



플랫폼 다이빙 뒤로서서 앞으로뛰기 1½ 회전동작의 운동학적 분석

A Kinematics Analysis of Inward 1½ Somersault in Platform dives

이종희* (건국대학교)

Lee, Jong-hee* (Konkuk University)

ABSTRACT

J. H. LEE, A Kinematics Analysis of Inward 1½ Somersault in Platform dives. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol 16, No 1, pp139-149, 2006. This study is to analyze the kinematic variables of inward 1½ somersault in platform diver. For the manner, 3 people form the national diving team in the year 2000 were chosen as the subjects and two S-VHS video cameras set in 60frames/sec were used for recording their motions. Coordinated raw positions data through digitizing are smoothing by butter-worth's low-pass filter in method at a cut off frequency 6.0Hz. and the direct linear transformation(DLT) method was employed to obtain 3-D position coordinates. The conclusions were as follows

However, horizontal distance which is the change of the COG, from the point of the jump to the point of Event 3 where the player is out of the board range completely, Subject B showed 105.1cm and 71.1cm of the vertical distance which are shorter horizontal distance and higher vertical distance, thus, took a great advantage of the position to prepare for the entry. Therefore, if a player takes higher position by speeding up the vertical velocity at the moment of the jumping off the board, and stays in the air longer, the player can have more time to show his skill. Because of the use of the characteristics of the inward somersault, keeping the safe distance from the board is important but in order to higher the completeness, it is ideal to keep the horizontal distance little over 100cm. Also, the angles of shoulder and elbow from Event 1 to 4, depending on swing of the arms, motions in the air, getting ready for the entry, showed some difference individual by individual, according to the velocity of the thigh and shank showed much difference while getting ready and take-off, and it's because of the individual's different bending and straightening for horizontal and vertical distance.

KEYWORDS: INWARD 1½ SOMERSAULT, DIVE, PLATFORM

I. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

다이빙(diving)은 뛰고 던지고 하는 것과 마찬가지로 인류존재의 역사와 같이 오래된 활동이다. 다이빙은 종목을 수행하는 과정에서 도약(take-off), 공중동작(flight), 입수(entry)시에 고도의 기술을 구사하여 세밀한 동작을 아름답게 표현시키는 예술이다. 다이빙경기에서 플랫폼다이빙은 보드가 고정되어 있어서 스프링 보드와는 달리 도약을 도와주는 다이빙보드의 반동이 없으므로 자신의 힘만으로 도약을 하여 공중에서 연기를 하는 종목이다. 플랫폼다이빙에서 뒤로서서 앞으로 회전하는 동작은 도움닫기 없이 제자리에 서서 발 구름과 공중자세, 입수의 세 가지 동작으로 이루어진다. 그렇지만 운동종목의 특성상 세 가지의 동작이 조화를 이루어야 하며 세 가지 동작 중 한 부분에서라도 실수가 나오게 되면 종목의 완성도가 떨어지게 된다. 그리고 이 세 가지 동작 중에서 입수에 대한 점수의 비중이 가장 크지만 종목의 성패를 결정짓는 것은 공중동작에 들어가기 전인 도약시기라고 볼 수 있다. 도약 시기에 얻어지는 신체의 기울기와 중심의 높이 그리고 속도는 대단히 중요하다.

최근에 다이빙 경기는 고난이도의 동작을 필요로 한다. 그러나 아직까지 우리나라에는 지도자나 선수들이 참고할 만한 자료나 시설이 거의 없는 실정이다. 다이빙은 대다수의 다른 종목들처럼 외국 선수들에 비해 체격이나 체력의 열세에서 오는 신체적 한계가 크지 않고 기술에 의해 평가되는 종목으로, 우리나라가 속한 동양인 에게는 세계대회나 올림픽경기에서 우수한 성적을 기대할 수 있는 중요한 종목으로 유망시 되고 있다. 그러므로 지도자나 선수들이 동작의 연기 시에 필요한 기술과 운동학적 지식이 무엇보다 필요하다고 하겠다.

선행연구를 살펴보면 플랫폼다이빙 보드에서 완벽한 동작을 수행하기 위하여 종목에 따라 필요로 하는 공중돌기(somersault)나 비틀기(twist)를 실행하는데 충분한 회전 모멘트를 얻어야 하고, 이러한 회전에 필요한

시간과 높이를 확보해야 하며, 안전하게 기술을 완수하기 위해서는 보드로부터 적당한 거리를 떨어뜨려야 한다 (Miller and Munro 1984). 고 하였으며, 공중국면에서 회전운동을 하는 선수들은 자유낙하 상태로 중력의 작용 상태에 놓이게 되는데 이때 발생하는 동작은 공중돌기와 비틀기로 이 동작들은 이륙시 혹은 공중 국면 (airborne)에서 지면 반력(ground reaction)으로 가능하다. 이를 위해 Kane와 Scher(1969)는 각운동량 보존 법칙에 따른 트위스팅 원리를 설명하기 위한 인체 분절의 모델을 개발하고, Hay(1985)는 다이빙 선수들을 대상으로 3차원 축(수직, 좌우, 전후·축)상황에서 회전을 분석하기 위해 다양한 방법을 적용시킨 결과 회전은 이륙기와 공중 국면에서 시작이 되고, 이륙기에서 발생한 회전은 환경(external)과 짝힘(couple)에 의한 것이며, 공중 국면에서 회전은 단순 (simple) 및 복합회전(complex)으로 세분화되어 발생하였다고 보고하였다.

국내의 경우 이병근(1995)은 다이빙 전방 파이크 공중돌기 동작을 운동 역학적 분석을 통해 회전의 수에 따라 수평 및 수직 속도를 적절히 배분하는 것이 중요함을 분석하였고, 정철정, 강신(1998)도 비틀기가 없는 플랫폼다이빙에서 Forward 1½회전, 1½회전시 각운동량에 대한 분석을 하여 회전의 증가에 따라 각운동량도 증가함을 보고하였다.

이와 같이 선행연구의 경우에도 도약시의 역학적 연구는 다이빙이 회전과 밀접한 관계가 있으며, 선수가 공중동작시 자신의 회전에 대한 제어를 통제할 수 없는 상황에서, 회전에 관한 가장 중요한 결정요소는 보드에서의 Take-off순간에 결정된다. 그러나 아직까지 국내선수들을 대상으로 한 연구는 다른 종목과 비교할 때 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 더욱이 탄력을 이용할 수 없는 플랫폼다이빙에서 보다 완벽한 도약과 입수시 마무리 기술을 수행하기 위해서는 실제 상황에 도움이 될 수 있는 자료가 필요하다. 그러므로 국내의 국가대표 다이빙 선수들을 대상으로 플랫폼다이빙에서 뒤로서서 앞으로뛰기(inward) 1½종목의 운동학적 분석을 통해 inward종목의 국내 다이빙 지도자와 선수들의 경기력 향상에 연구의 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

이 연구의 피험자는 2000년 현재 국가대표 다이빙선수 3명을 연구대상자로 선정하였으며, 이 선수들의 신체적 특성과 개인적 특성을 정리하면 다음 <표 1>과 같다.

표 1. 피험자들의 신체특성

Subject	신장(cm)	체중(kg)	나이(age)	경력(yrs)
A	167	56	18	6
B	165	61	18	6
C	160	55	17	7

2. 실험장비 및 방법

이 연구에 사용된 비디오카메라는 Panasonic S-VHS AG-456 Camcoder 2대를 사용 하였으며, 주파수는 60Hz로 피험자의 동작과 통제점 틀을 촬영하였다. 두 대의 카메라를 한 대는 다이빙 보드의 우측면에 설치하였고, 다른 한 대는 다이빙 보드의 정면에 설치하여 피험자가 보드에서 도약을 하여 입수를 준비하는 오픈동작 까지 촬영되도록 하였다. 통제점 틀은 총 30개를 다이빙보드 끝을 기준으로 폭 1m, 높이 4m, 길이 3m로 설치하였다. 전역좌표는 피험자가 운동하는 방향을 Y축 방향으로, 지면에 대하여 수직 방향을 Z축으로 좌우 방향을 X축으로 설정하였다.

3. 자료처리방법

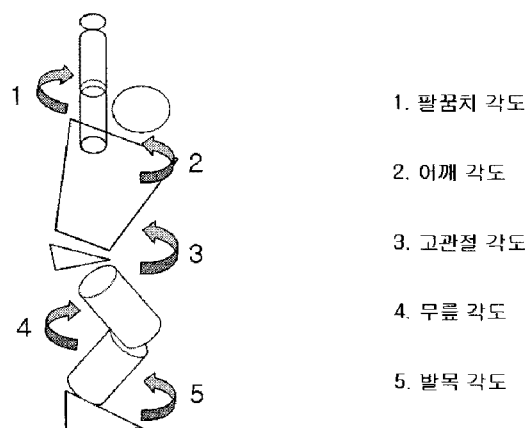
연구를 위한 자료처리 방법은 Kwon3D Motion Analysis Package Version 2.1 Program(Kwon, 1994)를 사용하였으며, 통제점의 3차원 공간좌표와 30개의 관절점의 좌표값은 DLT(Abdel-aziz & Karara, 1971)을 이용하여 산출하였다. 인체 관절 중심점의 좌표화는 인체 모형 설계의 번호순으로 인체 관절점을 좌표화 하며, 총 20개의 관절점을 가진 13개의 분절로 연결된 강

체 시스템(linked rigid body system)으로 정의하였다. 3차원 좌표값을 산출하며 발생하는 노이즈를 제거하기 위한 스무딩(smoothing)은 Butterworth 2차 저역 통과필터링(low-pass)방법을 이용하였고, 이 때 의 차단 주파수(cut-frequency)는 6.0Hz로 설정하였다.

1) 용어의 정의

- (1) 파이크자세(pike position) : 공중국면에서 동체와 대퇴가 이루는 힘의 각도로 무릎이 펴진 상태
- (2) 뒤로서서 앞으로 뛰기(inward) : 다이빙의 6개의 종목 군 중에서 제 4군으로 보드 끝에 뒤로서서 앞 방향으로 회전하는 동작
- (3) 도약(take-off) : 보드에서 발끝이 떨어지는 순간의 동작
- (4) 오픈(open) : 공중회전 후 입수를 하기 위하여 몸을 펴는 동작

2) 관절각의 정의



<그림 1> 관절각의 정의

III. 결과 및 논의

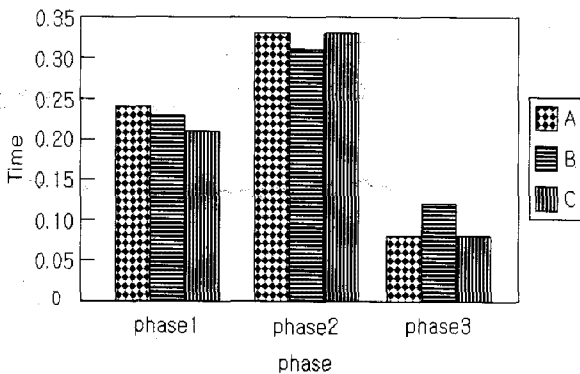
이 연구는 플랫폼 다이빙의 inward½ 파이크 동작을 3차원 영상 분석하여 보드에서 take-off 순간부터 입수를 준비하는 오픈동작까지 3개의 국면으로 나누어 단계별 중심이동 속도와 소요시간, 보드로 부터의 수평거리, 각 분절의 속도요인으로 결과는 다음과 같다.

1. 시간요인

표 2. 각 국면별 소요시간 단위(sec)

Subject \ phase	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Total time
A	0.240	0.320	0.080	0.640
B	0.224	0.304	0.112	0.640
C	0.208	0.320	0.080	0.608
M	0.224	0.315	0.091	0.629
SD	0.016	0.009	0.018	0.018

발끝이 보드에서 take-off되는 순간부터 입수를 준비하는 동작까지의 평균시간은 $0.629 \pm 0.018 \text{sec}$ 로 나타났으며 가장 긴 시간을 보인 피험자는 C로 0.608sec 를 나타냈다. 각 국면별 소요시간은 제1국면이 $0.224 \pm 0.016 \text{sec}$, 제2국면이 0.009sec 를 보였으며, 제3국면은 $0.091 \pm 0.018 \text{sec}$ 를 나타냈다. 제1국면은 take-off에서 회전이 시작되는 국면으로 제1국면에서 신체중심의 최고점까지 걸리는 시간이 길어야 체공시간을 여유 있게 가질 수 있으나 제2국면에서 제3국면까지 이어지는 공중회전과 오픈동작이 종목 연기의 성패에 중요한 영향을 미치게 되므로 제2국면의 소요시간이 짧은 것이 유리하며 피험자 B가 가장 빠른 것으로 나타났다. 전체적인 소요시간을 살펴보면, 피험자 A와 B는 차이가 없었고, 피험자 C가 조금 짧은 시간을 나타낸 것을 볼 수 있는데 이는 take-off시기에서 충분한 도약을 얻지 못하고 급히 종목의 연기에 들어가는 것으로 판단된다.



<그림 2> 각 국면별 소요시간

2. 거리요인

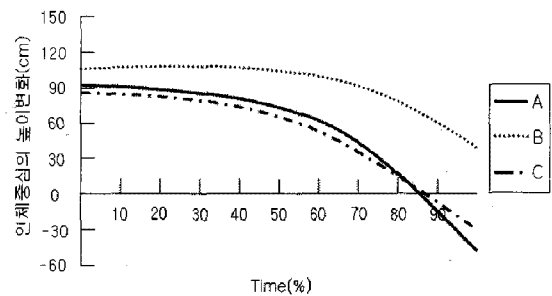
거리요인은 인체중심의 높이변화와 인체중심의 이동 거리이며 각 구간의 높이와 거리변화는 다음과 같다.

1) 인체중심의 높이변화

표 3. 인체중심의 높이변화 단위(cm)

Subject \ Event	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	91.7	81.3	-9.9	-53.9
B	99.2	115.6	71.1	26.6
C	84.9	75.1	-3.9	-42.2
M	91.3	90.67	19.30	-23.27
SD	7.15	21.81	45.48	43.49

인체중심의 높이에서 피험자 A와 C는 Event1에서부터 Event4까지 인체중심의 높이가 계속 감소하는 반면 피험자 B는 Event1과 Event2에서 인체중심의 높이가 계속 상승하는 것을 볼 수 있는데, 이것은 보드에서 take-off를 하여 회전이 되는 시기까지 인체중심의 높이가 계속 상승하여 높은 위치에서 종목의 연기를 수행하는 것을 나타낸다. inward종목의 연기는 Event1과 Event2의 위치가 가장 중요하며, 종목의 완성도를 높이기 위해서는 높게 도약할 필요가 있고, 회전동작 역시 높은 위치에서 끝내야 입수자세에 유리하다. 하지만 Event3과 Event4는 입수를 준비하는 각 개인별 회전동작에 따른 오픈동작의 습관이 다르기 때문에 일반화를 시키기는 어렵다.



<그림 3> 인체중심의 높이 변화

2) 인체중심의 수평이동거리

인체중심의 수평 이동거리에서는 피험자 C가 도약의 시작인 Event1에서 47.3cm로 보드로부터 가장 멀리 이동을 하여 Event4까지 137.9cm를 나타내었는데, 수평 거리가 크면 수직거리가 짧아지기 때문에 동작 수행 시 낮은 위치에서 회전이 이루어지는 것을 알 수 있다. 피험자 B는 Event4까지 116.1cm로 보드로부터 가장 가까운 거리를 유지 하는 것을 알 수 있다. 동작 수행 시 수평거리 보다는 수직거리를 높게 하여 높은 위치에서 공중동작을 해야 완벽한 종목을 연기 할 수 있다. 인체 중심의 이동거리는 동작수행시 안정성을 보장하기 위해 충분한 거리를 두어야 하지만 이동거리가 너무 멀어 지게 되면 포물선 궤적이 커지기 때문에 입수처리가 힘들어 지므로 보드로부터 적당한 거리를 유지해야 한다. 피험자 C는 표에서 볼 수 있듯이 인체중심의 위치가 낮으므로 inward파이크 동작의 특성상 보드와의 접촉으로 인한 부상을 방지하기 위해 보드로부터 먼 거리를 이동한 것으로 판단된다.

표 4. 인체중심의 수평이동거리 단위(cm)

Event Subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	42.5	81.0	118.2	128.9
B	38.0	67.0	105.1	116.1
C	47.3	78.3	125.9	137.9
M	91.30	75.43	116.40	127.63
SD	4.65	7.43	10.52	10.96

3. 속도요인

속도요인은 각 구간별로 인체중심의 수평속도와 수직속도, 상지분절(전완, 상완)과 하지분절(대퇴, 하퇴)의 속도를 산출하였다.

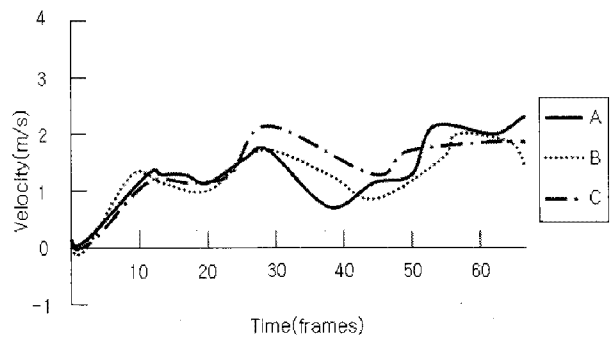
1) 인체 중심의 속도

인체중심의 수평속도와 수직속도의 결과를 보면 피험자 C가 수평속도에서 가장 빠른 속도를 보이고 수직속도에서는 가장 느린 것을 볼 수 있는데 이는 보드에서 도약시 동작의 완벽함 보다는 종목으로 인한 부상의 위험 때문에 보드로부터 멀리 도약한 것으로 판단된다.

반면 피험자 B가 수평속도가 조금 느리지만 수직속도에서는 가장 빠른 것을 볼 수 있는데, 피험자 B가 도약시 다른 피험자들 보다 빠른 수직속도로 인해 높은 위치를 확보하여 체공 시간이 길고, 높은 위치에서 입수를 준비하는 것을 알 수 있다.

표 5. 인체중심의 수평속도변화 단위(m/s)

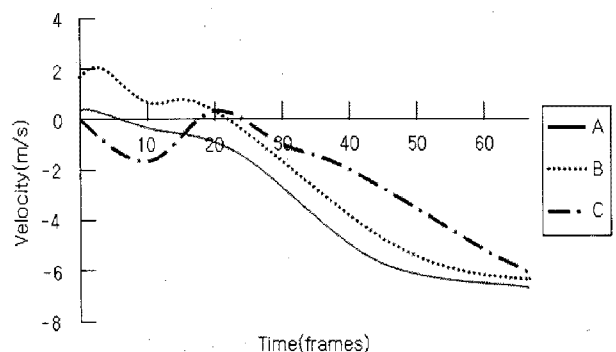
Event Subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	1.28	1.76	1.28	1.54
B	1.32	1.71	0.83	1.37
C	1.25	1.99	1.41	1.55
M	1.28	1.82	1.17	1.49
SD	0.04	0.15	0.30	0.10



<그림 4> 인체중심의 수평속도 변화

표 6. 인체중심의 수직속도변화 단위(m/s)

Event Subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	0.80	-1.17	-5.44	-5.76
B	1.90	0.20	-3.38	-4.36
C	0.33	-1.02	-4.31	-5.25
M	1.01	-0.33	-4.38	-5.12
SD	0.81	0.63	1.03	0.71

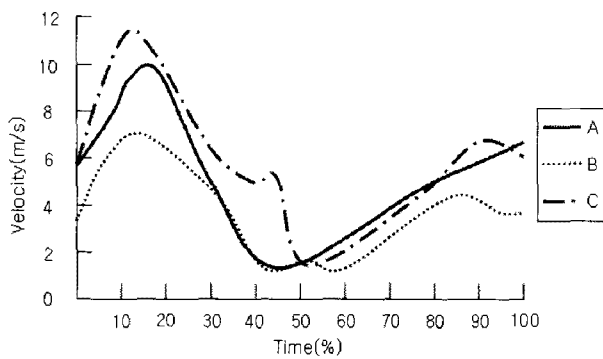


<그림 5> 인체중심의 수직속도 변화

2) 각분절의 속도

표 7. 전완분절의 속도변화 단위(m/s)

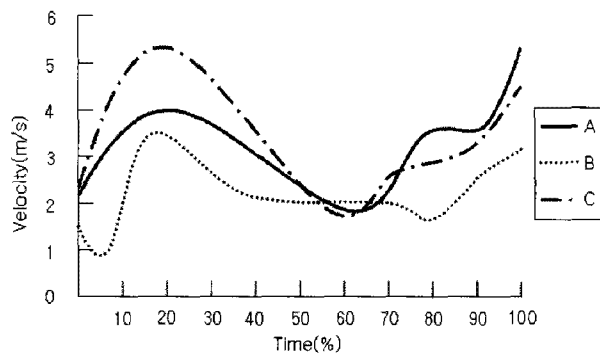
Subject \ Event	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	5.17	2.99	5.96	7.30
B	3.47	3.59	5.13	3.85
C	5.42	5.46	6.93	6.08
M	4.69	4.01	6.01	5.74
SD	1.06	1.29	0.09	1.75



<그림 6> 전완분절의 속도 변화

표 8. 상완분절의 속도변화 단위(m/s)

Subject \ Event	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	2.23	3.29	4.04	5.70
B	1.50	2.64	2.11	4.18
C	2.35	4.26	3.40	4.96
M	2.03	3.40	3.18	4.95
SD	0.46	0.82	0.98	0.76



<그림 7> 상완분절의 속도 변화

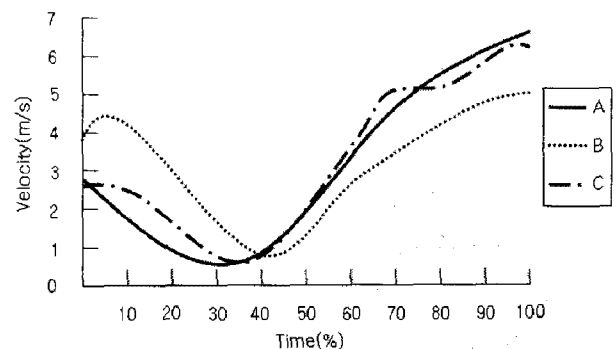
상지분절의 속도변화에서는 Event1 과 Event2가 중요한데, Event1에서는 take-off를 시작하는 동작으로 상

지분절의 속도에 따라 회전력이 결정되어 지기 때문이며, Event2는 공중에서 회전력을 높이기 위해 몸을 구부리는 동작이기 때문이다. Event3과 Event4는 입수를 준비하는 오픈 동작 이외에는 거의 움직임이 없기 때문에 공중동작에 큰 영향을 주지 않는다. 피험자 B의 속도변화 보다 피험자 A와 C가 Event1과 2에서 대체적으로 빠른 속도를 보이는데 이것은 도약 시에 높이와 수직속도가 피험자 B보다 낮으므로 같은 동작을 하더라도 충분한 높이를 확보하지 못하므로 상지분절의 속도를 빠르게 하여 동작수행에 적합한 회전을 내려고 하는 것으로 판단된다.

하지분절의 속도변화에서도 상지분절의 속도와 마찬가지로 Event1과 Event2가 중요한데, take-off이후 입수를 마치는 시점까지 파이크자세를 유지하며 변화가 없기 때문이다. 결과를 보면 피험자 B의 하지분절 속도가 다른 피험자들의 속도에 비해 Event1과 Event2에서 빠르고 Event3과 Event4에서는 느려지는 것을 볼 수 있는데, 이러한 결과는 피험자 B가 take-off구간인 Event1에서 하지분절의 빠른 속도로 인하여 공중회전 동작인 Event2까지 빨리 이루어지는 것을 알 수 있으

표 9. 대퇴분절의 속도변화 단위(m/s)

Subject \ Event	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	2.91	0.92	5.56	6.34
B	3.84	0.78	4.28	4.91
C	2.65	0.54	5.35	5.81
M	3.31	0.75	5.06	5.69
SD	0.63	0.19	0.69	0.72

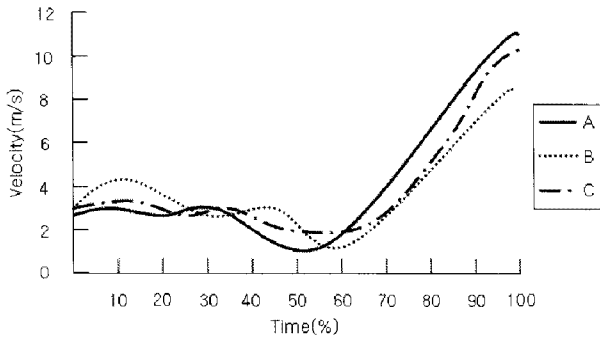


<그림 8> 대퇴분절의 속도 변화

며, 회전이 끝나는 Event3과 오픈동작인 Event4에서는 입수 시에 신체의 기울기가 뒤쪽으로 넘어가지 않도록 하지분절의 속도를 줄여 입수의 정확도를 높이는 것으로 판단된다.

표 10. 하지분절의 속도변화 단위(m/s)

Subject \ Event	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	2.74	2.95	8.25	10.29
B	3.26	3.47	5.67	8.12
C	2.94	3.12	7.81	9.31
M	2.98	3.18	7.24	9.24
SD	0.26	0.27	1.38	1.09



<그림 9> 상완분절의 속도 변화

4. 각도요인

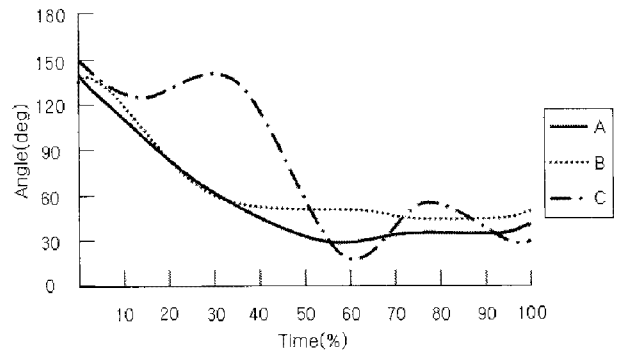
각도요인은 각 구간별로 상지분절(팔꿈치와 어깨)과 하지분절(고관절, 무릎, 발목)의 각도를 산출하였다.

1) 상지분절의 각도변화

상지분절의 각도 변화는 팔꿈치와 어깨의 각도로 팔꿈치각은 상완과 전완이 이루는 각이며, 어깨 각은 몸통과 상완이 이루는 각으로 정의하였다.

표 11. 어깨분절의 각도변화 단위(deg)

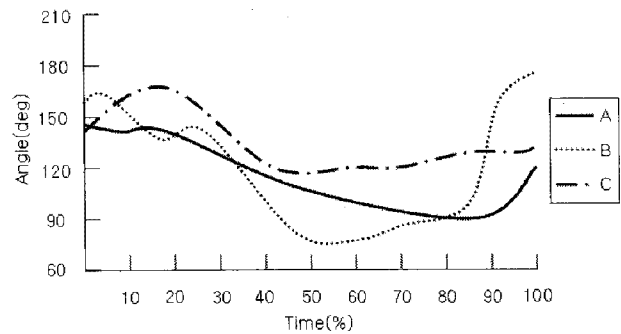
Subject \ Event	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	137.42	48.79	51.77	58.40
B	131.98	57.48	55.81	67.19
C	145.46	123.04	52.67	49.90
M	138.29	76.55	53.42	58.50
SD	6.78	40.50	2.12	8.65



<그림 10> 어깨분절의 각도 변화

표 12. 팔꿈치분절의 각도변화 단위(deg)

Subject \ Event	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	147.95	109.12	108.41	155.53
B	156.04	116.80	127.97	178.16
C	147.98	133.28	138.15	158.24
M	150.66	119.73	124.84	164.31
SD	4.66	12.34	15.11	12.93



<그림 11> 팔꿈치분절의 각도 변화

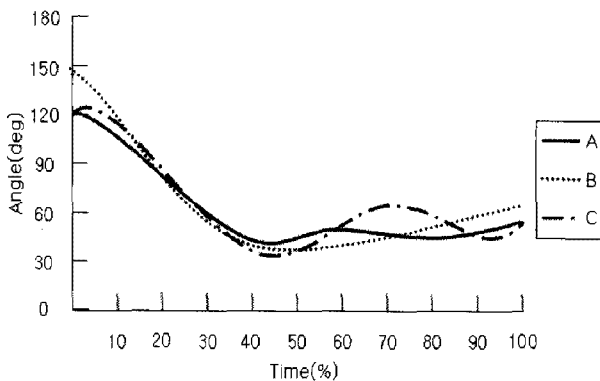
상지분절의 각도변화에서는 피험자 A의 각이 전체적으로 다른 피험자에 비해 작게 나타났는데, 이것은 상지분절을 이용하여 하지분절을 몸통 쪽으로 당겨 신체를 회전축에 최대한 가깝게 하여 회전속도를 유지하기 위한 것으로 판단되며, 피험자 C가 조금 다른 그래프를 보이는 것은 도약할 때 뒤로 많이 빠지게 되며 앞으로 회전할 수 있는 신체기울기가 적절하지 못하므로 공중에서 신체를 파이크자세로 만드는데 다른 피험자보다 시간이 오래 걸리기 때문이다.

2) 하지분절의 각도변화

하지분절의 각도 변화에서는 모든 피험자들이 고관절 각도가 Event1에서 가장 큰 것을 볼 수 있다. Event1은 신체가 회전축을 향하여 굽혀지기 전의 동작이며 피험자 B가 가장 큰 각도를 보인다. 이것은 다른 피험자에 비하여 신체를 수직에 가장 가깝게 하여 높은 위치를 확보하려는 것으로 판단된다. 무릎과 발목관절의 각도는 도약 이후 공중에서 파이크 자세를 유지하게 되기 때문에 각 Event에서 거의 변화를 보이지 않는다.

표 13. 고관절의 각도변화 단위(deg)

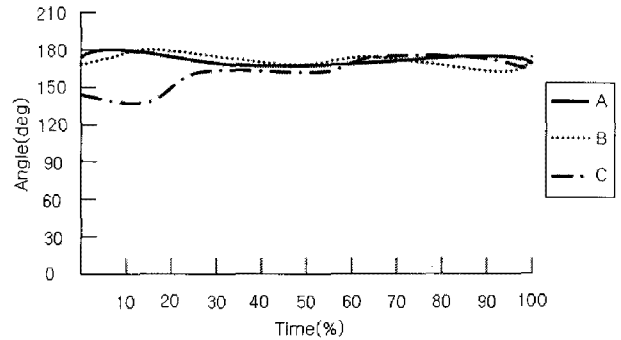
Event Subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	127.58	41.52	43.65	50.40
B	146.36	40.80	49.22	62.98
C	127.23	38.50	47.93	58.51
M	133.72	40.12	46.93	57.48
SD	10.95	1.83	2.92	6.08



<그림 12> 고관절의 각도 변화

표 14. 무릎의 각도변화 단위(deg)

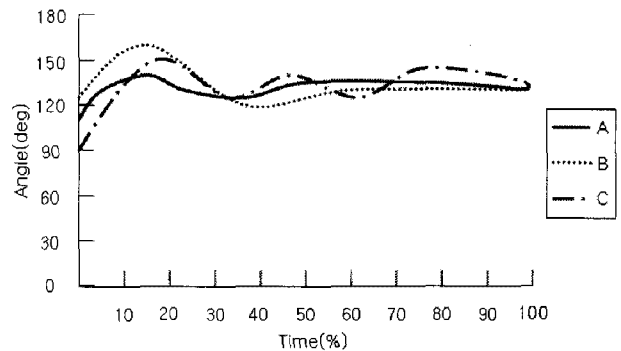
Event Subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	171.62	167.12	175.70	171.00
B	167.02	170.43	166.99	176.22
C	146.35	169.61	174.65	165.79
M	161.66	169.05	172.45	171.00
SD	13.46	1.72	4.75	5.22



<그림 13> 무릎의 각도 변화

표 15. 발목의 각도변화 단위(deg)

Event Subject	Event 1	Event 2	Event 3	Event 4
A	113.70	131.42	145.68	145.73
B	126.22	128.62	141.81	146.32
C	92.80	135.32	155.79	146.03
M	110.91	131.79	147.76	146.03
SD	16.88	3.37	7.22	0.03



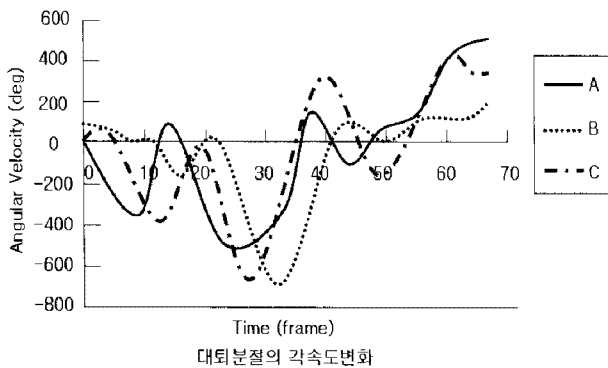
<그림 14> 발목의 각도 변화

5. 각속도 요인

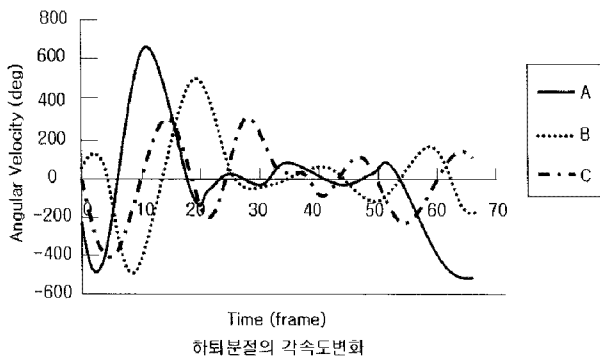
각속도 요인은 대퇴와 하퇴분절의 각속도를 Y축을 기준으로 하여 Y축과 각 분절이 이루는 각속도로 정의하였다.

선수가 보드에서 take-off시 종목을 수행하기 위한 동작에서, 고관절 각도와 무릎의 굴곡, 신전에 따라 자세가 달라지고, 각속도가 큰 영향을 미치므로 회전을 하는 다이빙의 중요한 요인이 된다.

대퇴의 각속도의 경우 처음 -값의 곡선을 보인 시점



<그림 15> 대퇴분절의 각속도



<그림 16> 하퇴분절의 각속도

은 take-off가 이루어지는 시점으로 피험자A와 C에 비해 피험자 B는 각속도의 움직임이 크게 나타나 낮은 자세에서 도약을 하고 있는 것으로 나타났으며, -값에 +값으로 곡선의 변화를 나타내는 시점은 발이 지면에서 떨어지는 순간이다.

-값의 곡선이 가장 큰 지점은 1회전이 된 시점으로 대퇴를 몸 쪽으로 완전히 접은 자세로 회전이 이루어지는 시기로 피험자B와 C는 거의 유사한 움직임을 보인 반면 A는 다소 작은 각속도를 취하고 있는 것으로 나타났다.

하퇴의 경우는 take-off를 준비하는 시점에서 무릎의 각도를 작게 하여 인체중심의 높이가 낮은 상태에서 도약을 하면서, 그에 따른 속도를 증가시켜 인체중심의 높이를 높게 하는데 있다.

최초의 도약시점에서는 피험자 간에 유사한 형태를 나타내고 있지만, 처음 최대의 -값을 나타내는 지점은 도약을 위해 무릎을 완전히 굴곡 시킨 곳으로 피험자A

와 B가 가장 큰 값을 보이면서 무릎을 빠르게 신전 시켜 탄력을 이용하는 것으로 나타났다. 두 번째 곡선이 이루어지는 +최대값은 무릎을 최대한 빠르게 신전 시켜 공중동작 자세를 취하는 곳으로 피험자 A가 가장 빠른 동작을 취하고 있는 것으로 나타났다.

IV. 결론

플랫폼 다이빙 뒤로서서 앞으로 1회전 동작을 3차원 영상분석을 통해 준비 동작에서부터 입수 전까지 3개의 국면으로 나누어 운동학적 자료를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 수행 시간에 있어서는 전체적으로 큰 차이를 보이지 않았고, phase1인 take-off순간에서 1회전까지와 phase3인 오픈동작에서 입수 준비를 하는 동작에서 약간의 시간 차이를 나타내었다.
2. 인체중심의 변화에 있어서는 대표선수 경력이 가장 오래된 피험자 B가 수평거리보다는 높은 수직거리를 확보하여 오픈동작과 입수를 준비하는 것으로 나타났으며, 피험자 A와 B는 수직거리 보다 수평거리가 길어 낮은 위치에서 오픈동작이 이루어져 완벽한 입수 자세를 취하기 어려운 것으로 나타났다.
3. 준비 자세에서 take-off까지의 속도는 수직거리가 큰 피험자일수록 인체중심의 수직속도가 빠르며, 상지분절의 속도보다 하지분절의 속도가 빠르게 나타났다.
4. 각도요인에서는 상완분절과 팔꿈치분절의 각도에 있어서 피험자간의 기술능력과 수평거리 및 수직거리에 따라 개인차가 크게 나타났으며, 하지분절의 고관절각과 무릎각, 발목각에 있어서는 거의 유사한 형태로 동작이 수행되는 것으로 나타났다.
5. 각속도 요인에서는 대퇴분절과 하퇴분절의 절대 각속도에 있어서 준비동작에서의 빠른 굴곡과 신전으로 인해 피험자 간에 많은 차이를 나타내었다.

이상을 종합해보면 전체적인 수행시간에 있어서는 큰 차이가 없었으나, 인체중심의 이동거리인 수평거리

에서는 선수가 보드에서 완전히 벗어나 안전한 위치에 이르는 Event 3까지의 거리에서 대표선수 경력이 가장 오래된 피험자 B가 105.1cm를 기록하였고, 수직거리에서는 71.7cm로 다른 피험자 보다 짧은 수평거리와 높은 수직거리를 확보하여 동작수행에 더욱 유리한 위치에서 입수를 준비하는 것으로 나타났다. 결국 보드에서 도약하는 순간 수직속도를 빠르게 하여 높은 위치를 확보하게 되면 체공시간이 길어지게 되므로 기술을 표현할 수 있는 완성도가 높아지는 것으로 나타났다. 뒤로서서 앞으로뛰기 동작의 특성상 부상의 위험에 따른 안전한 거리를 유지하는 것도 중요하지만 동작의 완성도를 높이기 위해서는 보드로 부터의 수평거리가 100cm가 조금 넘는 수평거리를 이동해야 이상적인 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

- 다이빙규정집(1999). 대한수영연맹
- 송재웅(1993). 스프링보드 다이빙에서 Reverse Dive Pike(301B)의 Take-off 준비동작의 분석. 1급 경기지도연수 논문집, 체육과학연구원.
- 이병근(1995). 다이빙 전방파이크 써머솔팅 동작의 운동역학적 분석. 제주대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 정철정, 강신(1998). Nontwisting Platform Dives에서 Forward $\frac{1}{2}$, $1\frac{1}{2}$ 회전시 각 운동량에 대한 분석. 성균관대학교 대학원 박사학위논문.
- Dessureault, J., & Lafortune, M.A.(1981). Biomechanical feature styles of high jumping *Biomechanics*, VII-B : pp 246-270
- Golden, D.(1981). Kinematics of increasing rotation in spring board diving. in D. Golden(ED.), *Proceedings of the 1981 US diving sport science seminar* pp. 55-81
- Hamill, J., Golden, D.M., & Williams, M.A.(1985). Dynamics of selected tower dive take-offs. In J. Terauds & J.N. Barham(Eds.), *Biomechanics in sports II*(pp 200-207). Del Mar, CA : Academic Publ.
- Hamill, J., Richard, M.D. and Golden, D.M.,(1986). Angular momentum in multiple rotation nontwisting platform dives. *Human kinetics*, IJSB 2 : pp 78-87
- Hay, J.G.(1985). *The Biomechanics of sports techniques*(3rd ED). Sydney : prentice Hall. pp 143-162.
- Liu, Z.C and Nelson, R.C.,(1983). Analysis of twisting somersaulting dives using computer diagnostics. *Biomechanics IX-B* : pp 401-406.
- McCormick, J.H., Subbaiah, P., & Arnold, H.J.(1982). A method for identification of some components of judging spring board diving. *R.Q. for exercise and sports*, Vol. 53 : pp 313-322
- Miller, D.I.(1983). Springboard reaction torque patterns during nontwisting dive take-off. *Biomechanics VIII - B. Human kinetics*. Miller, D.I and Munro C.F.(1984). Body segment contributions to height achieved during the flight of a springboard dive. *Medicine and Science in sport and exercise*, 16(3) : pp 234-242.
- Miller, D.I. and Munro C.F.(1985a) Greg Louganis springboard take-off : I. Temporal and position analysis. *International journal of sport biomechanics*, (3) : pp 209-220.
- Miller, D.I. and Munro C.F.(1985b). Greg Louganis springboard take-off : II. Linear and Angular Momentum considerations. *International journal of sport biomechanics*, 1(4) : pp 288-307.
- Miller, D.I.(1984). Biomechanical characteristics of the final approach step, hurdle and take-off of elite American springboard divers. *J. of Human movement studies*, Vol. 10(4) : pp 189-212.
- Sanders R.H. and Wilson, B.D. L.G.(1987). Angular momentum requirements of the twisting and nontwisting forward $1\frac{1}{2}$ somersault dive.

Human kinetics KJSB 3 : pp 47-62.

Springs, E.J. and Watson, L.G(1985). A mathematical search for the optimal timing of the armswing during springboard diving take-offs.

Biomechanics IX-B : pp 389-394.

Vaughan, C.L(1981). A kinetic analysis of the basic trampoline stunts. *J. of Human Movement*

Studies, 6 : pp 236-251.

투 고 일 : 1월 30일

심 사 일 : 2월 1일

심사완료일 : 3월 1일