한국운동역학회지, 2005, 제15권 4호, pp. 43-53
Korean Journal of Sport Biomechanics
2005, Vol. 15, No. 4, pp. 43-53

평행봉 Belle 기술동작의 운동학적 분석

A Kinematical Analysis of Belle Motion on Parallel Bars

공태웅*(전주대학교)
Kong, Tae-Ung*(Jeon Ju University)

ABSTRACT

T. U. KONG, A Kinematical Analysis of Belle Motion on Parallel Bars, Vol. 15, No. 4, pp.43-53, 2005. This study is to define how the difference of athletic change influence on the last regrasp after somersault in Belle movement of parallel bars . For his study, the following conclusion was produced by analysis of athletic change by means of three dimensional visual image in three athlete of nation.

1. As the picture of S1, there are total used time(2.01 sec), S3(2.17 sec) and S2(2.19 sec). In case of a short needed time, it is difficult for them to perform the remaining movement of the vertical elevating flight easily and comfortably, it is judged as performing the small movement with restrict swing.

2. In the change of body center sped by each event, it is calculated as -89.1°the narrowest in S1, -81.96°the widest and then 86.34°in S3. In E3 event, average compound speed is 4.07m/s, S2 showed the fastest speed of 4.14m/s whereas S1 the narrowest angle of 3.95m/s.

3. A shoulder joint and coxa are the period of extention in E3. In E4 which was pointed out the longest vertical distance, S2 that is indicated the highest vertical height as the period of detach in parallel bars. showed -3.91m. This is regarded as a preparatory movement for dynamic performance after using effectively elastic movement of shoulder joint and coxa while easily going up with turning back movement. In the 5th phrase, long airborne time and vertical change position is showed as the start while regrasping securely air flight movement from high position.

4. In E5, a long flight time and a long vertical displacement were shown as the regrasp after somersault efficiently in high position with stability from the point of the highest peak of the center of the body. Especially, S2 is marked as a little bit long position, while S1 is reversely indicated as performing somersault and unstable motion in a low position.

5. In E3, at the point of the largest extension of the shoulder joint and hip joint the shoulder joint is largely marked in 182°and the hip point 182°in S2. The shoulder joint is marked at the smallest angle in 177°and the hip point 176° in S1. And S1 is being judged by its performance of the less self - confident motion with lessening a breath of swing . S2 makes the most use of flexion and extension of the shoulder joint and the hip joint effectively. It was performed greatly with swinging and dropping the rotary movement and the rotary inertia naturally.

6. In E6, as the point of regrasp of the upper arm in parallel bars it is recognized by the that of

* suh7434@dreamwiz.com

components of vertical and horizontal velocity stably.

During this study, the insufficient thing and the study on the parallel bars at a real game later are more activated than now. If it is really used as the basic materials by means of Belle Picked Study of Super E level after Bell movement, you may perceive the technique movement previously and perform without difficulty. Especially, such technique as crucifix is quite advantageous for oriental people thanks to small body shape condition. In conclusion we will nicely prepare for our suitable environment to gradually lessen trials and errors by analyzing and studying kinematically this movement.

KEYWORDS : PARALLEL BARS, GYMNASTICS, KINEMATICAL

Ⅰ. 서 론

체조 경기에서 평행봉 운동은 대부분이 전형적인 연직선상에서 실시한 운동으로 기구의 구조상이나 연기내용에 있어 흔들기와 비행요소로 구성되어 있어 내용이 풍부하고, 흥미가 있으며 기술이 매우 다양하다. 또한 고도의 기술과 세밀한 동작을 조화 있게 구성하여 독창적인 연기를 해야 하며, 가급적 평행봉 전체를 골고루 사용하여 연기를 수행해야 높은 점수를 획득할 수 있다.

평행봉 경기는 1896년 제 1회 아테네 올림픽대회부터 정식종목으로 채택되었다. 또한 1976년 몬트리올 올림픽대회 이후 발전하기 시작하여 1978년 일본 선수들에 의해 기술이 급격히 향상되었고, 최근에는 다른 종목의 기술들을 평행봉에 접목시킴으로서, 평행봉 기술이 더욱 다양화 되는 양상을 보이고 있다.

2001년 국제체조 연맹(F.I.G.)의 채점규칙에 의하면, 지지기 계, 매달리기 계, 힘기·정지기·다리 스윙동작과 외봉 옆에서 오르는 계, 그리고 내리기 계의 5가지 연기요소 그룹에서 각 각 한 가지씩 연기요소를 실시하여야 하고, 그중에서도 매달리기 계의 기술은 연기구성을 하는데 필수적으로 사용하여야 한다. 또한 평행봉의 높이를 5㎝를 증가 시켜 지지계의 운동보다는 Bell 기술과 같은 매달리기 계 기술을 많이 선호하고 있으며 점증적으로 다양화 되며 새로운 기술을 개발하여 큰 변화를 가져오고 있다.

또한 가산점(bonus point)을 보면, D난이도는 0.1점, E난이도는 0.2점, Super-E난이도는 0.3점이며, 연결기술에 따른 가산점은 고급 D난이도 기술이나 E난이도 이상의 연결 기술을 연결할 경우 최고 0.6점까지 받을 수 있도록 규정하였다.

Belle 동작은 매달리기 계의 기술로서 현행 채점 규칙에서 E난도로 책정하여 0.2점을 가산점을 얻을 수 있으며, 자이언트 스윙(Giant Swing)과 Morisue 기술을 접목시킨 기술로서 특히 세계 체조선수들이 상위 입상을 하기 위해 많이 사용하고 있다.

Belle 동작은 물구나무선 자세에서 다운스윙이 되면서 크게 휘돌리기를 하여 몸을 접어 뒤 공중 한바퀴를 돌아 평행봉에 팔을 걸치는 기술이다. Belle 기술동작은 안정된 공중비행과 착지의 결과에 따라 경기력이 결정되고, 안정된 공중동작은 다운스윙에 의한 신체 회전운동량을 조절하는 기술이 중요하다. 다운스윙은 하강스윙과 상승스윙의 구간으로 구분할 수 있다. 하강스윙은 견관절과 고관절을 최대로 신전(伸展) 시키면서 회전운동량을 증가시키는 구간이고, 상승스윙은 평행봉에서 손이 이탈되면서 신체를 공중으로 차오르게 하는 예비자세이다. 이때 평행봉에서 손이 이탈되는 시점은 신체중심의 수직·수평속도 성분을 결정하는 순간이다. 수직·수평속도 성분의 크기는 적정한 체공 높이와 안정된 공중회전을 유도하는 요인이 된다.

또한 준비국면인 크게 휘돌기 시 운동학적 요인의 변화는 다운스윙되어 밑으로 쳐지는 순간 손의 놓침 방지와 적절한 어깨부추기기(tap) 스윙은 체공높이 상승에 결정적 영향을 미치기 때문에 그 중요성이 매우 크다고 할 수 있다.

이와 관련한 선행연구를 살펴보면, 신갑호, 박종훈(1993)은 앞 공중 두 바퀴돌아 팔 걸치기 동작의 운동학적 분석을 통하여 공중동작 시 고관절, 견관절, 슬관절의 굴곡각도가 클수록 회전력 상승에 영향을 미친다고 보고

하였다. 한편 김충태, 윤창선, 이연종, 박종훈(1995)은 Moy Piked to Suport 기술동작의 운동학적 분석을 통하여 견관절과 고관절의 굴신운동에 의한 속도를 증가 시켜야 한다고 보고하였다. 또한 안완식(1996)은 Tippelt 동작의 운동학적 분석에서 성공적 수행의 중요한 요인으로는 스윙국면에서 신체의 과 신전을 이용하여 속도를 증가시켜 수직상승 운동에서 위치에너지를 높여주는데 있다고 보고하였다. 한편 남권호(2005)은 Belle 동작은 크게 휘돌리기에 의해서 뒤 공중회전운동이 이루어지는 것으로써 신체가 봉 밑으로 내려갔다가 다시 올라옴으로 인해 상승하는 힘이 떨어지기 때문에 봉 이탈 위치가 낮아지고 뒤 공중회전 운동에 많은 부담을 느끼게 되고 완전한 2회전 뒤 공중회전을 수행하기 위해서는 긴 비행시간이 필요하다고 보고하였다.

위에서 살펴본 바와 같이 평행봉운동에서 공중 동작의 비행기술 뿐만 아니라 다양한 형태의 기술은 진행되고 있지만, Belle 동작의 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 새로운 규칙에서 고득점 획득이 매우 용이한 운동학적 분석을 통하여 각 국면별 운동학적 변인의 차이를 규명할 필요가 있다.

본 연구의 목적은 각 국면별 운동학적 변인의 차이가 마지막 공중비행동작의 Belle 동작과 착수동작의 자세에 어떠한 영향이 미치는 가를 규명하여 훈련의 기초 자료로 제공하는데 목적이 있다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 평행봉의 Belle 기술동작의 운동학적 분석을 통한 선수 개인의 기술동작의 특성을 밝히고 훈련의 기초 자료로 제공하는 데 목적이 있다. 본 연구의 대상자는 국가대표 남자 기계체조 선수 3명을 대상으로 하였고, 대상자는 평가점수가 9.5 이상 판정된 선수로 선정하였다. 이들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

2. 실험 절차

카메라는 평행봉 측면과 정면의 20m지점에 2대를 설치하였으며, 카메라의 속도는 60Hz로 하였다. 카메라와 공간의 실 좌표계산을 위한 통제점 틀의 설치는 4m 통제점봉(pole)를 설치하였으며 <그림 1>, 통제점 봉은 3분간 촬영한 다음 제거한 후 대상 기술동작을 촬영하였다.

평행봉 설치는 국제 체조연맹의 규격에 따라 남자 평행봉의 높이 180cm로 설치하였다. 실험 대상자들을 5분간 연습을 시킨 후 실제 상황과 같이 기술동작을 연기하도록 하였다. 분석 대상동작은 3~5회의 기술동작을 실시하여 지도자 3명이 9.5점 이상의 평가점수로 판정된 동작을 선택하였다.

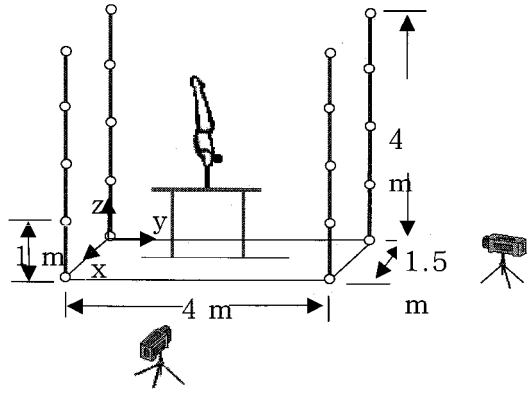

그림 1. 실험도구 설치

표 1. 대상자들의 신체적 특성

대상자 \ 특성	신장(㎝)	체중(kg)	나이(yrs.)	경력(cr.)	평가점수(ev.)
S1	165	57	29	18	9.5
S2	167	62	25	15	9.7
S3	170	64	20	11	9.6
M±SD	166±2.52	61±3.61	24.67±4.51	14.667±3.51	9.6±0.1

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 Z축으로 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 디지타이징 등과 같은 여러 가지 원인에 의해 발생되는 노이즈에 의한 오차 제거는 Butterworth 2차 저역 통과 필터(low-pass filter)를 이용하여 평활화(smoothing)하였고, 이때 차단 주파수는 6Hz로 설정하였다.

인체관절의 각도는 견관절(SA), 고관절(HA) 그리고 슬관절(KA)을 분석하였다. 견관절의 각도는 견관절에서 팔목관절로 향하는 벡터와 견관절 에서 고관절로 향하는 벡터의 사잇각으로 정의하였다. 고관절의 각도는 고관절에서 무릎관절로 향하는 벡터와 고관절에서 견관절로 향하는 벡터의 사잇각으로 정의하였다. 슬관절의 각도는 슬관절에서 발목관절로 향하는 벡터와 슬관절에서 고관절로 향하는 사잇각으로 정의하였다(그림 2).

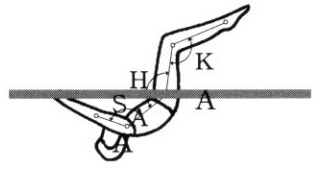

그림 2. 인체관절의 각도 정의

4. 이벤트와 국면의 정의

분석 대상 기술인 Belle 동작을 다음과 같이 6개의 이벤트(event)와 5개의 국면(phase)으로 정의하였으며 유형별 동작을 나타낸 것은 <그림 3>와 같다. 이에 제1국면(E1~E2)은 물구나무를 선 시점에서 평행봉에서 견관절이 수평이 되는 순간까지의 구간이고, 2국면 (E2~E3)은 다운스윙에서 신체의 회전운동량을 증가 시키는 구간으로서 고관절이 최대 신전되는 시점까지의 구간이다. 제3국면(E3~E4)은 고관절이 최대신전 되는 시점에서 손이 평행봉에서 이탈되는 시점까지의 구간이며, 제4국면(E4~E5)은 손이 평행봉에서 이탈되는 시점에서 up ward swing된 후 신체중심이 최고 높이에 있는 시점까지의 구간이다. 그리고 제5국면은 신체중심이 최고 높이에 있는 시점에서 상완이 평행봉에 Regrasp 시점까지의 구간으로 정의하였다.

제1이벤트(E1) : 기술동작 수행을 시작하는 시점으로서, 물구나무를 선 순간

제2이벤트(E2) : 평행봉에서 견관절이 수평이 되는 순간

제3이벤트(E3) : E2에서 다운스윙의 마지막 시점으로서, 고관절이 최대신전 되는 순간

제4이벤트(E4) : 다운스윙 이후, up ward swing하면서 손이 평행봉에서 이탈되는 순간

제5이벤트(E5) : 신체중심이 최고 높이에 있는 순간

제6이벤트(E6) : 상완이 평행봉과 접촉하여 Regrasp하는 순간

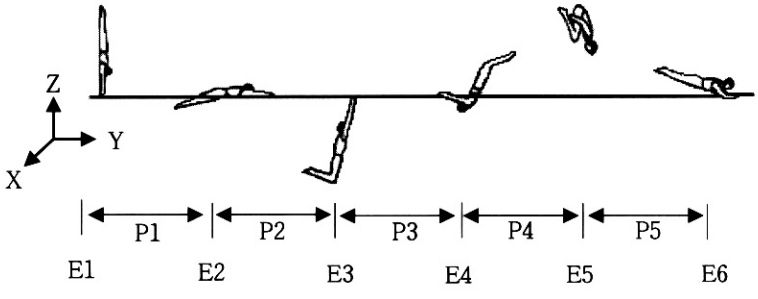

그림 3. 이벤트와 국면의 정의

Ⅲ. 결과 및 논의

본 연구는 평행봉의 Belle 기술동작의 운동학적 분석을 통한 선수 개인의 기술동작의 특성을 밝히는데 있으며, 결과는 다음과 같다.

1. 이벤트 및 국면별 소요시간

Belle 기술동작의 이벤트 및 국면별 소요시간을 보면 <표 2>, <그림 4>과 같다. 전체동작의 소요시간은 평균 2.42±0.46초로 나타났다. 다운스윙 시점인 E3까지의 소요시간은 평균 1.36초로서 가장 빠른 대상자(S1)는 1.08초이고 가장 늦은 대상자(S2)는 1.90초로 나타났다. P3는 다운스윙에 의해 회전 운동량을 최대로 증가시키는 어깨부추기기 동작의 구간으로서, 가장 빠르게 나타난 대상자(S1)는 0.35초이고, 가장 늦은 소요시간은 보인 대상자(S2)는 0.38초로 나타났다. P4는 업 워드 스윙(up ward swing)동작에서 신체중심이 가장 높은 정점위치까지의 소요시간으로서, 가장 길게 나타난 대상자(S3)는 0.40초이고, 가장 짧게 나타난 대상자(S1)는 0.29초로 나타났다. 또한 P4와 P5의 국면은 평행봉에서 손이 떨어지는 순간부터 다시 평행봉을 잡는 순간까지의 구간으로서, 두 국면의 소요시간이 가장 긴 대상자(S2)는 2.19초로 나타났고, 가장 짧은 소요시간을 2.01초(S1)로 나타났다.

평행봉의 Belle 기술동작은 물구나무선 자세에서 다운스윙이 되면서 크게 휘돌리기를 하여 몸을 접어 신체를 안정하게 회전시키는 기술이 주요 기술이다. 이러한 기술은 다운스윙에서 적정한 신체의 회전운동량을 증가시키는데 기여하는 요인이다. 이에 E3까지의 소요시간은 대상자 모두 유사하게 나타났다. 또한 다운스윙에서 E3까지는 동작을 크게 하기 때문에 다소 소요시간이 길어질 수 있다고 판단된다. 또한 P3에서도 P1이나 P2에서 요구되는 기술의 연장으로 신체의 회전운동량을 이용하여 up ward swing기술을 보이는 구간이다. 다운스윙은 물구나무 선 자세에서 자연스럽게 신체를 자유 낙하시키는 동작과 같이 이루어질 때 연속적인 동작과 차오르기동작을 안정된 자세로 유도할 수 있을 것으로 판단된다. P4와 P5의 구간(체공구간)은 평행봉에서 이탈되어 체공되는 시기로서 가능한 소요시간이 길게 나타나는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 이는 남권호(2005)는 공중회전을 수행하기 위해서는 긴 비행시간이 필요하다고 보고하였다와 유사하게 나타났다.

S1과 같이 체공구간의 소요시간이 짧을 경우 체공중 안전한 회전동작을 기대하기 어렵다고 판단된다.

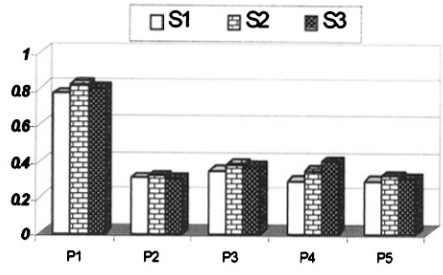

그림 4. 국면의 소요시간

표 2. 이벤트 및 국면의 소요시간

(단위 : sec)

이벤트 / 국면 / 대상자	E1	P1	E2	P2	E3	P3	E4	P4	E5	P5	E6
S1	0	0.77	0.77	0.31	1.08	0.35	1.43	0.29	1.72	0.29	2.01
S2	0	0.82	1.58	0.32	1.90	0.38	2.28	0.35	2.63	0.32	2.19
S3	0	0.80	0.8	0.30	1.10	0.37	1.47	0.40	1.87	0.30	2.17
M±SD	0±0	1.05 ±0.46	1.05 ±0.46	0.31 ±0.01	1.36 ±0.47	0.37 ±0.02	1.73 ±0.48	0.38 ±0.03	2.11 ±0.46	0.32 ±0.46	2.42 ±0.46

2. 이벤트별 신체중심의 위치변위

이벤트 별 신체중심의 수직성분(Z)과 수평성분(Y) 위치변위는 평행봉을 잡은 위치를 기준점으로 하였으며, 대상자를 신장으로 나누어 표준화하였다. 결과는 <표 3>과 같고 <그림 5, 6>는 이벤트 별 신체중심의 위치변화를 제시하였다.

수평성분의 위치에서, E2는 S1과 S2가 -0.77m 그리고 S3는 -0.76m로서 유사한 크기로 나타났다. E3는 upward swing이 시작되는 구간으로서 S1이 -0.1m로서 가장 크게 나타났고, 가장 작은 위치로 나타난 대상자(S2)는 0.09m로 나타났다. E4는 손이 평행봉에서 이탈되는 순간이며, 평균 수평거리는 0.83m이고, S1(0.75m)이 가장 짧게 나타났고, S2와 S3는 0.88m와 0.87m로 유사하게 나타났다. E5는 평행봉에서 손이 이탈된 이후 신체중심이 정점에 있는 위치로서, 수평 길이가 가장 긴 대상자(S3)는 0.57m, 가장 짧은 위치의 대상자(S2)는 0.48m로 나타났다. E6는 공중 동작 이후 평행봉에 상완이 착수되는 순간이며, 이때 신체중심의 평균 수평거리는 0.59m이고, 가장 긴 거리를 보인 대상자(S2)는 0.65m로 나타났다.

수직거리는 다운스윙의 마지막 시점인 E3에서 견관절이 가장 크게 신전되는 시기이다. E3의 수직거리는 평균 -0.85m로 나타났고, 가장 길게 나타난 대상자(S3)는 -0.87m를 보였다. E4는 평행봉에서 손이 이탈되는 시기로서 평균 -0.05m 이고, 가장 높은 수직높이를 보인 대상자(S2)는 -0.01m로 나타났다. E5는 신체중심이 가장 높은 정점의 시점으로서, 대상자들의 평균 수직높이는 0.51m이고, 가장 높게 나타난 대상자(S2)는 0.87m로 나타났고, 가장 낮은 높이를 보인 대상자(S1)는 0.82m로 나타났다.

Belle 기술동작에서 가장 중요한 국면은 다운스윙에 의한 신체의 회전속도와 회전운동량을 증가시켜 차오르기 동작의 up ward swing을 수행하는 구간이다. up ward swing이 끝나는 시점은 E4이며, E4는 신체중심이 공중으로 투사되는 방향을 결정하는 시기이다. E4시점의 신체중심 위치가 평행봉보다 너무 낮거나 높으면, 체공의 정점 높이가 낮아질 수 있다고 판단된다. 따라서 E4에서의 수직 높이는 S2(-0.01m)와 같이 평행봉의 높이에서 신체중심이 투사되는 것이 효율적인 것으로 판단된다. E5는 신체중심이 최고높이의 정점에 이르는 시기이며, 안정한 착수를 위해서는 신체중심의 높이가 S2와 같이 높은 위치로 나타나는 것이 바람직하다고

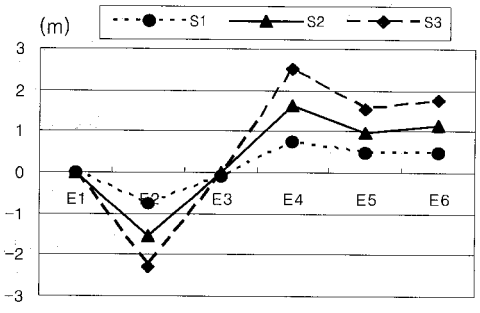

그림 5. 신체중심의 수평성분(Y)) 위치 변위

표 3. 이벤트별 신체중심의 위치

(단위 : m)

피험자 \ 이벤트	성분	E1	E2	E3	E4	E5	E6
S1	Y	0	-0.77	-0.1	0.75	0.49	0.49
	Z	0.75	0.06	-0.83	-0.11	0.82	0.19
S2	Y	0	-0.77	0.09	0.88	0.48	0.65
	Z	0.82	0.06	-0.84	-0.01	0.87	0.22
S3	Y	0	-0.76	-0.02	0.87	0.57	0.64
	Z	0.80	-0.04	-0.87	-0.03	0.85	0.18
M±SD	Y	0±0	-0.77 ±0.01	-0.01 ±0.09	0.83 ±0.07	0.51 ±0.05	0.59 ±0.09
	Z	0.79 ±0.04	-0.03 ±0.06	-0.85 ±0.02	-0.05 ±0.05	0.85 ±0.03	0.20 ±0.02

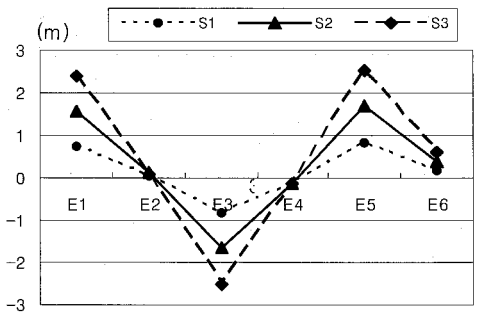

그림 6. 신체중심의 수직성분(Z)) 위치 변위

판단된다. P4와 P5의 체공시간에서, 대상자 S2가 가장 긴 시간으로 나타난 결과는 신체중심의 수직높이와 수평거리의 깊은 상관성이 있다고 해석 할 수 있다.

3. 이벤트별 신체중심의 속도 성분

이벤트별 신체중심의 속도는 <표 6>과 같고, 그림은 <그림 7, 8, 9>과 같다. E2이벤트에서, 평균 합성속도는 3.27m/s로서, 가장 크게 나타난 대상자(S2)는 3.437m/s이고 가장 작게 나타난 대상자(S1)는 3.13m/s로 나타났다. E2의 수평속도는 이벤트에서 가장 작게 나타난 시점이었고, 수직속도는 평균-3.25m/s이고 대상자 S2는-3.42m/s로 가장 크게 나타났다.

E3이벤트에서, 평균 합성속도는 4.07m/s이며 S2가 4.14m/s의 가장 큰 속도를 보였다. E4이벤트에서는 수평속도에 비해 수직속도가 가장 크게 나타난 시점으로서, 수직속도가 가장 큰 대상자(S2)는 3.91m/s로 나타났다. E5이벤트에서는 신체중심이 가장 높은 정점의 위치로서, 수직속도는 거의 0m/s에 근접하였고, 수평속도는 S2가 1.81m/s로서 가장 크게 나타났다. E6이벤트는 체공이후 평행봉에 착수하는 시점으로서, 수평속도와 수직속도 성분의 크기가 가장 크게 나타난 대상자는 S2로 나타났다. 또한 E6에서 수평속도가 가장 작게 나타난 대상자(S1)는 0.04m/s으로 나타났다.

P1의 국면은 평행봉에 물구나무선 자세에서 평행봉을 잡은 손을 회전축으로 거의 자유낙하는 동작이 되는 구간이다. E2시점에서 평행봉을 잡아끌거나 밀면 회전반경이 축소되거나 자세가 굽어지는 경우가 있다. 이는 P2 구간에서의 수평속도가 크게 증가하거나 감소하는 결과로 해석할 수 있다. 또한 가장 자연스러운 자유낙하와 같은 동작이 되면, 수직속도를 감소시키지 않는 결과로 나타난다고 판단된다. P2구간시점은 견관절을 최대로 신전시키고 고관절이 신체의 전·후면으로 과신전이 되는 시기이다. 따라서 E3시점은 P1구간에서 증가된 회전속도를 최대로 증가시켜 up ward swing을 효율적으로 유도하는 시기이다. E3점에서는 수평속도를 최대로 증가시키고 수직속도가 작게 나타나는 현상으로 설명할 수 있다.

E4시점은 평행봉에서 손이 이탈되면서 신체중심이 투사되는 조건으로 해석할 수 있다. 이에 E4에서의 수직·수평속도에 의한 신체중심의 투사 각도를 계산해 보면, S2가 82.8도, S3이 77.8도 그리고 S1이 76.2도의 순으로 제시할 수 있다. E4에서 신체중심이 공중으로 투사될 때, 거의 수직에 가깝게 투사되는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 이는 신체중심이 수직에 가깝게 투사되는 것이 신체중심의 높은 수직높이를 유도하는데 유리할 것으로 해석할 수 있다. 또한 Belle 기술동작은 평행봉에서 손이 이탈된 위치에 다시 착수되는 것이 평가의 점수에서도 유리하다. 그러나 P4와 P5의 국면에서 공중에서 540도 이상 공중돌기를 수행하므로, 이의 공중돌기는 적정한 수평속도성분에 기인한다. 따라서 적정한 수평·수직속도의 크기를 감각적으로 조절해야한다. E6는 평행봉을 다시 잡는 시점으로서, 평행봉에 손과 상완이 거의 동시에 착수된다. 이 시점에서 수평과 상완이 거의 동시에 착수된다. 이 시점에서 수평속도가 크면, 착수되면서 전방으로 밀리는 현

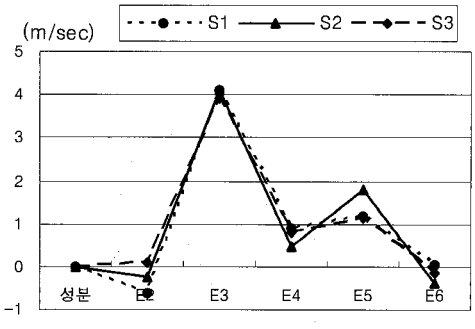

그림 7. 신체중심의 수평속도성분 (Y)변화

표 6. 이벤트별 신체중심의 속도변화

(단위 : m/sec)

피험자 \ 이벤트	성분	E2	E3	E4	E5	E6
S1	Y	-0.60	4.08	0.89	1.18	0.04
	Z	-3.07	-0.56	3.81	0.06	-2.65
	R	3.13	4.12	3.91	1.18	2.65
S2	Y	-0.23	4.10	0.47	1.81	-0.39
	Z	-3.42	-0.55	3.91	0.01	-2.76
	R	3.43	4.14	3.94	1.81	2.79
S3	Y	0.08	3.89	0.80	1.11	-0.13
	Z	-3.25	-0.69	3.70	0.01	-2.03
	R	3.25	3.95	3.79	1.11	2.03
M±SD	Y	-0.25±0.34	4.02±0.12	0.75±0.25	1.37±0.39	-0.16±0.22
	Z	-3.25±0.18	-0.60±0.08	3.79±0.15	0.03±0.03	-0.64±2.96
	R	0.21±3.27	4.07±0.01	0.24±3.87	0.40±1.50	0.10±2.49

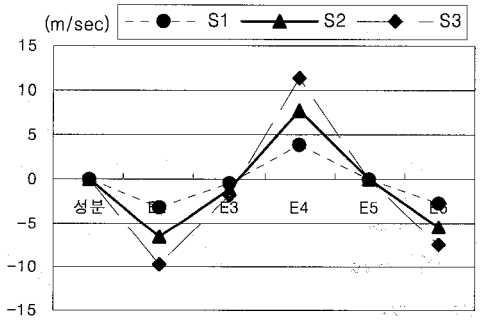

그림 8. 신체중심의 수평속도성분 (Z)변화

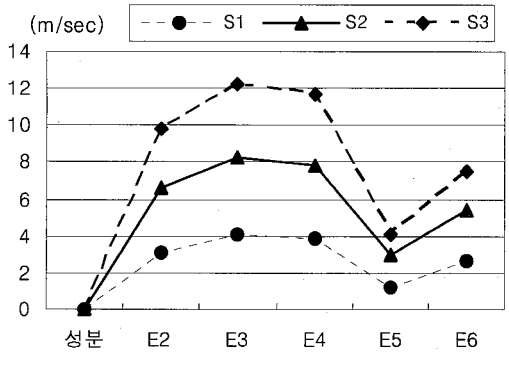

그림 9. 신체중심의 합성속도성분 (R)변화

상이 나타나고, 이로 인해 불안정한 착수가 된다. E5에서 수평속도가 크면 착수시점에서도 수평속도가 커지므로, E6의 속도성분은 E5와 직접적인 상관관계를 갖는다. 이에 E6의 수평·수직속도에 의해 신체중심이 낙하되는 각은 S1이 -89.1도, S2가 -81.96도 그리고 S3가 86.34도로 계산이 된다. 여기서 S3가 양(+86.34)의 각으로 나타난 결과는 신체가 전방으로 진행되는 것으로 해석할 수 있다.

4. 이벤트별 신체관절 각도

이벤트별 신체관절의 각은 고관절각, 견관절각 그리고 슬관절각으로 나타내었고, <표 7>과 같고, 이벤트별 관절각의 그림은 <그림 10, 11, 12>과 같다.

물구나무동작에서 크게 하강하여 스윙할 때 동체가 수평이 이루어지는 고관절각에서는 E2의 대상자(S2)가 165도로서 가장 큰 각을 나타냈으며, 가장 작은 각을 나타낸 시점은 대상자(S1)은 163도를 나타냈다. 견관절각 에서는 대상자(S2)가 가장 큰 139도, 가장 작은 각을 나타낸 대상자(S1)는 135도를 나타냈다. 이는 고관절과 견관절의 각을 작게 함으로써 스윙동작을 제어하고 짧고 간결하게 동작을 수행하는 것으로 판단된다. E3는 견관절이 가장 크게 신전되는 중요한 시기다. 견

표 7. 관절의 각도변화

(단위 : deg.)

대상자 \ 이벤트	성분	E1	E2	E3	E4	E5	E6
S1	HA.	161	163	177	109	45	14
	SA.	138	135	176	98	56	102
	KA.	169	165	157	79	147	165
S2	HA.	167	165	185	108	39	18
	SA.	142	139	182	105	52	110
	KA.	175	170	160	82	150	164
S3	HA.	163	165	180	109	42	16
	SA.	139	138	179	101	54	110
	KA.	171	169	159	80	149	160
M±SD	HA.	164±3	164±1	181±4	109±1	42±3	16±2
	SA.	140±2	137±2	179±3	101±4	54±2	107±5
	KA.	172±3	168±3	159±2	80±2	149±2	163±3

HA. : 고관절각, SA. : 견관절각, KA. : 슬관절각

관절각에서 가장 크게 나타난 대상자(S2)는182도 가장 작게 나타난 대상(S1)자는 177도로 나타났다. 고관절에서도 대상자(S2)가 185도로 크게, 대상자(S1)는 177도로 가장 작은 각을 나타냈다. 이는 견관절과 고관절각을 크게 하여 up ward swing을 원활하게 수행하고, 스윙을 빠르게 하여 역동적인 뒤 공중회돌기 운동을 수행한 것으로 판단된다. E4에서는 다운스윙 이후 up ward swing하면서 손이 평행봉에서 이탈되며 어깨를 부추기는 시점으로서 대상자(S2)는 견관절, 슬관절(105도, 82도)에서 가장 큰 각을 나타냈다. 고관절에서는 대상자(S1, S2)는 109도로 나타났다. 관절을 크게 한 이유는 어깨를 부추기는 Tap 구간으로서 수직상승공중비행으로 신체를 투사 하는데 효율적으로 수행하기 위한 동작이라고 판단된다. 이는 신갑호, 박종훈(1993)은 고관절, 견관절, 슬관절의 굴곡각도가 클수록 회전력 상승에 영향을 미친다고 보고한 바와 같이 유사하게 나타났다. E5에서는 신체중심이 최고 정점이 위치하는 시점으로서 고관절각은 대상(S1)자가 가장 큰 45도, 대상자(S2)가 39도가장작은 각을 나타냈다. 또한 견관절각은 대상자(S1)는 가장 큰 56도, 가장 작은 각을 나타낸 대상자(S2)는 52도로 나타났다. 한편 슬관절각에서는 가장 큰 각을 나타낸 대상(S2)자는 150도, 가장작은 각을 나타낸 대상자(S1)는 147도로 나타났다.

고관절각과 견관절각에서 대상자(S1)는 가장 큰(45도, 56도)각을 나타낸 것은 회전관성이 커져 감각적으로 조절을 못하여 회전하는데 소극적이 되었다고 판단된다. 반면 대상자(S2)는 가장 작은(39도, 52도)각을 나타냈는데 이는 신체중심을 회전축으로 가깝게 하고 회전관성을 작게 하여 회전을 빠르고 용이하게 수행한 것으로 판단된다.

E6에서는 상완이 평행봉에 Regrasp하는 마지막 마무리하는 시점이다. 고관절각은 대상자(S2)가 18도로 가장 큰 각을 나타낸 반면, 대상자(S1)는 가장 작은 14도를 나타냈다. 또한 견관절각에서는 대상자(S2, S3)가 가장 큰 110도, 가장 작은 대상(S1)자가 102도를 나타냈다. E6에서 대상자(S2) 고관절, 견관절각을 크게 나타낸 것은, 신체를 안정감 있고, 여유있는 동작으로 Re- grasp을 수행한 것으로 해석된다. 반면 대상자(S1)는은 고관절, 견관절각을 작게 나타냈는데 이는 회전운동을 느리게 하고 불안정한 자세로 평행봉에 상완을 Re- grasp하는 동작으로 판단된다.

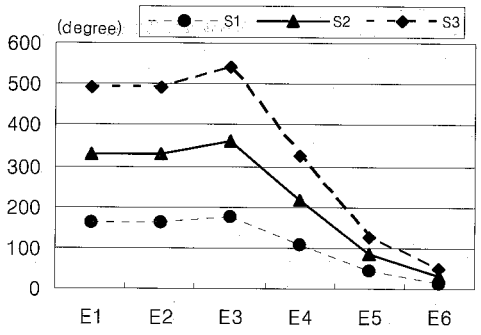

그림 10. 고관절의 각도변화

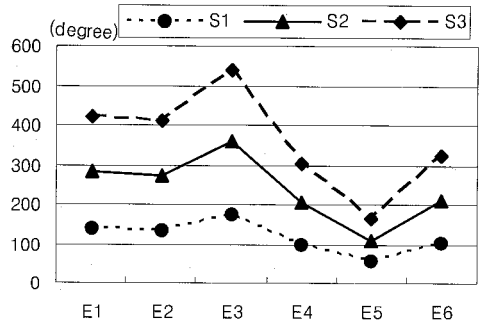

그림 11. 견관절의 각도변화

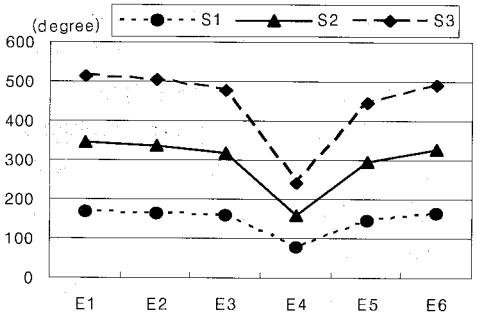

그림 12. 슬관절의 각도변화

Ⅳ. 결론 및 제언

본 연구는 평행봉 Belle 동작 시 크게 휘돌기의 각 국면별 운동학적인 변인의 차이가 마지막 공중 돌아 팔걸치기에 어떠한 영향을 미치는가를 규명하고 하는데 있다. 이를 위해 국가대표 남자 기계체조 선수 3명을 대상으로 3차원 영상분석을 통하여 정량적으로 운동학적 변인들을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전체 소요시간에서 S1은 (2.01초), S3는(2.17)초, S2는(2.19초)로 순으로 나타났는데, 이는 소요시간이 S1과 같이 짧을 경우 수직상승비행인 체공동작을 원활하고 안전하게 수행하기는 어렵다고 생각되며, 억제된 스윙으로 동작을 작게 수행한 것으로 판단된다.
2. 이벤트별 신체중심의 속도변화에서 S1자가 -89.1도로 가장 작게 , S2가 -81.96도로 가장크게, S3는 86.34도 순으로 계산이 된다. 또한 E3이벤트에서, 평균 합성속도는 4.07m/s이며 S2가 4.14m/s의 가장 큰 속도를 보인반면, S1은 3.95m/s로 가장 작은 각을 나타냈다.
3. E3에서 견관절과 고관절이 가장 크게 신전되는 시기이다. 가장 긴 수직거리를 나타난 E4에서는 평행봉에서 손이 이탈되는 시기로서 가장 높은 수직높이를 보인 S2는 -3.91m로 나타났다. 이는 뒤돌아 차올라가는 동작을 원활하게 하고 견관절과 고관절 굴신운동을 효과적으로 이용하였으며, 역동적으로 수행하기 위한 준비동작으로 간주된다. 또한 제 5국면 시 긴 체공시간과 긴 수직변위는 높은 위치에서 안정되게 공중비행동작을 Regrasp 하여 착수하는 것으로 나타났다.
4. E5는 신체중심이 가장 높은 정점의 시점으로서, 긴 체공시간과 긴 수직변위는 높은 위치에서 안정되게 공중비행동작을 효율적으로 하고 Regrasp을 하는 것으로 나타났다. 특히 S2가 길게 나타난 반면 S1은 반대현상을 보여 낮은 위치에서 공중비행과 불안한 동작을 수행한 것으로 나타났다.
5. E3에서 견관절과 고관절이 최대 신전되는 시점으로 견관절은 S2자가 182도, 고관절182도로 가장크게 나타났고, S1은 견관절이 177도, 고관절이 176도로 가장작은 각으로 나타났다. 이에 S1은 스윙의 폭을 좁혀 자신 없는 동작을 수행한 것으로 판단되고, S2는 견관절과 고관절 굴신운동을 효과적으로 이용하였으며, 회전운동량과 회전관성을 최대한 이용하여 자연스럽게 낙하하고 큰 스윙의 동작을 수행한 것으로 나타났다.

6. E6에서는 평행봉에 상완이 Regrasp되는 시점으로서, 수평·수직속도 성분이 크게 나타난 것은 안정되게 착수하는 동작으로 판단된다.

본 연구를 수행하면서 미흡했던 점과 추후에 실험상황이 아닌 실제 경기상황에서 평행봉 Belle 동작에 대한 연구가 지금보다 더 활발하게 이루어져야 할 것이다. Bell 동작 후 연결해서 사용할 수 있는 Super E난도인 Belle Piked를 연구하여 현장에서 기초 자료로 활용된다면, 기술 동작을 사전에 인지하고 쉽게 수행할 수 있을 것이다. 특히 매달리기 계통의 기술은 동양인에게 최적의 기술을 사용할 수 있고, 특히 신체가 작은 관계로 매우 유리하다고 할 수 있다. 따라서 이러한 동작을 운동학적으로 연구, 분석하여 시행착오를 조금씩 줄여나갈 수 있는 환경조건을 충족해 나가야 할 것이다.

참 고 문 헌

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

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

안완식(1996). 평행봉 Tippelt 오르기 동작의 운동학적 분석. 한국체육학회지, 제 35권, 제 2호, p.207-214.

남권호(2005) 평행봉 **Belle** 동작의 운동학적 분석. 미간행 석사학위논문. 관동대학교 대학원.

대한체조협회 (2001). 채점규칙. 대한체조협회.

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.

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

투 고 일 : 10월 30일
심 사 일 : 11월 20일
심사완료일 : 12월 15일