



사범계 체육전공 대학생 물구나무서기 동작의 운동학적 분석

A Kinematics Analysis of Handstand of University Students Majoring in Physical Education

김윤지 · 소재무(건국대학교) · 여홍철*(경희대학교)

Kim, Yoon-Ji · So, Jae-Moo(Konkuk University) · Yeo, Hong-Chul*(Kyung Hee University)

ABSTRACT

Y. J. KIM, J. M. SO, H. C. YEO, A Kinematics Analysis of Handstand of University Students Majoring in Physical Education. Korean Journal of Sports Biomechanics, 2006, Vol. 16, No. 4 pp. 21-30, 2006. The purpose of the study is to search for the possibility of the application of kinematics analysis to physical education at schools and expand its scope of application. This study chose 9 college students majoring in physical education and classified them into type A group who can make the straight, vertical handstand, type B group whose waist is bent, type C group who cannot handstand completely. The center of mass, distance between hand and leg, and the angle and angular velocity of each joint were obtained. The result of this study is this.

1. The time for CM showed 6:4 for A group and 5:5 for B and C groups. The distance between hand and foot in the event 3 was 44% of the height for A group, and 41% for B and C groups. A Group showed the higher CM positional significant difference, it was vertically direction below the hip joint at front. For significant difference of the B Group showed horizontal and vertical velocity of the CM, the highest vertical was obtained in phase 3. The difference of angle of shoulder join in the flexion/extension was showed gradually extension event 2 and the height angular velocity was at phase 3 in the A group.
2. The analysis of the handstand motion revealed that the phase 3, but the maintenance of posture start part the handstand is also very important. Through these results, this study confirmed that the time for phase of the CM, horizontal and vertical positions, velocity, the distance between hands and foot, and the difference of the angle and angular velocity of hip joint and shoulder joint can be set as the variables of analysis. It was also definite cause that the handstand motions of college students majoring in physical education had many difference in performance.

KEYWORDS: GYMNASTICS, HANDSTAND, KINEMATICS, PHYSICAL EDUCATION

I. 서 론

우리나라 체조는 다른 경기 종목과는 달리 지도·보급 과정에 있어서 일반 단체가 관여하지 않고 국가의 교육 시책으로 이루어졌다. 1911년 학교 시행 규칙에 '체조는 보통 체조와 기계체조를 가르침이 가함' 이라 하여 이때부터 기계체조가 학교 교육의 일환으로 채택되어졌으며, 1927년 총독부령 제8호로써 학교 체조 교수요목이 제정되어 교재는 철봉, 횡목(지금의 평행봉)의 운동이나 뛰기, 물구나무서기 및 회전 운동과 같은 교치성을 필요로 하는 전신적 운동이 증강되었다(이대형, 이용인, 권오석 2003). 이것으로 보아 체조는 학교를 통하여 보급되어 왔으며 신체의 조화적 발달을 익히고 성장을 규제, 건강하게 유지하는 수단으로 이용되었다고 볼 수 있다.

현재에도 이러한 측면에서의 중요성을 잃지 않고 7차 교육과정에서는 초등부터 고등학교 체육 수업에 체조활동이 포함되어있다. 특히 고등학교 기계체조 학습 내용에는 뽀름운동, 매트운동, 철봉운동을 지도하도록 되어 있고 매트운동에서 물구나무서기와 손짚고 앞들기로 되어 있다. 그러나 김갑태(2003)가 2001년 교사들의 기계체조 지도 실태 조사를 살펴본 결과 교육과정대로 실시하는 부분은 매트운동이 40%로 가장 많았고 전혀 실시하지 않는 종목은 철봉으로 나타나 이러한 결과를 보았을 때 교사들이 가장 지도를 선호하는 종목은 매트운동임을 알 수 있다. 그에 따른 학생들의 흥미도를 조사해본 결과 뽀름 12%, 철봉 4%, 매트운동이 24%로 매트운동이 가장 높게 나타났으나 학생들의 매트운동 영역별 기능실태를 조사해본 결과는 하지 못했다가 68%, 정확히 했다가 10% 밖에 되지 않아 그 기능이 극히 저조하게 나타났다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 체조동작의 능률적인 효과를 극대화하고 안정성 있게 지도할 수 있도록 과학적인 지도 방법이 필요하다. 또한 초급 수행자들의 오류를 역학적으로 규명해야 할 필요성이 있다.

물구나무서기 동작의 선행연구를 살펴보면, 체조에서 가장 기본임에도 불구하고 최근에도 여러 학자들이 다양한 방법으로 물구나무서기 동작을 연구하고 있다.

최근 국내 선행연구로는 김윤지, 김혜영(1998)이 힘 물구나무서기 동작을 각 관절의 근토크를 분석하여 몸통과 다리분절의 균형적인 힘 배분으로 안정적인 동작을 수행한다고 하였으며, Asseman와 Gahery(2005)는 머리 위치와 시각적인 조건이 밸런스 조절에 미치는 영향에 대하여 연구하였으며, Kerwin와 Trewartha(2001)은 물구나무서기를 유지하기 위한 각 관절에 기여하는 토크가 신체 중심에 크게 공헌한다는 것을 증명하여 신체 중심 변화가 손목 토크에 지배적인 역할을 한다고 하였다. 그러나 선행되어져 있는 연구들은 대부분 전문 선수들 대상으로 진행되어져 있으며 초급 수행자들 대상으로 연구는 미비한 실정이다.

본 연구 목표는 전문 선수들의 경기력 향상과는 달리 운동역학 분야가 학교 체육의 적용가능성을 탐색하고 적용범위를 확대하는 데 있다. 그에 따른 1차적 연구로 교사 자원들의 동작 수행의 특성을 분석하고 문제의 장·단점을 파악과 함께 동작 오류 교정 가능성을 파악해야 할 것이며, 2차적인 연구로는 교사들이 동작의 지도를 효율적으로 지도하기 위한 정량적 기준을 제시하는 것을 도출해 내는 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 K 대학교 사범계 체육학과 대학생을 대상으로 수직으로 곧게 선 물구나무서기 타입 A 그룹 3명과 허리가 휘어지는 타입 B 그룹 3명, 완전히 서지지 않는 타입이 C 그룹 3명으로 총 9명을 대상자로 선정하였다. 이들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 피험자들의 신체적 특성

피험자	신장(cm)	체중(kg)	경력(year)
a 그룹	178.3±0.15	69.3±0.12	5.3±0.21
b 그룹	173.7±0.46	72.3±0.40	2.7±0.15
c 그룹	173.7±0.15	64.7±0.35	1.7±0.06

2. 분석내용 및 실험절차

분석 내용은 신체중심의 소요시간, 위치변화, 속도변화 및 오른쪽과 왼쪽의 고관절과 견관절, 주관절 각도, 그리고 각속도 변화이다. 구체적인 각 정의는 <그림 1>과 같이 고관절각(θ_1)은 대퇴와 몸통이 이루는 각도, 견관절각(θ_2)은 몸통과 상완이 이루는 각도이며 주관절 각(θ_3)은 손과 전완이 이루는 각이다.

본 연구의 대상은 K 대학교 체조 수업 중에 물구나무서기 동작을 30명에게 한번 씩 실시하도록 하여 그 중 왼쪽 발을 앞에 놓고 오른쪽 다리를 치는 다리로 사용하는 대상자와 세 가지 타입의 물구나무서기 동작을 확실하게 하는 학생들만 선정하였다. 이러한 대상자를 선정한 이유는 물구나무서기 동작 중에 가장 오류를 범하는 부분이 물구나무서기를 완전하게 서지 못하는 동작과 물구나무서기를 했으나 중심을 잡지 못하고 그냥 넘어가는 동작을 하여 자칫 상해를 입을 수 있는 동작을 하는 대상자들 중에서 확실한 동작을 취하는 피험자들만 분석하였다.

사용된 비디오카메라는 JVC 디지털 비디오카메라 3대를 사용하여 60Hz의 샘플링 주파수로 피험자의 준비 자세부터 물구나무 서서 내려오는 자세까지 촬영하였다. 한 대의 카메라는 정면에 위치하고 두 대의 카메라는 좌측에 각각 하나씩 설치하여 전체 동작을 촬영할 수 있도록 하였다<그림 2>. 카메라 노출시간은 1/500 sec로 설정하였으며 분석 범위는 피험자가 준비 자세에서 팔을 위로 들어서 내리는 동작부터 물구나무서기 동작이 내려오려는 자세까지로 설정하였다. 통제점 틀은 매트 위에 높이 2m, 폭 1m, 길이 2m로 총 26개의 틀을 설치하였으며 전역좌표계는 좌우 방향을 X축, 전후 방향을 Y축 상하방향을 Z축으로 설정하였다.

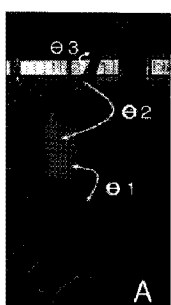


그림 1. 각 정의

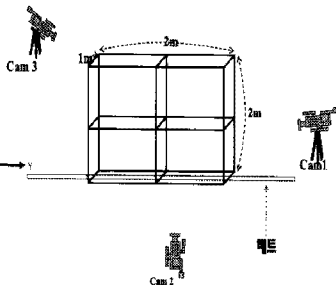


그림 2. 실험 배치도

3. 분석단계 및 국면

물구나무 서기 동작에서 팔을 들어서 내리는 순간부터 물구나무서는 자세까지를 <그림 3>과 같이 5개의 단계와 4개의 국면, 2개의 구간으로 구분하였다.

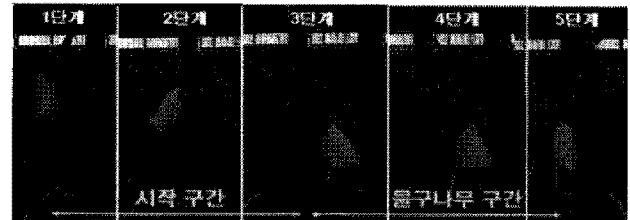


그림 3. 분석 국면

1) 단계

- (1) 1단계 : 팔을 위로 들었다가 내리는 시점.
(arm down - AD)
- (2) 2단계 : 앞다리가 지면에 닿는 시점.
(foot touch-down - FTD)
- (3) 3단계 : 손이 지면에 닿는 시점.
(hands touch-down - HTD)
- (4) 4단계 : 앞다리가 지면에서 떨어지는 시점.
(foot take-open - FTO)
- (5) 5단계 : 완전한 물구나무서기 동작이 되는 시점.
(handstand - HST)

4. 자료처리방법

통제점의 3차원 공간 좌표값은 DLT 방법(Abdel-aziz & Karara, 1971)을 이용하여 산출하였다. 비디오카메라부터 촬영된 기술의 동작과 통제점은 Kwon3D 3.1(Kwon, 2002) 프로그램을 이용하여 디지털화(digitizing) 하였다. 36개의 통제점을 디지털화한 결과 측정오차는 0.46cm를 보였다. 인체의 모델링은 20개의 관절점과 14개의 분절이 서로 연결되어 있는 강체 시스템(linked rigid body system)으로 정의하였다. 각 분절의 무게중심과 전신 무게중심의 위치를 구하기 위한 인체분절지수(body segment parameter)는 Plagenhoef, Evans, Abdelnour(1983)의 자료를 이용하였다. 노이즈를

제거하기 위해 smoothing은 Butterworth 4차 저역통과 필터(low-pass filter)를 사용하였으며 이때 차단주파수는 10Hz로 설정하였다.

III. 결과 및 논의

1. 신체 중심

1) 소요시간

피험자들이 동작을 실시하는 동안 각 국면별 신체 중심의 소요시간은 <표 2>와 같다.

전체 시간은 평균 1.58초이며 1국면에서는 평균 0.37초이며 2와 3국면은 평균 0.47초, 0.08초, 마지막 4국면에서는 평균 0.69초로 나타나 3국면인 오른쪽 다리를 차는 단계에서 제일 작은 시간 간격을 보여주고 있으며 4국면인 물구나무서기 동작에서 가장 긴 시간을 나타내고 있다. 그러나 1국면에서 A그룹은 평균 0.55초로 다른 대상자들 보다 긴 시간을 나타낸 반면 B와 C 그룹은 평균 0.35, 0.20초로 짧은 시간을 나타내고 있다. 2국면에서도 A그룹은 평균 0.45초, B그룹은 평균 0.46초, C그룹은 평균 0.50로 나타나 C그룹이 지면에 손을 짚기 전까지의 시간이 가장 많은 것으로 나타났다.

전체 시간을 100%로 보았을 때 1국면은 A그룹이 30%, B 그룹은 22%, C 그룹 14%를 차지하였다. 2국면에서는 A 그룹이 26%, B 그룹이 28%, C 그룹이 34%이며 제 4국면에서는 A 그룹이 39%, B 그룹이 45%, C 그룹이 46%를 차지하였다. 동작 전체를 손이 지면에 닿는 시작 구간과 물구나무 구간으로 나누어 비교해 보

표 2. 국면별 소요시간 (단위 :sec)

국면 그룹	1	2	3	4	Total Time(sec)
A	0.55±0.09	0.45±0.12	0.08±0.03	0.68±0.17	1.76±0.12
%	(30)	(26)	(5)	(39)	100
B	0.35±0.12	0.46±0.18	0.08±0.02	0.73±0.14	1.62±0.08
%	(22)	(28)	(5)	(45)	100
C	0.20±0.14	0.50±0.10	0.10±0.0	0.67±0.15	1.47±0.04
%	(14)	(34)	(7)	(46)	100
M	0.37	0.47	0.08	0.69	1.58
SD	0.18	0.03	0.00	0.03	0.22

았을 때 A 그룹은 6:4의 비율을 차지하였고 B 그룹은 5:5, C 그룹은 4:6의 비율을 나타내었다.

2) 단계별 신체중심의 수평·수직 위치

각 피험자들의 동작을 실시하는 동안 각 단계별 신체 중심의 수평위치 변화를 나타낸 것은 <표 3>이며, 고관절 위치 변화에 따른 그룹별 신체중심 수평위치 변화의 그래프는 <그림 4>와 같다.

<표 3>에 나타난 바와 같이 A 그룹은 1단계인 팔을 위로 들었다가 내리는 시점에서 2단계인 앞다리가 지면에 닿는 시점까지 신체 중심 수평 위치 변화는 평균 0.29m 이동했으며 B 그룹은 0.22m, C 그룹은 0.10m로 C 그룹이 가장 작은 이동을 보여주었으며, 2단계에서 3단계인 손이 지면에 닿는 지점까지 A, B C 그룹이 각각 평균 0.49m, 0.43m, 0.35m 이동하여 마찬가지로 C 그룹이 가장 작은 수평 위치 변화를 나타내었다. 그러나 3단계와 앞다리가 지면에서 떨어지는 시점인 4단계에서는 A 그룹이 평균 0.1m 이동하였고, B 그룹은 0.09m, C 그룹은 0.12m 이동하는 것으로 나타나 아주 미비한 차이지만 C 그룹이 가장 큰 이동 변화를 나타내고 있다. 마지막 국면인 4단계부터 물구나무서기 동작이 완성되는 시점인 5단계까지의 신체 중심 수평 위치 변화를 보면 A와 B, C 그룹이 각각 평균 0.30m, 0.52m, 0.36m로 나타나 허리가 휘어지는 B 그룹의 수평 위치가 가장 크게 나타났음을 알 수 있다.

표 3. 단계별 신체 중심 수평 위치 (단위 :m)

단계 그룹	1	2	3	4	5	
1	0.41	0.42	0.85	0.99	1.36	
A	2	0.22	0.68	1.11	1.17	1.58
	3	0.01	0.39	1.02	1.12	1.54
M	SD	0.21±0.2	0.50±0.2	0.99±0.1	1.09±0.1	1.49±0.1
1		0.15	0.31	0.60	0.67	1.35
B	2	0.12	0.49	0.78	0.88	1.27
	3	0.04	0.17	0.87	0.98	1.45
M	SD	0.10±0.1	0.32±0.2	0.75±0.1	0.84±0.2	1.36±0.1
1		0.25	0.42	0.86	0.96	1.32
C	2	0.22	0.24	0.50	0.61	0.92
	3	0.12	0.24	0.66	0.73	1.15
M	SD	0.20±0.1	0.30±0.1	0.65±0.2	0.77±0.2	1.13±0.2

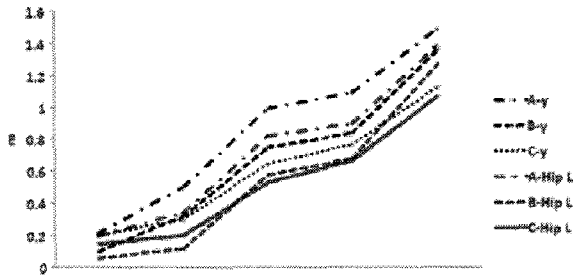


그림 4. 고관절 위치와 단계별 신체 중심 수평 위치

신체 중심의 수평 위치 변화를 시작과 물구나무 서기 두 구간으로 나누어 볼 때 A 그룹은 시작 구간이 평균 0.78m 이동하였고 물구나무서기 구간에서는 평균 0.50m 이동하였으며, B 그룹은 각 구간별 0.65m와 0.61m, C 그룹은 0.45m와 0.48m 로 이동하여 각 그룹 별 차이가 나타났으며 두 구간의 이동 범위를 비율로 비교한 결과 A 그룹은 2 : 1이며, B 와 C 그룹은 1 : 1로 나타났다. 즉, 동작의 정확도를 높이려면 전체 동작 중 물구나무 구간 보다 시작 구간에서 수평 위치 변화를 크게 하는 것이 유리하다는 결과가 나온다. 그것은 시작 구간에서 신체를 길게 뻗은 자세를 유지하면서 동작을 수행할 때 원하는 동작을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

선행연구 Yeadon, Trewatha(2003)는 물구나무 동작에서 수평 수직 위치와 속도가 변화함에 따라 신체 중심이 빠르게 중앙으로 위치한다고 보고하여 고관절 위치와 중심이동 변화를 <그림 4>에 나타내어 살펴본 결과 수평 신체 중심은 고관절 앞에 위치하면서 수평이동과 근접한 위치 변화를 나타내고 있다.

<그림 5>는 단계별 신체 중심과 고관절의 수직 위치를 나타낸 것으로 신체 중심은 점차적으로 손이 지면에 닿는 시점인 3단계까지 하강하다가 다시 상승하는 수

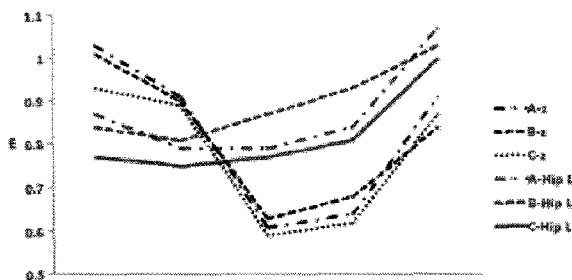


그림 5. 고관절 위치와 단계별 신체 중심 수직 위치

표 4. 단계별 신체 중심 수직 위치 (단위 :m)

그룹	단계	1	2	3	4	5
A	1	0.96	0.95	0.62	0.64	0.91
	2	1.11	0.84	0.60	0.63	0.93
	3	1.03	0.94	0.62	0.66	0.90
M	SD	1.03±0.1	0.91±0.1	0.61±0.0	0.64±0.0	0.9±0.0
B	1	1.02	0.94	0.65	0.68	0.82
	2	1.00	0.80	0.62	0.68	0.84
	3	1.00	0.97	0.63	0.68	0.86
M	SD	1.01±0.0	0.90±0.0	0.63±0.0	0.68±0.0	0.84±0.0
C	1	0.95	0.91	0.68	0.68	0.87
	2	0.96	0.95	0.54	0.58	0.87
	3	0.87	0.80	0.55	0.61	0.86
M	SD	0.93±0.0	0.89±0.1	0.59±0.1	0.62±0.1	0.87±0.0

직 위치 변화를 나타내고 있는 반면 고관절 수직 위치는 점차적으로 상승하는 고관절 위치를 보이고 있다. A 그룹은 1단계의 고관절 위치보다 3과 4단계에서는 미세하게 하강하여 신체 중심의 수직위치와 가장 가까운 그래프 형상을 나타내고 있다.

<표 4>에서의 단계별 신체 중심 수직 위치 변화를 살펴보면 A 그룹은 1단계에서 2단계 시점까지 신체 중심 수직 위치 변화가 평균 0.09m 하강하였으며 B 그룹은 0.11m, C 그룹은 0.04m로 C 그룹이 가장 작은 이동을 보여주었으며, 2단계에서 3단계인 손이 지면에 닿는 지점까지 A 그룹은 평균 0.30m, B 그룹은 평균 0.27m, C 그룹은 평균 0.30m 하강하여 비슷한 수직 이동 변화를 나타내었다. 3과 4단계까지는 모든 그룹이 평균 0.03m 상승하는 수직 변화를 나타냈으며 4부터 5단계까지도 A 그룹이 평균 0.24m, B 그룹은 0.18m, C 그룹은 0.28m로 수직 상승 하였으며 그 중 B 그룹이 가장 작은 수직 상승 변화가 나타났다. 신체 중심의 수직 위치 변화됨은 그다지 많은 차이는 나타나지 않았지만 물구나무서기 자세인 5단계에서는 A와 B, C 그룹 각각 평균 0.90m와 0.84m, 0.87m로 A 그룹이 가장 높게 나타났다.

신체 무게 중심의 수직 위치 변화를 두 구간으로 나누어 볼 때 시작 구간에서 A 그룹은 평균 0.42m, B 그룹은 평균 0.38m, C 그룹은 평균 0.34m으로 하강 이동 하였으며, 물구나무 구간에서는 A, B, C 그룹이 평균 0.29m, 0.21m, 0.28m로 상승 이동 변화를 나타내어

A 그룹은 지면에 손을 닿는 시점까지 가장 많은 하강을 하다가 다시 물구나무 서는 동작까지 수직으로 가장 많이 상승하는 변화를 나타내었고, B 그룹은 물구나무 서는 지점까지 수직 상승이 가장 작은 변화를 C 그룹은 수직 변화가 작게 나타났다.

신체 중심 수평과 수직 위치 변화의 움직임을 조합해 볼 때 A 그룹은 시작 구간에서 신체 중심을 낮추면서 수평 이동 위치를 많이 가도록 한 것은 물구나무서기 동작의 준비 자세를 안정적으로 수행하기 위함이라 할 수 있으며, 물구나무 구간에서는 다리가 지면에서 떨어지는 순간까지는 수평 거리를 짧게 하고 수직 위치를 낮추다가 물구나무 서기 동작에서는 신체 중심점이 다른 수행자들 보다 높게 나타남은 그만큼 신체를 길게 뻗어서 동작을 했다고 볼 수 있다.

3) 단계별 신체중심의 수평 · 수직 속도

각 피험자들의 동작을 실시하는 동안 각 단계별 신체중심의 수평 속도 변화를 나타낸 것은 <표 5>이며 국면별 신체중심 수평 · 수직 속도 변화의 그래프는 <그림 6>과 같다.

<그림 6>에 제시한 그래프를 살펴보면 3국면에서 세 그룹 모두 가장 높은 수평 속도가 증가함을 볼 수 있으며, A 그룹은 1국면에서 평균 0.60m/s에서 시작하여 2국면과 3국면에서는 평균 1.13m/s, 1.20m/s로 속도가 증가함을 나타내었고 4국면에서는 평균 0.62m/s로 감소함을 나타내었다. 그에 반해 B 그룹은 1국면에서 평균 0.48m/s로 시작하여 2국면에서는 평균 1.07m/s, 3국면에서는 평균 1.56m/s로 나타나 신체 중심의 수평 속도가 가장 큰 것으로 나타났다. C 그룹은 1국면에서 평균 0.53m/s로 시작하여 2국면은 평균 0.75m/s, 3국면은 평균 1.13m/s로 세 그룹 중 가장 작은 수평 속도를 나타내고 있다.

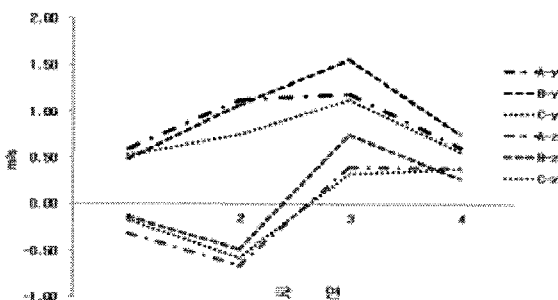


그림 6. 국면별 신체 중심 수평 · 수직 속도

표 5. 단계별 신체 중심 수평 속도 (단위 :%)

그룹 \ 단계	1	2	3	4	5	
A	1	0.10	0.53	1.33	0.87	0.37
	2	0.19	1.29	1.40	1.03	0.17
	3	0.49	1.04	1.30	1.08	0.03
M SD	0.26±0.2	0.95±0.4	1.34±0.1	0.99±0.1	0.19±0.1	
B	1	0.40	0.55	0.95	1.15	0.64
	2	0.45	1.08	1.04	1.04	0.31
	3	0.23	0.68	1.59	1.40	0.45
M SD	0.36±0.1	0.77±0.3	1.19±0.3	1.16±0.2	0.46±0.2	
C	1	0.89	1.03	1.01	0.95	0.03
	2	0.11	0.26	0.96	1.09	0.32
	3	0.2	0.55	1.36	1.16	0.57
M SD	0.40±0.4	0.61±0.4	1.11±0.2	1.06±0.1	0.30±0.3	

<표 5>에 제시한 단계별 신체 중심의 수평 속도를 살펴보면, A 그룹은 1단계에서 평균 0.26%이며, B와 C 그룹은 0.36% 와 0.40% 로 C 그룹이 가장 빠르게 나타났으나 앞 다리가 지면에 닿는 시점인 2단계에서는 A 그룹이 평균 0.95%로 가장 빠르게 나타났다. 3 단계에서도 A 그룹이 평균 1.34%, B와 C 그룹이 각각 1.19% 와 1.11% 로 나타났다. 그러나 다리가 지면에서 떨어지는 시점인 4단계에서는 A 그룹이 0.99%, B와 C 그룹이 1.16%, 1.06% 로 나타나 B 그룹의 신체 중심 수평 속도가 가장 크게 나타났으며 물구나무서기 동작인 5단계에서도 마찬가지로 B 그룹이 0.46%로 수평 속도 변화가 가장 크게 나타났다.

신체 중심 수평 속도 변화는 A 그룹이 3단계인 손이 지면에 닿는 시점에서 가장 빠르게 나타나는 반면 앞다리가 지면에서 떨어지는 시점인 4단계와 물구나무 자세인 5단계에서 B 그룹이 가장 빠른 수평 속도 변화를 보여 주고 있어 허리가 휘어지는 이유가 4와 5단계의 수평 속도가 영향을 미치는 부분이라고 판단되었다.

신체 중심 수평 속도 변화를 두 구간으로 나누어 볼 때 시작 구간에서 A 그룹은 평균 1.08%, B 그룹은 0.83%, C 그룹은 0.71%로 증가함을 보이고 있어 A 그룹이 가장 빠른 이동이 나타났으며, 물구나무 구간에서는 A 와 B, C 그룹이 평균 1.15%, 0.73%, 0.81%로 나타나 A 그룹이 가장 빠르게 감소함을 나타내고 있다.

<그림 6>의 국면별 신체 중심 수직 속도 변화에서는

표 6. 단계별 신체 중심 수직 속도 (단위 :%)

시점 그룹	AD	FTD	HTD	FTO	HST
1	-0.3	-0.4	0.04	0.46	-0.03
A 2	0.44	-1.20	0.33	0.65	0.23
3	-0.01	-0.56	0.43	0.55	-0.28
M SD	0.04±0.4	-0.72±0.4	0.27±0.2	0.55±0.1	-0.03±0.3
1	-0.13	0.7	0.44	0.58	0.19
B 2	0.05	-1.03	0.49	0.62	0.0
3	-0.67	-0.26	0.75	0.72	3.33
M SD	-0.25±0.4	-0.20±0.9	0.56±0.2	0.64±0.1	1.17±1.9
1	-0.5	-0.26	-0.15	0.28	0.12
C 2	-0.1	-0.03	-0.28	0.75	0.04
3	-0.06	-0.48	0.36	0.75	-0.01
M SD	-0.22±0.3	-0.26±0.2	-0.02±0.3	0.59±0.3	0.05±0.1

3국면에서 세 그룹 모두 가장 높은 수직 속도로 증가함을 볼 수 있으며, A 그룹은 1국면부터 4국면까지 평균 -0.32% 에서 -0.66% , 0.40% 로 급상승하여 유지하는 수직 속도를 보여주고 있으나 B 그룹은 1국면에서 평균 -0.14% 와 -0.49% , 0.75% 로 가장 많은 증가를 보이고 있으며 4국면에서는 평균 0.28% 로 나타나 신체 중심의 수직 속도가 가장 크게 나타났다가 감소하였다. C 그룹은 평균 -0.17% 로 시작하여 -0.58% , 0.38% 로 세 그룹 중 가장 작은 수직 속도를 나타내고 있다.

<표 6>에 제시한 신체 중심 수직 속도 변화를 각 단계별로 나타낸 결과 2단계에서 A 그룹은 평균 -0.72% , B와 C는 각각 평균 -0.20% , -0.26% 로 나타나 A 그룹이 최고 수직 속도를 나타내었으나 3단계인 손이 지면에 닿는 시점에서는 B 그룹이 평균 0.56% 로 최고 속도를 나타냈다. 2에서 3단계까지는 A 그룹이 평균 0.99% , B 그룹이 0.76% , C 그룹이 0.28% 으로 A 그룹이 가장 빠른 것으로 나타났다. 반면 3부터 4단계까지의 수직 속도 변화는 A와 B, C 그룹이 평균 0.28% , 0.08% , 0.57% 로 C 그룹이 가장 빠른 수직 속도를 보여 주고 있으며, B 그룹이 4와 5단계에서 평균 0.64% , 1.17% 로 가장 빠른 수직 속도 변화를 보여 주고 있어 동작 오류는 물구나무서기 구간에서 수평과 수직속도가 영향을 미치는 부분이라 볼 수 있다.

표 7. 3 단계 시 거리 요인 (단위:m)

그룹	A	B	C
1	0.83(47%)	0.74(41%)	0.66(38%)
S 2	0.81(45%)	0.62(36%)	0.66(38%)
3	0.73(41%)	0.80(47%)	0.83(48%)
M	0.79(44%)	0.72(41%)	0.72(41%)
SD	0.55(0.28)	0.09(0.53)	0.10(0.60)

4) 거리요인

<표 7>은 3단계인 손이 지면에 닿는 순간에 왼발과 오른손 사이의 거리를 나타낸 것으로 발과 손의 무게 중심점을 구한 다음 수평 변위에서의 거리를 나타낸 것이다. B와 C 그룹은 비슷한 거리를 보이고 있으며 피험자 모두 손과 다리의 거리는 신장의 $\frac{1}{3}$ 을 차지하고 있다. 각 그룹의 A 그룹은 평균 $0.79m$ 이고 B와 C는 평균 $0.72m$ 이며, A 그룹은 신장의 44%를 차지한 반면 B 그룹과 C 그룹은 신장의 41%를 차지하였다.

3. 각도요인

1) 견관절 각도

각 피험자들의 동작을 실시하는 동안 단계별 견관절 각도 변화를 나타낸 것은 <그림 7>과 같다.

물구나무 서기 동작에서 견관절 각도는 매우 중요한 요인으로 작용하고 있으며, 김윤지, 김혜영(1988)은 힘물구나무서기 동작에서 물구나무자세의 전문 선수들은 견관절 각도가 평균 177.5° 로 보고하였고, 정남주(2003)는 평균 172.7° 로 제시하여 본 연구와 차이가 나타났다.

<그림 7>에 나타낸 바와 같이 A그룹은 1단계 자세에서 견관절 각도가 평균 146.4° 로 나타나 B 그룹과 C 그룹의 평균 132.9° 와 88.4° 와는 많은 차이가 나타났으

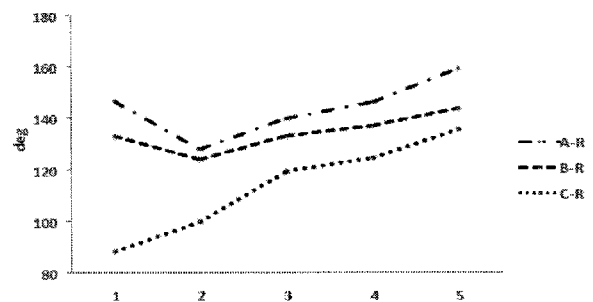


그림 7. 단계별 견관절 각도

며, 2구간에서도 A와 B 그룹은 평균 127°와 123°로 나타났으나 C 그룹은 평균 99.9°로 나타나 이것은 시작 자세에서 팔을 완전히 들어 신체를 신전시키는 중요성을 제시하고 있다. 손이 지면에 닿는 순간인 3구간에서는 A와 B 그룹은 각각 139°와 132°로 나타났으나 C 그룹은 119°로 작은 각도를 보이고 있으며 다리가 지면에서 떨어지는 순간인 4구간에서는 A, B, C 순차적으로 각도가 작게 나타났다. 마지막 물구나무 서기 동작에서는 A 그룹이 가장 큰 각도를 보였지만 평균 159°로 나타나 선행연구와 차이가 나타남을 볼 수 있다.

2) 고관절 각도

<그림 8>은 단계별 고관절 각도 변화를 나타낸 것으로 왼쪽 고관절은 그룹간 미세한 차이가 보이는 반면 오른쪽 고관절 각도는 그룹간 차이가 나타났다. 물구나무 서기 동작은 한 쪽 다리를 앞에 놓고 뒤에 있는 다리가 먼저 신전되어지기 때문에 오른쪽과 왼쪽의 고관절 각도가 차이가 난다. 본 연구에서는 왼쪽 다리를 앞에 놓고 오른쪽 다리를 차는 다리로 실시하는 학생들만 대상으로 선정하였기 때문에 오른쪽 고관절 각도는 신전 되는 자세를 유지한 반면 왼쪽 고관절은 3단계까지 굴곡자세를 유지한 후 4단계 지나서부터 신전 되는 고관절 각도를 보이고 있다. A 그룹은 1단계에서 오른쪽과 왼쪽 고관절 각도가 평균 184°와 135°로 나타났으며 B 그룹은 175°와 149°, C 그룹은 172°와 162°로 나타나 A 그룹이 지탱하는 다리가 완전히 신전된 상태를 유지하고 있으며 왼쪽 고관절은 가장 많은 굴곡을 한 것으로 나타났다. 2단계에서는 오른쪽 고관절 각도는 비슷한 양상을 보이고 있으나 왼쪽 고관절 각도는 A 그룹이 평균 107°로 나타나 B와 C 그룹의 평균 116°와

140° 보다는 가장 큰 고관절 각도를 나타내었으며 3과 4단계에서도 왼쪽 고관절 각도가 A 그룹이 가장 크게 나타났다. 5단계인 물구나무자세에서는 A 그룹이 오른쪽과 왼쪽 고관절 각도가 평균 193°와 192°로 나타났으며, B 그룹은 220°와 196°, C 그룹은 177°와 182°로 나타나 B 그룹이 가장 큰 각도를 C 그룹은 가장 작은 각도가 나타났다.

김윤지, 김혜영(1998)과 정남주(2003)는 물구나무서기 동작의 고관절 각도는 평균 177°와 176.1°로 보고하고 있어 초급 수행자들은 엘리트 선수보다 견관절 각을 작게 하고 고관절 각도는 크게 동작을 실시하는 것으로 나타났다.

3) 주관절 각도

<그림 9>는 단계별 주관절 각도 변화를 나타낸 것으로 손이 지면에 닿는 시점인 3단계부터 물구나무 서는 자세인 5단계까지의 주관절 각도를 살펴보았으나 그룹 간에는 큰 차이가 보이지 않았다. 그러나 선행연구에서 Kerwin, Trewartha(2001)는 신체 중심의 변화가 손목 토크에 의하여 지배적인 역할을 한다고 하였으며, Yeadon, Trwartha(2003)도 모든 체조선수들은 손목 조정 방법을 사용한다고 하여 손목관절의 중요성을 제시하였으나 전문 선수들의 벨런스(control) 조절에 영향을 미치는 것으로 보아 초급 수행자들과 비교하여 적용시키기에는 적당하지 않다고 사료된다. 김윤지, 김혜영(1988)은 물구나무 서는 동작에서 주관절 각도가 평균 90°를 유지하고 있으며 정남주(2003)의 연구에서도 평균 92.6°로 나타나 본 연구의 주관절각은 A와 B, C 그룹이 평균 103.9°, 104°, 108°로 나타나 선행연구와 차이가 나타났다.

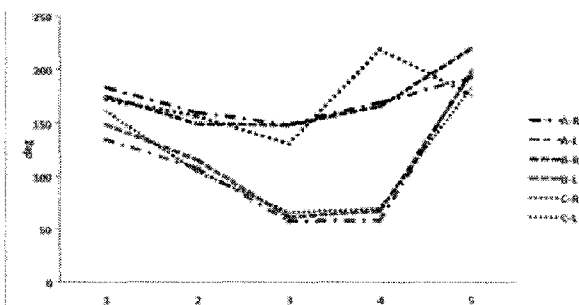


그림 8. 단계별 고관절 각도

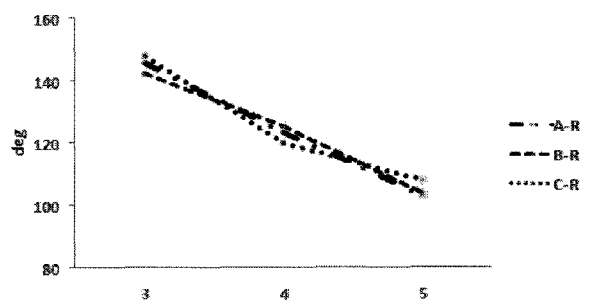


그림 9. 단계별 주관절 각도

4. 각속도 요인

1) 견관절 각속도

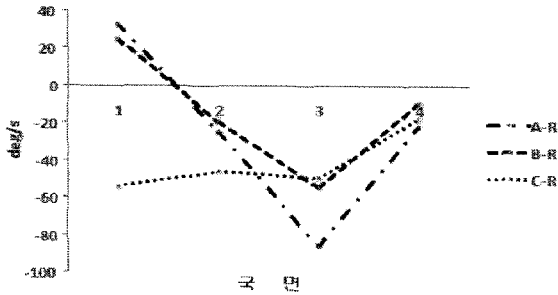


그림 10. 국면별 견관절 각속도

<그림 10>은 국면별 견관절 각속도 변화를 나타낸 그래프로 각 그룹별로 차이가 남을 알 수 있다. 1과 2 국면에서 A와 B 그룹은 평균 33.15 deg/s와 25.08 deg/s, C 그룹은 -53.9 deg/s로 나타나 A와 B 그룹은 증가한 반면 C 그룹은 미세하게 증가하는 각속도를 보이고 있다. 각 그룹별 전체 동작 중 가장 큰 각속도를 나타낸 지점은 3국면인 손이 지면에 닿아서 다리를 차는 단계로 A 그룹은 평균 -86.32 deg/s, B 그룹은 -54.80 deg/s, C 그룹은 -49.35 deg/s로 A 그룹이 가장 큰 각속도를 나타내어 손이 지면에 닿는 시점에서 견관절 각속도를 크게 하는 것이 동작을 수행하는데 유리하다는 것을 나타내고 있다. 또한 마지막 국면인 물구나무서기 동작에서는 A 그룹이 평균 -21.4 deg/s로 견관절 각속도가 64.9 deg/s 만큼 빠르게 증가됨을 볼 수 있으며, B 그룹은 -9.66 deg/s로 45.1 deg/s 만큼 각속도가 증가하였고 C 그룹은 -17.06 deg/s로 32.24 deg/s 만큼 증가함을 나타내어 A 그룹이 3과 4국면에서 가장 빠른 견관절 각속도를 나타내었다.

2) 고관절 각속도

<그림 11>은 국면별 고관절 각속도 변화를 나타낸 그래프로 한 쪽 다리를 앞에 놓고 뒤에 있는 다리가

먼저 신전되어지기 때문에 오른쪽과 왼쪽의 고관절 각속도에 차이가 남을 나타내고 있다. 그룹 간에는 왼쪽과 오른쪽 고관절 모두 미세한 차이가 보이고 있으며 오른쪽 고관절 각속도가 왼쪽 고관절 각속도보다 빠르

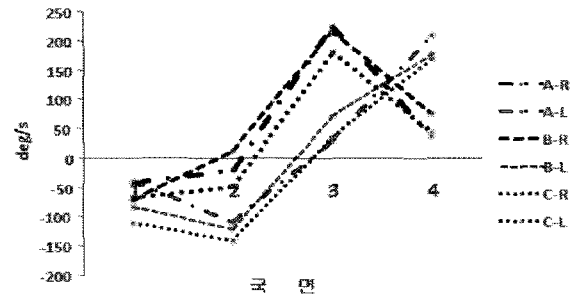


그림 11. 국면별 고관절 각속도 변화

게 나타내고 있다. 1국면에서 A 그룹은 평균 -42.2 deg/s이며 B 그룹은 -70.9 deg/s, C 그룹은 -66.7 deg/s로 나타났으며, 오른쪽 고관절에서 가장 큰 각속도를 나타낸 국면은 3국면으로 손이 지면에 닿아서 다리가 차지는 단계로 나타나 A와 B, C 그룹은 평균 226 deg/s와 216 deg/s, 180deg/s로 A 그룹이 가장 큰 각속도를 나타냈다.

2에서 3국면까지 A 그룹은 244 deg/s 만큼 빠른 각속도를 보여주었으며 B 그룹은 203 deg/s, C 그룹은 227 deg/s로 오른쪽 고관절 각속도를 나타내었다. 반면 왼쪽 고관절의 각속도는 전체 그룹에서 가장 큰 각속도를 나타낸 국면이 2국면부터 꾸준한 증가로 4국면이 가장 크게 나타내었으며 특히 A 그룹은 209.2 deg/s, B 그룹은 179.4 deg/s, C 그룹은 168.8 deg/s 로 나타나 A 그룹이 가장 큰 고관절 각속도를 나타내었다.

IV. 결론 및 제언

1. 결론

예비 교사 자원들을 대상으로 매트 운동에서 물구나무서기 동작을 3차원 영상분석 자료를 이용하여 동작 수행의 특성 분석과 운동역학 분야가 학교 체육의 적용과 범위를 확대할 수 있는 가능성을 파악하는데 얻은 결론은 다음과 같다.

- 1) 신체 중심 소요시간은 A 그룹은 6:4, B와 C 그룹은 5:5의 비율을 나타내었고, 3단계인 손과 다리의 거리는 A 그룹이 신장의 44%, B와 C 그룹은 41%를 차지하였다. 신체 중심 수평과 수직 위치

변화에서는 고관절 전면 수직 하위에 위치하고 있으며 A 그룹이 가장 큰 위치 변화를 나타내었고 단계별 신체 중심의 수평과 수직 속도 변화는 3국면에서 가장 큰 속도를 나타냈으며 B 그룹이 다른 그룹에 비해 가장 큰 수평과 수직 속도를 나타내었다.

- 2) 각도와 각속도는 2단계에서 굴곡 되다가 점차적으로 신전되는 각도를 보이는 반면 각속도는 3국면에서 가장 큰 각속도를 나타냈으며 A 그룹이 가장 큰 것으로 나타났다. 오른쪽 고관절 각도는 신전 되는 자세를 유지한 반면 왼쪽 고관절은 3 단계까지 굴곡자세를 유지한 후 4단계 지나서부터 신전 되는 각도를 나타내었으며 왼쪽과 오른쪽 고관절은 그룹간에 차이가 나타났다.
- 3) 물구나무서기 동작 분석에는 손을 짚고 다리를 차는 국면이 가장 중요한 부분으로 나타났으나 동작 오류에 영향을 미치는 것은 물구나무서기 동작을 실시하기 전의 자세 유지라도 중요한 요인이라고 판단된다.
- 4) 운동학적 방법에 의한 신체 중심의 국면별 소요 시간, 수평 수직 위치와 속도 변화 그리고 손이 지면에 닿는 시점에서 손과 발의 거리와 고관절, 견관절의 각도, 각속도 변화 요인은 분석변인으로 설정할 수 있음을 확인하였다.

2. 제언

체육 전공 대학생들의 물구나무서기 동작은 많은 퍼포먼스에 차이가 있음을 확인하였으며 추후 연구는 분석변인의 문제를 안고 있는 대상자들의 교정과 지도를 통하여 교정의 발전 정도를 확인하려고 한다.

참 고 문 헌

- 김갑태 (2003). 기계체조의 장애요인 제거를 위한 단계적이고 체계적인 지도방법(뽀들, 매트, 철봉 중심). 학교체육연구논문집, 대한체육회.
- 김윤지, 김혜영(1998). 체조 평행봉에서 힘 물구나무서기 (Press handstand) 동작에 관한 운동 역학적 분석. 한국체육학회지, 제37권, 제3호, 319-327.
- 정남주 (2003). 마루운동의 힘 물구나무서기 동작에 대한 운동학적 분석. 한국스포츠리서치, 제14권, 제5호, 1417-1428.
- Asseman, F., Cahery, Y. (2005). Effect of head position and visual condition on balance control in inverted stance. *Neurosci Lett.* 28;375(2):134-137.
- Blajer, W., Czaolicki, A. (2001). Modeling and inverse simulation of somersaults on the trampoline, *J Biomech.* Dec;34(12):1619-29.
- Bradshaw, E. J., Le Rossignol, P. (2004). Anthropometric and inverse simulation of somersaults on the trampoline. *J Biomech.* Dec;31(12):1619-1629.
- Kerwin, D. G., Trewartha, G. (2001). Strategies for maintaining a handstand in the anterior-poster direction. *Med Sci Sports Exerc.* Jul;33(7);1182-1188.
- King, M. A., Yeadon. M. R. (2003). Coping with perturbations to a layout somersault in tumbling. *J Buomech.* Jul;36(7):921-927.
- King, M. A., Yeadon. M. R. (2004). Maximsing somersault rotation in tumbling. *J Biomech.* Apr;37(4):471-477.
- Yeadon, M. R., Terwartha, G. (2003). Control strategy for a hand balance. *Motor Control.* Oct:7(4)411-30.
- Taei, Y., Dunn, J. H. (1966). A comparison of techniques used by elite gymnasts in performing the basket-to-handstand mount. *Journal Sports Science*, 14(3);269-279.

투 고 일 : 2006. 10. 30
 심 사 일 : 2006. 11. 10
 심사완료일 : 2006. 12. 20