



철봉 리발코(Rybalko) 동작의 운동학적 분석

The Kinematic Analysis of the Rybalko Motion on the Horizontal Bar

이병원* (두원공과대학)

Lee, Byoung-Won* (Doowon Technical College)

ABSTRACT

B. W. LEE, The Kinematic Analysis of the Rybalko Motion on the Horizontal Bar. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 16, No. 1, pp.109-117, 2006. The purpose of this study was done in order to investigate the Kinematical variables of the Rybalko motion on the Horizontal bar using the 3-dimensional cinematographic method. For this study, three excellent athletes take part in a 2003 Daegu universid game were chosen. The subject,s Rybalko motion was filmed with S-VHS camera at the speed of 60 fields per second and digitized the each fields. And the Kwon3D 3.1 version program was employed to obtain 3-dimensional data. As a result of this study.

1. A total time spent for performing Rybalko skill was Mean 2.52 ± 0.13 sec. From starting down swing to releasing right hand the Mean 0.84 ± 0.24 sec was taken.

2. In the event 3 of Rybalko motion, that is, the moment which the right-hand is released on the bar, the center of mass must is employed at the position above the horizontal line of bar. In this research, the average vertical displacement(z axe) of center of mass shows 47.87 ± 3.14 cm.

3. In the event 5, that is, the moment which the right-hand is caught again on the bar, the center of mass is employed at the position before the vertical line of bar. In this research, the average horizontal displacement(z axe) of center of mass shows 47.87 ± 3.14 cm.

4. It has been seen that, at the moment of release of right-hand, lateral variation of center of mass is 13.395cm, vertical variation of center of mass is 7.41cm. Thus, it is concluded that lateral variation of center of mass should be reduced for high grade to be acquired.

5. It has been founded that high speed of down swing influences speed of up swing, and that, in the motion of twist, the horizontal speed is little changed.

KEYWORDS : KINEMATIC ANALYSIS, HORIZONTAL BAR, RYBALKO MOTION, CENTER OF MASS, DISPLACEMENT

I. 서론

기계체조경기는 제1회 아테네 근대올림픽대회부터 정식종목으로 채택되어 오고 있으며, 남자 6개 종목과 여자 4개 종목으로 구성되어 있다. 이 경기의 성공여부는 연기동작의 난이도와 연결성, 규정된 시간 내에 연기를 실시하는 것, 작품의 예술성 그리고 공중동작의 성공여부 등에 달려있다(최지영 외2, 2002). 이중 높이 225cm, 직경 2.8cm의 봉에서 경기하는 철봉종목은 경쾌함과 아름다움, 스릴과 위험성을 동시에 갖추고 있어 선수들은 물론 관중들도 많은 관심을 갖고 있으며, 철봉경기는 80%이상이 원운동의 기술로 구성된 경기로 정지함이 없이 앞·뒤 휘돌기를 중심으로 길게 매달려 스윙하며 틀기, 비행하여 다시잡기, 봉 가까이서 휘돌기, 양손 비틀어 잡아 휘돌기 그리고 내리기 동작으로 구성되는데(Federation of International Gymnastics, 2001) 다른 스포츠에 비하여 고도의 기술과 독창성 그리고 숙련성이 요구되고 있으며, 이 중 리발코 동작은 크게 몸을 피고 휘돌아서 동체가 수평면 이상의 위치에서 양 손의 위치를 바꾸어 180° 몸의 방향을 비트는 기술로서 철봉경기의 중요한 기술 중에 하나이다. 좋은 연기를 표현하기 위해서는 지속적인 연습을 통한 전문 체력육성과 고난도 기술 습득은 물론 과학적인 연구나 노력이 뒤따라야 만이 좋은 결과를 기대할 수 있을 것이다.

그동안 철봉경기에 대한 연구를 살펴보면, 배상식(1986)은 철봉에서 몸피 두 바퀴 뒤 공중돌아 내리기 동작 시 신체가 철봉을 통과할 때 신체의 속도가 아주 강해야 하고 봉을 중심으로 어깨의 각이 약 90° 정도에서 손을 놓아야 한다고 보고 하였고, 박종진(1989)은 휘돌기 동작시 몸이 아래쪽으로 내려올 때 큰 운동량을 얻기 위해서는 회전반경을 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 하였으며, Yeadon 등(1990)은 1988년 서울올림픽대회에서 철봉내리기 동

작에 사용된 비틀어 내리기 기술을 분석하여 얻은 자료를 토대로 공중동작과 다시잡기 기술의 발전을 위한 자료를 제시하였고, 신갑호 등(1992)은 드가체프동작에 대하여 각 단계에 따른 신체중심의 위치, 속도, 각도 및 소요시간등과 같은 운동학적 요인들을 비교 분석하였다. 또한 Bruggemann 등(1994)은 예비 휘돌기 동작의 각 위치별 각속도는 철봉 수직선상의 물구나무선 상태에 있을 때 90°/s이며 그 후 철봉과 수직을 이루는 상태에서는 내려오면서 다리를 치는 각속도는 가장 큰 275°/s에 이르고, 신체가 수직을 지나면서 중력에 의해 감소하기 시작하여 이수되는 위치에서는 190°/s 정도가 된다고 보고하였으며, 김충태 등(2000)은 대학선수를 대상으로 수행한 철봉 몸피 드가체프 동작의 운동학적 분석에서 각 국면별 신체중심의 수평·수직변위와 각 관절의 각도 등을 구했으며, 강순용 등(2001)은 철봉 드가체프 동작에서 각 국면에 따른 관절의 각도와 각속도, 신체분절의 수평각과 수직각, 신체중심의 속도와 시간 등을 연구 보고 하였다. 이 외에도 김재필(2003)은 철봉 어깨 틀어 휘돌아 다시잡기 동작을 운동학적으로 분석하였는데 여기서 릴리즈시 신체중심의 수평속도를 빠르게 하고 신체중심의 수직위치를 높게 해야 한다고 주장하였고, 최지영 등(2002)은 철봉 내리기 공중동작을 운동학적으로 분석하여 공중동작의 회전수가 증가할수록 신체무게중심이 투사되는 각도가 증가되며, 이러한 투사각도는 신체무게중심의 최고점을 증가시킨다고 하였으며, 이종훈 등(2003)은 철봉운동의 Adler 동작을 운동역학적으로 분석하여 다운스윙이 빠르면 수직 상승속도를 증가시켜 어깨와 손목이 상수직 되는 동작을 용이하게 한다고 하였다.

이상의 선행연구들을 살펴 볼 때, 철봉경기의 리발코(Rybalko) 동작에 대한 연구는 미비한 실정으로 이에 대한 연구가 요구되어 진다. 따라서 본 연구자는 철봉 리발코 동작을 3차원 영상분석을 통하여 운동학적 변인들을 규명하여 경기력 향상을 위한 정량적 기초자료를 제공하고자 한다. 아울러 리발코 동작에 대한 선행연구의 부족으로 비교분석에 어려움이 있었음을 밝혀 둔다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 2003년 대구에서 개최된 하계 유니버시아드대회 철봉 결승종목에 출전한 선수 중 리발코 기술을 수행한 남자선수 3명을 대상으로 하였으며 이들의 특성은 <표 2-1>에 나타내었다.

대상자	연령(yrs)	신장(cm)	체중(kg)	국가
S1	27	166.2	63.0	한국
S2	25	163.3	61.4	한국
S3	24	165.3	62.5	일본
M±SD	25.33±1.24	164.96±1.22	62.3±0.66	

2. 실험절차

3차원 공간 좌표를 설정하기 위하여 시합종료 후 철봉을 제거하고 직사각형 통제점 틀(1m×4m×5m)을 <그림 1>과 같이 매트위에 수직으로 세워 철봉운동의 리발코 동작이 모두 포함될 수 있는 범위에 설치하였다. 2대의 비디오카메라(PD-150)는 철봉 측면으로부터

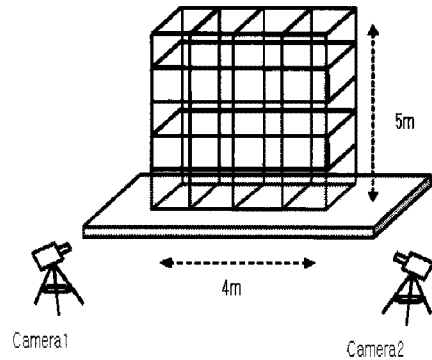


그림 2-1. 실험장비의 배치

약30m 떨어진 좌우측 2층 관중석에 삼각대로 고정시켜 리발코 동작이 모두 포함될 수 있도록 렌즈를 조절하여 실제경기를 촬영하였다. 카메라 속도는 60fields/s로 하였고, 셔터 스피드는 1/500초로 하였다.

3. 이벤트의 정의

리발코 동작의 분석 시 이해를 돕기 위하여 동작의 변화가 시작되는 6개의 이벤트를 설정하였으며, <그림 2-2>에 제시하였다. 각 이벤트의 정의는 아래와 같다.

1) 이벤트 정의

- (1) E₁(이벤트1) : 다운스윙 직전의 물구나무 경과 후 팔 분절이 철봉과 수직을 이루는 시점

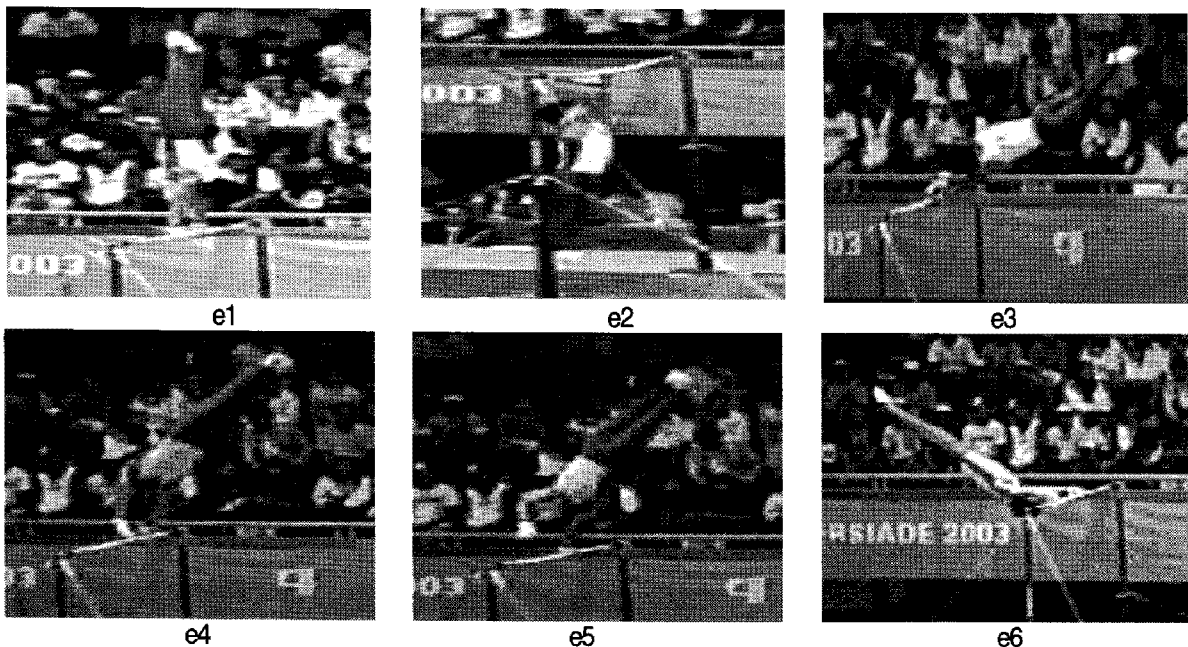


그림 2-2. 리발코 동작의 각 이벤트

- (2) E₂(이벤트2) : 다운스윙 중 고관절이 최대신전을 이루는 시점
- (3) E₃(이벤트3) : 스윙 이 후 철봉에서 오른손이 이탈되는 순간
- (4) E₄(이벤트4) : 스윙 이후 철봉에서 왼손이 이탈되는 순간
- (5) E₅(이벤트5) : 오른손이 다시 철봉을 잡는 순간
- (6) E₆(이벤트6) : 왼손이 다시 철봉을 잡는 순간

4. 자료처리

본 연구의 자료처리과정에서 실공간좌표는 통제점에 의한 40개의 통제점을 이용하여 산출하였고, 공간 좌표가 계산된 후 이를 이용하여 인체의 3차원좌표를 구하였다. 축에 대한 설정은 운동 진행방향인 전·후방향을 Y축, 좌·우방향을 X축, 상·하방향을 Z축으로 정의하였다. 인체는 총21개의 관절점에 의한 16개의 신체분절로 연결된 강체 시스템으로 정의하였고, 각 분절의 무게중심과 전체 무게중심의 위치를 계산하기 위한 인체분절 모수치(body segment parameters)는 Chandler 등(1975)의 자료를 이용하였다. 디지털타이핑 시 생길 수 있는 오차와 기자재 자체에 의해 생기는 노이즈(noise)를 제거하기 위해 Butterworth 저역필터(low pass filter)를 사용하여 원 자료를 필터링 하였으며 차단주파수(Cut-off frequency)는 10.0Hz로 설정하였다. 각각의 비디오 카메라로 부터 얻은 2차원 좌표는 3차 스프라인 함수를 이용하여 보간하였고, 철봉에서 오른손이 이탈되는 순간을 선택하여 동조하였다. 본 연구의 모든 자료처리는 KWON3D 3.1.1(Kwon, 2002)프로그램을 사용하였다.

III. 결과 및 고찰

본 연구는 2003년 대구에서 개최된 하계 유니버시아드대회 철봉 결승종목에 출전한 남자선수 3명의 리발코 동작을 3차원 영상분석하여 운동학적 변인들을 알아보았다. 주요변인으로는 각 이벤트별 소요시간, 신체중심의 위치변화, 신체중심의 속도의 변화 등을 설정하였으며, 이 동작을 6개의 이벤트로 구분하여 분석하였으며, 자세한 결과 및 고찰은 다음과 같다.

1. 철봉 리발코 동작의 각 이벤트별 소요시간

철봉 리발코 동작에서 피험자의 각 이벤트별 소요시간과 평균치는 <표 3-1>과 같으며, 구간별 소요시간의 백분율은 <그림 3-1>과 같이 나타났다. 각 구간별 세 선수의 평균 시간을 알아보면, 다운스윙을 시작하여 고관절이 최대 신전을 할 때까지 걸린 시간은 0.92±0.12초, 오른손이 이탈될 때까지 걸린 시간은 1.47±0.13초, 왼손이 이탈될 때까지 걸린 시간은 1.69±0.11초, 오른손이 다시 철봉을 잡을 때까지 걸린 시간은 1.76±0.15초, 왼손이 다시 철봉을 잡을 때까지 걸린 시간은 2.52±0.13초로 나타났다. 이벤트3, 즉 오른손을 놓는 순간까지 걸린, 각 선수들의 시간을 빠른 순서로 보면, s1이 1.283초, s3가 1.517초, s2가 1.600초로 나타났고, 이벤트 3에서 이벤트 6까지 걸린 시간, 즉 오른손을 놓고 방향을 바꾸기 시작하여 왼손으로 철봉을 다시 잡아 방향전환이 완전히 끝나는데 까지 걸린 시간은 평균이 1.05초로 나타났으며, 각 선수들이 이 동작을 수행하는데 소요한 시간을 순서대로 보면, s2가 0.983초로 가장 빨랐고, 다음에 s1이 1.05초 그리고 s3는 1.117초로 가장 늦게 나타났다. 전체 동작을 수행하는데 걸린 총 소요 시간을 보면 세 선수의 평균이 2.52±

표 3-1. 각 이벤트별 소요시간

단위: sec

Sub	Phase	E ₁ (%)	E ₂ (%)	E ₃ (%)	E ₄ (%)	E ₅ (%)	E ₆ (%)
S1(양태영)		0.00	0.750(31)	1.283(55)	1.533(66)	1.550(66)	2.333
S2(이선성)		0.00	1.016(39)	1.600(62)	1.783(69)	1.866(72)	2.583
S3(일본)		0.00	1.00(38)	1.517(58)	1.767(67)	1.867(71)	2.634
M±SD		0.00	0.92±0.12	1.47±0.13	1.69±0.11	1.76±0.15	2.52±0.13

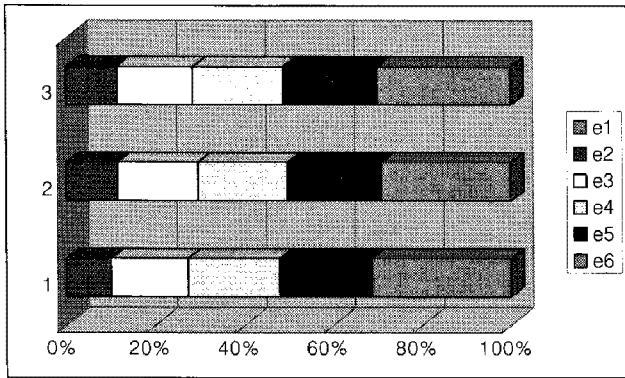


그림 3-1. 구간별 소요시간의 백분율

0.13초이며, 각 선수별 소요시간은 s1이 2.333초로 가장 짧은 시간에 동작을 수행하였으며, s2가 2.583초이고, s3

가 2.634초로 가장 많은 시간을 소요한 것으로 나타났다. 이상의 결과를 볼 때 세계적으로 우수한 선수들 간에도 한 가지 기술을 연기하는 데에도 미세하지만 시간의 차이를 나타내고 있으며, 동작의 상세구간별 소요시간에서도 근소한 차이를 보이고 있다.

2 철봉 리발코 동작의 신체중심의 위치변화

철봉 리발코 동작을 수행하는 동안 신체중심의 위치의 변화는 <표 3-2>, <그림 3-2>, <그림 3-3>, <그림 3-4>와 같이 나타났다.

표 3-2. 각 이벤트별 신체중심의 위치변화

단위: cm

Sub	Even 방향	E ₁ E ₂ E ₃ E ₄ E ₅ E ₆					
		S1	X	-0.19	19.59	6.48	-0.89
	Y	-38.34	-6.70	62.21	38.60	38.08	-66.24
	Z	74.77	-88.41	49.07	74.31	74.38	32.58
	R	30.53	-51.63	79.33	79.57	79.29	-22.62
S2	X	6.17	-31.27	19.87	7.99	-0.01	3.24
	Y	-6.99	-39.62	67.84	46.68	40.51	-61.94
	Z	87.13	-89.57	50.98	70.76	71.33	47.42
	R	59.29	-86.76	86.35	82.96	78.03	-6.68
S3	X	0	18.56	9.09	6.89	3.15	-3
	Y	9.2	-25.55	75.65	39.31	40.83	-69.64
	Z	87.06	-85.68	43.57	75.94	74.37	35.98
	R	68.2	-65.37	86.98	81.03	80.84	-20.12
M±SD	X	1.99±7.97	2.30±23.73	11.81±5.80	4.66±3.95	0.53±1.95	-2.94±5.02
	Y	-12.05±19.74	-23.96±13.48	68.57±5.51	41.53±3.65	39.81±1.22	-65.94±3.15
	Z	82.99±5.81	-87.89±1.63	47.87±3.14	73.67±2.16	73.36±1.43	38.66±6.34
	R	52.68±16.07	-67.92±14.45	84.22±3.46	81.18±1.38	79.39±1.14	-16.47±6.99

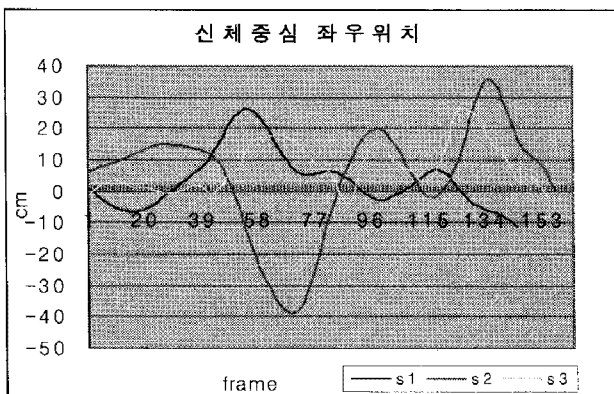


그림 3-2. 신체중심의 좌우위치 변화

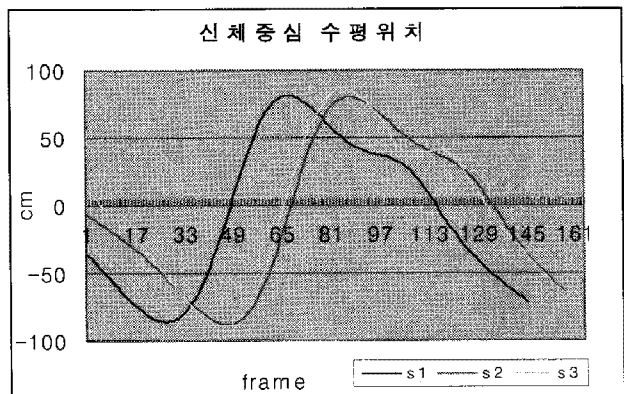


그림 3-3. 신체중심의 수평위치 변화

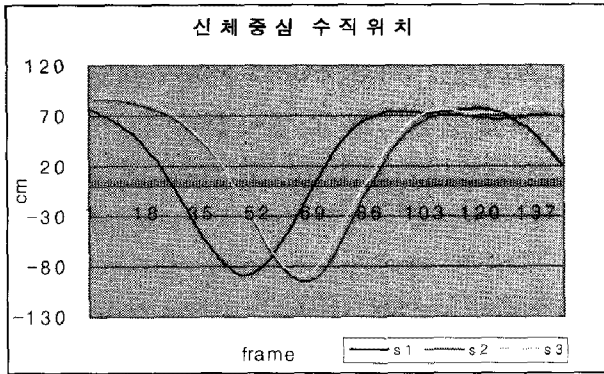


그림 34. 신체중심의 수직위치 변화

각 이벤트별 x축(좌우방향)의 평균 변위를 보면, 이벤트1, 즉 다운스윙을 시작할 때가 $1.99 \pm 7.97\text{cm}$, 이벤트2, 즉 고관절이 최대신전을 이룰시에 $2.30 \pm 23.73\text{cm}$, 이벤트3, 즉 철봉에서 오른손이 이탈되는 순간에 $11.81 \pm 5.80\text{cm}$, 이벤트4, 즉 왼손이 이탈되는 순간에 $4.66 \pm 3.95\text{cm}$, 이벤트5, 즉 오른손이 다시 철봉을 잡는 순간에 $0.53 \pm 1.95\text{cm}$, 이벤트6, 즉 왼손이 다시 철봉을 잡는 순간에 $-2.94 \pm 5.02\text{cm}$ 로 나타났는데 이는 다운스윙을 시작하면서부터 방향을 전환하기 위한 준비로서 신체의 중심을 서서히 왼쪽으로 이동시키고 있음을 알 수 있으며, 오른손이 철봉에서 릴리즈되는 순간에는 신체중심의 위치가 왼손 쪽으로 최대한 이동되어 있음($11.81 \pm 5.80\text{cm}$)을 알 수 있는데 이는 역학적 안정성을 확보하기 위한 필연적인 중심의 이동으로 생각된다. 동작 수행 중 오른손이 철봉에서 릴리즈 되는 순간(이벤트3)에 선수 개인별 신체중심의 좌우 이동상태를 보면, s2가 19.87cm 로 가장 많이 왼손 쪽으로 이동시켰고, s3가 9.09cm 그리고 s1이 6.48cm 로 가장 적게 이동시킨 것으로 나타났다. 각 이벤트별 평균 수평변위(y축)를 보면, 이벤트1, 즉 다운스윙을 시작할 때가 $-12.05 \pm 19.74\text{cm}$, 이벤트2, 즉 고관절이 최대신전을 이룰시에 $-23.96 \pm 13.48\text{cm}$, 이벤트3, 즉 철봉에서 오른손이 이탈되는 순간에 $68.57 \pm 5.51\text{cm}$, 이벤트4, 즉 왼손이 이탈되는 순간에 $41.53 \pm 3.65\text{cm}$, 이벤트5, 즉 오른손이 다시 철봉을 잡는 순간에 $39.81 \pm 1.22\text{cm}$, 이벤트6, 즉 왼손이 다시 철봉을 잡는 순간에 $-65.94 \pm 3.15\text{cm}$ 로 나타났고, 이벤트5에서 선수 개인별 신체중심의 수평위치는 s3가 40.83cm , s2가 40.51cm 그리고 s1이 38.08cm 로 나타났는데, 이는 선수들이 오른손으로 철봉을 다시잡는 순간에 신체중심과 철봉의 수직면까지의 거리를 보여 주고 있

다. 각 이벤트별 평균 수직변위(z축)를 보면, 이벤트1, 즉 다운스윙을 시작할 때가 $82.99 \pm 5.81\text{cm}$, 이벤트2, 즉 고관절이 최대신전을 이룰시에 $-87.89 \pm 1.63\text{cm}$, 이벤트3, 즉 철봉에서 오른손이 이탈되는 순간에 $47.87 \pm 3.14\text{cm}$, 이벤트4, 즉 왼손이 이탈되는 순간에 $73.67 \pm 2.16\text{cm}$, 이벤트5, 즉 오른손이 다시 철봉을 잡는 순간에 $73.36 \pm 1.43\text{cm}$, 이벤트6, 즉 왼손이 다시 철봉을 잡는 순간에 $38.66 \pm 6.34\text{cm}$ 로 나타났고, 오른손이 릴리즈되는 순간에 선수 개인별 신체중심의 수직위치는 s3가 43.57cm 로 가장 낮은 위치에서 오른손을 릴리즈하였고, s1이 49.07cm , 그리고 s2가 50.98cm 로 가장 높은 위치에서 오른손을 릴리즈한 것으로 나타났다.

위와같이 우수한 선수들 사이에도 오른손을 릴리즈하는 순간에 중심의 좌우 이동 폭의 차이가 13.39cm , 수직변위의 차이가 7.41cm 발생한 것을 보면 동작 수행을 위한 최소한의 역학적 안정성의 확보와 높은 점수를 얻기 위한 자세 유지 사이에 최적점을 찾아내기 위한 노력이 필요한 것으로 생각되며, 따라서 기술 개발에 대한 여지가 있음을 시사한다고 할 수 있겠다.

3. 철봉 리발코 동작의 신체중심의 속도변화

리발코 동작의 각 이벤트별 신체중심의 속도변화는 <표3-3>, <그림3-5>, <그림3-6>, <그림3-7>과 같다. 각 이벤트별 평균 합성속도는 이벤트1, 즉 다운스윙을 시작할 때가 $157.67 \pm 42.79\text{cm/s}$, 이벤트2, 즉 고관절이 최대신전을 이룰시에 $542.27 \pm 22.40\text{cm/s}$, 이벤트3, 즉 철봉에서 오른손이 이탈되는 순간에 $328.65 \pm 20.63\text{cm/s}$, 이벤트4, 즉 왼손이 이탈되는 순간에 $166.6 \pm 16.27\text{cm/s}$, 이벤트5, 즉 오른손이 다시 철봉을 잡는 순간에 $167.50 \pm 13.32\text{cm/s}$, 이벤트6, 즉 왼손이 다시 철봉을 잡는 순간에 $275.27 \pm 15.56\text{cm/s}$ 로 나타났고, 개인별 합성속도를 보면 이벤트2에서 s3가 578.83cm/s 로, s2가 533.99cm/s , s1이 529.01cm/s 로 나타나서 s3가 가장 빠른 상승탄력을 발휘하고 있는 것을 알 수 있다. 오른손을 릴리즈하는 이벤트3을 보면, s3가 357.2cm/s , s1이 319.63cm/s , s2가 309.12cm/s 로 나타났고, 동작이 마무리 되는 이벤트6에서도 역시, s3가 295.23cm/s , s1이 273.35cm/s , s2가 257.25cm/s 로 나타나서 s3가 가장 빠른 합성속도를 보이

고 있다. 각 이벤트별 평균 수평속도는 이벤트2에서 508.97±45.98cm/s, 이벤트3에서 -153.99±15.71cm/s, 이벤트4에서 -149.80±6.86cm/s, 이벤트6에서 -148.61±9.38cm/s로 나타났는데, 이는 빠른 하강속도를 유지하였다가 손을 바꾸어 잡는 동작에서는 수평속도의 변화는 거의 일으키지 않는 것을 알 수 있다. 이벤트2에서의 선수 개인별 수평속도를 보면, s3가 557.57cm/s, s1이 522.11cm/s, s2가 447.25cm/s의 순으로 나타나서 s3가 가장 빠른 하강속도를 유지한 것을 알 수 있는데, 이

벤트3을 보면, s3가 -174.11cm/s, s1이 -152.12cm/s, s2가 -135.76cm/s으로 나타나서 s3가 가장 빠른 수평속도를 유지한 상태에서 오른손을 릴리즈한 것을 알 수 있으며, 또한 빠른 하강속도가 상승속도에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 각 이벤트별 평균 수직속도는 이벤트2에서 -139.73±66.19cm/s, 이벤트3에서 286.60±14.10cm/s, 이벤트4에서 62.47±25.89cm/s, 이벤트5에서 16.25±30.89cm/s, 이벤트6에서 -227.05±19.75cm/s로 나타났다.

표 3-3. 신체중심 속도

단위: cm/sec

Sub	Event 방향	Event					
		E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆
S1	X	-33.40	67.52	-55.46	-40.18	-40.03	36.91
	Y	-178.05	522.11	-152.12	-148.45	-146.43	-137.89
	Z	-103.89	-51.96	275.59	47.18	36.71	-233.12
	R	208.83	529.01	319.63	160.86	156.17	273.35
S2	X	16.39	-200.64	2.47	-25.09	-9.97	13.41
	Y	-101.70	447.25	-135.76	-158.81	-154.88	-160.74
	Z	-14.90	-211.80	277.71	98.94	39.46	-200.40
	R	104.08	533.99	309.12	188.78	160.13	257.25
S3	X	17.37	0.69	-57.61	-25.27	-86.96	64.55
	Y	-151.72	557.57	-174.11	-142.16	-162.36	-147.22
	Z	-48.14	-155.45	306.52	41.31	-27.41	-247.63
	R	160.12	578.83	357.20	150.19	186.21	295.23
M±SD	X	0.12±23.70	-44.14±113.97	-36.86±27.82	-30.18±7.07	-30.13±7.00	38.29±20.90
	Y	-143.82±31.66	508.97±45.98	-153.99±15.71	-149.80±6.86	-149.80±6.86	-148.61±9.38
	Z	-55.64±36.71	-139.73±66.19	286.60±14.10	62.47±25.89	16.25±30.89	-227.05±19.75
	R	157.67±42.79	547.27±22.40	328.65±20.63	166.6±16.27	167.50±13.32	275.27±15.56

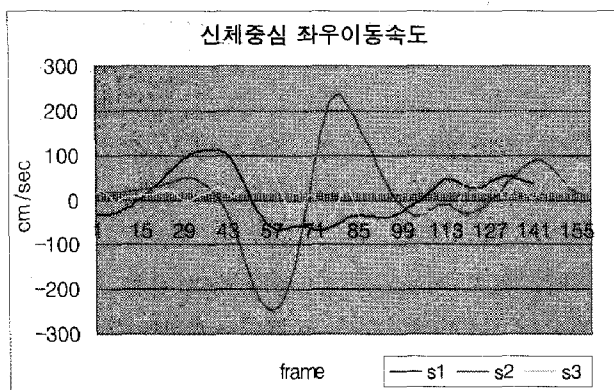


그림 3-5. 신체중심의 좌우이동속도 변화

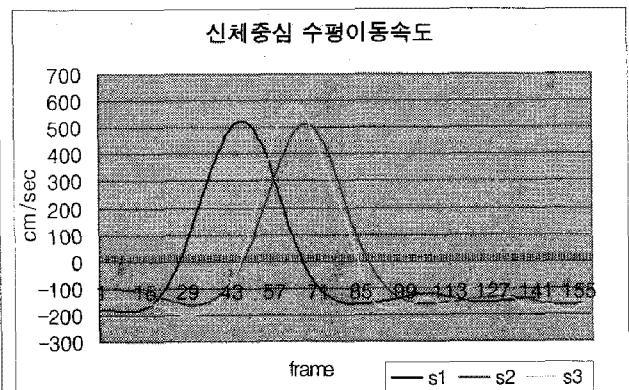


그림 3-6. 신체중심의 수평이동속도 변화

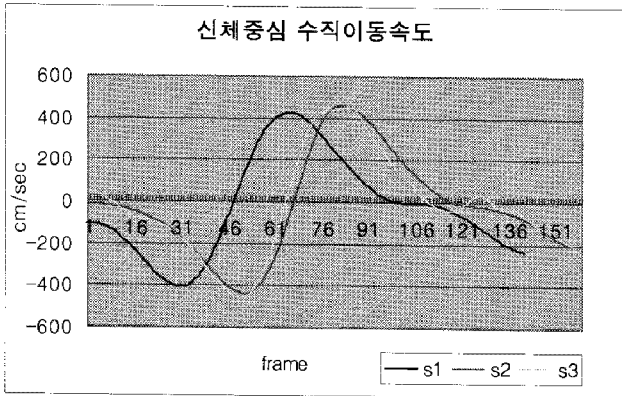


그림 3-7. 신체중심의 수직이동속도 변화

IV. 결론

본 연구는 2003년 대구에서 개최된 하계 유니버시아드대회 철봉 결승종목에 출전한 남자선수 3명의 리발코 동작을 3차원 영상분석하여 운동학적 변인들을 알아보았다. 주요변인으로는 각 이벤트별 소요시간, 신체중심의 위치변화, 신체중심의 속도의 변화 등을 설정하였으며, 주요 결론은 다음과 같다.

1. 리발코 동작을 수행하는데 걸린 총 소요 시간은 평균 2.52 ± 0.13 초이며, 이벤트1에서 이벤트3까지, 즉 다운스윙을 시작하여 오른손을 릴리즈하기 전까지 소요된 시간은 평균 1.47 ± 0.13 이고, 각 선수별 소요 시간은 s1이 2.33초로 가장 짧은 시간에 동작을 수행하였으며, s2가 2.58초이고, s3가 2.63초로 가장 많은 시간을 소요한 것으로 나타났는데, 보다 여유 있는 비틀기 동작수행을 위하여 이 구간에서의 시간단축이 요구된다.
2. 리발코 동작에서 이벤트3, 즉 철봉에서 오른손이 릴리즈되는 순간에 동체가 바(bar)의 수평면 이상의 높은위치에서 실시되어야 하는데 본 연구에서의 신체중심의 평균 수직변위(z축)는 47.87 ± 3.14 cm로 나타났다. 특히 s3는 43.57 cm로 나타나서 보다 높은 위치에서의 릴리즈가 요구된다.
3. 리발코 동작에서 비틀기 동작은 보다 높은 위치에서 수행되어야 하는데 본 연구에서는 이벤트5, 즉 오른손이 다시 철봉을 잡는 순간에 신체중심의 평균 수평변위(y축)는 철봉의 수직면 이전인 39.81 ± 1.22 cm로 나타났고, 동작 수행이 완전히 끝나는 이

벤트6, 즉 왼손이 다시 철봉을 잡는 순간은 신체중심이 철봉의 수직면을 지난 -65.94 ± 3.15 cm로 나타났으며, 선수 개인 간의 차이는 크게 나타나지 않았다. 따라서 세 선수 모두에게 있어 이 구간에서의 수평변위의 단축이 요구된다.

4. 오른손을 릴리즈하는 순간에 선수간의 신체중심의 좌우 이동 폭의 차이가 13.39 cm, 수직변위의 차이가 7.41 cm로 나타났는데, 안정된 동작수행과 높은 점수를 위하여 신체중심의 좌우 이동 폭을 줄여야 할 것으로 사료된다.
5. 빠른 하강속도가 상승속도에 영향을 미치는 것으로 나타났고, 빠른 하강속도를 유지하였다가 비틀기 동작에서는 수평속도의 변화는 거의 일으키지 않는 것으로 나타났다.

참고 문헌

강순용, 박종진, 김창욱, 최성진(2001). 철봉 드가체프 동작의 운동학적 분석. 한국운동역학회지, 제11권 제1호.

김재필(2003). 철봉 어깨 틀어 휘돌아 다시잡기 동작의 운동학적 분석. 한국운동역학회지, 제13권 제1호.

김충태, 김상렬, 한운수(2000). 철봉 몸뚱이 드가체프 동작의 운동학적 분석. 한국체육학회지, 제39권 제1호.

박종진(1989). 철봉 착지 동작의 역학적 분석. 한국체육학회지, 제28권, 2호.

배상식(1986). 철봉에서 몸뚱이 겹뒤공중돌아 내리기 동작의 역학적 분석. 한국체육학회지, 제25권 제1호.

신갑호, 박종훈(1992). 철봉 TKATCHEV 동작의 운동학적 분석. 명지대학교 예체능연구소 예체능논집, 제4집.

이종훈(2003). 철봉운동 Adler 동작의 운동 역학적 분석. 한국학교체육학회지, 제13권, 제1호.

최지영, 김용이, 진영완(2002). 철봉 내리기 공중동작의 운동학적 분석. 한국운동역학회지, 제12권 2호.

Cert-Peter Bruggemann, Cheetham, Phillip J. Alp, yilmaz., and arampatzis Cheetham, P. J., Bruggemann, G. P., Alp, Y., & Arampatzis, D.(1994). Approach to a biomechanical profile of dismounts and release-regrasp skillsn of the high bar. Journal of Applied Biomechanics.

Federation of International Gymnastics(2001). International Code of point-men Artistic Gymnastics.

Kwon Y. H.(2002). KWON3D Flim motion analysis

Package 2.1version user, reference manual. The penn state university Park.

Yeadon, M.R, Lee, S., & Kerwin, D. G.(1990). Twisting techniques used in high bar dismount. international journal of sport biomechanics. 6, 139-146.

투 고 일 : 1월 30일

심 사 일 : 2월 1일

심사완료일 : 3월 3일