한국운동역학회지, 2006, 제16권 4호, pp. 13-20
Korean Journal of Sport Biomechanics
2006, Vol. 16, No. 4, pp. 13-20

플랫폼 다이빙 624C동작의 운동학적 사례분석

A Kinematics Analysis of Back Armstand 2 Somersault in Platform Dives a Case Study

이종희* · 소재무 · 임영태(건국대학교)
Lee, Jong-Hee* · So, Jae-Moo · Lim, Young-Tae(Konkuk University)

ABSTRACT

J. H. LEE, J. M. SO, Y. T. LIM, A Kinematics Analysis of Back Armstand 2 Somersault in Platform Dives a Case Study. Korean Journal of Sports Biomechanics, 2006, Vol. 16, No. 4 pp. 13-20, 2006. A platform diving with categorizing 624C motion was video taped and 3D kinematic variables were analyzed. This motion is consist of 3 parts from the headstand position to the act of turning after take-off. The results indicated that it took a very short time from the moment of take-off to the act of 1/2 turning because the turning motion has already started from preparing motion even before the fingertips have parted from the ground. Also, there was barely any jumping height due to the use of upper limbs segment and there was little difference in the moving distance compared to the standing events judging from horizontal movement of 1.1m. The horizontal velocity of the center of human body was increased before take-off while the vertical velocity was decreased right after take-off and the velocity of lower limbs segment was faster than the upper limbs segment showing contrary results to the standing events. In the aspects of angular velocity, the upper limbs segment starts the turning motion when take-off by rapidly extending its angular velocity while lower limbs segment make large angular velocity even before take-off.

KEYWORDS: ARMSTAND, TAKE-OFF

Ⅰ. 서 론

1. 연구의 필요성

다이빙은 보드와 높이에 따라 두 종류로 나누어지게 되는데 크게 플랫폼(flatform)다이빙과 스프링보드(spring board) 다이빙으로 되어 있다. 플랫폼 다이빙은 보드가 고정되어 있어서 도약과 점프 동작이 단조롭지만, 연기가 짧은 순간에 이루어지기 때문에 순간적인 판단력과 균형성, 순발력과 공중감각이 필요한 경기 종목이다. 그리고 플랫폼종목 에는 스프링보드와는 달리 추가적으로 물구나무서기(Armstand) 동작이 들어가게 되는데, 물구나무를 서는 종목은 스텝(step), 또는 도움

* kordiver@hanmail.net

닫기 등의 도약을 위한 준비 동작 없이 보드 끝에 서서 상지분절을 이용하여 take-off를 하게 되므로 6개의 그룹 중에서 가장 어려운 준비동작으로 종목 수행에 어려움이 따른다. 그렇지만 스프링보드에는 없는 종목이고 여자선수들에게는 선택종목이기 때문에 물구나무 종목에 대한 연구는 찾아보기 어렵다. 규정종목이 없어지고 자유종목만으로 순위를 경쟁하는 다이빙 경기에서 단 한 종목도 소홀히 할 수 없기 때문에 물구나무 종목에 대한 연구가 필요하다. 도움닫기에서 얻은 속도는 도약으로 연결되어 연기에 필요한 충분한 높이와 회전력을 얻을 수 있으므로 중요한 부분이 되는데, 물구나무 동작에서 부터 도약시기까지 매우 조심스럽고 안정된 준비 자세를 취해야 보다 연기를 완성도 높게 수행할 수 있다.

2000년 이후 다이빙종목에 변화가 생겨 새로운 종목들이 만들어지면서 신 종목에 따른 난이도에도 변화가 생기게 되었는데, 플랫폼종목에서는 물구나무 종목에서 가장 큰 변화를 보이게 되었다. 기존의 핸드스프링 방식의 물구나무를 선 자세에서 반대로 물구나무를 선 자세가 정면이 수면방향을 향하고 후면이 보드 방향을 향하는 자세가 새롭게 나타나게 되면서 Take-off 방법과 회전방법에도 전에는 없던 다른 방법과 기술을 시도하게 되었다. 이렇듯 선수들이 연기하는 종목에 변화가 생기게 되어 새로운 학문적 접근이 필요한 실정이다.

플랫폼다이빙에 관한 선행연구를 살펴보면 보드에서 완벽한 동작을 수행하기 위하여 종목에 따라 필요로 하는 공중돌기를 실행하는데 충분한 회전 모멘트를 얻어야 하며, 이러한 회전에 필요한 시간과 높이의 확보가 필요하고, 기술을 안전하게 연기하기 위해서는 보드로부터 적절한 거리를 유지해야한다(Miller & Munro, 1984). 고 하였고, Hamill, Golden, & Williams(1985)과 Hamill, Golden, &Richard (1986)은 플랫폼 다이빙의 도약시 운동역학적 요인을 연구하여 Take-off시 지면에 최대한의 반작용 힘을 가하게 되지만 이때의 힘은 종목의 난이율과는 관계없이 거의 일정한 것을 밝혔고, 운동학적 요인에 대한 분석에서는 도약시 신체 기울기를 변화시킴으로 총 각속도를 증가시키게 되었음을 보고하였다. 국내의 경우 이병근(1995), 정철정, 강신(1998), 이종희(2000)가 다이빙 공중돌기 동작을 요인별로 국면과 구간으로 나누어 분석한 결과 신체기울기와 회전수에 따라 수평 및 수직 속도 등을 연구하였다.

이상에서 살펴본 바와 같이 다이빙 동작은 도약시기가 가장 중요하기 때문에 경기력 향상을 위하여 반드시 필요하지만 아직까지 국내선수들을 대상으로 한 연구는 거의 없고, 더욱이 물구나무를 서서하는 동작의 경우 어려운 준비자세 에서 동작을 시작하기 때문에 스텝이나 하지분절을 이용하는 종목에 비하여 도약력이 약해 연기하는데 어려움이 많다. 그러므로 완벽한 공중동작과 입수시의 마무리 기술을 수행하기 위해서는 최근 국제경기에서 상위권 선수들이 연기하고 있는 플랫폼 Back Armstand종목을 분석하여 고난도 경기 종목의 습득에 유용한 자료를 제시하는데 연구의 목적이 있다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구대상

이 연구의 피험자는 전국체육대회 플랫폼 다이빙경기에서 입상한 상비군 선수를 대상으로 선정하였으며, 신체적 특성은 다음과 같다.

표 1. 피험자의 신체특성

피험자	신장(cm)	체중(kg)	경력(yrs)
A	165	56	6

2. 실험장비 및 방법

이 연구에 사용된 비디오카메라는 JVC사의 GR-HD1KR 디지털비디오카메라 3대와 삼성디지털 비디오카메라 2대로 60Hz의 샘플링 주파수로 설정하였으며, 피험자의 동작을 10회 촬영하여 가장 좋은 자세의 필름을 사용하였고, 물구나무 정지자세 에서부터 도약과 공중동작을 촬영하였다. 오차를 최대한 줄이기 위하여 한 대의 카메라는 피험자의 위쪽에 위치하였고, 두 대의 카메라는 좌측에 다른 두 대의 카메라는 우측에 설치하여 피험자 동작의 모든 구간이 촬영될 수 있도록 하였다. 카메라의 노출시간은 1/1000sec 로 설정하였으며

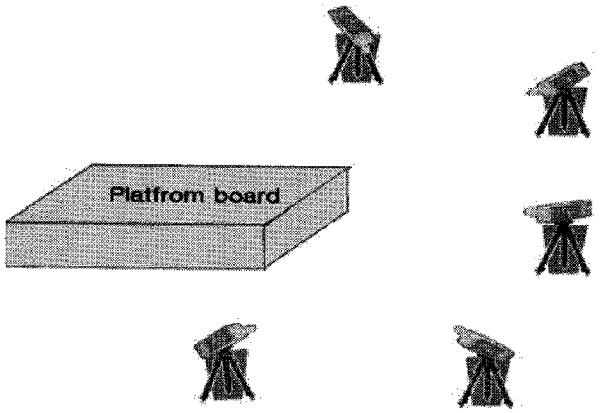


그림 1. 분석 장면 모형도

촬영 범위는 피험자가 물구나무 정지자세에서부터 도약을 하여 공중자세를 취한 이후 입수를 준비하기전의 자세까지로 설정하였다.

통제점 틀은 다이빙대 끝을 기준으로 높이 2m 아래 2m 폭 1m 길이 1m로 총 41개의 통제점 틀을 설치하였다.

전역좌표계의 정의는 좌우 방향을 X축, 전후 방향을 Y축, 상하 방향을 Z축으로 설정하였다.

3. 자료처리방법

영상분석 자료처리는 KWON3D 3.1프로그램(권영후, 2002)을 사용하였으며, 좌표화는 영상으로 나타나는 표시점의 위치를 실제 공간상의 좌표 값으로 변환 시키는 과정을 말하며, 이러한 좌표화는 기준 공간을 좌표화하는 통제점 좌표화와 공간상에서 실제로 움직이는 인체관절 중심점에 대한 좌표화로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 인체 모형 설계의 번호순으로 인체 관절점을 좌표화 하며, 인체를 총 20개의 관절점을 가진 13개의 분절로 연결된 강체 시스템(linked rigid body system)으로 정의 하였다. 3차원 좌표는 Abdel-Aziz와 Karara (1971)가 개발한 DLT(direct linear transformation)방법으로 계산하였으며, 스무딩(smoothing)은 Butterworth 2차 저역 통과 필터링(low-pass filtering)방법을 이용하였으며, 이때의 차단 주파수(cut-off frequency)는 6.0Hz로 설정하였다.

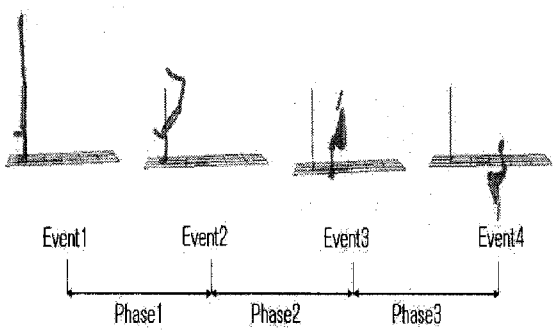


그림 2. 분석구간 및 국면

1) 분석 국면 및 구간

분석 구간을 물구나무를 선 정지자세에서부터 도약 후 공중 1회전이 되는 순간까지로 분석구간을 정하였으며, 분석 국면은 <그림 1>과 같이 4개의 구간(event)과 3개의 국면(phase)으로 나누어 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 논의

플랫폼 다이빙의 624C동작을 3차원 영상 분석하여 단계별 중심이동 속도와 소요시간, 보드로 부터의 거리, 각 분절의 속도요인과 각운동량을 분석하였으며 결과는 다음과 같다.

1. 시간 및 거리 요인

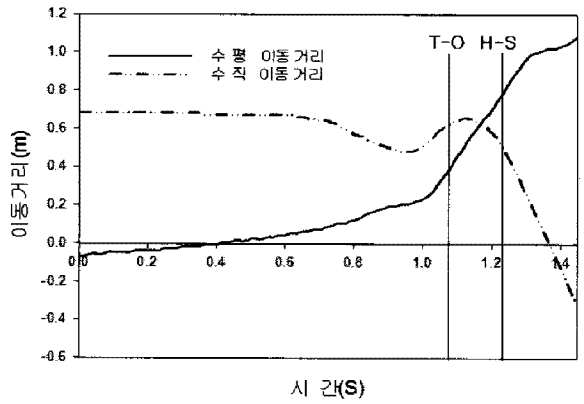
수행시간과 거리 요인은 물구나무 정지 자세에서 준비동작 없이 도약을 하게 되므로 시작하는 단계를 정확하게 지정하기 어렵기 때문에 손끝이 떨어지는 순간을 take-off로 설정하였다.

1) 인체중심의 이동시간 및 거리

플랫폼 다이빙 624C동작을 수행함에 있어서 국면별 인체중심 이동시간 및 거리는 <표 2>와 같다.

표 2. 인체중심 이동의 거리 단위(m)

Event / 거리	phase 1	phase 2	phase 3
수평이동거리	0.36	0.78	1.10
수직이동거리	0.61	0.50	-0.39



* T-O : take-off, H-S : half somersault

그림 2. 인체중심의 이동시간 및 거리변화.

take-off되는 순간부터 1회전을 하는 동작까지의 총 시간은 0.4초가 걸렸으며 take-off에서 half somersault까지 0.167초, half somersault에서 1somersault까지는 0.233초가 소요됐다. take-off에서 ½회전까지의 시간이 ½회전에서 1회전까지의 시간보다 짧은 시간을 보이는데, 손끝이 떨어지기 이전에 이미 회전을 시작하게 되며 ½회전까지 거의 한 동작으로 이루어지기 때문이다.

인체중심의 수직거리는 도약을 준비하는 과정에서 상지분절을 이용하여 한 번의 반동을 하여 0.65m의 도약을 하였으나 물구나무 정지자세인 0.68m 이상의 높은 위치를 확보하지 못하는 것을 볼 수 있으며 수평거리는 take-off시 0.36m 그리고 1회전을 하는 구간까지 1.1m로 계속하여 멀어지는 것을 볼 수 있다.

2. 속도요인

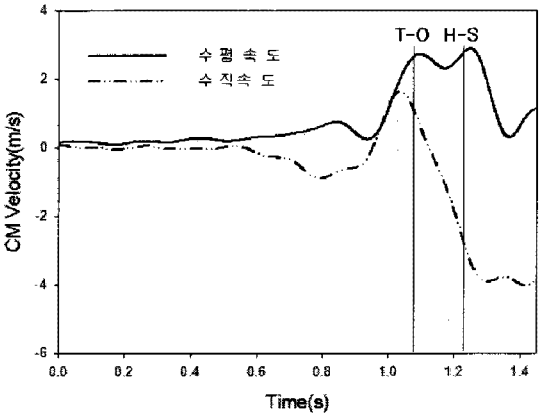
속도요인은 인체중심과 상지 및 하지분절의 속도를 산출하였다.

1) 인체중심의 속도

표 3. 인체중심의 이동속도 단위(m/sec)

속도 \ Event	Event 1	Event 2	Event 3
수평이동속도	2.55	2.81	1.03
수직이동속도	1.30	-2.88	-3.57

인체중심의 수평속도는 take-off전에 팔꿈치관절을 도약에 필요한 만큼 최대한 구부리면서 손끝이 떨어지기 직전부터 속도가 상승하여 ½회전 이후 감소하는 것을 보이고 있는 반면 수직속도는 상지분절을 이용한 take-off시점부터 증가 보다는 계속 감소하는 것을 볼 수 있다.



* T-O : take-off, H-S : half somersault

그림 3. 인체중심의 속도변화

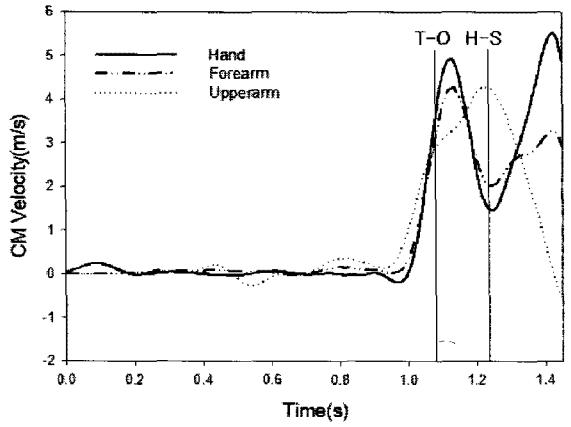
2) 상지분절의 속도

표 4. 상지분절의 속도변화 단위(m/sec)

속도 \ Event	Event 1	Event 2	Event 3
HD	3.08	2.59	8.53
FA	2.76	2.09	6.81
UA	2.64	4.46	5.25

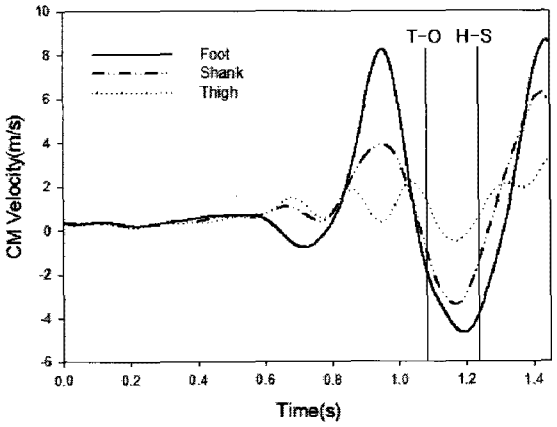
<HD : Hand, FA : Foream, UA :Upperarm>

상지분절의 속도에서는 손끝이 보드를 밀고 일어나는 순간의 속도가 도약의 높이를 좌우한다고 볼 수 있다. 손과 전완은 take-off시에 빠른 움직임을 보이면서 각각 5.11m/s와 4.49m/s까지 증가한 이후 ½회전이 일어나는 시점에서 손이 2.58m/s 전완이 2.03m/s까지 감소한 이후 1회전까지 다시 손이 8.53m/s와 전완이 6.81m/s로 증가를 보이는 반면 상완은 take-off이후 ½회전까지 4.46m/s로 증가하다가 1회전 이후 다시 감소하는 것을 볼 수 있는데, 이것은 손과 전완이 도약이



* T-O : take-off, H-S : half somersault

그림 4. 상지분절의 속도변화



* T-O : take-off, H-S : half somersault

그림 5. 하지분절의 속도변화

이루지는 시기에 보드로 손끝을 밀어내며 빠른 속도로 다리를 잡고 종목에 필요한 회전에 들어가는 반면 상완은 take-off가 이루어지면서 도약을 하는 시기에 손과 전완 보다는 trunk에 가까운 위치에 있으면서 별다른 움직임을 보이지 않기 때문으로 판단된다.

3) 하지분절의 속도

하지분절의 속도는 상지분절의 속도와는 달리 take-off 이전부터 빠른 움직임을 볼 수 있다. 발분절이 take-off 전에 8.23m/s로 가장 빠르고 하퇴가 3.87m/s의 속도로 비슷한 양상으로 증가하다가 take-off 이후 ½ 회전까지 감소한 다음 다시 증가하는 모습을 보이는데 이것은 도약 전에 연기에 필요한 회전력을 높이기 위해 빠른 움직임을 보이면서 take-off이후 공중돌기 자세인 C형 자세를 실시하게 되며 손으로 다리를 잡는 순간에 속도가 감소하고 그 이후 다시 회전을 시작하면서 속도가 상승하는 것을 볼 수 있다.

표 5. 하지분절의 속도변화 단위(m/sec)

속도 \ Event	Event 1	Event 2	Event 3
TH	2.17	1.79	6.55
SH	5.20	2.05	3.48
FT	7.29	3.95	5.73

<TH : Thigh, SH : Shank , FT : Foot>

3. 각속도요인

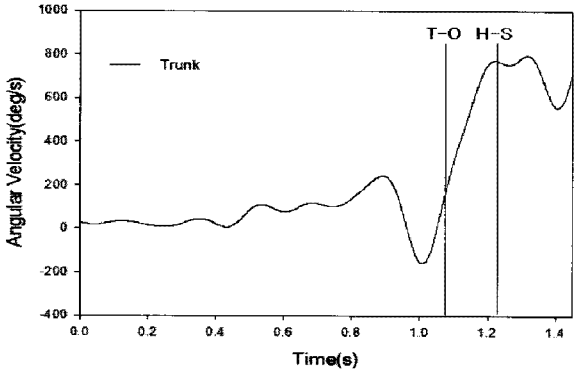
각속도 요인은 Y축을 기준으로 하여 각 분절이 이루는 각속도로 정의 하였다.

1) 몸통의 각속도

몸통의 각속도는 take-off전에 종목 연기의 회전에 필요한 충분한 힘을 얻기 위해 상지분절을 최대한 신장시켜 신체의 중심을 되도록 높게 유지하여 도약을 준비하고 손끝이 보드에서 떨어지며 도약하기 전에 팔꿈치를 중심으로 상지분절을 굽히며 종목의 회전을 준비하기 때문에 도약의 높이가 거의 이루어 지지 못하고 중심의 높이가 낮아지는 것으로 판단되며 손끝이 보드에서 떨어지는 순간은 149.47m/s 이지만 도약 이후에 ½ 회전 시 783.86m/s, 1회전 시 8.31.87m/s로 각속도가 빠르게 변화하여 회전 하는 것을 볼 수 있다.

표 6. 몸통의 각속도변화 단위(deg/sec)

속도 \ Event	Event 1	Event 2	Event 3
trunk	149.47	783.86	831.87



* T-O : take-off, H-S : half somersault

그림 6. 몸통의 각속도변화

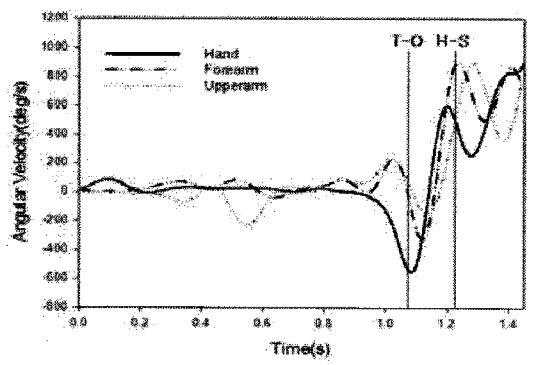
표 7. 상지분절의 각속도 변화 단위(deg/sec)

속도 \ Event	Event 1	Event 2	Event 3
HD	773.32	1379.92	1378.7
FA	133.88	948.73	853.23
UA	194.32	586.07	1071.58

<HD : Hand, FA : Foream, UA :Upperarm>

2) 상지분절의 각속도

보드에서 take-off시 종목을 수행하기 위한 동작에서 손목, 팔꿈치, 어깨의 굴곡, 신전에 따라 자세가 달라지고, 각속도가 영향을 미치게 되므로 공중회전의 중요한 요인이 된다. 모든 분절이 비슷한 그래프를 보이는데 손끝이 떨어지는 순간에는 도약을 위해 인체중심이 낮아지는 상태에서 도약을 하게 되며 take-off시에 상지분절을 빠르게 신전시켜 회전동작에 들어가는 것을 볼 수 있다.



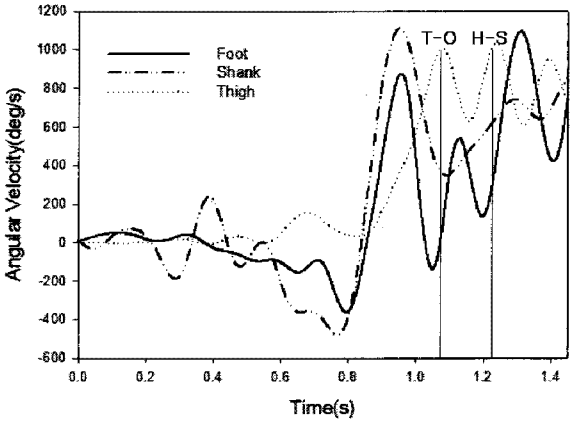
* T-O : take-off, H-S : half somersault

그림 7. 상지분절의 각속도변화

표 8. 하지분절의 각속도변화 단위(deg/sec)

속도 \ Event	Event 1	Event 2	Event 3
TH	1049.25	1089.98	985.77
SH	478.63	640.10	911.08
FT	681.85	539.94	993.65

<TH : Thigh, SH : Shank, FT : Foot>



* T-O : take-off, H-S : half somersault

그림 8. 하지분절의 각속도변화

3) 하지분절의 각속도

하지분절의 각속도 변화에서는 손끝이 떨어지기 전부터 회전에 필요한 움직임을 보이며 도약 시에 발이 681.85 deg/s, 하퇴가 478.63 deg/s, 대퇴가 1049.25 deg/s,를 보이며 $\frac{1}{2}$회전이후 1회전 시 발이 993.65 deg/s, 하퇴가 911.08 deg/s, 대퇴가 985.77 deg/s를 나타내었는데, take-off이전부터 빠른 움직임을 보이는 큰 각속도인 것을 알 수 있으며 종목에 필요한 회전을 얻기 위해 도약 전에 하지분절을 곧게 펴서 보다 큰 각속도를 만들기 위한 것으로 판단된다. 대퇴의 그래프가 take-off까지 계속 상승하는 볼 수 있는데 이것은 손끝이 보드에서 떨어지는 순간에 발과 하퇴가 대퇴보다 먼저 tuck자세를 취하기 위해 몸 쪽으로 끌어당겨지기 때문에 take-off시까지 상승하는 것으로 판단된다.

Ⅳ. 결론 및 논의

플랫폼 다이빙 624C동작을 3차원 영상분석을 통해 물구나무자세에서부터 take-off 이후 회전동작까지 3개 국면으로 나누어 운동 역학적 자료를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 수행시간 요인에서는 손끝이 보드에서 take-off되는 순간부터 1회전을 하는 동작에서 총 시간이 0.4초가 걸렸으며 take-off에서 half somersault인 Phase2까지 0.15초, half somersault에서 1somer- sault인 Phase3까지는 0.233초가 소요됐고, 거리요인에서는 수직으로 0.65m의 도약을 하였으며 수평으로는 take-off시 0.36m, 1회전을 하는 구간까지 1.1m로 나타났다.
2. 속도 요인에서는 인체중심의 수평속도가 take-off 전에 팔꿈치관절을 구부리면서 손끝이 떨어지기 직전부터 속도가 상승 하였고, 수직속도는 take-off시점부터 계속 감소하였다. 상지분절의 속도에서는 손과 전완이 take-off시에 빠른 움직임을 보이면서 최고속도 각각 4.88m/s와 4.25m/s까지 증가한 이후 ½회전이 일어나는 시점에서 손이 1.45m/s 전완이 2.02m/s까지 감소하였다가 다시 증가를 나타나내었다. 상완은 take-off이후 ½회전까지 계속 속도가 증가하여 4.28m/s로 나타내었고, take-off 직후 감소하는 것으로 나타났다. 하지분절은 발이 Phase 1에서 8.23m/s로 가장 빠르고 하퇴가 3.87m/s로 비슷한 양상으로 증가하다가 take-off이후 ½회전까지 감소하고 다시 증가하는 모습을 보였고 대퇴는 비슷한 그래프를 보였지만 Phase 1에서 2.08m/s의 속도를 보였으며 속도의 감소와 증가가 발과 하퇴에 비하여 작은 폭을 나타내었다.
3. 각속도 요인에서는 몸통의 변화가 Event 2에서 106.8 deg/s를 나타내었고 Event 3에 768.2 deg/s로 계속 증가하였다. 상지분절은 몸통과 비슷한 그래프를 보이는데 take-off시에 상지분절을 빠르게 신전시켜 회전동작에 들어가는 것으로 나타났고, 하지분절은 take-off이전부터 빠른 움직임을 보이며 큰 각속도를 나타내었고 하지분절을 곧게 펴서 보다 큰 각속도를 만드는 것으로 나타났다.
4. 이상을 종합하면 손끝이 떨어지기 전에 이미 준비동작에서 회전이 시작되기 때문에 take-off 순간부터 half somersault까지의 시간이 아주 짧으며 상지분절을 이용하기 때문에 도약 높이가 거의 없고 수평으로 1.1m를 이동하는 것으로 보아 이동거리는 standing 종목과 거의 차이가 없었다. 인체중심의 수평속도가 take-off이전부터 증가하는데 비하여 수직속도는 take-off직후 감소하였고, 상지분절 보다는 하지분절의 속도가 더 빨라 standing종목과의 차이를 보였다. 각속도에서는 take-off시에 상지분절의 각속도를 빠르게 신전시켜 회전동작에 들어가는 반면 하지분절은 take-off이전부터 큰 각속도를 만드는 것으로 나타났다.

플랫폼 다이빙의 Armstand종목에 back Armstand동작이 새로 생겨나게 되면서 회전방식의 변화와 난이율의 향상, Twist동작의 연결동작이 가능하게 되었다.

그렇지만 현재 국내대회에서는 이 동작을 연기하는 선수가 적어 많은 피험자를 대상으로 연구하기가 어려워 전국체전에서 입상한 상비군선수 한명이 연구 대상이었지만, 앞으로 국가대표선수를 대상으로 하여 624C동작에서 이어지는 626C동작 또는 626B동작이나 Twist의 연결동작을 연구하여 국제경기에서 상위권에 입상할 수 있도록 연구해야 할 것이다.

참 고 문 헌

다이빙규정집(2002). 대한수영연맹.

송재웅(1993). 스프링보드 다이빙 Reverse Dive Pike (301B)의 Take-off준비 동작의 분석. 일급경기지도연수수료 논문집

이병근(1995). 다이빙 전방파이크 써머쏠팅 동작의 운동 역학적 분석. 제주대학교 교육대학원 석사학위논문.

정철정, 강신(1998). Nontwisting Platform Dives에서 Forward 1/2, 1 1/2회전 시각 운동량에 대한 분석. 성균관대학교 대학원 박사학위논문

이종희(2000). 플랫폼 다이빙 뒤로서서 앞으로뛰기 1½ 회전동작의 운동학적 분석. 한국체육대학교 대학원 석사학위논문.

김용진(2003). 플랫폼 다이빙 BACK PIKE 1½회전에 영향을 미치는 운동학적 요인. 공주대학교 대학원, 석사학위논문.

김현숙, 문영진(2003). 다이빙의 스프링보드 받침축의 변화가 Foward Dive Pike(101B)비행높이에 미치는 영향에 관한 연구. 한국체육학회지 42(6). 953-962.

전보임(2004). 플랫폼 다이빙 reverse 1½회전동작의 운동학적 분석. 수원대학교 교육대학원, 석사학위논문

최지영, 김승제(2004). 철봉내리기 동작의 각운동량 분석. 한국체육학회지 43(3). 871-894

Dessureault, J., & Lafortune, M.A.(1981). Biomechanical feature of two styles of high jumping. *Biomechanics, VII- B* : pp 246-270.

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.

Sanders R.H. and Wilson, B.D. (1987). Angular momentum requirements of the twisting and nontwisting foward 1½ somersault dive. *Human kinetics KJSB 3* : pp 47-62.

Sprigings, 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 : 2006. 10. 30
심 사 일 : 2006. 11. 10
심사완료일 : 2006. 12. 20