절각은 S3이 170도로 가장 크게, S2가 154도로 가장 작은 각으로 나타났다. 또한 고관절각은 E3에서 S2가 170도로 가장 크게, S3이 149도로 가장 작게 나타났고, 견관절각에서도 S2가 137도로 가장 크게, S3이 120도로 가장 작은 각이 나타났다. 슬관절각에서는 S1이 128도로 가장 크게, S2가 101도로 가장 작은 각으로 나타났다. 한편 E4에서

고관절각은 S1이 155도로 가장 크게, S3이 138도로 가장 작은 각으로 나타났고, 견관절각은 S2가 116도로 가장 크게, S1이 103도로 가장 작은 각이 나타났으며, 슬관절각은 S4가 163도로 가장 크게, S1이 109도로 가장 작은 각으로 나타났다.

이와 같은 결과로 보아 S1은 1국면과 2국면 시 견관절각과 고관절각을 크게 하여 큰 폭의 스윙을 하고 있는 반면 S4는 고관절각은 크게 하고 있으나 견관절각을 작게 하고 있다. 이는 스윙의 폭을 좁혀 손이 미끄러지는 현상을 최소화하기 위한 것으로 보여진다. 또한 3국면에서 S2는 다른 피험자들 보다 고관절 굴신운동을 크게 하여 수직상승 운동을 수행하는 것으로 나타났다. 따라서 E4에서 원활한 신체 수직상승을 위해서는 견관절각을 크게 함과 동시에 고관절각은 작게 하여 뒤 돌아 차 올라가는 동작을 효율적으로 수행해야만 E5에서 안정된 물구나무서기와 Kenmotsu동작의 응용 기술을 습득하는데 유리하게 작용할 것으로 판단된다.

표 5. 관절의 각도변화

(단위 : deg.)

피험자 \ 이벤트	E1	E2	E3	E4	E5	
S1	HA	157	174	150	155	167
	SA	132	151	128	103	130
	KA	178	166	128	109	172
S2	HA	169	164	170	139	148
	SA	154	137	137	116	116
	KA	169	154	101	135	156
S3	HA	161	162	149	138	169
	SA	143	145	120	107	135
	KA	175	170	105	148	168
S4	HA	167	172	161	148	158
	SA	160	131	131	105	125
	KA	174	162	116	163	167
M±SD	HA	164±5.63	168±5.86	157±10.31	145±8.19	161±9.42
	SA	147±12.44	141±8.69	129±7.07	108±5.80	126±7.75
	KA	174±3.74	163±6.55	112±11.97	139±22.58	166±6.59

※ HA : 고관절각, SA : 견관절각, KA : 슬관절각



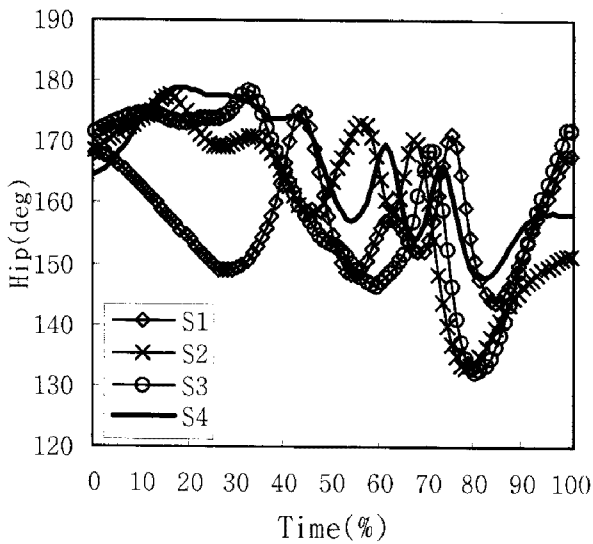


그림 9. 고관절의 각도변화

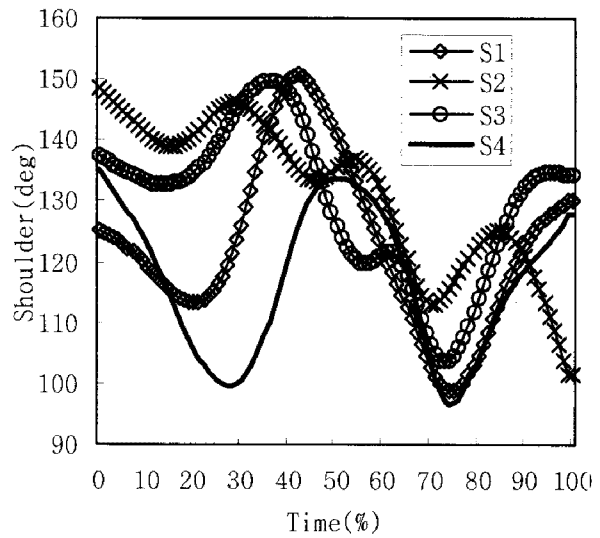


그림 10. 견관절의 각도변화

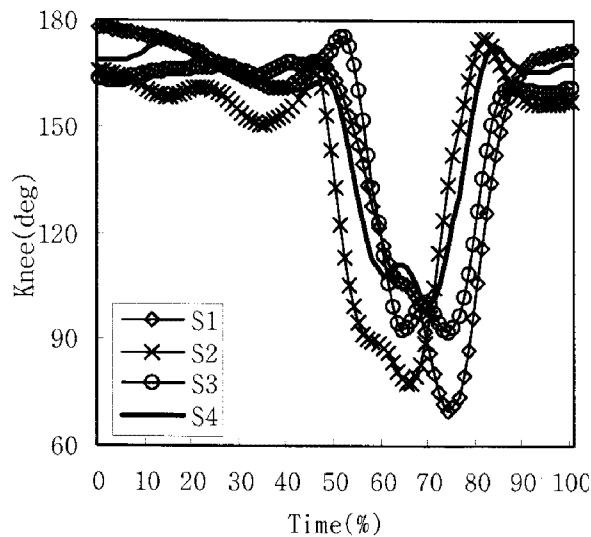


그림 11. 슬관절의 각도변화

그림을 토대로 주요 관절들의 각도변화 패턴을 살펴보면, 고관절 각의 경우 1국면과 2국면 시 점차 신전 되다 평행봉 아래로 처지면서부터 점차 굴곡 되어 E4에서는 최대 굴곡을 이루고 있고, 이후 점차 신전이 되는 양상으로서 피험자 모두 유사하게 나타났다. 그 중에서 특히 S4는 고관절 굴신운동의 폭이 매우 작은 것으로 나타난 반면 S2는 굴신운동의 폭이 가장 큰 것으로 나타났다. 또한 견관절각의 경우 1국면 시 봉을 지나기 전까지는 점

차 굴곡 되었다가 봉 아래로 처지면서 약간의 신전이 되다 E4에서는 최대 굴곡을 이루고 있고, 이후 점차 신전이 되는 양상으로서 피험자 모두 유사하게 나타났다. 그 중에서 특히 S2는 견관절 굴신운동의 폭이 매우 작은 것으로 나타난 반면 S4는 굴신운동의 폭이 가장 큰 것으로 나타났다. 한편 슬관절각의 경우 전체 피험자가 E2를 지나면서 급격히 감소되다 E4 이후 다시 증가되는 현상이 전체 피험자에게서 나타났다.

## IV. 결 론

본 연구는 평행봉 Kenmotsu 동작 시 각 국면별 운동학적 변인의 차이가 안정된 물구나무서기 동작을 취하기 위해 손을 바꿔 잡는 자세에 어떠한 영향이 미치는가를 규명하는데 있다. 이를 위해 2004년 제 28회 아테네 올림픽 대회에 참가했던 국가대표 남자 기계체조 선수 4명을 대상으로 3차원 영상분석을 통하여 운동학적 변인들을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 2국면에서 억제된 스윙운동은 뒤돌아 차 올라가는 동작을 원활하게 하지 못해 낮은 위치에서 착수동작을 수행하는 것으로 나타났다.
2. 착수동작 시 안정된 물구나무서기와 응용 기술인 Belle(E난도), Belle Piked(super E난도) 등과 같은 고난도 기술들의 성공적 수행을 위해서는 E2에서 수직속도, E3에서 수평속도, E4에서 수직속도를 빠르게 해야 하는 것으로 나타났다.
3. E4에서 원활한 신체 수직상승을 위해서는 견관절 각을 크게 함과 동시에 고관절의 굴신운동을 크게 해야 하는 것으로 나타났다. 또한 4국면 시 긴 체공시간과 긴 수직변위는 높은 위치에서 안정된 착수동작이 이루어지는 것으로 나타났다.

## 참 고 문 헌

김충태, 윤창선, 이연중 (1995). 평행봉 Moy Piked Support 동작의 운동학적 분석. 한국체육대학교, 체육과학 연구소 논문집, 제 14권, 제 1호, p.215-220

권운택, 김충태, 김동민 (1988). 체조. 명진당.

남행웅, 백진호, 김동민, 박종훈 (2002). 평행봉 Basket to Handstand 동작의 운동학적 분석. 체육과학

연구원 체육과학연구, 제 13권, 제 4호

대한체조협회 (2001). 체점규칙. 대한체조협회.

신갑호, 박종훈 (1993). 평행봉 운동에서 앞 공중 두 바퀴돌아 어깨걸치기 동작의 운동학적 분석. 명지대학교 예체능논집, 제 3집, 69-79.

이계산(1987). 평행봉 운동에서 몸 굽혀 차오르며 180도 방향 바꾸어 물구나무서기 동작의 Kinematic 분석. 스포츠과학연구소 논문집, 79-123.

Abdel-Aziz, Y. I., Karara, H. M. (1971). Direct linear transformation: From comparator coordinates into object coordinates in close-range Photogrammetry. Proceeding of ASPUI symposium on Cross-Range Photogrammetry, Urbana, Illinois(pp.1-19). Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry.

Federation of International Gymnastics. (2001). *The code of points for men*. Switzerland.

Kwon, Y. H. (1994). KWON3D Motion analysis package version 2.1 User's Reference Manual. Anyang, Korea:V. TEK corporation.

Plagenhoef, S. (1971). *Patterns of human motion: A cinematographic analysis*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

Takei, Y., Dunn, J. H., Nohara, H., & Kamimura, M.(1995). New outer grip technique used by elite gymnasts in performing the felge to handstand mount. *Journal of Applied Biomechanics*, 11, 188-204.

투 고 일 : 07월 30일  
 심 사 일 : 08월 15일  
 심사완료일 : 09월 01일