



한국운동역학회지, 2004, 제14권 2호, pp. 15-26
Korean Journal of Sport Biomechanics
2004, Vol. 14, No. 2, pp. 15-26

평행봉 피터스 동작의 운동학적 분석

윤희중* · 윤창선 · 김태삼(한국체육대학교)

ABSTRACT

The Kinematic Analysis of Peters Motion on Parallel bars

Yoon, Hee-Joong* · Yoon, Chang-Sun · Kim, Tae-Sam
(Korea National Sports University)

H. J. YOON, C. S. YOON, T. S. KIM. The Kinematic Analysis of Peters Motion on Parallel bars. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 14, No. 2, pp. 15-26, 2004. The purpose of this study was to investigate the kinematic variables of peters motion in parallel bars. The subjects were 3 male national gymnasts. For this study, kinematic data were collected using video camera. Coordinate data were low-pass filtered using a fourth-order Butterworth with cutoff frequency of 6Hz. Each valuables analyzed was used to compare kinematic features between the subjects. The conclusions were as follows;

1. For a stable regrasp motion, the subjects appeared to increase horizontal and vertical displacement during the DS phase because it induce a vertical elastic of body and reaction

투 고 일 : 2004년 6월 27일 접수

심 사 일 : 2004년 7월 6일

심사완료일 : 2004년 8월 10일

* Corresponding Author, 교수, 138-763 서울시 송파구 오륜동 88-15 한국체육대학교
연락처: hjiyon@knupe.ac.kr

of bar for the US phase.

2. For a stable hand standing motion of the regrasp, the subjects appeared to maintain the fast vertical and horizontal velocity during the DS phase, but in contrary during the US and Air phase the vertical and horizontal velocity appeared to do decrease.
3. When the arm lean angle and the trunk lean angle maintain a big angle during the DS phase, the subjects appeared to do a stable performance to release in a high position.

KEY WORDS : PARALLEL BARS, PETERS, REGRASP, ARM LEAN ANGLE

I. 서 론

1811년 독일의 얀(Jahn, F. L.)에 의해 고안되어 안마의 예비 연습기계로 사용되었던 평행봉은 1896년 제 1회 아테네 올림픽대회에서부터 정식 종목으로 채택되었으며, 1976년 제 21회 몬트리올 올림픽대회에서부터는 철봉에서 실시하는 기술들이 평행봉에 접목되어 급속히 발전하기 시작하였다. 또한 1978년 일본의 겐모스(Genmos) 선수는 그 동안 철봉운동에서만 실시되었던 Giant Circle to Handstand 동작을 평행봉운동에서 실시하여 새로운 기술개발을 더욱 가속화하였다(이계산, 1987).

2001년에 새롭게 개정된 채점규칙에서의 평행봉운동은 지지기계, 팔 걸치기계, 매달리기계, 합기 · 정지기 · 다리 스윙동작과 외봉 옆에서 오르는계, 그리고 내리기계의 5가지 연기 요소그룹에서 각각 한 가지씩 연기요소를 포함 시켜야하고, 각 요소는 최소한 B 난도 이상의 가치요소를 실시해야 할 뿐만 아니라, 내리기 기술은 최소 C 난도 이상으로 연기를 실시해야 한다(FIG, 2001). 이러한 새로운 채점규칙의 연기요소의 세분화는 다양한 연기구성과 독창성이 있는 새로운 기술개발을 유도하기 위함이라 할 수 있다. 특히 가산점(bonus point) 규정은 최고 1.2점까지 주어지며 D난도는 0.1점, E난도는 0.2점, Super E난도는 0.3점을 부여하고, 연결기술의 가산점은 최고 0.2점까지 부여하도록 제한하였다.

평행봉 기술중 피터스(Peters) 동작은 물구나무서기 자세에서 팔 버티어 내려오면서 앞 스윙을 이용하여 손놓아 외봉에서 물구나무서기를 하는 동작으로 팔 지지기계의 그룹요소로서 D난도 수준으로 0.1점의 가산점을 얻을 수 있고, 외봉 옆에서 오르는 계의 기술로 연결이 용이해 새로운 채점규칙에 매우 적합한 기술이다. 이러한 피터스 동작은 스윙 운동 시 신체의 횡축에 대한 회전속도와 신체중심의 이륙속도를 빠르게 할수록 regrasp 순간, 수직에 가까운 물구나무자세를 유지할 수 있어서 체조경기의 고득점 획득에 유리하게 작용되는 안정성을 돋보이게 한다. 특히 동작 초반의 다운스윙 운동 시 운동학적 요인의 변화는 차 올라 물구나무서기 동작을 수행하는데 결정적 영향을 미치기

때문에 그 중요성이 매우 크다고 할 수 있다(박종훈 등, 2002).

평행봉에 관한 선행연구를 살펴보면, 신갑호, 박종훈(1993)은 앞 공중 두 바퀴 돌아 팔 걸치기 동작의 운동학적 분석을 통하여 공중동작 시 엉덩이, 어깨, 그리고 무릎관절의 굴곡각도가 클수록 회전력 상승에 영향을 미친다고 보고하였고, 김충태, 윤창선, 이연중(1995)은 Moy Piked to Support 동작의 운동학적 분석을 통하여 견관절과 고관절의 굴신 운동의 중요성에 대하여 보고 하였으며, Takei, Dunn, Nohara and Kamimura(1995)은 Felge to Handstand Mount 동작에서 outer grip의 수행은 inner grip 보다 높은 신체중심과 큰 신체각을 성공적으로 이룰 수 있다고 보고하였다. 또한 박종훈 등(2002)은 Basket to Handstand 동작의 운동학적 분석을 통하여 다운스윙 국면 시 하강속도를 빠르게 하고 견관절을 신전시켜 팔과 동체의 회전 거리를 크게, 회전 속도는 빠르게 하는 것이 수직상승 성분의 회전운동을 이롭게 하여 regrasp 시 신체 위치를 높게 한다고 보고하였다. 이와 같이 평행봉 운동의 선행연구가 활발히 진행되고 있지만, 피터스 동작에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 새로운 채점규칙에서의 고득점 획득이 매우 용이한 피터스 동작을 3차원 영상분석에 의한 운동학적 분석을 통하여 각 국면별 운동학적 변인의 차이가 마지막 물구나무서기 동작을 취하기 위해 손을 바꿔 잡는 자세에 어떠한 영향이 미치는가를 규명하여 경기력 향상에 기초 자료로 제공하는데 목적이 있다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구의 대상은 평행봉에서 피터스 동작을 수행할 수 있는 국가대표 기계체조 선수 3명을 선정 하였으며, 이들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 피험자의 신체적 특성

대상자	특 징	신장(cm)	체중(kg)	나이(yrs.)	경력(yrs.)
S1		165	63	25	18
S2		167	63	20	11
S3		160	56	21	11
M±SD		164.0±3.61	60.7±4.04	22.0±2.65	13.3±4.04

2. 실험 장비

이 연구의 동작을 위해 사용된 실험장비는 촬영장비와 분석 장비로 분류되며, 사용 장비는 <표 2>와 같다.

표 2. 실험장비의 특성

	기기명	제품명	제작사
촬영장비	6mm Video camera	Sony	Sony
	Control object	Variable control object	V-TEC
	Video tape	6mm tape	SKC
분석장비	Analysis program Computer	Kwon3D Ver3.1 PentiumIV	VISOL Samsung

3. 실험절차

동작을 촬영하기 위하여 4대의 Sony digital camcorder를 측면에 각각 2대씩 설치한 다음 비디오 카메라의 필드안에 기준척과 피터스 동작이 모두가 들어오도록 카메라의 렌즈를 조절하였다. 이 실험의 촬영에 들어가기 전, 36개의 통제점이 표시된 통제점 틀(높이 300cm, 길이 200cm, 폭 200cm)을 약 2분간 촬영하였으며, 실험에 앞서 실제 실험조건에 익숙해질 수 있도록 충분히 연습을 시킨 후, 본 실험에 들어갔다.

4. 자료처리

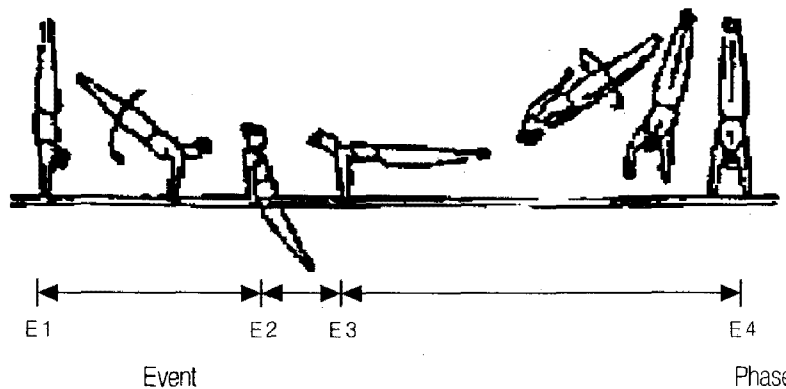
이 연구의 자료처리는 Kwon3D version 3.1 motion analysis of package가 사용되었다. 자료처리 과정은 36개의 통제점을 이용하여 실 공간 좌표가 계산된 후 인체의 3차원 좌표가 얻어졌다. 이때 축 정의는 좌우 방향을 X축, 운동 진행 방향을 Y축, 수직 방향을 Z축으로 정의하였다. 인체의 모델은 총 21개의 관절점에 의한 14개의 신체 분절로 연결된 강체 시스템으로 정의하고, 각 분절의 무게 중심과 전체 무게중심의 위치를 계산하기 위한 인체분절모수치(body segment parameters)는 Plagenhoef(1983)의 자료를 이용하였다.

각각의 카메라로부터 얻은 2차원 좌표는 3차 스플라인 함수를 이용, 0.01초 간격으로 보간하여 동조시켰고, 3차원 좌표는 Abdel-Aziz와 Kararah(1971)가 개발한 DLT(direct linear transformation)방법에 의해 계산되었다. 이때 디지털이징 등과 같은 여러 가지 원인에 의해 노이즈가 발생하는데 이러한 노이즈에 의한 오차 제거를 위해 Butterworth 2차 저역 통과 필터(low-pass filter)를 이용하여 스무딩(smoothing) 하였고, 차단 주파수는 6.0Hz로 설정하였다.

이 연구에서 분석된 사용자 각도 정의는 동작 특성상 고관절각, 견관절각, 주관절각, 팔경사각, 동체경사각을 분석하였으며, 고관절각은 대퇴와 몸통 이루는 각도, 견관절각은 고관절과 어깨선을 잇는 벡터와 상완이 이루는 각도, 주관절각은 전완과 상완이 이루는 각도, 팔경사각은 손 분절과 견관절을 잇는 벡터선과 Y축이 이루는 각도, 동체경사각은 몸통과 Y축이 이루는 각도로 각각 정의하였다.

5. 분석국면

이 연구에서는 4개의 Event와 3개의 Phase로 나누어 분석하였고, 이들의 구분은 <그림 1>과 같다.



- | | |
|---------------------------------------|----------------------------|
| Start : Down swing 직전의 물구나무선 시점(E1) | DS : Down Swing국면(E1-E2) |
| LP : Swing 운동 중 고관절이 최저 위치에 있는 시점(E2) | US : Upward Swing국면(E2-E3) |
| Ref : 평행봉에서 손이 이탈(release)되는 순간(E3) | AF : Air Flight국면(E3-E4) |
| Reg : 손을 바꾸어 다시 평행봉을 잡는 Regeasp순간(E4) | |

그림 1. 전체 동작의 국면구분

Ⅲ. 결과 및 논의

1. 소요 시간

피터스 동작을 실시하는 동안 각 국면별 소요시간을 나타낸 것은 <표 3>와 같다.

표 3. 각 국면별 소요시간

(단위 : sec)

Subject	Phase				Total
	DS	US	AF		
S1	1.18	0.23	0.52		1.93
S2	1.21	0.25	0.47		1.93
S3	1.06	0.22	0.46		1.74
M±SD	1.15±0.08	0.23±0.02	0.48±0.03		1.87±0.11

<표 3>에 나타난 바에 의하면, DS 국면에서는 1.15 ± 0.08 초, US 국면에서는 0.23 ± 0.02 초, AF 국면에서는 0.48 ± 0.03 초로 나타났고, 그에 따른 전체동작의 소요시간은 평균 1.87 ± 0.11 초로 나타났다. 피험자간 소요시간을 살펴보면, S1과 S2가 1.93초로서 길게 나타났고, S3이 1.74초로서 가장 짧은 것으로 나타났다. DS와 US 국면에서는 S2가 1.21초와 0.25초로서 다른 피험자들보다 다소 긴 시간을 나타냈는데, 이는 다운속도를 늦추는 미숙한 스윙운동으로 인하여 US 국면에서 차 올라가는 동작을 충분히 하지 못해 신체가 봉 위로 솟구쳐 오르지 못하는 것으로 생각된다. DS 국면에서 매우 빠른 소요시간을 나타낸 S3의 특성을 보면, DS는 US 국면의 차 올라가는 동작 시 손을 빠르게 이탈시키는 현상을 유발하여 AF 국면에서 충분한 체공시간을 얻지 못하여, 신체가 전방으로 달아나 Regrasp 시 완전한 물구나무서기 동작이 이루어지지 않는 것으로 나타났다. 반면 S1은 AF 국면에서 가장 긴 체공시간을 나타내 안정된 Regrasp 동작을 이루는 것으로 나타났다. 따라서 DS 국면과 US 국면에서의 빠른 손의 이탈은 Regrasp 시 불안정한 위치의 물구나무서기 동작을 유발하는 것으로 나타났다.

2. 위치 변화

피더스 동작을 실시하는 동안 각 단계별 고관절의 위치변화를 나타낸 것은 <표 4>과 같고, 각 국면별 고관절의 이동 변위를 나타낸 것은 <표 4>와 같다.

수평 및 수직 위치 변화를 살펴보면, 스윙 직전 물구나무 단계에서 수평위치는 S1과 S3은 각각 109.5cm와 111.87cm로 비슷하였으나, S2는 86.1cm로 큰 차이를 나타냈고, 수직위치는 S1과 S2가 각각 297.4cm와 294.0cm로 비슷하게 나타났으나, S3은 288.4cm로 약간의 차이를 나타냈다. 고관절이 최저점 위치에 도달된 시점인 LP 단계에서 수직위치는 S1이 165.5cm로 가장 작게 나타나 DS의 진폭을 크게 이루고 있음을 알 수 있으며, 이로 인해 US을 원활하게 하는 것으로 나타났다. 손 이탈 시 수직위치는 S1이 245.4cm로 가장 크게 나타났고, S3은 225.9cm로 가장 작게 나타나면서 S1이 다른 피험자들 보다 동체가 수직방향으로 진행하여, 높은 위치에서 손이 이탈되는 것으로 나타났다. 한편 손 이탈 시 좌측 봉으로부터 좌우의 움직임에 있어서는 S1이 25.3cm로 가장 작게 벗어났고, S3이 32.8cm로 가장 크게 벗어나는 결과를 나타냈다. 또한 Regrasp 시 Start 순간과의 수직높이를 비교할 때 S1과 S3은 각각 2.1cm와 1.2cm씩 약간 높은 자세를 보인 반면에 S2는 3.2cm정도 낮은 자세

에서 Regrasp을 하는 것으로 나타났다. 좌우의 움직임 변화에 있어서도 S1은 8.9cm, S2는 0.2cm, S3는 11.4cm를 각각 나타내면서 S2가 Start 순간보다 다소 많이 벗어나는 것으로 나타났다. 그에 따른 수평변화에 있어서도 각각 21.8cm, 29.5cm, 21.4cm를 나타내면서 S1과 S3보다 S2가 가장 큰 움직임 변화를 보이면서 동작을 수행하는 것으로 나타났다.

표 4. 각 단계별 고관절의 위치변화 (단위 : cm)

Subject	Event Axis	Start	LP	Rel	Reg
	Y	109.7	113.4	144.2	131.5
	Z	297.3	165.5	245.4	299.4
S2	X	37.2	41.0	28.9	0.2
	Y	86.0	78.0	126.5	115.5
	Z	293.9	180.7	234.4	290.7
S3	X	33.1	34.7	32.8	11.4
	Y	111.8	106.4	145.5	133.2
	Z	288.4	173.6	225.9	289.6
M±SD	X	36.0±2.50	33.0±9.02	29.0±3.74	6.8±5.92
	Y	102.6±14.33	99.3±18.73	138.8±10.61	126.8±9.75
	Z	293.3±4.52	173.3±7.62	235.3±9.75	293.3±5.34

이러한 이동변위는 <표 5>에 나타난 것과 같이 수평변위에 있어서는 US국면에서 39.5±8.86cm로 피험자 간에 많은 편차를 보이면서 움직이는 것으로 나타났고, 수직변위에 있어서는 DS 국면과 US 국면에서 각각 -119.9±10.31cm와 62.0±15.55cm로 피험자 간에 많은 편차를 보이면서 동작을 수행하는 것으로 나타났다. 특히 수평변위보다는 수직변위에서 피험자 간에 많은 편차를 나타냈다.

표 5. 각 국면별 고관절의 이동 변위 (단위 : cm)

Subject	Horizontal displacement(ΔY)			Vertical displacement(ΔZ)		
	DS	US	AF	DS	US	AF
S1	3.7	30.8	-12.7	-131.8	79.9	54.0
S2	-8.0	48.5	-11.0	-113.2	53.7	56.3
S3	-5.4	39.1	-12.3	-114.8	52.3	63.7
M±SD	-3.2±6.14	39.5±8.86	-12.0±0.89	-119.9±10.31	62.0±15.55	58.0±5.07

피험자 간에 수평 변위를 살펴보면, DS 국면 시 S1은 3.7cm, S2는 -8.0cm, S3는 -5.4cm를 보이면

서 S1은 처음 자세보다 앞쪽에서 다운스윙이 일어났지만, S2와 S3는 처음 자세보다 후방에서 Down Swing을 하는 것으로 나타났다. US 국면 시 S2는 48.5cm로 가장 크게 나타난 반면 S1은 30.8cm로 가장 작게 나타났다. AF 국면 시 S1은 -12.7cm, S2는 -11.0cm, S3은 -12.3cm로 평균 -12.0 ± 0.89 cm 내에서 공중동작이 이루어지는 것으로 나타났다.

수직 변위에 있어서는 DS 국면 시 S1은 -131.8cm로 가장 큰 Down Swing 움직임을 나타낸 반면 S2는 -113.2cm로 가장 작게 나타났고, US 국면 시 S1은 79.9cm의 높은 위치로 상승시킨 반면 S3은 52.3cm로 가장 낮은 자세에서 Upward Swing 하는 것으로 나타났다. AF 국면 시 S3은 63.7cm로 가장 크게 나타난 반면 S1은 54.0cm로 가장 작게 나타났는데, S2와 S3은 DS 국면에서 작은 폭의 스윙으로 인해 US 국면에서 수평 변위는 크고, 수직변위는 작게 나타나고 있음을 알 수 있다. 특히 S1은 DS 국면에서 큰 폭의 스윙에 의한 LP 단계에서 깊게 처지는 현상을 보여 US 국면에서 수직변위가 크게 나타났는데, 이는 DS 시 큰 수평변위와 수직변위를 확보하는 것이 US 국면의 높은 위치에서 손 이탈동작이 이루어져 안정된 회전동작이 이루어질 수 있다.

3. 속도 변화

<표 6>은 피터스 동작을 실시하는 동안 각 국면별 고관절의 속도 변화를 나타낸 것으로, Y는 수평방향, Z는 수직방향을 나타낸 값이다.

표 6. 고관절의 국면별 속도 변화

(단위 : m/sec)

Subject	Phase		DS	US	AF
	Axis				
S1	Y		1.65	2.01	0.61
	Z		-2.37	5.91	4.81
S2	Y		1.17	2.68	0.87
	Z		-1.45	7.14	5.62
S3	Y		1.53	1.89	1.26
	Z		-1.02	7.26	4.57
M±SD	Y		1.45±0.25	2.19±0.43	0.92±0.33
	Z		-1.61±0.69	6.77±0.75	5.00±0.55

<표 6>에 나타난 각 국면별 수평 및 수직속도 변화를 살펴보면, 수평속도에 있어서는 DS 국면 시 1.45 ± 0.25 m/s, US 국면에서는 2.19 ± 0.43 m/s, AF 국면에서는 0.92 ± 0.33 m/s를 나타내면서 UP국면에서 가장 빠른 속도 변화를 나타냈다. 수직속도에 있어서는 DS 국면 시 -1.61 ± 0.69 m/s, US 국면에서 6.77 ± 0.75 m/s, AF 국면에서는 5.00 ± 0.55 m/s의 속도변화를 나타냈는데, 수평속도가 크게 나타난 피

힘자 일수록 수직속도의 움직임이 다소 작게 나타나는 결과를 나타냈다.

피험자 간의 특성을 살펴보면, DS 국면에서는 S1이 수평속도와 수직속도 변화가 1.65m/s와 -2.37m/s로 가장 빠르게 나타난 나타났고, US 국면의 경우 수평속도는 S2가 2.68m/s, 수직속도는 S3가 7.26m/s로 가장 빠른 속도변화를 나타냈다. 또한 AF 국면의 경우 수평속도는 S3이 1.26m/s, 수직속도는 S2가 5.61m/s로 나타났다. S1은 DS 국면에서 수평 및 수직속도가 빠르게 나타난 반면 US 국면과 AF 국면에서는 수평 및 수직속도가 느리게 나타났는데, 이와 같은 현상은 신체를 수직 방향으로 차 올라가는 동작을 원활히 하기 위해 DS 운동을 빠르게 진행시키는 것으로 보여 지며, US 국면과 AF 국면에서의 느린 수평 및 수직속도는 물구나무를 위해 신체를 곧추세우는 동작을 원활하게 하는 것으로 판단된다.

이와 반대로 S2와 S3은 DS 국면에서 수평 및 수직속도가 느리게 나타난 반면 US 국면과 AF 국면에서는 수평 및 수직속도가 빠르게 나타나는 특성을 보였는데, 이는 <표 5>에 나타난 결과와 같이 고관절의 수직변위가 S1에 비해 S2와 S3이 크게 나타나 신체를 곧추세우는데 불안정한 자세를 취하는 것으로 나타났다.

4. 각도 변화

피터스 동작을 실시하는 동안 각 단계별 고관절각, 견관절각, 팔경사각, 동체경사각의 변화를 나타낸 것은 <표 7>과 같다.

<표 7>에 나타난 주요 관절들의 각도변화를 살펴보면, Start 순간에 있어서는 팔경사각과 동체경사각에 있어서는 89.4 ± 1.47 도와 88.2 ± 1.14 도로 거의 수직에 가까운 상태를 나타냈고, 고관절과 견관절각에 있어서는 각각 186.3 ± 5.01 도와 166.0 ± 2.92 도로 Down Swing을 시작하는 것으로 나타났다. LP 단계에서 고관절각은 169.4 ± 3.88 도, 견관절은 5.1 ± 5.02 도, 팔경사각은 77.3 ± 4.69 도, 동체경사각은 274.4 ± 9.34 도를 나타내면서 고관절에서는 S2가 173.8도로 가장 작은 굴곡 변화를 나타내면서 스윙 동작이 이루어졌고, 견관절, 팔경사각은 S1이 1.0도, 82.3도, 동체경사각에 있어서는 S3이 275.5도로 바와 가장 밀접한 수직 자세를 이루는 것으로 나타났다.

한편 release 단계에서 고관절각은 151.2 ± 6.53 도, 견관절각은 -67.0 ± 7.04 도, 팔경사각은 107.6 ± 6.24 도, 동체경사각은 383.4 ± 6.70 도를 나타내면서 고관절의 경우는 모든 피험자가 LP 단계보다 굴곡변화가 크게 나타났고, 팔경사각에 있어서는 S1이 113.7도로 수직에서 팔이 후방으로 약 23도 뒤로 젖혀진 상태에서 손이 바에서 이탈되는 것으로 나타났다. 견관절에 있어서는 S1과 S2는 유사한 각도를 보인 것과 달리 S3은 -58.8도를 나타내면서 동체경사각도 377.2도로 다소 작은 각도에서 손이 이탈되는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 <표 5>에서 나타난 결과와 같이 수직 상승 높이를 크게 하지 못하는 것으로 나타났다.

표 7. 각 단계별 주요관절의 각도변화

(단위 : deg)

Subject	Event Angle	Start	LP	Rel.	Reg.
S1	RHI	181.2	166.3	157.1	183.4
	RSH	165.1	1.0	-70.9	182.7
	RAL	89.9	82.3	113.7	78.5
	TRU	89.2	283.2	389.4	96.7
S2	RHI	191.2	173.8	152.4	191.5
	RSH	163.7	10.7	-71.1	182.5
	RAL	87.7	72.9	101.3	83.7
	TRU	87.0	264.6	384.7	84.5
S3	RHI	186.6	168.2	144.2	185.0
	RSH	169.3	3.6	-58.8	192.3
	RAL	90.5	76.7	107.9	84.8
	TRU	88.6	275.5	377.2	102.4
M±SD	RHI	186.3±5.01	169.4±3.88	151.2±6.53	186.6±4.26
	RSH	166.0±2.92	5.1±5.02	-67.0±7.04	185.8±5.63
	RAL	89.4±1.47	77.3±4.69	107.6±6.24	82.3±3.37
	TRU	88.2±1.14	274.4±9.34	383.4±6.70	94.5±9.12

RHI: Right Hip, RSH: Right Shoulder, RAL: Right Arm Lean, TRU: Trunk Lean

Regrasp 단계에서 고관절각은 186.6 ± 4.26 도, 견관절은 185.8 ± 5.63 도, 팔경사각은 82.3 ± 3.37 도, 동체경사각은 94.5 ± 9.12 도를 각각 나타내면서 Start 순간과는 달리 피험자 간에 많은 편차를 나타냈다. Start 순간과의 각도를 비교할 때, 고관절에 있어서는 유사한 자세 각도를 나타냈지만, 견관절과 동체경사각에 있어서는 약 20도와 6도 정도 증가한 것으로 나타났고, 팔경사각은 다른 관절각과 달리 약 7도 정도 작아지는 결과를 나타냈다. 특히 S1의 경우 고관절, 견관절, 동체경사각에서 Start 순간보다 각도가 증가한 것으로 나타났지만, 팔경사각은 오히려 작아진 것으로 나타났다. S2의 경우는 견관절에서 각도가 증가한 것을 보였지만, 팔경사각과 동체경사각에서는 각도가 작아지는 특성을 나타냈다. S3는 고관절과 동체경사각에서 각각 192.3도와 102.4도를 나타내면서 다른 피험자들과 달리 불안정한 Regrasp 자세를 취하는 것으로 나타났다.

이와 같은 결과로 볼 때, S1은 DS 국면 시 고관절각과 견관절각을 작게 하면서 팔경사각과 동체경사각을 크게 하여 LP 단계에서 깊게 처지는 현상을 나타내 US 국면 시 신체가 전방으로 이동되는 것을 억제하였고, release 시 팔경사각을 크게 하여 봉의 반동과 함께 수직상승 운동이 이루어져 신체를 솟구치게 하는 탄력을 얻는 것으로 생각된다. 이와 같은 수직상승 운동은 손 이탈과 Regrasp 국면 시 신체를 물구나무서기 자세에 가까운 높은 위치에서 동작을 수행할 수 있게 하는

것으로 생각된다. 반면 S2와 S3은 DS 국면에서 고관절각과 견관절각은 크고, 팔경사각과 동체경사각은 작게 하여 LP 단계에서 빠른 처짐으로 인해 US 국면 시 손을 빠르게 이탈시켜 신체가 전방으로 이동됨으로서 차 올라가는 동작을 원활하게 하지 못하여 수직 상승운동에 어려움을 겪는 것으로 생각된다.

VI. 결 론

본 연구는 평행봉 피터스 동작 시 각 국면별 운동학적 변인의 차이가 외봉에서 마지막 물구나무서기 동작을 취하기 위해 손을 바꿔 잡는 자세에 어떠한 영향이 미치는가를 규명하는데 있다. 이를 위해 국가대표 기계체조선수 3명을 대상으로 3차원 영상분석을 통하여 운동학적 변인들을 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. DS 국면 시 큰 폭의 수평, 수직변위를 확보하는 것이 US 국면동안 봉의 반동과 함께 신체를 상승시키는 탄력을 유발하여 안정된 Regrasp 동작을 수행하는 것으로 나타났다.
2. Regrasp 시 안정된 물구나무서기를 위해서는 DS 국면에서의 빠른 수평속도와 수직속도를 US 국면까지 유지하면서 AF 국면에서는 수평속도를 감속시켜야 하는 것으로 나타났다.
3. DS 국면 시 팔경사각과 동체경사각을 크게 하는 것은 US 국면에서 신체가 앞으로 나가는 것을 억제함과 동시에 수직변위를 크게 하여 봉의 반동과 함께 신체를 상승시켜 높은 위치에서 Release 가 이루어져 안정된 Regrasp 동작이 이루어지는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 강병의(1997). 평행봉 Hearly 버티기 동작의 3차원 운동학적 요인분석. 한국체육대학교 대학원 석사 학위논문.
- 김충태, 김동민, 박종훈(1999). 평행봉 Morisue piked 동작시 스윙국면의 운동학적 요인이 공중동작에 미치는 영향. 한국체육대학교 논문집, 제 22권, p.52-62.
- 김충태, 윤창선, 이연중(1995). 평행봉 Moy Piked Support 동작의 운동학적 분석. 한국체육대학교 체육과학연구소 논문집, 제 14권, 제 1호, p.215-220

- 권운택, 김충태, 김동민(1988). 체조. 명진당.
- 대한체조협회(2001). 체점규칙. 대한체조협회.
- 이계산(1987). 평행봉 운동에서 몸 굽혀 차오르며 180도 방향 바꾸어 물구나무서기 동작의 Kinematic 분석. 스포츠과학연구소 논문집, 79-123.
- 윤창선(2003). 평행봉 몸 굽혀 2회전 뒤 공중 돌아 내리기 동작의 국면별 운동학적 분석. 한국스포츠리서치.
- 황경숙, 광창수, 조승구, 진성태(1988). 평행봉의 2회전 뒤로 돌아 내리기 동작분석. 한국체육과학연구원 스포츠과학연구소 논문집, p.1061-1113.
- 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. (1997). The code of points for men. Switzerland.
- Gradiner, M. D. (1992). Current issues in Biomechanics. Human Kinetics Publishers.
- Hamill, J., & Knutzen, K. M. (1995). Biomechanical basis of human movement, Williams & Wilkins.
- Hwang, I., Seo, G., & Liu, Z. C. (1990). Takeoff Mechanics of the Doudle Backward Somersault. *International Journal of sport Biomechanics*, 6, 177-186.
- Kwon, Y. H. (2000). KWON3D Motion analysis package version 3.1 User's Reference Manual. VISOL corporation.
- McNitt-Gray, Jill L. (1991). Kinematics and Impulse Charateristics of Drop Landings From Three Heights. *International Journal of sport Biomechanics*, 7, 201-224.
- McNitt-Gray, Jill L., Yokoi, T., & Millward C. (1993). Landing Strategy Adjustments Made by Female Gymnasts in Res pons to Deop Height and Composition. *Journal of Applied Biomechanics*, 12, 237-257.
- Plagenhoef, S.(1971). Patterns of human motion: A cinematographic analysis. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Plagenhoef, S. C., Evans, F. G., & Abdelnour, T. (1983). Anatimical data for analyzing human motion. *Research Quarterly for Exercise and sport* 54(2), 169-178.
- Takei, Y., Dunn, J. H., Nohara, H., & Kamimura, M.(1995). New outer grip technique used by elite gymnasts in performing the felge to handstand mount. *Journal of Applied Biomechanics*, 11, 188-204.