



유도 공중회전낙법의 COG변인 분석 A COG Variable Analysis of Air-rolling-breakfall in Judo

김의환* · 정재욱 · 김성섭(용인대학교)
Kim, Eui-Hwan* · Chung, Chae-Wook · Kim, Sung-Sup(Yong In University)

ABSTRACT

E. H. KIM, C. W. CHUNG, S. S. KIM, A COG Variable Analysis of Air-rolling-breakfall in Judo. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 15, No. 3, pp.117-132, 2005. It was to study a following research of "A Kinematic Analysis of Air-rolling-breakfall in Judo". The purpose of this study was to analyze the Center of Gravity(COG) variables when performing Air-rolling-breakfall motion, while passing forward over(PFO) to the vertical-hurdles(2m height, take off board 1m height) in judo. Subjects were four males of Y. University squad, who were trainees of the demonstration exhibition team, representatives of national level judoists and were filmed by four S-VHS 16mm video cameras(60fields/sec.) through the three dimensional film analysis methods. COG variable were anterior-posterior directional COG and linear velocity of COG, vertical directional COG and linear velocity of COG. The data collections of this study were digitized by KWON3D program computed. The data were standardized using cubic spline interpolation based by calculating the mean values and the standard deviation calculated for each variables. When performing the Air-rolling-breakfall, from the data analysis and discussions, the conclusions were as follows :

1. Anterior-posterior directional COG(APD-COG) when performing Air-rolling-breakfall motion, while PFO over to the vertical-hurdles(2m height) in judo. The range of APD-COG by forward was 0.31~0.41m in take-off position(event 1), 1.20~1.33m in the air-top position(event 2), 2.12~2.30m in the touch-down position(event 3), gradually and 2.14~2.32m in safety breakfall position(event 4), respectively.
2. The linear velocity of APD-COG was 1.03~2.14m/sec. in take-off position(event 1), 1.97~2.22m/sec. gradually in the air-top position(event 2), 1.05~1.32m/sec. in the touch-down position (event 3), gradual decrease and 0.91~1.23m/sec. in the safety breakfall position(event 4), respectively.
3. The vertical directional COG(VD-COG) when performing Air-rolling-breakfall motion, while PFO to the vertical-hurdles(2m height) in judo. The range of VD-COG toward upward from mat was 1.35~1.46m in take-off position(event 1), the highest 2.07~2.23m in the air-top position(event 2), and after rapid decrease 0.3~0.58m in the touch-down position(event 3), gradual decrease 0.22~0.50m in safety breakfall position(event 4), respectively.
4. The linear velocity of VD-COG was 1.60~1.87m/sec. in take-off position(event 1), 0.03~0.08m/sec. gradually in the air-top position(event 2), -4.37~ -4.76m/sec. gradual decrease in the touch-down position(event 3), gradual decrease and -4.40~ -4.77m/sec. in safety breakfall position(event 4), respectively.

When performing Air-rolling-breakfall showed parabolic movement from take-off position to air-top position, and after showed vertical fall movement from air-top position to safety breakfall. In conclusion, Ukemi(breakfall) is safety fall method. Therefore, actions need for performing safety fall movement, that decrease and minimize shock and impact during Air-rolling-breakfall from take-off board action to air-top position must be maximize of angular momentum, and after must be minimize in touch-down position and safety breakfall position.

KEYWORDS : JUDO, COG, AIR-ROLLING-BREAKFALL(UKEMI), 3-D FILM ANALYSIS

I. 서 론

1. 연구의 목적과 필요성

인간은 누구나 새로운 환경에 대해 신체를 안전하게 보호하려는 본능을 가지고 있다. 즉 무더위나 혹한일 때 인체의 생리적 메카니즘과 적응을 통하여 신체를 안전하게 가지려는 생리적 본능을 가지고 있으며, 동시에 공간상·시간상의 물리적 운동 상태에서도 안전을 취하려는 물리적 본능을 가지고 있다. 이러한 본능의 특성으로 인해 인간은 지속적으로 안전한 생활을 유지할 수 있다. 한편 인간은 눕기, 앉기, 무릎꿇기, 서기 등의 자세에서 정적 안정(static stability)을 필요할 경우도 있고 걷기, 달리기, 뛰기, 던지기, 해엄치기, 기어오르기, 뛰어내리기, 던지기, 치기, 차기, 당기기, 밀기, 받기, 회전하기, 메치기 등의 동적인 상태에서도 안정(dynamic stability)을 취해야 할 경우도 있다. 이러한 안정상태는 신체의 안전능력파도 매우 밀접한 관련이 있는 것이다.

인간의 기본적인 움직임은 걷기, 달리기, 도약 등의 요소들을 갖추고 있는데, 그 중 도약은 손이나 발에 의하여 생성된 내력이 지면에 작용할 때 생성되는 지면반력으로 신체를 공중으로 띄우는 동작이다(Adrian & Cooper, 1989). 이러한 일련의 움직임으로 인해 신체의 重心(center of gravity :COG)을 잃거나, 자신의 몸을 컨트롤하지 못했을 경우 넘어지거나 떨어지기도 하며 상해를 입기도 한다. 특히 도약을 한 직후 신체는 공간 상에서 基底面(base of support :BOS)을 갖지 못한 상태에서 지면에 떨어지거나 넘어지게 되는데, 이러한 상황을 대비하여 유도에서는 특별히 낙법(落法, Ukemi, breakfall)을 강조하고 있다(김의환 등, 2003:297). 모든

格闘技(combative sport) 가운데서 유일하게 기술을 배우기전에 자기 몸을 안전하게 보호하는 방법을 익히는 것이 유도의 특징이라고 할 수 있다.

낙법(落法, Ukemi, falling safe method, breakfall)은 유도의 기초 동작으로 상대방의 메치기에 대하여 자기 몸을 안전하게 유지하는 기능이다. 따라서 메치기 기술을 효과적이고 연속적으로 하기 위해서도 중요한 기능이 된다(대한체육과학대학교 유도학과 교수, 1992).

유도의 구조는 기본동작(기초기술), 대인기술, 대인 응용기술로 구분되는데, 이러한 유도의 기술적인 면에서는 상대를 제압하기보다는 자신의 몸을 컨트롤하고 방어하는데 보다 더 중요한 의미를 부여하고 있다. 따라서 자신의 몸을 컨트롤하기 위해 우선적으로 자세, 맞잡기, 이동법, 기울이기, 지웃기, 몸쓰기, 걸기, 낙법 등의 기본동작을 익혀야 한다. 이 기본동작은 단순히 동작으로만 그치는 것이 아니라, 유도기술의 실제인 메치가 이루어지기 위해 필수적으로 선행되어야 하는 동작이기 때문에 낙법을 포함한 기본동작을 유도의 '기초기술'이라고 한다. 기초기술 중에서 가장 먼저 익혀야 할 동작은 '낙법'이다. 낙법의 필요성은 스포츠현장 뿐 아니라 일상생활에도 다양하게 적용되고 있다. 특히 유도에 있어서는 가장 기본이 되는 기술로써, 낙법을 잘 익혀야 공격과 방어에 자신감을 얻을 수 있고, 동시에 자신의 몸을 안전하게 보호함과 더불어 기술의 향상에 크게 기여할 수 있는 것이다. 이러한 낙법은 안전법(安全法, safety methods)의 일종으로, 자의(自意) 또는 타의(他意)에 의해 넘어질 때 자신의 신체를 안전하게 갖는 방법(김의환, 1998)이며, 상대에 의해 때쳐지거나 스스로 넘어졌을 때 신체에 받는 충격을 보다 적게 하여 신체를 안전하게 보호하는 방법(박태춘, 2001)이

다. 낙법이 갖는 공통점은 자신이 넘어지거나 또는 상대의 기술에 의해 넘어질 때 신체를 안전하게 갖는데 있다. 이러한 낙법의 중요성은 첫째, 어떠한 환경에서도 부상을 당하지 않아야 하며 둘째, 만약 신체의 컨트롤이 불가능한 상황이 되어 부상을 당하더라도 덜 당해야 하는데 있다.

낙법은 넘어지는 방향에 따라 여러 종류가 있는데, 앞 방향이면 전방낙법(前方落法, Mae ukemi, forward breakfall), 뒤 방향이면 후방낙법(後方落法, Ushiro ukemi, rear breakfall), 옆 방향이면 측방낙법(側方落法, Yoko ukemi, side breakfall), 앞으로 굴러 넘어지면 전방회전낙법(前方回轉落法, Mae mawari ukemi, front rolling breakfall), 공중에서 회전하여 넘어(떨어)지면 공중회전낙법(Air rolling breakfall) 등이라 한다.

유도 낙법에 대한 선행연구는 구중천(1986)은 고교·대학선수들을 대상으로 기술별 낙법 시 신체부위가 매트에 닿는 순서에 대하여 보고하였고, 박태춘(2001)은 Y.대학교 유도시범단 6명을 대상으로 하여 후방낙법 시 시간변인, 자세 변인, 중심변인에 대하여, 김지태(2002)는 유도 경력이 2년(2~3단)이상의 유단자 5명을 대상으로 전방낙법 시 시간, 자세, 중심, 거리변인을 분석하여 운동학적 특성을 규명하였다. 또 정재욱(2003)은 Y. 대학 우수 유도시범단 5명을 대상으로 전방회전낙법의 국면별 소요시간, 이벤트 별 자세변인, 중심변인에 대하여 보고하였다. 김의환 등(2003, 2004)은 유도 측방낙법을 단계별로 수행할 때 역학적 변인에 대하여, 그리고 김의환(2004)는 전방에 있는 수직장애물을 통과할 때(뛰어 넘을 때) 적용된 공중회전낙법에 대하여 시간변인, 자세변인 등을 분석 보고하였다.

이처럼 다양한 낙법은 스포츠 및 일상생활 등의 여러 환경에서 활용되는데, 예를 들면, 장애물을 통과 할 때(뛰어넘을 때) 장애물의 형태에 따라 수평장애물일 때에는 전방회전낙법을, 수직장애물일 경우에는 공중회전낙법을 이용하여 신체를 안전하게 보호할 수 있다. 이를 종합해 보면, 낙법은 외부로부터의 충격을 완화하여 신체를 보호하기 위한 안전법(安全法, safety methods)으로, 그 의미가 매우 크기 때문에 현대 스포츠의 과학적 측면에서 효율적인 동작 규명이 필요하다.

따라서 본 연구의 목적은 전방에 있는 수직 장애물

을 통과할 때(뛰어 넘을 때) 적용되는 유도의 공중회전 낙법 동작에 대해 중심이동변위와 선형속도변인을 분석하는데 있다.

2 연구의 범위 및 제한점

이 연구를 수행함에 있어 다음과 같은 연구의 범위와 제한이 있음을 밝혀둔다.

- 1) 전방에 있는 수직 장애물의 높이는 연구 목적에 접근하기 위하여 임의로 발구름 높이 1m, 장애물의 최고높이는 2.0m이상으로 제한하였다.
- 2) 본 연구의 동작 분석 범위는 도움닫기를 제외한 도약국면(take-off phase)에서부터 낙법자세(breakfall phase)까지의 구간으로 제한하였다.
- 3) 신체의 분절을 강체(rigid body)로 가정하였다.
- 4) 피험자의 신장은 제한하지 않았다.
- 5) 낙법의 오른쪽과 왼쪽 방향은 피험자의 선호도에 의하였다.
- 6) 도움닫기 거리는 피험자의 선호도에 의하였으며, 10m 정도였다.
- 7) 실험은 유도매트에서 수행되었으며, 장애물 높이는 0.9m로 제한하였다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 연구대상은 Y. 대학교 유도(OB 1명 포함) 시범단 4명을 대상으로 하였으며, 이들의 신체적 특징은 <표 1> 과 같다.

표 1. 피험자의 신체적 특성

성명	나이	경력	키(cm)	몸무게(kg)	급수(단)
YHY(A)	21	5	172	75	2
SJH(B)	21	3	177	75	2
JTH(C)	27	10	176	70	3
JYD(D)	33	18	177	72	5
M±SD	25.5±5.7	9±6.7	175.5±2.3	73.0±2.4	3.0±1.4

표 2. 실험장비

구 분	명 칭	모 델 명	제 조 회 사
촬영장비	비디오 카메라(4대)	AG-456MP	Panasonic
	통제점 틀	2m × 1m × 1m * 2	V · TEK
	조명기(3대)	575 spot	Kong-il.co
	조 도 계	Spotmeter V	Asahi Pentax
	동조타이머	SYNC- TIMEER	V · TEK
영상분석 및 자료처리	V C R	AG-7350	Panasonic
	컴퓨터	Pentium III	Samsung
	모니터	CDP155	Samsung

2. 실험도구

실험도구는 촬영용과 분석용 기자재로 구분되며 <표 2>와 같다.

3. 실험절차

본 연구에서 수직장애물을 통과할 때(뛰어넘을 때) 공중회전낙법을 촬영하기 위한 실험장비 배치 및 실험 절차는 다음과 같다.

피험자의 복장은 전방에 있는 수직 장애물 통과 시 공중회전낙법 동작에 최대한 지장이 없고, 분석 시 정확한 디지털타이징을 위해서 도복대신 검정색 타이저를 착용시켰으며, 인체 관절에 백색 테이프로 랜드마크 표시를 하였다. 도움닫기 거리는 10m 내외로 피험자가 임의 설정하였고, 전방에 있는 수직 장애물 직전 발구름을 위한 높이는 1m로, 수직 장애물의 높이는 2m로 사람을 장애물로 설치하였다. 4대의 분석용 비디오카메라를 좌표 기준점으로부터 각각 9m 위치에 두었으며, 카메라 높이는 렌즈가 지면에서 0.9m 높이로 하였다. 카메라의 촬영속도는 30f./sec.로서, 광량 측정기로 광량을 측정하여 셔터(shutter factor)스피드와 노출시간(exposure time)을 계산하였다.

촬영준비가 모두 완료된 후, 부상방지와 최대 동작 수행을 위해서 본 실험에 들어가기 전에 충분한 준비운동과 예비 공중회전낙법을 실시하였다. 피험자가 장애물을 통과할시 공중회전낙법 동작 모두를 포함할 수 있

는 범위 내에 24개의 통제점을 표시한 1m X 2m의 Calibration frames 2개를 설치하였다.

본 실험에서는 준비가 완료 된 후 4대의 비디오카메라를 작동시켜 직육면체 통제점 틀을 30초 정도 촬영한 후 제거하였으며, 실험 시작에서부터 종료 시까지의 전 과정이 비디오테잎에 수록되었다.

연구자의 '카메라'라는 신호와 함께 피험자는 수직 장애물을 통과하기 위한 도움닫기가 시작되었으며, 그로부터 2-3초 직후에 공중회전낙법으로 수직 장애물을 안전하게 통과하였다. 실험 중 피로로 인한 에러가 발생하지 않도록 실험 횟수 간에 충분한 휴식을 취하였으며, 연구의 목적에 적합한 동작이 3회 이상 나올 때까지 계속 수행하였다.

본 연구의 구체적인 실험배치도는 그림 1와 같다.

4. 연구 내용

본 연구에서의 공중회전낙법 동작 분석을 위한 4개 이벤트와 3개 국면은 다음 그림 2와 같다.

1) 이벤트(event)

본 연구에 있어서 분석을 위한 이벤트는 4개로 구분하였다.

① 도약자세(take-off position : E1) - 공중에 몸을 띄우기 위해 두발로 발구름 장애물을 지지하는 순간

② 공중 최대 톱 자세(air top position : E2) - 수직 장애물을 통과하기 위해 몸이 최대로 높은 위치 - 공중

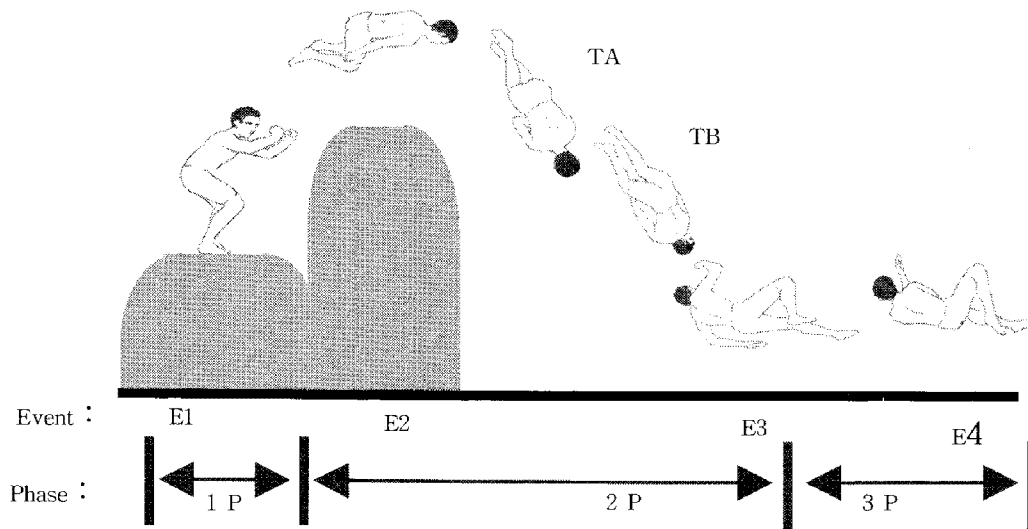


그림 1. 공중회전낙법의 이벤트와 국면

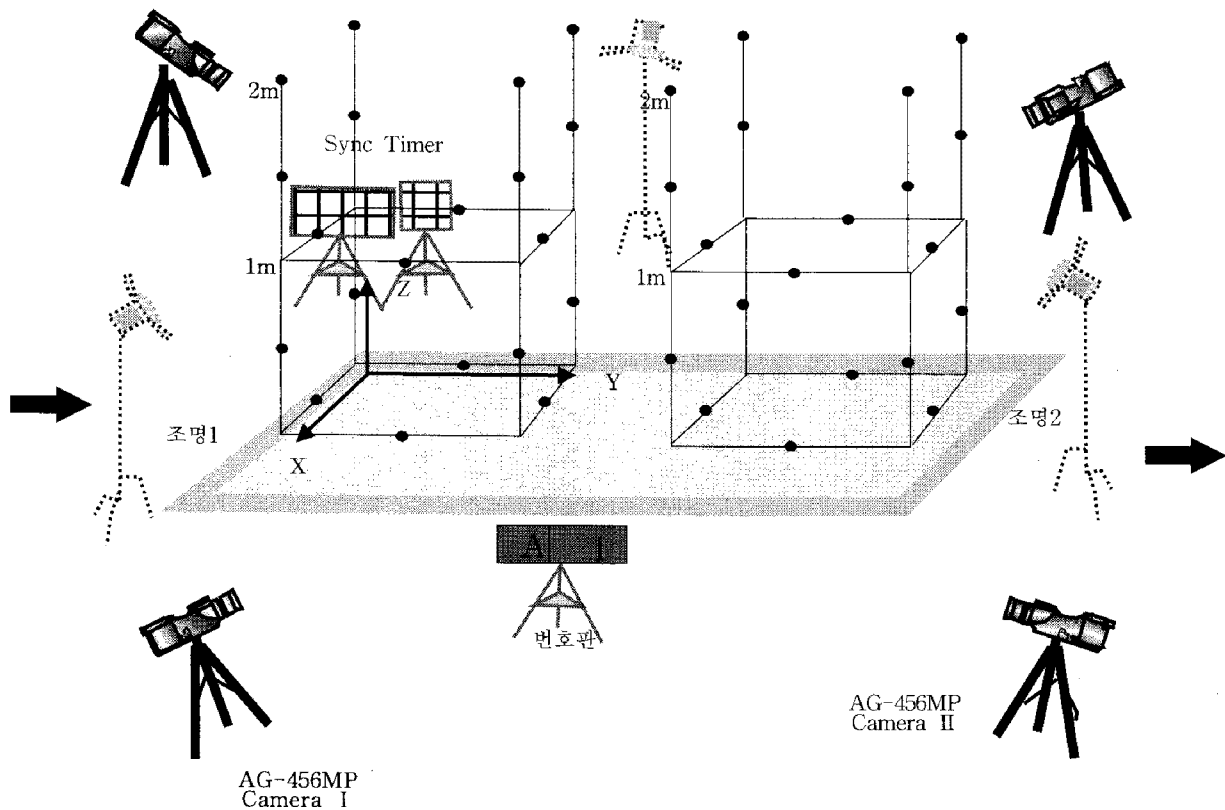


그림 2. 실험배치도

에서 중심이 최고점 -에 도달한 순간

- ▷ 공중동작에서의 변환자세1(transition 1 : TA) - E2이후 머리가 아래쪽 발이 위쪽 방향으로 향한 순간

- ▷ 공중동작에서의 변환자세2 (transition 2 : TB) - TA이후 머리가 아래쪽 발이 위쪽 방향으로 향하면서 몸통이 수직자세 인 순간

- ③ 착지자세(touch down position : E3) - 공중에서

신체의 일부가 매트에 닿는 순간

④ 낙법자세(safety position : E4) - 몸이 매트에 닿은 후 낙법이 완성된 순간

2) 국면(phase)

위의 4개의 이벤트를 3국면으로 구분하였다.

① 1국면(도약국면, take-off phase) : 장애물의 발구름 순간에서부터 공중 톱 자세 직전까지의 구간(E1-E2)

② 2국면(공중국면, air phase) : 공중 톱 자세에서부터 착지자세 직전까지의 구간(E2-E3)

③ 3국면(낙법국면, safety breakfall phase) : 신체가 매트에 닿은 순간부터 낙법이 완성되는 구간(E3-E4)

3) 중심변인

피험자의 분절 I의 무게중심의 좌표 c_i 는 다음의 <공식 1>로 계산하였다.

$$c_i = (1 - p_i) \cdot P_i + p_i \cdot D_i \dots\dots\dots <공식 1>$$

단, p_i = 분절 길이에 대한 근위단으로부터의 무게 중심 거리 비

P_i, D_i = 분절 근위단 및 원위단의 좌표

또, 피험자의 전신 무게중심의 위치 C는 다음의 <공식 3>에 의거하여 계산되었다.

$$C = \frac{\sum(c_i \cdot m_i)}{M} \dots\dots\dots <공식 2>$$

단, m_i = 분절의 질량

M = 전신 질량

도약국면으로부터 낙법 국면별까지의 매트에 닿은 신체부위를 피험자별 실험횟수별 실제 동작을 정밀 관찰하여 분석해 내었다.

5. 자료처리

전방에 있는 수직 장애물을 뛰어넘을 때 적용된 공중회전낙법 동작 중, 연구의 목적에 적합한 각 3회에서 5회를 선정하여 수직 도약을 위한 발구름 자세인 E1에서 낙법완료 E4까지 그림 4의 순서로 디지털이징(digitizing)하였다.

1. R. FINGER
2. R. WRIST
3. R. ELBOW
4. R. SHOULDER
5. L. FINGER
6. L. WRIST
7. L. ELBOW
8. L. SHOULDER
9. R. TOE
10. R. HEEL
11. R. ANKLE
12. R. KNEE
13. R. HIP
14. L. TOE
15. L. HEEL
16. L. ANKLE
17. L. KNEE
18. L. HIP
19. LOWER HEAD
20. UPPER HEAD
21. NOSE

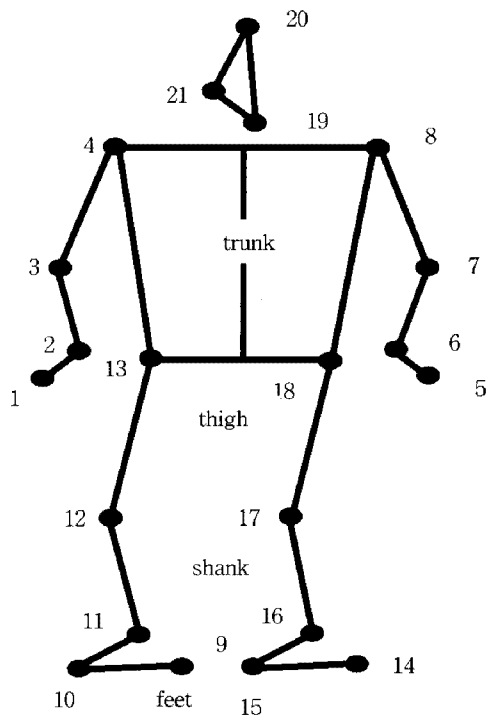


그림 4. 인체 주요 관절표식 및 디지털이징 순서

디지털이징하여 얻은 2차원 좌표를 3차원 좌표를 얻기 위해서 통제점 틀을 활용하여 DLT 계수들을 계산하였으며, 이들 계수와 동조된 2차원 좌표로부터 인체 관절점의 3차원 좌표를 계산하는 방식인 DLT(Abdel-aziz, & Kararh, 1971)방법을 사용하였다. 3차원 좌표에 포함되는 디지털이징의 상황 오차와 확률오차(random error)에 의해 생기는 노이즈(noise)를 제거하기 위해서 Butterworth의 2nd order 저역 통과 필터(low-pass filter)를 사용하여 스무딩(smoothing) 하였으며, 이때 차단주파수(cut-off frequency)는 6.0Hz이었다.

본 연구의 자료 결과 처리는 연구내용에서 정한 이벤트와 국면에 대해 동작 분석변인들의 평균과 표준편차를 구하여 피험자 개인별·집단별 계산하였다.

III. 결과 및 논의

연구는 경력이 2년 이상인 Y.대학교 유도(OB 1명포함) 시범단 4명을 대상으로 전방에 있는 수직장애물을 통과할 때(뛰어넘을 때) 적용된 공중회전낙법 동작의 중심 변인을 분석하는데 그 목적이 있다. 본 연구의 분석 내용인 중심변인의 결과 및 논의는 다음과 같다.

1. 공중회전낙법 동작 시 전·후 중심이동변위와 선형 속도

공중회전낙법의 동작에 대하여 피험자 개인별 중심 변인을 각 이벤트별로 살펴보면 다음과 같다.

(1) 피험자 A의 전·후 중심이동변위와 선형속도
 피험자 A의 전·후 중심이동변위와 선형속도는 <표 3>과 같다.

<표 3>에서와 같이 피험자 A의 전·후중심이동변위와 속도의 이벤트별 결과는 E1(도약자세)에서 31.2cm, 134.1cm/sec², E2(공중최대튕자세)에서 120.2cm, 222.8cm/sec², E3(착지자세)에서 216.7cm, 132.1cm/sec², E4(낙법자세)에서 217.6cm, 111.4cm/sec²로 E2공중최대 튕자세에서 가장 빠른 속도를 나타내 보였다.

피험자 A의 전·후 중심이동변위는 공중회전낙법이 진행함에 따라 전방으로 이동해 나가는 것을 알 수 있다. 그리고 E1에서 E3까지 전방으로 185.5cm 로 이동의 폭이 컸으나 E3에서 E4까지는 전방으로 이동하였으나 이동의 폭이 0.9cm로 적었다. 이동속도는 E1에서 E2까지 증가하였다가 e4까지 감소하는 형태였다.

피험자 A의 전·후 중심이동변위와 속도를 실험시기별로 비교해보면 <그림 5, 6>과 같다.

전·후 중심이동변위는 평균값에서 큰 편차를 나타내지 않았으며, 실험시기별 이동변위가 유사하게 나타났으나 전·후 중심선형속도에서는 3, 4번째 시기가 평균과 다른 편차를 나타내보였다.

전반적으로 피험자 A는 E2에서 전방으로 가장 빠른 중심선형속도를 나타내었고 이후 E3까지는 급격한 감소 현상을 나타내었으나, E4까지는 감소형태를 나타내지 않았다. 이는 공중최대 높은 위치에서 낙하하기 때문인 것과 관련되며, 착지에서부터 낙법의 완성에서는 측방낙법을 통하여 신체의 안전법을 발휘하는 것과 밀접한 관련이 있음을 알 수 있다.

표 3. 피험자 A의 전·후 중심이동변위와 선형속도

(단위: cm, cm/sec²)

피험자 실험시기	E1(도약자세)		E2(공중최대튕자세)		E3(착지자세)		E4(낙법자세)	
	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도
A01	25.0	175.1	128.7	248.8	231.1	71.8	232.2	68.7
A02	25.7	174.5	120.0	227.5	216.2	112.5	218.1	115.7
A03	35.1	57.5	109.5	215.5	195.9	208.7	191.8	78.1
A04	30.3	108.4	127.1	208.2	235.1	171.1	239.3	196.7
A05	39.8	154.9	115.9	214.1	205.0	96.2	206.6	97.6
평균±표준편차	31.2±6.3	134.1±50.7	120.2±8.0	222.8±16.1	216.7±16.7	132.1±56.3	217.6±19.2	111.4±51.0

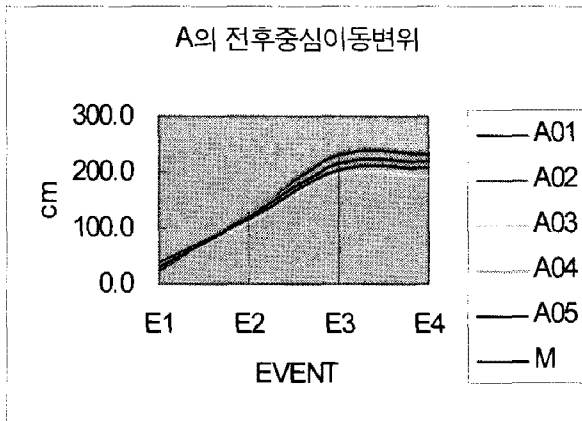


그림 5. A의 전·후 중심이동변위

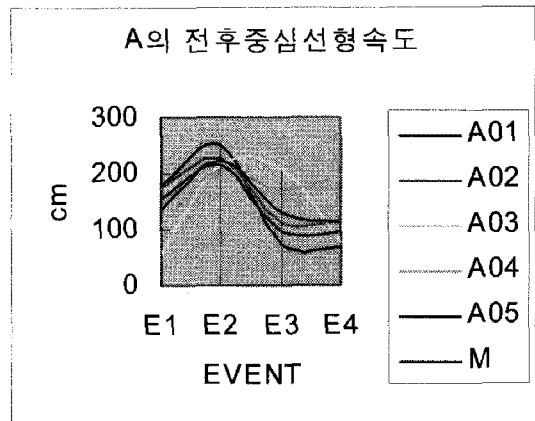


그림 6. A의 전·후 중심선형속도

(2) 피험자 B의 전·후 중심이동변위와 선형속도
 피험자 B의 전·후 중심이동변위와 선형속도는 다음 <표 4>과 같다.

<표 4>에서와 같이 피험자 B의 전후중심이동변위와 속도의 이벤트별 결과는 E1에서 38.4cm, 214.9cm/sec², E2에서 133.9cm, 197.8cm/sec², E3에서 230.0cm, 121.4cm/sec², E4에서 232.0cm, 122.6cm/sec²로 나타났다. 피험자 B의 전·후 중심이동변위는 피험자 A와 마

찬가지로 공중회전낙법이 진행됨에 따라 전방으로 이동해 나가는 것을 알 수 있다. 그리고 E1에서 E3까지 전방으로 191.6cm의 이동 폭이 컸으나 E3에서 E4까지는 전방 방향으로 이동은 하였으나 이동의 폭이 2.0cm로 적었다. 이동속도는 E3에서 가장 빨랐고 E1, E2, E4의 순이었다.

피험자 B의 전·후 중심이동변위와 속도를 실험 시기별로 비교해 보면 <그림 7, 8>과 같다.

표 4. 피험자 B의 전후중심이동변위와 선형속도

피험자 실험시기	E1		E2		E3		E4	
	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도
B01	38.6	224.1	136.8	209.0	234.5	116.3	236.5	118.0
B02	41.3	208.5	133.1	198.0	228.5	126.4	230.6	127.6
B03	35.4	200.4	124.4	176.5	218.8	132.1	221.0	133.1
B04	38.4	226.5	141.1	207.6	238.1	110.8	240.0	111.7
평균±표준편차	38.4±2.4	214.9±12.5	133.9±7.1	197.8±15.0	230.0±8.4	121.4±9.6	232.0±8.3	122.6±9.6

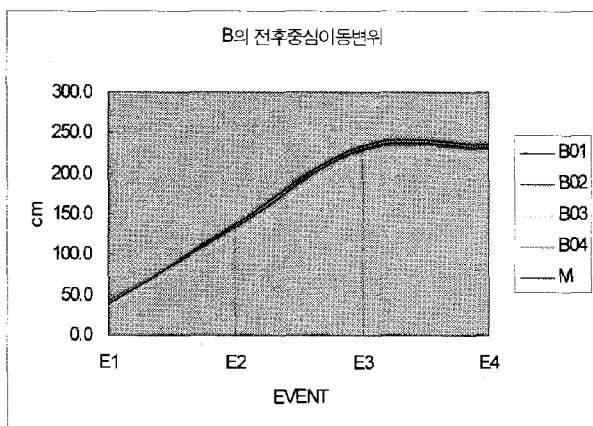


그림 7. B의 전·후 중심이동변위

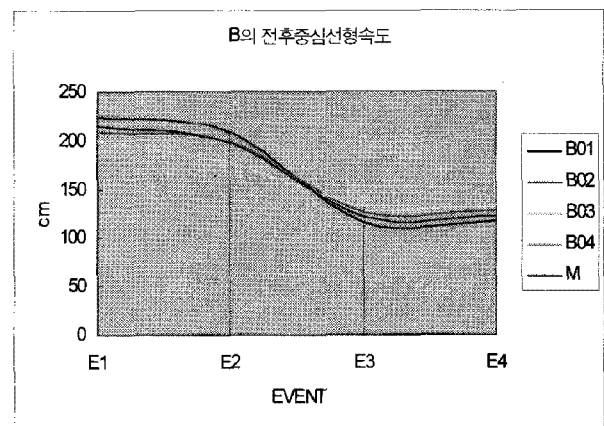


그림 8. B의 전·후 중심선형속도

전·후 중심이동변위는 평균값으로부터 적은 편차를 나타냄으로서, 실험 시기별 이동변위가 유사하게 나타났으며, 전·후 중심선형속도에서도 적은 편차 값을 나타내 보임으로서 전방 선형속도변인이 안정적인 동작을 유지하고 있음을 보여주는 것이라 하겠다. 이와 같은 결과를 종합해 보면, 피험자 B는 전방회전낙법 동작에 익숙해진 것뿐만 아니라 고정된 기술과 동작을 보유하고 있는 상황임을 알 수 있다.

(3) 피험자 C의 전·후 중심이동변위와 선형속도

피험자 C의 전·후 중심이동변위와 선형속도는 다음 <표 5>과 같다.

<표 5>에서 보는 바와 같이 피험자 C의 전후중심이동변위와 속도를 이벤트별로 살펴보면, E1에서 35.7cm, 103.1cm/sec², E2에서 124.1cm, 215.8cm/sec, E3에서

222.9cm, 105.6cm/sec², E4에서 224.9cm, 91.7cm/sec²로 나타냄으로서 피험자 C의 전·후 중심이동변위는 피험자 A, B와 같이 공중회전낙법이 진행함에 따라 전방으로 이동해 나가는 것을 알 수 있다. 한편 E1에서 E3까지 전방으로 187.2cm 로 이동의 폭이 컸으나 E3에서 E4까지는 전방으로 이동하였으나 이동의 폭이 13.9cm 로 적었다. 이동속도는 E2 공중최대톱자세에서 가장 빨랐고 다음은 E3, E1, E4의 순이었다.

이러한 변화는 피험자 A, B와 선형속도면에 있어서 피험자 C는 선형속도의 편차가 많음으로 동작의 불안정함을 나타내는 것과 연관되며, 편차가 많은 선형속도 변화는 낙법동작 수행 시 불안정한 패턴으로 낙법을 수행하고 있음과 관련된다.

피험자 C의 전·후 중심이동변위와 속도를 시기별로 비교해보면 <그림 9, 10>과 같다.

표 5. 피험자 C의 전후중심이동변위와 선형속도

피험자 실험시기	E1		E2		E3		E4	
	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도
C01	37.2	54.2	123.4	219.5	225.1	91.7	224.4	9.0
C02	36.2	70.4	119.9	214.9	211.5	39.4	211.9	4.2
C03	36.6	126.7	125.6	218.5	226.9	127.7	232.7	167.3
C04	34.1	79.3	133.7	229.3	242.3	148.6	244.9	156.4
C05	34.5	184.8	118.0	196.9	208.6	120.4	210.6	121.8
평균±표준편차	35.7±1.4	103.1±53.1	124.1±6.1	215.8±11.8	222.9±13.5	105.6±42.2	224.9±14.4	91.7±79.5

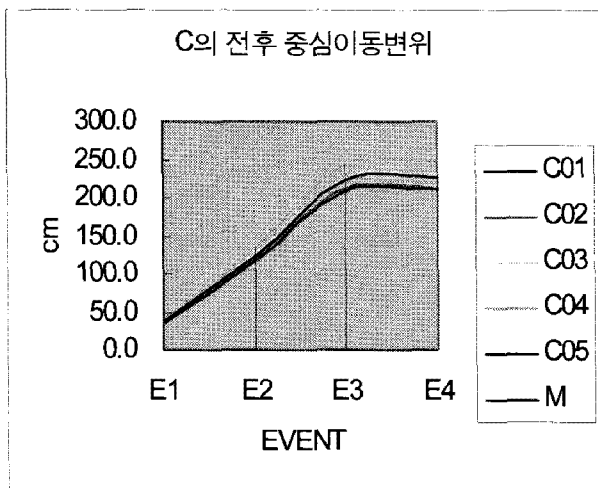


그림 9. C의 전·후 중심이동변위

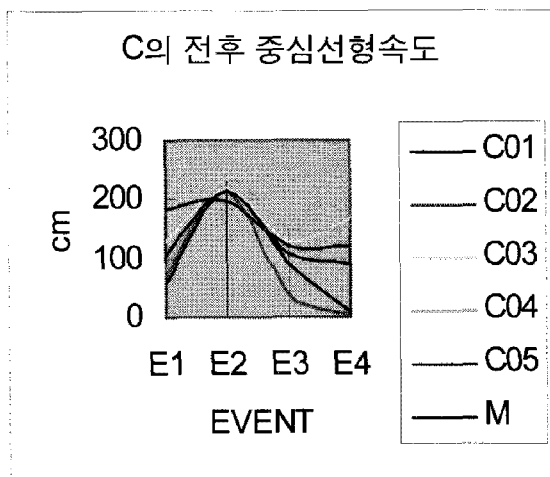


그림 10. C의 전·후 중심선형속도

전·후 중심이동변위는 평균값에서 큰 편차를 나타내지 않은 범위 내에서 그 시기별 이동변위가 유사하게 나타났다. e1에서 e3까지 크게 전방으로 이동한 것을 알 수 있으며, 전·후 중심선형속도는 각각 시기별 동작에서 편차를 나타냄으로서 동작의 불안정함을 보이고 있다. 이와 같은 결과는 선형속도 변화의 패턴에서 피험자 A와 비슷하게 도약자세보다 공중최대튽자세가 더 큰 선형속도를 나타내었으나, 마무리 단계에서는 실험시기마다 고정된 동작보다는 일정한 고정 패턴을 나타내지 못함을 알 수 있다.

(4) 피험자 D의 전·후 중심이동변위와 선형속도

피험자 D의 전·후 중심이동변위와 선형속도는 다음 <표 6>과 같다.

<표 6>에서와 같이 피험자 D의 전후중심이동변위와 속도를 이벤트별로 살펴보면, E1에서 40.7cm, 185.3cm/sec², E2에서 126.0cm, 209.3cm/sec², E3에서 212.1cm,

121.5cm/sec², E4에서 214.2cm, 123.0cm/sec² 를 나타내 보였다.

피험자 D의 전·후 중심이동변위는 피험자 A, B, C와 마찬가지로 공중회전낙법이 진행함에 따라 전방으로 이동해 나가는 것을 알 수 있다. 그리고 E1에서 E3까지 전방으로 171.4cm 로 이동의 폭이 컸으나 E3에서 E4까지의 마무리 단계에서는 전방방향으로 이동하였으나 이동의 폭은 2.1cm로 적었다. 이동속도에 있어서는 E2에서 가장 빨랐고 다음은 E1, E4, E3의 순이었다. 이러한 변화는 피험자 A, C와는 차이가 있으나 피험자 B와는 유사한 패턴을 나타내보였다. 즉, 피험자 B와 D는 초기 도약에서 전방중심 선형속도를 증가 시켜 수직 장애물을 넘기 위한 포물선 운동에 가까운 동작 수행을 이루고 있음을 알 수 있다.

피험자 D의 전·후 중심이동변위와 속도를 시기별로 비교해보면 <그림 11, 12>와 같이,

표 6. 피험자 D의 전후중심이동변위와 선형속도

피험자 실험시기	E1		E2		E3		E4	
	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도
D01	43.9	192.2	130.4	200.0	213.4	137.8	215.7	139.2
D02	39.1	188.4	126.5	226.8	224.6	118.8	226.6	120.3
D03	39.0	175.3	121.2	201.0	198.4	107.8	200.2	109.5
평균±표준편차	40.7±2.8	185.3±8.9	126.0±4.6	209.3±15.2	212.1±13.1	121.5±15.2	214.2±13.3	123.0±15.0

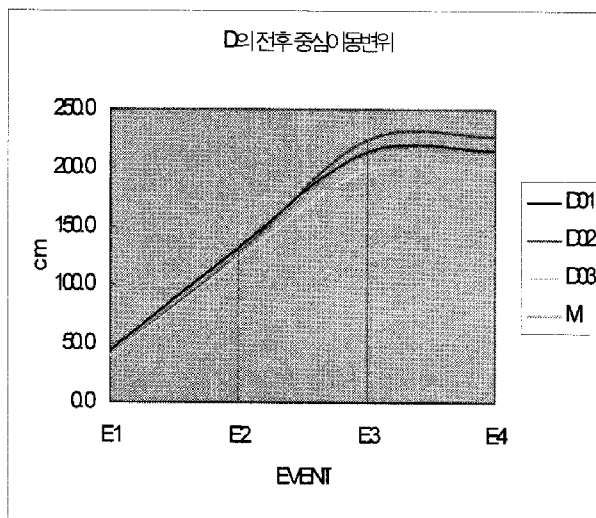


그림 11. D의 전·후 중심이동변위

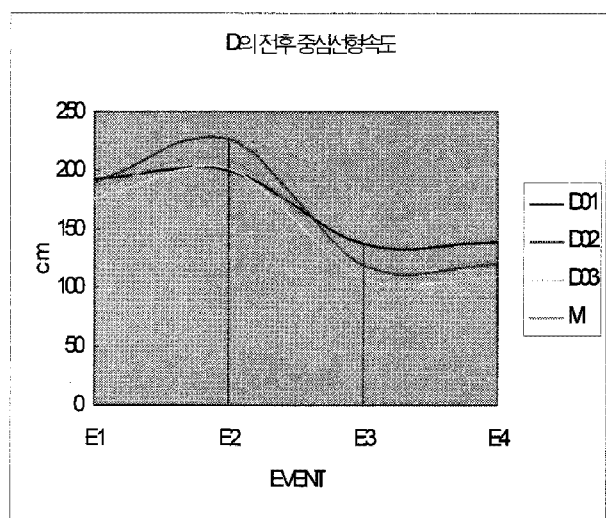


그림 12. D의 전후 중심선형속도

전·후 중심이동변위는 평균값에서 편차가 적었고, 실험 시기별 이동변위도 매우 유사하게 나타났으며, 전·후 중심선형속도에서도 큰 편차 없이 일정한 패턴을 보였다. 이로써 피험자 D는 다년간 훈련에서 얻은 전방회전낙법 동작에 익숙해진 패턴과 안정적인 동작을 소유하고 있음을 말해 준다.

이상의 결과를 종합해 보면, 피험자 B의 경우 도약에서 가장 큰 선형속도를 나타내고 이 후 서서히 감소 패턴을 나타내 보였는데 이러한 동작 수행은 높이가 최대가 되어야하는 e2에서 보다 높이 올라가는 피험자 B가 바람직한 동작수행을 하는 것으로 판단되며 동작 수행 초기 전방 선형속도를 크게 하여 운동량을 크게 하는데도 주요한 역할을 하는 것이다.

피험자 A와 C는 초기 전방 선형속도의 편차가 심하고 크지 않아 공중톱자세를 높이기 미흡하였고, 공중에서도 안정적인 자세를 취하기에 미흡한 자세를 보였으나, 피험자 B와 D는 초기 전방 선형속도를 크게 함으로서 수직장애물을 넘을 때 더욱 높은 장애물을 넘을 수 있도록 유효한 동작을 나타내보였다.

2. 공중회전낙법 동작 시 상·하 중심이동변위와 선형 속도

공중회전낙법 동작의 상·하 중심변인을 각 피험자 개인별·이벤트별로 살펴보면 다음과 같다.

(1) 피험자 A의 상·하 중심이동변위와 선형속도

피험자 A의 개인별·이벤트별 상·하 중심이동변위와 선형속도는 다음 <표 7>과 같다.

<표 7>에서와 같이 피험자 A의 이동변위와 선형속도는 E1 도약자세에서 135.9cm, 170.7cm/sec², E2 공중 최대톱자세에서 207.5cm, 8.6cm/sec², E3 착지자세에서 30.0cm, -476.2cm/sec², E4 낙법자세에서 22.1cm, -477.7 cm/sec²로서 E1에서 E2까지 거리는 71.6cm, E2에서 E4까지 185.4cm를 나타내었는데, 상(上) 위방향의 선형속도는 E1에서 가장 컸고 하(下) 아래방향으로 E4에서 가장 크게 나타내 보였다.

피험자 A의 상·하 중심이동변위와 속도를 실험시기별로 비교해보면 <그림 13, 14>와 같다.

표 7. 피험자 A의 상·하 중심이동변위와 선형속도

(단위: cm, cm/sec²)

피험자 실험시기	E1(도약자세)		E2(공중최대톱자세)		E3(착지자세)		E4(낙법자세)	
	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도
A01	127.6	174.5	203.0	8.8	30.6	-473.2	22.7	-473.2
A02	139.5	169.0	211.2	7.2	36.2	-471.5	28.3	-476.5
A03	139.7	188.3	214.1	11.1	24.1	-513.1	15.5	-517.0
A04	134.4	136.6	197.6	8.3	20.3	-449.7	12.9	-439.2
A05	138.4	185.3	211.6	7.8	39.1	-473.3	31.2	-476.9
평균±표준편차	135.9±5.1	170.7±20.6	207.5±6.9	8.6±1.5	30.0±7.9	-476.2±22.9	22.1±7.9	-477.7±27.5

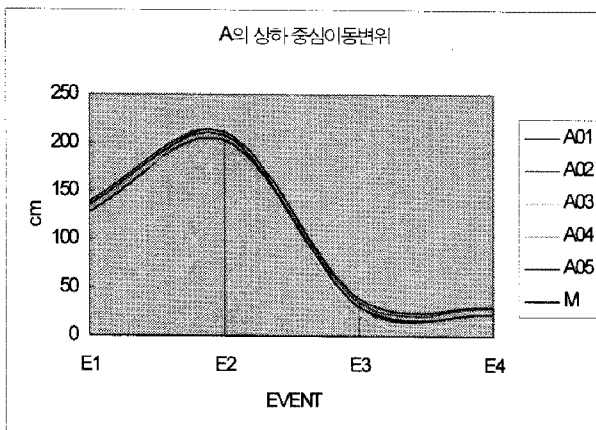


그림 13. A의 상·하 중심이동변위

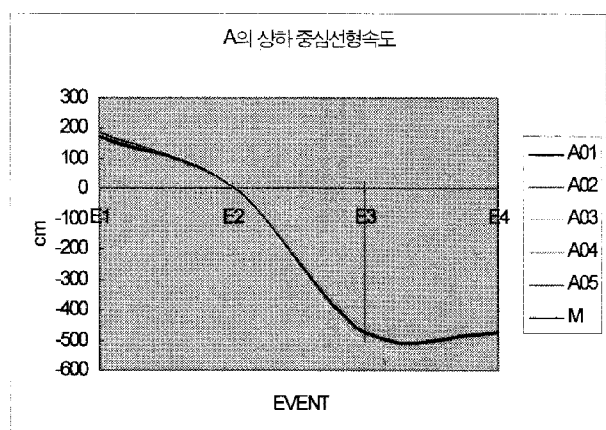


그림 14. A의 상·하 중심선형속도

상·하 중심이동변위는 평균값에서 편차를 나타내지 않았으며, 시기별 이동변위는 매우 유사하면서 일정한 동작 패턴을 나타내었다. 상·하 중심선형속도에서도 마찬가지로 큰 편차 없이 유사한 패턴을 나타내었음을 알 수 있었으며, 특히 낙법이 완성되는 순간인 E3와 E4에서 큰 속도값을 나타내 보임은 충격량이 크다는 것을 알 수 있다. 낙법 할 때 일정한 패턴의 중심이동과 중심이동속도는 피험자가 낙법에 숙련된 상황에서 안정적인 동작을 수행하고 있음을 말해 주는 것이라 하겠다.

(2) 피험자 B의 상·하 중심이동변위와 선형속도

피험자 B의 상·하 중심이동변위와 선형속도는 다음 <표 8>과 같다.

<표 8>에서와 같이 피험자 B는 E1에서 146.3cm, 173.7cm/sec², E2에서 216.1cm, 6.1cm/sec², E3에서 58.0cm, -437.6cm/sec², E4에서 50.7cm, -440.1cm/sec²를

나타내보였으며, 도약자세 E1에서 툽 E2까지 거리는 70.0cm, E2에서 E4까지에는 165.4cm를 나타내었다. 이러한 변화량은 피험자 A와 비교해 보았을 때 E1에서 E2까지 이동변위는 큰 변화가 없었으나 E2와 E4까지에서 이동변위는 20cm 정도 차이로 피험자 A가 더 큰 이동변위를 나타내었는데, 이는 비슷한 운동량을 가진 두 피험자의 이동변위를 비교해 볼 때 피험자 B는 효과적인 낙법 동작 수행에 미흡함을 보였다.

피험자 B의 상·하 중심이동변위와 속도를 시기별로 비교해보면 <그림 15, 16>과 같다.

상·하 중심이동변위는 평균값에서 편차를 나타내지 않고 시기별 유사한 일정한 동작 패턴을 나타내 보였다. 이와 같은 결과는 상·하 중심선형속도에서도 큰 편차 없이 유사하고 일정한 패턴을 나타내었음을 알 수 있었으며, 피험자 A와 마찬가지로 낙법이 완성되는 순간인 E3와 E4에서 큰 속도 값을 보인 것은 충격량이

표 8. 피험자 B의 상·하 중심이동변위와 선형속도

피험자 실험시기	E1		E2		E3		E4	
	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도
B01	149.1	225.3	219.9	8.1	50.7	-422.4	43.6	-426.1
B02	148.9	180.5	217.5	3.8	51.8	-457.5	44.2	-460.4
B03	145.3	136.4	215.2	5.9	65.8	-429.2	58.7	-431.2
B04	141.9	152.4	211.9	6.5	63.6	-441.3	56.2	-442.9
평균±표준편차	146.3±3.4	173.7±38.9	216.1±3.4	6.1±1.8	58.0±7.8	-437.6±15.4	50.7±7.9	-440.1±15.2

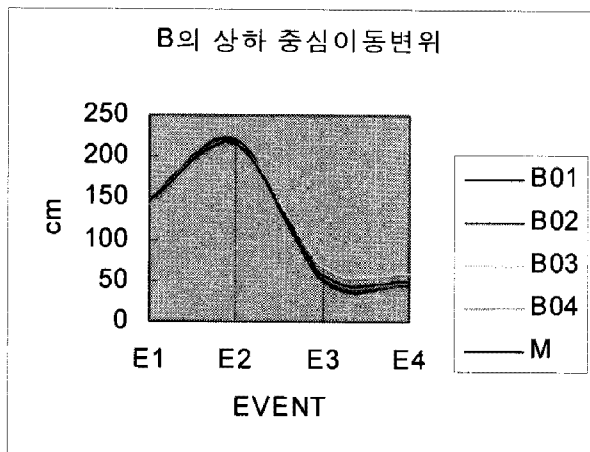


그림 15. B의 상·하 중심이동변위

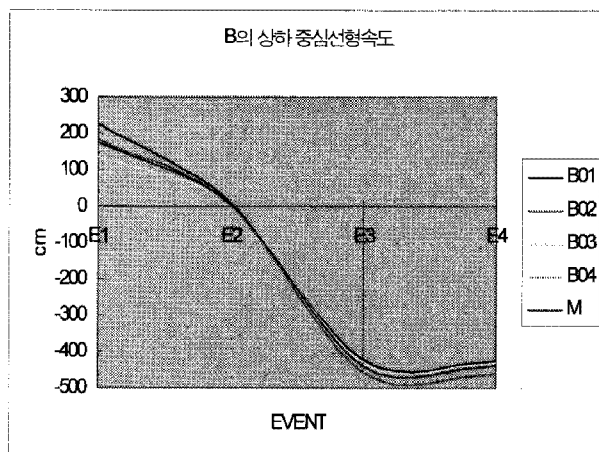


그림 16. B의 상·하 중심선형속도

크다는 것을 말해 준다. 단지 E1에서 피험자 A보다 큰 편차를 나타냈는데 이러한 요인은 E2에서 상·하 중심 이동변위에 영향을 줄 것이라 판단된다.

(3) 피험자 C의 상·하 중심이동변위와 선형속도

피험자 C의 상·하 중심이동변위와 선형속도는 <표 9>과 같다.

<표 9>에서와 같이 피험자 C는 E1에서 140.8cm, 160.5cm/sec², E2에서 211.2cm, 5.2cm/sec², E3에서 46.4cm, -475.3cm/sec², E4에서 41.2cm, -483.3cm/sec²의 상하중심이동변위와 속도를 나타냈다. E1에서 E2까지 거리는 70.4cm, E2에서 E4까지 170.0cm를 나타내었는데 이러한 변화량은 피험자 A, B와 비교해 보면 E1에서 E2까지 이동변위는 모든 피험자가 큰 변화가 없었으나 E2와 E4까지에서 이동변위는 피험자 A가

185.4cm, C가 170.0cm, B가 165.4cm 순으로 나타났다. 이러한 결과는 피험자 B와 C는 유사한 이동변위를 나타내었으나 피험자 A는 공중뚝자세에서 중심 상·하 높이가 다른 피험자보다 높아 높은 위치에서 공중회전 낙법을 발휘함을 알 수 있었다.

피험자 C의 상·하 중심이동변위와 속도를 실험시기별로 비교해보면 <그림 17, 18>과 같다.

상·하 중심이동변위는 시기별 이동변위가 적은 편차로 일관성있는 유사한 동작 패턴을 나타내었다. 상·하 중심선형속도에서도 큰 편차 없이 유사한 패턴을 보여주고 있다. 피험자 A와 마찬가지로 낙법이 완성되는 순간인 E3와 E4에서 큰 속도값을 갖는 것을 보아 충격량이 크다는 것도 알 수 있다. 그러나 E1에서 피험자 A보다 큰 편차를 나타내 보이는 이러한 요인은 E2에서 상·하 중심이동변위에 관련이 있을 것으로 판단된다.

표 9. 피험자 C의 상하중심이동변위와 선형속도

피험자 시기순서	E1		E2		E3		E4	
	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도
C01	140.3	129.3	208.6	3.7	66.8	-505.5	57.4	-638.7
C02	142.4	123.3	213.1	2.3	44.3	-524.9	48.3	-462.5
C03	137.3	169.1	204.9	8.4	48.1	-427.6	41.0	-430.0
C04	138.1	137.4	205.9	2.3	26.5	-453.9	20.8	-417.7
C05	145.8	243.2	223.4	9.1	46.4	-464.8	38.6	-467.8
평균±표준편차	140.8±3.4	160.5±49.5	211.2±7.5	5.2±3.3	46.4±14.3	-475.3±39.4	41.2±13.6	-483.3±89.4

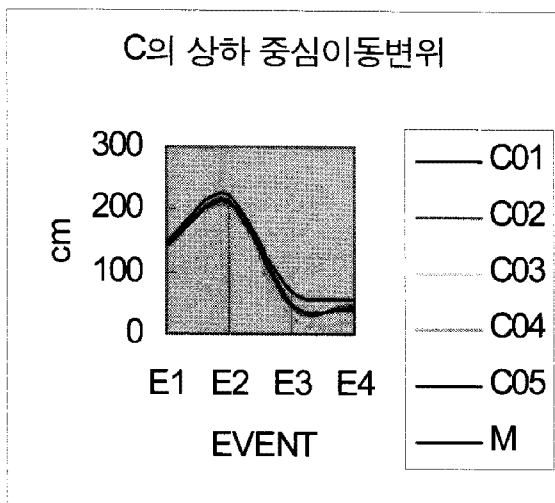


그림 17. C의 상·하 중심이동변위

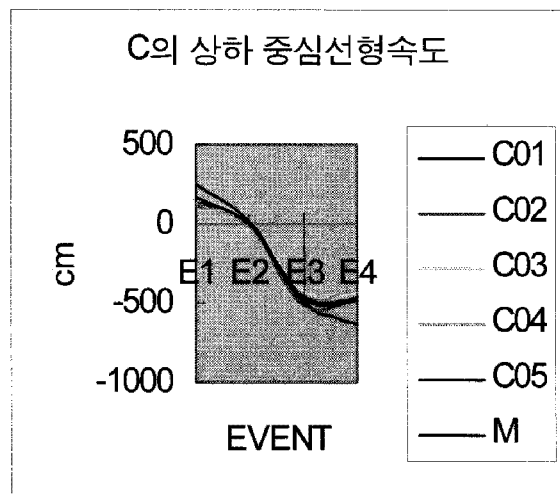


그림 18. C의 상·하 중심선형속도

(4) 피험자 D의 상·하 중심이동변위와 선형속도

피험자 D의 상·하 중심이동변위와 선형속도는 다음 <표 10>과 같다.

<표 10>에서와 같이 피험자 D는 E1에서 142.6cm, 187.9cm/sec², E2에서 211.0cm, 3.2cm/sec², E3에서 46.8cm, -456.0cm/sec², E4에서 39.2cm, -459.0cm/sec²를 나타내 보였다. 도약자세인 E1에서 E2까지 거리는 68.4cm, E2에서 E4까지 거리는 171.8cm를 나타내었는데, 이러한 변화량을 피험자 A, B, C와 비교해 보면 E1에서 E2까지 이동변위는 모든 피험자가 큰 변화가 없었으나 E2와 E4까지에서 이동변위는 피험자 A(185.4cm), D(171.8cm), C(170.0cm), 그리고 B(165.4cm) 순으로 나타내 보였다.

피험자 D의 상·하 중심이동변위와 속도를 시기별로 비교해 보면 <그림 19, 20>과 같다.

상·하 중심이동변위는 시기별 매우 유사하고 일정

한 동작 패턴을 나타내 보였으며, 상·하 중심선형속도에서도 마찬가지로 큰 편차 없이 유사한 패턴을 나타내었다. 낙법이 완성되는 순간인 E3와 E4에서 큰 속도값을 갖는 것을 보아 충격량이 크다는 것도 알 수 있으며, E1에서도 편차를 나타낸 요인은 E2에서 상·하 중심이동변위에 영향을 줄 수도 있을 것이라 판단된다.

위의 결과들을 종합해 보면, 피험자들은 착지자세와 낙법자세 구간에서 전·후 중심이동변위와 상하 중심이동변위의 변화가 거의 일어나지 않았으며, 전·후 중심선형속도변인은 공중톱자세에서 최대, 착지자세에서 최소를 나타내었고 상·하 중심선형속도변인은 공중톱자세에서 최소, 낙법자세에서 최대를 나타내었다. 이러한 동작의 변화는 낙법수행자들이 도약자세에서 공중톱자세 구간까지 포물선운동수행을 하고 있음을 알 수 있으며 이후 공중톱자세에서 낙법자세 구간까지는 수직 낙하운동수행을 하고 있음을 알 수 있었다.

표 10. 피험자 D의 상·하 중심이동변위와 선형속도

피험자 시기순서	E1		E2		E3		E4	
	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도	이동변위	선형속도
D01	146.2	219.7	208.8	5.8	39.1	-442.0	31.7	-445.4
D02	141.7	120.7	206.0	3.4	42.2	-491.4	34.0	-493.8
D03	140.6	223.3	218.0	0.3	59.1	-434.7	51.9	-437.8
평균±표준편차	142.6±3.0	187.9±58.2	211.0±6.3	3.2±2.8	46.8±10.8	-456.0±30.9	39.2±11.0	-459.0±30.4

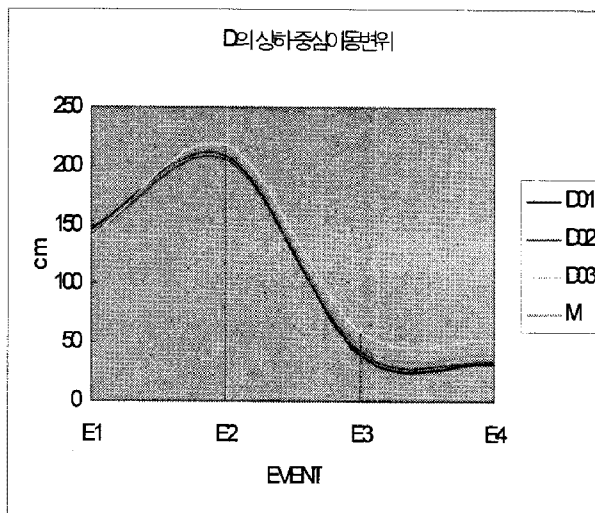


그림 19. D의 상·하 중심이동변위

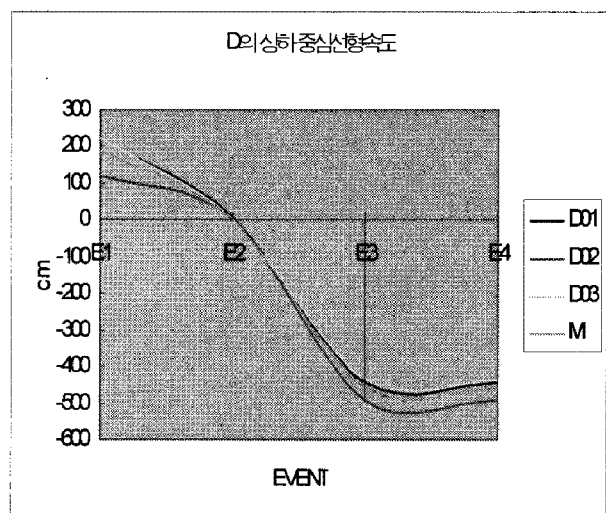


그림 20. D의 상·하 중심선형속도

따라서 낙법할 때 충격량을 줄이고 보다 안전한 공중회전낙법 동작 수행을 위해서는 장애물 높이에 따라 공중튐자세까지 운동량을 크게 한 후 이후 낙법자세까지는 운동량을 최소로 하는 동작수행이 바람직하다고 판단된다.

V. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 김의환(2004)의 “유도 공중회전낙법의 운동학적 분석”의 후속연구로서 전방에 있는 2m (발구름 장애물 1m, 장애물 높이 2m)의 수직장애물을 통과할 때 적용된 유도 공중회전낙법 동작에 대하여 Y. 대학교 남자시범단 4명을 대상으로 3차원 영상분석법을 이용하여 중심(COG)변인을 분석하는데 있다. 공중회전낙법의 동작은 S-VHS 카메라(30f./s)로 촬영하였으며, 분석변인은 상하 및 전후 중심이동변인과 중심의 선형속도이었다. 연구의 목적에 적합한 3~5회의 자료를 각 변인별 평균치와 표준편차를 산출하여 피험자별 COG변인을 기준으로 삼차원 스플라인 보간법(cubic spline interpolation)을 이용하여 표준화하였다. 공중회전낙법을 할 때 피험자들의 COG이동 및 선형속도를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전·후 방향 cog 이동 변위

공중회전낙법 할 때 피험자들의 cog 전방 이동 범위는 도약자세(이벤트 1)에서 0.31~0.41m, 공중최대튐자세(이벤트2: 1.20~1.33m), 착지자세(이벤트3: 2.12~2.30m), 낙법자세(이벤트4)에서는 전방 2.14~ 2.32m의 점증적 이동 범위이었으며, 낙법자세에서 제일 많이 전방으로 이동하였다.

2. 전·후 방향 cog 이동 선형속도

공중회전낙법 할 때 피험자들의 cog 전방 이동 선형속도 범위는 도약자세(이벤트 1)에서 1.03~2.14m/sec. 공중최대튐자세(이벤트 2: 1.97~2.22 m/sec.), 점감적으로 착지자세(이벤트 3: 1.05~1.32m/sec.), 낙법자세(이벤

트 4)에서는 전방으로 0.91~1.23m/sec.의 이동 속도 범위이었으며, 착지자세에서 가장 빨랐다.

3. 상·하 방향 cog 이동 변위

공중회전낙법 할 때 피험자들의 cog 상·하방향 이동 범위는 도약자세(이벤트 1)에서 매트로부터 1.35~1.46m 상방향으로, 공중최대튐자세(이벤트 2: 2.07~2.23m)에서 피크를 이루었으며, 이후 급감소하여 착지자세(이벤트 3: 0.3~ 0.58m), 낙법자세(이벤트 4)에서는 0.22~0.50m의 이동 범위이었으며, 이벤트2의 공중최대튐자세에서 제일 높은 상방으로 이동하였다.

4. 상·하 방향 cog 이동 선형속도

공중회전낙법 할 때 피험자들의 cog 상·하방향 이동 선형속도 범위는 도약자세(이벤트 1)에서 1.60~1.87m/sec. 공중최대튐자세(이벤트 2: 0.03 ~ 0.08 m/sec.), 점감적으로 착지자세(이벤트3: -4.37 ~ -4.76m/sec.), 낙법자세(이벤트4)에서는 전방 -4.40 ~ -4.77m/sec.의 이동 속도 범위이었으며, 착지자세 직후 낙법자세에서 가장 빨랐다.

위의 결과를 종합하면, 피험자들은 착지자세와 낙법자세 구간에서 전·후 중심이동변위와 상하 중심이동변위 변화가 거의 일어나지 않았으나 전·후 중심선형속도변인은 공중튐자세에서 최대, 착지자세에서 최소를 나타내었으며, 상·하 중심선형속도변인은 공중튐자세에서 최소, 낙법자세에서 최대를 보였다.

이러한 결과로 낙법수행자들이 도약자세에서 공중튐자세 구간까지 포물선 운동수행을, 그리고 공중튐자세에서 낙법자세 구간까지는 수직 낙하운동을 각각 수행하고 있음을 알 수 있었다.

따라서 낙법 충격량을 줄이고 보다 안전한 공중회전낙법 동작을 수행하기 위해서는 장애물 높이에 따라 공중튐자세까지 운동량을 크게 한 후, 낙법자세까지는 운동량을 최소화 하는 동작수행이 바람직하다.

향후, 연구에서는 수직 장애물의 높이에 따라 낙법할 때 충격량에 대한 연구가 뒤 따라야 하겠다.

참 고 문 헌

- 구중천(1986), 유도 낙법의 운동학적 분석. 미간행 석사 학위논문 공주사범대학 교육대학원.
- 김의환(1998), 유도 낙법의 비밀, KBS TV- 스포츠는 과학이다.
- 김의환(2004), 유도 공중회전낙법의 운동학적 분석. 무도연구지, 제14집, 제2호, 용인대학교 무도연구소, pp.215~228.
- 김의환 · 김성섭 · 정재욱(2004), 유도 측방낙법의 운동학적 변인 특성 분석, 무도연구지, 제14집, 제2호, 용인대학교 무도연구소, pp.229~239.
- 김의환 · 박태춘 · 이경근 · 윤 현 · 유승원 · 김태훈 · 이태현 · 김성섭(2003), 유도 측방낙법의 단계별 운동학적 변인 비교분석[1], 2003 추계학술대회논문집, 한국운동역학회, pp.19~36.
- 김의환 · 윤 현 · 정재욱(2003), 유도 전방회전낙법 동작의 키네매틱 분석, 무도연구지, 제14집, 제1호, 용인대학교 무도연구소,
- 김의환 · 윤 현 · 정재욱(2003), 유도 전방회전낙법 동작의 운동학적 분석[2], 2003 추계학술대회논문집, 한국운동역학회, pp.85~99.
- 박태춘(2001), 유도 후방낙법의 운동학적 특성 분석. 미간행 석사학위논문. 용인대학교 교육대학원.
- 김지태(2002), 유도 전방낙법의 운동학적 특성 분석. 미간행 석사학위논문. 용인대학교 교육대학원
- 이성진(1999), 최신 유도기법. 서울 ; 서림문화사.
- 조병준(2001), 멀리뛰기와 높이뛰기 선수 수직점프의 역학적 분석. 한국운동역학회지, 제11권 2호, pp. 245-257. 한국운동역학회.
- 채중겸(1992), 학교유도, 서울 ; 삼일당. p. 15.
- Abdel-Aziz, Y.I. & Karara, H.M.(1971), Direct linear transformation from comparator coordinates into object coordinates inclose-range photogrammetry, Proceedings of ASP/UI Symposium, pp.1-18.
- Adrian, M.J. & Cooper, J.M. (1989), The Biomechanics of Human Movement. Indianapolis, Indiana : Benchmark Press.
- Kodokan Editorial Committee(1986), KODOKAN JUDO Jigoro Kano, Kodansha International, Tokyo · New York · London.

투 고 일 : 07월 30일

심 사 일 : 08월 15일

심사완료일 : 09월 01일