



철봉운동 Deff 동작의 운동학적 분석 Kinematic Analysis of Deff Motion in High Bars

백진호* (체육과학연구원)

Back, Jin-Ho* (Korea Institute of Sports Science)

ABSTRACT

J. H. BACK, Kinematic Analysis of Deff Motion in High Bars. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 16, No. 1, pp.55-63, The purpose of this study is to prove the kinematical characteristics of Deff motion, the high bar performance, in terms of flying phases so that we can provide basic sources for improving gymnastic performance. To do this, we selected and analyzed the performance of two athletes who did Deff motion in the high bar competition of male artistic gymnastic in the 22nd Universiade 2003 Daegu. We drew the conclusions from the kinematical factors that were came out through analyzing three-dimensional cinematography of the athletes' movements, by using a high speed video camera.

To make a successful performance, a performer releases the bar at a height of a high bar vertically and at a height of 82cm horizontally, and the flying performance should be made without moving forward, as maintaining the proper balance, in order to rise over 118cm high during the flying phase. When the performer is releasing the bar, an increase of the vertical speed in the center of the body and extension of a knee joint and a hip joint contribute to increasing a flying height. And when the moving body is twisted, leaning to left side is caused by the winding movement of a knee joint, which causes an unstable bar grasp. To grasp the bar stably, just before releasing, the performer should gain propulsive force from twisting rotation through increasing the speed of shoulder rotation. And before the peak point, the performer should make sure of a body rotation distance over 164° so that he or she can do an aerial rotary performance smoothly. When grasping the high bar, the center of the body should be above the bar and the angle of shoulder rotation should be maintained close to 540° simultaneously. The high point performance(S1) has more speed on an ascending phase and less speed on a descending phase than the low point performance (S2). At the peak point, both the rotation angle of the body and that of the shoulder in high point performance are big as well. In conclusion, it is shown that a performer can make a jump toward the high bar easily with the body straight because the performer can hold the upper part of the body erect early in a descending phase.

KEY WORDS: HIGH BARS, DEFF MOTION, REGRASP, ROTATION, TWIST

I. 서론

체조경기의 꽃이라고 불리는 철봉운동의 연기는 정지함이 없는 앞·뒤 휘돌기를 중심으로 방향전환 또는 양손을 놓았다 다시 봉을 잡는 등 변화가 크고 다이내믹한 움직임으로 구성된다(대한체조협회, 1997). 철봉운동의 기술요소는 크게 휘돌면서 비틀기, 비행 기술, 봉에 근접하여 휘돌기, 팔 비틀어 잡아 휘돌기, 그리고 내리기 등과 같이 5가지 요소로 구분되는데(F.I.G, 2001). 특히 스윙동작을 이용한 공중 비행기술은 철봉에서 이탈하여 공중 회전운동을 한 후 철봉을 다시 잡는 기술로써 역동성이 가미되어 다양한 기술 형태로 표현된다. 최근의 철봉경기는 비행기술의 질적 수준과 웅대한 면을 강조하고 있으며, 비행기술의 성·패 여부가 선수간 우열을 가리는데 결정적 영향을 미치고 있다(이성걸, 2003). 이에 따라 일선 현장의 선수나 지도자 그리고 연구자들은 Deff 동작에 대해 많은 관심을 갖게 되었다.

국제체조연맹(F.I.G)은 그동안 전통적으로 시행되어 왔던 채점방법인 10점 만점 제도를 폐지하였다. 2006년부터 적용되는 새로운 채점규칙(대한체조협회, 2006)에 의하면, 기술 난이도를 A~F(0.1~0.6점)난이도까지로 세분화 하여 각 기술의 난이도 점수를 책정하였다. 또한 연기된 기술 중 상위난이도 10개까지(1개의 기술요소 당 4개의 기술만 인정, 동일 기술의 반복 불인정)의 기술 난이도 점수 합계와 비행기술의 연결정도에 따른 가산점을 합산한 총 난이도요소점수, 최고 2.5점(1개의 기술요소 당 0.5점)까지의 그룹요소점수, 그리고 연기 실시에 대해 10점에서부터 감점하고 남은 점수 등 세 가지 점수 모두를 합산하여 최종점수를 채점하도록 개정되었다. 이는 다양한 기술요소에서 고난이도 기술을 감점 없이 많이 수행하고 비행기술에 의한 연결 가산점을 획득할 경우 10점 이상의 점수를 획득할 수도 있게 되었다는 것이다.

우리나라 대표팀은 철봉경기에서 상대적으로 기술의 취약함과 체력의 열세를 보이고 있다. 따라서 국제체조의 흐름에 발맞추어 선진국 선수들과의 격차를 더 이상 벌어지지 않게 하기 위해서라도 하루바삐 Deff 동작 등

과 같은 고난이도의 비행기술을 습득하여야만 할 것이다.

비행기술의 난이도는 철봉 이탈 시의 회전방향과 공중동작 시 회전과 비틀기의 양 그리고 신체의 형태(몸 굽힘, 몸 접힘, 몸 퍼짐)에 따라 결정된다(윤희중, 한충식, 박종훈, 1999). 철봉운동의 비행 기술인 Deff 동작은 앞으로 크게 휘돌기 도중에 전방에서 손을 놓고 비행하여 몸 퍼 뒤 공중 돌며 1½(540°) 비틀어 잡는 비행기술로써 채점규칙 상 E난이도(0.5점)의 고급기술이며, 연결 동작에 따른 가산점을 추가로 획득할 수 있기 때문에 새로운 채점규칙에 적용하기가 매우 용이한 기술이다.

철봉운동의 Deff 동작은 봉 이탈 시 수직 상승력에 의한 충분한 체공 시간, 효율적인 공중회전과 비틀기, 그리고 봉을 다시 잡을 때의 안정성이 요구된다. 특히 봉 이탈 시 이륙속도가 빠르면 체공 높이의 상승과 체공시간은 길어질 것이며, 신체 관절과 분절의 형태는 횡축과 장축의 효율적인 회전운동과 신체 자세의 변화를 가능케 하여 봉 잡기 순간 봉 위의 높이에서 안정된 자세를 취할 수 있게 함으로써 현대체조가 요구하는 웅대함을 제공할 것이다.

그 동안 철봉운동의 비행기술에 관한 연구들을 살펴보면, 신갑호와 박종훈(1994)은 Caylord 동작의 분석에서 체공 높이와 공중 회전력의 증가, 그리고 봉을 다시 잡을 때 사도립 자세를 취하는데 유리하게 작용하는 운동학적 요인을 규명하였고, 윤창선(1994)은 Jaeger 동작의 분석에서 체공높이 상승을 위한 운동학적 요인들을 살펴보았으며, 윤희중 등(1999)은 Kovacs 동작의 분석에서 신체가 후방으로 넘어 서기 이전에 kick-out 동작을 실시해야만 안전한 봉 잡기동작을 취할 수 있음을 규명하였다. 또한 이성걸(2003)은 kolman 동작의 분석에서 성공적인 수행을 위해서는 봉을 이탈하면서 곧바로 비틀기 운동이 실시되는 것이 아니라 우선 상승속도 증가와 뒤 공중 회전력 강화에 치중해야만 한다고 보고 하였다.

이처럼 철봉운동의 비행기술에 관한 연구는 활발히 진행되고 있지만 Deff 동작에 관한 연구는 아직 부재한 실정이다. 이는 세계대회에 출전한 선수 중에서 Deff 동작을 수행한 선수가 4~5명에 불과하며 우리나라에서는 아직 시도조차 못하고 있기 때문이다. 이러한 관점에서 본 연구의 목적은 체조경기의 채점규칙이 급변

하는 시점에서, 새로운 채점규칙에 적용하기 용이한 Deff 동작을 3차원 영상분석에 의한 운동학적 분석을 통하여 철봉운동의 경기력향상을 위한 기초자료를 제공하는데 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구에 선정된 대상자는 2003년 제22회 대구하계 유니버시아드대회 남자 기계체조 단체종합결승 철봉경기에서 Deff 동작을 수행한 호주의 Carroll John 선수(이하 S1)와 영국의 Eaton David 선수(이하 S2)이며, 철봉경기에서 수행된 전체연기 중 단일기술인 Deff 동작을 4명의 국제심판에 의해 별도로 평가하여 S1이 9.625점, S2가 9.125점으로 판정하였다. 이들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 대상자의 신체적 특성

대상자	연령(yrs)	신장(cm)	체중(kg)
S1	20	173	62
S2	23	174	64
Mean	21.5	173.5	63

2. 실험절차

철봉경기의 영상촬영은 2대의 Camcorder(S-VHS, Panasonic)를 사용하였다. 2대의 캠코더는 철봉 측면으로부터 좌·우측으로 30m 떨어진 2층 관중석에 삼각대로 고정시켜 설치하였으며, 캠코더의 필드안에 전체동작과 통제점 틀이 들어 올 수 있도록 캠코더의 렌즈를 조절하여 실제경기를 촬영하였다. 이때 촬영속도는 60fields/sec이고 노출시간은 1/500초로 하였다. 영상촬영은 대회가 시작되는 시점부터 종료되는 시점까지 연속적으로 기록하였으며, 대회가 완전히 종료된 다음 철봉을 제거한 후 통제점틀(1m×4m×5m)을 지면에 수직으로 세워 약 3분간 촬영하였다. 실험장비의 배치는 <그림 1>과 같다.

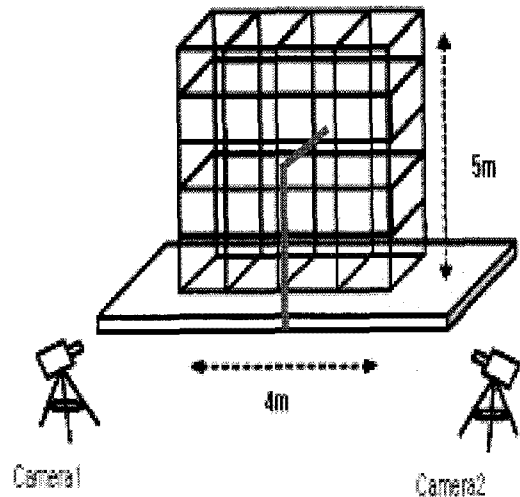


그림 1. 실험장비의 배치

3. 자료처리

본 연구의 자료처리는 kWON3D 3.1(kwon, 2002) 프로그램을 사용하였다. 자료처리과정은 통제점틀에 의한 60개의 통제점을 이용하여 실 공간 좌표가 계산된 후 인체의 3차원 좌표가 얻어졌다. 이 때 축 정의는 좌·우 방향을 X축, 운동 진행 방향인 전·후 방향을 Y축, 그리고 상·하 방향을 Z축으로 정의하였다. 인체 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, Clauser, Mc Conville, Reynolds와 Young(1975)의 자료를 이용하였다.

각각의 캠코더로부터 얻은 2차원 좌표는 3차 스플라인 함수에 의한 보간법을 이용하여 동조하였다. 또한 3차원 좌표 계산은 Abdel-Aziz와 karara(1971)가 개발한 DLT(direct linear transformation)방식을 사용하였다. 또한 디지털타이핑 등과 같은 여러 가지 원인에 의해 발생하는 노이즈에 의한 오차 제거는 Butterworth 2차 저역 통과 필터(low-pass filter)를 이용하여 스프딩하였으며, 이때 차단 주파수는 6Hz로 설정하였다.

4. 이벤트와 국면 및 각정의

본 연구에서 설정된 이벤트와 국면 및 각도의 정의는

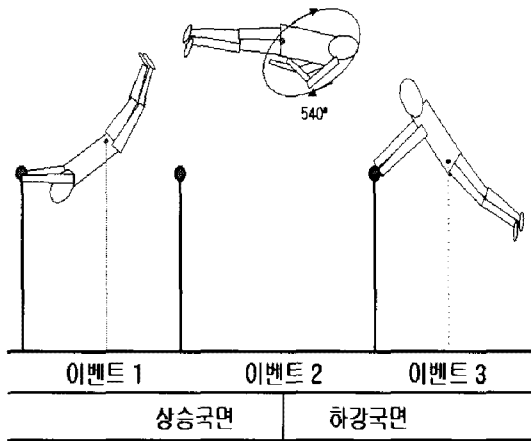


그림 2. Deff 동작의 이벤트와 국면구분

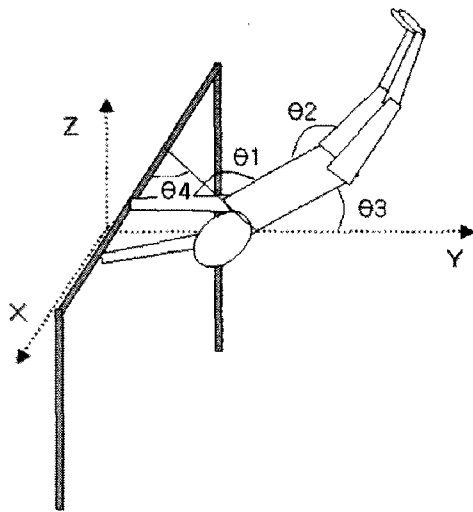


그림 3. 각도의 정의

다음과 같으며, <그림 2>와 <그림 3>에 나타나 있다.

1) 이벤트

- (1) Event 1 : 앞 휘돌기 중 전방에서 붐을 이탈하는 순간(release).
- (2) Event 2 : 비행 중 신체중심이 최고 높이가 되는 순간(peak).
- (3) Event 3 : 비행 후 하강하면서 붐을 다시 잡는 순간(regrasp).

2) 국면

- (1) 상승국면 : 이벤트 1에서 이벤트 2까지의 비행구간.
- (2) 하강국면 : 이벤트 2에서 이벤트 3까지의 비행구간.

3) 각 정의

- (1) 견관절각(θ_1) : 동체와 양쪽 상완이 이루는 상대각도
- (2) 고관절각(θ_2) : 양쪽 대퇴와 동체가 이루는 상대각도
- (3) 동체회전각(θ_3) : 동체가 전후방향의 Y축과 이루는 절대각도
- (4) 어깨선의 회전각(θ_4) : 어깨선이 좌우방향의 X축과 이루는 절대각도

III. 결과 및 논의

1. 결과

1) 상승국면

본 연구에서 위치좌표계의 기준점은 철봉의 원점으로써 Deff 동작 중 이탈 시 철봉을 잡고 있는 양손의 정 중앙위치로 설정하였다. Deff 동작을 수행하는 동안 상승국면의 운동학적 변인의 결과를 나타낸 것은 <표 2>와 같다.

<표 2>에 의하면, 상승국면의 소요시간은 평균 0.475초이며 S2가 0.483초로써 S1보다 길게 나타났다. 이탈 시 신체중심의 수평위치는 평균 82cm로써 S1과 S2 모두 동일하게 나타났고, 신체중심의 수직위치는 평균 3cm이고 S1이 -1cm로써 붐 밑에 위치한 반면 S2는 7cm로써 붐 위에 위치한 것으로 나타났다. 최고점 시 신체중심의 수평위치는 평균 76.5cm이고 S2가 83cm로써 S1보다 크게 나타났으며, 신체중심의 수직위치는 평균 118cm이고 S1이 119cm로써 S2보다 약간 높게 나타났다. 또한 신체중심의 좌우변위는 평균 10.5cm이고 S2가 12cm로써 S1보다 크게 이동하였고, 신체중심의 수평변위는 평균 -5.5cm이고 S1이 -12로써 S2보다 후방으로 크게 이동하였으며, 신체중심의 수직변위는 평균 115cm이고 S1이 120cm로써 S2보다 크게 이동한 것으로 나타났다.

이탈 시 신체중심의 좌우속도는 평균 66.5cm/s이고 S2가 91cm/s로써 S1보다 빠르게 나타났고, 신체중심의

표 2. 상승국면의 운동학적 변인

변인	S1	S2	Mean
소요시간(s)	0.467	0.483	0.475
이탈 시 신체중심의 수평위치(cm)	82	82	82
이탈 시 신체중심의 수직위치(cm)	-1	7	3
최고점 시 신체중심의 수평위치(cm)	70	83	76.5
최고점 시 신체중심의 수직위치(cm)	119	117	118
신체중심의 좌우변위(cm)	9	12	10.5
신체중심의 수평변위(cm)	-12	1	-5.5
신체중심의 수직변위(cm)	120	110	115
이탈 시 신체중심의 좌우속도(cm/s)	42	91	66.5
이탈 시 신체중심의 수평속도(cm/s)	5	2	3.5
이탈 시 신체중심의 수직속도(cm/s)	490	439	464.5
신체중심의 평균 수평속도(cm/s)	-25	2	-11.5
신체중심의 평균 수직속도(cm/s)	256	228	242
이탈 시 견관절각도(°)	107	92	99.5
이탈 시 고관절각도(°)	190	182	186
이탈 시 동체의 회전각도(°)	33	41	37
이탈 시 어깨선의 회전각도(°)	28	15	21.5
최고점 시 견관절각도(°)	63	57	60
최고점 시 고관절각도(°)	182	165	173.5
최고점 시 동체의 회전각도(°)	164	149	156.5
최고점 시 어깨선의 회전각도(°)	376	301	338.5
이탈 시 견관절의 각속도(°/s)	110	-87	11.5
이탈 시 고관절의 각속도(°/s)	335	261	298
이탈 시 동체의 회전각속도(°/s)	377	324	350.5
이탈 시 어깨선의 회전각속도(°/s)	57	42	49.5
최고점 시 견관절의 각속도(°/s)	317	-349	-16
최고점 시 고관절의 각속도(°/s)	-187	-216	-201.5
동체의 평균 회전각속도(°/s)	281	222	251.5

수평속도는 평균 3.5cm/s로써 S1과 S2 모두 큰 변화가 없었으며, 신체중심의 수직속도는 평균 464.5cm/s이고 S1이 490cm/s로써 S2보다 빠르게 나타났다. 또한 상승 국면 동안 신체중심의 평균 수평속도는 S1이 -25cm/s로써 S2보다 후방으로 빠르게 나타났으며, 신체중심의 평균 수직속도는 S1이 256cm/s로써 S2보다 빠르게 나타났다.

한편 각도요인을 살펴보면, 이탈 시 견관절각은 평균 99.5°이고 S1이 107°로써 S2보다 크게 나타났으며, 고관절각은 평균 186°이고 S1이 190°로써 S2보다 크게 나타났으며, 동체의 회전각은 평균 37°이고 S2가 41°로써 S1보다 크게 나타난 반면 어깨선의 회전각은 평균

21.5°이고 S1이 28°로써 S2보다 크게 나타났다. 또한 최고점 시 견관절각은 평균 60°로써 S1과 S2가 서로 유사하게 나타났고, 고관절각은 173.5°이고 S1이 182°로써 S2보다 크게 나타났으며, 동체의 회전각과 어깨선의 회전각은 각각 평균 156.5°와 338.5°가 나타났고 S1이 각각 164°와 376°로써 S2보다 모두 크게 나타났다.

이탈 시 견관절각의 각속도는 S1이 110°/s로 빠르게 신전시키는 것으로 나타난 반면 S2는 -87°/s로써 빠르게 굴곡시키는 특징을 보였다. 이탈 시 고관절각의 각속도는 평균 298°/s이고 S1이 335°/s로써 S2보다 빠르게 신전시키는 것으로 나타났고, 동체의 회전각의 각속도는 평균 350.5°/s이고 S1이 377°로써 S2보다 빠르게

나타났으며, 어깨선의 회전각의 각속도는 평균 $49.5^\circ/s$ 이고 S1이 $57^\circ/s$ 로써 S2보다 빠르게 나타났다. 또한 최고점 시 견관절각의 각속도는 S1이 $317^\circ/s$ 로써 빠르게 신전시키는 것으로 나타난 반면 S2는 $-349^\circ/s$ 로써 빠르게 굴곡시키는 특징으로 보였고, 고관절각의 각속도는 평균 $-201.5^\circ/s$ 이고 S2가 $-216^\circ/s$ 로써 S1보다 빠르게 굴곡시키는 것으로 나타났으며, 상승국면 동안 동체의 평균 회전각의 각속도는 평균 $251.5^\circ/s$ 이고 S1이 $281^\circ/s$ 로써 S2보다 빠르게 나타났다.

2) 하강구간

Deff 동작을 수행하는 동안 하강국면의 운동학적 변인의 결과를 나타낸 것은 <표 3>과 같다.

<표 3>에 의하면, 하강국면의 소요시간은 평균 0.505초이며, S2가 0.517초로써 S1보다 길게 나타났다. 봉 잡기 시 신체중심의 좌우위치는 평균 24.5cm이고 S2가 28cm로써 S1보다 크게 나타났고, 신체중심의 수평위치는 평균 73cm이고 S2가 79cm로써 S1보다 크게 나타났으며, 신체중심의 수직위치는 S1이 11cm로써 봉 위에 있는 반면 S2는 -12cm로써 봉 아래에 위치한 것으로

나타났다.

또한 신체중심의 좌우변위는 평균 14cm이고 S2가 16cm로써 S1보다 크게 이동하였고, 신체중심의 전후변위는 평균 -3.5cm이고 S1과 S2 모두 유사하게 나타났으며, 신체중심의 수직변위는 평균 118.5cm이고 S2가 129cm로써 S1보다 크게 이동한 것으로 나타났다.

봉 잡기 시 신체중심의 좌우속도는 평균 27.5cm/s이고 S1이 44cm/s로써 S2보다 빠르게 나타났고, 신체중심의 수평속도는 평균 17.5cm/s이고 S2가 27cm/s로써 S1보다 빠르게 나타났으며, 신체중심의 수직속도는 평균 -446.5cm/s이고 S2가 -478cm/s로써 S1보다 빠르게 나타났다. 또한 하강국면 동안 신체중심의 평균 수평속도는 S1이 -6cm/s, S2가 -8cm/s로써 모두 의미 없는 속도가 나타났으며, 신체중심의 평균 수직속도는 S2가 -250cm/s로써 S1의 -219cm/s보다 빠르게 나타났다.

한편 각도요인을 살펴보면, 봉 잡기 시에 견관절각은 평균 103° 이고 S2가 114° 로써 S1보다 크게 나타난 반면에 고관절각은 평균이 183.5° 이고 S1이 199° 로써 S2보다 크게 나타났고, 동체의 회전각은 평균 320° 로써 S1과 S2가 서로 유사하게 나타났으며, 어깨선의 회전각

표 3. 하강국면의 운동학적 변인

변인	S1	S2	Mean
소요시간(s)	0.493	0.517	0.505
봉 잡기 시 신체중심의 좌우위치(cm)	21	28	24.5
봉 잡기 시 신체중심의 수평위치(cm)	67	79	73
봉 잡기 시 신체중심의 수직위치(cm)	11	-12	-0.5
신체중심의 좌우변위(cm)	12	16	14
신체중심의 수평변위(cm)	-3	-4	-3.5
신체중심의 수직변위(cm)	108	129	118.5
봉 잡기 시 신체중심의 좌우속도(cm/s)	44	11	27.5
봉 잡기 시 신체중심의 수평속도(cm/s)	8	27	17.5
봉 잡기 시 신체중심의 수직속도(cm/s)	-415	-478	-446.5
신체중심의 평균 수평속도(cm/s)	-6	-8	-7
신체중심의 평균 수직속도(cm/s)	-219	-250	-234.5
봉 잡기 시 견관절각도($^\circ$)	92	114	103
봉 잡기 시 고관절각도($^\circ$)	199	168	183.5
봉 잡기 시 동체의 회전각도($^\circ$)	319	321	320
봉 잡기 시 어깨선의 회전각도($^\circ$)	506	498	502
봉 잡기 시 견관절의 각속도($^\circ/s$)	360	136	248
봉 잡기 시 고관절의 각속도($^\circ/s$)	-305	-151	-228
동체의 평균 회전각속도($^\circ/s$)	319	334	326.5

은 평균 502° 이고 S1이 506° 로써 S2의 보다 크게 나타났다. 또한 봉 잡기 시 견관절각의 각속도는 평균 $248^\circ/s$ 이고 S1이 $360^\circ/s$ 로써 S2보다 매우 빠르게 신전시키는 것으로 나타났고, 고관절각의 각속도는 평균 $-228^\circ/s$ 이고 S1이 $-305^\circ/s$ 로써 S2보다 빠르게 굴곡시키는 것으로 나타났으며, 상승국면 동안 동체의 평균 회전각속도는 평균 $326.5^\circ/s$ 이고 S2가 $334^\circ/s$ 로써 S1의 $326.5^\circ/s$ 보다 빠르게 나타났다.

2 논의

철봉운동의 비행기술을 연기하여 고득점을 획득하기 위해서는 비행높이의 증가와 원활한 공중 회전운동을 통한 동작의 응대함을 제공하고 봉 잡기(regrasp)의 안정성이 돋보여야 할 것이다. 특히 Deff 동작은 비행시간이 길고 비행높이가 높을수록 뒤 공중 돌며 540° 도 비틀기의 복잡한 회전운동을 원활하고 여유롭게 수행할 것이며, 이에 따라 높은 위치에서 안정된 봉 잡기동작이 제공될 것이다.

Deff 동작은 Watanabe 동작과 같은 전방 내리기 동작들과 유사한 형태로 봉을 이탈한다. 그러나 Deff 동작은 내리기 동작들과는 달리 공중 비행 후 다시 봉을 잡아야 된다는 점으로 비추어볼 때 비행위치(범위)가 철봉에서 너무 멀어지면 봉 잡기 시 낙하할 가능성이 많으며 그렇다고 너무 가깝게 되면 봉 잡기 시 철봉에 부딪칠 가능성이 많다.

본 연구결과에 의하면, 이탈 시 신체중심의 수평위치는 봉에서부터 $82cm$ 이었다. 또한 공중 비행 후 다시 봉을 잡을 때까지의 수평위치는 이탈 시의 위치로부터 더 이상 전방으로 벗어나지 않고 오히려 미세하게 후방(철봉 방향)으로 되돌아오고 있다. 이는 상하중심의 비행이 이루어지고 있다는 것으로써 최고점 높이가 낮아질 경우 공중회전 중 다리가 철봉에 부딪칠 가능성이 많게 된다. 따라서 신장의 차이를 고려한다고 하더라도 비행 중 신체중심의 최고점은 철봉에서부터 $118cm$ 이상은 되어야 할 것이다.

S2가 수행한 Deff 동작을 살펴보면, 큰 비행 변위와 긴 시간동안 비행하고 있으나 S1보다 높은 점수를 획득하지 못하였다. 이는 봉 잡기동작의 안정성이 다소

미흡하였기 때문으로 여겨진다. 즉 봉 잡기 시 완전한 비틀기(540°)량의 부족, 신체의 왼쪽 치우침, 낮은 신체 중심의 위치, 그리고 신체가 등 뒤로(전방) 흐르면서 손이 철봉에 걸리듯이 잡혀지는 결과 때문이다.

반면 S1은 이탈 시 수직상승운동에 치중하여 높은 비행을 이루고, 원활한 공중 회전운동을 실시하며, 신체를 곧게 펴준 상태로 철봉보다 높은 위치에서 안정된 봉 잡기동작을 수행하여 높은 점수를 획득하였다. S1은 이탈 시 비록 신체중심의 위치는 낮았지만 신체중심의 빠른 수직상승속도와 동체의 빠른 회전각속도를 동반하고 견관절과 고관절을 빠르게 신전시켜서 신체의 수직상승높이를 증가시키는 것으로 나타났다. 이때 견관절과 고관절을 빠르게 신전시키는 동작은 가슴부위가 확장되는 것 즉 일선현장에서 “기슴을 쓰다”라고 표현하는 것으로써 동체가 수평면과 각을 이루고 있을 경우 신체의 전방 진행을 억제하면서 비행높이 상승에 크게 기여하는 것이다.

또한 이탈 시 어깨선의 회전각속도와 상승국면 동안 동체의 회전각속도의 증가는 최고점 시 동체의 회전거리와 비틀기 거리를 크게 확보하는데 이롭게 할 것이며, 이는 원활한 공중 회전운동을 제공할 뿐만 아니라 하강국면 시 상체가 일찍 곧추세워지기 때문에 신체를 곧게 펴고 견관절을 빠르게 신전시키면서 철봉을 향하여 달려들(상체의 전방 숙임) 수 있게 되어 신체의 전방이동을 억제하면서 안정된 봉 잡기동작을 가능케 하였다. 특히 봉 잡기 순간 S1에서 나타난 고관절의 뺨침과 견관절의 빠른 신전운동은 신체를 등 뒤로 밀어내는 행위가 되어 봉을 잡은 이후의 스윙 궤적을 크게 하기 때문에 다음기술로의 연결동작을 용이하게 할 것이다.

최고점 시 견관절각의 각속도는 S1과 S2가 굴곡과 신전형태로 서로 상이하게 나타났는데 이는 S1의 경우 최고점에서 이미 많이 확보된 동체의 회전과 어깨선의 회전거리로 인해 하강하면서 봉을 여유롭게 잡기위해 팔을 들기 때문이며, 반면 S2는 최고점에 이르기까지도 동작 완수를 위한 공중회전과 어깨선의 회전거리의 부족으로 말미암아 팔을 몸통에 붙여 비틀기 회전분포를 작게 하며 공중회전과 비틀기 운동에 치중하기 때문으로 여겨진다.

한편 봉 잡기 순간에 동체의 회전각은 평균 320° 를 나

타냈다. 이는 봉을 잡는 순간에 봉을 향해 앞으로 자세에서 상체가 수평면으로부터 40° 세워진 것으로서 S1과 S2 모두 매우 이상적이었다고 할 수 있다. 그러나 S2가 S1보다 높은 점수를 획득하지 못한 이유는 최고점 시 채 확보되지 않은 동체의 회전거리를 만회하여 안정된 봉 잡기 동작을 수행하기 위해 하강국면 동안 뒤늦게 동체를 빠르게 회전시키고 있으며, 이 같은 동작은 고관절의 굴곡을 통해서 극복되고 있다는 점으로 볼 때 공중 비행 중 굽어진 신체의 형태에 대한 자세 감점이 적용되었기 때문으로 생각된다. 이처럼 단점으로 지적된 공중 비행 중 고관절각의 굴곡은 비틀기의 회전분포를 넓게 하여 비틀기 운동의 효율을 떨어뜨리게 되는 원인이 될 것이다.

또한 봉 잡기 순간 어깨선의 회전각은 S1이 506°, S2가 498°를 나타냈다. 이는 어깨선의 회전각이 540°가 될 때를 완전한 1½의 비틀기라고 간주할 때 34~42°가 부족한 것으로서 봉 잡기 직전의 비틀기 회전각속도에 따라 조금씩 다르기는 하나 비틀기 회전관성의 작용에 의해서 동작 완수에는 큰 무리가 없을 것이다. 그러나 봉 잡기 순간 봉이 시야에 들어오지 않아서 자칫 낙하될 가능성이 높다. 따라서 가급적 완전한 540°의 어깨선의 회전각을 확보하여 특별한 감각에 의지하지 않고서도 안전하게 봉을 잡는 것이 중요하다.

이와 같이 비틀기 거리 즉 어깨선의 회전거리의 확보는 공중 비행 중 효율적이고 원활한 비틀기 회전운동에 의해 가능하다. 봉 잡기 시 어깨선의 회전각이 S2보다 S1이 더 크게 나타난 것은 최고점에서 이미 어깨선의 회전각거리를 크게 확보한 이후 여유로운 비틀기 회전운동이 이루어졌기 때문이며, 이는 이탈 시 어깨선의 회전각을 크게 유지한 것과 무관하지 않을 것이다. 반면 S2는 이탈 시부터 견관절을 빠르게 굴곡시키고 있음을 알 수 있다.

이는 이탈 직후 팔을 몸에 붙여주어 비틀기 효율을 높이기 위함이지만 이탈 직전 어깨선이 15°를 유지한 상태(동체의 비틀림)에서 견관절을 굴곡시키는 것이기 때문에 비틀기 회전을 하는 왼쪽방향으로 차 내지게(tap swing) 되어 비행 중 신체중심의 왼쪽방향 이동변위를 크게 할 것이다. 이는 결국 봉 잡기 시 신체중심을 왼쪽으로 많이 치우치게 함으로써 불안정한 봉 잡기동작을 유발하는 것으로 나타났다.

IV. 결 론

본 연구의 목적은 철봉운동 Deff 동작의 비행 국면별 운동학적 특성을 규명하여 체조경기의 경기력향상을 위한 기초 자료를 제공하는데 있다. 이를 위해 2003년 제22회 대구하계유니버시아드대회 남자 기계체조 철봉 경기에서 Deff 동작을 수행한 2명을 대상으로 고속비디오카메라를 이용한 3차원적 영상분석을 통하여 운동학적 변인을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 성공적인 Deff 동작을 수행하려면 철봉 높이 정도의 수직위치와 82cm 정도의 수평위치에서 이탈하고, 비행국면 동안 전방 이동이 없이 118cm 이상의 높이로 상승할 수 있도록 상하중심의 비행운동이 이루어져야 한다.
2. 봉 이탈 시 신체중심의 수직속도 증가와 견관절과 고관절의 신전운동은 상하중심의 비행높이 상승에 기여하며, 견관절의 굴곡운동은 동체가 비틀려 있을 경우 신체의 좌측 쏠림의 원인이 되어 불안정한 봉 잡기동작이 제공된다.
3. 안정된 봉 잡기동작을 위해서는 이탈 직전부터 어깨선의 회전속도의 증가를 통해 비틀기 회전의 추진력을 얻고 최고점 이전에 동체의 회전거리를 164° 이상 확보하여 원활한 공중회전운동을 실시해야 하며, 봉 잡기 시 신체중심이 철봉 위에 있으면서 어깨선의 회전각이 540°에 가깝게 유지되어야만 한다.
4. 고득점 동작(S1)은 저득점(S2) 동작보다 동체의 회전속도가 상승국면에서는 빠르고 하강국면에서는 느리게 나타났으며, 최고점 시 동체의 회전각과 어깨선의 회전각이 모두 크게 나타났다. 이와 같은 결과는 하강국면 시 상체를 일찍 곧추세울 수 있기 때문에 신체를 곧게 펴면서 철봉을 향하여 달려드는 동작을 용이하게 한 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- 대한체조협회(2006). 체점규칙. 대한체조협회.
- 박성순(1995). 철봉에서 네바퀴 뒤돌아 내리기 기술의 가능성 진단. 한국체육학회지, 제34권, 제1호, 192-205.
- 신갑호, 박종훈(1994). 철봉 Gaylord 동작의 운동학적 분석. 한국체육학회지, 제33권, 제1호, 391-401.
- 오문균(1997). 철봉에서 몸펴 2회전 뒤돌며 2회 비틀어 내리기 기술의 운동역학적 분석. 한국운동역학회지, 제7권, 제1호, 71-90.
- 윤창선(1994). 철봉 Jaeger 동작의 운동학적 분석. 미간행 석사학위논문. 한국체육대학교 대학원.
- 윤희중, 한충식, 박종훈(1999). 철봉 KOVACS 동작의 운동학적 분석. 한국체육대학교 논문집, 제22집, 27-39.
- 이성걸(2003). 철봉운동 kolman 동작의 운동학적 분석. 미간행 석사학위논문. 울산대학교 교육대학원.
- Abdel-Aziz, Y. I., & karara, H. M. (1971). *Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry* Proceeding: The Symposium on Close Range photogrammetry, Jan. 26-29, 1971, pp. 1~8. Falls Church, VA: American Society of Photogrammetry.
- Chandler, R. F., Clauser, C. E., Mc Conville, H. M. Reynolds. J. T. & Young, J. W.(1975). *Investigation of inertial properties of the human body*. Aerospace Medical Research Laboratory, Wright-patterson Air Force Base, Ohio, 167.
- Federation of International Gymnastics(2001). *The code of points: Artistic gymnastic for men*. Switzerland.
- kwon, Y. H.(2002). *kWON3D Motion analysis package version 3.1 User's Reference Manual*. Anyang.
- Yeadon, M. R., Lee, S., & kerwin, D. G.(1990). Twisting techniques used in high bar smount. *International Journal of Sport Biomechanics*, 6, 139-146.

투 고 일 : 1월 30일
 심 사 일 : 2월 1일
 심사완료일 : 2월 20일