



한국운동역학회지, 2003, 제13권 1호, pp. 51-62  
Korean Journal of Sport Biomechanics  
2003, Vol. 13, No. 1, pp. 51-62

## 철봉 어깨 틀어 휘돌아 다시 잡기(el-grip swing with one turn to el-grip) 동작의 운동학적 분석

김 재 필(전남대학교)

### ABSTRACT

#### Kinematical Analysis of El-grip swing with 1turn to el-grip in horizontal bar

Kim, Jae-Phil(Chonnam University)

Kim, J-P. Kinematical Analysis of El-grip swing with 1turn to el-grip in horizontal bar. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 13, No. 1, pp. 51-62. This study was attempted to kinematical characteristics of the El-grip swing with 1turn to el-grip in elite horizontal bar for the purpose of improving performance. The subjects were three males who were 2002 Busan Asian Games in men's team.

The three dimensional motion analysis with DLT method was executed using three video cameras of analyzing the actual competition situation. In point of analyzing the actual competition situation, it is expected that gymnastics and coaches have the effective informations, and the following conclusion had resulted.

1. In case of release, It is impotant to make fast horizontal velocity of CM, high vertical position of CM, large hip and shoulder angle. Also It should be performed release motion of trunk rotation angle(+).
2. During LHR the action should be made at higher position than the CM and the shoulder joint is moving within  $127 \pm 16.82$ . It is important to make large trunk rotation angle.
3. During Hop, the RHR motion should be done in high position with short time and fast twisting action and to reduce the vertical speed is important.

**Keywords** : El-grip swing, Kinematical

---

2003년 3월 23일(일) 접수

\* Corresponding author, 500-757, 광주광역시 북구 용봉동 300번지 전남대학교 체육교육과  
연락처 : jp4543@hanmail.net, Tel : 011-9340-5540,

## I. 서 론

### 1. 연구의 필요성 및 목적

제조경기의 꽃이라 불리는 철봉연기는 정지함이 없이 앞·뒤 휘돌기를 중심으로 길게 매달려 스윙하며 틀기, 비행하여 다시 잡기, 봉 가까이서 휘돌기, 양손 비틀어 잡아 휘돌기, 그리고 내리기 동작으로 구성된다. 최근의 경기에서는 이들 연기요소를 연기의 구성상 특별히 요구되는 기술로 규정하고 한 가지 연기가 부족할 때마다 0.2점을 감점함으로써 다양한 형태의 기술 구사를 강조하고 있다.

철봉운동의 휘돌기 동작에서 철봉을 잡는 형태는 정수(over-grip), 역수(under-grip), 엇걸어 잡기(mix-grip), 양손 비틀어 잡기(el-grip)로 구분된다. 특히 양손 비틀어 잡아서 기술을 구사할 경우 똑같은 형태의 신체 움직임(신체의 자세, 회전, 비틀기 등) 일지라도 정수, 역수 그리고 엇걸어 잡기에서의 기술보다 한 단계 높은 난도로 인정되고 있다(F. I. G., 2001).

어깨 틀어 휘돌아 다시 잡기(el-grip swnging with one turn to el-grip) 동작은 양손 비틀어 휘돌기를 하면서 hop하여 왼손을 역수로 잡아 360° 비틀기 후 오른손을 비틀어 잡아 양손을 비틀어 잡는 형태를 취하는 기술로서 양손 비틀어 잡아 휘돌기(el-grip swing) 계통의 기술 중에 고난도의 기술 그룹에 속하며, 비행기술과 같이 웅장함이 나타나는 것과는 달리 세밀하고 복잡한 동작을 정확한 기술로 표현해야 되기 때문에 매우 까다로운 기술이라고 할 수 있다. 특히 이 기술은 연기 구성상 특별요구조건을 충족시킬 뿐만 아니라 현행 채점규칙에서 D난도로 책정되어있어 0.1점의 가점을 받을 수 있고, 어깨 틀어 휘돌아 엔도(el-grip with Endo) 등의 기술을 수행한 후에 양손을 비튼 상태를 유지하면서 곧바로 별 무리 없이 연결할 수 있기 때문에 연결 연기에 따른 가산점을 0.2점을 추가할 수 있는 장점을 지니고 있다.

따라서 세계 각 국의 우수 선수들은 현행 채점규칙에 적절히 적용하기 위하여 부상의 위험이 상대적으로 적으며 기술의 가치가 뛰어난 어깨 틀어 휘돌아 다시 잡기 동작의 기술 습득에 많은 관심을 보이고 있으며, 더 나아가 일반적인 봉 잡기(정수, 역수)에서의 기술을 양손을 비틀어 잡아 시도하여 새로운 기술을 개발하고 있다.

철봉운동 휘돌기 동작은 손으로 봉을 잡고 수행하는 기술로 마찰력, 원심력, 구심력, 접선가속력, 그리고 중력 등이 작용한다. 신체가 위에서 아래로 내려오는 동안 큰 운동량을 얻어야 이어지는 후속동작을 원활히 수행할 수 있기 때문에 원심력과 관성 모멘트 등이 동작에 주는 영향을 고려하여 동작을 수행하여야 한다(대한체육회 스포츠과학연구소, 1987).

양손 비틀어 휘돌기 이후 이어지는 1회전 비튼 후 양손 비틀어 잡기 동작은 손을 놓은 후 신체가 공중에 오래 있게 되면 왼손을 잡을 때 신체의 굽힘 현상을 유발시켜 비틀기 회전에 지장을 줄 것이다. 따라서 양손 비틀어 휘돌기 회전속도에 따른 적절한 이탈각도 유지가 우선 선행되어야 할 것이며, hop 동작을 합리적으로 행하는 것은 이상적인 비틀기 운동으로 연결되어 마지막 손이 잡힐 때의 안정

성에 크게 기여할 것으로 생각된다.

그동안 철봉운동의 기술분석에 관한 연구들을 살펴보면, 박종진(1989)은 휘돌기 동작 시 몸이 아래 쪽으로 내려올 때 큰 운동량을 얻기 위해서는 회전 반경을 크게 하여 신체의 관성 능력을 가능한 크게 하여야 하며, 이를 용이하게 하기 위해서는 높은 곳에서 다리를 외측으로 내던지면서 몸을 곧게 뻗어 자유 낙하시켜야 하고 다운스윙 시 허리를 신전 시키고 철봉을 지나면서 허리를 굴곡 시켜 발의 속도를 최대로 하는 것이 중요하다고 하였다. 또한 Cheetham, Bruggemann, Alp, & Arampatzis(1994)는 예비 휘돌기 동작의 각 위치별 각속도는 철봉 수직선상의 물구나무 선 상태에 있을 때  $90^\circ/s$ 이며 그 후 철봉과 수직을 이루는 상태에서는 내려오면서 다리를 차는 각속도는 가장 큰  $275^\circ/s$ 에 이르고, 신체가 수직을 지나면서 중력에 의해 감소하기 시작하여 이수되는 위치에서는  $190^\circ/s$  정도가 된다고 보고하였으며, 배상식(1986)은 철봉에서 몸뚱이 두 바퀴 뒤 공중 돌아 내리기 동작 시 신체가 철봉을 통과할 때 신체의 속도가 아주 강해야 하고 봉을 중심으로 어깨의 각이 약  $90^\circ$  정도에서 손을 놓아야 한다고 보고하였다.

이와 같이 비행기술을 위한 예비 휘돌기 동작에 관한 연구는 활발히 진행되고 있으나 양손 비틀어 휘돌기 동작과 그에 따른 응용 동작에 관한 연구는 찾아보기 매우 어려운 실정이다. 따라서 본 연구자는 실제 경기상황에서 수행된 어깨 틀어 휘돌아 다시 잡기 동작을 3차원적 영상분석을 통하여 분석함으로써 이 동작의 전반적인 성공을 위해 영향을 미치는 운동학적 특성을 규명하여 경기력 향상을 위한 기초자료를 제공하는데 연구의 목적을 두었다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구에 선정된 대상자는 2002년 제 14회 부산아시아경기대회 남자 체조 단체경기에 출전한 선수 3명이며 이들의 개인별 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 대상자의 신체적 특성

대상자	신장(cm)	체중(kg)	연령(yr)
S1 (YERIMBETV, Y.)	170	63	22
S2 (LIANG, F.)	163	57	21
S3 (TENG, H.)	155	42	19
M±SD	162.66±7.50	54±10.81	20.66±1.52

## 2. 실험장비

본 연구에 사용된 실험장비는 촬영장비와 분석장비로 분류되며, 그 자세한 사항은 <표 2>와 같다.

표 2. 실험장비의 특성

	기기명	제품명	제작사
촬영장비	Camcorder 2대	5100HS	Panasonic KMU SKC
	Control object	1m × 1m × 1m	
	Video tape	S-VHS	
분석장비	VCR	AG-7350	Panasonic Sony V-TEK IBM
	Monitor	PVM-1454Q	
	비디오 분석 프로그램	Kwon3D Ver.2.1	
	Computer	IBM 586 펜티엄	

## 3. 실험절차

본 연구의 대상인 어깨 틀어 휘돌아 다시 잡기 동작은 부산 사직체육관에서 개최된 제 14회 부산아시아경기대회 남자 체조 단체경기의 철봉연기에서 모두 촬영되었다.

두 대의 Camcorder(S-VHS, Panasonic)는 경기장 철봉 중심으로부터 대략 40m 떨어진 좌·우측 2층 관중석에 삼각대로 고정시켜 설치하였으며, 캠코더의 필드 안에 전체동작과 통제점 틀이 들어올 수 있도록 캠코더의 렌즈를 조절하여 실제 경기를 촬영하였다. 이때 촬영속도는 30frames/sec이고 셔터스피드는 1/250초로 하였다. 영상촬영은 대회가 시작되는 시점부터 종료되는 시점까지 연속적으로 기록하였고, 경기가 모두 끝난 후 공간좌표 산출을 위한 통제점 틀을 1×1×4m로 2set를 조립하였으며, 줄자를 이용하여 두 통제점 틀간에 2m 간격을 두고 설치한 다음 약 1분간 촬영하였다.

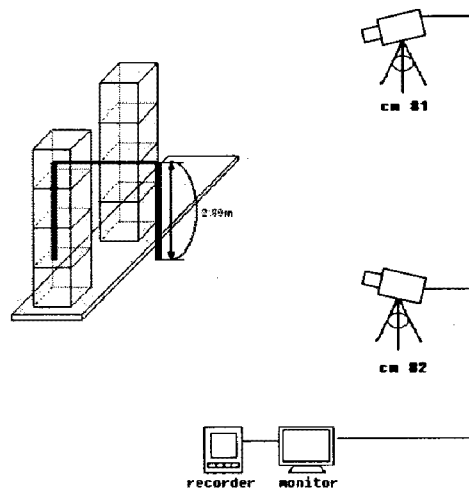


그림 1. 실험장비의 배치

#### 4. 자료처리

본 연구의 자료처리는 K3D 2.1(Kwon, 1994) 프로그램을 사용하였다. 자료처리과정은 통제점 틀에 의한 60개의 통제점을 이용하여 실 공간 좌표가 계산된 후 인체의 3차원 좌표가 얻어졌다. 이때 축 정의는 좌·우 방향을 X축, 운동 진행 방향인 전·후 방향을 Y축, 그리고 상·하 방향을 Z축으로 정의하였다. 인체의 모델은 총 21개의 관절점에 의한 16개의 신체 분절로 연결된 강체 시스템으로 정의하고, 각 분절의 무게중심과 전체 무게중심의 위치를 계산하기 위한 인체 분절 모수치(body segment parameters)는 Chandler 등(1975)의 자료를 이용하였다.

각 각의 캠코더로부터 얻은 2차원 좌표는 3차 스플라인 함수를 이용하여 0.01초 간격으로 보간하여 동조시켰다. 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 스무딩하였고, 이때 차단 주파수는 6Hz로 설정하였다.

##### 1) 용어 및 각도 정의

- (1) 체공시간 : 철봉 이탈 순간부터 다시 왼손이 철봉을 잡는 순간까지 걸린 시간.
- (2) 견관절각 : 상완과 동체가 이루는 상대각도.
- (3) 고관절각 : 대퇴와 동체가 이루는 상대각도.
- (4) 동체의 회전각 : 동체와 Y축과 이루는 절대각도.
- (5) 팔 경사각 : 손의 중심으로부터 견관절점을 잇는 선이 Y축과 이루는 절대각도.

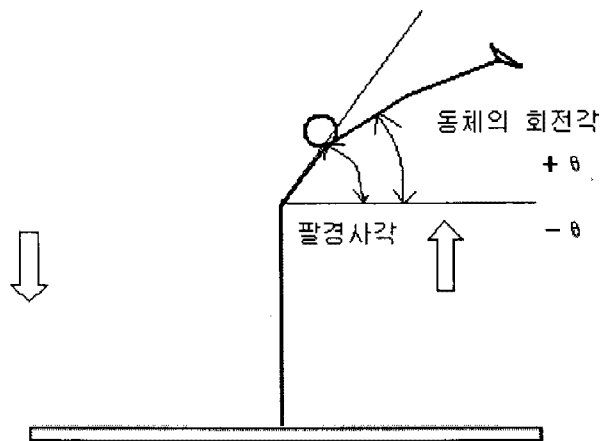


그림 2. 동체의 회전각도와 팔 경사각도 정의

## 2) 어깨 틀어 휘돌아 다시 잡기 동작의 이벤트

동작의 이벤트는 철봉을 이탈하는 순간에서부터 양손이 다시 비틀어 잡는 순간까지로 설정하였다.

### (1) 이벤트

- ① Rel. : 철봉에서 손이 이탈하는 순간
- ② LHR : 왼손이 철봉을 다시 잡는 순간
- ③ RHR : 360도 비틀기 후 오른손이 철봉을 다시 잡는 순간

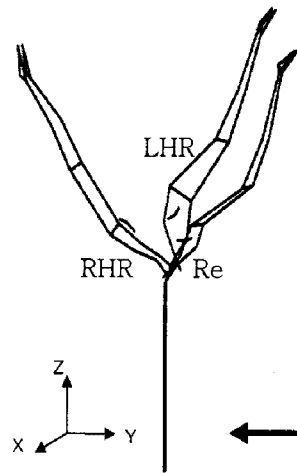


그림 3. 어깨 틀어 휘돌아 다시 잡기 동작의 국면 구분

## Ⅲ. 연구결과 및 고찰

이 연구는 2002년 제 14회 부산아시아경기대회 남자 체조 단체경기에 출전한 선수 3명을 대상으로 운동학적 분석을 실시하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

### 1. 어깨 틀어 휘돌아 다시 잡기 동작의 이동궤적

어깨 틀어 휘돌아 다시 잡기 동작의 전반적인 궤적형태의 변화를 분석하였다. 그 결과는 <그림 4>, <그림 5>, <그림 6>와 같다.

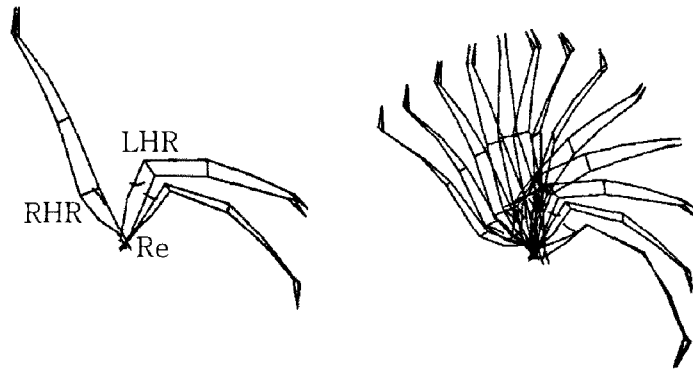


그림 4. S1의 어깨 틀어 휘돌아 다시 잡기 동작의 궤적형태

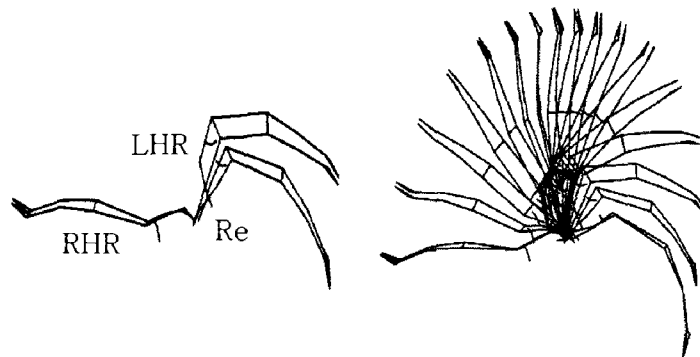


그림 5. S2의 어깨 틀어 휘돌아 다시 잡기 동작의 궤적형태

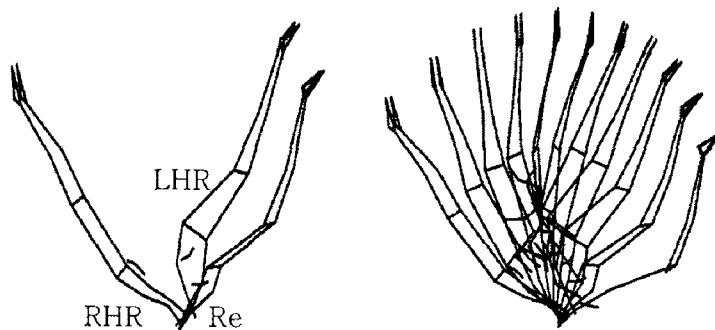


그림 6. S3의 어깨 틀어 휘돌아 다시 잡기 동작의 궤적형태

그림에서 나타난 바와 같이 어깨 틀어 휘돌아 다시 잡기 동작의 궤적형태를 살펴보면, Release 시 S3가 다른 대상자에 비해 신체중심의 높은 위치, 고관절과 건관절 각도를 크게 신전하면서 Release 동작을 수행하는 형태를 보이고 있다. 또한 LHR시 신체중심의 높은 위치와 물구나무서기에 가까운 위

치에서 왼손을 다시 바꾸어 잡는 형태를 보이고 있으며, RHR시 신체중심의 높은 위치에서 오른손을 다시 바꾸어 잡는 형태를 보이고 있다. 그러나 S2의 경우 RHR시 신체중심의 낮은 위치에서 즉 철봉을 기준으로 수평위치에서 오른손을 다시 바꾸어 잡는 경향을 보이고 있다. 이와 같이 낮은 위치에서 RHR 동작이 이루어지게 되면 하강속도가 증가함으로 인해 오른손이 철봉을 다시 잡지 못하고 놓치는 결과를 초래할 수 있을 것이다.

## 2. Release시 운동학적 변인

Release시 운동학적 변인은 신체중심의 높이, 속도, 각 관절의 각도 변화를 분석하였다. 그 결과는 < 표 3>과 같다.

표 3. Release시 운동학적 변인

변인 \ 대상자	S1	S2	S3	M±SD
신체중심의 X축 속도(m/s)	-0.15	0.06	-0.35	-0.14±0.20
신체중심의 Y축 속도(m/s)	-1.42	-1.12	-1.51	-1.38±0.15
신체중심의 Z축 속도(m/s)	3.19	3.29	2.18	2.88±0.61
견관절 각도(deg)	113	118	144	125±16.64
고관절 각도(deg)	158	154	215	175±34.12
동체의 회전 각도(deg)	-17	-15	28	-1.57±25.64
팔 경사 각도(deg)	46.15	44.37	45	45.17±0.90

<표 3>에서 나타난 바와 같이 신체중심의 X축 속도는 평균  $-0.14\pm 0.20\text{m/s}$ 로 나타났으며 S1과 S3는 각각  $-0.15\text{m/s}$ ,  $-0.35\text{m/s}$ 로 음(-)의 값으로 나타났다. 즉, 신체중심을 -X축 방향으로 이동하면서 Release동작을 수행하는 것을 의미한다. 또한 Y축 속도는 평균  $-1.38\pm 0.15\text{m/s}$ 로 나타났으며, Z축 속도는 평균  $2.88\pm 0.61\text{m/s}$ 로 나타났다. S3의 경우 Y축 속도는  $-1.51\text{m/s}$ , Z축 속도는  $2.18\text{m/s}$ 로 Y축 속도는 빠르게 나타난 반면에 Z축 속도는 느리게 나타났다. 즉, 수직속도 보다는 수평속도를 빠르게 하여 신체의 수평이동거리를 길게 하려는 것으로 생각된다.

각 관절의 각도변화를 살펴보면, 견관절 각도는 평균  $125\pm 16.64\text{deg}$ , 고관절의 각도는 평균  $175\pm 34.12\text{deg}$ 로 나타났다. S3의 경우 견관절과 고관절 각도에서 각각  $144\text{deg}$ ,  $215\text{deg}$ 로 크게 신전한 자세에서 Release 동작이 이루어지는 것으로 나타났다.

또한 동체의 회전각도에서 S1은  $-17\text{deg}$ , S2는  $-15\text{deg}$ , 그리고 S3는  $28\text{deg}$ 로 나타났으며, 팔 경사각도는 평균  $45.17\pm 0.90\text{deg}$ 로 나타났다. 즉, 동체의 회전 각도에서 S1과 S2의 경우 음(-)의 값을 나타낸 반면에 S3의 경우 양(+)의 값으로 나타났다. 이러한 결과는 S1과 S2가 동체의 회전이 철봉을 기준으로



수평(Y축) 이하에서 Release 동작이 이루어진 것을 의미하며, S3의 경우 동체의 회전이 수평을 지나서 Release 동작이 이루어진 것을 의미한다. 이와 같은 결과에 의하면, Release시 빠른 신체중심의 수평속도, 높은 신체중심의 수직위치, 그리고 신전된 고관절과 견관절 각도에서 Release 동작을 수행하는 것이 다음 국면에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 생각된다.

### 3. LHR시 운동학적 변인

LHR시 운동학적 변인은 소요시간(release에서 LHR까지=Hop국면), 신체중심의 높이, 속도, 각 관절의 각도 변화를 분석하였다. 그 결과는 <표 4>과 같다.

<표 4>에서 나타난 바와 같이 Release에서 LHR까지 소요시간은 평균  $0.12 \pm 0.01s$ , LHR시 신체중심의 높이는 평균  $0.56 \pm 0.14m$ 로 나타났으며, 신체중심의 X축 속도는 평균  $0.09 \pm 0.02m/s$ , Y축 속도는 평균  $-1.37 \pm 0.14m/s$ , 그리고 Z축 속도는 평균  $2.34 \pm 0.66m/s$ 로 나타났다. S3의 경우 신체중심의 높은 위치에서 왼손을 다시 잡아 잡는 것으로 나타났으며, 신체중심의 Y축 속도는 빠르게 나타난 반면에 Z축의 속도는 느리게 나타났다.

한편 LHR시 견관절 각도는 평균  $127 \pm 16.82deg$ 로 나타났으며, 고관절 각도는  $174 \pm 20.42deg$ 로 나타났다. 또한 견관절 각도의 범위는  $114deg \sim 146deg$ 로 나타났으며, 고관절 각도는  $166deg \sim 198deg$  범위 내에서 동작이 이루어지는 것으로 나타났다. S3의 경우 각각 고관절 각도와 견관절 각도는  $146deg$ ,  $198deg$ 로 더 신전된 자세에서 동작이 이루어지는 것으로 나타났다. 또한 동체의 회전 각도는 평균  $14 \pm 23.51deg$ 로 나타났으며, 팔 경사 각도는 평균  $61 \pm 3deg$ 로 나타났다.

표 4. LHR시 운동학적 변인

변인	대상자			M±SD
	S1	S2	S3	
소요시간(s)	0.11	0.11	0.13	$0.12 \pm 0.01$
LHR시 신체중심의 높이(m)	0.47	0.48	0.73	$0.56 \pm 0.14$
LHR시 신체중심의 X축 속도(m/s)	0.11	0.11	0.07	$0.09 \pm 0.02$
LHR시 신체중심의 Y축 속도(m/s)	-1.37	-1.15	-1.42	$-1.37 \pm 0.14$
LHR시 신체중심의 Z축 속도(m/s)	2.72	2.74	1.57	$2.34 \pm 0.66$
LHR시 견관절 각도(deg)	114	121	146	$127 \pm 16.82$
LHR시 고관절 각도(deg)	166	160	198	$174 \pm 20.42$
LHR시 동체의 회전 각도(deg)	-0.27	3	46	$14 \pm 23.51$
LHR시 팔 경사 각도(deg)	58	61	64	$61 \pm 3$

S3의 경우 동체의 회전각도가  $46deg$ 로 다른 대상에 비해 크게 회전하면서 다시 잡는 동작을 수행하

는 것으로 나타났다.

이러한 결과에 의하면 Release에서 LHR까지 수직속도 보다는 수평속도를 빠르게 하고 동체의 회전 각 거리를 크게 하여 한 바퀴 턴 동작을 미리 준비하는 것이 매우 중요한 요인으로 생각된다.

#### 4. RHR시 운동학적 변인

RHR시 운동학적 변인은 소요시간(LHR에서 RHR까지=Twist국면), 신체중심의 높이, 속도, 각 관절의 각도 변화를 분석하였다. 그 결과는 <표5>과 같다.

표 5. RHR시 운동학적 변인

변인	대상자	S1	S2	S3	M±SD
소요시간(s)		0.95	1.36	0.80	1.03±0.28
RHR시 신체중심의 높이(m)		0.61	-0.01	0.54	0.38±0.33
RHR시 신체중심의 X축 속도(m/s)		0.06	-0.34	-0.25	-0.17±0.20
RHR시 신체중심의 Y축 속도(m/s)		-1.68	-1.16	-1.67	-1.50±0.29
RHR시 신체중심의 Z축 속도(m/s)		-1.63	-3.46	-1.72	-2.27±1.03
RHR시 견관절 각도(deg)		147	155	155	152±4.61
RHR시 고관절 각도(deg)		188	184	169	180±10.01
RHR시 동체의 회전 각도(deg)		118	171	133	157±34.59
RHR시 팔 경사 각도(deg)		155	187	158	166±17.67

<표 5>에서 나타난 바와 같이 LHR에서 RHR까지의 소요시간은 평균 1.03±0.28deg, RHR시 신체중심의 높이는 0.38±0.33, 그리고 신체중심의 X축 속도는 평균 -0.17±0.20m/s, Y축 속도는 평균 -1.50m/s, 그리고 Z축 속도는 평균 -2.27±1.03m/s로 나타났다. 특히, S3의 경우 소요시간에서 0.80s로 다른 대상자에 비해 짧은 소요시간을 나타내 한바퀴 턴 동작이 빠르게 수행된 것임을 알 수 있으며, 또한 S1과 S3가 각각 0.61m, 0.54m로 높은 위치에서 RHR 동작이 이루어진 것으로 나타났다. 즉 짧은 소요시간과 높은 신체중심의 위치는 여유 있게 동작을 수행한 것으로 해석될 수 있다. 이와 반대로 S2와 같이 소요시간이 길어지면 길어질수록 신체중심의 높이는 낮아지고 Z축의 속도는 음(-)의 방향으로 증가하게 되어 결국 한바퀴 턴 동작이 뒤늦게 이루어지는 원인이 될 수 있다.

RHR시 견관절 각도는 평균 152±4.61deg, 고관절 각도는 평균 180±10.01deg로 나타났으며, S3의 경우 고관절 각도에서 169deg로 약간 굴곡하는 형태를 보이고 있는 반면에 S1과 S2는 180deg를 넘어 약간 신전하는 형태를 나타냈다.

RHR시 동체의 회전 각도는 평균 157±34.59deg로 나타났으며, 팔 경사 각도는 평균 166±17.67deg로 나타났다. S2의 경우 동체의 회전각도가 171deg로 다른 대상자에 비해 크게 회전함으로써 팔 경사 각

도를 크게 하고 낮은 위치에서 RHR동작을 수행한 것으로 볼 수 있다. 이러한 결과는 결국 불완전한 동작을 유발하여 철봉을 다시 잡지 못하고 놓치는 경우가 발생할 수 있다.

## IV. 결 론

이 연구는 2002년 제 14회 부산아시아경기대회 남자 체조 단체경기에 출전한 선수 3명이며, 3차원 영상분석에 의해 중요한 운동학적 변인을 분석하였다.

1. Release시 신체중심의 수평속도를 빠르게 하고 신체중심의 수직위치를 높게 해야하며 고관절과 견관절 각도를 크게 신전하는 것이 중요하다. 또한 동체의 회전각도를 크게 회전하여 양(+)의 값에서 Release 동작을 수행하여야 한다.
2. LHR시 신체중심의 높은 위치에서 동작이 이루어져야 하며, 견관절 각도는 평균  $127 \pm 16.82 \text{deg}$ , 고관절 각도는 평균  $174 \pm 20.42 \text{deg}$ 로 나타났으며, 동체의 회전 각도를 크게 하는 것이 중요하다.
3. Twist국면(LHR에서 RHR까지) 동안 소요시간을 짧게 하고 비틀기 동작을 빠르게 하여 높은 위치에서 RHR 동작이 이루어져야하며, 수직속도를 감속시키는 것이 중요하다.

## 참 고 문 헌

- 대한체육회 스포츠 과학연구소(1987). 체조경기 훈련지도서.
- 박종진(1989). 철봉 착지동작의 역학적 분석. 한국체육학회지, 제28권, 제2호.
- 배상식(1986). 철봉에서 몸뒤편 접뒤공중돌아 내리기 동작의 역학적 분석. 한국체육학회지, 제25권, 제1호.
- Abdel-Aziz, Y. I., & Kararah, M. (1971). *Direct linear transformation from comparator coordinates object space coordinates in close-range photogrammetry*. Proceeding of ASP/UI Symposium on Close Range photogrammetry. Falls Church, VA:American Society photogrammetry, pp.1-18.
- Bruggemann, G-P., Cheetham, P. J., Alp, Y., & Arampatzis, D. (1994). Approach to a biomechanical profile of dismount and release-regrasp skills of the high bar. *Journal of Applied Biomechanics*, pp.291-312.

- Chandler, R. F., Clauser, C. E., McConville, J. T., Reynolds, H. M., & Young, J. W.(1975). *Investigation of inertial properties of the human body*. Dayton, OH: Aerospace Medical Research Lab., Wright-Patterson Air Force Base.
- Federation of International Gymnastics(2001). *The code of points: Artistic gymnastic for men*. Switzerland.
- Kwon, Y. H.(1994). *KWON3D Motion analysis package version 2.1 User's Reference Manual*. Anyang, Korea:V.TEK corporation.