



한국운동역학회지, 2005, 제15권 1호, pp. 111-125
Korean Journal of Sport Biomechanics
2005, Vol. 15, No. 1, pp. 111-125

이단 평행봉 YEGA 동작의 운동학적 분석

이용식*(성균관대학교)

ABSTRACT

Kinematical Analysis of the YEGA Motion on the Uneven Parallel Bars

Lee, Young-Sik*(Sungkyunkwan University)

Y. S. LEE. Kinematical Analysis of the YEGA Motion on the Uneven Parallel Bars. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 15, No. 1, pp. 111-125, 2005. This study was intended to assist athletes in having a technical understanding of the Yega motion and provide basic material for improving their competitive ability by analyzing the kinematic variable of the Yega motion during the competition of the uneven parallel bar of female gymnastics. For this purpose, the game of female gymnastics participating in the uneven parallel bar game was personally videotaped using the DLT(direct linear transformation) method. An attempt was made to make a comparative analysis of the Yega motion by dividing the final first to third places into the upper group('A' group) and the sixth to eighth places into the lower group('B' group). Based on the results of actual analysis on the scenes of actual game, the following conclusion was concluded:

1. Athletes in the 'A' group showed the shorter required time on the flight phase(P3) than counterparts in the 'B' group.
2. Athletes in the 'A' group showed the little width in the horizontal displacement of the center of gravity than counterparts in the 'B' group. But athletes in the 'A' group exhibited

* jiseon@knsu.ac.kr

the somewhat greater relative vertical height of the center of the body.

3. Athletes in the 'A' group showed the greater resultant velocity at the lowest point of the center of the body(E2) and at the point in time of release(E3) compared to counterparts in the 'B' group.

KEYWORDS: KINEMATICAL ANALYSIS, YEGA MOTION, UNEVEN PARALLEL BARS

I. 서 론

최근의 체조 경기는 양적으로 선수층이 두꺼워졌고 질적으로는 무한한 기술의 발전이 계속되고 있어 4년을 주기로 채점 및 경기규칙을 개정해야할 정도로 큰 변화가 지속되고 있다. 이에 따라 규칙의 개정은 미적 아름다움의 추구보다는ダイナミック하고 곡예적인 면을 강조하는 전환점이 되었으며, 세계 각국의 우수 선수들은 더 많은 득점을 얻기 위해 기술의 과학화와 함께 창조성을 가미함으로써 기술의 수준과 연기의 내용이 급속히 발전되어 선수 간에 우열을 가리기가 매우 어려운 실정이다. 따라서 2001년 국제체조연맹(F.I.G)에서는 기술의 실질적 수준향상과 평가를 용이하게 하기 위해 각종 국제 대회 연기내용을 파악·분석하여 각각의 기술에 대해 부여할 수 있는 최고의 점수를 정하고, 동작 수행 중 신체 자세에 대한 감점과 운동 진행축에 대한 감점의 폭을 상향 조정하였다.

최근 한국 여자 체조의 경기실적을 살펴보면 2003년도 세계선수권대회 단체전 21위로서 중·하위권에 머물고 있으며, 전체적으로 기술의 현저한 차이를 보이고 있다. 이는 기본기 미숙과 시합의 과다 출전으로 인한 기술 습득 시간의 부족 및 바인기 종목의 한계로 인한 얇은 선수층, 재정지원의 부족, 지도력의 부족함을 들 수 있다. 따라서 세계무대에서 상위권으로의 진입을 위해서는 협회의 과감한 투자와 학교 체육 및 클럽활동에 대한 관심이 중요한 실정이다.

이단 평행봉 연기 기술의 발전은 1972년 뮌헨 올림픽 대회에서 구소련의 유리첸코가 새 기술을 소개한 이후부터 기술 발전은 급속히 이루어져 왔다. 특히 남자선수들이 실시하고 있는 대차륜 돌기 동작, Covace 동작, Honma 동작 등을 여자 이단 평행봉에 접목시킴에 따라 그 기술은 더욱 다양화되고 있다. 일반적으로 이단 평행봉은 대부분이 연직면 운동으로서 기본 요소로는 오르기, 흔들기, 돌기, 버티기, 옮기기, 내리기 등으로 구분될 수 있다(이계산 등, 1987). 그러므로 선수는 경기 시 이와 같은 요소에 난이도를 적정하게 배분하여 가능한 한 이단 평행봉 전체를 효율적으로 사용하여 연기를 실시하여야 높은 점수를 획득할 수 있다.

이단 평행봉의 선행연구들을 살펴보면, Kerwin 등(1996)은 Giant swing 시 회전반경을 증가시키

려면 고관절을 최대한 신전시켜야 한다고 하였으며, 감점을 덜 받기 위해서는 최대한 팔과 다리 및 몸통을 아치형태로 해야 한다고 하였다. 또한 최인애(1992), 김혜영(1996), 정유하(1998) 등은 이단 평행봉에서 내리기 동작 및 공중 동작에 대한 분석을 통하여 공중 동작을 원활히 수행하기 위해서는 수직 속도의 증가가 절대적으로 필요하며, 이는 안정된 자세로 이어져 보다 높은 점수를 얻기 위한 방법이라 하였다. 이단 평행봉에서 실시되고 있는 Yega 동작은 고봉에서 몸을 편 상태로 물구나무 선 자세에서 대차륜(giant swing)을 시작하여 3/4을 회전한 다음 봉을 놓았다가 앞 공중 돌아 다시 잡는 기술이다. 봉을 놓았다가 다시 잡는 체공기에 따라 3가지 기술로 나누어진다. 무릎관절이 신전된 상태에서 몸통이 접혀지는 파이크(pike)자세, 무릎관절이 굴곡 되어 몸통이 접혀지는 터크(tuck) 자세가 있다. 이중 파이크 자세는 선수들이 가장 많이 행하는 동작으로 그 실효성이 높다. 그러나 현재까지 이단 평행봉에서 많이 수행되고 있는 Yega 동작 중 파이크(pike) 자세에 대한 진전된 연구가 부족한 실정이며, 파이크 자세의 분석은 여러 관련 기술의 응용에도 관련성을 갖는 것으로 판단되므로 선수들의 경기력 향상을 위해서는 이단 평행봉의 고난도 종목 중 하나인 Yega 동작에 대한 운동학적 분석이 필요하다고 판단된다.

따라서 본 연구의 목적은 3차원 영상분석을 이용한 Yega 동작의 운동학적 분석을 통하여, 지도자 및 선수들에게 Yega 동작의 경기력을 향상시키기 위한 이론적 기초 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구의 대상자는 2003년도 하계 대구 U대회 단체전에 출전하여 Yega 동작을 수행한 선수 중 상위 그룹 3명과 하위 그룹 3명을 대상으로 하였다. 연구 대상자의 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 연구 대상자의 특성

피험자		신장(cm)	몸무게(kg)	연령(yr.)
Group A	A(RUS)	157	46	21
	B(RUS)	160	41	20
	C(RUS)	160	50	20
Group B	D(CHN)	150	43	21
	E(CHN)	159	46	19
	F(UKR)	161	58	23

2. 실험절차

이단 평행봉 Yega 동작을 촬영하기 위해 <그림 1>과 같이 촬영 장비를 시합 전 체조 경기장에 설치하였다. 이 때 통제점 틀은 이단 평행봉에서 Yega 동작 수행을 포함할 수 있는 범위 내에 위치시켰으며, 2대의 비디오카메라는 이단 평행봉 중앙으로부터 좌, 우측 20m 떨어진 지점에 삼각대로 고정시킨 다음 카메라의 필드 안에 전체동작, 통제점틀이 모두 들어올 수 있도록 카메라의 렌즈를 조절하였으며, 이때 촬영속도는 60fields/sec로 설정하였다. 그 후 실공간 좌표를 설정하기 위해 대상자의 전체 동작이 포함될 수 있도록 통제점 틀 2조를 높이 4m, 길이 1m, 폭 1m로 이단 평행봉 양 끝단에 3.78m의 간격을 두고 설치하였다. 모든 준비가 끝난 후 통제점을 약 3분간 촬영한 다음 이를 제거한 후 시합 장면을 촬영하였다.

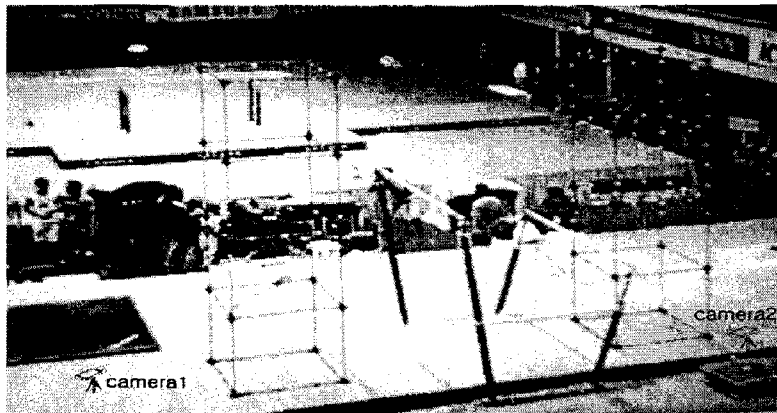


그림 1. 실험장비의 배치도

3. 자료 분석 방법

영상분석 자료처리는 KWON3D 3.1프로그램(권영후, 2002)을 이용하였으며 통제점 및 신체관절 중심점의 좌표화는 영상으로 나타나는 관절점의 위치를 실제 공간상의 좌표값으로 변환시키는 과정으로 이러한 좌표화는 기준 공간에서 통제점 좌표화의 공간상에서 실제로 움직이는 인체관절 중심점에 대한 좌표로 나누어진다. 좌표화에서는 통제점틀에 있는 38개의 통제점을 5번 반복하여 디지털화 하여 평균값을 파일로 저장하여 사용함으로써 디지털화 시 발생할 수 있는 오차를 최대한 줄일 수 있도록 하였다. 캘리브레이션 결과 오차는 1.65cm로 나타났는데 이는 장축대비 약 0.3%에 해당하는 것이다. 이 과정에서 실 공간 좌표계의 기준점은 그림 1에서 두 번째 카메라에서 가장 가까운 점으로 설정하였으며 좌표축 설정은 좌우방향을 X축, 전후 방향을 Y축, 상하 방향을 Z축으로 설정하였다. 신체관절 중심점의 좌표화에서는 신체를 총 21개의 관절점을 가진 14개의 분절로 연결된 강체 시스템(linked rigid body system)으로 정의하였다.

분절의 무게 중심점과 신체중심 위치의 산출은 Plagenhoef et al(1983)의 신체 분절지수(Body Segment Parameter)자료를 사용하였다. 또한 신체관절 중심점의 좌표화는 동작 시작 5 frames 전부터 착지 후 5 frames까지를 디지털화 하였다. 디지털화(digitizing)하여 얻은 2차원 좌표를 이용하여 3차원 좌표를 얻기 위해서 DLT(Direct Linear Transformation : Abdel-Aziz, & Kararah, 1971)방법을 사용하였다. 이는 공간의 자료를 이미 알고 있는 통제점들을 활용하여 DLT계수들을 계산하고 이들 계수와 동조된 2차원 좌표로부터 인체 관절점의 3차원 좌표를 계산하는 방식이다. 또한 2대의 비디오카메라에서 얻은 정보를 3차 스플라인 함수(cubic spline function)를 이용, 보간 하여 동조를 시키는데 동조란 각 카메라에서 얻은 정보를 시각적으로 일치시키는 것을 말하며, Yega 동작이 실시되는 시점의 시각코드 발생기의 시:분:초:필드를 선택하여 동조 이벤트로 설정하는 방법을 사용하였다. 3차원 좌표에 포함되는 디지털화 오차와 기자재 자체에 의해 생기는 노이즈(noise)를 제거하기 위하여 Butterworth의 2차 저역 통과 필터(low-pass filter)를 사용하여 스무딩(smoothing)하였으며, 이때 차단주파수(cut-off frequency)는 10Hz로 설정하였다.

4. 분석 구간

각 구간별 동작 분석 범위는 신체의 중심이 봉을 잡은 상태에서 최고점에서 하강하기 시작하는 시점에서 Yega 동작을 수행 한 후 다시 봉을 잡는 시점까지로 설정하였으며, 이에 따른 각각의 Event 및 Phase는 <그림 2>와 같다.

1) Event

- ① E1 : 고봉 물구나머서기에서 신체의 중심이 하강하는 순간(제 1정점)
- ② E2 : 신체 중심 위치의 최저 순간(최저점)
- ③ E3 : 봉에서 손이 떨어지는 순간(이탈)
- ④ E4 : 신체 중심 위치의 최고 순간(제 2정점)
- ⑤ E5 : 떨어진 손이 다시 봉을 잡는 순간(잡기)

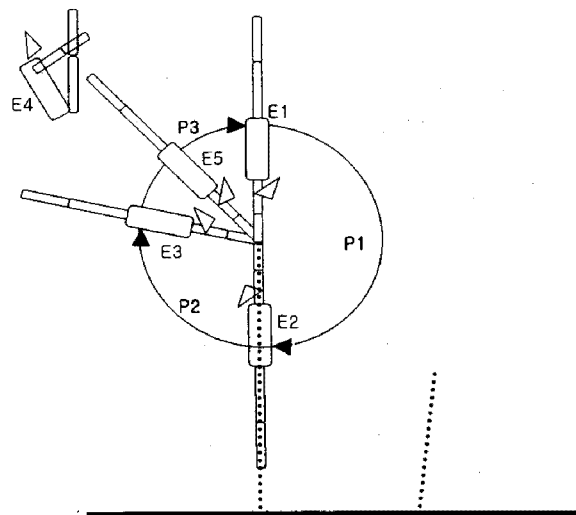


그림 2. 각 Event 및 Phase.

2) Phase

- ① P1(DSP; Down Swing Phase, 하강기) : E1에서 E2까지의 구간.
- ② P2(USP; Up Swing Phase, 상승기) : E2에서 E3까지의 구간.
- ③ P3(FLP; Flight Phase, 공중기) : E3에서 E5까지의 구간.

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 전체 소요 시간 및 각 국면 별 소요시간

이단 평행봉 Yega 동작을 수행하는데 있어 각 대상자 별 전체 소요 시간 및 각 국면 별 소요시간은 <표 2>와 같다.

대상자 별 전체 소요 시간을 살펴보면, A 그룹에 속한 A, B, C 세 선수 각각 1.68sec, 1.63sec, 1.92sec로 나타났으며, B 그룹의 D, E, F는 각각 1.68sec, 1.80sec, 1.62sec로 나타났다. 그룹 간 전체 소요 시간을 살펴보면, 그룹 A는 $1.74 \pm 0.15\text{sec}$, 그룹 B는 $1.70 \pm 0.09\text{sec}$ 로 나타나 각 그룹 간 전체 소요시간에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

그룹 간 각 국면 별 소요 시간을 살펴보면, 상위 그룹인 그룹 A는 하강기(P1)에서 $0.63 \pm 0.14\text{sec}$, 상승기(P2)에서 $0.35 \pm 0.03\text{sec}$, 그리고 공중기(P3)에서 $0.77 \pm 0.05\text{sec}$ 의 소요 시간을 보였으며, 하위 그룹인 그룹 B는 하강기(P1)에서 $0.64 \pm 0.11\text{sec}$, 상승기(P2)에서 $0.37 \pm 0.03\text{sec}$, 그리고 공중기(P3)에서 $0.69 \pm 0.04\text{sec}$ 로 나타났다. 각 그룹 간 하강기(P1)와 상승기(P2)의 소요 시간에는 큰 차이를 보이지 않았지만, 공중기(P3)에서 약 0.8sec의 차이를 보였다. 이는 상위 즉 경기력이 우수한 선수 일수록 보다 긴 체공 시간을 가짐으로써 Yega 동작을 수행하는데 충분한 시간을 가질 수 있었던 것으로 판단된다.

이보선 등(2001)에 의하면 기계체조경기 중 공중의 체공시간이 길어지면 동작이 다이내믹해지고 여유 있는 동작을 연출할 수 있어 기술적 완성도를 높여주는 계기가 될 수 있다고 보고한 점에서 공중기(P3) 동작은 더욱 강조되어야 할 것으로 보여 진다.

표 2. 전체 소요시간 및 각 국면 별 소요시간

(단위:sec)

Trials	Phase				Tot.
	P1	P2	P3		
Group A	A	0.50	0.37	0.82	1.68
	B	0.60	0.32	0.72	1.63
	C	0.78	0.37	0.77	1.92
	M	0.63	0.35	0.77	1.74
	SD	0.14	0.03	0.05	0.15
Group B	D	0.63	0.33	0.72	1.68
	E	0.75	0.40	0.65	1.80
	F	0.53	0.37	0.72	1.62
	M	0.64	0.37	0.69	1.70
	SD	0.11	0.03	0.04	0.09

2. 신체 중심의 수평 변위(X축)

신체 중심의 수평 변위는 Yega 동작이 처음 시작되는 시점(물구나무선 자세)을 기준으로 좌우측(X축)의 변위차를 산출하였다. E1을 제외한 (-)값은 초기값에 대한 왼쪽방향의 이동변위를 의미하며 그 결과는 <표 3>과 같다.

좌우측(X축)을 기준으로 한 신체 중심의 수평 변위를 살펴보면, 그룹 A는 E1에서 0.44±0.67m였다. 이를 기준으로 E2에서는 0.11±0.03m, E3에서 0.12±0.17m, E4에서 -0.06±0.09m, E5에서 -0.05±0.02m의 이동거리 폭을 보여주었다. 그룹 B에서 E1은 0.23±0.11m였으며 이를 기준으로 E2에서는 0.56±0.60m, E3는 -0.27±0.76m, E4는 -0.01±0.78m, E5는 -0.32±0.30m로 나타났다. 국면별로 이동변위의 폭을 비교해보면 E1의 피험자 C와 E4의 피험자 D의 값이 다소 다른 양상을 보여 전체적인 평균값에 영향을 미치고 있지만 상위인 A그룹의 편차가 하위인 B그룹에 비해 다소 작은 값을 보이는 것으로 나타났다.

위의 결과를 종합해보면 상위그룹인 A 그룹이 하위그룹인 B 그룹에 비해 신체 중심의 좌우이동 변위의 폭이 작음을 알 수 있다. 이는 Yega 동작을 수행하는데 있어 물구나무 서기 자세에서 다운스윙을 시작하여 공중기를 거쳐 봉을 다시 잡는 순간까지 신체 중심 좌·우 이동 폭이 작게 형성되었음을 의미하는 것으로 적절한 이동변위를 보여주고 있다. 정유하(1998)의 연구에 의하면 좌우 이동 폭이 작다는 것은 중심변위의 속도를 한 방향으로 가져갈 수 있도록 제어하는 역할을 한다는 점에서 Yega 동작에서는 변위의 폭이 작아야 할 것으로 보여 지는데 본 연구에서도 상위인 A그룹이 이와 동일한 결과를 보여주었다.

표 3. 신체 중심의 좌우(X축) 이동변위

(단위:m)

Event		Trials				
		E1	E2	E3	E4	E5
Group A	A	0.74	0.08	0.02	-0.01	-0.03
	B	0.91	0.15	0.02	-0.17	-0.06
	C	-0.32	0.10	0.32	-0.01	-0.06
	M	0.44	0.11	0.12	-0.06	-0.05
	SD	0.67	0.03	0.17	0.09	0.02
Group B	D	0.33	0.30	-0.58	-0.82	-0.60
	E	0.26	0.55	0.60	0.75	0.52
	F	0.11	0.12	-0.82	0.05	0.01
	M	0.23	0.36	-0.27	-0.01	0.03
	SD	0.11	0.60	0.76	0.78	0.30

3. 신체 중심의 전후 변위(Y축)

신체 중심의 전후 변위는 Yega 동작이 처음 시작되는 시점(물구나무선 자세)을 기준으로 전후축(Y축)의 이동변위의 폭을 산출하였다. 여기서 (-)값은 처음위치에 대한 반대방향의 이동변위를 의미하며 그 결과는 <표 4>와 같다.

전후축(Y축)을 기준으로 한 신체 중심의 전후 이동변위에서 상위인 A그룹은 E1에서 $2.49 \pm 0.15\text{m}$ 였다. 이를 기준으로 E2에서는 $0.56 \pm 0.10\text{m}$, E3에서 $-1.12 \pm 0.14\text{m}$, E4에서 $-0.96 \pm 0.20\text{m}$, E5에서 $-0.99 \pm 0.36\text{m}$ 의 이동거리의 폭을 보였다. 하위인 B그룹은 E1에서 $2.41 \pm 0.07\text{m}$ 였으며 이를 기준으로 E2에서는 $0.37 \pm 0.04\text{m}$, E3에서 $-1.17 \pm 0.22\text{m}$, E4에서 $-1.01 \pm 0.12\text{m}$, E5에서 $-0.94 \pm 0.04\text{m}$ 의 이동변위 폭을 보여 주었다.

전체적으로 상위그룹과 하위 그룹 간에 큰 차이는 보이지 않고 있으나 E2에서 상위 그룹과 하위 그룹 간 신체 중심 전후 변위에서 다소 차이를 보이는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 상위 그룹의 우수 선수일수록 봉을 축으로 회전을 할 때 보다 큰 동작으로 표현하기 위해 몸을 신전시켜 봉의 탄력을 최대한 이용한 결과로 보여 진다. 또한, E4에서 상위그룹이 하위그룹에 비해 다소 큰 값을 보이고 있어 기술적 완성면에서는 상위그룹이 보다 효과적인 것으로 판단되었다. 그러나 조태호와 주영삼(1995)의 연구에 의하면 이지점에서 값이 크게 되면 봉과의 사이가 멀어져 다시 잡기 시 다소 불안정한 자세를 보일 수 있다는 점에서 봉과 체공지점까지의 거리는 적절하게 유지되어야 할 것으로 보여 진다.

표 4. 신체 중심의 전후(Y축) 이동변위

(단위:m)

Event		E1	E2	E3	E4	E5
Trials						
Group A	A	2.32	0.64	-1.01	-0.80	-0.69
	B	2.53	0.60	-1.07	-0.88	-0.89
	C	2.61	0.45	-1.28	-1.19	-1.39
	M	2.49	0.56	-1.12	-0.96	-0.99
	SD	0.15	0.10	0.14	0.20	0.36
Group B	D	2.33	0.38	-0.98	-0.90	-0.99
	E	2.45	0.33	-1.11	-0.99	-0.91
	F	2.45	0.41	-1.41	-1.14	-0.93
	M	2.41	0.37	-1.17	-1.01	-0.94
	SD	0.07	0.04	0.22	0.12	0.04

4. 신체 중심의 수직 변위(Z축)

신체 중심의 수평 변위는 Yega 동작이 처음 시작되는 시점(물구나무선 자세)을 기준으로 수직축(Z축)의 이동변위를 산출하였다. 여기서 (-)값은 처음 위치 보다 낮은 위치 값을 의미하며 그 결과는 <표 5>와 같다.

<표 5>를 살펴보면 E1에서 신체 중심의 수직 높이가 그룹 A는 $2.99\pm 0.04m$, 그룹 B는 $2.67\pm 0.30m$ 로 나타났으며 이를 신장(그룹 A : 1.59m, 그룹 B : 1.53m)에 대한 비율로 나타내보면 그룹 A는 1.86, 그룹 B는 1.71을 보여 그룹 A가 그룹 B에 비해 다소 큰 값을 보이고 있어 상위그룹이 하위그룹에 비해 다소 크게 나타났다. 그룹 B가 그룹 A보다 신체 중심의 수직 높이가 낮게 나타난 것은 물구나무 서기 자세가 완벽하지 않은 상태에서 신체 중심이 하강하기 시작했기 때문인 것으로 보여진다.

E1에 대한 E2의 이동변위 폭을 보게 되면 그룹 A는 $-1.69\pm 0.23m$, 그룹 B는 $-1.27\pm 0.19m$ 를 보였으며 이를 신장에 대한 비율로 살펴보면 그룹 A는 0.79, 그룹 B는 0.88로 하위그룹이 상위그룹에 비해 다소 큰 값을 보이고 있다. E3에서는 그룹 A가 $-0.90\pm 0.15m$, 그룹 B가 $-0.61\pm 0.13m$ 를 보였으며 이를 신장에 대한 비율로 살펴보면 그룹 A는 1.29, 그룹 B는 1.30으로 나타나 거의 비슷한 결과를 보이고 있으나 상위 그룹이 하위그룹에 비해 다소 작은 것으로 나타나 릴리즈 순간에서의 신체 중심의 높이는 그룹 A가 조금 더 낮게 나타난 결과이다. 신체 중심이 최고 높이에 이른 순간인 E4에서는 그룹 A가 $0.01\pm 0.05m$, 그룹 B가 $-0.13\pm 0.12m$ 로 나타났는데 이를 신장에 대한 비율로 살펴보면 그룹 A

표 5. 신체 중심의 상하(Z축) 이동변위 (단위:m(신장비))

Event		E1	E2	E3	E4	E5
Group A	A	3.02(1.91)	-1.89(0.70)	-1.08(1.21)	0.03(1.91)	-0.01(1.91)
	B	3.01(1.87)	-1.76(0.75)	-0.80(1.37)	0.05(1.87)	-0.09(1.81)
	C	2.95(1.81)	-1.43(0.93)	-0.82(1.31)	-0.04(1.81)	-0.24(1.68)
	M	2.99(1.86)	-1.69(0.79)	-0.90(1.29)	0.01(1.86)	-0.11(1.80)
	SD	0.04(0.05)	0.23(0.12)	0.15(0.08)	0.05(0.05)	0.12(0.12)
	Group B	D	2.92(1.93)	-1.39(1.00)	-0.67(1.46)	-0.25(1.73)
E		2.74(1.77)	-1.38(0.85)	-0.46(1.44)	-0.13(1.71)	-0.49(1.44)
F		2.36(1.44)	-1.05(0.81)	-0.71(1.00)	-0.01(1.44)	-0.55(1.13)
M		2.67(1.71)	-1.27(0.88)	-0.61(1.30)	-0.13(1.62)	-0.57(1.34)
SD		0.30(0.25)	0.19(0.10)	0.13(0.26)	0.12(0.16)	0.09(0.19)

는 1.86, 그룹 B는 1.62의 결과를 보여 상위인 A그룹 선수들의 신체 중심 수직 높이가 더 높게 올라간 것으로 나타났다. E5에서는 그룹 A가 $-0.11 \pm 0.12\text{m}$, 그룹 B가 $-0.57 \pm 0.09\text{m}$ 로 나타나 상위인 A그룹 선수들이 하위인 B그룹에 비해 높은 결과를 보였으며 신장에 대한 비율로 살펴보면 그룹 A가 1.80, 그룹 B가 1.34로 역시 그룹 A가 높게 나타났다. 상위그룹이 하위그룹에 비해 상대적으로 높은 곳에서 봉을 다시 잡는 것으로 나타나 기술의 숙련도가 높음을 보여주고 있다.

5. 신체 중심의 수평 속도(X축)

신체 중심의 수평 속도는 좌우 방향의 X축을 기준으로 하여 각 구간에서 신체 중심의 좌우 이동 속도로 나타낼 수 으며, <표 6>과 같다.

각 이벤트에서 그룹 별 신체 중심의 수평 속도(X축)를 살펴보면, 상위 그룹의 E1은 $0.66 \pm 1.13\text{m}$, E2에서는 $-0.68 \pm 1.39\text{m}$, E3에서는 $0.57 \pm 0.64\text{m}$, E4에서는 $-0.52 \pm 0.33\text{m}$, E5에서는 $0.33 \pm 0.65\text{m}$ 의 수평 속도를 보였으며, 하위 그룹에서 E1은 $0.71 \pm 0.75\text{m}$, E2에서는 $-3.73 \pm 1.48\text{m}$, E3에서는 $1.31 \pm 0.85\text{m}$, E4에서는 $0.86 \pm 0.16\text{m}$, E5에서는 $-0.87 \pm 0.63\text{m}$ 의 수평 속도를 보였다. 위의 결과를 보게 되면 상위그룹에 비해 하위그룹에서 수평속도가 다소 크게 나타났다. 철봉운동에는 수평속도가 상대적으로 크게 나타나게 되면 전후 및 수직속도 성분에 영향을 미치게 됨으로 수평속도가 작아야 회전계동작에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 하였다(김상열, 1998). 또한, 이단평행봉에서 내리기 및 다시잡기 기술에서는 수평속도의 변화보다는 수직속도 및 전후속도에 주안점을 두어 높고 긴 체공시간을 확보하는 것이 유리하다고 하였다(조태호 등, 1995). 따라서 위의 결과에서 볼 수 있듯이 상위그룹의 수평속도 성분의 값이 다소 작게 나타난 점은 당연한 결과로 보여진다.

표 6. 신체 중심의 수평 속도(X축)

(단위:m/s)

Event		E1	E2	E3	E4	E5
Group A	A	-0.02	0.77	0.30	-0.90	0.56
	B	0.04	-0.79	0.11	-0.39	0.84
	C	1.96	-2.01	1.30	-0.28	-0.40
	M	0.66	-0.68	0.57	-0.52	0.33
	SD	1.13	1.39	0.64	0.33	0.65
Group B	D	1.49	-2.42	1.01	0.98	-1.58
	E	-0.01	-3.42	2.27	0.68	-0.66
	F	0.66	-5.34	0.66	0.93	-0.38
	M	0.71	-3.73	1.31	0.86	-0.87
	SD	0.75	1.48	0.85	0.16	0.63

6. 신체 중심의 전후 속도(Y축)

표 7. 신체 중심의 전후 속도(Y축)

(단위:m/s)

Trials	Event	E1	E2	E3	E4	E5
	Group A	A	0.78	-4.12	0.17	-0.86
B		0.90	-4.81	0.54	-0.83	1.46
C		0.41	-2.08	0.32	-0.25	0.54
M		0.70	-3.67	0.34	-0.65	0.49
SD		0.26	1.42	0.19	0.34	1.00
Group B	D	1.04	-4.12	0.44	-0.72	0.22
	E	0.65	-3.78	0.44	-1.26	-0.35
	F	1.62	-4.06	0.17	-0.67	0.80
	M	1.10	-3.99	0.35	-0.88	0.22
	SD	0.49	0.18	0.16	0.33	0.58

신체 중심의 전후 속도는 전후 방향의 Y축을 기준으로 하여 각 구간에서 신체 중심의 전후 속도로 나타낼 수 있으며, <표 7>과 같다.

각 이벤트에서 그룹 별 신체 중심의 전후 속도(Y축)를 살펴보면, 상위 그룹의 E1에서는 $0.70 \pm 0.26m$, E2에서는 $-3.67 \pm 1.42m$, E3에서는 $0.34 \pm 0.19m$, E4에서는 $-0.65 \pm 0.34m$, E5에서 $0.49 \pm 1.00m$ 의 전후 속도를 보였다. 또한, 하위 그룹의 E1에서는 $1.10 \pm 0.49m$, E2에서는 $-3.99 \pm 0.18m$, E3에서는 $0.35 \pm 0.16m$, E4에서는 $-0.88 \pm 0.33m$, E5에서는 $0.22 \pm 0.58m$ 의 전후 속도를 보였다. E2와 E4에서 (-)값은 방향이 전환되는 시점에서 속도의 감소를 보여주고 있다. 전후 속도변화는 봉에서 손이 떨어지는 순간(E3)에서 신체가 공중에 투사되는 속도를 조절하기 때문에 빠르다고 해서 반드시 좋은 결과를 가져오는 것은 아니다(김상열, 1998). 위의 결과를 보게 되면 봉에서 손이 떨어지는 시점인 E3에서의 속도가 상위그룹과 하위그룹 모두 다소 작은 값을 보이는 이유가 이 때문인 것으로 보여 진다.

7. 신체 중심의 수직 속도(Z축)

신체 중심의 수직 속도는 수직 방향의 Z축을 기준으로 하여 각 구간에서 신체 중심의 수직 이동 속도로 나타낼 수 으며, <표 8>과 같다.

표 8. 신체 중심의 수직 속도(Z축)

(단위:m/s)

Trials		Event	E1	E2	E3	E4	E5
		A	-0.95	-4.59	3.40	-0.25	-2.63
Group A	B	-0.34	-4.89	3.81	0.29	-1.14	
	C	-2.40	-3.49	2.95	-0.28	-3.49	
	M	-1.23	-4.32	3.39	-0.80	-2.42	
	SD	1.06	0.74	0.43	0.32	1.19	
	D	-3.26	-4.31	3.50	-0.98	-3.07	
Group B	E	-3.02	-4.04	3.53	-0.09	-3.07	
	F	-1.32	-3.38	2.59	-0.25	-2.56	
	M	-2.53	-3.91	3.21	-0.44	-2.90	
	SD	1.06	0.48	0.53	0.47	0.29	

각 이벤트에서 그룹 별 신체 중심의 수직 속도(Z축)를 살펴보면, 상위 그룹의 E1에서는 $-1.23 \pm 1.06m$, E2에서는 $-4.32 \pm 0.74m$, E3에서는 $3.39 \pm 0.43m$, E4에서는 $-0.80 \pm 0.32m$, E5에서는 $-2.42 \pm 1.19m$ 의 수직속도를 보였으며, 하위 그룹의 E1에서는 $-2.53 \pm 1.06m$, E2에서는 $-3.91 \pm 0.48m$, E3에서는 $3.21 \pm 0.53m$, E4에서는 $-0.44 \pm 0.47m$, E5에서는 $-2.90 \pm 0.29m$ 의 수직 속도를 보였다. E1에서는 하위그룹이, E2, E3, E4에서는 상위그룹이, E5에서 하위그룹의 수직속도가 다소 높게 나타났다. 신체 중심 위치가 가장 낮은 시점인 E2에서의 수직속도는 상위그룹이 하위그룹에 비해 다소 크게 나타나고 있으며 또한 붐에서 손이 떨어지는 순간인 E3에서 상위그룹의 수직속도가 다소 크게 나타나고 있다. 이러한 결과는 정유하(1998)의 연구에서도 비슷함을 보여주었는데 E2와 E3에서의 수직속도가 크게 나타남으로 인해 E4에서의 수직높이를 크게 하는 요인으로 작용한다고 주장하였다.

8. 신체 중심의 합성 속도

신체 중심의 합성 속도는 <표 9>에 나타내었다. 먼저 물구나무 서기자세에서 신체 중심이 아래로 하강하기 시작하는 시점인 E1에서의 각 피험자 별 신체 중심의 합성 속도에서 상위권 그룹의 피험자 A는 $2.27m/s$, 피험자 B는 $3.17m/s$, 피험자 C는 $2.86m/s$ 로 평균 $2.77 \pm 0.46m/s$ 였으며, 하위권 그룹의 피험자 D는 $1.01m/s$, 피험자 E는 $1.70m/s$, 피험자 F는 $2.23m/s$ 로 평균 $1.65 \pm 0.61m/s$ 로 나타났다. 신체 중심의 수직 높이가 최저점에 도달하는 순간인 E2에서의 각 피험자 별 신체 중심의 합성 속도는 상위권 그룹의 피험자 A는 $5.99m/s$, 피험자 B는 $5.91m/s$, 피험자 C는 $5.95m/s$ 로 평균 $5.95 \pm 0.04m/s$ 였으며, 하위권 그룹의 피험자 D는 $5.12m/s$, 피험자 E는 $3.89m/s$, 피험자 F는 $4.58m/s$ 로 평균 $4.53 \pm 0.62m/s$ 였으며, 상위권 그룹과 하위권 그룹간에 약 $1.42m/s$ 의 차이를 보였다.

표 9. 신체 중심의 합성 속도

(단위:m/s)

Event		E1	E2	E3	E4	E5
Group A	A	2.27	5.99	3.83	0.74	3.44
	B	3.17	5.91	2.75	0.86	3.61
	C	2.86	5.95	3.41	0.50	3.84
	M	2.77	5.95	3.33	0.70	3.63
	SD	0.46	0.04	0.54	0.18	0.20
Group B	D	1.01	5.12	3.71	0.75	2.40
	E	1.70	3.89	3.48	0.36	3.01
	F	2.23	4.58	2.47	0.29	2.80
	M	1.65	4.53	3.22	0.47	2.74
	SD	0.61	0.62	0.66	0.25	0.31

손이 봉을 놓는 순간인 E3에서는 상위 그룹의 피험자 A가 3.83m/s, 피험자 B가 2.75m/s, 피험자 C가 3.41m/s로 평균 3.33 ± 0.54 m/s를 보였으며, 하위 그룹의 피험자 D는 3.71m/s, 피험자 E는 3.48m/s, 피험자 F는 2.47m/s로 평균 3.22 ± 0.66 m/s를 나타냈다. 체 중심의 높이가 제일 높은 순간인 E4에서의 신체 중심의 합성 속도는 상위 그룹인 피험자 A는 0.74m/s, 피험자 B는 0.86m/s, 피험자 C는 0.50m/s로 평균 0.70 ± 0.18 m/s였으며, 하위 그룹인 피험자 D는 0.75m/s, 피험자 E는 0.36m/s, 피험자 F는 0.29m/s로 평균 0.47 ± 0.25 m/s로 상위 그룹과는 약 0.23m/s의 차이를 보였다.

마지막으로 신체 중심이 최고인 순간에서 다시 봉을 잡는 순간인 E5에서의 신체 중심의 합성 속도는 상위 그룹의 피험자 A가 3.44m/s, 피험자 B가 3.61m/s, 피험자 C가 3.84m/s로 평균 3.63 ± 0.20 m/s를 보였으며, 하위 그룹인 피험자 D는 2.40m/s, 피험자 E는 3.01m/s, 피험자 F는 2.80m/s로 평균 2.74 ± 0.31 m/s를 보였다.

전체국면에서 신체 중심의 위치가 가장 낮은 순간인 E2에서 두 집단 모두 신체 중심의 합성 속도가 가장 빠르게 나타났다. 전체국면에서 상위그룹이 하위그룹에 비해 다소 빠른 합성속도를 보이고 있는데 이는 초기 합성속도(E1)가 높게 나타난 것이 다른 국면에도 영향을 주어 동작을 완결하는데 무리가 없었던 것으로 보여 진다.

V. 결 론

본 연구는 여자 체조 이단 평행봉에서 Yega 동작에 대하여 운동학적 변인을 분석함으로써 경기력 향상에 기초 자료를 제공하는데 목적이 있다. 이를 위해 여자 기계체조 이단평행봉 경기에 출전

한 선수 중 상위에 입상한 우수선수 그룹[A그룹]과 하위에 입상한 비우수선수 그룹[B그룹]의 Yega 동작을 직접 녹화하였으며 DLT(direct linear transformation) 방법을 활용하여 영상을 분석하여 다음과 같은 결론에 도달하였다.

1. Yega 동작 시 상위인 A그룹과 하위인 B그룹 간에 전체 소요시간은 비슷한 결과를 보이고 있었으나 경기력이 우수한 상위 A그룹 선수들이 하위인 B그룹 선수들에 비해 공중기(P3)의 소요시간이 다소 길게 나타나고 있어 보다 여유 있는 체공시간이 경기력에 도움을 주는 것으로 나타났다.
2. Yega 동작 시 좌우 성분(X축)의 이동변위 폭은 각 국면별로 상위인 A그룹이 하위인 B그룹에 비해 다소 작은 변화 폭을 보이고 있어 자세의 흔들림이 작아지고 한 방향으로의 속도를 원활하게 유도하고 있었다. 상하 성분(Z축)의 이동변위는 각 국면별로 상위인 A그룹이 하위인 B그룹에 비해 이동변위의 폭이 크게 형성되고 있어 다이내믹한 자세가 유도되는 것으로 나타나 경기력에 긍정적인 역할을 하는 것으로 나타났다.
3. Yega 동작 시 좌우 성분(X축)의 속도변화는 상위인 A그룹이 하위인 B그룹에 비해 속도변화가 작게 나타나고 있었다. 그러나, 상하(Z축) 속도변화에서는 전반적으로 상위인 A그룹이 하위인 B그룹에 비해 다소 크게 나타나고 있었다. 합성속도의 변화에서는 상위인 A그룹이 하위인 A그룹에 비해 신체중심의 최저점(E2)과 릴리즈(E3)에서 합성속도를 빠르게 형성하고 있었다. 결국, 경기력이 우수한 상위그룹의 경우 좌우속도변화를 작게 형성하고 상하속도 변화를 크게 형성시킴으로써 신체중심의 최저점과 릴리즈 시점의 속도변화를 제어하고 있었다.

이와 같이 상위권에 입상한 선수일수록, 공중기(P3)에서의 소요시간, 수직 높이 등이 큰 것으로 나타나, 보다 좋은 점수를 얻기 위해서는 공중기(P3)에서 보다 긴 체공 시간과 수직 높이를 확보해야만 하는 것으로 판단된다.

참고문헌

- 국제체조연맹(1997). 체점규칙. 서울 : 대한체조협회
- 권영후(2002). Kwon3d Motion Analysis Package 3.0 User's Reference Manual. An-yang, Korea : V-tek corporation.
- 권운택, 남행웅, 김충태, 이보선, 김동민(1991). 체조, 서울 : 명진당
- 김상열(1998). 철봉운동 몸펴 드가체프 동작의 운동학적 분석. 한국체육대학교 대학원 석사학위논문.
- 김혜영(1996). 이단평행봉과 철봉에서의 드가체프(Tkatchev)동작분석. 단국대학교 대학원 석사학위논문.
- 안세옥, 김상국(1997). 여자기계체조 이단평행봉 구성과 난도에 관한 비교분석. 경희대체육과학논총,

10, pp. 121-132.

- 이계산, 김성호, 김의환, 성낙준, 이정현(1988). 이단평행봉 운동에서 드가체프(TKATCHEV) 동작의 kinematic 분석. 스포츠과학연구원보고서.
- 이보선, 박순호, 이필영, 최정현(2001). 여자체조 이단평행봉 연기에 대한 분석. 용인대학교 체육대학원 체육과학연구논총, 11(1), pp.83-97.
- 이순례(1991). 이단평행봉 운동 중 윗봉에서 앞으로 흔들어 뒤로 달리벌려 날아 아랫봉 물구나무서기 동작의 운동학적 분석. 경희대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 이용식, 이정식(1995). 평행봉의 뒤공중돌아 물구나무서기 동작분석. 한국체육학회지, 34(3), pp.354-362.
- 정유하(1998). 이단평행봉 몸펴 2회전 뒤공중돌아 내리기 동작의 운동학적요인 비교 분석. 한국체육대학교 대학원 석사학위논문.
- 조태호, 주영삼(1995). 이단평행봉 뒤 공중돌아 내리기 동작의 운동학적 분석. 경희대체육학논문집, 23, pp. 317-331.
- 최인애(1992). 이단평행봉 Ginger-Salto 동작의 운동역학적 분석. 세종대학교 대학원 박사학위논문.
- Abdel-Aziz, Y. I & Kaararah, M(1971). Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry. In Proceedings of the ASP/UI Symposium on Close Range Photogrammetry. Falls church, VA : American Society of Photogrammetry. pp. 1-18.
- Bruggemann Gert-Perter, Cheetham, Phillip J, Alp, Yilmaz, & Arampatais, Diamantis(1994). Approach to a biomechanics profile of dismount and release-release-regrasp skills of the high bar. Journal of applied biomechanics, pp. 291-312.
- Kerwin, Davis G, Yeadon, Maurice R, & Harwood, M. J.(1993). High bar release in triple somersault dismount. Journal of Applied Biomechanics, 9, pp. 279-280.
- Plagenhoef, S.C., Evans, F. G., & Abdelnour, T.(1983). Anatomical data for analyzing human motion. Research Quarterly for Exercise and Sports, 54(2). 169~178.
- Takei, Y.(1992). Blocking and Post flight techniques of Male Gymnastic performing the Compulsory vault at the 1988 Olympic. International Journal of sports biomechanics, 8, pp.87-110.

투 고 일 : 2005. 02. 15

심 사 일 : 2005. 02. 23

심사완료일 : 2005. 02. 28